

ESTUDIO TECTONICO—SEDIMENTARIO, EN EL MAR MEXICANO ESTADOS DE CHIHUAHUA Y DURANGO

*Juan Araujo Mendieta**
*Rodolfo Arenas Partida**

RESUMEN

Las rocas cretácicas estudiadas de la Formación Mezcalera se encuentran aflorando en la porción occidental del Mar Mexicano, abarcando del Neocomiano al Turoniano, se depositaron en una cuenca limitada, al noreste, por los elementos positivos de la Península de Aldama, al este por la Isla o Península de Coahuila y hacia el occidente, por una tierra positiva constituida por un arco volcánico, que en este trabajo, se le denomina "Arco Volcánico Tarahumara".

Litológicamente la Formación Mezcalera en la parte occidental del área está formando principalmente por rocas terrígenas con escasas calizas intercaladas, en la porción meridional está constituida por terrígenos finos y calizas arcillosas y en la parte oriental del área de estudio, contiene calizas arcillosas y terrígenos finos. Esta secuencia estratigráfica se depositó en una cuenca en subsidencia continua, con el aporte de terrígenos provenientes de la porción occidental, interdigitándose hacia el oriente y al noroccidente con los sedimentos calcáreo—arcillosos y calcáreos que se depositaban en los márgenes y sobre los paleoelementos positivos de Aldama y Coahuila.

Los estratos superiores de la Formación Mezcalera indican una progradación sucesiva del occidente hacia el oriente, desde el Albiano superior al Turoniano respectivamente, por lo que se infiere que la emersión del área se inició en el occidente y culminó hacia el oriente.

La secuencia estratigráfica fue afectada por los esfuerzos provenientes del oeste y suroeste, plegándola y fallándola normal e inversamente. Esta deformación afectó mayormente a las rocas de la Formación Mezcalera, debido a su composición litológica con alto contenido de arcilla y de margas, siendo menos compleja la deformación estructural en las rocas calcáreas depositadas sobre los paleoelementos positivos de Aldama y de Coahuila.

ABSTRACT

The study area comprises approximately 25,000 km², located in northeast of the state of Durango and southeast of the state of Chihuahua, Mezcalera Formation in this area is constituted of Cretaceous rocks of Neocomian to Turonian age. The outcrops are located in the west side of the Mexican Sea. Sediments of this formation were deposited on a basin; the positive land boundaries were: The Aldama Peninsula to the northeast; The Coahuila Island or Peninsula to the east; and to the west a volcanic arc Hereon named "Tarahumara Volcanic Arc".

In the western portion Mezcalera Formation is lithologically composed of terrigenous sediments with a few interbedded limestone. The central portion, is composed of fine terrigenous and argillaceous limestone, whereas the eastern portion contains argillaceous limestone and fine terrigenous. This stratigraphic sequence was deposited on a continuously subsident basin, receiving terrigenous input from the west portion. Marginal deposition over paleo—positive elements of Aldama and Coahuila produced interfingering of calcareous clay and calcareous sediments extending eastwards and northwest—wards.

The upper strata of Mezcalera Formation indicates a subsequent progradation from west to east during upper Albian to Turonian, respectively. It is inferred that uplift of the area beginning in the west and concluded in the east.

The stratigraphic sequence was affected by stresses coming from the west and southeast, producing folding, normal and inverse faulting. Due to the high clay and marl lithologic composition of Mezcalera Formation, structural deformation was greater and more complex than those calcareous rocks deposited over Aldama and Coahuila positive paleo—elements.

* Instituto Mexicano del Petróleo.
Subdirección de Tecnología de Exploración.

INTRODUCCION

Al Mar Mexicano, llamado también Geosinclinal Mexicano, por Humprey y Díaz (1956), se le ha considerado en los últimos años como una provincia principalmente con importancia para la prospección petrolera, en base a diversos trabajos realizados, tanto de geología superficial como de geofísica y de pozos de exploración, que han permitido evaluar las posibilidades económicas de esta provincia geológica.

