

26  
2ej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ingeniería



EVALUACION DEL POTENCIAL AZUFRERO DE LA  
SIERRA DE LA CAMPANA ESTADO DE DURANGO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO GEOLOGO

P R E S E N T A :

DEMETRIO MARCOS SANTAMARIA OROZCO

México, D.F.

1986



## **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.

# I N D I C E

## PAGINA

### RESUMEN

#### CAPITULO I

|  |    |
|--|----|
| INTRODUCCION   | 1  |
| I.1. Propiedades Fisico-Químicas y usos del Azufre                 | 2  |
| I.2. Distribución de yacimientos en México y modo de emplazamiento | 6  |
| I.3. Objetivos del Estudio   | 7  |
| I.4. Duración y Método de Trabajo                                  | 8  |
| I.5. Trabajos de Laboratorio                                       | 10 |
| I.6. Trabajos Previos  | 11 |

#### CAPITULO II

|   |    |
|---|----|
| GEOGRAFIA FISICA Y HUMANA                           | 13 |
| II.1. Localización Geográfica y extensión del área. | 13 |
| II.2. Factores Sociales                             | 13 |
| II.2.1. Vías de comunicación y servicios            | 13 |
| II.2.2. Población y Cultura                         | 15 |
| II.3. Factores físicos y biológicos                 | 17 |
| II.3.1. Clima                                       | 17 |
| II.3.2. Flora                                       | 19 |
| II.3.3. Fauna                                       | 19 |
| II.4. Fisiografía                                   | 20 |
| II.5. Orografía                                     | 23 |
| II.6. Hidrografía                                   | 24 |
| II.6.1. Aguas superficiales                         | 24 |
| II.6.2. Aguas subterráneas                          | 26 |
| II.7. Geomorfología                                 | 27 |
| II.7.1. Estructura                                  | 27 |

|  | PAGINA |
|--|--------|
| II.7.2. Procesos erosivos y acumulativos | 28     |
| II.7.2.1. Formas erosionales             | 28     |
| II.7.2.2. Formas residuales              | 29     |
| II.7.2.3. Formas acumulativas            | 29     |
| II.7.3. Etapa geomórfica                 | 29     |
| <br>                                     |        |
| CAPITULO III                             |        |
| ESTRATIGRAFIA                            | 31     |
| III.1. Geología regional                 | 31     |
| III.2. Tabla estratigráfica              | 35     |
| III.3. Geología local                    | 36     |
| III.3.1. Era Mesozoica                   |        |
| - Sistema Cretácico                      |        |
| Formación Acatita                        |        |
| a) Definición                            | 36     |
| b) Distribución                          | 37     |
| c) Litología y espesor                   | 37     |
| d) Relaciones estratigráficas            | 39     |
| e) Edad y correlación                    | 39     |
| f) Ambiente de depósito                  | 40     |
| Formación Treviño                        |        |
| a) Definición                            | 40     |
| b) Distribución                          | 41     |
| c) Litología y espesor                   | 41     |
| Cenomaniano porción inferior             | 43     |
| Cenomaniano porción superior             | 47     |
| d) Relaciones estratigráficas            | 55     |
| e) Edad y correlación                    | 58     |
| f) Ambiente de depósito                  | 59     |
| III.3.2. Era Cenozoica                   |        |
| - Sistema Cuaternario                    |        |
| Depósitos lacustres                      | 59     |
| Depósitos de aluvión                     | 60     |
| Depósitos de abanicos aluviales          | 60     |

|   | PAGINA |
|---|--------|
| Depósitos de piamonte   | 61     |
| Rocas Igneas  | 61     |
| <br>  |        |
| CAPITULO IV   |        |
| TECTONICA   | 65     |
| IV.1. Tectónica regional  | 65     |
| IV.2. Descripción de estructuras                                      | 80     |
| IV.2.1. Introducción  | 80     |
| IV.2.2. Observaciones Teóricas  | 81     |
| IV.2.3. Criterios para identificar fallas de transcurrencia           | 90     |
| IV.2.4. Descripción de estructuras dentro de la zona de estudio       | 91     |
| IV.2.4.1. Sierra La Campana   | 92     |
| IV.2.4.2. Sistemas conjugados de fallas de transcurrencia en échelon  | 95     |
| <br>  |        |
| CAPITULO V  |        |
| HISTORIA GEOLOGICA  | 101    |
| <br>  |        |
| CAPITULO VI   |        |
| SITUACION ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE EXPLOTACION EN EL AREA             | 114    |
| VI.1. Introducción  | 114    |
| VI.2. Descripción de las características físicas de la mineralización | 114    |
| VI.2.1. Manifestaciones de azufre                                     | 114    |
| VI.3. Origen de los depósitos de azufre en el área de estudio         | 132    |
| VI.3.1. Clasificación de los yacimientos de azufre nativo             | 132    |
| VI.4. Factores necesarios para la formación de azufre                 | 135    |
| VI.4.1. Presencia de sulfatos   | 136    |

|   | PAGINA |
|---|--------|
| VI.4.2. Depósitos petrolíferos cercanos                                 | 136    |
| VI.4.3. Zonas de fracturamiento y falla<br>mientto o permeables         | 138    |
| VI.4.4. Agentes capaces de oxidar el --<br>ácido sulfhídrico            | 139    |
| VI.4.5. Zonas impermeables que impidan<br>el paso del ácido sulfhídrico | 141    |
| VI.4.6. Trampas estructurales o estrati<br>gráficas                     | 142    |
| VI.5. Análisis y evaluaciones del potencial -<br>económico azufrero     | 143    |
| VI.5.1. Formación Acatita   | 145    |
| VI.5.2. Formación Treviño   | 147    |
| <br>  |        |
| CAPITULO VII  |        |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES  | 148    |
| VII.1. Conclusiones   | 148    |
| VII.1.1. Estratigráficas  | 148    |
| VII.1.2. Tectónicas   | 149    |
| VII.1.3. Del potencial azufrero   | 150    |
| VII.2. Recomendaciones  | 152    |
| <br>  |        |
| BIBLIOGRAFIA  | 155    |
| <br>  |        |
| ANEXO 1. ESTUDIOS PALEONTOLOGICOS                                       | 161    |
| ANEXO 2. ESTUDIOS PETROGRAFICOS   | 171    |
| ANEXO 3. TABLAS PETROLOGICAS  | 206    |

## INDICE DE FIGURAS

|  | PAGINA |
|--|--------|
| 1. Plano de localización del área estudiada  | 14     |
| 2. Plano de climas   | 18     |
| 3. Provincias fisiográficas  | 21     |
| 4. Plano de regiones hidrológicas  | 25     |
| 5. Provincias geológicas   | 32     |
| 6. Geosinclinales paleozoicos de América del Norte   | 66     |
| 7. Marco regional del sistema Forcland Geosinclinal -<br>cordillerano de los Estados Unidos de Norteamérica.     | 67     |
| 8. Sistemas de fallas de transcurrencia de Norteamérica  | 68     |
| 9. Colisiones continentales y arco-continentales que --<br>culminaron en el Paleozoico Tardío (Fajas Orogénicas) | 70     |
| 10. Distribución de los continentes en el Jurásico In-<br>ferior.  | 73     |
| 11. Mapa paleotectónico del Triásico Inferior, Medio y -<br>Jurásico Inferior                                    | 74     |
| 12. Mapa paleotectónico del Jurásico Medio, Cretácico Me-<br>dio y Paleoceno                                     | 76     |
| 13. Principales sistemas conjugados de fallas de transcu-<br>rrencia en échelon                                  | 82     |
| 14. Elipse de esfuerzos  | 84     |
| 15. Características estructurales asociadas a - - - - -<br>"Megashears"  | 86     |
| 16. Sistemas convergentes y divergentes de fallas de - -<br>transcurrencia                                       | 89     |
| 17. Disposición de Norteamérica, Sudamérica y Africa an-<br>tes de la Deriva, hace 230 m.a.                      | 102    |
| 18. Paleogeografía del Triásico Tardío   | 104    |
| 19. Paleogeografía del Jurásico Inferior de la porción -<br>occidental de Norteamérica                           | 106    |
| 20. Facies paleogeográficas del Oxfordiano   | 107    |
| 21. Facies paleogeográficas del Kimerdgiano-Titoniano  | 108    |
| 22. Mapa paleogeográfico del Neocomiano-Aptiano Inferior<br>(Cretácico Temprano)                                 | 110    |
| 23. Mapa índice del noreste de México Provincias paleo--<br>geográficas  | 112    |

PAGINA

24. Croquis geológico minero del yacimiento de azufre  
Romeo y Julieta situado en la Sierra La Campana  
Mpio. de Tlahualilo, Dgo. 119
25. Modelos geológicos de yacimientos de azufre bio--  
singenético. 140

## INDICE DE FOTOGRAFIAS

|     |  | PAGINA |
|-----|--|--------|
| 1.  | Dolomías de estratificación masiva de la Formación Acatita.  | 38     |
| 2.  | Estratificación gruesa de rocas calcáreas de la Formación Treviño.   | 44     |
| 3.  | Panorámica de un lente de yeso en la Formación Treviño.  | 45     |
| 4.  | Lentes de yeso de variadas dimensiones en la -- Formación Treviño.   | 46     |
| 5.  | Pared gruesa de dolomías y calizas dolomitiza-- das en una dolina de la Formación Treviño.                     | 51     |
| 6.  | Intenso fracturamiento de rocas calcáreas recris talizadas con nódulos de pedernal de la Forma-- ción Treviño. | 52     |
| 7.  | Estratificación muy gruesa de calizasaporcelana das de la Formación Treviño.                                   | 53     |
| 8.  | Estratificación mediana y gruesa de calizasapor celanadas y fracturamiento intenso de la Forma-- ción Treviño. | 54     |
| 9.  | Pequeño cuerpo arcilloso dentro de las rocas cal cáreas de la Formación Treviño.                               | 56     |
| 10. | Cuerpo arcillo-calcáreo de la Formación Treviño.   | 57     |
| 11. | Dique de composición andesítica con un intenso - fracturamiento.   | 63     |
| 12. | Panorámica de la Sierra La Campana, tomada hacia el SW desde el Cerro La Gavia.                                | 93     |
| 13. | Panorámica de la Sierra La Campana tomada hacia el SW desde la Sierra El Zapatero.                             | 94     |
| 14. | Panorámica desde la Sierra La Campana hacia el - rincón de Carolina.   | 96     |
| 15. | Panorámica hacia las Sierras La Campana y Paloma res desde la Sierra El Zapatero.                              | 97     |
| 16. | Socavón de exploración azufrera en la Cañada El Tecolote.  | 121    |
| 17. | Socavón localizado al fondo de la Cañada El Teco lote.   | 122    |
| 18. | Cata de exploración situada frente a la Laguna - Vallecillos.  | 125.   |

19. Panorámica tomada desde el Valle hacia la Sierra La Campana que expone dos obras de exploración - azufrera.

## INDICE DE PLANOS ( ANEXO 4 )

1. Plano Geológico de semidetalle Hoja Córdoba
2. Plano Geológico de semidetalle Hoja Tlahualilo de Zaragoza.
3. Paleoambientes y Litofacies del Albiano
4. Paleoambientes y Litofacies del Cenomaniano porción inferior.
5. Paleoambientes y Litofacies del Cenomaniano porción superior.
6. Principales sistemas de fallas de transcurrencia y Manifestaciones de Azufre
7. Evaluación potencial-azufrero de La Formación Acatita.
8. Evaluación potencial-azufrero de La Formación Treviño.

## A G R A D E C I M I E N T O S

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Ing. - - - Adalberto Barragán Hernández Administrador General de Estudios -- Geológicos de México, S.A. de C.V., por todas las facilidades - - prestadas y el apoyo otorgado para la realización de esta tesis.

Principalmente doy las gracias a Azufrera Panamericana, S.A. por proporcionarme los datos y permitirme desarrollar este trabajo, así como al Ing. Guillermo Bustos Vera, Gerente de Geología - de dicha Compañía, por toda su valiosa ayuda y gentileza desinteresada.

Mi más profundo agradecimiento al Ing. Leovigildo Cepeda -- Dávila, Coordinador de la Carrera de Ingeniero Geólogo de la División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M., por la revisión y dirección de la presente y por su sincera amistad.

A los Ings. Miguel Vera Ocampo, Baldomero Carrasco V. y - - Raymundo Barcenas y López a los tres agradezco infinitamente sus comentarios.

A la Ing. Silvia González Huesca, por todos sus esfuerzos - y su apoyo a lo largo de mi formación.

Al Lic. Rafael M. Díaz Santamaría por sus valiosas sugerencias y observaciones.

Por último a mis compañeros y amigos que de alguna forma -- contribuyeron para realizar este trabajo.

A la Sra. Silvia Bahena de Hernández por haber mecanografiado el escrito.

## R E S U M E N

La zona de trabajo cubre una superficie aproximada de 1,100 km<sup>2</sup>, en la Sierra La Campana, localizada en la porción N.E. del Estado de Durango, en los límites con el Estado de Coahuila, 5km al norte de la población de Tlahualillo de Zaragoza, Dgo.

Desde el punto de vista fisiográfico, el área de estudio se encuentra localizada dentro de la zona limítrofe entre la provincia Cordilleras y Depresiones y la subprovincia Tierras Altas de Coahuila, mientras que geológicamente se ubica dentro de la Plataforma de Coahuila. Los rasgos del relieve que se observan son de segundo orden y están representados por un intenso fracturamiento y fallamiento así como por su plegamiento muy suave. Por otro lado, el área pertenece a la cuenca hidrológica de los Ríos Nazas y Aguanaval.

Las rocas aflorantes son casi en su totalidad sedimentarias de origen marino y continental cuyas edades varían desde el Cretácico Inferior hasta el Reciente. Las más antiguas corresponden a la Formación Acatita, depositada durante el Albiano Inferior - Tardío-Albiano Superior Temprano; están cubiertas en forma concordante por la Formación Treviño, correspondiéndole una edad Albiano Superior Tardío-Cenomaniano Inferior Temprano; estas rocas son las que tienen una mayor superficie de afloramiento en -

la zona de estudio.

Desde el punto de vista de evaluación azufrera, las formaciones anteriores son muy importantes por su gran contenido de yeso, ya que el espesor de la secuencia yesífera es muy potente, por lo que son geperadoras potenciales de depósitos de azufre, siempre y cuando estén presentes los otros factores que controlan su formación que son 1) Depósitos petrolíferos cercanos 2) Zonas de fracturamiento o fallamiento o zonas permeables 3) Agentes capaces de oxidar el ácido sulfhídrico 4) Rocas impermeables que impidan la fuga del ácido sulfhídrico 5) Trampas estructuras o estratigráficas. Los factores 1 y 3 no están muy claros en la zona de estudio, ya que no se conocen con certeza las rutas de migración de los hidrocarburos y el comportamiento del flujo de las aguas subterráneas, pero por las manifestaciones de azufre observadas, se cree que estuvieron presentes. Se lograron cartografiar quince manifestaciones de azufre de pequeñas dimensiones -- que, por lo general, se encuentran en forma diseminada en rocas dolomíticas de la Formación Treviño; por sus dimensiones, dichas manifestaciones se localizan dentro de lentes yesíferas de esta misma formación, íntimamente asociadas con grandes sistemas de fallas de transurrencia, comprobándose que son más abundantes y más frecuentes hacia los bordes de la Plataforma de Coahuila.

Las fallas de transurrencia que se generaron en el Paleozoico como producto de la Orogenia Maratón-Ouachita, posterior--

mente se reactivaron en el Cretácico Superior como efecto de la Orogenia Laramide, produciendo con esto un intenso fallamiento y un plegamiento incipiente. Debido al marcado fallamiento y fracturamiento producido, se creó una permeabilidad secundaria, que favoreció el paso de fluidos en estas zonas, siendo esta condición un factor importante en el origen de la formación de azufre, en donde es probable que el emplazamiento de este mineral haya tenido lugar durante el Oligo-Mioceno.

De lo anterior, se concluyó que en las facies yesíferas de la Formación Treviño se observaron un gran número de manifestaciones de azufre en su mayoría diseminados con porcentajes bajos, que varían de 5 a 15%, a pesar de que esta unidad tiene niveles estratigráficos con escaso yeso. Es muy probable que se puedan encontrar en el subsuelo depósitos de azufre económicamente explotables en las facies lagunares de la Formación Acatita, ya que en localidades cercanas, el yeso llega a tener más de 1,000 m. de espesor y quizá los depósitos sean relativamente someros, siempre y cuando se utilice otro método, que no sea el "Frasch", puesto que la región tiene escaso contenido de agua.

## CAPITULO I

### I N T R O D U C C I O N

La gran aplicación que tiene el azufre y sus derivados en las industrias de fertilizantes y petroquímica ha provocado un incremento de la exploración por este mineral en México.

Actualmente existen en México únicamente tres Unidades Mineras que extraen este elemento por el método "Frash": la Unidad Texistepec de la Compañía Exploradora del Istmo, S.A. (CEDISA), la Unidad Jáltipan de la Azufrera Panamericana, S.A. (APSA) y la Unidad Coachapa (APSA); todas ellas se encuentran en la Cuenca Salina del Istmo de Tehuantepec, en el Estado de Veracruz.

Debido a la necesidad de incrementar la producción de azufre y contar con buenas reservas para el futuro, APSA se propuso explorar diferentes zonas del país, para contar con información geológica y así saber donde se pueden localizar yacimientos económicamente explotables de este mineral; por tal motivo en el mes de noviembre de 1982 APSA contrató los servicios de Estudios Geológicos de México, S.A. de C.V. (Egeomesa), para realizar la exploración geológica superficial a nivel semidetalle y detalle de los Proyectos Tlahualilo y Ampliación Tlahualilo respectivamente, en los Estados de Coahuila y Durango, que abarcan una superficie de alrededor de 5000 km<sup>2</sup>. En este estudio el autor colaboró amplia

mente, tanto en el trabajo de campo como en el de gabinete.

### I.1. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS Y USOS DEL AZUFRE.

El azufre abunda en la naturaleza y se considera que compone del 0.03 al 0.1% del planeta, es el décimosexto elemento más -- abundante en el mismo y por lo general se presenta combinado en forma de sulfuros, siendo los más importantes los de plata (argentita), plomo (galena), zinc (blenda) y hierro (pirita); también aparece en forma de sulfatos, como los de calcio (yeso y anhidrita) y estroncio (celestita); asimismo se presenta disuelto en -- aguas termales o en los hidrocarburos en forma de ácido sulfhídrico. En estado nativo se presenta en zonas de origen volcánico, en los casquetes de los domos salinos y también en cuencas sedimentarias, asociado en los dos últimos casos con hidrocarburos.

El azufre es un elemento sólido a la temperatura ordinaria, presentándose en la naturaleza en formas tales como: masivo, terroso, cristalino, estalactítico, etc.; cristaliza en los sistemas ortorrómbico y monoclinico, siendo su peso específico de 2.05 en estado sólido y de 1.79 en estado líquido (135° C). Es insoluble en el agua y soluble en compuestos orgánicos, especialmente -- en el sulfuro de carbono; se funde entre los 112 y 119°C, dependiendo de su estado de cristalización y da un líquido azul claro que al aumentar su temperatura se oscurece, pasando a ser viscoso; si llega a calentarse más, vuelve a ser fluido de nuevo, pero

conservando el color y finalmente hierve a 445°C.

La viscosidad adecuada para los fines de explotación por medio del proceso frash, se logra en el intervalo de temperaturas de 118 a 158°C, por tener mayor fluidez.

Sus propiedades físicas son: lustre resinoso y adamantino, fractura concoidea, color amarillo a gris en varias tonalidades, raya blanca, dureza en la escala de Mohs de 1.5 a 2.5 y es mal conductor del calor y la electricidad.

El azufre se asemeja al oxígeno por su acción sobre el hidrógeno y los metales, pero su compuesto hidrogenado ( $H_2S$ ) es mucho menos estable que el agua, además de que se combina con el primero. A 450°C el vapor de azufre se combina con el hidrógeno y da, por una reacción limitada, ácido sulfhídrico. Arde en el aire o en el oxígeno con desprendimiento de calor, generando anhídrido sulfuroso ( $SO_2$ ), fenómeno que permite explicar las propiedades reductoras del azufre, en particular sobre el ácido sulfúrico, el ácido nítrico y sus sales, así como sobre los cloratos.

Conocido desde la antigüedad en la Biblia se le cita bajo el nombre de piedra flameable y era usado en medicina por griegos y romanos como blanqueador; en la India fue bautizado con el nombre de pulvezi que proviene del sánscrito y que deriva a la palabra latina sulphur-phuris. La propiedad de quemarse con facilidad y -

despedir un olor muy peculiar hizo que los pueblos antiguos lo usaran en sus ritos y festividades religiosas, de donde al descubrirse otras propiedades, comenzó a emplearse en la industria primitiva y de esta manera se puede ver que los egipcios lo utilizaron para decorar telas y fabricar diversos pigmentos. Al descubrirse la pólvora en el transcurso del siglo XII, este no metal alcanza gran importancia en los destinos de la humanidad y en los últimos 150 años, las aplicaciones que se han descubierto son muy variadas y han hecho que sus técnicas extractivas hayan ido evolucionando en forma notable, logrando que la producción pueda alcanzar cifras enormes que varían según las necesidades industriales, mencionando a continuación algunos de esos usos, en los cuales se indica el porcentaje del metaloide necesario para las combinaciones aquí expresadas:

PULPA (5%)

Revistas y papel para impresión, papel fino y para escrituras, papel para bolsas y envolturas, papel de seda y sanitarios.

BISULFURO DE CARBONO (3%)

Rayón, celofán, tetracloruro de carbono, sustancias químicas para la fabricación de hule.

MOLIDO Y REFINADO (2%)

Insecticidas, fungicidas, vulcanización del hule, agente --

mejorador de suelos.

OTROS (3%)

Colorantes, blanqueadores, extracción de soya, tratamiento de pieles, fotografía, productos químicos para la guerra y aceros especiales de magnesio.

QUIMICA (18%)

Detergentes sintéticos, aditivos comestibles, gasolina anti detonante, resinas sintéticas, cubiertas protectoras, colorantes, acidulación de pozos petroleros, catalizadores de petróleo, reductores de aluminio, colas y negruras para papel, tratamientos de aguas, productos farmacéuticos, insecticidas, anticongelante y ácido sulfúrico.

TITANIO Y OTROS PIGMENTOS (6%)

Pinturas y esmaltes, linóleos y telas revestidas, papel tinta para impresión.

HIERRO Y ACERO (3%)

Autos, herramientas e instrumentos, hojalata y otros recipientes y productos galvanizados.

RAYON Y PELICULAS (3%)

Cuerdas para llantas, textiles de fibras sintéticas, telas de fibras combinadas, celofán y películas fotográficas.

PETROLEO (2%)

Gasolina para aviones, lubricantes, otros productos y refinería.

OTRAS INDUSTRIAS (5%)

Explosivos, metales no ferrosos, hule sintético, acumuladores y acabados textiles.

FERTILIZANTES (48%)

Superfosfatos, fosfato de amonio, sulfuros de amonio y fertilizantes.

I.2. DISTRIBUCION DE YACIMIENTOS EN MEXICO Y MODO DE EMPLAZAMIENTO.

Los yacimientos de azufre en México se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

El tipo de criaderos solfatáricos se encuentran en los llamados terrenos de Agua Fria, ubicados cerca de Tajimaso, en el Es

tado de Michoacán, así como los del Volcán de las Vírgenes en Baja California y los del Volcán Popocatepetl en el Estado de Puebla.

Los criaderos asociados a depósitos evaporíticos estratificados, los que se espera lleguen a ser importantes, son los de San Rafael Huaxcamá, en el Estado de San Luis Potosí, los de las Sierras de Banderas, el Jamoncillo, la Campana y la región de Tlahualilo en el Estado de Durango, así como las Sierras de Clarín y Texas en el Estado de Coahuila y los de la región de Alcozanca en el Estado de Guerrero; por último los de mayor importancia económica son los que se encuentran en la región de la Cuenca Salina del Istmo de Tehuantepec, asociados al casquete rocoso de los domos salinos y seguramente se encuentran grandes yacimientos de este tipo en otras regiones del Golfo de México.

### I.3.- Objetivos del Estudio

Este estudio se programó teniendo tres finalidades específicas.

I.3.A. Cartografiar las unidades litoestratigráficas que afloran en la Sierra La Campana y conocer sus relaciones estructurales.

I.3.B. Evaluar las posibilidades azufreras del subsuelo, las cuales pueden ser complementadas con estudios de geofísica y posteriormente, de considerarse necesario, efectuar sondeos de exploración directa que en un momento dado puedan corroborar o contraponer las inferencias en base a la geología superficial.

I.3.C. Presentarlo como tema de Tesis Profesional y así cubrir un último requerimiento académico para obtener el título de Ingeniero Geólogo.

I.4. Duración y Método del Trabajo.

El tiempo que se empleó para la elaboración del trabajo -- fue del mes de mayo al mes de noviembre de 1983, dividiéndose en las siguientes etapas:

#### Primera Etapa

Se hizo un análisis y una síntesis de datos bibliográficos, en particular estratigráficos, tectónicos, geomorfológicos, estructurales, fisiográficos y geográficos, así como una recopilación cartográfica geológica, imágenes de satélite y fotografías aéreas (escala 1:50 000) con el fin de tener un panorama general previo a los trabajos de campo. En base a toda esta información y al estudio estereoscópico de las fotografías aéreas se procedió a elaborar un plano fotogeológico preliminar con la ayuda de un -

estereoscopio de espejos, vaciando la información a una carta topográfica de DETENAL, esc. 1:50 000, con ayuda de un Sketch Master y redactando un resumen preliminar para así planear los trabajos de campo subsecuentes.

### Segunda Etapa

Se verificaron los datos del plano fotogeológico, por medio de un reconocimiento geológico a semidetalle, describiendo las diferentes estructuras y tipos de rocas que se fueron presentando, colectando muestras aproximadamente a cada 300m, haciendo en cada punto una descripción petrológica, tanto del afloramiento como de la muestra recolectada y, en forma simultánea al reconocimiento geológico, se efectuó el muestreo de todas las manifestaciones de azufre encontradas en el área.

El recorrido del caminamiento geológico se programó en base a la información obtenida en el trabajo de gabinete, de acuerdo a las características más sobresalientes que se pudieron observar - en las imágenes de satélite y las fotografías aéreas, para después construir con todos los datos recabados secciones estructurales.

Es digno de mencionar que de los lugares que presentaban aspectos importantes, ya sean estructurales o estratigráficos, se hacía un esquema o se tomaba una fotografía, para incluirlos en la elaboración del trabajo final.

### Tercera Etapa

Se elaboró la reinterpretación de las fotografías aéreas en base a la información obtenida en la etapa de campo, así como la realización de estudios petrográficos y paleontológicos de las -- muestras colectadas. Se construyó un plano geológico a semideta-- lle definitivo escala 1: 50 000.

La información de los datos obtenidos en campo, junto con -- la información recabada en el laboratorio, sirvieron para hacer -- una interpretación estratigráfica-estructural y evaluar el poten-- cial económico-azufrero de dicha región; asimismo Egeomesa aprove-- chó esta información para construir planos de litofacies y paleo-- ambientes, secciones geológicas estructurales y planos de evalua-- ción económica y, para finalizar, se elaboró la memoria escrita de este estudio.

#### I.5. Trabajos de Laboratorio.

Con el objeto de conocer ampliamente las características pa-- leontológicas y petrográficas de las rocas aflorantes en la Sie-- rra La Campana se efectuaron este tipo de estudios a algunas de -- las muestras colectadas y que se encuentran perfectamente locali-- zadas tanto en los mapas geológicos como en las secciones estruc-- turales correspondientes.

Para el estudio paleontológico se seleccionaron las muestras que presentaban una textura mejor preservada con la idea de que no hubiera un mal reconocimiento de la microfauna y por lo tanto no causarían una determinación dudosa del paleoambiente o la edad.

Los estudios petrográficos tuvieron el fin de confirmar el tipo de roca definido en el campo, además de saber si se encontraba azufre diseminado en rocas carbonatadas asociadas con yeso.

Los estudios paleontológicos los realizó el Dr. Mario Trejo H. y los petrográficos el Ing. Germán Arriaga G.

#### I.6. Trabajos Previos.

Existen numerosos estudios publicados que se han elaborado en zonas vecinas al área y aún dentro de ésta con un enfoque económico, encaminados a la búsqueda de yacimientos minerales e hidrocarburos, pero también existen otros con un enfoque meramente científico.

Haarman (1913) y Böse (1921) estudiaron la secuencia paleozoica marina y la mesozoica evaporítica, después King (1926, - - 1934) detalló el Pérmico de la región de Delicias, Coah. y posteriormente Kelly (1936) definió formalmente la estratigrafía de la región.

Años después Humphrey (1956) reorganiza la estratigrafía y determina las edades de las rocas en las zonas aledañas; al mismo tiempo en esta época también se inician los estudios sobre localidades de azufre por exploradores mexicanos tales como: Villarreal (1953) y Paredes y Otero (1968) del entonces denominado Consejo de Recursos Naturales no Renovables. descubiertas en la Sierra La Campana por los exploradores españoles desde la época colonial.

Más tarde Petróleos Mexicanos inicia trabajos de exploración petrolera entre los que cabe mencionar los de Leyva (1971) y Garza (1972), que de manera informal hacen algunas modificaciones en la estratigrafía de la región. Puesto que sería imposible mencionar a todos los que participaron en la exploración geológica de esta región se anexa una lista completa de los estudios y publicaciones consultados que se encuentra en la bibliografía.

## CAPITULO II

### GEOGRAFIA FISICA Y HUMANA

#### II.1. Localización geográfica y extensión del área.

La zona estudiada se localiza hacia la parte NE del Edo. de Durango, limítrofe con el Edo. de Coahuila y cubre un área aproximada de 1100 km<sup>2</sup>. La Sierra de la Campana se encuentra ubicada entre los paralelos 26°07'00" y 26°30'00" de Latitud Norte y entre los meridianos 103°26'00" y 103°35'30" de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich. (Figura 1) a unos 5 km al NW del poblado de Tlahualilo de Zaragoza.

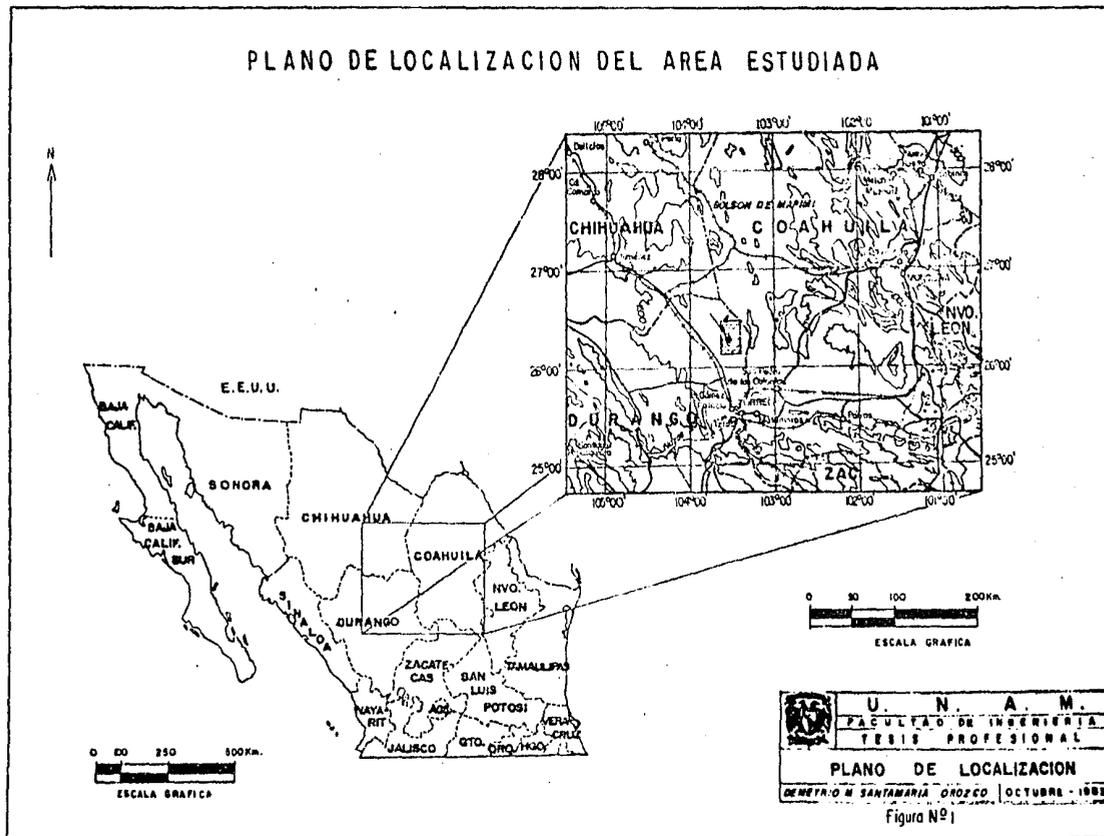
De acuerdo al fraccionamiento cartográfico de DETENAL el área de estudio cubre casi la totalidad de la Hoja Córdoba (G-13-B-75) y la parte superior de la de Tlahualilo de Zaragoza (G-13-B-85) escala 1:50 000 (Planos 1 y 2). Todas las poblaciones ubicadas en ambas hojas pertenecen al municipio cuya cabecera es esta última población.

#### II.2. Factores Sociales.

##### II.2.1. Vías de comunicación y servicios.

La zona de trabajo se encuentra comunicada por terracerías, veredas y brechas, las cuales entroncan con la carretera que va de Tlahualilo de Zaragoza a Torreón, Coah.

# PLANO DE LOCALIZACION DEL AREA ESTUDIADA



|                                 |                        |
|---------------------------------|------------------------|
|                                 | U. N. A. M.            |
|                                 | FACULTAD DE INGENIERIA |
|                                 | TESIS PROFESIONAL      |
| PLANO DE LOCALIZACION           |                        |
| DISEÑADO POR: SANTIAGUA ORDOZCO |                        |
| OCTUBRE - 1983                  |                        |

Figura N° 1

A 25 km. al oeste de Tlahualilo de Zaragoza pasa la carretera Federal No. 49 que va de Torreón, Coah. a Jiménez Chih., a un costado de la cual pasa el ferrocarril México-Cd. Juárez.

En la Ciudad de Torreón, que se encuentra a 75 km. de Tlahualilo de Zaragoza, se cuenta con un aeropuerto internacional: - además existe una aeropista para naves de poca capacidad de vuelo, al norte del poblado de Oquendo.

Se cuenta con servicio telefónico en Tlahualilo de Zaragoza. Las instalaciones telegráficas más cercanas se hallan en el poblado de Bermejillo a unos 35 km al SW de Tlahualilo. Por lo que se refiere a la energía eléctrica tienen este servicio los principales poblados de esta zona que son: Tlahualilo de Zaragoza, Pamploña, La Campana, Oquendo, Providencia, Córdoba, Barcelona, Londres y Valencia.

#### II.2.2. Población y Cultura.

Tlahualilo, Dgo., es la población más importante del municipio y por lo mismo, cabecera municipal e importante centro agrícola y comercial, ya que está situado en la Región Lagunera.

El nivel de vida en el área de trabajo va de baja a muy baja, notándose en algunos ejidos la carencia de elementos tan importantes como agua potable, asistencia médica, escuelas, etc.

En la porción sur, la economía de los ejidos y rancherías, - en parte se basa en la agricultura, la zona de riego está beneficiada por la presa Francisco Zarco; pero la construcción de ésta y otras presas a lo largo del Río Nazas, han dado como consecuencia que en la zona norte algunos poblados estén semiabandonados - por la escasa precipitación pluvial, pues en décadas anteriores - esta zona era lagunar.

En la actualidad la laguna está seca y por tal motivo los - habitantes de estas poblaciones tuvieron que abandonar su centro de trabajo, ya que tanto la agricultura como la ganadería se vieron mermadas. Esto contribuyó a que gran parte de la población emigra hacia los E.U.A. para trabajar como braceros.

Por tal motivo se puede decir, que la actividad agrícola se concentra en la porción sur de este municipio, quedando representada como importante productor de algodón, melón y sandía. En la ganadería se destaca el ganado vacuno, caballar, mular, lanar, porcino y caprino. Por otro lado, la avicultura está representada por toda clase de aves domésticas, tales como: gallinas, gallos, pollo, patos, guajolotes, etc.

La religión que profesa la mayoría de los habitantes es la católica.

### II.3. Factores Físicos y Biológicos.

#### II.3.1. Clima.

El clima más extendido en el oeste de Coahuila y NE de Durango es muy seco, semicálido, con muy bajo porcentaje de lluvias invernales, que predomina típicamente en los amplios llanos desérticos o bolsones y en las bajadas tendidas de las sierras, en terrenos generalmente más bajos de los 1400m de altitud; los suelos son típicos de zonas áridas y la vegetación está constituida por matorrales desérticos o bien halófila.

Se caracteriza por una variación en su temperatura de más de 14°C de diferencia entre el mes más cálido que es junio, y el más frío que es enero. Las escasas precipitaciones pluviales -- oscilan anualmente entre 100 y 400mm, que se presentan en su -- gran mayoría en verano.

La temperatura media anual varía de unos 18°C a casi 22°C.- La media mensual más alta llega a rebasar los 30°C y la mínima -- es menor de 12°C. Es común, en este tipo de climas muy secos conti-- nentales, que la precipitación en un año pueda variar mucho de -- la que se anota como promedio . Así, hay años mucho más secos y otros bastante más húmedos, prevaleciendo los primeros (figura - 2).



### II.3.2. Flora.

Los arbustos dominan el panorama de esta región, que en lo general no sobrepasan los 2m de altura. Se trata de matorrales - desérticos microfilos que presentan algunas variaciones en cuanto a sus componentes en los llanos y bajadas; están constituidos por gobernadora (Larrea tridentata), huizache (Acacia vernicosa), ocotillo (Fouquieria splendens) y mezquites (Prosopis sp ) principalmente; a alturas inferiores, por debajo de 1500m se presentan gatuño (Mimosa sp ) y nopales (Opuntia macrocentral); los componentes de menor altura son cenizos (Leucophullus sp .), mariolas (Parthenium incanum), hierbas de burro (Zinnia acerosa y Colde-  
nia gregii); sobresalen en cuanto a la altura, alrededor de los - 4m, palmas (Yuca sp .) y huizaches (Acacia vernicosa).

Las comunidades vegetales de importancia en la región son: la denominada vegetación halófila, característica de áreas con -- suelos salinos, matorral desértico rosetófilo y pastizales naturales en la zona de dunas. El chaparral está compuesto principalmente por encinos arbustivos (Quercus sp .) y otras especies de arbustos. Estas comunidades vegetales se encuentran en las partes - altas, entre 1500 y 2200 m.s.n.m.

### II.3.3. Fauna.

En forma general, se puede considerar que la fauna está po-

co afectada por la actividad humana, debido a la poca accesibilidad de la región y está controlada por los cambios de altura entre otros factores. Se halla representada por las siguientes especies; liebre, conejo, ardilla de tierra, rata canguro, coyote, zorra gris, cacomixtle, mapache, zorrillo, venado, lechuza, correcaminos, codorniz, águila, tórtola, zopilote y gavilán.

La lista sólo muestra algunas de las especies que existen ya que además hay otras como carpinteros, golondrinas, cuervos y auras entre las aves y existe también gran cantidad de reptiles y animales ponzoñosos como serpientes, tarántulas y alacranes.

#### II.4. Fisiografía.

El área objeto del presente estudio, se encuentra ubicada en la parte sur de la Provincia Fisiográfica de Sierra y Cuencas (Basin and Ranges, Raisz, 1964), colindando con la Subprovincia de Tierras Altas de Coahuila modificada por la UNAM 1976 (figura 3).

Está constituida por sierras de origen sedimentario, aisladas y alargadas que en su mayoría tienen una dirección NW-SE, con grandes cuencas endorreicas rellenas por detritos (bolsones) entre cada sierra. En ocasiones sobre los bolsones emergen sierras dómicas que presentan cuerpos intrusivos las cuales, al igual que las sierras sedimentarias, presentan extensos abanicos aluviales en sus partes bajas.