Localización. — El área de estudio queda comprendida en la porción sur del Estado de Chihuahua y noreste de Durango y comprende una superficie de aproximadamente 25,000 km². Sus coordenadas son: los paralelos 25°25' y 27°45' de latitud norte y los meridianos 104°10' y 106°00' de longitud oeste (figura 1).

Fisiográficamente el área queda comprendida en dos provincias: la parte oriental, es la de Sierras y Cuencas (Basin and Ranges), y la porción occidental, es la provincia de Tierras Altas con Cuencas (Upland with Basins) (Raisz, 1964). La región presenta lineamientos orográficos alargados y estrechos, constituidos por rocas sedimentarias del Mesozoico, que guardan una orientación NW—SE. El relieve topográfico de las sierras es bajo en la parte oriental y más pronunciado hacia la parte occidental, donde se inicia la Sierra Madre Occidental. Las llanuras se encuentran limitadas por fallas normales y están rellenas por aluvión, arenas y arcillas del Cuaternario. Estas llanuras predominan en la porción oriental y van desapareciendo hacia la parte occidental por la secuencia de rocas ígneas volcánicas del Terciario y del Cuaternario de la Sierra Madre Occidental.

Trabajos previos. — Las rocas del Jurásico y Cretácico del Mar Mexicano han sido estudiadas por autores mexicanos y extranjeros con objetivos de tipo académico y de geología aplicada a la prospección minera y a la petrolera.

La localidad de San Pedro del Gallo, Dgo., que se encuentra al sur del área trabajada ha sido estudiada por diversos autores desde el siglo pasado; las primeras publicaciones de que se tiene referencia es, la de Aguilera y Ordóñez (1983), que reportaron afloramientos de rocas jurásicas en los alrededores de dicha localidad. En el mismo año, Hill reportó en el área, rocas pertenecientes a la serie Comancheana. Buelna (1897), estudió los afloramientos de calizas y lutitas negras. Johnson (1902) estudió algunos fósiles del Jurásico colectados en dicha localidad. Angerman (1907) describió brevemente las rocas de los alrededores de San Pedro del Gallo. Burckhardt (1910) estableció las unidades bioestratigráficas y en 1912, describió el conjunto faunístico del Jurásico Superior y Cretácico Inferior de San Pedro del Gallo. Kellum (1932, 1936 y 1944) realizó varios estudios geológicos en el norte de México. Kellum y colaboradores (1936) trabajaron sobre la evalua-

ción geológica de la Península de Coahuila. Imlay (1940) describió una sección de rocas cretácicas cercana a San Pedro del Gallo, y estudió las faunas del Neocomiano del Norte de México. Humphrey y Díaz (1956) hacen un estudio estratigráfico y tectónico del noreste de México. Clemons y Mc Leroy (1961) levantaron la geología de las hojas Torreón y Pedriceña (Inst. Geología, Esc. 1:100,000). Encizo (1962) hizo el levantamiento geológico de la Hoja Nazas. Pantoja (1963) realizó el resumen de la geología de la hoja San Pedro del Gallo.

Ayax (1965) presentó en su Tesis Profesional el Estudio Geológico del Distrito Minero de INDE, Dgo. Carrasco (1980), por parte del Consejo de Recursos Minerales y el Gobierno del Estado de Durango, publica la Carta de Provincias Metalogenéticas del Estado de Durango.

Petróleos Mexicanos ha realizado varios trabajos con fines de exploración petrolera (p.c.): Garza (1971) realizó el estudio geológico del Prospecto San Pedro del Gallo; Eguiluz (1976) elaboró el estudio Geológico del Prospecto Buen Día; Fyspa (1979), desarrolló el prospecto Lago Toronto; Quintal (1980), realizó el informe geológico del Prospecto "Las Pampas, Camargo" y área La Mezcalera, Edo. de Chihuahua.