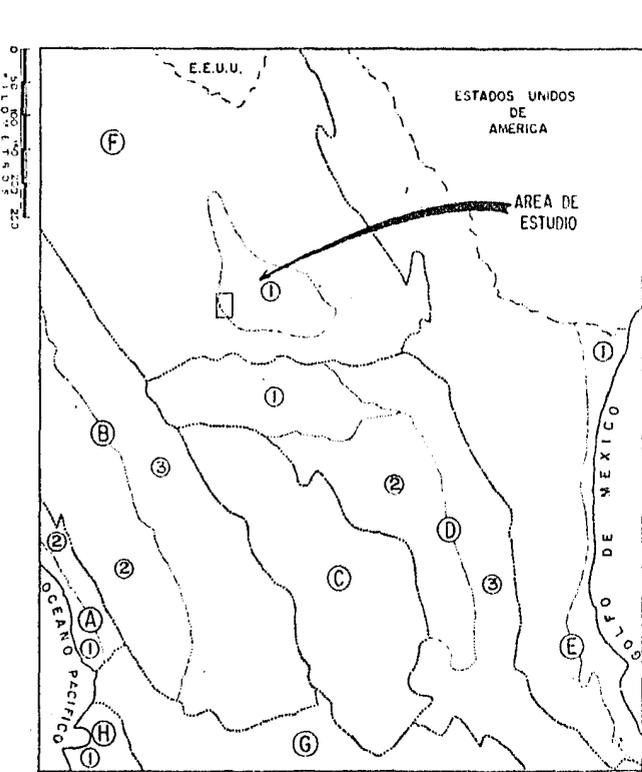


Figura Nº 3

LEYENDA

- A - CORDILLERAS SEPULTADAS
  - 1 Planicie Costera Sinaloa-Nayarit
  - 2 Sierras de Piemonte
- B - SIERRA MADRE OCCIDENTAL
  - 2 Mesetas de Lava y Riolita
  - 3 Tierras Altas con Depresiones
- C - MESETA CENTRAL
- D - SIERRA MADRE ORIENTAL
  - 1 Cordilleras Transversales
  - 2 Cordilleras Bajas
  - 3 Sierras Altas
- E - PLANICIE COSTERA DEL GOLFO
  - 1 Costa Baja
- F - CORDILLERAS Y DEPRESIONES
  - 1 Tierras Altas de Coahuila
- G - EJE NEOVOLCANICO
- H - SIERRA MADRE DEL SUR
  - 1 Tierras Altas del Norte

- 21 -

|  |                        |
|--|------------------------|
|         | U . N . A . M .        |
|  | FACULTAD DE INGENIERIA |
|  | TESIS PROFESIONAL      |
| PROVINCIAS FISIGRAFICAS<br>SEGUN ERWIN RICE CON ADAPTACIONES<br>ENRIQUE AGUILERA H. 1978 |                        |
| DEMETRIO M. SANTAMARIA ORDOZCO   | OCTUBRE - 1983         |

Raisz (op. cit.) divide a la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Oriental en cuatro subprovincias.

- a) Subprovincia de las Sierras Altas
- b) Subprovincia de las Cordilleras Bajas
- c) Subprovincia en las Cordilleras Transversales
- d) Subprovincia de las Sierras del Norte.

Barragán y colaboradores (1978) no están de acuerdo con el último inciso, ya que las características morfológicas y topográficas muestran otro patrón diferente al de la provincia en cuestión, por lo que proponen englobarla dentro de la Provincia fisiográfica de Sierras y Cuencas de Coahuila (Humphrey 1956), ya que la región muestra características topográficas y morfológicas propias de ésta.

La subprovincia de Tierras Altas de Coahuila (Meseta de Coahuila), está limitada al norte, este y oeste por la Provincia Fisiográfica de Sierras y Cuencas; esta subprovincia se extiende -- desde el NW de la ciudad de Saltillo hasta las cercanías de la Ciudad de Torreón al norte, teniendo como límite oriental la carretera Saltillo-Monclova y como límite occidental la línea imaginaria que une a Torreón con Mohovano y al norte la carretera que une las poblaciones de Monclova-Sierra Mojada, teniendo 210km de largo, 120km de ancho en su extremo centro occidental y 70 km en su extremo oriental mostrando una forma de zapato.

Las estructuras son de tipo dómico y circulares (sierras - Los Alamitos y La Paila) en su porción sur-central y sur-oriental; en su extremo occidental son alargadas con su flanco oriental abrupto y su flanco occidental suave con una orientación N-S (Sierras El Zapatero y La Campana) y, finalmente en la parte norte también son alargadas con su flanco norte suave y con una dirección E-W (Sierras La Fragua y La Colorada).

#### II.5. Orografía.

El área cartografiada muestra una sierra alargada con orientación N-S y forma de embudo, siendo la parte sur la más angosta. Tiene una longitud aproximada de 41 km, una anchura de 14km en -- sus partes media y superior y de 2 km en su parte inferior.

La zona estudiada comprende un anticlinal simétrico, mostrando un escarpe en la parte oriental y cuya parte superior está ocupada por la caliza de la Formación Treviño.

Su altitud máxima es de 1880m y se sitúa en la porción central de la sierra. El valle que se encuentra rodeado a la sierra tiene una altitud aproximada de 1100m.

## II.6. Hidrografía

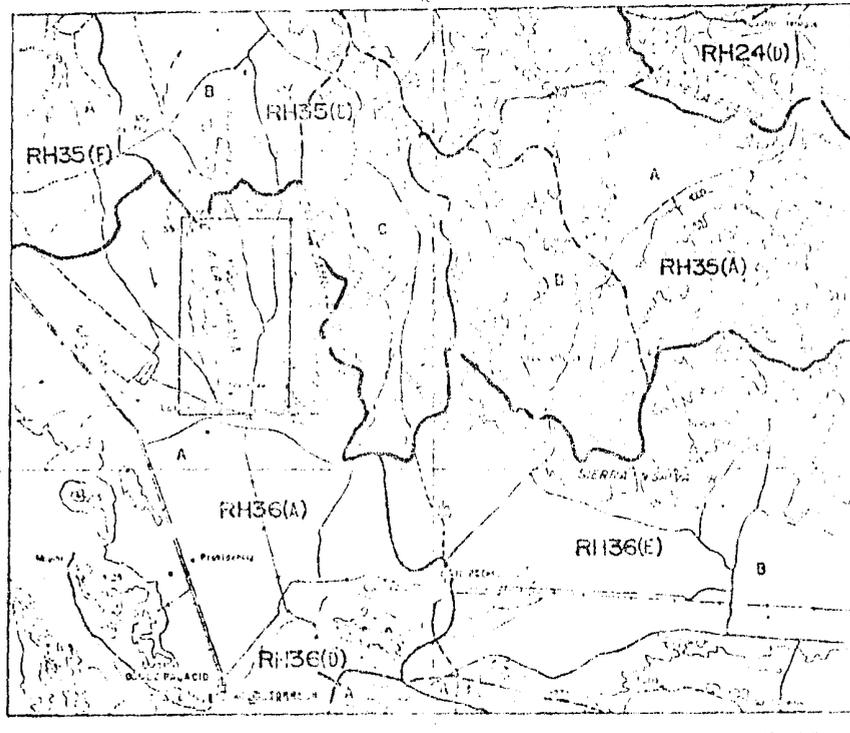
### II.6.1. Aguas Superficiales

La Región hidrológica a la que pertenece la zona estudiada es la "Nazas-Aguanaval" (RH-36 I.N.E.G.I., 1983), que se ubica entre los paralelos  $22^{\circ}40'$ , y  $26^{\circ}35'$  de Latitud Norte y los meridianos  $101^{\circ}30'$  y  $106^{\circ}21'$  de Longitud Oeste. Constituye una amplia zona cerrada, que cubre parte de los Estados de Durango, Coahuila y Zacatecas y se le conoce con el nombre de "Región Lagunera", - la cual corresponde a las cuencas endorreicas de los Ríos Nazas y Aguanaval; estos ríos se aprovechan para alimentar a las zonas - agrícolas de dichos estados; más localmente, la zona de estudio se encuentra en la Cuenca "Río Nazas-Torreón" (36A) y la Subcuenca a la que pertenece es la "Río Nazas-Santa Rosa" (36AA) (figura 4).

El escurrimiento promedio anual se calcula de unos 20 a - - 50mm. y el drenaje que prevalece en la Sierra de La Campana es -- exorreico de tipo intermitente; las corrientes pierden definición hacia las partes centrales de los valles, transformándose en -- corrientes divagantes, que se desvanecen o desembocan en pequeñas - lagunas intermitentes.

Existen numerosos bordos y estanques que en épocas de lluvia favorecen la infiltración, pero no se observan muchos aprovechamientos hidráulicos, como son algunos pozos equipados, que sir

PLANO DE REGIONES HIDROLOGICAS



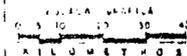
LEYENDA

RH24 - BRAVO-CONCHOS  
 D - PRESA FALCON-RIO SALADO  
 U - RIO SALADO DE NATADEROS

RH35 - NARIÑO  
 A - VALLE EL HUNDIDO  
 B - EL HUNDIDO  
 C - EL SOBACO  
 D - LA LANA DEL REY  
 E - LA AGUA DEL REY  
 F - CHAPUL DE PISA  
 G - LA LINDA-L. PALOMAS  
 H - EL SIERRA

RH36 - NAZAS-AGUINAL  
 A - LOS NAZAS-TORREON  
 B - NAZAS-STA. ROSA  
 C - LAGUNAS DE NAYRAN Y  
 TESCO  
 D - LAGUNA DE VIESCA  
 E - LAGUNA DE NAYRAN  
 F - RIO AGUINAL  
 G - RIO AGUINAL-NAZARENO

□ AREA DE ESTUDIO



U. N. A. M.  
 HIDROGRAFIA  
 TESIS PROFESIONAL  
 DEMETRIO SANTANARIA O

SEGUN S.P.P. (1961)

FIG. N.º 4

ven para el abrevadero del ganado de la región.

#### II.6.2. Aguas Subterráneas.

En el trabajo de campo se comprobó que el clima de esta zona es de tipo desértico y seco, por esto los recursos hidráulicos son escasos, pero posiblemente las captaciones acuíferas sean buenas, ya que las rocas que afloran en superficie presentan buena porosidad y permeabilidad, características que se ven apoyadas -- por los manantiales que se manifiestan, además de que en algunos -- lugares las formaciones presentan fenómenos de carsticidad encontrando algunas cavernas y dolinas de diferentes dimensiones. Pero debido a la escasa precipitación anual la recarga de estos acuíferos es muy lenta y como consecuencia, si no son explotados debidamente puede haber trastornos en los niveles piezométricos.

Los grandes valles o bolsones que se encuentran en los costados de las sierras pueden constituir también buenos almacenes subterráneos susceptibles de ser explotados, puesto que -- los sedimentos que los rellenan son de tipo aluvial.

La Región Hidrológica Nazas-Aguanaval es la más importante del Estado de Coahuila, por el consumo de aguas subterráneas que -- se lleva a cabo en los aluviones de edad Reciente.

Sin embargo, los niveles de volumen del preciado líquido han venido mermándose, debido a la excesiva extracción y la poca recarga de los acuíferos, generando abatimientos en los niveles hasta de 100m, provocando que la zona resulte sobre explotada (SPP,1983).

## II.7. Geomorfología

La configuración topográfica que presenta actualmente la región se debe, en gran parte, a los eventos tectónicos a los que se ha visto sujeta.

Los factores geomorfológicos que controlan el modelado del relieve son:

- 1) Estructura
- 2) Procesos erosivos y acumulativos
- 3) Etapa geomórfica

### II.7.1. Estructura.

La Sierra de La Campana presenta un relieve de segundo orden, constituida esencialmente por rocas sedimentarias de tipo marino, fuertemente fracturadas o falladas y muy poco plegadas formando suaves anticlinales y sinclinales.

La sierra está coronada por rocas calcáreas de la Formación

Treviño; debido a la dureza de las mismas se forman grandes cañones con un relieve muy abrupto (cañadas la Barbacoa, el Tecolote y la Azufrera) siguiendo la dirección de las fallas y fracturas.

Egeomesa (1983) reporta que las sierras Los Remedios, Acaticta, Las Delicias, Tlahualilo, El Zapatero y La Campana entre otras tienen un comportamiento estructural muy definido que no abarca a otras regiones del norte del país.

#### II.7.2. Procesos erosivos y acumulativos.

Los agentes de erosión son esencialmente el agua, el aire y la gravedad, siendo el primero el más eficaz.

El intemperismo físico o mecánico es por medio del agua o el aire, acarreando material y el intemperismo químico es producido por el agua que altera al yeso y a las calizas, siendo éste el que provoca las cavernas o dolinas de dicho territorio.

##### II.7.2.1. Formas Erosionales.

La acción del agua provoca, en superficie, barrancos o cañadas y en el subsuelo dolinas y cavernas, todo esto relacionado con las zonas tectonizadas.

#### II.7.2.2. Formas residuales.

Estas formas se presentan en las partes altas de la sierra constituyendo escarpes o picachos, debido a la gran dureza de las rocas calcáreas de la Formación Treviño.

#### II.7.2.3. Formas Acumulativas.

Son ocasionadas por el acarreo y depósito de materiales debido a los agentes destructivos antes mencionados.

- Abanicos aluviales.- Se forman en las partes bajas de la sierra, correspondiendo a las terminaciones de los arroyos intermitentes. Son más abundantes en la parte occidental que en la parte oriental de ésta.

- Depósitos de Piamonte.- Generalmente se encuentran al pie de los escarpes y están constituidos por sedimentos clásticos mal clasificados y de gran variedad de tamaños.

- Llanuras.- Están constituidos por sedimentos finos y su principal agente erosivo es el viento (sedimentos eólicos).

#### II.7.3. Etapa Geomórfica.

Según el ciclo geomorfológico se puede decir que el área se encuentra en una etapa de madurez y debido a los fenómenos --

tectónicos a los que está asociada, está sufriendo un rejuveneci-  
miento.

### CAPITULO III

#### E S T R A T I G R A F I A

##### III.1. Geología Regional.

El área de estudio se encuentra en la porción SW de la Provincia Geológica de la Plataforma de Coahuila, (figura 5) cuyos límites son: al noreste la Plataforma Burro-Picachos, al sur la Cuenca de Parras, al occidente la Cuenca de Chihuahua y al oriente el Golfo de Sabinas (UNAM, F.I., 1972).

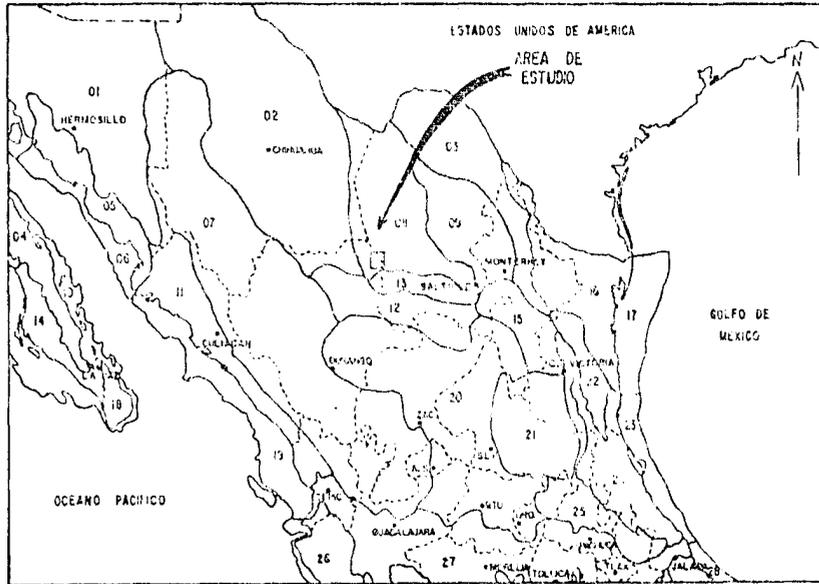
Debido a lo complejo de la nomenclatura existente en las -- formaciones de la Península de Coahuila, en la que una misma unidad litológica puede estar definida por dos o más nombres, el autor ha adoptado en este trabajo la nomenclatura propuesta por Petróleos Mexicanos (Leyva 1977 y Garza 1973) con modificaciones de Estudios Geológicos de México, S.A. de C.V., 1983.

Dentro del Marco Geológico Regional se presentarán a continuación las unidades formacionales aflorantes que se encuentran - cercanas a la zona en cuestión comprendiendo un intervalo estrati - gráfico que va del Paleozoico al Cretácico Superior.

El Paleozoico es de origen marino y está representado por - rocas sedimentarias de tipo flysch, que consisten en conglomerados grauvacas y lutitas interestratificadas con calizas fosilíferas.

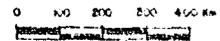
PROVINCIAS GEOLOGICAS

LEYENDA



- 01. DE SONORA.
- 02. CUENCA DE CHIHUAHUA.
- 03. DE LA PLAT. DE BURRO-PICACHOS.
- 04. DE VIZCAINO.
- 05. DEL RIO YAQUI.
- 06. DE GUAYMAS.
- 07. S. MADRE OCCIDENTAL.
- 08. DE LA PLAT. DE CONIUA.
- 09. DE SABINAS.
- 10. DE BAHIA MAGDALENA-CEDROS.
- 11. PLANICIE COSTERA DEL PACIFICO.
- 12. SIST. CROGENICO TRANSVERSO TORREON-SALTILLO.
- 13. DE LA CUENCA DE PARRAS.
- 14. DE PARRISIMA.
- 15. S. MADRE ORIENTAL.
- 16. CUENCA DE BURGOS.
- 17. DE LA LAGUNA MADRE.
- 18. DE LA SIERRA DE LA VICTORIA.
- 19. DE WAZATLAN.
- 20. DE LA MEGA CENTRAL.
- 21. DE LA PLAT. DE VALLES-LLP.
- 22. DE TAMAULIPAS.
- 23. DE TAMPIO.
- 24. DE TAMICO-MISANTLA.
- 25. S. MADRE ORIENTAL.
- 26. DE LA S. MADRE DEL SUR.
- 27. DE JE NEG VOLCANICO.
- 28. DE VERACRUZ.

ESCALA




**U. N. A. M.**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 TESIS PROFESIONAL  
 PROVINCIAS GEOLOGICAS (I)  
 DEMETRIO M. SANTAMARIA ORCULLI | OCTUBRE - 1981

1 SEGUN LA UNAM, FACULTAD DE INGENIERIA 1972

Figura Nº 5

ras y con intercalaciones volcánicas. La secuencia pertenece a la Formación Sardinias del Pérmico. Esta serie aflora en la porción septentrional de la Sierra Las Delicias, Edo. de Coahuila. La serie pérmica fue descrita por Böse (1921, 1926) y King (1934) y una secuencia de pizarras en esta serie fue considerada por Kelly (1936) como filítica, ya que está afectada por un cuerpo granodiorítico de edad Permo-Triásica.

La secuencia Mesozoica está constituida por rocas carbonatadas, areniscas, lutitas, dolomías y evaporitas del Cretácico. En su parte basal estas rocas se encuentran en contacto discordante y bien definido con la serie pérmica antes mencionada.

Las rocas más antiguas constituyen la Formación Las Uvas, - compuestas de limolitas, areniscas, conglomerados, lutitas y calizas arcillosas. Aflora en el Flanco oriental de las sierras Los Remedios y Las Delicias y en la parte sur de la Sierra Tlahualilo, correspondiéndole una edad aptiana según el trabajo hecho por Trejo 1983. Está cubierta por la Formación La Paila, representada por calizas masivas y calizas arcillosas, siendo tanto su contacto inferior como superior concordante; su espesor medio es de unos 40m, similar al de Las Uvas, y su edad es Albiano Inferior, quedando reportada en las sierras Los Remedios, Las Delicias y en la porción sur de la Sierra de Tlahualilo, Coah. Encima se encuentra la Formación Acatita, constituida por rocas carbonatadas con o

sin dolomitización, interestratificadas con yesos pero en algunas localidades predominan las evaporitas; estas rocas afloran en -- las sierras Tlahualilo, Los Remedios, Las Delicias, La Margarita y Los Organos, Coah., y su edad es Albiano Inferior-Medio. El espesor máximo reportado por Egeomesa (op. cit.) es de 1,200m y se encuentra en la porción central de la Sierra de los Organos. Sus contactos inferior y superior son concordantes y definidos.

La Formación Treviño que la cubre está constituida por calizas y calizas dolomíticas interestratificadas con lentes de yeso. Presenta una estratificación que va de gruesa a muy gruesa y su edad es Albiano Superior-Cenomaniano y ha sido descrita en las -- sierras Las Delicias, Los Remedios, La Margarita, Los Organos, El Zapatero y Las Palomas en el Estado de Coahuila y La Campana, Banderas y Tlahualilo en el Estado de Durango.

Las rocas más recientes del Cretácico constituyen a la Formación Indidura, compuesta de sedimentos nerfíticos y mixtos como lutitas, calizas arcillosas, yeso y bentonita (Kelly, 1936), teniendo un espesor medio de 200m ; aflora al N de la sierra Tlahualilo y La Campana, al sur de la Sierra Las Delicias y al NE del Rancho Santa Ana, Coah., que es su localidad tipo. Además en la Sierra Banderas aparecen afloramientos de esta formación pero en diferente tipo de facies, ya que las rocas que la constituyen son areniscas, conglomerados y lutitas con lentes de yeso, que por su

abundancia en terrígenos indican que se trata de una zona más -- cercana al continente. La edad de esta formación es Cenomaniano-Turoniano.

Regionalmente se han identificado cuatro etapas de manifestaciones ígneas: La primera, como ya se mencionó, es del Paleozoico, ya que se encuentran rocas volcánicas dentro de la Formación Sardinias; la segunda se presenta en el Permo-Triásico y está constituida por un intrusivo de dimensiones batolíticas de composición ácida que aflora en la porción oeste de la Sierra Los Remedios. De acuerdo con R.E. Denison (1977), su edad, empleando el método de rubidio-estroncio es de alrededor de 200 millones de -- años; la tercera etapa se manifiesta en el Terciario por rocas hipabisales de composición andesítica que se encuentran en el flanco oriental de la Sierra Banderas, en el Cerro Cortado y en la -- parte sur de la Sierra La Campana, Dgo.

Por último, existen emanaciones volcánicas del Cuaternario de composición basáltica, que afloran entre las sierras La Campana, Las Palomas y El Zapatero, en los Cerros Colorados (Coah., y Dgo.), al occidente de la Sierra de Tlahualilo, Dgo. y en la porción Meridional de la Sierra Las Delicias, Coah.

### III.2. Tabla Estratigráfica.

En base a la información consultada para las áreas vecinas

del trabajo, Egeomesa (op. cit.) construyó la tabla de correlación estratigráfica que se presenta en el anexo 3. Además en el mismo anexo se muestran las tablas petrológicas de las secciones medidas, describiendo cada una de las muestras recolectadas.

### III.3. Geología Local.

#### III.3.1. Era Mesozoica.

##### - Sistema Cretácico.

##### Formación Acatita.

##### a) Definición.

El término fue propuesto por Humphrey (1956, pág. 329) para definir a una unidad sedimentaria de facies lagunares de edad Albiano Inferior y Medio que aflora en el frente suroeste de la Sierra de Acatita entre el Cañón Grande y Las Uvas, Coah. la sección tipo fue medida por Kelly (1936), justamente al oriente del Cañón de Pezuña, a unos 3 km del Rancho Acatita., Coah.; a esta formación la denominó Cuchillo Superior, nombre aplicado por primera vez por Borrows (1910) en la región de Cuchillo Parado, Chih.

Consiste de calizas, yesos y dolomías, con abundantes lentes y nódulos de pedernal, así como también algunos con horizontes de anhídrita.

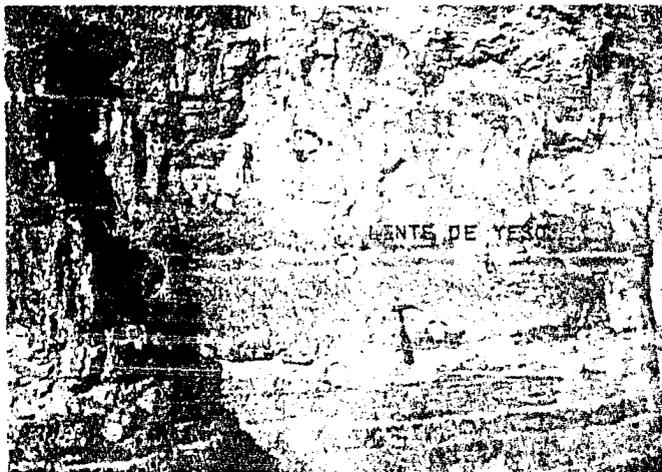
b) Distribución.

La Formación Acatita aflora solamente en una pequeña porción al noreste de la zona estudiada, en el flanco occidental de la Sierra de Tlahualilo (fotografía 1), en la Cañada de Santo Niño y en la Cañada de la Minita (plano No. 1). De acuerdo con Egeomesa (op. cit.) esta formación tiene una amplia distribución hacia la parte norte y oriental del área estudiada, aflorando principalmente en las sierras de Las Delicias, Los Remedios, La Margarita, Los Organos, La Paila, Baicuco y Los Alamitos, Coah.

c) Litología y Espesor.

En la Sierra de los Organos, Egeomesa (op. cit.) midió un espesor de 1200m para esta formación, constituida principalmente por dolomas, calizas dolomitizadas, yesos y calizas recristalizadas con nódulos y bandas de pedernal, presentando una estratificación de 40 cm a 1.5m de espesor y con cavidades pequeñas de disolución.

Por lo que respecta a la zona de trabajo no fue posible medir el espesor de la formación; las características liticas que presentan estas rocas son las siguientes; alternancia de "wackestone" a "grainstone" con miliólidos y cantidades subordinadas de pedernal ocre en forma de bandas y nódulos alargados, calizas dolomitizadas y yeso con estratos que van de medianos a gruesos (de



Fotografía 1.

#### FORMACION ACATITA

En esta fotografía se muestra un aspecto de las dolomías de estratificación masiva, observándose un marcado fracturamiento transversal al plano de estratificación y el yeso en forma de lentes y pequeñas bandas.

Flanco Oriental de la Sierra Tlahualilo, Municipio de Francisco I. Madero, Estado de Coahuila.

30 cm a 1m).

Egeomesa (op. cit.) concluyó que en general se observa la predominancia de yesos en la Formación Acatita, los que pudieron ser generados en la zona lagunar más restringida de la preexistente Plataforma de Coahuila, (plano No. 3), cambiando gradualmente hacia los bordes a dolomías, con intercalaciones de yesos y calizas dolomitizadas de plataforma.

d) Relaciones Estratigráficas.

El contacto inferior con la Formación La Paila no aflora en la zona de estudio, pero Egeomesa (op. cit.) determinó que es concordante y bien definido; asimismo el contacto superior con la Formación Treviño lo reporta concordante tanto estructural como estratigráficamente.

e) Edad y Correlación.

En trabajos anteriores se han reportado la existencia de Barkerina barkerensis, Orbitolina texana y Dictyoconus, sp. fósiles a los que se ha asignado una edad Albiano (Roëme, Trejo). Que dando entonces una edad que oscila del Albiano Inferior Tardío a Albiano Superior Temprano. Por lo tanto, por sus relaciones estratigráficas se puede correlacionar con las formaciones Ojinaga y Aurora de las regiones de Parras, Coah., y Monterrey, N.L. y con

las formaciones Tamaulipas Superior, Abra y Tamabra de la Plataforma de Valles, S.L.P.

f) Ambiente de Depósito.

Kellum y Colegas (1936) señalan que la Formación Acatita -- fue acumulada en lagunas marginales de una plataforma evaporítica que se desarrolló sobre la Península de Coahuila. El basamento de la península se hundió gradualmente, pero la superficie de sedimentación permaneció aproximadamente a un mismo nivel del mar con un tirante de agua muy pequeño, reflejado en la alta salinidad de ésta, aunado a un paleoclima muy cálido y circulación de agua restringida, que propició la acumulación de grandes espesores de evaporitas.

La formación de calizas y dolomías, obedeció a cambios periódicos en la salinidad del agua que propició el desarrollo de vida marina asociada a carbonatos de Mg y Ca. (plano No. 3).

Formación Treviño.

a) Definición.

Garza (1973) define de manera informal como Formación Treviño a una secuencia carbonatada que se encuentra en el Cañón Treviño en la porción nor-central de la Sierra de La Paila, a unos 19km al W-SW de la Hacienda de Guadalupe, Coah. En esta locali-

dad consiste de calizas de color gris en capas gruesas, en parte dolomitizadas con miliólidos y restos de toucasias, que descansa concordantemente sobre la Formación Acatita y subyace a la Formación Baicuco.

Burrows (1910) asignó a esta secuencia el nombre de Formación Cuchillo Parado; más tarde Kelly (1936) y Humphrey (1956) -- utilizaron el mismo nombre para las rocas que afloran en el área de Acatita-Las Delicias, Coah., basándose en el contenido faunístico y en el ambiente de depósito similar.

En virtud de esta discrepancia para este trabajo se ha preferido la nomenclatura de PEMEX con modificaciones por Egeomesa - (op. cit.)

#### b) Distribución.

La presencia de esta formación en el sur y sureste de la Península de Coahuila se refleja en casi todas las sierras, ya que por su constitución litológica postarrecifal forma prominentes escarpes que se observan en casi toda la Sierra de La Campana y en la porción sur de la de Tlahualilo.

#### c) Litología y Espesor.

En la Sierra La Campana se midió un espesor de 700m sin lle-

gar a conocer la cima y la base de esta formación, en donde está constituida principalmente por rocas depositadas en ambientes marinos neríticos que varían de aguas poco profundas a muy someras. (planos 4 y 5); en forma general se pueden considerar que pertenecen a las facies post-arrecifales de los ambientes de plataforma. Su parte superior se caracteriza por ser un cuerpo masivo formado de escarpes (fotografías 12 y 13) en tanto que su porción inferior se caracteriza por presentar lentes de yeso interestratificados - con calizas y calizas dolomitizadas, razón por la cual se denomina a esta porción Formación Treviño Yesífera. (fotografía 4, planos 1 y 2).

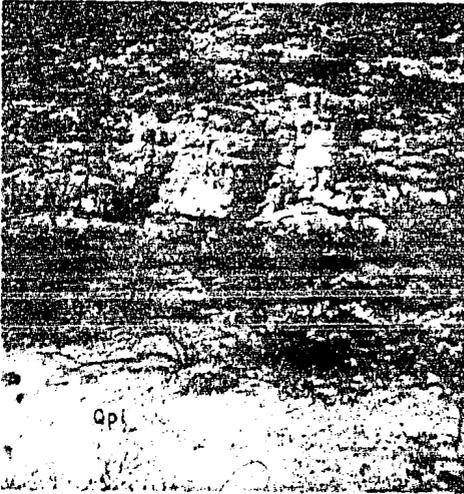
La formación Treviño presenta cambios de facies tanto lateral como verticalmente, los que se pudieron percibir a muy corta distancia, como sucede a lo largo de la Sierra La Campana y en la zona meridional de la Sierra de Tlahualilo. Por tal razón se han considerado dos tipos de facies diferentes: Cenomaniano porción inferior y Cenomaniano porción superior. La primera está constituida por rocas carbonatadas, a veces dolomitizadas, interestratificadas con lentes de yeso (plano 4), las cuales por su posición estratigráfica dentro de la plataforma, están coronadas por rocas más duras que se presentan en otra facies diferente (plano 5).

Cenomaniano Porción Inferior.

- Facies Plataforma evaporítica (Yesífera).

Estas facies afloran en todo el flanco oriental de la Sierra La Campana y están constituidas por calizas dolomíticas y dolomías con lentes de yeso asociado (tabla petrología 3 y 4 hojas  $\frac{1}{4}$  y  $2\frac{1}{2}$  muestra RMZ-4-23, 24, 37, 38, 39), (tabla petrológica 5 hoja  $\frac{1}{4}$ , muestras RMZ-5-17, 21 a 27) y (tabla petrológica 7 hoja 1/1 muestras AHA -6-7, 8 y 9) su color de intemperismo es gris claro a crema y cuando está sana, blanco grisáceo; presenta una estratificación que va de mediana a gruesa y contiene nódulos de peder--nal color ocre; la fauna es escasa y está representada por toucasias, algunos pelecípodos y miliólidos. Estas rocas presentan un brillo micáceo característico propio de la dolomitización y re--cristalización. Su dureza es alta y al romperla se percibe un - -olor fétido. Tienen un aspecto rugoso punzante, además de un in--tenso fracturamiento (fotografía 2); algunas veces como éste es muy marcado, presentan un aspecto brechoide. En razón de todo lo anterior, se puede decir que la dolomitización y recristalización oscurecen la textura original de la roca.

Los yesos tienen una forma lenticular (fotografías 3 y 4), - sus dimensiones varían desde unos pocos metros a decenas de metros y se presentan en zonas aisladas a lo largo de toda esta región. Su color al intemperismo es blanco al igual que en la fractura.



Fotografía 2.

#### FORMACION TREVIÑO

Se advierte el aspecto de la estratificación gruesa y muy fracturada de las rocas calcáreas tipo "packstone" con miliólidos de la Formación Treviño.

Porción NE de la Sierra La Campana, Municipio de Tlahualilo, Estado de Durango.



Fotografía 3.

#### FORMACION TREVINO

Panorámica que expone una lente de yeso de grandes dimensiones, -  
cubierta por calizas tipo "grainstone" de las facies de montícu-  
los arrecifales de la misma formación. Flanco Oriental de la Sie  
rra La Campana, Municipio de Tlahualilo, Estado de Durango.



Fotografía 4.

#### FORMACION TREVIÑO

Aquí se señala el carácter masivo de esta formación. Se observa que las lentes de yeso son de dimensiones variadas, y se encuentran envueltas por lentes calcáreas dolomitizadas de color pardo.

Porción centro-oriental de la Sierra La Campana, Municipio de --  
Tlahualilo, Estado de Durango.

Cenomaniano Porción Superior.

- Facies Montfuculos Arrecifales (Knoll Reef).

Estas facies se pudieron cartografiar en toda la Sierra La Campana, a lo largo de varias de las secciones que se levantaron en ella (secciones 3 a 6, planos 1 y 2) siendo su localidad tipo la porción occidental de la sección estructural 3 (tabla petrológica 1 hoja  $\frac{1}{2}$  intervalo AHA 3-1 a 20, plano 1), en donde se midió un espesor de 330m. Las características litológicas que presentaron son las siguientes:

En su parte inferior se muestrearon calizas con una textura que va de "packstone" a "grainstone" y algunas veces de "mudstone"; el color de intemperismo es gris oscuro y en la fractura crema; la estratificación va de mediana a gruesa (60cm a 1.5m) con una gran cantidad de nódulos de pedernal en forma alargada y algunas veces en lentes de color ocre.

Además, por su gran contenido faunístico la roca al romperse despidе una fuerte fetidez. La macrofauna está representada por tórcasias calcificadas, algunos capríidos y otros moluscos no identificados y la microfauna la constituyen algunos foraminíferos bentónicos.

La parte media de esta secuencia la constituyen rocas cuya textura va de "wackestone" a "packstone" y a veces "mudstone", siendo su color al intemperismo gris oscuro y en la fractura gris

claro; su estratificación al igual que en la porción inferior, va de mediana a gruesa; el pedernal se presenta nada más en forma de nódulos de color ocre, también alargados en dirección de la estratificación; es común que al golpeteo del martillo emanen un fuerte olor fétido a causa del gran contenido de materia orgánica, si milar a la del intervalo inferior.

Hacia la parte superior de esta secuencia afloran en su --- gran mayoría "mudstones" cuyo color de intemperismo es gris oscuro y en la fractura crema a amarillo cremoso; la estratificación en general es gruesa, aunque ocasionalmente se presentan algunos estratos que van de delgados a medianos; el pedernal se presenta en forma de nódulos pero no es tan abundante como en los otros - lugares y su color es pardo claro al intemperismo y gris claro a blanco en la fractura; otra característica que cabe mencionar es la presencia de hematita y un gran fracturamiento debido al tamaño del grano de la roca. La fetidez sigue estando presente pero - disminuye un poco el contenido de restos orgánicos. Predominan -- las toucasias y los foramíferos bentónicos.

Como se mencionó anteriormente este tipo de facies aflora - además en las secciones estructurales 4, 5 y 6.

En la sección 4 las características más notables de esta -- secuencia son: una intensa recristalización que enmascara la textura original de la roca, que en general van de "wackestone" a --

"grainstone"; disminuye el contenido de pedernal y sólo se presenta esporádicamente en forma de nódulos, bandas y diseminado; el color de la roca es más oscuro, tanto a la fractura como al intemperismo, la estratificación va de gruesa a masiva y además existen numerosos planos de estilolitas.

En la sección 5 afloran rocas con una textura que va de "packstone" a "grainstone" y algunas veces se observan "boundstones", debido al alto contenido de organismos calcificados; sigue estando presente la recristalización y el color de intemperismo va de crema claro a gris claro y en la fractura de blanco lechoso a gris claro, siendo más claro que la sección 4 en sus dos formas; el pedernal se comporta como en la sección anterior; la estratificación va de mediana a gruesa (de .30 a 1.20m) y los aloquímicos inorgánicos que presenta son oolitos, pellets e intraclastos.

Por último en la sección 6 las texturas predominantes van de "mudstone" a "wackestone"; sigue estando presente la recristalización pero no es muy abundante, la estratificación va de gruesa a masiva, (de 1.30 a 4m o mas), el pedernal es abundante y en forma de nódulos y el color de la roca es muy similar al de la sección 5.

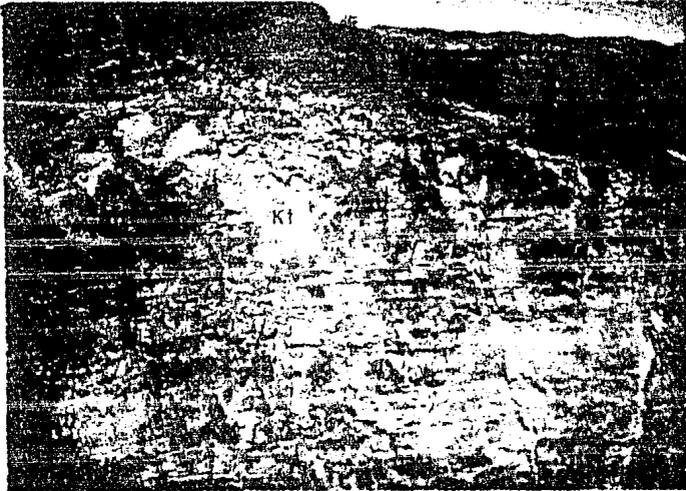
Debido al gran contenido faunístico la roca, al erosionarse, presenta una marcada rugosidad y vesicularidad. En ocasiones se -

llegan a presentar dolinas de varias decenas de metros de diámetro (fotografía 5), los fósiles más comunes son las toucasias, cafrínidos, gasterópodos y foraminíferos bentónicos, en particular miliólidos y silicoflagelados. Todos los organismos están calcificados.

Otra característica muy importante que se debe de mencionar es el intenso fracturamiento (fotografía 6) y fallamiento que presentan las zonas altamente trastornadas, como se observa en los planos geológicos 1 y 2, en donde existe un sistema de fallas conjugadas con orientaciones paralelas y transversales a la estratificación.

- Facies de Cuenca Intraplatafórmica.

Se cartografiaron estas facies solamente en una área pequeña que se encuentra en la parte NE de la Sierra de La Campana - - (plano No. 5) que es la más baja en la actualidad. La sección estructural 3 es la única que observó estas facies (tabla petrológica 2 hoja 2/2 intervalo AHA-3-45 a 61) la cual está constituida en su mayoría por "mudstones" aporcelanados (fotografías 7 y 8) y "wackestones" de color crema claro al intemperismo y gris pardusco a la fractura, con una estratificación que va de delgada a - - gruesa, (de 12cm a 1.20m), predominando la mediana; el pedernal se presenta en nódulos de color ocre.