Concit (1980) desarrolló el Prospecto La Zarca; Fyspa (1981) hizo el Prospecto Allende, Chih; Servicios Geológicos (1982) realizó el Prospecto Valle de Zaragoza, Detalle Estructural. El Instituto Mexicano del Petróleo ha realizado estudios sedimentológicos, estratigráficos y tectónico estructurales, del Cretácico en la porción oriental del área, comprendiendo la región en estudio. Cantú y Martínez (1980) hicieron el Estudio Estratigráfico—Sedimentológico del Albiano—Cenomaniano en el área de Jiménez, Chih.; Cantú y Hernández (1981) realizan el estudio Estratigráfico—Sedimentológico del Albiano—Cenomaniano al NW de Torreón, Coah.; Araujo y Martínez (1981) desarrollaron el Estudio Estratigráfico—Sedimentológico del Neocomiano, NE de Dgo., y Sur de Chihuahua, y Flores y Pacheco (1981) hicieron el Estudio Tectónico—Estructural a partir de Imágenes de Satélite del Estado de Chihuahua y norte de Durango.

ESTRATIGRAFIA

Para el área de trabajo, en el Arroyo El Picacho (1 a 2 km al NE de Santa María del Oro, Dgo.), afloran las rocas estudiadas más antiguas, consistiendo en esquistos de muscovita y anfíbolos, cuya edad de metamorfismo es de 326 ± 26 millones de años (Carbonífero Tardío), edad obtenida por el método geocronométrico de Potasio—Argón (lámina I, fotos 1 y 2). Estas rocas corresponden

a las mismas descritas por R. Flores L. y colaboradores (1981) en el arroyo antes citado. Existen también afloramientos de estos esquistos a la altura del poblado de San Bernardo, Dgo., cerca del Río Sixtín; ya que se observaron fragmentos rodados de estas rocas, provenientes seguramente de aguas arriba. Podrían correlacionarse estos afloramientos de Arroyo El Picacho, con los esquistos observados por Cortez y otros (1964), y cartografiados por Ortega y Ruíz (1973) (*In*: M. Carrasco C., 1980), del Río San Lorenzo cerca de Agua Caliente, Sinaloa, y correlacionados por Clark (1976), junto con la Unidad Paleozoica del Fuerte.

Existen afloramientos paleozoicos reportados por R. Russell W. (1924), entre Indé y La Cieneguilla, Dgo., cuya edad fue asignada al Ordovícico Inferior (*In*: Ajax, 1965), y por Carrasco (*op. cit.*), que los consideran como los más antiguos del Estado de Durango (Paleozoico), denominados por Maín (1947 y 1948), como Formación "Gran Tesoro". De acuerdo a la descripción litológica de los afloramientos, según lo observado, es posible que estos correspondieron inicialmente a estratos arcillo-arenosos, los que se metamorfizaron debido a la actividad magmática de grandes cuerpos intrusivos y extrusivos acompañados de intenso fallamiento y plegamiento. Estas rocas pueden corresponder a facies de la Formación Mezcalera (Aptiano—Albiano), ya que se reconocieron rocas de este tipo en el camino de Santa María del Oro a Indé; además en el área de Valle de Olivos, Chih., Melo (1972) reporta afloramientos constituidos por pizarras negras en el Cerro Magistral, "La Cruz", "La Armada", y "La Máquina"; Melo (*op. cit.*), los correlaciona con los estudiados por el Dr. Friedlander (1906) en Hidalgo del Parral, Chih., y cuya edad asignó, en base a amonitas, al Albiano Medio—Superior y, en San Francisco del Oro, Chih., al Aptiano Superior—Albiano Inferior (figura 2).

A los afloramientos de las rocas del Pensilvánico—Metamórfico, no se les observó su contacto inferior y se encuentran afectados en su parte media—superior por un dique (figura 3) de andesita porfídica cuya edad es de 70 ± 6 millones de años (Cretácico Tardío).