Fotografía 5

FORMACION TREVINO

Fotografía donde se muestra una pared gruesa de dolomías y calizas dolomíticas con nódulos de pedernal, que corresponde a una dolina en donde las capas están casi horizontales.

Flanco oriental de la Sierra La Campana, Municipio de Tlahualilo, Estado de Durango.



Fotografía 6.

#### FORMACION TREVIÑO

Se observa el intenso fracturamiento que afecta las capas medianas y gruesas de los "grainstones" recristalizados, con pedernal ocre en forma de bandas y nódulos.

Parte norte de la Sierra La Campana, Municipio de Tlahualilo, Estado de Durango.



Fotografía 7

#### FORMACION TREVIÑO

Puede apreciarse la estratificación muy gruesa de los "mudstones"aporcelanados, notándose la presencia de estilolitas que aparentemente dividen las capas, simulando los planos de estratificación. Parte central de la Sierra La Campana, Municipio de Tlahualilo, Estado de Durango.



Fotografía 8

#### FORMACION TREVINO

Se muestra la estratificación mediana a gruesa de los "mudstones" aporcelanados, el fracturamiento es muy marcado y transversal a la estratificación.

Porción media de la Sierra La Campana, Municipio Tlahualilo, Estado de Durango.

Debido a su poca dureza y el tamaño de grano estas rocas se rompen con facilidad, soltando un olor fétido, ya que la preservación de micro organismos es más favorable; éstos consisten esencialmente en foraminíferos, en los que destacan los miliólidos como Nummuloculina heimi y Pithonella ovalis, entre otros. Muy pocas veces se encontró macrofauna calcificada, formada por toudasias y pelecípodos. Los aloquímicos inorgánicos que presentan son oolitas, pellets e intraclastos en forma de parches.

Por último cabe mencionar el intenso fracturamiento en estas rocas, ya que en ocasiones se encuentran hasta 3 sistemas conjugados en todas direcciones y, en consecuencia, el plano de estratificación es difícil de definir, (fotografía 7).

En algunas ocasiones presenta pequeñas capas de lutitas y margas de color amarillento, (fotografías 9 y 10).

#### d) Relaciones Estratigráficas.

La Formación Treviño se encuentra confinada entre las Formaciones Acatita e Indidura: los contactos superior e inferior no afloran en el área de estudio, pero Egeomesa reportó que el contacto inferior con la Formación Acatita es de tipo concordante y transicional, al igual que su contacto superior con la Formación Indidura, aunque en este caso es nítido y bien marcado, ya que la Formación Indidura es eminentemente arcillosa. Esto demuestra -



Fotografía 9

#### FORMACION TREVIÑO

Se observa un pequeño cuerpo arcilloso dentro de las rocas calcáreas de la Formación Treviño.

Porción central de la Sierra La Campana, Municipio de Tlahualilo, Estado de Durango.



Fotografía 10.

#### FORMACION TREVIÑO

Se muestra un cuerpo arcillo-calcáreo de esta unidad, el cual es tá constituido por "mudstones", calizas arcillosas y lutitas de color amarillo de pocos centímetros de espesor.

Porción NE de la Sierra La Campana, Municipio de Tlahualilo, Esta do de Durango.

que las condiciones de depósito son completamente diferentes, -- puesto que marca el inicio de la Orogenia Laramide.

Dentro del área que cubre el trabajo no se observó su contacto superior, pero al NE de la Sierra La Campana, en el Arroyo el Mimbre de la Sierra Tlahualilo, Egeomesa (op. cit.) reporta su contacto superior.

#### e) Edad y Correlación

A esta formación (Trejo, 1983) le ha asignado una edad Albiano Superior-Cenomaniano por el contenido de los siguientes fósiles índice: Pithonella ovalis, P. trejoi, Heterohelix sp., - H. moremani, Nummuloculina heimi, Pseudedomia vialli, Geodites sp., Coskinolina sunnilandensis, Dicyclina schlumbergeri, Quinqueloculina sp., Bonetocardiella conoidea.

Lo anterior concuerda con el trabajo desarrollado por el Departamento de Ciencias de la Tierra, de la Facultad de Ingeniería, UNAM, en el Prospecto Parras-Viesca (UNAM, 1972) para Petróleos Mexicanos.

La Formación Treviño se correlaciona con las formaciones Buda, Del Río y Georgetown de la región de Ojinaga, con la Formación Cuesta del Cura en las zonas de Parras, Coah. y Monterrey, N.L. y con la porción superior de las formaciones El Abra, Tamabra y Tamaulipas Superior de la Plataforma de Valles-San Luis Potosí.

f) Ambiente de Depósito.

En el Cenomaniano Inferior continúa el hundimiento de la -  
Plataforma de Coahuila con ligeras oscilaciones debidas quizá a  
una relativa inestabilidad tectónica. Por lo tanto en la zona se  
tiene un depósito post-arrefical, que presenta cambios tanto la-  
terales como verticales y en donde las variaciones del paleocli-  
ma, de circulación de agua y paleotopográficas dieron origen a -  
las interficies de evaporitas, montículos arrecifales, cuenca in-  
traplatafórmica, plataforma abierta y plataforma restringida. --  
(planos 4 y 5).

III.3.2. ERA CENOZOICA

- Sistema Cuaternario.

Los sedimentos que constituyen el Cuaternario en general --  
son depósitos continentales, los cuales se subdividieron en depó-  
sitos lacustres, de aluvión, abanicos aluviales y depósitos de -  
píamonte; todos ellos descansan en forma discordante sobre las -  
rocas cretácicas marinas, así como también sobre las rocas ígneas.

Depósitos Lacustres.

Están compuestos esencialmente por sedimentos del tamaño -  
de arcillas limosas de color crema amarillento, que se localizan

en el valle comprendido entre las sierras de La Campana y Tlahualilo. Con ayuda de las fotografías aéreas se pudieron observar las numerosas y bien definidas grietas de desecación, testimonio de que en un pasado cercano estas zonas pertenecían a fondos de lagos formados por la acumulación de agua en la desembocadura del Río Nazas; en la actualidad estas aguas están controladas por varias presas, razón por la cual no llegan más a dicha zona lacustre.

#### Depósitos de Aluvión.

Lo constituyen partículas que tienen un tamaño de limo de color blanco, debido a que en su gran mayoría son de naturaleza carbonatada y sulfatada. Estos sedimentos se encuentran distribuidos en el flanco occidental de la Sierra de Tlahualilo y en la porción norte de la Sierra de La Campana.

#### Depósitos de Abanicos Aluviales.

Se localizan esencialmente en las desembocaduras de los arroyos en los valles y están constituidos por sedimentos que presentan una graduación respecto a la dirección de la corriente, quedando los fragmentos más gruesos corriente arriba y los más finos corriente abajo; por lo general están muy mal clasificados y los fragmentos gruesos son muy angulosos, quedando envueltos en --

una matriz arcillo arenosa.

Este proceso de depósito se lleva a cabo cuando las corrientes cargadas con detritos provenientes de las sierras transportan y descargan todos los materiales al llegar a los valles.

Depósitos de piamonte.

Estos depósitos están representados por fragmentos que varían de unos cuantos milímetros hasta varios metros de diámetro, y presentan una marcada angulosidad, debido a que su transporte es mínimo, distribuyéndose normalmente donde los frentes de las sierras están más abruptas; al igual que los depósitos de abanicos aluviales, están envueltos en una matriz arcillo-arenosa poco consistente.

Rocas Igneas

Dentro del área de trabajo existen dos manifestaciones de actividad ígnea, una intrusiva de composición intermedia del Terciario y otra extrusiva de composición básica del Cuaternario. La primera está formada por una red de diques de composición andesítica que afectan al Mesozoico y su anchura varía entre 1 y 80m.; fueron observados al norte de la Sierra La Campana, en el Cerro Cortado (plano No. 1) y al sur de la sección estructural 6 en la Sierra La Campana (plano No. 2) y están relacionados íntimamente -

con las zonas de fallas. De acuerdo a Nodeland (1977) estas intrusiones parecen estar controladas por fracturas de tensión, que se desarrollan perpendicularmente a los ejes axiales de los pliegues formados durante la Orogenia Laramide. Los contactos con las rocas encajonantes son bruscos y bien marcados, existiendo efectos menores de metamorfismo. Sus características litológicas son las siguientes: presentan un color de intemperismo que va de verde olivo a ocre y a la fractura verde, tiene una textura porfídica propia de una roca de origen hipabisal, su composición es andesítica en donde los fenocristales son principalmente plagioclasas, aunque en ocasiones se llegan a observar máficos, quizás de hornblenda, -- los cuales están embebidos en una matriz microcristalina; se pudo observar que un gran número de fracturas afectan a estos cuerpos hasta en cuatro direcciones (fotografía 11).

Respecto a la edad de emplazamiento de estos intrusivos se piensa que pertenecen al Terciario Inferior, correlacionándolos con los que se encuentran al norte de la zona, según Lovejoy (1976), -- puesto que estas rocas afectan a las rocas calcáreas de la Formación Treviño en la Sierra La Campana y en zonas vecinas a éstas, -- como en la Sierra Banderas. Egeomesa, (op. cit.) reporta que afecta también a las rocas de la Formación Indidura que es de edad Cenomaniaco-Turoniano. Esto se debe quizás a la Fase tafrogénica de la Orogenia Laramide.

Las rocas ígneas extrusivas están representadas por basal--



Fotografía 11

#### TERCIARIO IGNEO INTRUSIVO

Se aprecia el intenso fracturamiento de este dique de composición andesítica. Se pueden encontrar en el Cerro Cortado y la porción meridional de la Sierra La Campana, así como también en el flanco oriental de la Sierra Banderas. Municipio de Tlahualilo, Estado de Durango.

tos de olivino y materiales piroclásticos que, al igual que los -  
diques terciarios, están íntimamente relacionados a las zonas de  
falla; estas rocas sólo se observaron en la porción centro orien-  
tal de la Sierra de Tlahualilo (plano No. 1), y tienen las si- --  
guientes características:

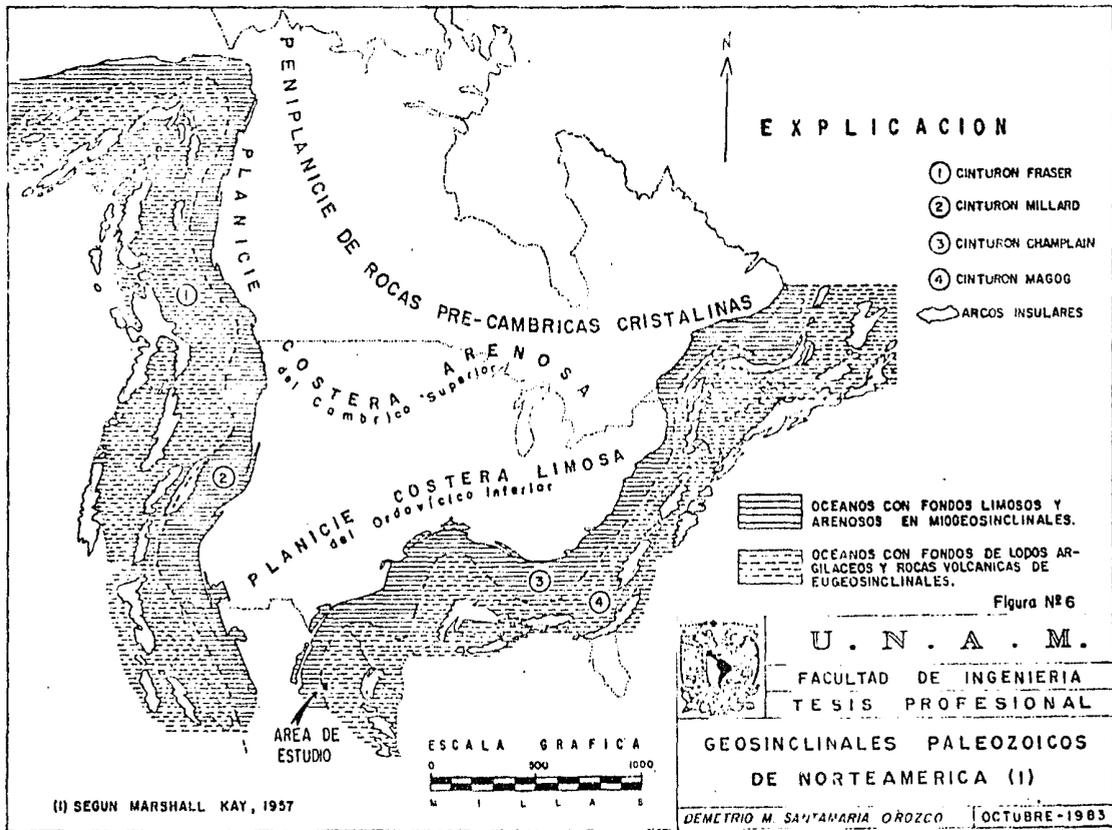
El color de intemperismo es negro, al igual que en la frac-  
tura, con una textura afanítica y una estructura vesicular o amig-  
daloidal, lo cual refleja las características propias de la por-  
ción superior de una colada; tienen un intenso fracturamiento en -  
varias direcciones, presentándose en algunas ocasiones como blo-  
ques. Respecto a los materiales piroclásticos, se encuentran aso-  
ciados a los conos volcánicos y en algunas ocasiones presentan una  
seudo-estratificación. Al norte de la zona de estudio se pudo ob-  
servar, con ayuda de las fotografías aéreas, que las coladas de la  
va afectan a los depósitos cuaternarios, lo que señala que la edad  
de la actividad ígnea es también cuaternaria. Otros autores opinan  
que la edad de estas rocas es Terciario Tardío, pero sólo en base  
a sus observaciones de campo y no a edades absolutas como Kelum -  
1936, Kelly 1936 y Leyva 1977.

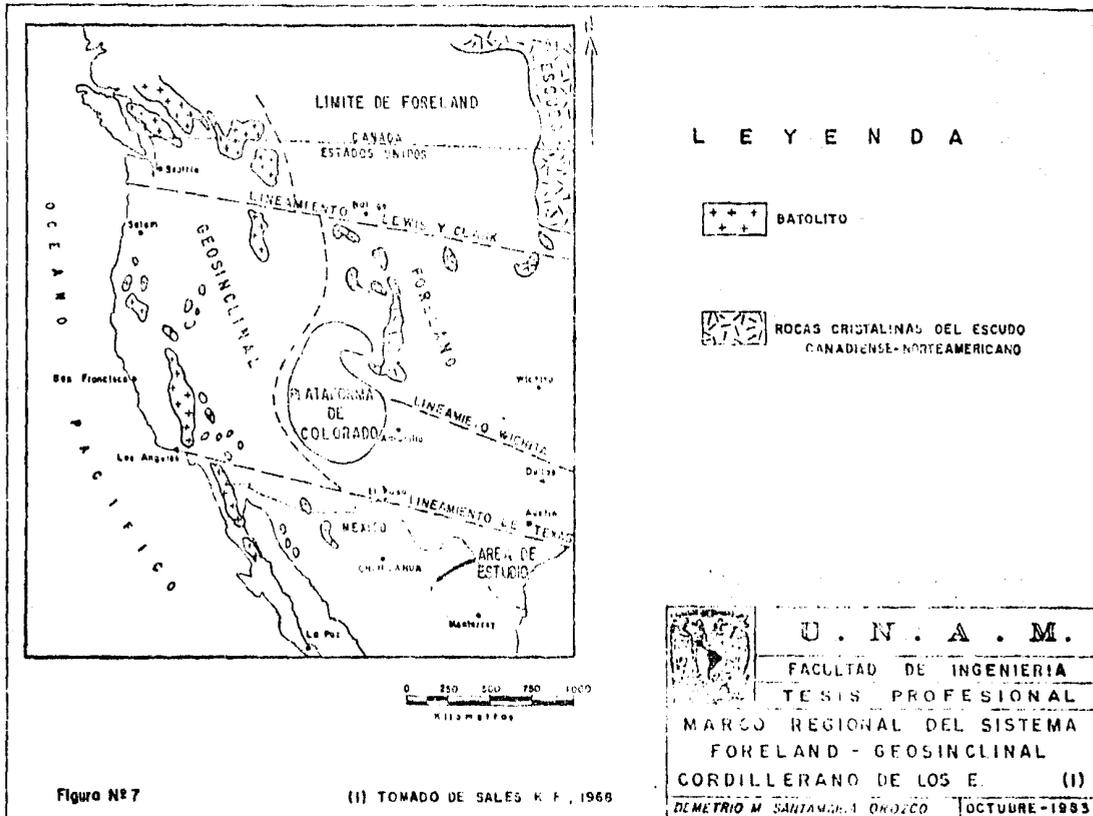
## CAPITULO IV

### T E C T O N I C A

#### IV.1. Tectónica Regional.

Se cuenta con poca información del Paleozoico en nuestro país, mas sin embargo, está íntimamente relacionado con la evolución de Norteamérica y sus eventos tectónicos, los cuales empezaron quizás a partir de Precámbrico Tardío, según Dietz (1972), formando geosinclinales que rodeaban la zona estable de América del Norte llamado Hedreocratón. El marco tectónico para la sedimentación de esta época que propone Key (1957) se define notoriamente por los geosinclinales Frankliniano al norte, Apalachiano al oriente, Cordillerano ( Fajas Millar y Faser) al poniente y Ouachita (Fajas Champlain y Magog) al sureste (figura 6), que llegaron a un máximo desarrollo en el Misisípico-Pensilvánico. Poco después se inició su deformación a causa de los fenómenos tectónicos. En el Pérmico tuvo lugar la fragmentación del hedreocratón asociándosele levantamientos y hundimientos. Dichos movimientos actuaron principalmente en forma vertical, dando origen a cuencas, plataformas y arcos relativamente paralelos (Walter y Rowet, 1972); en algunas zonas estos movimientos estuvieron asociados a esfuerzos de cizallamiento que dieron origen a sistemas regionales de fallas de transcurrancia (Wrench Fault) como lo son los grandes cizallamientos (Megashears) de Texas, Wichita, Clark y Lewis (Sales, 1968 y Walper, 1970) y Caltam (Tardy, 1972) (figuras 7 y 8)





L E Y E N D A

+++  
+++  
+++

BATOLITO



ROCAS CRISTALINAS DEL ESCUDO  
CANADIENSE-NORTEAMERICANO

U . N . A . M .

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

MARCO REGIONAL DEL SISTEMA  
FORELAND - GEOSINCLINAL

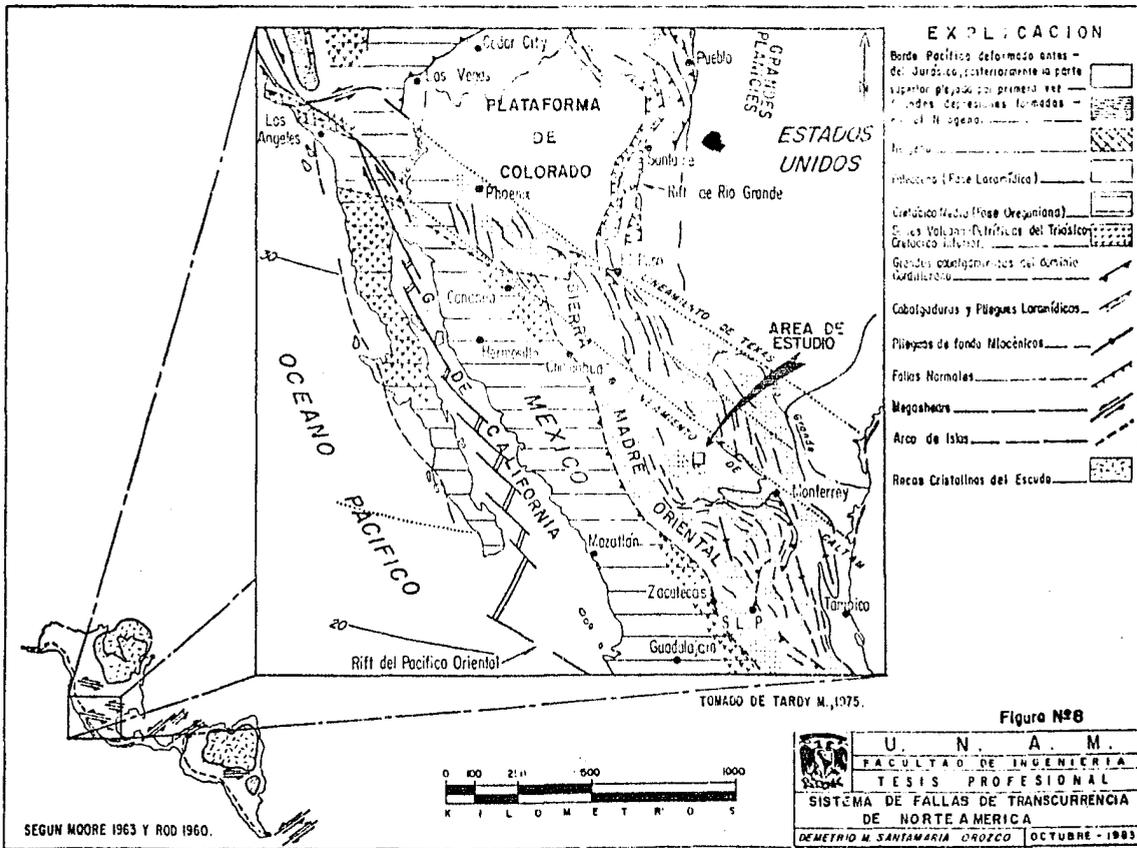
CORDILLERANO DE LOS E. (I)

DEMETRIO M. SANTAMARIA ORDOZCO

OCTUBRE-1983

Figura N° 7

(I) TOMADO DE SALES K. F., 1968



Por otro lado la faja occidental móvil de Norteamérica - - (Geosinclinal Cordillerano) se desarrolló libremente durante casi todo el Paleozoico, pero en el Pérmico las márgenes occidental y - oriental de la Placa Norteamericana se unieron tectónicamente en su parte sur. En esta misma época diversos y numerosos episodios orogénicos culminaron en colisiones tanto entre continentes como entre éstos y arcos insulares, dando origen a una región con ramificaciones dentro de cuencas oceánicas existentes y preexistentes al Paleozoico inferior (Walper, 1964). Las fajas orogénicas de la figura 9 comprenden zonas ofiolíticas y "mélanges" de subducción, orogenias vulcano-plutónicas, áreas metamórficas y traslapes complejos de colisión arco-trinchera-continente, todos ellos ligados a las antiguas uniones entre placas convergentes. Los movimientos ocurridos entre estas últimas condujeron a la colisión que dio lugar a una larga región de sutura. Ya que la Orogenia Apalachiana del Pérmico se originó como consecuencia de la colisión de la placa Sudamérica-Africa con la placa Norte América-Europa, se formó - en consecuencia el super continente llamado Pangea (Wegener, 1912). Más tarde, en él se abriría el gran golfo oceánico (Mar de Tethys) que desempeñará un papel decisivo en la evolución de las regiones de la cuenca mediterránea.

Los metasedimentos paleozoicos en Boquillas del Carmen, así como los metasedimentos cortados en los pozos Peyotes, la Perla y Cerralvo permiten inferir la existencia de la zona eugeosinclinal que pudiera corresponder a la Faja Magog (Flawn, et, al, - -

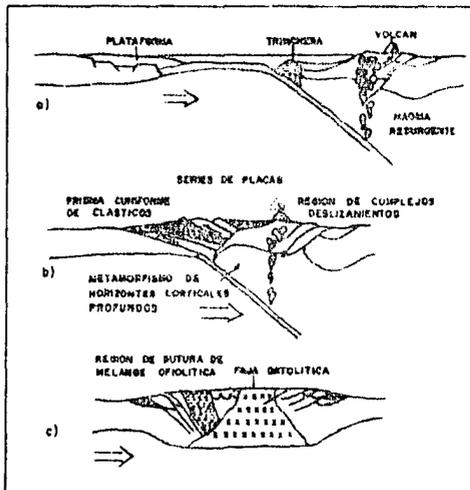


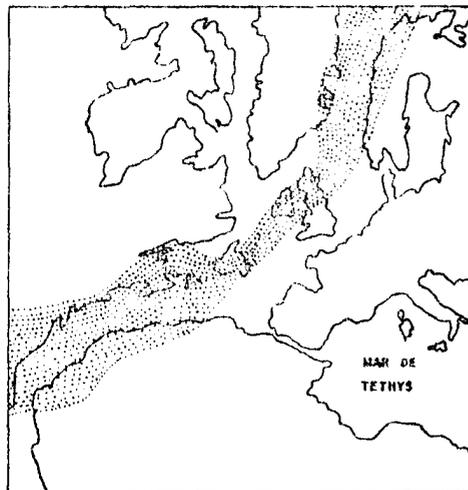
Diagrama esquemático del desarrollo de un orógeno de colisión

DICKINSON (1975).

a) Merger continental inactive (landward) as a result of the system of arc-trench and the orogenic volcano-plutonic of an active continental margin (see.).

b) Durante la colisión se presenta el sobrecorrimiento y los prismas sedimentarios provenientes de un orógeno que emerge nuevamente toman el lugar de la trinchera.

c) Después de la colisión y de la erosión queda un orógeno bilateral, con grandes regiones de supradestricamiento y relleno de sedimentos eólicas de las fajas deformadas a cada lado del orógeno, mientras que la sutura permanece sólo en un lado.



Posición de los escudos continentales antes de la apertura del Atlántico Norte.

BULLARD (1970).



COLISION CONTINENTAL

|  |              |
|--|--------------|
| U . N . A . M .  |              |
| FACULTAD DE INGENIERIA   |              |
| TESIS PROFESIONAL  |              |
| COLISIONES CONTINENTALES Y ARCO-CONTINENTALES QUE CULMINARON EN PALEOZOICO TARDIO. |              |
| DEMETRIO M. SANTANARIA OROZCO  | OCTUBRE-1983 |

Figura Nº 9

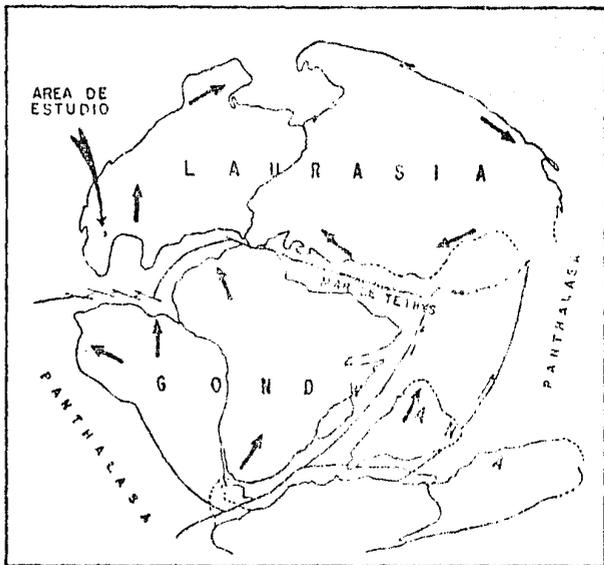
1961); al igual que los depósitos de eugeosinclinal al poniente - de la Faja Cordillerana, Barragán et. al. op. cit (1979) postulan un sistema arco-trinchera, ya que la deformación y el plegamiento señalan que los eventos resultaron de una colisión arco-continente y no continente-continente (Walper, op. cit.).

Como se mencionó anteriormente, las zonas de subducción activas, generan esfuerzos de cizalla a nivel regional, que a su vez liberan otras fuerzas para quedar en equilibrio, a través de fallas de transcurrencia o "megashears" (Walper y Rowett op. cit.). Estos lineamientos originaron el desarrollo de cuencas y arcos como aquellos que aparecen a lo largo del lineamiento de Texas, quizás el más cercano a la zona de estudio; estas cuencas son: Delaware, Kerr y Valverde y los arcos Marathón, Pecos, Devil's River y Van Horn. Walper (op. cit.) menciona también que en la parte norte de México tiene lugar un cambio de dirección en las estructuras regionales, que podrían indicar la presencia de un notable "megashear" que Tardy (op. cit.) nombra lineamiento de Caltam, el que -- muy probablemente influyó en el Mesozoico tardío para que se desarrollase la Cuenca de Parras, como consecuencia del movimiento a lo largo de esta falla, ya que algunos autores como Moody y Hill (1956) y Walper, (op. cit.) señalan que el desplazamiento de estos "megashears" es izquierdo.

Estudios petrográficos hechos por personal de Egeomesa en

areniscas de la Formación Sardinias del Pérmico indican que estas rocas se depositaron cerca de un arco insular. Además la presencia de la Península de Coahuila, emergida durante el Mesozoico Inferior, y el desarrollo de las cuencas de Sabinas y Chihuahua, inducen a pensar que se debieron al efecto de las enormes fallas de transcurrencia que empezaron a operar en el Paleozoico Tardío. -- Por todo ello las características mencionadas anteriormente se -- ajustan en las teorías propuestas por Walper y Rowett (op. cit.).

En el Triásico la Pangea comenzó a fragmentarse en porciones más pequeñas, originándose la parte occidental del Mar de -- Tethis (Auboin, 1977, figura 10) a causa de fenómenos de distensión y, además, se emplazaron cuerpos intrusivos de composición -- ácida. En el Jurásico se hace evidente la separación de la Placa Norteamericana del super continente para empezar a formar lo que hoy se conocen como Océano Atlántico, Golfo de México y Mar Caribe; estas ideas se apoyan en la distribución del Triásico continental y marino, que se caracteriza por un intenso vulcanismo félsico, se -- guido de uno de lavas almohadilladas de composición andesítica, características de zonas de actividad ígnea durante la abertura del fondo oceánico (Zacatecas y Taxco Viejo). En esta misma época se forma una zona de subducción en la parte occidental de la Placa Americana (Damon, 1981) que afecta también parte del norte de México -- (figura 11), dando como consecuencia la reactivación del sistema -- de fallas de transcurrencia que en el Mesozoico Tardío son tan im-



SEGUN DIETZ Y HOLDEN, 1970.

LEYENDA

-  FOSEA DE TETHYS
-  MERACIZALLAS
-  DIRECCION DE MOVIMIENTO DE LOS CONTINENTES

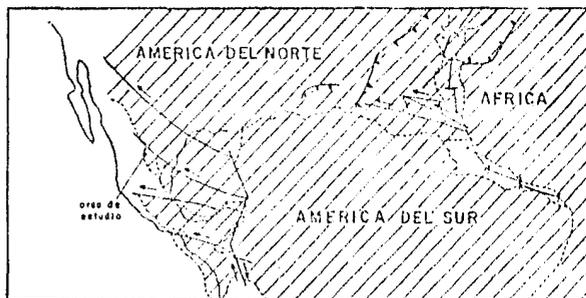
Figura N° 10



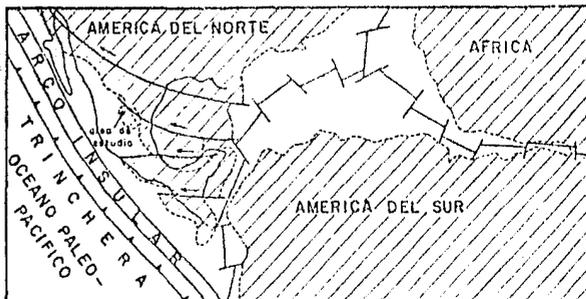
U . N . A . M .  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 TESIS PROFESIONAL

DISTRIBUCION DE LOS CONTINENTES  
 EN EL JURASICO INTERIOR

HEMETRIO M. SANDOVALA OROZCO | OCTUBRE-1983



TRIASICO INFERIOR-MEDIO



JURASICO INFERIOR

SEGUN PILGER, Jr. 1978.

## SIMBOLOGIA

-  AREA CONTINENTAL
-  AREA OCEANICA
-  LIMITE PALEOGEOGRAFICO
-  LIMITE GEOGRAFICO ACTUAL
-  FALLA DE TRANSCURRENCIA
-  FALLA TRANSFORME
-  TRINCHERA

74

Figura Nº 11

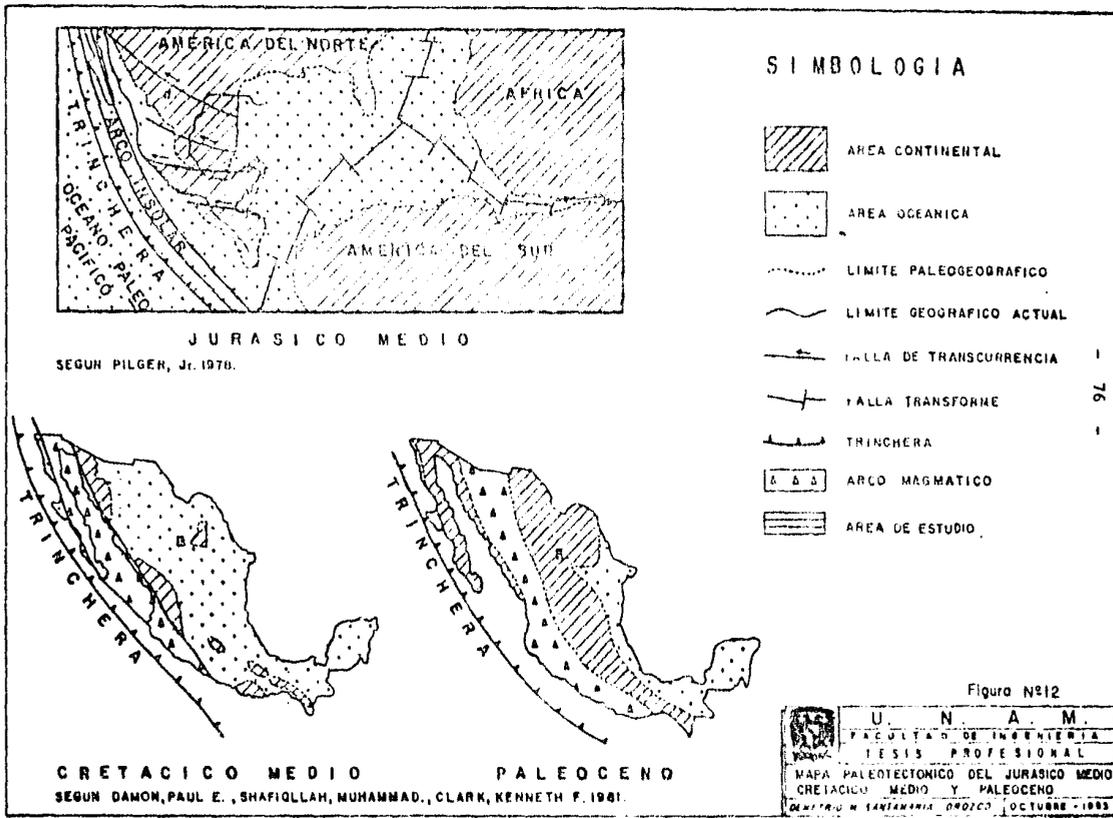
|   |                        |
|---|------------------------|
|  | U. N. A. M.            |
|   | FACULTAD DE INGENIERIA |
|   | TESIS PROFESIONAL      |
| MAPA PALEOTECTONICO DEL TRIASICO INFERIOR MEDIO Y JURASICO INFERIOR                 |                        |
| DE METRIO M. SANTANARIA OROZCO  | OCTUBRE - 1983         |

portantes. Una evidencia de esto sería el "Mélange" de la formación Franciscana en la cadena costera de California que presenta una alternancia de grauvacas, rocas verdes, pedernales, serpentinitas, esquistos azules y otras rocas de la secuencia ofiolítica, características de una zona de subducción activa (Dickinson, -- 1975), expuesta a la erosión por procesos de levantamiento a lo largo de la falla de San Andrés, que es también una falla de transurrencia.

Durante el Jurásico Superior se determinan claramente los paleoelementos tectónicos que perduraron durante casi todo el Mesozoico en el norte de México, como son la Plataforma de Coahuila y las Cuencas de Sabinas y Chihuahua, producto de fallas de transurrencia, reactivadas por el movimiento de las placas tectónicas.

En el Cretácico Inferior el Océano Atlántico sigue creciendo pero los dos grandes continentes, Laurasia (Norteamérica-Eurasia) y Gondwana (África-Sudamérica-Antártida) no se han terminado de fraccionar. Sin embargo, en el Aptiano ocurre la mayor transgresión marina que cubre casi todo el país, desde Chiapas hasta Chihuahua y la Plataforma de Coahuila queda cubierta por un pequeño tirante de agua (figura 12).

En el Cenomaniano Superior Tardy (1972) señala una secuencia de sedimentos terrígenos de tipo preflysch (Formación Indidura) que pueden dar constancia de los movimientos que pronostican --



**SIMBOLOGIA**

-  AREA CONTINENTAL
-  AREA OCEANICA
-  LIMITE PALEOGEOGRAFICO
-  LIMITE GEOGRAFICO ACTUAL
-  FALLA DE TRANSCURRENCIA
-  FALLA TRANSFORME
-  TRINCHERA
-  ARCO MAGMATICO
-  AREA DE ESTUDIO

**JURASICO MEDIO**

SEGUN PILGER, Jr. 1970.

**CRETACICO MEDIO**

**PALEOCENO**

SEGUN DAMON, PAUL E., SHAFIQLAH, MUHAMMAD., CLARK, KENNETH F. 1981.

Figura N°12

|  |                        |
|--|------------------------|
|  | U. N. A. M.            |
|  | FACULTAD DE INGENIERIA |
|  | TESIS PROFESIONAL      |
| MAPA PALEOTECTONICO DEL JURASICO MEDIO   |                        |
| CRETACICO MEDIO Y PALEOCENO  |                        |
| CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOLÓGICAS, OCTUBRE - 1983                               |                        |

el comienzo de la Revolución Laramide. Los sedimentos depositados durante el Paleozoico y Mesozoico fueron plegados y fallados durante la Orogenia Laramide reactivando de nuevo las fallas de - - transcurrancia; los esfuerzos desarrollados durante la orogenia - - tenfan una orientación general NE-SW.

En base a las ideas antes mencionadas se piensa que la Orogenia Laramide actuó de distintas maneras sobre los paleoelementos preexistentes, debido a su antigua situación geográfica y estructural. Por un lado la Península de Coahuila actuó como un contrafuerte (Kellum e Imlay, 1936) disipando los esfuerzos compresivos, y provocando una deformación incipiente en las rocas mesozoicas. En cambio en las cuencas que rodean a esta paleopenínsula la deformación es intensa, dando como resultado pliegues asimétricos con su plano axial recostado hacia el norte, incluso algunos de - ellos invertidos, así como fallamientos inversos y cabalgaduras. - Debido a la posición estructural que guarda la Cuenca de Sabinas, con respecto a la Península de Coahuila, la deformación de sus rocas mesozoicas fue menor.

Urrutia, (1980) opina que la Sierra Madre Oriental y el Altiplano Mexicano tienen estrecha similitud estructural con la Faja Cordillerana, por lo que podrían ser su continuación. Además Sales, (1968) propone que todo el patrón de deformación fue causado por - el movimiento de las placas, por un lado la corteza oceánica del - Atlántico dirigiéndose hacia el oeste y por el otro la corteza - -

oceánica de Centro América migrando hacia el este, lo que produjo un par de fuerzas que ocasionó cizallamientos, los cuales reactivaron al sistema de fallas de transcurrencia que se originaron en el Paleozoico Tardío. Estos esfuerzos actuaron de distintas formas e intensidades, de acuerdo con su posición paleotectónica, pues las características estructurales del NE de México son correlacionables con el área de la Plataforma de Colorado que pertenece al mismo Sistema Cordillerano.

Otros autores como Pitman (1973) y Atwater (1971) atribuyen estas fuerzas al choque de una placa oceánica y una continental, relacionadas con movimientos de subducción de la Placa Farallón (oceánica) bajo la Placa Americana (continental). Evidencia de este evento tectónico sería el magmatismo calco-alcalino de Baja California (Dewey y Bird, 1970) que se presenta desde el Cretácico Tardío hasta el Oligoceno, terminando este evento con la desaparición de la Placa Farallón bajo la Placa Americana.

En el Cenomaniano-Santoniano tienen lugar movimientos diastróficos primarios suaves, de naturaleza epirogenética, en la parte occidental y central de México (Weidie et al, 1972), los que están representados por un conglomerado basal en la Formación Indidura (Kellum, op. cit.), ya que estos movimientos elevaron grandes áreas, dejando expuestas las rocas del Mesozoico Inferior, que fueron intensamente erosionadas, transportadas al oriente y depositadas en ambientes marinos de plataforma somera. Tales rocas están -

reportadas en Mapimí y Banderas, Edo. de Dgo., en Soledad Jiménez y Santa Elena Edo. de Chih., y al norte de Zacatecas. Ya en el Campaniano-Maestrichtiano la Plataforma de Coahuila estuvo completamente emergida, dándose las condiciones de depósito solo en el oriente (Cuencas de Ojinaga, Parras y Sardinás, Weidie et al., op. cit.). La Orogenia Laramide deja de manifestarse en el Terciario Inferior, cuando emerge todo el noreste de México al occidente de la Planicie Costera del Golfo, finalizando así la evolución del Geosinclinal (Tardy, et. al., 1975).

Otros fenómenos que actuaron en esa época fueron los emplazamientos de cuerpos intrusivos post-cretácicos; dos de ellos se manifiestan en forma de diques, uno en la porción sur de la Sierra La Campana y otro al NW del Cerro Cortado en la misma Sierra. Además, se conocen cuerpos de mayores dimensiones en la Sierra de San Carlos, Tamps. (Cepeda Dávila et. al., 1974) Concepción del Oro, (Mapes et. al. 1968) (Leyva, 1977). Estos cuerpos se forman a partir de zonas de debilidad. Protsenko (1974) y De Cserna (1952) proponen que estos cuerpos son una evidencia de un plutonismo post-orogénico.

En el Eoceno-Mioceno hubo un cambio muy marcado en las condiciones tectónicas, puesto que se manifiestan levantamientos y hundimientos epeirogénicos que causaron los pliegues de fondo (Tardy et. al., op. cit.), tales como las Sierras del Catorce y Julián y el Anticlinorio de Huizachal-Peregrina; contemporáneo a

estos eventos tuvo lugar un vulcanismo esencialmente ácido en el Oligoceno-Mioceno.

Por último, en la etapa distensiva del ciclo geotectónico (también llamada tafrogenia) se generan "horst" y "grabens" y -- acaece un vulcanismo Plio-cuaternario de composición básica que -- aprovecha las zonas de debilidad. Además el autor cree que las fallas de transcurrencia siguen activas puesto, que la Tierra no es-- tá estática.

#### IV.2. DESCRIPCION DE ESTRUCTURAS.

##### IV.2.1. Introducción.

De acuerdo a la situación geográfica en la que se encuen-- tra la zona de estudio, al tipo de clima que prevalece y a la es-- casa vegetación que presenta, se pueden distinguir claramente los rasgos fisiográficos y estructurales; además con ayuda de fotogra-- fías aéreas e imágenes de satélite se pueden apreciar lineamien-- tos notables, así como los "trends" tanto orográficos como geoló-- gicos; con toda esta herramienta fue posible postular algunas fa-- llas de transcurrencia, siguiendo a algunos autores que desde ha-- ce algunos años ya hablaban de estos fenómenos en el norte de Mé-- xico.

Posteriormente con los datos de campo se comprobó la hipó--

tesis antes mencionada ya que existe un fallamiento complejo e intenso y un plegamiento incipiente. Por tal motivo se correlacionaron las observaciones del trabajo de campo con el modelo propuesto por Wilcox et. al. (1973).

#### IV.2.2. Observaciones Teóricas (Wilcox et. al., op. cit).

Antes de continuar con la descripción de las estructuras, se mencionará la teoría de este autor, compuesta de los siguientes elementos:

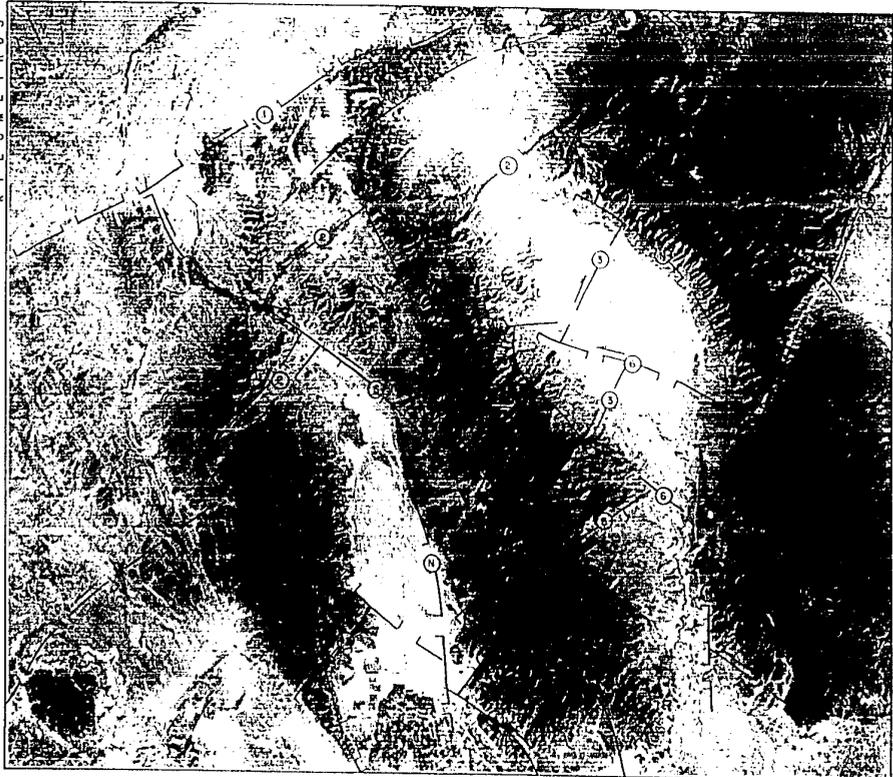
##### 1. Pliegues en échelon.

Estos pliegues están ligados estrechamente a las fallas de transcurrancia, tanto dextrales como sinestrales, deformándose poco a poco; a medida que éstas se van desplazando los ángulos formados entre pliegues y la zona de falla tienen valores que varían entre 15 y 30°. (figura 13).

Los pliegues en échelon son útiles para definir el sentido del desplazamiento. En base al modelo de Wilcox se deduce que estos pliegues tienen un cierre estructural pequeño, ejes mal desarrollados e inclinaciones que varían entre 15 y 45°. Algunos pliegues pueden ser paralelos a la zona de falla y otros la pueden cruzar con ángulos pequeños. (figura 14).

Otros factores que controlan la orientación y forma de los

0 5 10 15 20  
KILOMETROS



EXPLICACION

|  |         |   |
|--|---------|---|
| PRIMER ORDEN<br>SINTETICAS - ANTITETICAS | SISTEMA | ① |
|  | SISTEMA | ② |
|  | SISTEMA | ③ |
|  | SISTEMA | ④ |
|  | SISTEMA | ⑤ |
|  | SISTEMA | ⑥ |

- ②A FALLAS DE TRANSCURRENCIA DE SEGUNDO ORDEN ANTITETICAS.
- ⑥A FALLAS DE TRANSCURRENCIA DE SEGUNDO ORDEN SINTETICAS.
- NE FALLAS NORMALES EN ECHOLON.
- N FALLAS NORMALES.
- FALLAS DE TRANSCURRENCIA, DONDE LA FLECHA INDICA LA DIRECCION DEL DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL Y LAS BARRITAS EL BLOQUE HUNDIDO.

TESIS PROFESIONAL  
U. N. A. M.  
DEMETRIO SANTAMARIA C.

PRINCIPALES SISTEMAS CONJUGADOS DE FALLAS DE TRANSCURRENCIA EN ECHOLON

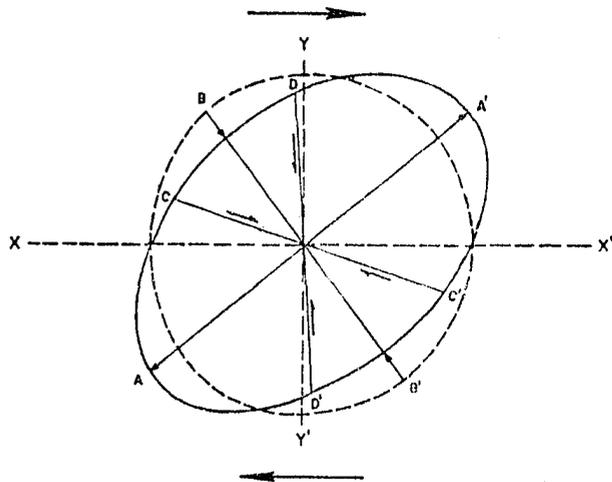
pliegues son: primero) su pertenencia a los sistemas de fallas di  
vergentes o convergentes; segundo) si presentan cambios en el rum  
bo de la traza de falla; tercero) si tienen diferencias en el es  
pesor y tipo de sedimentos y cuarto) si el basamento fue móvil.

## 2. Sistemas conjugados de fallas de transcurrencia en é chelon.

Este fenómeno origina dos conjuntos de fallas, con o sin -  
fracturas verticales que se cruzan entre sí, teniendo una orienta  
ción pronosticable. Las fallas sintéticas tienen un ángulo que va  
rfa entre  $10^\circ$  y  $30^\circ$  con respecto a la falla de transcurrencia prin  
cipal y se les conoce como fallas de ángulo pequeño. El otro grupo  
de ángulo mayor corta a la zona de falla con ángulos entre los  $70^\circ$   
a  $90^\circ$  y se le denomina fallas antitéticas.

En este sistema conjugado intervienen fracturas o fallas o  
ambas, dependiendo de la magnitud de la falla de transcurrencia.  
El ángulo que forman los dos sistemas de fallas al intersectarse  
entre sí es de  $60^\circ$  a  $70^\circ$ , dependiendo del origen y del grado de -  
deformación de las rocas.

Los aspectos más importantes que se infieren de estos fenó-  
menos son: Una deformación plástica y fallamiento contemporáneo -  
en los dos grupos de fallas que presentan desplazamientos opues--  
tos, al producirse el movimiento. Otro aspecto muy importante y -  
relacionado a los anteriores es que el sentido de movimiento de -



## E X P L I C A C I O N

X-X' Traza de Fallo de Transcurrencia.

A-A' Pliegues en échelon

B-B' Compresión Máxima.

C-C' Fallas de Transcurrencia Sintéticas

D-D' Fallas de Transcurrencia Antitélicas.

⇨ Dirección de Esfuerzos.

184

SEGUN WILCOX ET AL., 1973.

Figura N° 14

|   |                        |
|---|------------------------|
|   | U. N. A. M.            |
|   | FACULTAD DE INGENIERIA |
|   | TESIS PROFESIONAL      |
| <b>ELIPSE DE ESFUERZOS</b>                      |                        |
| DEFINIDO M. SANTAMARIA ORDOZCO   OCTUBRE - 1988 |                        |

las fallas de ángulo pequeño es igual al de la zona principal de falla (fallas sintéticas), concluyéndose que la falla de gran ángulo presenta un desplazamiento opuesto al de la falla principal (fallas antitéticas); estas fallas forman un ángulo aproximado de  $78^\circ$  con respecto a la zona principal y de  $66^\circ$  con las fallas sintéticas.

Un movimiento continuo de la zona de falla principal da como resultado que el sistema conjugado sufra una deformación plástica, que le imprime una rotación externa e interna, provocando que los desplazamientos laterales de las fallas antitéticas sean menores que los de las fallas sintéticas.

Una gufa importante para conocer como han sido giradas las fallas antitéticas, es que su aspecto originalmente plano tiende a curvarse por los efectos externos e internos de la rotación, actuando en direcciones opuestas sobre cualquier lado de la zona de falla y formando una  $S$  alargada o aplanada con los arcos de la "S" en dirección del desplazamiento. Por ejemplo, para las fallas siniestrales es una "S" normal y para las fallas dextrales una S invertida "2" (figura 15).

### 3. Zona de fallamiento.

El crecimiento de la zona de rotura de la falla de transcu  
rrencia es la terminación de la fase temprana de fallamiento - --

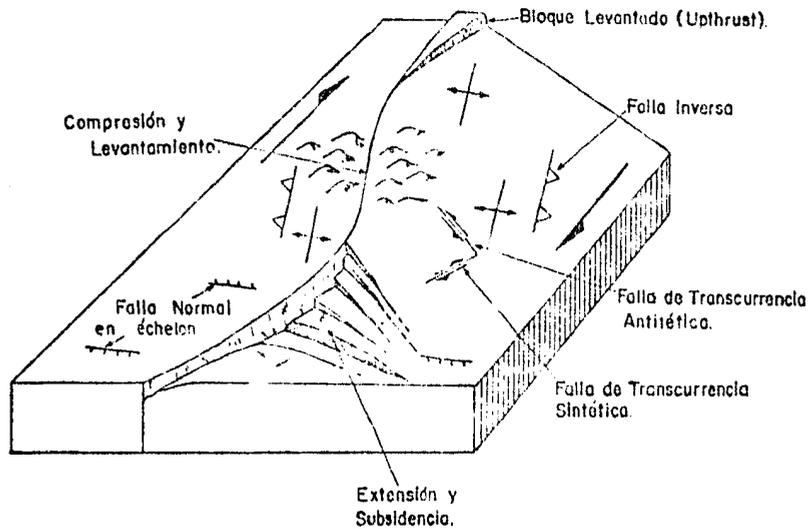


Figura N°15

SEGUN KINGMA, 1958 ; WILCOX, HARDING AND SEELY, 1973 Y CROWELL, 1974.

|  |                               |       |                |   |
|--|-------------------------------|-------|----------------|---|
|  | U                             | N     | A              | M |
|  | FACULTAD DE INGENIERIA        |       |                |   |
|  | TESIS PROFESIONAL             |       |                |   |
|  | CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES |       |                |   |
|  | ASOCIADAS A MEGASHEARS        |       |                |   |
|  | GEORGINO M. SANTANARIA        | ORZCO | OCTUBRE - 1983 |   |

(wrenching); después de un pequeño lapso de plegamiento en éche--  
lon y fallamiento conjugado las rocas se fracturan, dando origen  
a la zona de falla angosta, que es el resultado de sistemas entre  
lazados de fallas sintéticas en sus etapas iniciales. Puede exis--  
tir una gran variedad de bloques de falla de distintas dimensio--  
nes, quedando confinados algunos de gran tamaño entre dos nuevos -  
ramales de la falla principal, mientras que los bloques más peque--  
ños constituyen "horsts" y "grabens" entre la falla principal y -  
los sistemas de fallas conjugadas.

Por otro lado, los bloques pueden volverse a separar, cam--  
biando su dirección por fallamiento, otros tienden a hundirse, le--  
vantarse o plegarse y algunos otros se pueden volver a fallar.

Wilcox asevera que a medida que el desplazamiento de la zo--  
na principal de falla aumenta, el movimiento de las otras fallas -  
aminora. Si el desplazamiento se incrementa llegando a producir --  
distorsión e intenso fallamiento, la zona de falla tiende a ser --  
compleja, creando con esto un patrón de fallas trenzadas, caracte--  
rísticas de las zonas de falla de transurrencia (wrench zones).

Cabe mencionar que si cambia el rumbo y el desplazamiento  
de la falla se suscita un aumento de la deformación que afecta al  
tamaño y extensión de dos estructuras extensionales (fallas diver--  
gentes) o compresionales (fallas convergentes).

#### 4. Fallas normales en échelon.

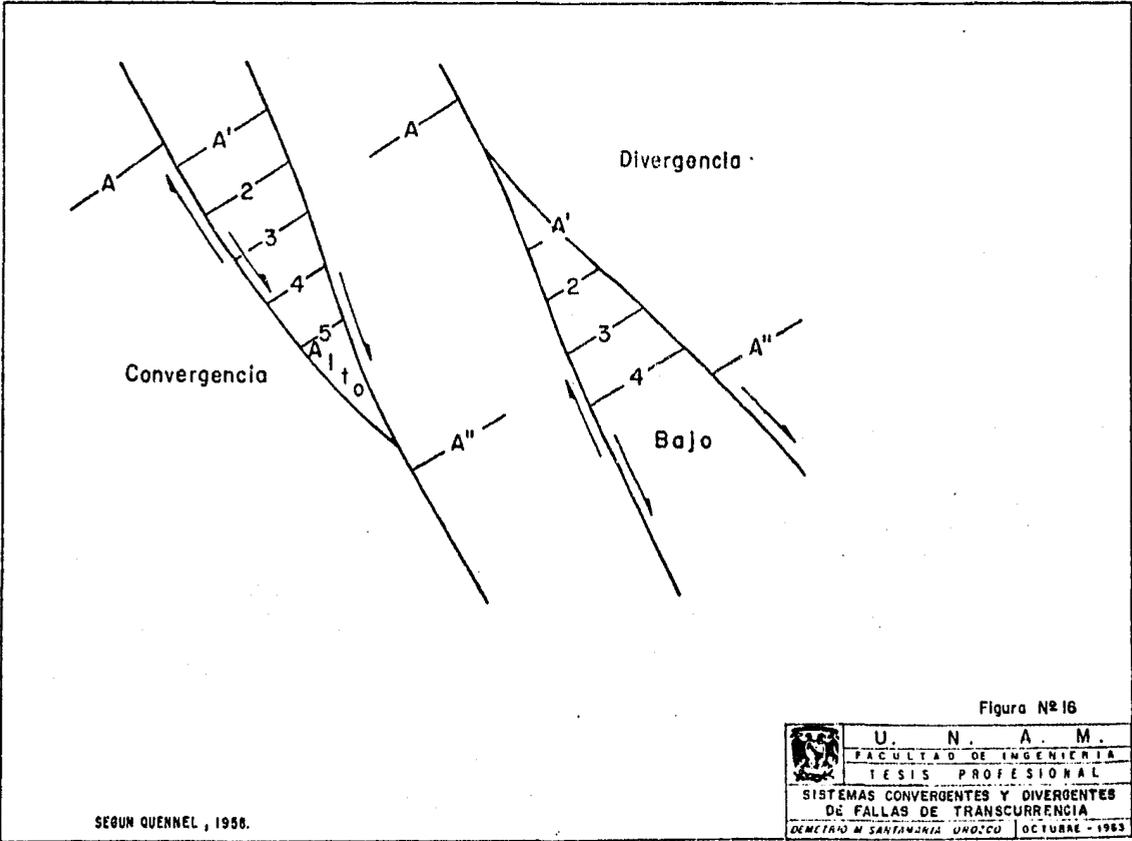
Se forman a lo largo de las zonas de fallas de transcurrencia en su etapa inicial (principal), pero son fácilmente destrufdas si aumenta el desplazamiento de las fallas y las estructuras compresibles tienden a ser más prominentes.

Por último se puede mencionar que cuando los bloques de la corteza terrestre no se mueven en direcciones paralelas, pueden - converger o diverger (figura 16).

Los aspectos que pueden influir en este fenómeno son los - siguientes: primero que los movimientos estén relacionados a des--plazamientos de bloques de dimensiones regionales y segundo, que - los cambios en el rumbo de la falla de transcurrencia sean sólo lo cales.

Comúnmente una falla de transcurrencia convergente, de cual quier dimensión, produce estructuras de tipo compresivo, primor--dialmente pliegues y fallas conjugadas, pero cuando tiene lugar -- una fuerte convergencia puede incluso originar fallamiento inverso y cabalgamiento.

Por otro lado las fallas de transcurrencia divergentes tien den a formar estructuras tensionales, creando "grabens" y fallas normales con echados fuertes: los pliegues en échelon casi no se -



desarrollan y tienen un cierre estructural muy bajo.

IV.2.3. Criterios para identificar fallas de transcurrencia. - --  
(Billings, 1954).

1. Las fallas de transcurrencia tienden a formar lineamientos --  
rectos bien visibles en fotograffas aéreas.
2. Los echados de estas fallas son muy inclinados, notándose, en  
el plano de falla, estructuras apreciables que indican su movi-  
miento.
3. Diferentes desplazamientos relativos de un bloque con respec-  
to a otro, a lo largo de su rumbo, dan lugar a que las fallas  
varfen de normales de alto ángulo a inversas de alto ángulo.
4. Cambios bruscos de la dirección de la corriente de un río o --  
desplazamientos de las estructuras geológicas sugieren un des-  
plazamiento horizontal de las fallas.
5. Los estudios minuciosos de litofacies, biofacies, fábricas de-  
positaciones y de espesores son de gran ayuda para conocer el  
movimiento relativo de estas fallas.
6. La orientación de los pliegues y fallas conjugadas en échelon  
se pueden emplear para esquematizar los sentidos de despla-  
zamiento de las fallas.

7. Las estructuras que terminan bruscamente sin ninguna evidencia visible pueden indicar quizás que estén limitadas por este tipo de fallas.

Los criterios citados fueron de gran ayuda para identificar este tipo de fallas, por lo que se concluye que la zona de estudio estuvo sujeta a cizallamientos que las originaron.

La región estudiada forma parte de los grandes sistemas de fallas de transcurrencia de Texas y Caltam (figura 8) y se piensa, además, que está comprendida dentro de un sistema divergente, ya que otros autores citan la posible existencia de una falla de este tipo al sur de la región en cuestión, conocida como fracturamiento de Torreón-Salttillo (Grover, 1956) que conjuntamente con el lineamiento de Caltam forman un sistema divergente. En consecuencia las estructuras aquí observadas son tensionales, por lo que el fallamiento en general es normal y los pliegues en échelon tienen un cierre estructural muy bajo.

#### IV.2.4. Descripción de estructuras dentro de la zona de estudio.

##### 1) Pliegues en échelon.

Estas estructuras son el resultado de los esfuerzos de cizalla producidos por la acción del "megashear" Caltam o lineamiento de Caltam (Tardy, op. cit., 1975). En el área de estudio están representados por los anticlinales La Campana y Las Palomas, y se --

piensa que estos pliegues se derivan de las fallas antitéticas y sintéticas que afectan a la región.

#### IV.2.4.1. Sierra La Campana

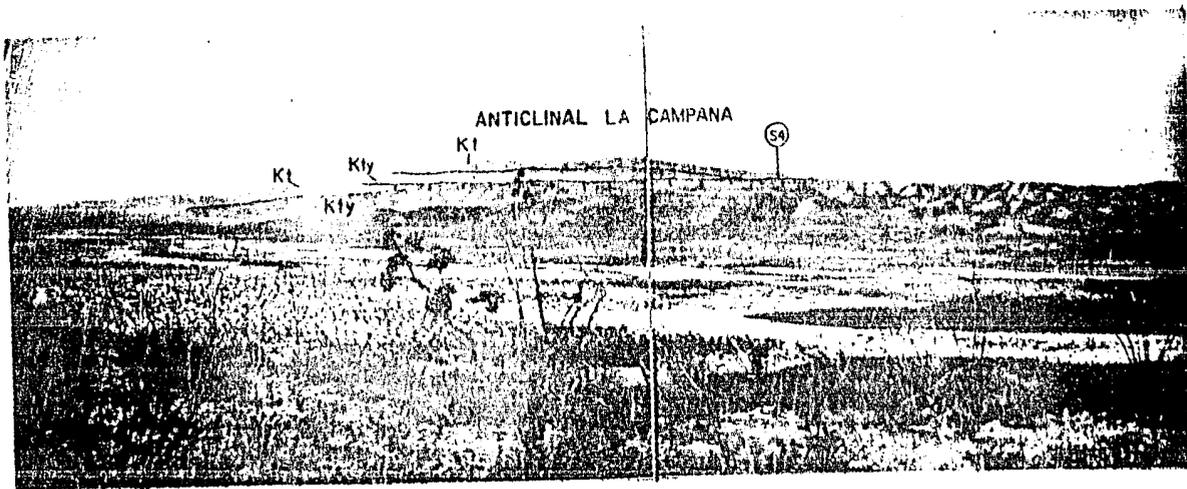
##### - Anticlinal La Campana

El anticlinal La Campana se encuentra ubicado en la sierra del mismo nombre, al norte de la población de Tlahualilo. Tiene -- una longitud aproximada de 40 km y su anchura llega a alcanzar - 17 km en su porción centro y norte, mientras que su porción aus-- tral se reduce hasta 2 km.

El anticlinal es simétrico con echados que oscilan entre -- los 2 a 22° en ambos flancos y su eje axial tiene una orienta-- ción N-S; una de sus características es que su flanco occidental - está completo y sumamente afectado por numerosas fallas normales, - (fotografías 12 y 13, planos 1 y 2 y secciones estructurales 3 a - 6) mientras que en la parte sur se observa parte de su flanco - -- occidental, ya que el resto se halla hundido en el valle de Tlahua lilo, por efecto de una falla normal sintética (fotografía 12). En su parte axial aparecen rocas pertenecientes a la Formación Treviño en facies yesífera.

##### - Anticlinal Las Palomas.

El anticlinal Las Palomas se ubica en la región norocciden-

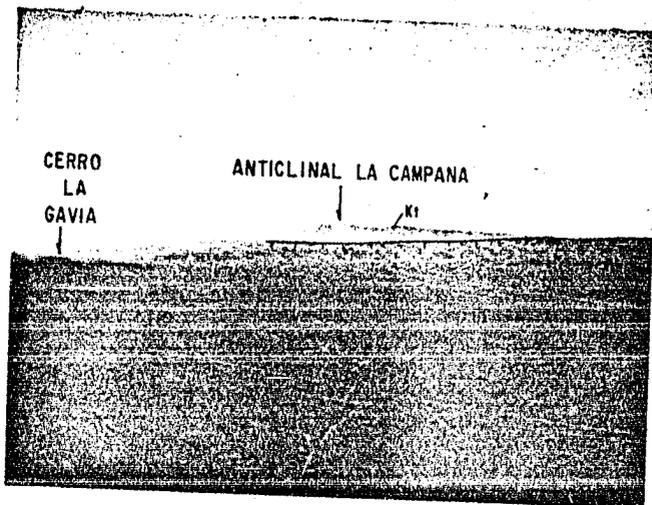


Fotografía 12.

PANORAMICA DE LA SIERRA LA CAMPANA, TOMADA HACIA EL SW DESDE EL CERRO LA GAVIOTA

En esta fotografía se puede apreciar el anticlinal en échelon La Campana, notándose el prominente escarpe en el flanco oriental, producido por la falla de transcu-  
rrencia de tipo sintético del sistema 4, con un desplazamiento izquierdo, como lo in  
dica la flecha.

Sierra La Campana, Municipio de Tlahualilo, Estado de Durango.



Fotografía 13

PANORAMICA DE LA SIERRA LA CAMPANA TOMADA  
HACIA EL SW DESDE LA SIERRA EL ZAPATERO.

Se observa el bloque caído producto de la falla de transcu  
rrencia 4 y, al mismo tiempo, el escarpe de la Formación Treviño  
en sus facies arrecifales.

Sierra La Campana, Municipio de Tlahualilo, Estado de Duran  
go.

tal de la Sierra La Campana, tiene una longitud aproximada de -- 130m y una anchura de 8km. (plano 1, sección estructural 3 y fotografía 15). En términos generales es simétrico, variando sus -- echados de 4° a 8° a lo largo de la sección estructural 3.

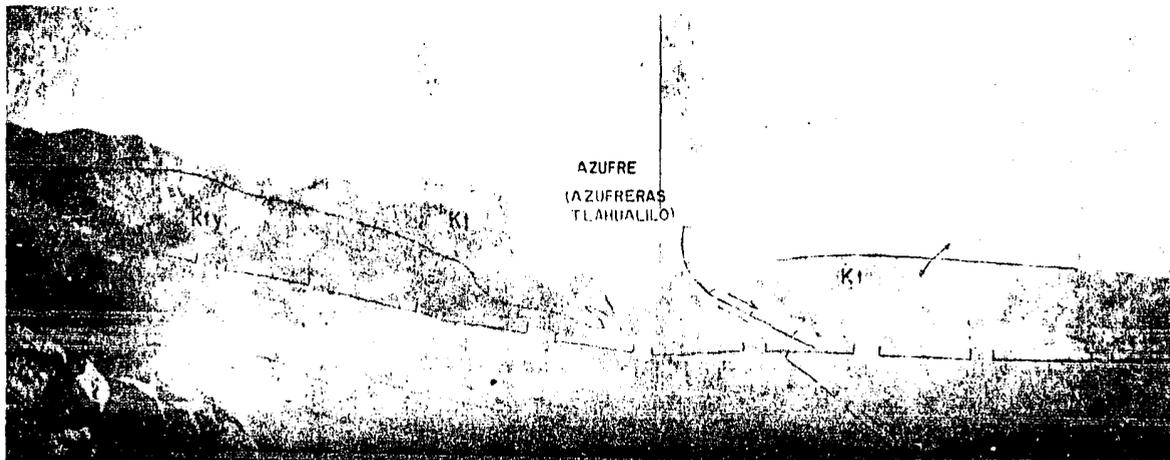
El eje axial tiene una orientación irregular NE-SW, debido a que está limitado por la falla antitética 2 y las rocas expuestas a lo largo de él están representadas por la Formación Treviño en las facies yesíferas.

#### IV.2.4.2. Sistemas conjugados de fallas de transurrencia en -- échelon.

De acuerdo con el modelo de Wilcox et. al. (op. cit.) se -- describen dos tipos de fallas antitéticas y sintéticas.

##### - Fallas sintéticas primarias

De este tipo de fallas se distinguieron dos sistemas paralelos con una orientación generalizada NW-SE, representados por los números 4 y 5 (figura 13, fotografías 14 y 15 ). Dicha orientación es subparalela a la traza de la falla principal, en este caso el - Lineamiento de Caltam. Por tanto, estos sistemas de fallas sintéticas tienen el desplazamiento lateral mayor, en este caso izquierdo (falla siniestral) al igual que el megashear , ya que se piensa -- que el desplazamiento de un bloque con respecto al otro fue de -- unos 20 km. en dirección NW.

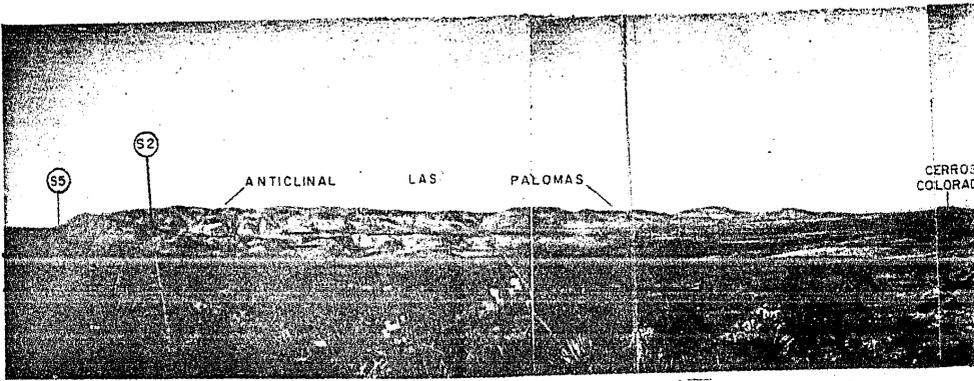


Fotografía 14.

PANORAMICA DESDE LA SIERRA LA CAMPANA HACIA EL RINCON DE CAROLINA.

Esta fotografía muestra el valle formado por el sistema de fallas No. 4 de trans-currencia de segundo orden, antitéticas y las fallas sintéticas de sistema primario No. 4, que está a lo largo de la Cañada Vallecillos.

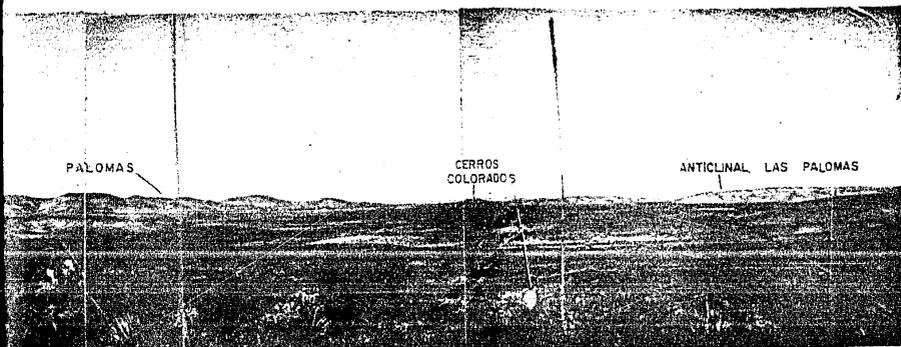
Sierra La Campana, Municipio de Tlahualilo, Estado de Durango.



Fotografía 15.

PANORAMICA HACIA LAS SIERRAS LA CAMPANA (LADO IZQUIERDO) Y PALOMAS (LADO DERECHO) DESDE LA SIERRA EL ZAPATERO.

Se puede apreciar el anticlinal en échelon Las Palomas, limitado por falla de trascurrencia de primer orden con sentido derecho del antitético No. 2, que a su vez está afectada por la falla de transcurr. No. 5 del sistema sintético de desplazamiento izquierdo; a lo largo se manifiesta un vulcanismo basáltico representado por los Cerros de Sierra La Campana, Municipio de Tlahualilo, Estado de Durango.



LAS SIERRAS LA CAMPANA (LADO IZQUIERDO) Y PALOMAS  
DE LA SIERRA EL ZAPATERO.

El anticlinal en échelon Las Palomas, limitado por un lado  
de una falla de transcurrancia de primer orden con sentido derecho del sistema  
que a su vez está afectada por la falla de transcurrancia  
de primer orden sintético de desplazamiento izquierdo; a lo largo de ella  
se encuentra un volcanismo basáltico representado por los Cerros Colorados.  
Municipio de Tlahualilo, Estado de Durango.

Por otra parte, también se llegan a observar fallas sintéticas secundarias con orientaciones subparalelas a la traza de la falla primaria. En lo que respecta al desplazamiento vertical de las fallas, varía de los 100 a 300m (plano 1, secciones estructurales 4 y 5) observándose que los ángulos del echado de falla son muy altos y de tipo normal, siendo de tipo divergente como es el caso que afecta a la Sierra La Campana (sistema 4).

- Fallas antitéticas primarias.

De estos lineamientos estructurales sólo se logró distinguir el No. 2, de orientación NE-SE.

Por lo que se refiere a las fallas antitéticas, tienden a ser casi perpendiculares a la traza de falla primaria y el sentido de desplazamiento es inverso al de las sintéticas, es decir que son dextrales o diestras (Moody y Hill, 1956).

La orientación que guardan los pliegues en échelon y las fallas secundarias con respecto a la traza de falla primaria, señalan que el bloque norte se desplazó hacia el NW unas cuantas docenas de metros.

Como se mencionó este tipo de fallas es casi perpendicular al sistema de fallas sintéticas y en consecuencia al Lineamiento de Caltám.

Otra característica que tienen estos sistemas de fallas es que a su vez están constituidos por fallas antitéticas secundarias de dimensiones pequeñas, con orientación NE-SW, o sea, -- subparalelas a las antitéticas primarias; además, se pueden observar pliegues de arrastre producidos por el desplazamiento de los bloques, cuyas dimensiones son variables y que pueden ser de primer orden o más, de acuerdo con las fallas que se le asocian, llegando a tener hasta 13km de longitud, como se observó en la Sierra La Campana, donde se encuentra el Anticlinal Las Palomas.

- Fallas normales en échelon y normales.

En este tipo de fallas es difícil determinar con certeza las diferencias entre ambas, puesto que afectan a estructuras anticlinales y sinclinales previas, por lo que se trataron como fallas normales en échelon a todas aquellas transversales a los anticlinales con orientación NW-SE y como fallas normales las paralelas a los anticlinales.

- Fallas normales en échelon.

Sólo se logró identificar una de pequeñas dimensiones en la Sierra La Campana, de orientación NW-SE y que afecta transversalmente tanto al anticlinal como a las fallas.

-Fallas Normales.

Estas fallas aparecen a lo largo de la parte austral del flanco occidental de la Sierra Tlahualilo, formando un bloque escalonado cuyo desplazamiento vertical llega a tener 800m y su echado buza hacia el oriente; esta gran falla, orientada N-S, alcanza los 35 km de longitud.

Estas fallas pertenecen a la última etapa o fase tafrogénica del ciclo geotectónico laramídico y como se piensa que se trata de una zona de divergencia, como se mencionó anteriormente, se puede concluir que son las estructuras geológicas más jóvenes.

## CAPITULO V

### HISTORIA GEOLOGICA

No es posible analizar la historia geológica de la zona de estudio en forma particular, por lo que las ideas que aparecen a continuación se expondrán a nivel regional, para así poder visualizar un extenso panorama sobre el origen, estructura y expresión geomorfológica actual de las rocas.

#### Paleozoico

##### Pérmico

Las rocas más antiguas cercanas a la zona son de edad pérmica y pertenecen a la Formación Sardinias; afloran en la Sierra de Las Delicias y sus características litológicas y texturales indican que se depositaron cerca de un arco insular, como parece -- probarlo la existencia de elementos volcánicos dentro de esta secuencia, que se desarrolló en un gran eugeosinclinal que formó -- parte del Geosinclinal-Ouachita (figura 6); el depósito continuó hasta finales del Pérmico o principios del Triásico. La deformación de este geosinclinal empezó en el Carbonífero y terminó a fines del Pérmico (Orogenia Herciniana, Apalachiana o Permo-Triásica) y fue el producto del choque de dos grandes placas continentales, la Norteamericana y la Africana-Sudamericana (figura 17).

La colisión de estas placas dió como consecuencia el siste-

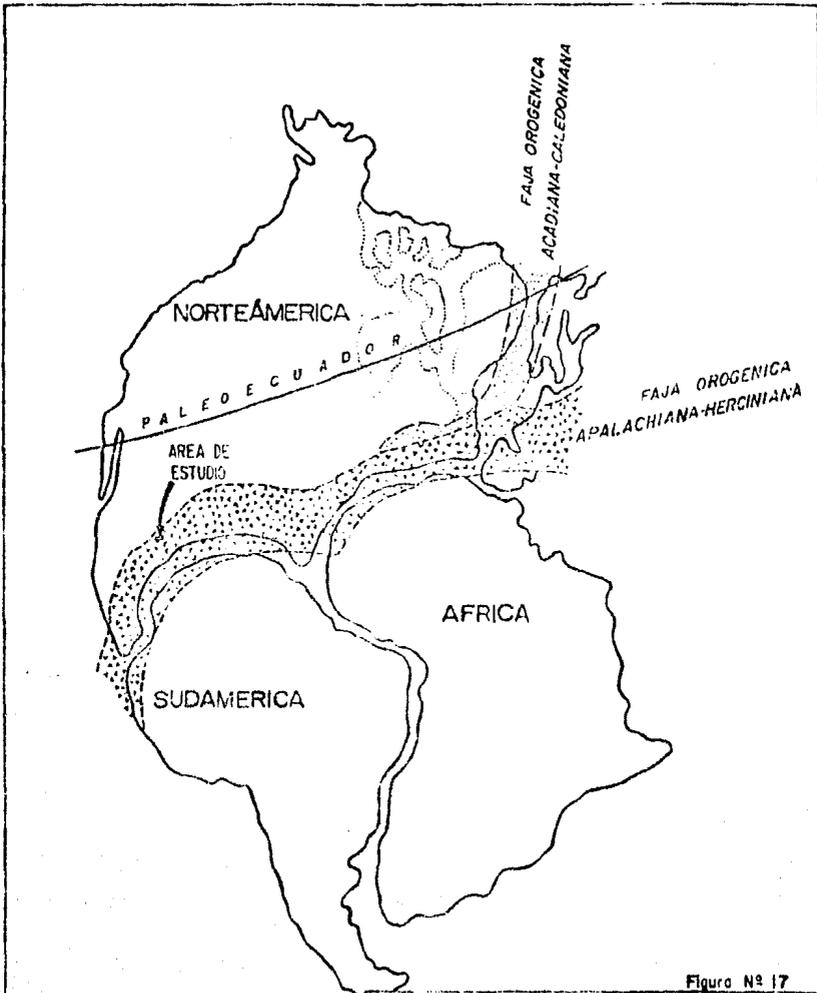


Figura N° 17



U . N . A . M .