A esta secuencia metamórfica le sobreyace discordantemente un conglomerado polimórfico, areniscas, intercalaciones de derrames andesíticos y tobas (figura 3). El primero está constituido principalmente por fragmentos heterogéneos de roca volcánica y metamórfica, color café rojizo y verdoso (lámina II, foto 1), además granos de cuarzo y feldespatos subredondeados y subangulosos. Los fragmentos se encuentran en una matriz arenosa, cementados principalmente por sílice y óxidos de hierro; las capas generalmente son gruesas o masivas, en su parte inferior el conglomerado está afectado por un dique, cuya edad radiométrica es de 80 ± 6 millones de años (Cretácico Tardío), clasificándose como basalto andesítico alterado. Las

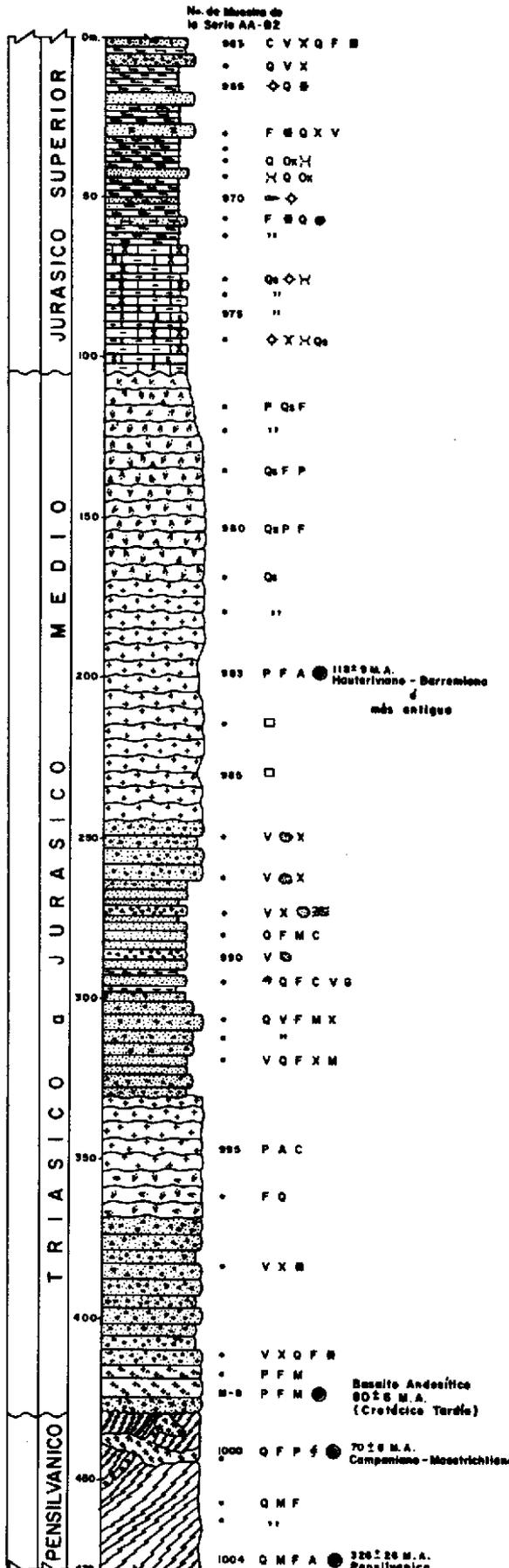
areniscas que se encuentran en la parte media de la sección, gradualmente pasan a conglomerados; estas areniscas generalmente consisten de sublitaranita conglomerática, litarenita conglomerática y subfelsarenita de grano medio a grueso, en estratos gruesos a masivos. Las dos primeras consisten principalmente de fragmentos de roca volcánica y metamórfica, con algunos fragmentos de areniscas, granos de cuarzo y feldespatos subangulosos y subredondeados y también micas, cementadas por sílice. La tercera está constituida por granos de cuarzo y feldespatos subredondeados y redondeados, así como micas alteradas a clorita; los clastos están cementados por sílice.