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

DISPOSICION DE NORTEAMERICA, SUDAMERICA Y  
AFRICA ANTES DE LA DERIVA HACE 230 m. a.

(1)

(1) STOKEN WALKER Y ROWETT, 1978.

ma orogénico Marathon-Ouachita, que generó a pliegues con una orientación NE-SW. Por otro lado activaron esfuerzos de cizalla que dieron origen a la creación de las fallas de transcurrancia (Walper op. cit.). En el Triásico Medio acaeció la etapa de relajamiento y reacomodo cortical, liberando las fuerzas por fallas de transcurrancia que dieron lugar a las cuencas y altos estructurales mesozoicos, alteraciones que coincidieron con la dispersión de la gran masa continental Pangea.

Mesozoico

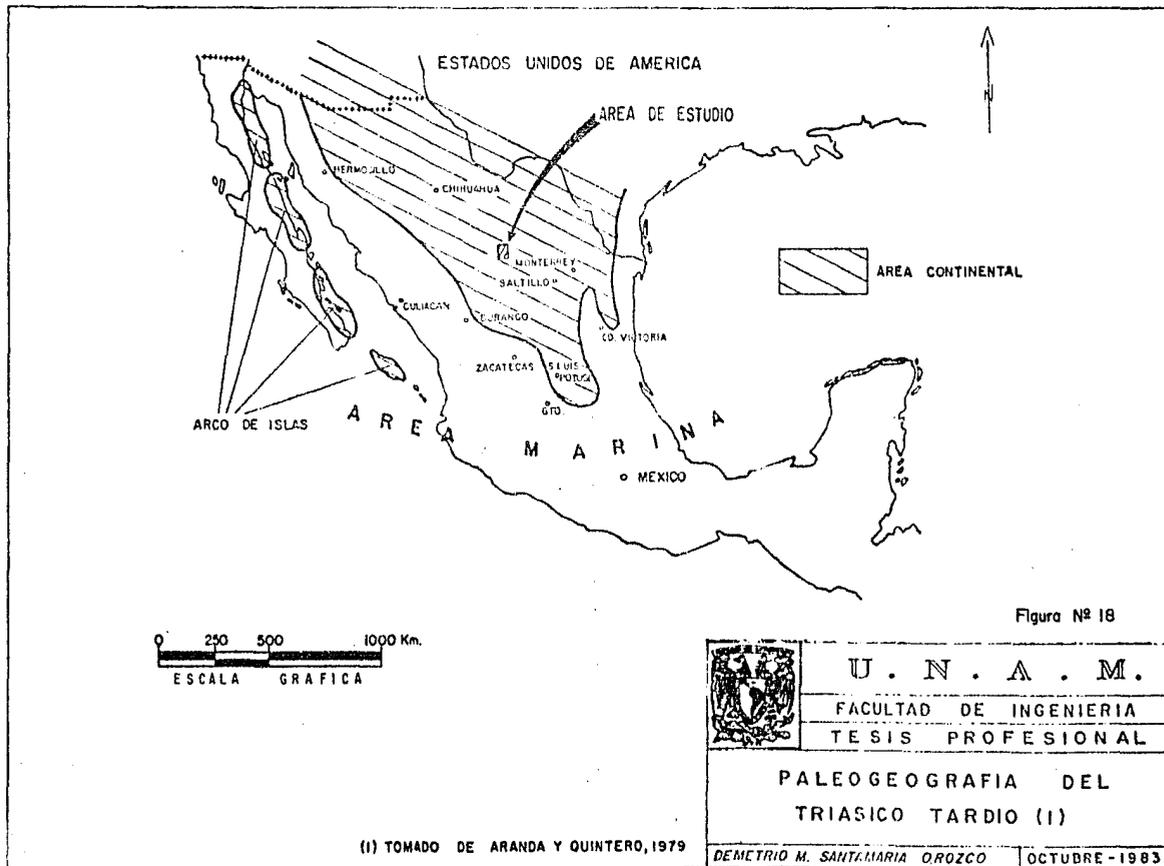
Triásico

Posterior a este acomodo cortical y dentro del Triásico tuvieron lugar grandes intrusiones de tipo granodiorítico, como las encontradas al poniente del Ejido Nuevo Delicias.

Se considera que la mayor parte del norte de México permaneció emergida durante el Triásico Inferior, ya que únicamente se conocen depósitos continentales de esta edad (figura 18). La Península de Coahuila sería una continuación hacia el sur del continente Mesozoico Norteamericano, que constituyó un antepaís, una de las fuentes principales de aporte de sedimentos para las cuencas continentales situadas al sur y al poniente de ésta.

Jurásico.

Al irse abriendo de manera sistemática el fondo del Atlántico



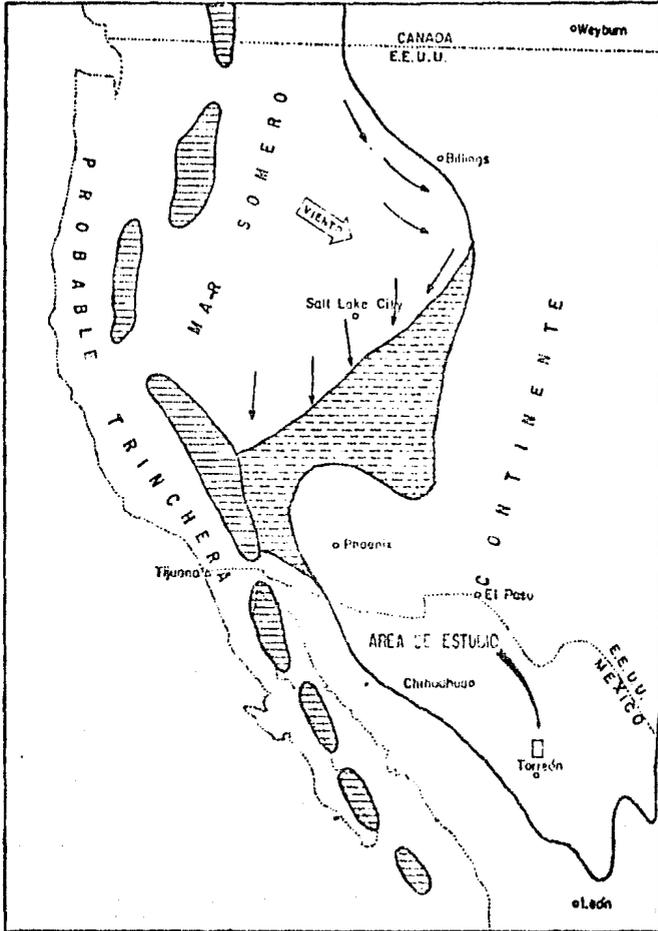
co y su dorsal, se iban generando rocas volcánicas. La sutura y el intenso aporte de sedimentos provenientes de los bordes del continente provocaron la subsidencia de los altos estructurales al -- oriente de la masa continental, causando una transgresión a fines del Jurásico (figura 19), que dio lugar a cuencas marinas de fondo irregular y circulación restringida, depositándose sedimentos -- en mares epicontinentales, como lo ponen de manifiesto los amplios depósitos evaporíticos del Oxfordiano (figura 20) y en los bordes de la plataforma se depositaron los clásticos gruesos de la Formación Zuloaga.

La transgresión continúa durante el Kimeridgiano-Tithoniano, donde ocurre una amplia distribución de sedimentos finos en la zona nerítica; se cree que el probable depósito se dio en bahías y lagunas, bajo condiciones de circulación restringida, ya que los -- sedimentos son carbonosos y bituminosos (figura 21).

En el Portlandiano Superior se eleva la masa de tierra de la plataforma de Coahuila, dando origen a un depósito de areniscas conglomeráticas que constituyen el Grupo La Casita; contemporáneamente a este evento en las zonas de facies extralitorales se depositaron sedimentos de aguas claras y someras (Formación La Caja Figura 21).

#### Cretácico

En el Cretácico Inferior (Neocomiano Superior) sigue la --



 COMPLEJO ARCO INSULAR

 DUNAS COSTERAS

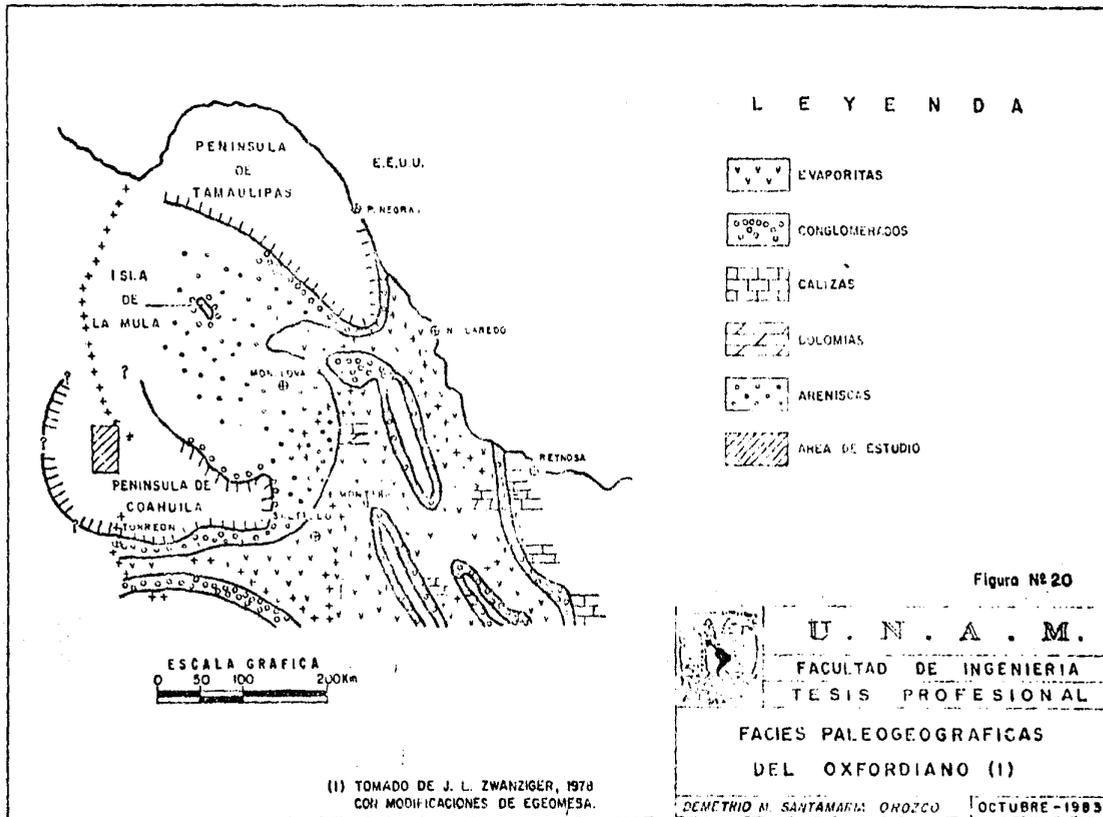
 DIRECCION DE PALEOCORRIENTE

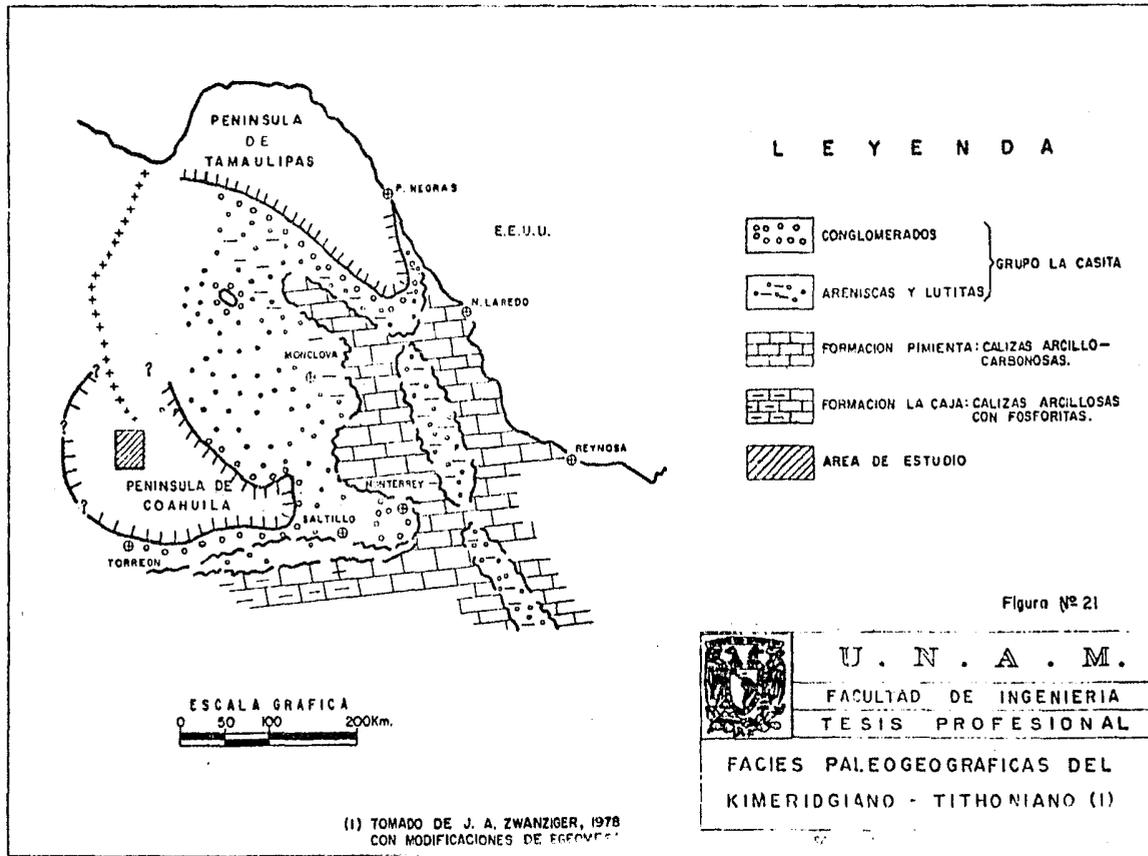
ESCALA GRAFICA  
0 100 250 500 Km.

Figura Nº 19

|   |  |                |
|---|--|----------------|
|  | U. N. A. M.  |                |
|   | FACULTAD DE INGENIERIA   |                |
|   | TESIS PROFESIONAL  |                |
|   | PALEOGRAFIA DEL JURASICO INFERIOR DE LA<br>PORCION OCCIDENTAL DE NORTE AMERICA (I) |                |
| DEMETRIO M. SANTA-MARIA OROZCO  |  | OCTUBRE - 1983 |

(8) TOMADO DE STANLEY O.K. ET AL., 1971.





L E Y E N D A

- |  |                     |   |                 |
|--|---------------------|---|-----------------|
|  | CONGLOMERADOS       | } | GRUPO LA CASITA |
|  | ARENISCAS Y LUTITAS |   |                 |
- |  |   |
|--|---|
|  | FORMACION PIMIENTA: CALIZAS ARCILLO-CARBONOSAS. |
|--|---|
- |  |   |
|--|---|
|  | FORMACION LA CAJA: CALIZAS ARCILLOSAS CON FOSFORITAS. |
|--|---|
- |  |                 |
|--|-----------------|
|  | AREA DE ESTUDIO |
|--|-----------------|

Figura Nº 21



U . N . A . M .  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 TESIS PROFESIONAL

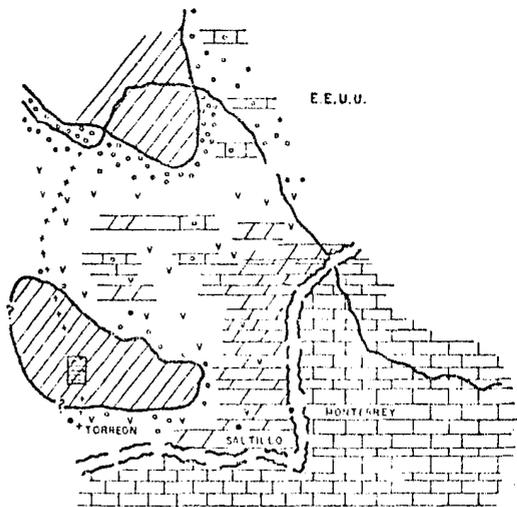
FACIES PALEOGEOGRAFICAS DEL  
 KIMERIDGIANO - TITHONIANO (I)

(1) TOMADO DE J. A. ZWANZIGER, 1978  
 CON MODIFICACIONES DE EGEOM...

transgresión que cubre gran parte del norte de México pero que no alcanza a inundar por completo la plataforma. López Ramos (1972) opina que en su porción sur la Península de Coahuila pudo ser una isla, lo cual aconteció sólo en el Cretácico Inferior (Barremiano) y no hay datos que indiquen que hubo comunicación del Golfo de Sabinas con la Cuenca de Chihuahua en el Jurásico. En el Barremiano-Aptiano Inferior prevalecieron los ambientes de aguas someras; -- además, como el relieve topográfico era muy irregular, para esa época, permitió que se desarrollaran arrecifes, y en las zonas vecinas a la Plataforma de Coahuila ocurrió un depósito de sedimentos en facies de litoral y evaporíticas (figura 22).

Para el Aptiano Superior el avance de los mares es continuo y de esta manera los elementos positivos quedan cubiertos, pero se piensa que no cubrió totalmente esta paleoplataforma, ya que los sedimentos clásticos de la Formación Las Uvas cubren en forma discordante a la secuencia Pérmica, que sugiere fuentes de aporte muy cercanas. Leyva (1977) postula que las sierras El Diablo y Conejos carecen de sedimentos aptianos, lo que indicaría que probablemente fueron la fuente de aporte de estos sedimentos clásticos.

Durante el Albiano los mares terminaron de invadir la Plataforma de Coahuila, desarrollándose de esta manera depósitos lagunares (Formaciones La Paila, Acatita y Treviño); además se originaron bordes de elementos arrecifales (Formación Viesca) que dieron lugar a facies de prearrecife y post-arrecife. En el Cenomaniano -



 AREA DE ESTUDIO



(I) TOMADO DE J. A. ZWANZIGER, 1978  
CON MODIFICACIONES DE EGOEMESA.

L E Y E N D A

-  TERRIGENOS
-  CALIZAS DE PLATAFORMA
-  DOLOMIAS
-  ARRECIFE
-  EVA'ORITAS
-  CALIZAS DE CUENCA
-  TIERRAS POSITIVAS

Figura N° 22



U . N . A . M .

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

MAPA PALEOGEOGRAFICO DEL  
NEOCOMIANO - APTIANO INF.  
CRETACICO TEMPRANO (I)

DEMETRIO M. SANTAMARIA OROZCO

OCTUBRE - 1983

Inferior se dio una mayor circulación de agua marina (figura 23), permitiendo el depósito de calizas de plataforma de aguas someras (Formación Treviño).

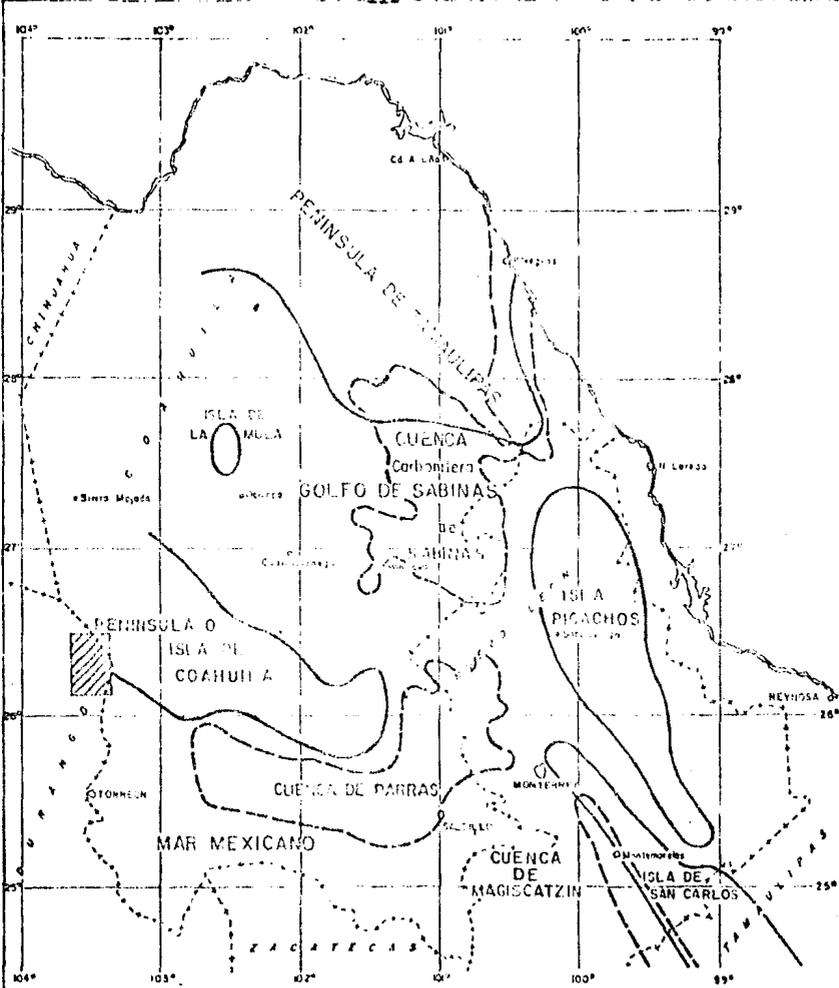
En el Cenomaniano Superior y parte del Turoniano esta región sufre oscilaciones del nivel del mar durante una fase del ciclo geotectónico que Tardy (1972) denomina Albiano-Cenomaniano, - durante la cual se depositan los sedimentos clásticos-calcareos - (Formación Indidura) consideradas como depósitos pre-flysch.

Para el Campaniano se inicia el retiro de los mares y emerge la plataforma, ya que no se conocen sedimentos de esta edad en la región, a diferencia de las cuencas aledañas; por tanto, es posible imaginar que la reactivación del alto estructural de la Plataforma de Coahuila fue causada por la renovación de los movimientos de las fallas de transcurrencia, motivados por los esfuerzos compresivos, debido al movimiento de la placa Farallón clavándose por debajo de la placa Americana (Atwater et. al, op. cit.), y que dieron lugar a un plegamiento incipiente, mientras que en las cuencas que se encontraban al poniente y sur de esta plataforma la deformación de las rocas está representada por el intenso plegamiento, fallamiento inverso e incluso cabalgamientos importantes.

Cenozoico

Terciario.

La Revolución Laramide deja de sentirse hasta el Eoceno, que



LEYENDA

- ELEMENTO PALEOGEOGRAFICO DEL JURASICO SUPERIOR
- - - - ELEMENTO PALEOGEOGRAFICO DEL CRETACIO SUPERIOR

Figura N°23

|                                   |                        |
|-----------------------------------|------------------------|
|                                   | U. N. A. M.            |
|                                   | FACULTAD DE INGENIERIA |
| TESIS PROFESIONAL                 |                        |
| MAPA INDICE DEL NORESTE DE MEXICO |                        |
| PROVINCIAS PALEOGEOLOGICAS        |                        |
| DEMETRIO N. SANJUANITA DROGO      | OCTUBRE - 1963         |

INFORMACION OBTENIDA DE LA DE EXCURSION GEOLOGICA NORESTE DE MEXICO (I.M.E.G.), 1951.

es cuando ocurre el reajuste isostático que provocó fallas normales (etapa tafrogénica) permitiendo el desarrollo de fosas tectónicas que fueron rellenadas por sedimentos lacustres y continentales, dando origen a zonas de bolsones. También en el Eoceno se emplazaron cuerpos ígneos intrusivos.

Cuaternario.

Después, durante el Cuaternario existió una intensa actividad volcánica de tipo basáltica que guarda estrecha relación con las fallas normales que limitan los "Horst y Graben".

Reciente.

Actualmente la zona de estudio está sujeta a una intensa erosión e intemperismo, provocando con esto el depósito de sedimentos continentales lacustres y fluviales.

## CAPITULO VI

### SITUACION ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE EXPLOTACION EN EL AREA.

#### VI.1. Introducción.

En este capítulo se pretende analizar, evaluar y describir el potencial azufrero de la zona de estudio.

Primero se describirán las características físicas de la mineralización, luego se tratará de definir el origen y los factores que controlan su formación y posteriormente se analizará y evaluará el potencial económico de la región como posible productora de azufre nativo.

#### VI.2. Descripción de las Características Físicas de la Mineralización.

##### VI.2.1. Manifestaciones de azufre.

Se observaron numerosas manifestaciones de azufre, la mayoría de las veces sólo consisten en diseminaciones poco importantes en rocas dolomitizadas, pero en algunos lugares son más grandes -- por sus dimensiones, estando asociadas en general a lentes de yeso. Las manifestaciones observadas en la Formación Treviño se asocian a dos ambientes geológicos: uno, a sus facies evaporítica y otro a las fallas de transcurrencia que crearon una permeabilidad secunda

ría que favoreció el paso de fluidos en las zonas intensamente --  
fracturadas, factor muy importante en la formación de yacimientos  
de azufre.

Manifestaciones de azufre en la Sierra La Campana.

Localidad 1.

Ubicación.- Esta manifestación, al igual que todas las del  
área, se localiza en el Municipio de Tlahualilo de Zaragoza, y está alo-  
jada en la porción N de la Sierra La Campana, unos 4 km al SW de  
los Cerros Colorados. Las coordenadas Universal Transversa de Mer-  
cator (UTM) que tiene son 2939600m N y 645700m. E.

Descripción.- Se ubica en el flanco NW del Anticlinal Las --  
Palomas y pertenece al mismo tiempo al sistema siniestro de fallas  
de transcurrencia 5. (figura 13). Se observó una roca dolomitizada  
pardusca, en estratos gruesos y muy fracturada, con abundantes ban-  
das y lentes de pedernal, de textura sacaroides y brillo micáceo.

El azufre aparece en diseminaciones despreciables, de color  
amarillo, que rellenan microfracturas, dentro de las facies evaporif-  
tica de la Formación Treviño.

Localidad 2.

Ubicación.- Está situada en un pequeño valle erosional en -

la Sierra La Campana, unos 5 km al norte del Puerto Barbacoa y --  
unos 5.7 km al SW del Tanque Zapatero; sus coordenadas UTM son --  
2932951m N y 645622m E.

Descripción.- Se encuentra en el Flanco SE del Anticlinal -  
Las Palomas, perteneciendo al mismo tiempo al sistema diestro No.  
2 de fallas de transurrencia antitéticas (plano 6).

Consiste en paquetes de yeso con algunas intercalaciones de  
calizas recristalizadas y dolomitizadas. El yeso microcristalino -  
bandeado y poco alterado presenta en sus partes escoriales de alte  
ración ligeras impregnaciones de azufre, las cuales no son de gran  
magnitud, puesto que no se presentan como zonas continuas de mine  
ralización, sino más bien como lugares aislados en donde el azufre  
diseminado se presenta como pequeñas hojuelas y en forma de peque  
ños nódulos algo alterados.

Se ubica dentro de las facies yesíferas de la Formación Tre  
viño, donde hay pequeñas ventañas por efecto de erosión.

Localidad 3.

Ubicación.- Sus coordenadas UTM son 2921550m N y 653350m E;  
se encuentra a unos 3.2 km. del tanque El Hundido, en el bloque --  
hundido del flanco oriental de la Sierra La Campana.

Descripción.- Se halla en facies evaporítica de la Forma- -

ción Treviño y está sumamente afectado por numerosas fallas de --  
transcurrencia (plano 6). Pertenece al lote minero Romeo y Julie-  
ta, alojado en un cuerpo importante de yeso lenticular; la minera-  
lización aparece en forma de nódulos o lentes, en ocasiones de --  
grandes dimensiones y otras veces constituye una especie de red -  
que aparentemente no sigue una zona de fracturamiento, sino que -  
más bien parece seguir los planos de estratificación.

Junto con el yeso mineralizado con azufre están intercala-  
dos algunos horizontes de calizas dolomitizadas con gran cantidad  
de terrígenos, en estratos medianos a gruesos, horizontes que con-  
tienen nódulos pequeños de yeso, que a su vez contienen azufre no  
dular, casi diseminado.

Del informe de la visita a este yacimiento que realizó el -  
Ing. Juan C. Villarreal en junio de 1953, se extrajeron los siguien-  
tes datos:

Condición legal.- El yacimiento está amparado por la solici-  
tud en trámite "Romeo y Julieta", expediente 3101 de Reservas Mine-  
rales Nacionales, hecha por el Sr. Esteban Jordán Herrera.

Clase de Yacimiento.- Consiste de un depósito de azufre na-  
tivo formado posiblemente por la acción de aguas mineralizadas car-  
gadas de ácido sulfhídrico sobre las calizas, que permanecen prác-  
ticamente horizontales; habiéndose formado dos mantos mineraliza-

dos con una separación vertical de 10m.

El yacimiento tiene expectativas de extenderse en los dos mantos, tanto entre las obras coladas, como hacia el oriente y al poniente, así como hay probabilidades de que existan otros mantos mineralizados debajo de los dos mencionados.

Obras Mineras.- Existen dos excavaciones irregulares con pequeños rebajes interiores con un desarrollo de 160m el primero y de 75m. el segundo (figura 24), colados probablemente durante la época de la dominación española, en los cuales se ha acumulado guano de murciélago que ha sido extraído en diferentes épocas, existiendo en la fecha de la visita aproximadamente 15 toneladas de este producto.

Reservas.- Se estima que existe el mineral siguiente:

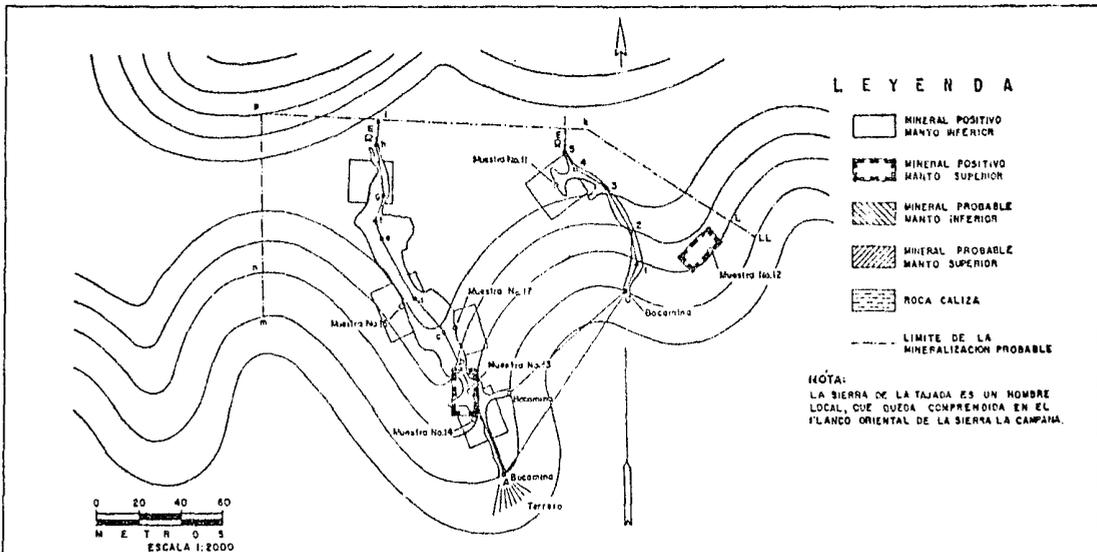
Positivo: 1 500 toneladas de 25% de S.

Probable: 30 000 toneladas de 20% de S.

En los incisos 3 y 4 se tratará de exponer desde el punto de vista del autor el posible origen del azufre de este yacimiento.

Localidad 4.

Ubicación.- Se encuentra al SW de la Cañada el Tecolote, --



PROYECCION LONGITUDINAL SEGUN LA LINEA A-h

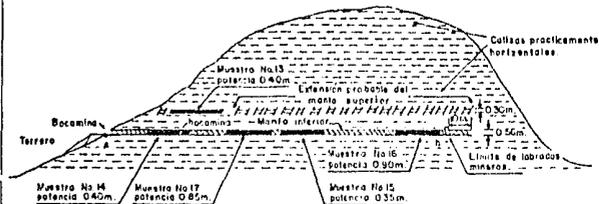


Figura N° 24

SEGUN ING. JUAN VILLAREAL 1933(C.R.M)



U. N. A. M.

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

CROQUIS GEOLOGICO-MINERO DEL YACIMIENTO  
DE AZUFRE ROMEO Y JULIETA SITUADO  
EN LA SIERRA DE LA TAJADA  
MUNICIPIO DE TLAHUALILO, DGO.

DEMETRIO M. SANTAMARIA OROZCO

OCTUBRE-1983

unos 2.5 km al norte del Cerro el Tecolote (fotografías 16), y -- sus coordenadas UTM son: 2918455m N y 652269m E.

Descripción.- En esta localidad se encuentra ya una obra - exploratoria que consiste en un socavón desarrollado en forma de - lumbrera, cavado en yeso.

El yeso es bandeado, en ocasiones bien cristalizado y saca- roide con bandas y vetillas de azufre de aproximadamente 1 a 3 cm de espesor, sin continuidad lateral, a veces lenticulares. Existen bloques de caliza dentro del yeso, con algunas diseminaciones de - azufre que carecen de importancia económica; estas rocas se encuen- tran dentro de las facies evaporíticas de la Formación Treviño.

#### Localidad 5.

Ubicación.- Se ubica a 900m en línea recta al oeste de la - localidad 4 y sus coordenadas UTM son: 2918478m N y 651408m E.

Descripción.- Aparece en el bloque hundido limitado por los sistemas de fallas de transurrencia 2 y 4, por lo que es una zona de intenso fallamiento y fracturamiento. Estas rocas se ubican den- tro de las facies evaporíticas de la Formación Treviño.

Existe una obra de explotación abandonada de dimensiones al- go grandes a profundidad (fotografía 17), cuya litología es esen- cialmente yeso, caliza y anhidrita y está muy fracturada; la mine-



Fotografía 16.

En esta lámina se observa un socavón de exploración azufrera, --  
ubicado en la Cañada El Tecolote, al NE de la Sierra La Campana,  
en donde se observan las lentes de yeso impregnado de azufre.

Sierra La Campana, Municipio de Tlahualilo, Estado de Durango.



Fotografía 17.

En esta toma se muestra un socavón localizado al fondo de la Cañada El Tecolote, hecho en una lente de yeso de la Formación Treviño que presenta impregnaciones de azufre.

Sierra La Campana, Municipio de Tlahualilo, Estado de Durango.

realización es abundante pero se presenta en pequeñas láminas y --  
vetillas dentro de las fracturas en las calizas. Esporádicamente  
se observan nódulos de azufre dentro del yeso, pero como no fue --  
posible penetrar en los socavones no se pudo constatar si exis- --  
tía mayor cantidad de azufre, pero al parecer la exploración fue  
de magnitud considerable.

#### Localidad 6.

Ubicación.- Dista 5.3 km al NW del Tanque de las Víboras -  
en las coordenadas UTM 2912000m N y 650550m E.

Descripción.- Se ubica dentro del sistema de fallas sintéti-  
cas de transcurrencia 4, en el flanco oriental del Anticlinal La -  
Campana, rocas de la Formación Treviño en sus facies yesíferas. --  
Las manifestaciones de azufre se presentan diseminadas y lenticula-  
res, incluidas a su vez en lentes yesíferas de varias decenas de -  
metros de longitud y sólo algunos metros de ancho, dentro de una -  
secuencia constituida por calizas dolomíticas y dolomías sacaroi--  
des con olor fétido.

#### Localidad 7.

Ubicación.- Se sitúa en el cruce de las coordenadas UTM - -  
2907229m N y 648205m E, 6 km en línea recta al W del tanque Las Ví-  
boras en el escarpe frente a la Laguna el Vallecillo (seca), donde

existen varias obras exploratorias con azufre o indicios de éste.

Descripción.- Se ubica dentro de una prominente falla de -  
transcurrencia que afecta la porción axial del Anticlinal La Cam-  
pana, dentro de las facies yasíferas de la Formación Treviño.

Existe un pequeño socavón poco desarrollado de 2m de diáme-  
tro y en el yeso, el cual forma parte de un cuerpo lenticular es-  
tratificado. El azufre se presenta en vetillas sin continuidad la-  
teral (fotografía 18) con muy poco tonelaje, aunque en la entrada  
de la obra se observó una acumulación de 200 kg de azufre puro ex-  
traído. Según la información recabada por las personas que hicie-  
ron esta exploración, el azufre se encontraba en forma de bolsón  
o lente, cuyas dimensiones correspondían a las del socavón.

Localidad 8.

Ubicación.- A 100m aproximadamente al W de la Localidad 6  
se localiza este yacimiento, cuyas coordenadas UTM son 2907229m N  
y 648158m E.

Descripción.- Al igual que la localidad anterior aparece -  
en el mismo sistema de fallas de transcurrencia 4. Su comporta- -  
miento es muy similar al de la Localidad 6, en lo que se refiere  
a su litología y mineralización, ya que se encuentran en la misma  
posición estratigráfica.



Fotografía 18.

Cata de exploración, cavado en yeso con impregnaciones de azu- -  
fre, que se encuentra en el escarpe situado frente a la laguna  
Vallecillo (seca).

Sierra La Campana, Municipio de Tlahualilo, Estado de Durango.

Se observan 2 socavones de poco desarrollo cavados en yeso, con vetillas de azufre más o menos horizontales de pocos centímetros de espesor; como en la localidad anterior, el azufre parece haber sido completamente removido.

Localidad 9.

Ubicación.- Esta manifestación se localiza a unas cuantas decenas de metros de la localidad anterior, en dirección NE y -- sus coordenadas UTM son: 2907395m y 648140m E.

Descripción.- Por tal razón se ubica en el mismo sistema - de fallas y secuencia estratigráfica que la Localidad 6.

Esta localidad no se visitó y sólo se ubicó mediante fotografías aéreas, desde unos 100m de distancia, por lo abrupto del terreno.

Localidad 10.

Ubicación.- Dista 1 km al NW del Cerro Pénjamo y 5 km en línea recta del poblado de Barcelona; sus coordenadas UTM son - - 290400m N y 650300m E.

Descripción.- Se encuentra dentro del bloque de fallas de transcurrencia 4 y en particular pertenece a una falla antitética

de segundo orden (plano 6) que afecta a las facies yesíferas de la Formación Treviño; corresponde al punto BAR 11A-5 y RMZ 4-17 y se le conoce como Azufrera Tlahualilo y también como Mina del Señor de la Agonfa.

La mina se encuentra en la zona de falla y las manifestaciones de azufre están dentro de lentes de yeso, que llegan a medir hasta 150m de longitud por 10m de anchura. El azufre se presenta en lentes de unos 10m de longitud. Se pudo observar que en repetidas ocasiones el yeso ocupa zonas de fracturamiento y está en contacto con milonitas, o sea, material muy triturado producto de esfuerzos de cizalla.

Estas grandes lentes de yeso se encuentran embebidas en dolomías parduscas con brillo micáceo, olor fétido y estratificación gruesa.

#### Localidad 11.

Ubicación.- A 2.7 km en línea recta al SW de la localidad anterior, sus coordenadas UTM son 29Q2680m N y 647960m E.

Descripción.- Está asociada íntimamente al sistema de fallas de transurrencia 4, en el flanco oriental del Anticlinal La Campana, dentro de las facies yesíferas de la Formación Treviño y corresponde al punto BAR 12A-6.

La litología consiste en dolomías con olor fétido, brillo micáceo y estratificación delgada, con algunas lentes de yeso de decenas de metros de longitud, con azufre diseminado poco importante.

Localidad 12.

Ubicación. Se ubica en las coordenadas UTM 2901540m N y 648110m E, a unos 75 km al NW del poblado de Carolina.