Esta secuencia tiene intercalada en su parte media, algunas capas delgadas de limolitas y lutitas nodulares. Los derrames ígneos de color oscuro están pseudoestratificados, gruesa a masivamente y consisten de una andesita de augita con textura porfídica microlítica; contiene además algunos minerales de pirita y plagioclasas alteradas. Las tobas vítreas son de composición intermedia a básica, con cristales de plagioclasas. La edad de las andesitas (muestra AA—983—82) (Lámina II, foto 2), según K/Ar es de 118 ± 9 millones de años (cretácico temprano); sin embargo y de acuerdo a la alteración que presenta, la edad de esta roca es mínima, por lo que el magmatismo que la originó se considera más antiguo. Por lo que, a toda la secuencia estratigráfica descrita de 325 m y por posición estratigráfica, se le asigna una edad del Triásico a Jurásico Medio (figura 3). Estas rocas corresponden a las reportadas en Indé como Formación "Tres Varones" (Main, 1947—1948), constituidas por "Intervalos de aglomerados y conglomerados de fragmentos de arenisca" (*In*: Carrasco, *op. cit.*), así como a los reportados por Ajax (*op. cit.*), y posiblemente también con los observados por Flores (*op. cit.*), en Santa María del Oro, Dgo., que son correlacionables con los terrígenos continentales de la Formación Nazas expuestos al oriente del área de estudio, como son, entre otros, los de Villa Juárez, área de San Pedro El Gallo, Sierra de Santo Domingo, y en la parte suroccidental de la Sierra de Mapimí, Dgo.

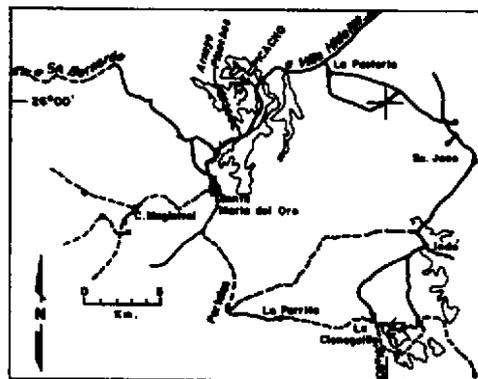
Descansan discordantemente a la sección descrita, calizas, limolitas y areniscas; las calizas corresponden a wackestone arcilloso fuertemente silicificado, en capas medias de color oscuro, contienen espículas de esponja, radiolarios y otros restos biógenos; se observan también concentraciones de pirita y pequeñas fracturas rellenas por sílice, algunos estratos están intercalados con lutitas delgadas parcialmente silicificadas (parte inferior). Sobreyaciéndolas, aparece una secuencia de limolitas de color gris ligeramente arenosas, en capas delgadas, deleznable y alteradas. Estas limolitas arenosas contienen feldespatos y granos de cuarzo angulosos y subredondeados y también radiolarios, restos biógenos y belemnites, la secuencia intemperiza a color café amarillento, con numerosas concreciones limo—

COLUMNA ESTRATIGRAFICA
ARROYO PICACHOS (Sta. Maria del Oro, DGO.)

L E Y E N D A
L I T O L O G I A **F O S I L E S**



- LITOLOGIA**
- WACKESTONE
 - CALIZA ARCILLOSA
 - LIMOLITA
 - CONGLOMERADO
 - ARENISCA CONGLOMERATICA
 - ARENISCA
 - ROCA PIROCLASTICA (Toba Vitrea)
 - ROCA IGNEA EXTRUSIVA HIPABISAL (ANDESITA)
 - ROCA EXTRUSIVA (DACITA)
 - ESQUISTO
- FOSILES**
- RADIOLARIOS
 - RESTOS BIOGENOS
 - ESPICULAS DE ESPONJA
 - BELEMNITES
- ESTRUCTURAS**
- CAPAS MODULARES
 - CONCRECIONES
 - PSEUDOESTRATOS
- REPRESENTACION ESQUEMATICA DE LOS ESTRATOS**
- DELGADOS (1-30 cm.)
 - MEDIOS (30-80 cm.)
 - GRUESOS (80-180 cm.)
 - MASIVOS (>180 cm.)
- ACCESORIOS**
- Q FRAGMENTOS DE CUARZO
 - V FRAGMENTOS DE ROCA EXTRUSIVA
 - X FRAGMENTOS DE ROCA METAMORFICA
 - ⊙ FRAGMENTOS DE ARENISCA
 - G FRAGMENTOS CALCAREOS
 - ≡ FRAGMENTOS DE LIMOLITA
 - P PLAGIOCLASAS
 - F FELDSPATOS
 - M MICAS
 - C MINERALES DE CLORITA
 - A ANFIBOLES
 - CRISTALES DE PIRITA
 - On OXIDACION
 - Qs SILICIFICACION
 - PEDERNAL
 - ‡ VETILLAS DE CALCITA
 - B MATERIA ORGANICA
- MUESTRA DATADA POR RADIOMETRIA