Descripción.- Esta íntimamente asociada al sistema de fallas de transurrencia 4 de la porción axial del Anticlinal La Campana y en las facies yesíferas de la Formación Treviño.

La secuencia litológica consta de dolomías de estratificación delgada, muy fracturadas y con pequeños nódulos de pedernal, con brillo micáceo y un fuerte olor fétido, que contienen lentes de yeso de variadas dimensiones, con diseminaciones pequeñas de amplia distribución, a pesar de que la zona está cubierta por suelo residual.

Localidad 13.

Ubicación.- Sus coordenadas UTM son: 2896488m N y 648539, E, unos 6km al este del poblado Carolina y 6km al norte del poblado La Campana.

Descripción.- Se asocia al sistema de fallas de transcu--  
rrencia 4, dentro de las facies yesíferas de la Formación Trevi-  
ño.

En este yacimiento existe un socavón de dimensiones mayo-  
res, en comparación con los ya citados, donde se observan lentes  
de yeso de poco espesor, rodeadas de calizas recristalizadas. El  
azufre se encuentra en lentes, bandas e impregnaciones dentro de  
ambas rocas, pero en cantidades pequeñas (fotografía 19).

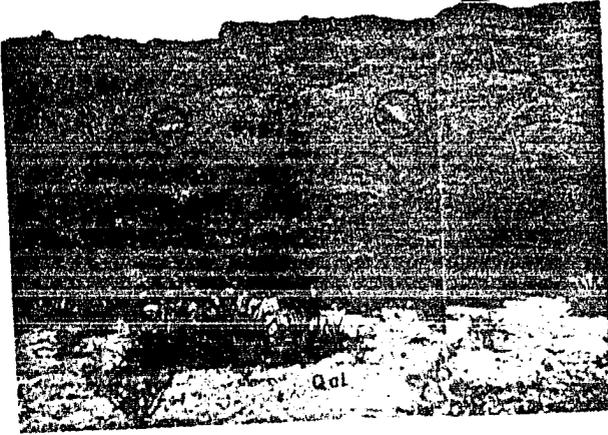
#### Localidad 14.

Ubicación.- Se ubica a unos 300m en dirección S 60° E de -  
la localidad 13 y sus coordenadas UTM son 2896265m N y 648638 m E.

Descripción.- Las características estructurales y estrati-  
gráficas son muy similares a las del punto anterior, pero el azu-  
fre forma vetillas y nódulos diseminados en el yeso y la caliza,  
donde el yeso forma parte de una lente de dimensiones regulares, -  
como de 7m.

#### Localidad 15.

Ubicación.- Dista unos 3.5km al NW de Oquedo y unos 4.5km  
del poblado La Campana y sus coordenadas UTM son: 2894619m N y -  
648835m E.



Fotografía 19.

Panorámica tomada desde el valle hacia la zona escarpada de la Sierra La Campana, que expone dos obras de exploración azufrera, íntimamente asociadas a la falla de transcurrancia del sistema sintético No. 4. Se puede observar, además, el escarpe de la Formación Treviño (en su facie de Montículos arrecifales) que, a su vez, cubre a las rocas evaporíticas de la misma unidad (Kty). -- Sierra La Campana, Municipio de Tlahualilo, Estado de Durango.

Descripción.- Se ubica en la zona de la gran falla que - - afecta la porción axial del Anticlinal La Campana y forma parte del sistema de fallas de transurrencia 4, en las facies yesíferas de la Formación Treviño. A esta manifestación se le conoce - en la región como el azufre de Oquendo.

En esta localidad se observó una secuencia constituida por calizas muy dolomitizadas, las cuales alojan un cuerpo masivo de yeso criptocristalino.

Existe un pequeño socavón que está en muy malas condiciones y se encuentra casi destruido en el fondo.

El azufre es escaso y se aloja en el yeso, en forma de vetillas e impregnaciones delgadas.

Por lo anterior, se puede concluir de manera personal que - todas las manifestaciones de azufre y las relaciones que guarda - con la roca encajonante se observaron en la Formación Treviño en su facies evaporítica. (plano 4), ya que esta facies es la unidad que tiene, al menos en la porción oriental del Anticlinal -- La Campana, más superficie de afloramiento. La mineralización es poco importante, ya que casi siempre se presenta en forma diseminada, relleno de microfisuras, cavidades de disolución y - ocasionalmente en forma de nódulos pequeños en las dolomías y calizas dolomitizadas. Sólo en algunos lugares la mineralización -

tiene importancia por sus dimensiones, cuando está asociada a - - grandes lentes de yeso; a pesar de que estas manifestaciones son mucho mayores que las que se presentan asociadas a las dolomías, - sin embargo, no son importantes desde el punto de vista económico porque carecen de continuidad.

De acuerdo con lo comentado en Geología Regional la Formación Acatita no deja de ser atractiva en sus facies lagunar interna y dentro del área de estudio adquiere importancia, puesto que esta unidad subyace a la Formación Treviño y probablemente contiene verdaderos yacimientos de azufre nativo, debido a su gran contenido de yeso, siempre y cuando se cumplan con todos y cada uno de los factores que controlan la formación de los yacimientos de azufre.

El análisis de estos factores se mencionará en el inciso - 4 de este capítulo.

### VI.3. Origen de los Depósitos de azufre en el área de estudio.

#### VI.3.1. Clasificación de los yacimientos de azufre nativo.

Los depósitos de azufre nativo se encuentran en todo el mundo y pertenecen a dos tipos de ambientes geológicos (Ruckmick et al., 1979): Cuencas que contienen hidrocarburos y zonas de vulcanismo. Dichos depósitos se clasifican en:

- 1.- Cuencas que contienen hidrocarburos y en cuyo ambiente geológico se distinguen dos tipos: a) El Bioepigenético y b) El Biosingenético.

El Bioepigenético está asociado a domos salinos y a depósitos evaporíticos estratificados y se origina como un reemplazamiento de anhidrita o yeso por azufre biogénico. Por lo que se refiere a los depósitos de origen biosingenético son sedimentarios, y su producto es consecuencia de la reducción de los sulfatos mediante el  $H_2S$  en medio acuoso, principalmente en lagunas o bien en ambientes de tipo lacustre o marino, eufánico o evaporítico restringido.

- 2.- Depósitos volcánicos.

Científicamente está demostrada la derivación magmática de muchos minerales, entre los que se cuenta el azufre, que aparece dentro y alrededor de los cráteres, debido a que al ponerse en contacto con la atmósfera el ácido sulfhídrico proveniente del magma se oxida y deposita este elemento. Cabe señalar que existen también depósitos asociados a las fumarolas o fuentes termales conectados al vulcanismo. Por lo que el vulcanismo ofrece oportunidad para observar directamente las relaciones existentes entre los depósitos minerales y los magmas.

### 3.- Depósitos en la zona de oxidación.

Según Ruckmick et. al. (op. cit) estos depósitos se hallan en zonas de fracturamiento y alta permeabilidad en muchos tipos de roca, sin que exista certeza de un reemplazamiento biogénico afiliado a ellos, y aclaran que necesitan un nombre más adecuado, ya que casi todos los depósitos de azufre provienen de la oxidación del  $H_2S$ .

### 4.- Acumulaciones termogénicas.

Los yacimientos formados por este tipo de fenómenos son el producto de la oxidación del ácido sulfhídrico, resultante de reacciones directas entre hidrocarburos y anhídrita a elevadas presiones y temperaturas, con condiciones propias de grandes profundidades (10 000m).

Por lo descrito en la clasificación de los yacimientos de azufre nativo, se concluyó que el tipo de depósito que se tiene en el área de estudio pertenece a los de origen bioepigenético asociado a los depósitos evaporíticos estratificados.

Tal aseveración acerca del origen de los depósitos no es determinante, ya que no se tienen pruebas directas que ratifiquen tal afirmación; por lo tanto se recomienda hacer un estudio de isótopos de azufre, puesto que Grunter (1977) afirma que, desde este -

punto de vista, el azufre ígneo y el biogénico son diferentes.

Los puntos a favor que apoyan este origen son: Primero, la mineralización, la cual está siempre asociada (en forma irregular) a los sulfatos (yesos), y sólo en algunas ocasiones a calizas y dolomías (en forma de pequeñas diseminaciones); segundo, tales manifestaciones están íntimamente ligadas a zonas de fracturamiento y fallamiento, y tercero, las manifestaciones se encuentran restringidas siempre a los bordes de la Plataforma de Coahuila.

Estudios llevados a cabo por Egeomesa (op.cit), demuestran que en el interior de la plataforma los yesos llegan a medir más de 1000m de espesor y no se observan manifestaciones de azufre, a pesar de que siguen estando en zonas de fallamiento. Con esto se puede pensar que hubo alguna fuente de hidrocarburos cercana que proporcionó la materia orgánica para que se llevara a cabo la transformación. Es digno de mencionar que, de acuerdo con Ivanov (1968), los depósitos de azufre de origen biosingénico tienen que estar atrapados en un horizonte estratigráfico definido, asociado a ciertas facies litológicas, pero no con el petróleo, lo que implica que necesariamente fue otro tipo de materia orgánica de la cual se derivó la calcita de estos depósitos, misma que podría ser el carbón.

#### VI.4. Factores necesarios para la formación de azufre.

Al respecto se pueden mencionar los seis factores necesarios

para que se deposite azufre nativo en rocas sedimentarias y en cantidades económicamente explotables. Estas condiciones las han citado varios autores como Davies y Kirkland (1970), Hollister - (1977) y Smith (1980) y son las siguientes:

#### VI.4.1. Presencia de sulfatos.

Este factor influye ampliamente en la zona, ya que existen rocas ampliamente distribuidas, con espesores potentes como para tener yacimientos económicamente explotables.

Así, la presencia de sulfatos es un factor determinante para la formación de azufre bioepigenético, el cual está representado por toda la Formación Acatita y sólo algunas de las rocas de la Formación Treviño (facies evaporíticas) que alojan dentro del área de estudio las manifestaciones de azufre. El espesor estimado de sulfatos en el área es de aproximadamente 1400m, correspondiendo 600m a la Formación Treviño en su facies yesíferas y 800m intemperativos a la Formación Acatita en su facies lagunar; durante los trabajos de campo se determinó que las perspectivas azufreras son importantes por la gran cantidad de sulfatos y las numerosas manifestaciones de azufre.

#### VI.4.2. Depósitos petrolíferos cercanos.

En áreas cercanas a la zona de estudio no se conocen manifestaciones de hidrocarburos; sin embargo, en algunos trabajos efec-

tuados por Petróleos Mexicanos en la Sierra Acatita-Las Delicias, las rocas paleozoicas podrían almacenar yacimientos de petróleo, similares a los descubiertos en el campo Petrolero Pineview, Estado de Utah (E.U.A.) en los anticlinales recumbentes y afallados frontales de las Montañas Rocallosas (Oil and Gas Journal, 1979), los cuales pueden corresponder a la zona externa de la faja tectónica de Marathon-Ouachita, ya que estas rocas tienen una estrecha similitud a las cercanas a la zona de estudio.

Referente a las rocas del Jurásico Superior, las cuales se encuentran al poniente de la Plataforma de Coahuila, en los límites de la Cuenca de Chihuahua también tienen muchas posibilidades petrolíferas (González, 1976). Por lo que toca al Cretácico Inferior, éste es mucho menos importante como generador de hidrocarburos, porque las rocas que constituyen a este sistema no tienen tales características.

Por lo anterior, se concluyó que las rocas que probablemente favorecieron la formación de azufre fueron las del Jurásico, por las siguientes razones:

- 1) Información reciente del subsuelo de tres pozos en el borde occidental de la Península de Coahuila, indican la presencia de rocas con posibilidades de generar y almacenar hidrocarburos (pozos Ceballos No. 1, Durango No 1 y Mercurio), - habiendo presentado pequeñas manifestaciones de gas, aceite y asfalto en rocas del Cretácico Inferior.

- 2) Durante el Kimeridgiano-Titoniano se depositó una secuencia de areniscas, lutitas y calizas arcillosas potencialmente generadoras de hidrocarburos. El espesor de estos sedimentos puede alcanzar los 2000m. en el depocentro de las cuencas, acuñándose lateralmente hacia los elementos positivos, Penínsulas del Diablo, Aldama y Coahuila (Tovar, 1981).
- 3) Finalmente, en 1979, Quintal identificó asfalto en láminas delgadas de rocas carbonatadas del Albiano-Cenomaniano de la Sierra de La Campana.

Los hidrocarburos de la margen oriental de la Cuenca de Chihuahua, al comenzar la migración se trasladaron hacia zonas de menor presión, poniéndose en contacto con los yesos cretácicos de la Plataforma de Coahuila, en la zona limítrofe de estos dos paleo-elementos, siguiendo las zonas de gran fallamiento y fracturamiento.

#### VI.4.3. Zonas de fracturamiento y fallamiento o permeables.

Se trata de un factor bien representado en la zona de estudio. El área está afectada por fallas de transcurrancia de primero y segundo orden, formando grandes bloques que le imprimen un aspecto bastante fragmentado y, en consecuencia, provocan una permeabilidad secundaria muy alta.

Estas fallas afectan toda la secuencia sedimentaria en donde

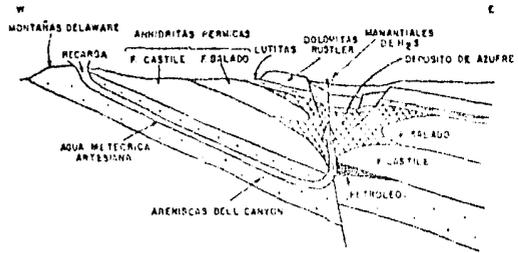
se alojan las manifestaciones de azufre.

#### VI.4.4. Agentes capaces de oxidar el ácido sulfhídrico.

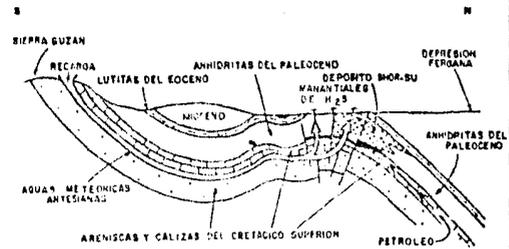
Como se mencionó anteriormente, se piensa que el azufre se forma por la oxidación de ácido sulfhídrico, por lo que Davis y -- Kirkland (1970) infieren que los acuíferos confinados tienen cierta importancia en dicha oxidación, de tal suerte que se puede establecer intercomunicación entre los hidrocarburos y los sulfatos - (figura 25).

Cabe agregar que si las aguas de estos acuíferos se combinan con las aguas meteoricas, el potencial oxido-reducción aumenta, -- acelerando la oxidación del ácido sulfhídrico y provocando la precipitación de azufre nativo (Ivanov, op. cit.)

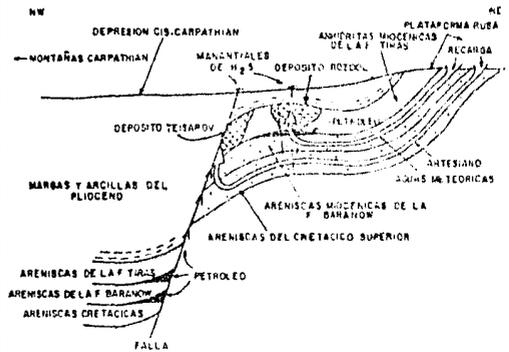
Dada la importancia del agua como agente oxidante y con el fin de conocer el comportamiento hidrodinámico en la zona de trabajo, se analizó la información hidrológica y estructural de la región, concluyendo que quizás la región más favorable, que funciona ría como zona de recarga, sería la que se encuentra al poniente de la Sierra La Campana, en donde es probable que se encuentren en -- contacto los hidrocarburos con sulfatos. Todo esto debe tomarse con ciertas reservas, ya que no se han hecho estudios precisos al res-- pecto.



DEPOSITO DE AZUFRE SEDIMENTARIO DE LA CUENCA DELAWARE



DEPOSITO DE AZUFRE SEDIMENTARIO SHOR-SU, USHBEKISTAN, U.R.S.S.



DEPOSITOS DE AZUFRE SEDIMENTARIO TEIZAROV-ROZDOL, U.R.S.S.

140

Figura N°25

|   |  |
|---|--|
|   | U N A M  |
|   | FACULTAD DE INGENIERIA                                     |
|   | TESIS PROFESIONAL  |
|   | MODELOS GEOLOGICOS DE YACIMIENTOS DE AZUFRE BIOSINGENETICO |
| DEMETRIO W. SANTIAGO S. DE LA O. OCTUBRE - 1983 |  |

#### VI.4.5. Zonas impermeables que impidan el paso del ácido sulfhídrico.

A principios de 1877, en Francia, se descubrió que el ácido sulfhídrico se forma por bacterias y algas. En 1926 fueron descubiertas las bacterias anaerobias sulfato reductoras en el agua de los campos petroleros de Illinois y California. Estas bacterias queman hidrocarburos como fuente de energía, pero emplean azufre en lugar de oxígeno como captador de hidrógeno.

El ácido sulfhídrico generado en el subsuelo por la acción de estas bacterias anaeróbicas, al igual que los hidrocarburos, tiende a migrar hacia zonas de menor presión hasta salir a la superficie, en donde es dispersado por la atmósfera o por las aguas, dando lugar a depósitos pequeños de azufre nativo. Por tal motivo debe existir un límite superior que funcione como sello o barrera (Smith, op. cit.), para impedir la pérdida del ácido sulfhídrico y del azufre nativo. Por lo anterior se puede considerar la posibilidad de que este horizonte impermeable haya sido la Formación Indidura, ya que tiene gran contenido de rocas arcillosas (Egeomesa, op. cit.) siempre y cuando la generación de azufre haya ocurrido antes de que se erosionara. Además en zonas vecinas, como al W de la Sierra La Campana, en donde se infiere que todavía se encuentra esta unidad arcillosa encima de la Formación Treviño, tal vez haya grandes acumulaciones de azufre. Así también durante el desarrollo del estudio se observaron manchones de rocas arcillosas en dis

tintos niveles estratigráficos dentro de la Formación Treviño, -- siendo notable una mayor concentración en la facies de cuenca intraplatafórmica, en donde es posible que la presencia de estos -- quiebres arcillosos haya favorecido localmente el entrapamiento del ácido sulfhídrico, provocando así el depósito de pequeñas cantidades de azufre nativo en zonas fracturadas y porosas.

#### VI.4.6. Trampas estructurales o estratigráficas.

Según lo observado por Ruckmick et. al. (1979), los depósitos bioepigenéticos de azufre se asocian a diferentes estructuras, entre las que se pueden citar: Primero) fallas y fracturas (figura - 25), como los depósitos de Vodinskii (U.R.S.S., Protsenko, 1974) y Rustler Hills (EUA, Smith, op. cit.); segundo) estructuras anticlinales, como es el caso de los depósitos de Heimer (Ruckmick et. al., op. cit.), o bien tercero) altos estructurales del tipo "Horst blocks" como sucede con los depósitos de Polonia (Powloski et. al., 1978).

Por lo expuesto, se puede afirmar que la zona de estudio cumple bien este factor, ya que la Sierra La Campana forma un anticlinal más o menos bien desarrollado, asociado a numerosas fallas de transurrencia.

Por lo que se refiere a las trampas estratigráficas, como ya se mencionó en el inciso VI.4.2. de este capítulo, la zona que -

se encuentra en los bordes de la Plataforma de Coahuila es muy favorable a la acumulación de hidrocarburos , como consecuencia de la migración lateral de éstos hacia las zonas de menor presión, poniéndose en contacto con las evaporitas mesozoicas. Sin embargo, hay que considerar que Tardy et.al. (1975) señalan que esta región está fuertemente afectada por fenómenos estructurales, lo que influye de modo negativo en el proceso propuesto.

#### VI.5. Análisis y evaluaciones del potencial azufrero.

Es menester, señalar que para poder llevar a cabo este análisis Egeomesa (1983) elaboró planos de paleoambientes, litofacies, y estilos de deformación (planos 4,5,6 y 7), a partir de los cuales se logró construir un plano que agrupó los factores necesarios que controlan la generación de yacimientos de azufre.

Respecto a los planos de litofacies, su propósito fundamental fue conocer la distribución de las rocas capaces de generar, almacenar y sellar los posibles yacimientos de azufre, así como también distinguir la distribución de sus componentes, tanto calcáreos como clásticos y las probables zonas de aporte.

Es importante mencionar que la observación de campo y lo limitado del estudio geológico efectuado en las secciones estructurales, no permitió tener un control exacto de las características litológicas de la zona de trabajo, por lo que fue necesario explorar

otras localidades.

En lo relativo a los planos de paleoambientes, estos cuentan con el apoyo de estudios paleontológicos y petrográficos, pero debido a la extensión del área, al escaso material y al poco tiempo con que se contó para el desarrollo del estudio, estos datos son muy generalizados, por lo que se tuvo que afinar con las observaciones de campo, tomando en cuenta la litología, texturas y estructuras orgánicas e inorgánicas. Para la construcción de estos planos se utilizó la nomenclatura de Wilson (1974) y se pudo determinar, en base a estos estudios, que los sulfatos están ampliamente distribuidos en la zona.

Por lo que respecta al plano de estilos de deformación, como ya se mencionó en el capítulo de tectónica, se construyó en base a las observaciones de imágenes de satélite, fotografías aéreas y datos de campo, usándose para esto la terminología de Wilcox et. al. (op. cit.).

Como ya se planteó, la roca sello podría estar representada por la Formación Indidura, antes de que la erosión hubiese removido la capa arcillosa.

No se tiene un amplio conocimiento de cómo funciona el sistema hidrodinámico capaz de comunicar a la superficie los hidrocarburos y los sulfatos, pero se piensa que está controlado por las estructuras y los sistemas de falla reportados.

Como se mencionó con anterioridad, no se sabe si los hidrocarburos estén o no presentes o quizás no se encuentren en grandes cantidades, como para favorecer la generación de extensos yacimientos de azufre, ya que las evaporitas funcionan como sello estableciendo una trampa estratigráfica en la zona de cambios de facies (Facies Arrecifales a Lagunares), favoreciendo con esto a zonas potencialmente importantes desde el punto de vista azufrero.

Finalmente, es importante señalar que Egeomesa (op. cit. - - 1983) construyó planos de evaluación azufrera, que deben tomarse con ciertas reservas, dado que esta empresa dedicó un corto tiempo para el desarrollo del estudio, mismo que debe complementarse con un mayor abundamiento, que permita resultados más objetivos y satisfactorios. Para una mayor comprensión acerca de estos planos se hace un breve comentario de cada formación sobre su potencial azufrero, como posibles productoras.

#### VI.5.1. Formación Acatita.

Albiano Inferior Tardío-Albiano Superior Temprano.

Facies Lagunar Interna

Esta formación cuenta con un alto contenido de yeso, alcanzando espesores hasta de 1000m, por tanto (Egeomesa op. cit.) piensa que desde el punto de vista económico-azufrero tiene gran importancia.

También se cree que el área de estudio tiene posibilidades, a todo lo largo de la Sierra La Campana y los valles que la limitan al poniente y al oriente (plano 8).

Esta zona se encuentra cercana al borde occidental de la -- Plataforma de Coahuila, por lo que se considera que tal vez los hidrocarburos generados en la Cuenca de Chihuahua estuvieron en contacto con los sulfatos de esta unidad y en consecuencia la zona es muy favorable para la acumulación de yacimientos de azufre, además de estar afectada por las fallas sintéticas de primer orden -- de los sistemas 4 y 5 y por la falla antitética primaria del sistema 2.

Ahora bien, para el valle situado al oriente de la Sierra La Campana se infiere que esta formación se encuentra inmediatamente debajo de las rocas yesíferas de la Formación Treviño, a una profundidad comprendida entre 200 y 500m, similar a la de la Sierra La Campana (secciones 3 a 6); por otro lado, en el valle que está al poniente de esta sierra se piensa que, dado su comportamiento estructural, es posible que todavía se encuentren las rocas arcillosas de la Formación Indidura, que actúan como roca sello y protegen al yacimiento; esto sería muy favorable, siempre y cuando la -- profundidad no rebase el límite económicamente explotable.

#### VI.5.2. Formación Treviño.

Albiano Superior Tardío-Cenomaniano Superior Temprano.

Facies evaporíticas.

Aunque importante, las posibilidades de esta unidad son inferiores a las de la Formación Acatita, ya que la cantidad de evaporitas es menor y se encuentran a otro nivel estratigráfico, afectándole numerosas fallas de transurrencia (sistema 2 y 4).

Como se mencionó en la descripción de la Formación Acatita, en el valle que se localiza al poniente de la Sierra La Campana - debe aún existir la roca sello y con esto se tendría una zona con posibilidades de contener yacimientos potentes económicos, también para esta unidad en sus facies yesíferas.

Por lo que respecta a la Sierra La Campana, se observaron numerosas manifestaciones de azufre asociadas a las fallas de transurrencia, lo que permite pensar que posiblemente existan más manifestaciones, pero debido al nivel estratigráfico en el que se encuentra y la litología que presenta, los posibles yacimientos de - azufre sean de pequeñas dimensiones, ya que en general los cuerpos de yeso son relativamente escasos y ocasionalmente son de gran tamaño.

## CAPITULO VII.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### VII.1. Conclusiones

##### VII.1.1. Estratigráficas.

- La Formación Acatita tiene una edad Albiano Inferior Tardío-Albiano Superior Temprano y está constituida esencialmente por una secuencia de yesos.
- La Formación Treviño, de edad Albiano Superior Tardío-Cenomaniano Superior Temprano, es la más ampliamente distribuida en la zona de estudio, presenta numerosos cambios de facies y llega a alcanzar hasta 700m de espesor.
- La Formación Indidura, de edad Cenomaniano Superior Tardío-Turoniano, aparece sólo en áreas vecinas a la zona de estudio y presenta sedimentos de ambiente de tipo mixto.
- La clasificación que se empleó para construir los planos de litofacies se apoyó en la de Wilson (1974) para las rocas carbonatadas.
- Con el fin de integrar toda la información de campo y de gabinete se construyeron planos de paleoambiente y litofacies.

- De acuerdo con las litofacies que presenta la Formación Acatita fue asignada a un ambiente lagunar interno.
- Los paleoambientes que se lograron diferenciar en la Formación Treviño son los siguientes: Plataforma abierta, plataforma restringida, plataforma evaporítica, cuenca intraplatafórmica y montículos arrecifales.
- De acuerdo a su edad, los paleoambientes del inciso anterior se dividieron en dos partes, uno Cenomaniano, Porción Inferior y el otro Cenomaniano, Porción Superior.

#### VII.1.2. Tectónicas.

- Se confirmaron las fallas de transcurrancia asociadas a otras -- del mismo tipo, propuestas por otros autores, como son los lineamientos de Caltam y Texas.
- Estas fallas produjeron un fuerte fracturamiento y fallamiento, así como un plegamiento incipiente.
- Se lograron identificar 3 sistemas de fallas antitéticas primarias y 3 sistemas de fallas sintéticas primarias en la zona de estudio (figura 13).
- El modelo tectónico propuesto por Wilcox et. al. (1973) fue el -

más adecuado para el fin propuesto, por tal motivo, Egeomesa - -  
construyó el plano intitulado "Principales sistemas conjugados -  
de fallas de transurrencia de échelon" (figura 13).

- Los movimientos relativos de estas fallas se determinaron en ba  
se a la orientación que presentan los pliegues en échelon y a -  
su traza de falla primaria.

#### VII.1.3. Del potencial azufrero.

- En la zona de estudio se lograron mapear 15 manifestaciones de  
azufre nativo.
- La unidad estratigráfica que contiene las manifestaciones de --  
azufre es la Formación Treviño en sus facies evaporítica, por -  
lo que no deja de ser atractiva la Formación Acatita en su fa--  
cies lagunar interna, que la subyace.
- Las manifestaciones de azufre son más numerosas hacia los bor--  
des de la Plataforma de Coahuila.
- Los depósitos de azufre aquí observados tuvieron un origen de  
tipo bioepigenético.
- Las manifestaciones de azufre están estrechamente asociadas a  
los sistemas de fallas de transurrencia.

- El azufre en general se encuentra en forma de pequeñas diseminaciones dentro de las calizas y dolomías, pero en algunas ocasiones son de mayores dimensiones y se encuentran en forma irregular dentro de las lentes de yeso.
- Son seis los factores que controlan la formación de azufre según diversos autores:
  1. Presencia de sulfatos
  2. Depósitos petrolíferos cercanos
  3. Zonas de fracturamiento y fallamiento o zonas permeables
  4. Agentes capaces de oxidar el ácido sulfhídrico
  5. Rocas impermeables que impidan la fuga del ácido sulfhídrico.
  6. Trampas estructuras o estratigráficas.
- No todos son factores dentro del área de trabajo son potencialmente favorables para generar y acumular yacimientos de azufre de importancia económica, ya que los factores 2 y 4 no están muy claros. Por otro lado el 5 quizás sea favorable, debido a la presencia de la facies arcillosa de la Formación Indidura, siempre y cuando la generación de azufre se haya llevado a cabo antes de que la erosión interviniera.
- Las regiones en las que todavía no se ha erosionado la Formación Indidura, como al poniente de la Sierra La Campana, puede tener grandes posibilidades de contener yacimientos de azufre. Sin embargo, hay que considerar la profundidad a la que se encuentra la Formación Acatita que podría reducirlas. Además de que el método más utilizado en México para su explotación en el "Frash" y no se cuenta con agua suficiente en la región.

## VII.2. Recomendaciones.

- De acuerdo con el comportamiento estructural observado, se considera que en el subsuelo al poniente de la Sierra La Campana, existen cientos de metros de yesos de la Formación Acatita, en donde tal vez se puedan descubrir yacimientos de azufre económicamente importantes. Por lo tanto se recomienda hacer una serie de sondeos eléctricos, para conocer las diferencias en resistividades entre las rocas de las formaciones Treviño y Acatita, ya que la primera presenta una secuencia de dolomías y calizas dolomitizadas predominantes, con lentes de yeso y manifestaciones de azufre distribuidas sin un orden aparente y la última está constituida esencialmente por yesos. Con este estudio se aclararía el comportamiento estructural del valle, evidencia que también se recomienda apoyar con información estratigráfica del subsuelo, efectuando perforaciones de exploración con muestreo.
  
- Como algunos autores postulan que los límites de la plataforma de Coahuila con la Cuenca de Chihuahua están tectonizados, sería conveniente hacer estudios gravimétricos para confirmar tal aseveración, puesto que si las rocas de facies de cuenca se encuentran sobre las rocas evaporíticas mesozoicas de la plataforma, el contraste de densidades lo detectaría inmediatamente (posible cabalgamiento de las rocas de cuenca sobre las rocas de la Plataforma de Coahuila).

- Como se espera que en los límites de la Plataforma de Coahuila se encuentren grandes yacimientos de azufre, ya que los hidrocarburos del Jurásico Superior de la Cuenca de Chihuahua migraron hacia los bordes de la Plataforma creando con esto una trampa mixta provocada por los problemas tectónicos y estratigráficos, se infiere que los hidrocarburos se pusieron en contacto con los sulfatos generando una zona muy importante de yacimientos de azufre, de ahí la importancia de conocer el comportamiento hidrológico subterráneo de la región. Por tanto, se recomienda consultar la información hidrológica y geológica de las diferentes fuentes, como son I.N.C.E.I. (antes DETENAL), Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Consejo de Recursos Minerales, Instituto de Geología y Petróleos Mexicanos, etc., con el fin de construir secciones hidrológicas que muestren el comportamiento hidrodinámico. Además, se recomienda efectuar trabajos de geología superficial con el objeto de localizar los límites de la plataforma con la cuenca y aclarar las relaciones estructurales que guardan entre ellas (si son normales y están tectonizadas). Así también, se trataría de reconocer las interdigitaciones de las rocas yesíferas y calcáreas de facies de plataforma, con las clásticas y calcáreas de la cuenca.
- Se recomienda realizar un estudio hidrogeoquímico en todos los pozos existentes y de los manantiales en la zona del borde de la plataforma, para conocer los sulfuros disueltos y las regiones con alto contenido de azufre.

- También se recomienda efectuar un estudio de isótopos de azufre, ya que con esto se conocería si en realidad el azufre es biogénico o ígneo.
- Se debe hacer un estudio del grado de alteración termal para la Formación Sardinias (Sierra Las Delicias), así como también conocer la etapa de generación en que se encuentra, pues es una unidad con alto contenido de materia orgánica, favorable a la generación de hidrocarburos.
- Por último es recomendable hacer un estudio de los diferentes métodos de extracción de azufre, puesto que no hay gran cantidad de agua para utilizar el método "Frash".

B I B L I O G R A F I A

- Atwater, T., 1971.- Implications of plate tectonics for the Cenozoic Tectonic evolution of western North America. Geol. Soc. of American Bulletin LXXXI, 3513.
- Aubon, J., 1977.- En informe inédito, Prospecto Aramberri, N.L. - Archivo Exploración, Petróleos Mexicanos.
- Barragán, H.A. y Tejero, R.J. 1978.- Análisis Geológico Estratigráfico de la porción Oriental del Anticlinorio de Parras, -- Edo. de Coahuila. Tesis Profesional, Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.
- Billings, M., 1954.- Structural Geology. Prentice Hall, Inc.
- Böse, E., 1921.- On the Permian of Coahuila, Northern Mexico. Am. Jour. Sci. 5th Ser. Vol. 1 (1921). p.p. 187-194.
- Böse, E., 1923.- Vestiges of an ancient continent in Northeast -- Mexico. Am. Jour. Sci. 5th Ser Vol. 6 (1923).
- Bridges L.W., 1965.- Estudios Geológicos en el Estado de Chihuahua Parte 1. Geología del Area Plomosas, Chih. Inst. de Geol. UNAM, Bol. 74.
- Burrows, R.H., 1910.- Geology of Northern Mexico. Soc. Geol. Mex. Bol. 7 (1910).
- Damon, 1981.- Informe inédito en Prospecto Aramberri, N.L. Archivo de Exploración, Petróleos Mexicanos.
- Davis, J.B. y Kirkland, D.W., 1970.- Native Sulfur Deposition in the Castile Formation, Culberson Country, Texas. Eco. Geology Vol. 65 pags. 107-121.
- De Cserna Z. 1963.- Estudio Geológico de los Estados de Durango y San Luis Potosí, México. Inst. de Geol. UNAM. Bol.
- Dewey y Bird, 1970.- Mountain belts and the new global tectonics Journal of Geophysical Research LXXV, 2625.

- Delgado, G.H., 1983.- Estudio Geológico Minero de la zona de las Playas, Chih. Tesis Profesional Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Dietz, S.R., 1972.- Geosinclinales, Montañas y formación de Continentes. Deriva Continental. Selecciones de Scientific American.
- Dickinson, W.R., 1975.- Tectónica de las Placas y Cadenas Montañas. El redescubrimiento de la Tierra, Consejo Nacional de -- Ciencia y Tecnología.
- Estudios Geológicos de México, 1983.- Estudio Geológico de Semideltado de los Proyectos Tlahualilo y Ampliación Tlahualilo Edos. de Coahuila y Durango. 4 Tomos. inédito.
- Flawn, P.T., Goldstein, A. Jr., King, P.B. y Weaver, C.E., 1961.- The Ouachita System. Texas. Univ. Pub. 6120 (1961).
- Garza, R., 1972.- Estratigrafía de las Formaciones del Albiano-Cenomaniano del Prospecto Parras. Informe inédito NE-M-1283, Archivo Exploración, Petróleos Mexicanos.
- Garza, G.R. 1973.- Modelo Sedimentario del Albiano-Cenomaniano en la porción sureste de la Plataforma de Coahuila (Prospecto Parras, Estado de Coah.). Bol. Asoc. Mex. Geol. Petr. Vol. XXV Nos. 7-9, págs. 311-340.
- González, G.R., 1976.- Bosquejo Geológico de la zona Noreste. Boletín de la A.M.G.P., Vol. XXVIII Nos. 1 y 2.
- Grover, E.M., 1956.- Relationships of Paleozoic Structures to large anomalies of Coast element of Eastern North America. -- Gulf. Coast. Assoc. of Geol. Soc. San Antonio, Texas. Vol. 6 p.p. 13-24.
- Haarmann, E., 1913.- Geologische Streifzüge in Coahuila. Deutsche Geol. Gesell. Zeitschr 65 Monatsb.
- Hollister, V.F., 1977.- Potential for the occurrence of sedimentary sulphur deposits in Northeastern British Columbia. C.I.M. Bull V. 70 No. 777, p.p. 106-108.

- Humphrey, W.E. 1956.- Tectonic Framework of Northeastrn México.  
Gulf Coast Assoc. Geol. Socs. Trans. Vol. 6.
- Imlay, R.W., 1936.- Geology of the Western part of the Sierra de  
Parras Geol. Soc. Am., Bull. Vol. 47.
- Ivanof, M.V., 1968.- Microbiological processes in the genesis of  
native sulfur deposits. Israel program. for Scientific. - --  
Translations Cat. No. 1850, U.S. Dept. Commerce 298.
- Kay, Marshall, 1951.- North American Geosinclines. Geol. Soc. Am.  
Memoir No. 48.
- Kelium, L.B., Imlay, R.W., y Kane, W.G., 1936.- Relation of struc-  
ture, stratigraphy and igneous activity to an early Continen-  
tal Margin. Geol. Soc. America Bull. B. 47.
- King, 1926.- En Leyva, 1977.
- King, R.E., et. al., 1944.- Geology and Paleontology of the Per-  
mian area Northwest of las Delicias, Coahuila, México. Geol.-  
Soc. Am. Special Paper 52.
- Leyva, U.S., 1971.- Prospecto Thahualilo-Zaragoza, Edo. de Coahuila.  
Informe inédito No. NE-M-1236 Archivo Gerencia de Explora-  
ción, Petróleos Mexicanos.
- Leyva, U.S., y Vergara, S.M., 1977.- Informe Geológico inédito --  
NE-M-1475 del Prospecto Delicias-Acatita, Estado de Coahuila.  
Archivo de Exploración, Petróleos Mexicanos
- López Ramos, E., 1962.- Comentarios sobre la Tectónica de México.  
Asoc. Mex. Geol. Petróleos Bol. V. 14 Nos. 9 y 10 p.p. 215--  
225.
- Moody, J.D. y Hill., M.J. 1956.- Wrech- Facult Tectonics. Geol. -  
Soc. Ame. Bull V. 67. p.p. 1207-1248.
- Ojeda, D.E., 1983.- Geología de los depósitos de carbonato de so-  
dio en el Lago Salino de Palomas Mpio. de Ascensión, Chih. --  
Tesis Profesional Facultad de Ingeniería. UNAM.

- Otero, S.N., 1968.- Breve información sobre los reconocimientos geológicos de la ocurrencia de azufre en sierras cercanas a la Ciudad de Torreón, Coah., México. C.R.N.N.R. SIGMA-CRM TI 050027.
- Paredes, T., Apuntes para la geología de la región lagunera de Tlahualilo. Boletín de la Soc. Geol. Mex. Tomo IV.37.
- Pawloski, S., Pawloska, K., y Balesaw, K., 1978.- The Geology and origin of the Polish Sulfur deposits. AIME Pre Print No. 78 - H-77 Denver Mtg. Feb.
- Protsenko, V.A., 1974.- Structural and lithofacies controls of sulfur ore mineralization in the Vodinskii ore deposit. Genetic Methods. for locating and strudyng Sources of mineral raw materials (in Russian), Nedra, Moscow.
- Quintero y Aranda.- Relaciones estructurales entre los sobrecorrimientos del Anticlinorio de Arteaga. Tesis Profesional. Facultad de Ingeniería.- UNAM.
- Raisz, E., 1959.- Map of Landforms of México Laboratories Erwin - Raisz, Cambridge, Mass.
- Ruckmick, J.C., Wimberly, B.H., y Edwards, A.F., 1979.- Clasificación and genesis of biogenic sulfur deposits. Econ. Geology - V. 74, p.p. 469-474.
- Sales, J.K., 1968.- Crustal Mechanics of Cordilleran foreland deformation a regional and Scale-Model approach. Am. Assoc. Petroleum Geology Bull. V. 52 p.p. 2016-2044.
- Smith, A.R., 1980.- Sulfur deposits in ocho an rocks of the gypsum Plain, southeastern New Mexico and West Texas. New Mex. - Geol. Soc. Guidebook 31 st Fielz Conference, Trans. Pecos Region.
- S.P.P., 1983.- Síntesis Geográfica de Coahuila. Secretaría de Programación y Presupuesto, Instituto Nacional de Estadística, - Geografía e Informática Direcc. Gral. de Geografía.

- Tardy, M., 1972.- Informe sobre la estratigrafía de la Sierra Madre Oriental en el Sector Transversal de Parras, Coahuila: - Distinción de las Series Coahuilenses y Parrense. Soc. Geol. Mex. Bol. 33-2.
- Tardy, M., Longoria, J.F., Martínez, R.J., Nitre, S.L., Patiño, - A.M., Padilla, R., 1975.- Observaciones generales sobre la -- Sierra Madre Oriental, La aloctonía del conjunto cadena Alta-Aptiano Central, entre Torreón, Coah. y San Luis Potosí, - -- S.L.P., México. Revista del Instituto de Geología 1975, UNAM.
- Tovar, R.J., 1981.- Provincias con posibilidades petroleras en el Distrito Chihuahua. Asoc. Mex. de Geo. Petroleros. Volumen - - XXXIII No. 1 pág. 25-52.
- UNAM. 1981.- Informe de las Prácticas de Geología de Campo Avanzada en la Compañía Exploradora del Istmo Texistepec Edo. de Veracruz. Inédito. Facultad de Ingeniería.
- UNAM, 1981.- Informe de las Prácticas de Geología de Campo Avanzada en la Compañía Azufrera Panamericana, Coahuila Edo. de Ver. Inédito. Facultad de Ingeniería.
- UNAM. 1972.- Estudio Geológico del Prospecto Parras-Viesca. Informe inédito. Facultad de Ingeniería. División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.
- Urrutia F. J., 1980.- Paleomagnetic evidence for tectonic rotation of the Cordilleran Orogenic Belt between Nevada and - - Chihuahua. Economic Geology V. 9, p.p. 178-183.
- Villareal, R.L., 1953.- Informe de la visita efectuada al yacimiento de azufre "La Esperanza" situado en la Sierra del - - Clarín, Edo. de Coah. Consejo de Recursos Minerales no Renovables, SIGMA-CRM-TI-050040.
- Walper, J.L., 1964.- Basement control in the Structural Evolution of Southern Oklahoma. Preprint for symposium on basement influence on basin structure and stratigraphy. Am. Assoc. Petro

leum Geologist Am. Mtg. 1964, Toronto, Canada.

Walper, J.L., 1970.- Wrench Faulting in the Mid-Continent. Oklahoma City Geol. Soc. Shale Shaker, V. 21 No. 2, p.p. 32-40.

Walper, J.L., y Rowett, C.L., 1972.- Plate Tectonics and the - - origin of the Caribbean Sea and the Gulf of Mexico. Geol. -- Soc. Am. Vol. 90 p.p. 111-116.

Wegener, A., 1912.- The origin of Continents and Oceans. Methuen, London.

Weidie, A.E., Wolleben, J.A., y Mc Bride, E.T., 1972.- Late - -- Cretaceous depositional Systems in Northeasters Mexico. - -- Transaction - Fulf Coast Association Geological Societies, Vol. XXII, 1972.

Wilson, J.L., 1974.- Characteristics of Carbonate Plataform Margins. Ame. Assoc. of Petrol. Geologist. Bulletin, V. 58, - - No. 5, p.p. 810-824.

Wilcox, E.R., Harding, T.P., Seely, D.R., 1973.- Basic Wrench -- Tectonics. Am. Ass. Pet. Geol. Bull. V. 57 No. 1.

A N E X O 1

ESTUDIOS PALEONTOLOGICOS Y PETROGRAFICOS  
ESTUDIOS PALEONTOLOGICOS

Preámbulo

Los estudios paleontológicos que a continuación se mencionan fueron realizados por el Dr. Mario Trejo H. Esta información se utilizó en el texto final del estudio realizado por Estudios Geológicos de México S.A. de C.V. para Azufrera Panamericana, S.A. en los Proyectos Tlahualilo y Ampliación Tlahualilo, Estados de Coahuila y Durango.

Este trabajo verifica las edades de las rocas colectadas, y por lo tanto es una valiosa ayuda que complementa las observaciones de campo y sitúa a las rocas tanto estructural como estratigráficamente.

Criterios utilizados por el Dr. Trejo para las determinaciones.

- 1o. Se da una relación de fósiles con sus alcances estratigráficos tal como se conocen en la literatura citada. No obstante, debe mencionarse que algunas de las edades determinadas antes resultan de la aplicación de nuevos criterios aún inéditos y de otros en proceso de afinación y, por consiguiente

te, en ambos casos, poco difundidos.

20. En otros casos se utilizan grupos o sucesiones de grupos de microfósiles para restringir los alcances estratigráficos - de algunas especies.
30. También ayuda a restringir un alcance determinado la ausencia de microfósiles de edades bien conocidas en las muestras problema, más antiguas o más jóvenes que la sugerida, puesto que en dichas muestras existen microfósiles de rango estratigráfico amplio que comprenden la edad especificada.
40. Las facies de plataforma se determinan por la presencia de - moluscos, equinodermos, corales, esponjas, braquiópodos, foraminíferos bentónicos, algas calcáreas o terrígenos y microfacies detríticas.
50. Las facies de cuenca se determinan por la presencia de microfósiles planctónicos y la ausencia de los restos indicados - en el inciso 40. así como de terrígenos microfacies detríticas.
60. Los fósiles determinados en el presente estudio son los siguientes:

|   |                                |
|---|--------------------------------|
| <u>Geodites</u> <u>sp</u>               | Aptiano Superior - Cenomaniano |
| <u>Galcisphaerula</u> <u>innominata</u> | Albiano Medio - Maestrichtiano |
| <u>Pithonela</u> <u>ovalis</u>          | Albiano Medio - Maestrichtiano |
| <u>P. Trejoi</u> *                      | Albiano Superior - Turoniano   |
| <u>Bonetocardiella</u> <u>conoidea</u>  | Albiano Superior - Cenomaniano |
| <u>Nummoloculina</u> <u>heimi</u>       | Albiano Superior - Cenomaniano |
| <u>Dicyclina</u> <u>Schlumbergeri</u>   | Albiano Superior - Cenomaniano |
| <u>Barkerina</u> <u>barkerensis</u> *   | Albiano - Cenomaniano          |
| <u>Pseudedomia</u> <u>viallii</u>       | Cenomaniano                    |
| <u>Favusella</u> <u>scitula</u> *       | Albiano Superior - Cenomaniano |

\* Estos microfósiles no se encuentran en las muestras colectadas - de las 4 secciones de este informe. Sin embargo Egeomesa si los -- tiene reportados en su trabajo de detalle en la Sierra La Campana.

70. Las formas evolutivamente más primitivas sugieren edades más antiguas dentro del intervalo general del grupo. Los heterohelícidos pequeños se encuentran desde el Albiano Superior y los rotálidos pequeños desde el Cenomaniano.

#### DATOS:

AHA-3-2 "Sección 3". Micrita color crema, con restos de moluscos y equinodermos, globigerináceos, pequeños heterohelícidos, foraminíferos arenáceos, C. innominata, P. ovalis muy escasas.

AHA-3-11. Calcarenita biógena color crema, con matriz grumosa a re

cristalizada; restos de moluscos (principalmente gasterópodos) --  
Nummuloculina heimi y otros miliólidos indeterminados.

AHA-3-48 Micrita color café crema, con restos de moluscos y equinodermos, globigerináceos, pequeños heterohelícidos, foraminíferos arenáceos, C. innominata, P. ovalis y Bentocardiella conoidea.

AHA-3-56 Dolomita color gris muy claro. Sin fósiles.

RMZ-4-12 "Sección 4", Micrita color café crema con abundantes restos de moluscos y equinodermos ¿Pithonella ovalis? y pequeños rotálicos. Microfósiles muy escasos y mal conservados.

RMZ-4-17 Calcirudita biógena color crema rosado, con matriz micrítica y elementos constituidos por restos de moluscos pelécipodos (rudistas) y escasos gasterópodos, restos de equinodermos, espículas de Geodites sp. (reniformes y triaxonas).

RMZ-4-27 Calcirudita biógena color café grisáceo, con matriz grumosa y elementos constituidos principalmente por restos de moluscos (rudistas) escasos equinodermos, espículas de esponjas (Geodites - sp.) y muy escasas dasicladáceas.

RMZ-4-30 Calcirudita biógena color gris claro, con matriz grumosa, restos de equinodermos y abundantes restos de pelécipodos (rudistas y otros). Sin fósiles característicos.

RMZ-4-31 Caliza grumosa con numerosos restos de equinodermos y moluscos escasos, Calcisphaerula innomita, P. ovalis, pequeños heterohelícidos, rotálidos y textuláridos. Microfósiles muy escasos.

RMZ-4-36. Micrita color café crema, con abundantísimos restos biocalcáreos de moluscos, equinodermos, esponjas y escasas algas calcáreas (dasicladáceas). Sin fósiles característicos.

RMZ-4-39. Calcarenita biógena con matriz grumosa y elementos constituidos principalmente por algas calcáreas dasicladáceas, escasos moluscos y equinodermos. Sin microfósiles característicos.

RMZ-4-41 Micrita de grano medio con abundantes restos de moluscos, equinodermos y escasos ostrácodos. C. innominata, pequeños rotálidos y algunos textuláridos. Microfósiles muy escasos.

RMZ-5-1 "Sección 5". Calcirudita biógena color crema, con matriz grumosa, con numerosas cavidades de disolución. Restos de rudistas y escasos equinodermos. Dicyclina schlumbergeri numerosas y miliólidos escasos e indeterminables.

RMZ-5-24 Calcarenita con matriz grumosa y granos micríticos bien redondeados. Restos de equinodermos, moluscos y ostrácodos, N. heimi, Quinqueloculina sp.

RMZ-5-36 Micrita, en partes calcarenita color crema, con muy abundantes clásticos biocalcáreos de moluscos, escasos restos de equinodermos, muy escasas dasicladáceas, N. heimi y muy escasas D. -- schlumbergeri y Pseudedomia viallii.

RMZ-5-39 Calcarenita biógena color crema claro, con escasa matriz grumosa y granos constituidos por Nummuloculina heimi principalmente y escasas Coskinolina sunnilandensis, Cuneolina sp., miliólidos indeterminados y algas dasicladáceas.

RMZ-5-46 Calcarenita color crema con granos y matriz micríticos, - restos de gasterópodos, ostrácodos, algas dasicladáceas, N. heimi, Quinqueloculina sp. y otros miliólidos indeterminados.

RESUMEN.- Las muestras estudiadas corresponden a las siguientes edades y facies (Número del colector).

Aptiano Superior - Cenomaniano, facies de plataforma: 4-27

Albiano Superior - Albiano Medio, facies de plataforma: 4-17.

Albiano Superior - Cenomaniano, facies de plataforma: 5-39, 5-1 -- 5-46, 5-24, 3-11.

Albiano Superior - Cenomaniano, facies de cuenca somera: 3-48

Albiano - Maestrichtiano, facies de plataforma: 4-30, 4-12

Cenomaniano facies de plataforma: 3-2, 4-31, 4-41, 5-36.

Edad indeterminada, facies de plataforma: 4-36, 4-39.

Edad y facies indeterminadas: 3-56

B I B L I O G R A F I A

(Para el apéndice Paleontológico)

Azema, J. et. al. 1979. "Las microfacies del Jurásico y Cretácico de las zonas externas de las Cordilleras Béticas". Universidad de Granada, España.

Hamaoui M. 1973. "Barkerina et formes voisines (foraminifères)" Bull. Centre de Recherches de Pau. Fr. 7 (2): 337-359.

\_\_\_\_\_ et. al. 1973. "Revision des Rhaphydionininae (Alveolinidae, Foraminifera)". Bull. Centre de Recherches de Pau. Fr. 7 (2): 361-435.

O'Neil P. y H. Waite. 1973. "The pelagic foraminiferal successions in Peragrina ( La Presa ) Canyon, Tamaulipas México". Shell Oil Co. Ser. Mem. /H.O. Explor. 73-1.

Ornelas m. 1978. "Globigerináceos del Aptiano-Albiano en sección delgada no orientada. Proyecto C-3030, Explor. I.M.P. (inédito).

Pessagno A.E. 1967. "Upper Cretaceous Planktonic Foraminifera from the Western Gulf Coastal Plain". Paleont. Amer. V (37): -- 245-441.

Postuma J.A. 1971. "Manual of Planktonic Foraminifera". - -  
Royal Dutch / Sell Group, La Haya, Holanda.

Trejo M. y L. Bautista. 1977. "Estudio Bioestratigráfico del  
Cretácico Inferior y Jurásico Superior del Noreste de México. Pro-  
yecto C-3021, Explor. I.M.P. (inédito).

Trejo M. 1983. "Tres notas paleontológicas" Rev. Soc. Geol.  
Mex. en prensa.

F I G U R A S

- Figs. 1 y 2 Nummuloculina heimi. Albiano Superior-Cenomaniano, facies de Plataforma.
- Figs. 3 y 4 Dicyclina schlumbergeri - Albiano Superior-Cenomaniano, facies de plataforma.
- Fig. 5. Pithonella ovalis a la derecha y Calcisphaerula innotinata a la izquierda, facies de Cuenca somera.
- Figs. 6 y 8 Microfacies de calcisferúlidos, facies de cuenca somera.
- Fig. 7 Bonetocardiella conoidea. Cenomaniano, facies de cuenca SOMERA.
- Fig. 9 Barkerina cf. B. barkerensis Cenomaniano, facies de cuenca somera.
- Fig. 10. Pseudedomia viallii.- Cenomaniano, facies de Plataforma.
- Fig. 11 Microfacies de dasicladáceas (ángulo inferior derecho) y Geodites sp. (indicados con flechas en el ángulo superior izquierdo).



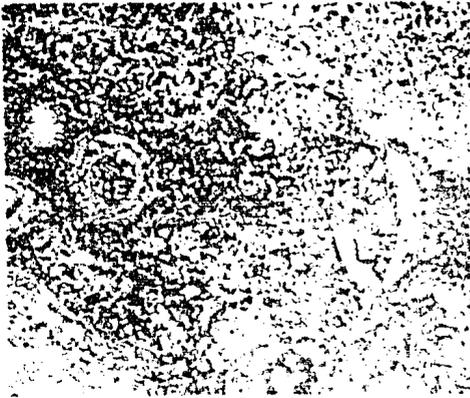
2



3



4



5



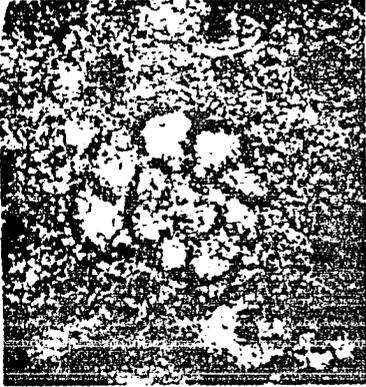
6



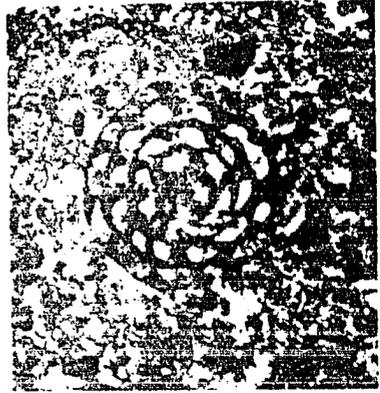
7



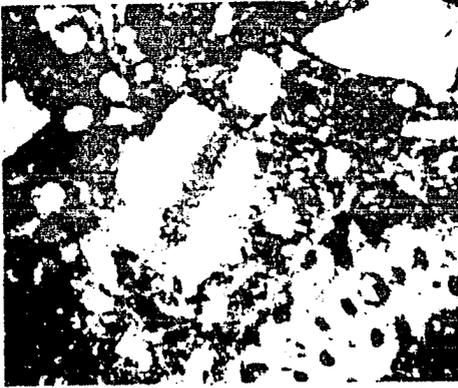
8



9



10



11

A N E X O 2

ESTUDIOS PETROGRAFICOS

Preámbulo

Los estudios petrográficos que a continuación se muestran, fueron realizados por el Ing. Germán Arriaga García del Consejo de Recursos Minerales. Esta información se utilizó para el mismo fin que los estudios Paleontológicos.

Este trabajo verifica las descripciones litológicas de las rocas realizadas en campo y es una valiosa ayuda para determinar los ambientes en las que fueron depositadas.

E S T U D I O      P E T R O G R A F I C O      1

I.- DATOS GENERALES

- 1.- Muestra No. RMZ-4-23-83- F. Acatita
- 2.- Localidad: Tlahualilo

II.- ASPECTO MEGASCOPICO

- 1.- Color: pardo con partes rojizas
- 2.- Estructura: compacta
- 3.- Textura: cristalina, brechoide

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO

- 1.- Textura: microcristalina, psefftica
- 2.- Mineralogfa: calcita  
                  minerales arcillosos  
                  hematita  
                  limonita  
                  (fragmentos calcáreos)  
                  dolomita
- 3.- Relaciones entre minerales.

La roca está formada esencialmente por un agregado muy abundante de fragmentos bastante angulosos de rocas calcáreas de variadas textura micrfíticas y espáticas, en ocasiones con abundantes óxidos de fierro diseminados (hematita y limolita). Asimismo, en las rocas micrfíticas se encuentran abundantes minerales arcillosos (pertenecientes probablemente al grupo de la illita).

Los constituyentes anteriores se presentan cementados por un agregado de cristales anhedrales de calcita (espatita), con diseminaciones de minerales arcillosos (illita).

La dolomita se encuentra en cristales euhedrales y subhedrales diseminados en el agregado espático del cementante

de la roca.

IV.- CLASIFICACION

Brecha calcárea

V.- ORIGEN

Sedimentario

VI.- NOTAS

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico,
- 2.- La roca se depositó en medios ambientes epicontinentales con un fuerte retrabajo de rocas calcáreas. No - - existe aporte importante de terrígenos.

E S T U D I O   P E T R O G R A F I C O   2

I.- DATOS GENERALES

- 1.- Muestra No. RMZ-4-24-83    F. Acatita
- 2.- Localidad: Tlahualilo

II.- ASPECTO MEGASCOPICO

- 1.- Color: pardo claro
- 2.- Estructura: compacta vesicular
- 3.- Textura: arenosa

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO

- 1.- Textura: cristalina, psammítica
- 2.- Mineralogía: calcita  
                  minerales arcillo  
                  hematita  
                  limolita  
                  dolomita
- 3.- Relaciones entre minerales.

La roca se encuentra formada esencialmente por un -  
agregado muy abundante de fragmentos bastante bien re-  
dondados de microoristales muy finos de calcita (mi-  
crita) con intercalaciones de minerales arcilloso (pro-  
bablemente pertenecientes al grupo de illita). A estos  
fragmentos se les ha designado el nombre de pellas - -  
(pellets).

Los fragmentos calcáreos mencionados se encuentran  
cementados por un agregado de finos cristales de calci-  
ta (espatita) con diseminaciones de escasos cristales  
cuadrados de dolomita.

La hematita y la limonita se presentan en finos - -

cristales dispersos (probablemente alteración de magnetita) en los agregados de pellas y espáticos. En ocasiones, se encuentran en agregados de finos cristales anhedrales.

IV.- CLASIFICACION

Calcarenita (grainstone)

V.- ORIGEN

Sedimentario

VI.- NOTAS

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico.
- 2.- La roca se depositó en áreas de plataforma epicontinental con la acumulación de fragmentos calcáreos; esta roca se presenta con aporte de terrígenos, con una dolomitización incipiente (sindiagenético).

E S T U D I O   P E T R O G R A F I C O   3

I.- DATOS GENERALES

- 1.- Muestra No.: 4-31-83      F. Acatita
- 2.- Localidad: Tlahualilo

II.- ASPECTO MEGASCOPICO

- 1.- Color: pardo claro
- 2.- Estructura: compacta
- 3.- Textura: cristalina fina

III.-ESTUDIO MICROSCOPICO

- 1.- Textura: microcristalina
- 2.- Mineralogía:      calcita  
                         minerales arcillosos  
                         fragmentos de roca  
                         cuarzo  
                         hematita  
                         limonita
- 3.- Relaciones entre minerales.

La roca está formada esencialmente por un agregado muy - - abundante de microcristales de calcita (micrita) con diseminaciones de minerales arcillosos (pertenecientes probablemente al grupo de la illita). En el agregado micrítico se presentan algunos conjuntos de cristales anedrales de calcita (espatita)

Los fragmentos de fósiles son bastante abundantes, se presentan tanto en variedades de microfósiles como algunos macrofósiles dispersos en toda la roca.

El cuarzo ocurre en finos microcristales anedrales diseminados, con una extinción recta. Este mineral es probablemente de origen autógeno,

La hematita y la limonita se presentan en pequeña cantidad, en agregados de microcristales anedrales diseminados.

IV.- CLASIFICACION

Calcilutita fosilífera (biomicrita)

V.- ORIGEN

Sedimentario

VI.- NOTA

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico.
- 2.- La roca se depositó en una plataforma de tipo epicontinental en medios ambientes bastante tranquilos, sin aporte - sensible de terrígenos.

E S T U D I O   P E T R O G R A F I C O   4

I.- DATOS GENERALES

- 1.- Muestra No.: RME 4-38-83    F. Acatita
- 2.- Localidad: Tlahualilo

II.- ASPECTO MEGASCOPICO

- 1.- Color: pardo claro
- 2.- Estructura: compacta
- 3.- Textura: cristalina

III.-ESTUDIO MICROSCOPICO

- 1.- Textura: microcristalina
- 2.- Mineralogía: calcita  
                  minerales arcillosos  
                  hematita  
                  limonita  
                  fósiles  
                  cuarzo
- 3.- Relaciones entre minerales.

La roca está formada esencialmente por un agregado muy - - abundante de microcristales de calcita (micrita) con diseminaciones de minerales arcillosos (probablemente pertenecientes al grupo de la illita). En la roca abundan los agregados dispersos de cristales anedrales de calcita (espatita).

Los fósiles presentes son bastante escasos; se presentan - sobre todo en sus variedades microscópicas formadas por calcita (espatita).

La espatita se presenta en ocasiones, en formas globulosas con inclusiones de finos cristales anedrales de cuarzo (probablemente de origen autígeno).

La hematita y la limonita se presentan en finos agregados de microcristales diseminados en toda la roca.

#### IV.- CLASIFICACION

Calcilitita con fósiles (wackestone con fósiles)

#### V.- ORIGEN

Sedimentario

#### VI.- NOTAS

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico.
- 2.- La roca se depositó en una plataforma de tipo epicontinental, en medios ambientes bastante tranquilos. No se presenta ningún aporte de terrígenos.

E S T U D I O   P E T R O G R A F I C O   5

I.- DATOS GENERALES

- 1.- Muestra No.: RMZ 4-39-83      F. Acatita
- 2.- Localidad: Tlahualilo

II.- ASPECTO MEGASCOPICO

- 1.- Color: pardo claro
- 2.- Estructura: compacta
- 3.- Textura: cristalina

III.-ESTUDIO MICROSCOPICO

- 1.- Textura: cristalina
- 2.- Mineralogía: calcita  
                  minerales arcillosos  
                  fragmentos de fósiles  
                  hematita  
                  limonita
- 3.- Relaciones entre minerales

La roca está constituida esencialmente por un agregado bastante abundante de microcristales muy finos de calcita (micrita) con intercalaciones de minerales arcillosos (pertenecientes probablemente al grupo de la illita) con diseminaciones de cristales anedrales de calcita (espatita) bastante escasos.

La hematita y la limonita se presentan en finos agregados de microcristales anedrales bastante escasos diseminados en el agregado micrítico de la roca.

La roca se caracteriza por ausencia de clásticos.

IV.- CLASIFICACION

Calcilutita fosilífera (biomicrita)

V.- ORIGEN

Sedimentario

VI.- NOTAS

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico.
- 2.- La roca se depositó en medios ambientes epicontinentales, en mares bastante tranquilos. No presenta aporte de terrígenos.

ESTUDIO PETROGRAFICO 6

I.- DATOS GENERALES

- 1.- Muestra No.: RMZ 4-41-83 F. Acatita
- 2.- Localidad: Tlahualilo

II.- ASPECTO MEGASCOPICO

- 1.- Color: pardo amarillento claro
- 2.- Estructura: compacta
- 3.- Textura: cristalina

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO

- 1.- Textura: microcristalina
- 2.- Mineralogía: calcita  
minerales arcillosos  
fósiles  
hematita  
limonita  
cuarzo
- 3.- Relaciones entre minerales.

La roca está constituida esencialmente por un agregado muy abundante de finos microcristales de calcita (micrita) con intercalaciones de minerales arcillosos (probablemente pertenecientes al grupo de la illita).

Los fósiles se presentan en abundantes fragmentos microscópicos diseminados formados por agregados de calcita (espátita).

La espátita se presenta en abundantes agregados anedrales diseminados y alojados en escasas vetillas.

La hematita y la limonita se presentan en agregados muy finos, diseminados en el material calcáreo, en ocasiones como alteraciones de magnetita.

IV.- CLASIFICACION

Calcilutita fosilífera (biomicrita).

V.- ORIGEN

Sedimentario

VI.- NOTAS

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico.
- 2.- La roca se depositó en una zona de plataforma epicontinental en mares con un medio ambiente bastante tranquilo. No presenta aporte de terrígenos.

E S T U D I O   P E T R O G R A F I C O   7

I.- DATOS GENERALES

- 1.- Muestra No.: RMZ- 5-16-83      F. Treviño
- 2.- Localidad: Tlahualilo

II.- ASPECTO MEGASCOPICO

- 1.- Color: pardo claro
- 2.- Estructura: compacta
- 3.- Textura: cristalina

III.-ESTUDIO MICROSCOPICO

- 1.- Textura: microcristalina
- 2.- Mineralogía: calcita  
                  minerales arcillosos  
                  cuarzo  
                  hematita  
                  sericita
- 3.- Relaciones entre minerales.

La roca está constituida esencialmente por un agregado muy abundante de microcristales de calcita (micrita) con intercalaciones de minerales arcillosos (probablemente pertenecientes al grupo de la illita). Asimismo, la calcita se presenta en agregados de cristales anedrales diseminados (espatita) en el agregado micrítico.

El cuarzo ocurre en cristales anedrales, relleno de escasos intersticios en el agregado calcáreo. Este mineral ocurre con extinción ligeramente ondulante y probablemente proviene de procesos autigénicos.

La sericita ocurre en finos microcristales diseminados en el agregado micrítico de la roca.

La hematita y la limonita se presentan en agregados escasos de finos microcristales anedrales diseminados en la micrita.

IV.- CLASIFICACION

Calcilutita (Wackestone)

V.- ORIGEN

Sedimentario

VI.- NOTAS

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico.
- 2.- La roca se depositó en un medio ambiente de plataforma -- epicontinental sin aporte de terrígenos. Los procesos diagenéticos son fuertes de tal forma que origina una textura bastante espática.

E S T U D I O   P E T R O G R A F I C O   8

I.- DATOS GENERALES

- 1.- Muestra No.: RMZ 5-17-83 F. Acatita
- 2.- Localidad: Tlahualilo

II.- ASPECTO MEGASCOPICO

- 1.- Color: pardo claro
- 2.- Estructura: compacta
- 3.- Textura: arenosa

III.-ESTUDIO MICROSCOPICO

- 1.- Textura: cristalina
- 2.- Mineralogfa: calcita  
                  minerales arcillosos  
                  dolomita  
                  hematita  
                  limonita
- 3.- Relaciones entre minerales.

La roca se encuentra constituida esencialmente por un agregado bastante abundante de microcristales muy finos - de calcita (micrita) con intercalaciones de minerales arcillosos (probablemente pertenecientes al grupo de la illita) en la roca se presentan escasas zonas formadas por agregados de cristales de calcita (espatita) con reemplazamientos de cristales euedrales de dolomita bastante abundantes.

La hematita y la limonita se encuentran presentes en finos microcristales y agregados diseminados en las zonas micrficas principalmente. En ocasiones provienen alteraciones de finos microcristales de magnetita.

En la roca no ocurren clásticos visibles.

IV.- CLASIFICACION

Caliza dolomitizada

V.- ORIGEN

Sedimentario

VI.- NOTAS

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico.
- 2.- La roca se depositó en una plataforma epicontinental con un aporte prácticamente nulo de terrígenos. Los procesos dolomíticos son de tipo sindiagenético.

E S T U D I O   P E T R O G R A F I C O   9

I.- DATOS GENERALES

- 1.- Muestra No.: RMZ      5-17A-83      F. Acatita
- 2.- Localidad: Tlahualilo

II.- ASPECTO MEGASCOPICO

- 1.- Color: pardo claro
- 2.- Estructura: compacta
- 3.- Textura: cristalina fina

III.-ESTUDIO MICROSCOPICO

- 1.- Textura: cristalina
- 2.- Mineralogía: calcita  
dolomita  
minerales arcillosos  
hematita  
limonita  
magnetita
- 3.- Relaciones entre minerales

La roca está constituida por un agregado de cristales subedrales y anedrales de calcita (espatita) con escasas intercalaciones de minerales arcillosos (probablemente -- pertenecientes al grupo de la illita). En el agregado mencionado se presenta un reemplazamiento por abundantes -- cristales euedrales de dolomita.

La hematita y la limonita están presentes en escasos agregados muy finos de microcristales subedrales diseminados en toda la roca.

Existen algunos microcristales muy finos de magnetita subedrales y anedrales escasamente diseminada en toda la roca.

IV.- CLASIFICACION

Caliza dolomitizada

V.- ORIGEN

Sedimentario

VI.- NOTAS

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico.
- 2.- La roca pertenece a un depósito de mares epicontinentales, con una dolomitización de tipo sindiagenético. No se presentan terrígenos.

E S T U D I O   P E T R O G R A F I C O   10

I.- DATOS GENERALES

- 1.- Muestra No.: RMZ    5-22-83            F. Acatita
- 2.- Localidad: Tlahualilo

II.- ASPECTO MEGASCOPICO

- 1.- Color: pardo claro
- 2.- Estructura: compacta
- 3.- Textura: arenosa

III.-ESTUDIO MICROSCOPICO

- 1.- Textura: cristalina
- 2.- Mineralogfa: calcita  
                  minerales arcillosos  
                  hematita  
                  limonita  
                  sericita  
                  (magnetita)
- 3.- Relaciones entre minerales.

La roca está constituida esencialmente por un agregado muy abundante de cristales subedrales y anedrales de calcita con diseminaciones bastante abundantes de minerales arcillosos (pertenecientes probablemente al grupo de la illita); en ocasiones se presentan en agregados diseminados.

La hematita y la limonita se encuentran en abundantes agregados microcristalinos anedrales diseminados; también se presentan como alteraciones de finos microcristales de magnetita (martita).

La sericita ocurre en microcristales bastante abundantes dispersos en el agregado espático de la roca.

IV.- CLASIFICACION

Calizas espática (grainstone).

V.- ORIGEN

Sedimentario

VI.- NOTAS

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico.
- 2.- La roca se depositó en medios ambientes epicontinentales. La roca estuvo sujeta a un diagenetismo asociado a la espátita.

ESTUDIO PETROGRAFICO 11

I.- DATOS GENERALES

- 1.- Muestra No.: RMZ 5-23-83 F. Acatita
- 2.- Localidad: Tlahualilo

II.- ASPECTO MEGASCOPICO

- 1.- Color: pardo claro
- 2.- Estructura: compacta
- 3.- Textura: cristalina

III.-ESTUDIO MICROSCOPICO

- 1.- Textura: microcristalina
- 2.- Mineralogía: calcita  
minerales arcillosos  
dolomita  
magnetita  
hematita  
limonita
- 3.- Relaciones entre minerales.

La roca está constituida esencialmente por un agregado de cristales anedrales de calcita fuertemente reemplazados por agregados de cristales de contornos subedrales de dolomita; también ocurren en aislados cristales euedrales (rombos) incluidos en los agregados de espatita.

Los minerales arcillosos se presentan en agregados dispersos (pertenecen probablemente al grupo de la illita).

La magnetita está presente en finos microcristales - diseminados en toda la roca; particularmente en las zonas espáticas.

La hematita y la limonita se encuentran en finos agregados anedrales en ocasiones subedrales (martita) dispersos en toda la roca.

IV.- CLASIFICACION

Caliza espáfrica dolomitizada

v.- origen

Sedimentario

VI.- NOTAS

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico.
- 2.- La roca se depositó en medios ambientes epicontinentales. Los fenómenos de dolomitización y espatización ocurren durante el diagenetismo de la roca.

E S T U D I O   P E T R O G R A F I C O      12

I.- DATOS GENERALES

- 1.- Muestra No.: RMZ-5-24-83      F. Acatita
- 2.- Localidad: Tlahualilo

II.- ASPECTO MEGASCOPICO

- 1.- Color: pardo
- 2.- Estructura: compacta
- 3.- Textura: cristalina

III.-ESTUDIO MICROSCOPICO

- 1.- Textura: microcristalina, psammítica
- 2.- Mineralogía: calcita  
                  minerales arcillosos  
                  fragmentos de fósiles  
                  hematita  
                  limonita  
                  (pellas)
- 3.- Relaciones entre minerales.

La roca está formada esencialmente por un agregado de finos microcristales (micrita) asociados en pequeños fragmentos bastante bien redondeados sin estructura especial interna (pellas), incluidos en un agregado de cristales subedrales y anedrales de calcita (espatita). Los minerales arcillosos (pertenecientes probablemente al grupo de la illita) se encuentran dispersos tanto en las áreas micríticas como espáticas.

Entre los fragmentos micríticos (pellas) se encuentran diseminados abundantes restos de microfósiles constituidos igualmente por agregados de calcita (espatita).

La hematita y la limonita están presentes en finos microcristales anedrales a menudo en agregados diseminados

en toda la roca.

IV.- CLASIFICACION

Calcarenita fosilifera (grainstone)

V.- ORIGEN

Sedimentario

VI.- NOTAS.

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico.
- 2.- La roca se formó en medios ambientes epicontinentales con una cierta mineralización de los materiales calcáreos.

ESTUDIO PETROGRAFICO 13

I.- DATOS GENERALES

- 1.- Muestra No.: RMZ -5-25-83 F. Acatita
- 2.- Localidad: Tlahualilo

II.- ASPECTO MEGASCOPICO

- 1.- Color: pardo
- 2.- Estructura: compacta
- 3.- Textura: cristalina

III.- ESTUDIO MICROSCOPICO

- 1.- Textura: microcristalina
- 2.- Mineralogía: calcita  
minerales arcillosos  
hematita  
limonita  
dolomita
- 3.- Relaciones entre minerales

La roca está formada esencialmente por un agregado -- muy abundante de finos microcristales de calcita (micrita) con intercalaciones de minerales arcillosos (pertenecientes probablemente al grupo de la illita). Dentro del conjunto mencionado, se encuentran cristales anedrales y agregados de cristales en ocasiones subedrales de calcita (espatita) diseminados en pequeña cantidad.

La hematita y la limonita ocurren en agregados de finos microcristales dispersos en pequeña cantidad en la roca.

La dolomita está presente en finos y aislados cristales euedrales y subedrales sustituyendo en parte a los materiales originales de la roca en una porción incipiente.

IV.- CLASIFICACION

Calcilutita (Wackstone)

V.- ORIGEN

Sedimentario

vi.- NOTAS

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrotrográfico.
- 2.- La roca se depositó en ambientes epicontinentales en un medio bastante tranquilo. Durante los procesos diagenéticos se origina la dolomita y la espatita.

ESTUDIO PETROGRAFICO 14

I.- DATOS GENERALES

- 1.- Muestra No.: RMZ-5-26-83 F. Acatita
- 2.- Localidad: Tlahualilo

II. ESTUDIO MEGASCOPICO

- 1.- Color: claro
- 2.- Estructura:
- 3.- Textura: arenosa

III.-ESTUDIO MICROSCOPICO

- 1.- Textura: microcristalina
- 2.- Mineralogía: calcita  
dolomita  
minerales arcillosos  
hematita  
limonita
- 3.- Relaciones entre minerales.

La roca está formada esencialmente por un agregado de cristales anedrales de calcita, sustituidos en una gran proporción por un agregado de cristales subedrales de dolomita; ocasionalmente se encuentran en cristales --uedrales incluidos en la espatita.

Los minerales arcillosos (pertenecientes probablemente al grupo de la illita) se presentan dispersos en el -- agregado espático de la roca; a menudo relleno inters--ticios, en agregados que varían de micro a criptocrista--lino.

La hematita y la limonita ocurren en agregados muy finos de cristales, anedrales diseminados en la zona espáti--ca de la roca.

IV.- CLASIFICACION

Caliza de dolomítica

V.- ORIGEN

Sedimentario

VI.- NOTAS

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico.
- 2.- La roca se depositó en medios ambientes epicontinentales. Se presenta un reemplazamiento metasomático de tipo sin-diagenético.

E S T U D I O   P E T R O G R A F I C O   15

I.- DATOS GENERALES

- 1.- Muestra No.: RMZ-5-27-83      F. Acatita
- 2.- Localidad: Tlahualilo

II.- ASPECTO MEGASCOPICO

- 1.- Color: pardo claro
- 2.- Estructura: compacta
- 3.- Textura: arenosa

III.-ESTUDIO MICROSCOPICO

- 1.- Textura: cristalina
- 2.- Mineralogía: dolomita  
                  calcita  
                  minerales arcillosos  
                  hematita  
                  limonita  
                  cuarzo
- 3.- Relaciones entre minerales.

La roca está formada esencialmente por un agregado -- muy abundante de cristales euedrales y agregados cristalinos de contornos subedrales de dolomita. Este mineral proviene de la sustitución de la calcita.

Originalmente la roca estuvo formada esencialmente -- por un agregado de cristales anedrales de calcita (espatita) con diseminaciones de minerales arcillosos (pertenecientes probablemente al grupo de la illita).

La hematita y limonita se encuentran en agregados de microcristales totalmente anedrales a menudo con extinción ondulante; este mineral es de probable origen autigeno.

IV.- CLASIFICACION

Dolomita

V.- ORIGEN

Sedimentario

VI.- NOTAS

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico.
- 2.- La roca se depositó en medios ambientes epicontinentales con una fuerte alteración magnesiana de tipo sindiagenético.

E S T U D I O   P E T R O G R A F I C O   16

I.- DATOS GENERALES

- 1.- Muestra No.: AHA-6-4-83      F. Treviño
- 2.- Localidad: Tlahualilo

II.- ASPECTO MEGASCOPICO

- 1.- Color: pardo
- 2.- Estructura: compacta
- 3.- Textura: cristalina

III.-ESTUDIO MICROSCOPICO

- 1.- Textura: cristalina
- 2.- Mineralogía: calcita  
                  minerales arcillosos  
                  fósiles  
                  hematita  
                  limonita
- 3.- Relaciones entre minerales.

La roca está formada esencialmente por un agregado -- muy abundante de microcristales bastante finos de calcita (micrita) con intercalaciones de minerales arcillosos -- (probablemente pertenecientes al grupo de la illita) con disseminaciones de hematita y limonita en agregados de microcristales muy finos, anedrales, relleno de intersticios en el agregado micrítico de la roca.

La calcita, en cristales anedrales y subedrales (espática), se presenta en pequeña cantidad y relleno de algunas vetillas y en agregados disseminados.

Los fósiles ocurren en fragmentos de microorganismos constituidos por agregados de cristales de calcita (espática).

IV.- CLASIFICACION

Calcilutita fosilifera (biomicrita)

V.- ORIGEN

Sedimentario

VI.- NOTAS

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico.
- 2.- La roca se depositó en medios ambientes epicontinentales, con aguas relativamente tranquilas y sin aporte notable de terrígenos.

E S T U D I O   P E T R O G R A F I C O   17

I.- DATOS GENERALES

- 1.- Muestra No.: AHA-6-9-83      F. Acatita
- 2.- Localidad: Tlahualilo

II.- ASPECTO MEGASCOPICO

- 1.- Color: blanca en partes pardas
- 2.- Estructura: compacta
- 3.- Textura: cristalina

III.-ESTUDIO MICROSCOPICO

- 1.- Textura: microcristalina
- 2.- Mineralogfa: calcita  
                  minerales arcillosos  
                  dolomita  
                  hematita  
                  limonita
- 3.- Relaciones entre minerales.

La roca está formada esencialmente por un agregado de grandes cristales de calcita (espatita) con diseminaciones de minerales arcillosos (probablemente pertenecientes al grupo de la illita).

El agregado mencionado se encuentra fuertemente reemplazado por un conjunto de cristales euedrales de dolomita. Estos cristales se presentan en agregados masivos y en aislados cristales euedrales, como inclusiones en la espatita.

La hematita y la limonita se encuentran en escasos -- agregados anedrales intercalados en toda la roca.

IV.- CLASIFICACION

Caliza dolomitizada

V.- ORIGEN

Sedimentario

VI.- NOTAS

- 1.- Ejemplar estudiado en lámina delgada al microscopio petrográfico.
- 2.- La roca se depositó en medios ambientes epicontinentales con procesos sindiagenéticos que originan la dolomitización de la roca.

**A N E X O 3**  
**TABLAS PETROLOGICAS**

DESCRIPCION PETROLOGICA DE LOS AFLORAMIENTOS

SECCION 3-3'

| MUESTRA  | LITOLOGIA |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | ESTRATIFICACION | EXPOSICION | DIRECCION | ESTRUC. | T.C. | REMARKS |
|----------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|-----------------|------------|-----------|---------|------|---------|
|          | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-1  |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-2  |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-3  |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-4  |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-5  |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-6  |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-7  |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-8  |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-9  |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-10 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-11 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-12 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-13 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-14 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-15 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-16 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-17 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-18 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-19 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-20 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-21 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-22 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-23 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-24 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-25 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-26 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-27 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-28 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-29 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-30 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-31 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-32 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-33 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-34 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-35 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |
| AHA-3-36 |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |            |           |         |      |         |

EXPLICACION

- COLETA
- ..... N
  - ..... U
  - ..... P
  - ..... J
  - ..... A
  - ..... I
  - ..... S
  - ..... Y
  - ..... A
  - ..... H
  - ..... I
- ROQUEZAS RELATIVAS
- ..... A
  - ..... B
  - ..... C
  - ..... D
  - ..... E
  - ..... F
  - ..... G
  - ..... H
  - ..... I
  - ..... J
  - ..... K
  - ..... L
  - ..... M
  - ..... N
  - ..... O
  - ..... P
  - ..... Q
  - ..... R
  - ..... S
  - ..... T
  - ..... U
  - ..... V
  - ..... W
  - ..... X
  - ..... Y
  - ..... Z
- ACCESORIOS
- ..... A
  - ..... B
  - ..... C
  - ..... D
  - ..... E
  - ..... F
  - ..... G
  - ..... H
  - ..... I
  - ..... J
  - ..... K
  - ..... L
  - ..... M
  - ..... N
  - ..... O
  - ..... P
  - ..... Q
  - ..... R
  - ..... S
  - ..... T
  - ..... U
  - ..... V
  - ..... W
  - ..... X
  - ..... Y
  - ..... Z
- UREZA
- ..... B
  - ..... A

U. N. A. B.  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
 CIENTIFICAS Y PEDIAGOGICAS  
 TABLA PETROLOGICA N.º 1  
 (MUESTRA AHA-3)







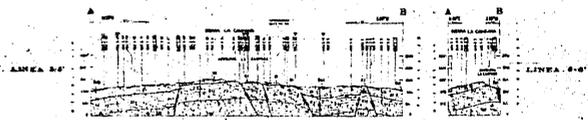
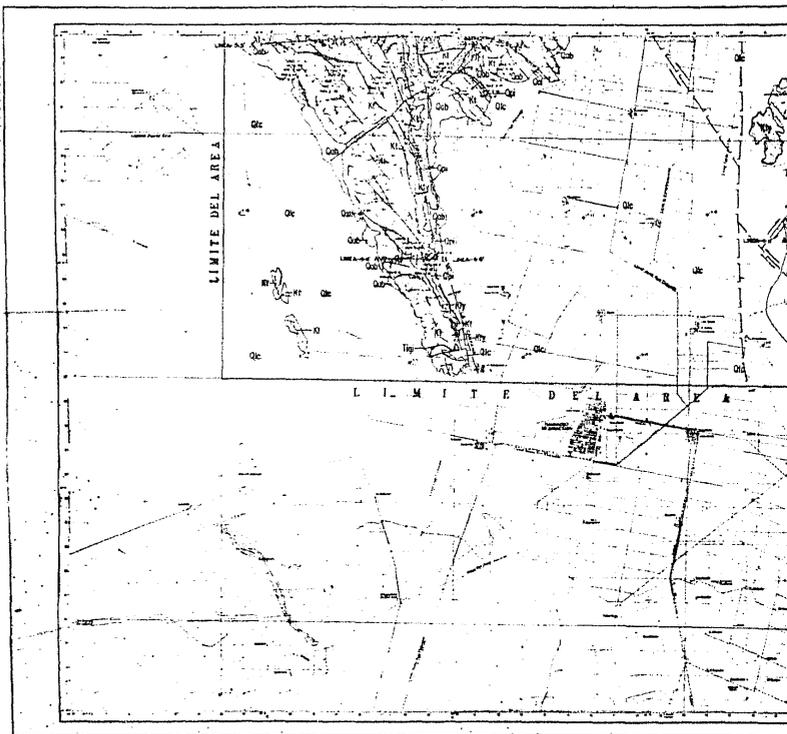




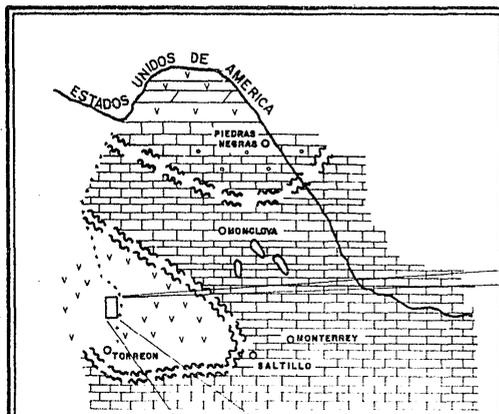




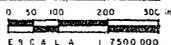








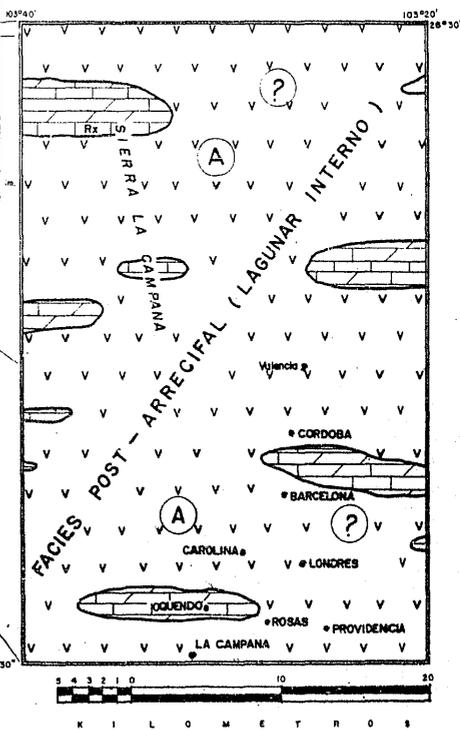
TOMADO DE J. A. ZWANZIGER, 1978



### LEYENDA

|                      |  |                  |  |
|----------------------|--|------------------|--|
| CALIZA DE PLATAFORMA |  | ARRECIFE         |  |
| ANHIDRITA            |  | CALIZA DE CUENCA |  |
| DOLOMITA             |  |                  |  |

## PALEOAMBIENTES Y LITOFACIES DEL ALBIANO



# L E Y E N D A

## SIMBOLOS LITOLÓGICOS

### SEDIMENTOS NO TERRIGENOS

-  WACKESTONE-PACKSTONE
-  YESO
- LENTE CALCAREO

### LITOFACIES A

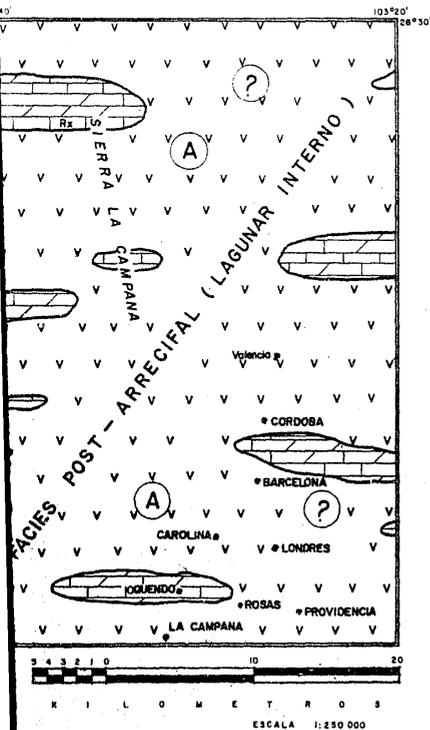
-  EVAPORITICA CON CARBONATOS DE CALCIO Y MAGNESO ASOCIADOS
-  DISTRIBUCION DUDOSA

### NOTAS:

- 1) ESTAS INTRAFACIES FUERON DETERMINADAS POR EGEOMESA EN BASE A LAS CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS ROCAS OBSERVADAS.
- 2) ESTAS LITOFACIES FUERON DETERMINADAS POR EGEOMESA EN BASE A LAS CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS ROCAS ESTUDIADAS.

TOMADO DE EGEOMESA, 1983.

## PALEOAMBIENTES Y LITOFACIES DEL ALBIANO



# TESIS PROFESIONAL

## PALEOAMBIENTES Y LITOFACIES DEL ALBIANO

PLANO No. 3

ESCALA:

1: 250 000

NOMBRE:

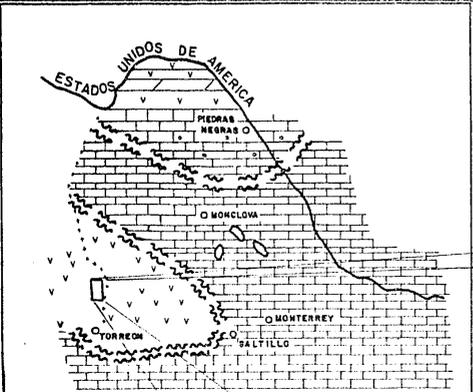
DEMETRIO M. SANTAMARIA O.

FECHA:

OCTUBRE 1983

| PALEOAMBIENTES Y LITOFACIES DEL CENOMANIANO PORCION INFERIOR |                      |                     |                                      |                |
|--|----------------------|---------------------|--------------------------------------|----------------|
| MUESTRA  | AMBIENTE DE DEPOSITO |                     | METODO DE DETERMINACION DEL AMBIENTE | LITOFACIES (2) |
|  | FACIES               | INTRAFACIES (1)     |                                      |                |
| RMZ-4-30   | PLATAFORMA           | POST-ARRECIFAL (PE) | PALEONTOLOGICO                       | A              |
| RMZ-10-58  | PLATAFORMA           | POST-ARRECIFAL (PE) | PALEONTOLOGICO                       | A              |
| CRB-1-63   | PLATAFORMA           | POST-ARRECIFAL (PE) | OBSERVACIONES DE CAMPO               | A              |
| SAR-1A-9   | PLATAFORMA           | POST-ARRECIFAL (PE) | PALEONTOLOGICO                       | A              |
| RMZ-2A-3   | PLATAFORMA           | POST-ARRECIFAL (PE) | PALEONTOLOGICO                       | A              |
| RMZ-2A-6   | PLATAFORMA           | POST-ARRECIFAL (PE) | PALEONTOLOGICO                       | A              |
| RMZ-2A-10  | CUENCA SOMERA        | POST-ARRECIFAL (PE) | PALEONTOLOGICO                       | A              |
| RMZ-2A-13  | PLATAFORMA           | POST-ARRECIFAL (PE) | PALEONTOLOGICO                       | A              |
| RMZ-3A-5   | PLATAFORMA           | POST-ARRECIFAL (PE) | PALEONTOLOGICO                       | A              |
| RMZ-4A-2   | PLATAFORMA           | POST-ARRECIFAL (PE) | PALEONTOLOGICO                       | A              |
| RMZ-5A-11  | PLATAFORMA           | POST-ARRECIFAL (PE) | PALEONTOLOGICO                       | A              |
| RMZ-7A-11  | PLATAFORMA           | POST-ARRECIFAL (PE) | PALEONTOLOGICO                       | A              |
| RMZ-10A-6  | PLATAFORMA           | POST-ARRECIFAL (PE) | PALEONTOLOGICO                       | A              |
| RMZ-14A-2  | PLATAFORMA           | POST-ARRECIFAL (PE) | PALEONTOLOGICO                       | A              |
| RMZ-15A-3  | PLATAFORMA           | POST-ARRECIFAL (PE) | PALEONTOLOGICO                       | A              |
| SAR-18A-4  | CUENCA SOMERA        | POST-ARRECIFAL (PE) | PALEONTOLOGICO                       | A              |

# PALEOAMBIENTES Y LITOFACIES DEL CENOMANIANO PORCION INFERIOR



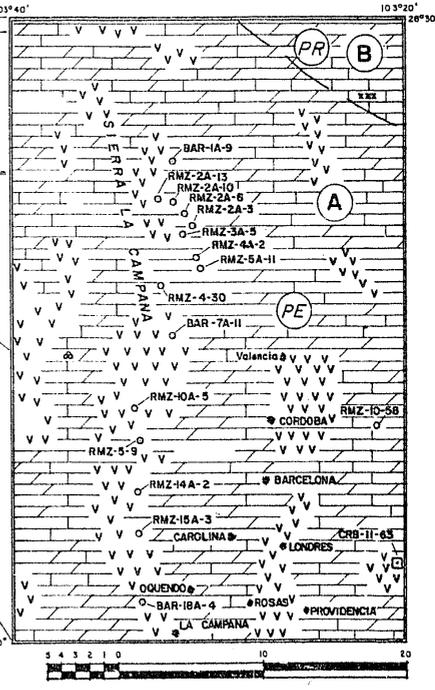
TOMADO DE JA ZWANZIGER, 1978

0 50 100 200 300 Km  
ESCALA 1:7.500.000

## LEYENDA

- CALIZA DE PLATAFORMA
- ANHIDRITA
- DOLOMITA
- ARRECIPE
- CALIZA DE CUENCA

- A** LITOFACIES A  
CARBONATADA DE CALCIO Y MAGNESIO CON SULFATO DE CALCIO ASOCIADO.
- B** LITOFACIES B  
CARBONATADA DE CALCIO Y MAGNESIO.



26°07'30"

5 4 3 2 1 0 10 20  
K I L O M E T R O S

ESCALA 1:250.000

TOMADO DE EGOEMESA, 1983

**PALEOAMBIENTES Y LITOFACIES  
DEL CENOMANIANO  
PORCIÓN INFERIOR**

**L E Y E N D A**

- BAR -1-59 PALEOAMBIENTE DETERMINADO POR METODOS PALEONTOLOGICOS.
- AHA-17-41 PALEOAMBIENTE DETERMINADO POR OBSERVACIONES DE CAMPO.
- LIMITES ENTRE LITOFACIES

**SIMBOLOS LITOLOGICOS**

**SEDIMENTOS NO TERRIGENOS**

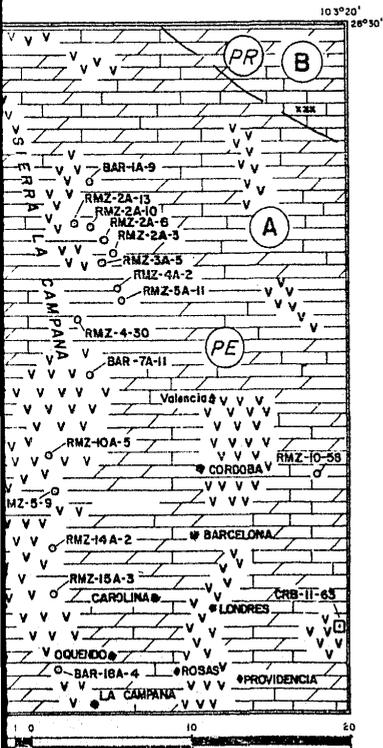
-  WACKSTONE - PACKSTONE
-  CALIZA DOLOMITICA
-  DOLOMIA
-  YESO

**ESTRUCTURAS ORGANICAS**

- ⬢ MILIDLIDO

**NOTAS:**

- 1) ESTAS INTRAFACIES FUERON DETERMINADAS POR EGOMESA EN BASE A LAS OBSERVACIONES DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS ROCAS OBSERVADAS Y LAS QUE SE CLASIFICARON DE ACUERDO A LA NOMENCLATURA DE WILSON, 1974.  
PE - FACIES DE PLATAFORMA EVAPORITICA  
PR - FACIES DE PLATAFORMA RESTRINGIDA  
PA - FACIES DE PLATAFORMA ABIERTA
- 2) ESTAS LITOFACIES FUERON DETERMINADAS POR EGOMESA EN BASE A LAS OBSERVACIONES DE LAS CARACTERISTICAS LITOLOGICAS DE LAS ROCAS. LA DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE ESTAS LITOFACIES ES ESQUEMATICA, YA QUE SOLO SE OBSERVARON EN LOS PUNTOS CITADOS Y NO SE TUVO UN CONTROL EXACTO DE SU COMPOSICION PORCENTUAL.
- 3) PARA ESTA LOCALIDAD EL AMBIENTE DETERMINADO VARIA DE PLATAFORMA ABIERTA A CUENCA SOMERA.
- 4) LAS MUESTRAS DE LOS PALEOAMBIENTES Y LITOFACIES DEL CENOMANIANO SE ANEXAN EN EL TEXTO PAG.



**TESIS PROFESIONAL**

**PALEOAMBIENTES Y LITOFACIES  
DEL CENOMANIANO  
PORCIÓN INFERIOR**

PLANO No.4

ESCALA :

1 : 250 000

NOMBRE :

DEMETRIO M. SANTAMARIA O.

FECHA :

OCTUBRE 1983

LOMETROS

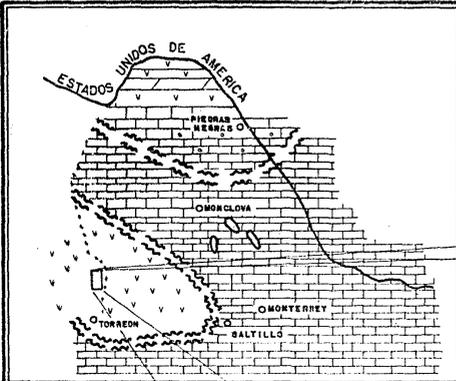
ESCALA 1: 250 000

TOMADO DE EGOMESA, 1983.

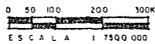
PALEOAMBIENTES Y LITOFACIES DEL CENOMANIANO PORCION SUPERIOR

| MUESTRA         | AMBIENTE DE DEPOSITO |                       | METODO DE DETERMINACION DEL AMBIENTE | LITOFACIES (2) |
|-----------------|----------------------|-----------------------|--------------------------------------|----------------|
|                 | FACIES               | INTRAFACIES (1)       |                                      |                |
| AHA - 3 - 2     | CUENCA MUY SOMERA    | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| AHA - 3 - 11    | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| RMZ - 4 - 12    | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| RMZ - 4 - 17    | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| RMZ - 4 - 27    | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| RMZ - 4 - 31    | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| RMZ - 4 - 41    | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| RMZ - 5 - 1     | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| RMZ - 5 - 38    | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| RMZ - 5 - 39    | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| RMZ - 5 - 46    | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| AHA - 3 - 48    | CUENCA MUY SOMERA    | POST - ARRECIFAL (CI) | PALEONTOLOGICO                       | D              |
| RMZ - 3A - 1    | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| RMZ - 4A - 9    | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| RMZ - 5A - 6    | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| BAR - 7A - 4    | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| RMZ - 8A - 4    | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| RMZ - 8A - 13   | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| RMZ - 10A - 1   | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| RMZ - 10A - 18  | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | OBSERVACIONES DE CAMPO               | C              |
| BAR - 11A - 1   | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| BAR - 11A - 7   | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| BAR - 11A - 14A | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| BAR - 12A - 3   | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| BAR - 12A - 14  | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| BAR - 13A - 4   | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| RMZ - 14A - 4   | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| RMZ - 17A - 2   | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| BAR - 19A - 3   | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| BAR - 20A - 6B  | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| RMZ - 2R - 10   | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| RMZ - 2R - 18   | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| RMZ - 2R - 31   | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| BAR - 1A - 2    | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (KR) | PALEONTOLOGICO                       | C              |
| BAR - 21A - 5   | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (PR) | PALEONTOLOGICO                       | B              |
| BAR - 21A - 11  | CUENCA SOMERA        | POST - ARRECIFAL (CI) | PALEONTOLOGICO                       | D              |
| BAR - 21A - 16  | CUENCA SOMERA        | POST - ARRECIFAL (CI) | PALEONTOLOGICO                       | D              |
| RMZ - 22A - 3   | CUENCA SOMERA        | POST - ARRECIFAL (CI) | PALEONTOLOGICO                       | D              |
| RMZ - 22A - 14  | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (CI) | PALEONTOLOGICO                       | D              |
| RMZ - 22A - 21  | CUENCA SOMERA        | POST - ARRECIFAL (CI) | PALEONTOLOGICO                       | D              |
| BAR - 1R - 14   | CUENCA SOMERA        | POST - ARRECIFAL (CI) | PALEONTOLOGICO                       | D              |
| BAR - 1R - 19   | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (CI) | PALEONTOLOGICO                       | D              |
| BAR - 1R - 29   | PLATAFORMA           | POST - ARRECIFAL (CI) | PALEONTOLOGICO                       | D              |

# PALEOAMBIENTES Y LITOFACIES DEL CENOMANIANO PORCION SUPERIOR



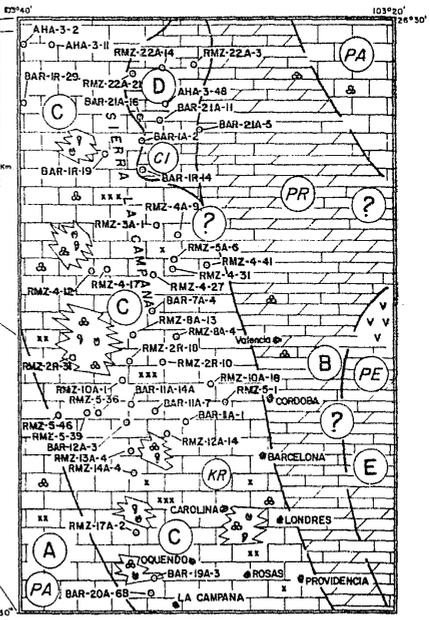
TOMADO DE J. A. ZWANZIGER, 1978



## LEYENDA

|                      |  |                  |  |
|----------------------|--|------------------|--|
| CALIZA DE PLATAFORMA |  | ARRECIFE         |  |
| ANHRDITA             |  | CALIZA DE CUENCA |  |
| DOLOMITA             |  |                  |  |

- A** LITOFACIES A  
CARBONATADA DE CALCIO
- B** LITOFACIES B  
CARBONATADA DE CALCIO Y MAGNESIO.
- C** LITOFACIES C  
CARBONATADA DE CALCIO CON ABUNDANTE MATERIA ORGANICA
- D** LITOFACIES D  
CARBONATADA DE CALCIO (Lodo calcareo)
- E** LITOFACIES E  
CARBONATADA DE CALCIO Y MAGNESIO CON SULFATO DE CALCIO ASOCIADO.
- ?** DISTRIBUCION DUDOSA



26°0'30"



ESCALA 1:250 000

TOMADO DE EGEONESA, 1983.

SIM

ES

NOTA

- 1) ESTU...
- LAS...
- OS...
- NO...
- PA...
- PR...
- KR...
- CI...
- PE...
- 2) EST...
- OS...
- LA...
- YA...
- UN...
- RO...
- 3) LAS...
- CEN...

TE

PLANO N

NOMBRE

# L E Y E N D A

BAR-1-09 PALEOAMBIENTE DETERMINADO POR METODOS PALEONTOLOGICOS.

LIMITES ENTRE LITOFACIES

## SIMBOLOS LITOLOGICOS SEDIMENTOS NO TERRIGENOS



CALIZA



WACKESTONE - PACKSTONE



CALIZA DOLOMITICA



DOLOMIA



YESO

## ESTRUCTURAS ORGANICAS



MILIOLIDO

CAPRINIDO

PARCHE ARRECIFAL

TOUCACIA

### NOTAS:

- 1) ESTAS INTRAFACIES FUERON DETERMINADAS POR EGEOMESA EN BASE A LAS OBSERVACIONES DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS ROCAS OBSERVADAS Y LAS QUE SE CLASIFICARON DE ACUERDO A LA NOMENCLATURA DE WILSON, 1974.  
 PA - FACIES DE PLATAFORMA ABIERTA  
 PR - FACIES DE PLATAFORMA RESTRINGIDA  
 KR - FACIES DE MONTICULOS ARRECIFALES  
 CI - FACIES DE CUENCA INTRAPLATAFORMICA  
 PE - FACIES DE EVAPORITICA
- 2) ESTAS LITOFACIES FUERON DETERMINADAS POR EGEOMESA EN BASE A LAS OBSERVACIONES DE LAS CARACTERISTICAS LITOLOGICAS DE LAS ROCAS. LA DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE ESTAS LITOFACIES ES ESQUEMATICA, YA QUE SOLO SE OBSERVO EN LOS PUNTOS CITADOS Y NO SE TUVO UN CONTROL EXACTO DE LA COMPOSICION PORCENTUAL DE LAS ROCAS EN LOS PUNTOS LOCALIZADOS EN ESTE PLANO.
- 3) LAS MUESTRAS DE LOS PALEOAMBIENTES Y LITOFACIES DEL CENOMANIANO SE ANEXAN EN EL TEXTO PAGS.

# TESIS PROFESIONAL

## PALEOAMBIENTES Y LITOFACIES DEL CENOMANIANO PORCION SUPERIOR

PLANO No. 5

ESCALA:

1:250 000

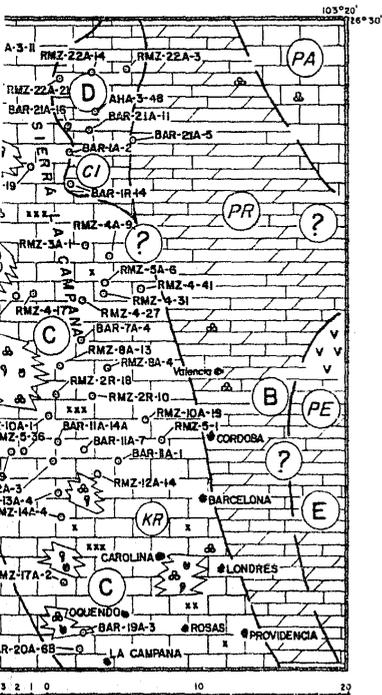
NOMBRE:

DEMETRIO M. SANTAMARIA O.

FECHA:

OCTUBRE 1983

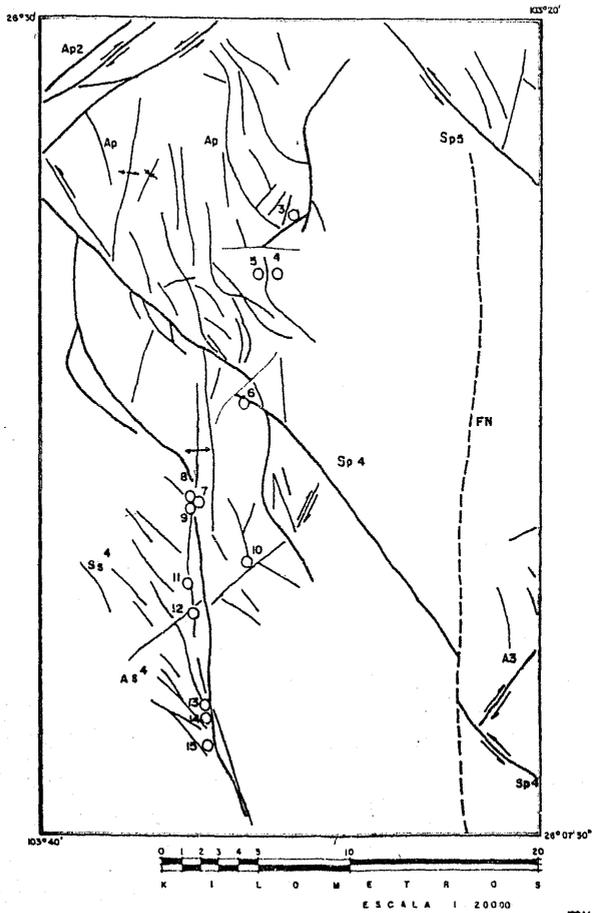
## EOAMBIENTES Y LITOFACIES DEL CENOMANIANO PORCION SUPERIOR



ESCALA 1:250 000

TOMADO DE EGEOMESA, 1903.

# PRINCIPALES SISTEMAS DE FALLAS DE TRANSCURRENCIA Y MANIFESTACIONES DE AZUFRE



TOMADO DE EGEOMESA, 1983

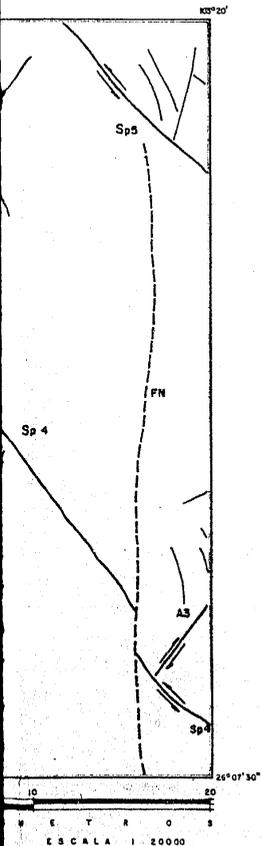
S DE FALLAS DE  
 MANIFESTACIONES DE AZUFRE

L E Y E N D A

MANIFESTACIONES DE AZUFRE O

FALLA NORMAL FN  
 FALLA NORMAL EN ECHELON FNE  
 SINTETICAS PRIMER ORDEN Sp4  
 SINTETICAS SEGUNDO Ss4  
 ANTITETICAS A  
 PLIEGES EN ECHELON  $\longleftrightarrow$   $\times$

- (1) WILCOX ET AL, 1973  
 (2) MOODY AND HILL, 1956  
 (3) SIMBOLOGIA DE DEBBLEE, 1968



TOMADO DE EGEOMESA, 1983

NOTAS:

LAS MANIFESTACIONES 1 Y 2 SE ENCUENTRAN FUERA DEL AREA DE ESTUDIO, EN LA PARTE NORTE DE LA SIERRA LA CAMPANA.

TESIS PROFESIONAL

PRINCIPALES SISTEMAS DE  
 FALLAS DE TRANSCURRENCIA Y  
 MANIFESTACIONES DE AZUFRE

PLANO No. 6

ESCALA:

1: 20000

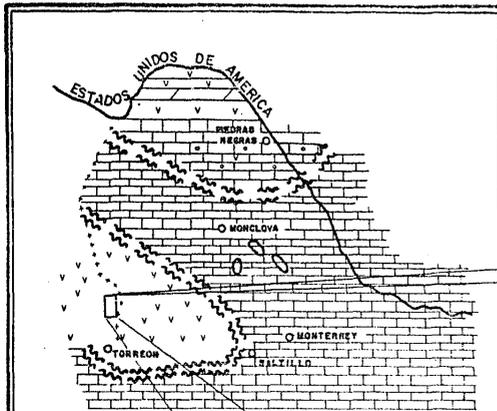
NOMBRE:

DEMETRIO M. SANTAMARIA O.

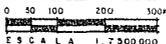
FECHA:

OCTUBRE 1983

# EVALUACION POTENCIAL - AZUFRERO

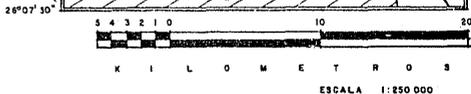
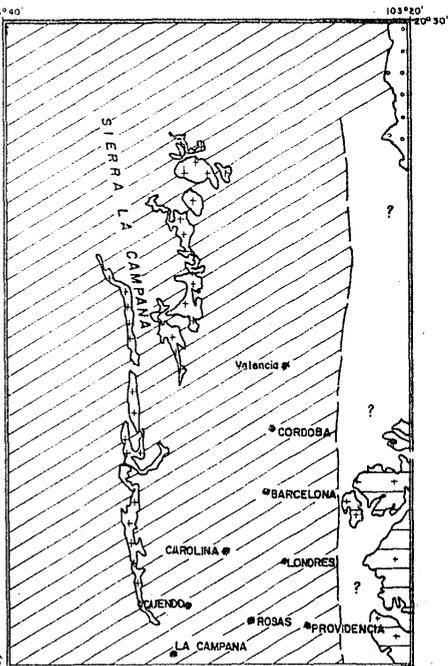


TOMADO DE J.A. ZWANZIGER, 1978

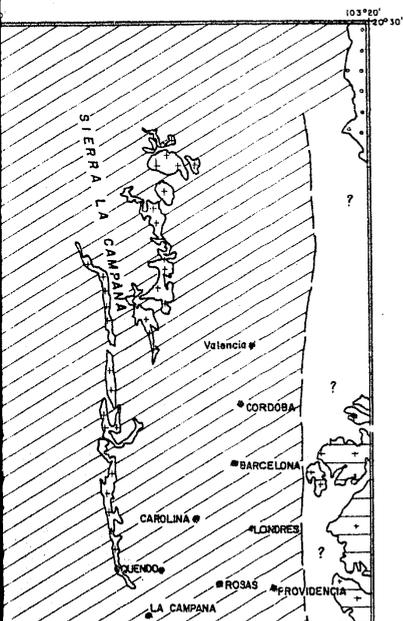


## L E Y E N D A

|                      |  |                  |  |
|----------------------|--|------------------|--|
| CALIZA DE PLATAFORMA |  | ARRECIFE         |  |
| ANHIDRITA            |  | CALIZA DE CUENCA |  |
| DOLOMITA             |  |                  |  |



EVALUACION  
POTENCIAL - AZUFRERO



L E Y E N D A

FORMACION ACATITA  
FACIES LAGUNAR INTERNA  
REGION CON ALTAS POSIBILIDADES



ZONA A



ZONA B

REGION DE BAJAS A NULAS POSIBILIDADES



ZONA C

FACIES LAGUNAR EXTERNA



ZONA DE AFLORAMIENTO DE  
LAS FACIES EVAPORITICA  
DE FORMACION TREVINO

NOTAS:

? ZONA DE CARACTERISTICAS INDEFINIDAS.  
!! LA EVALUACION ECONOMICA FUE DETERMINADA POR  
EGEDMESA EN BASE A LAS MANIFESTACIONES DE AZUFRE  
OBSERVADAS EN CAMPO.

TOMADO DE EGEDMESA, 1983

TESIS PROFESIONAL

EVALUACION POTENCIAL  
AZUFRERO DE LA FORMACION ACATITA  
(ALBIANO INFERIOR TARDIO - ALBIANO SUPERIOR TEMPRANO)

PLANO No. 7

ESCALA:

1: 250 000

NOMBRE:

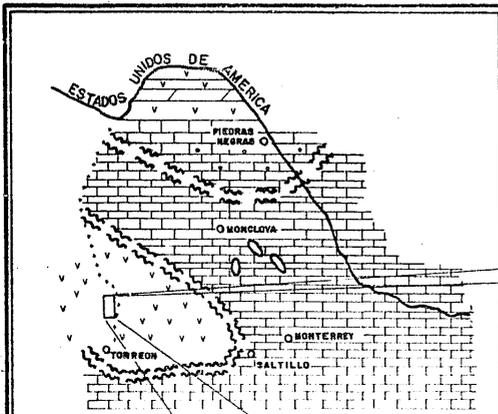
DEMETRIO M. SANTAMARIA O.

FECHA:

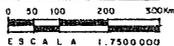
OCTUBRE 1983

ESCALA 1:250.000

# EVALUACION POTENCIAL - AZUFRERO

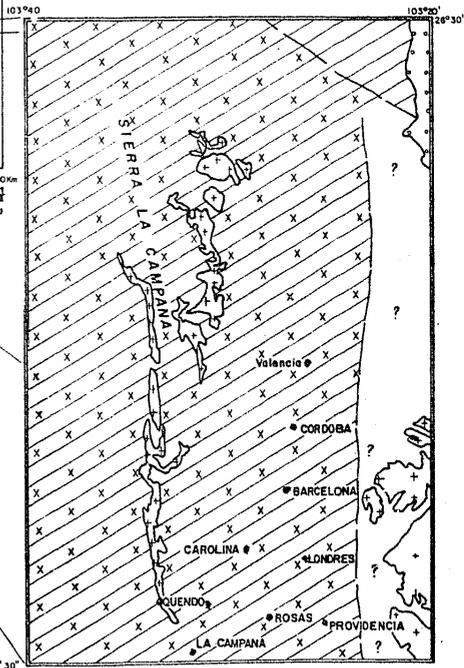


TOMADO DE J.A. ZWANZIGER, 1978



## LEYENDA

|                      |  |                  |  |
|----------------------|--|------------------|--|
| CALIZA DE PLATAFORMA |  | ARRECIFE         |  |
| ANHIDRITA            |  | CALIZA DE CUENCA |  |
| DOLOMITA             |  |                  |  |



K I L O M E T R O S

ESCALA 1:250 000

EVALUACION  
POTENCIAL - AZUFRERO

L E Y E N D A

FORMACION TREVIÑO  
FACIES EVAPORITICA  
REGION DE POSIBILIDADES MEDIAS



ZONA A



ZONA B

REGION DE NULAS POSIBILIDADES



ZONA C

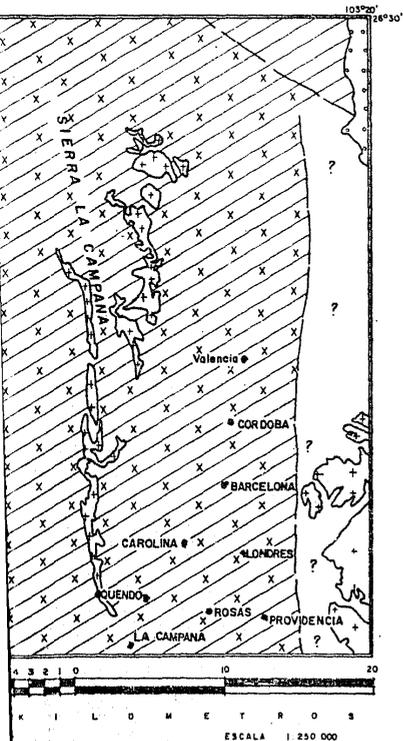
ZONAS EROSIONADAS



NOTAS:

- 1) ZONA DE CARACTERISTICAS INDEFINIDAS.
- 2) LA EVALUACION ECONOMICA FUE DETERMINADA POR EGEOMESA EN BASE A LAS MANIFESTACIONES DE AZUFRE OBSERVADAS EN CAMPO.

TOMADO DE EGEOMESA, 1985



TESIS PROFESIONAL

EVALUACION POTENCIAL

AZUFRERO DE LA FORMACION TREVIÑO  
(ALBIANO SUPERIOR TEMPRANO-CENOMANIANO SUPERIOR TEMPRANO).

PLANO No. 8

ESCALA:

1: 250 000

NOMBRE:

DEMETRIO M. SANTANARIA O.

FECHA:

OCTUBRE 1983