LOCALIZACION DE LA SECCION ESTUDIADA

ING. JUAN ARAUJO MENDIETA
 ING. RODOLFO ARENAS PARTIDA
 1983

Fig. No. 3

" Indica contenido similar a la muestra sobreyacente.

calcáreas muy esféricas; en algunas partes presenta capas de yeso y lutitas. En la secuencia litológica hay intervalos de capas medias de arenisca con fragmentos calcáreos, de feldespatos y pedernal, cuarzo anguloso y subredondeado en matriz arcillosa. La cima de esta sección consiste de arenisca litarenita conglomerática de color café claro, en capas medias y gruesas, constituidas por granos de rocas sedimentarias (lutitas, limolitas y rocas calcáreas), rocas extrusivas y rocas metamórficas, así como granos de cuarzo, feldespatos y pedernal, cementados por sílice. A la secuencia descrita se le asignó una edad del Jurásico Superior en base a su posición estratigráfica. El espesor medido es de 105 metros, sin observarse el contacto superior por estar cubierto por rocas terciarias y cuaternarias.

Entre el camino de Indé y Santa María del Oro se colectaron lutitas y limolitas con bajo grado de metamorfismo, conteniendo gran abundancia de plantas; estos afloramientos podrían corresponder también a una parte del Jurásico Superior en base a relaciones con otras áreas. Flores y colaboradores (*op. cit.*) describen afloramientos expuestos en este mismo camino, reportando una amonita probablemente del Tithoniano Superior.

Los afloramientos descritos son correlacionables con las formaciones La Gloria y La Casita del Jurásico Superior, expuestas hacia la porción oriental, en los márgenes de la Isla o Península de Coahuila.

El área de trabajo (El Cuarenta, Dgo.), estuvo afectada por actividad ígnea durante este periodo, Carrasco (*op. cit.*), determina geocronológicamente cuerpos intrusivos de cuarzodiorita (154 ± 3.2 m.a.) y de diorita (148.9 ± 3.3 m.a.) del Jurásico Superior. Las rocas del Cretácico están representadas en el área estudiada por la Formación Mezcalera, cuya edad comprende del probable Neocomiano al Cenomaniano—Turoniano (figura 2); siendo correlacionable con las formaciones La Carbonera y Tarraises del Neocomiano; para el Hauteriviano—Aptiano Inferior con la Cupido; durante el Aptiano Superior con la Peña o equivalente; para el Albiano, Cenomaniano y Turoniano con las formaciones: Aurora, Acatita, Treviño, Indidura o equivalentes y Formación Caracol, todas ellas depositadas hacia los márgenes y plataformas de la Isla o Península de Coahuila y Aldama.

FORMACION MEZCALERA

Definición. — Fue denominada informalmente por primera vez como Grupo Mezcalera por la Compañía Fypsa (1979), a una sucesión de 15 unidades litológicas que afloran en el Arroyo Mezcalera, del cual toma el nombre, en el Municipio del poblado de Valle de Zaragoza, Chih.. La secuencia es una alternancia de calizas arcillosas, margas, areniscas y lutitas, que se encuentran infrayaciendo por

falla inversa a la Formación Aurora, el contacto superior no lo definen.

Fypsa (1980), en el estudio del Prospecto Allende, simplifica al Grupo Mezcalera en 9 unidades litológicas que consisten de una alternancia tipo flysch de calizas, margas y areniscas. Posteriormente la Compañía Servicios Geológicos, S.A. (1982), en el prospecto a detalle estructural de la zona de Valle de Zaragoza, Chih., reduce al grupo a 7 unidades, constituidas esencialmente de margas, calizas y areniscas.

El Código Estratigráfico Norteamericano (1983), considera a un grupo como "la unidad litoestratigráfica inmediatamente superior en rango a una formación; un grupo consiste de dos o más formaciones asociadas".

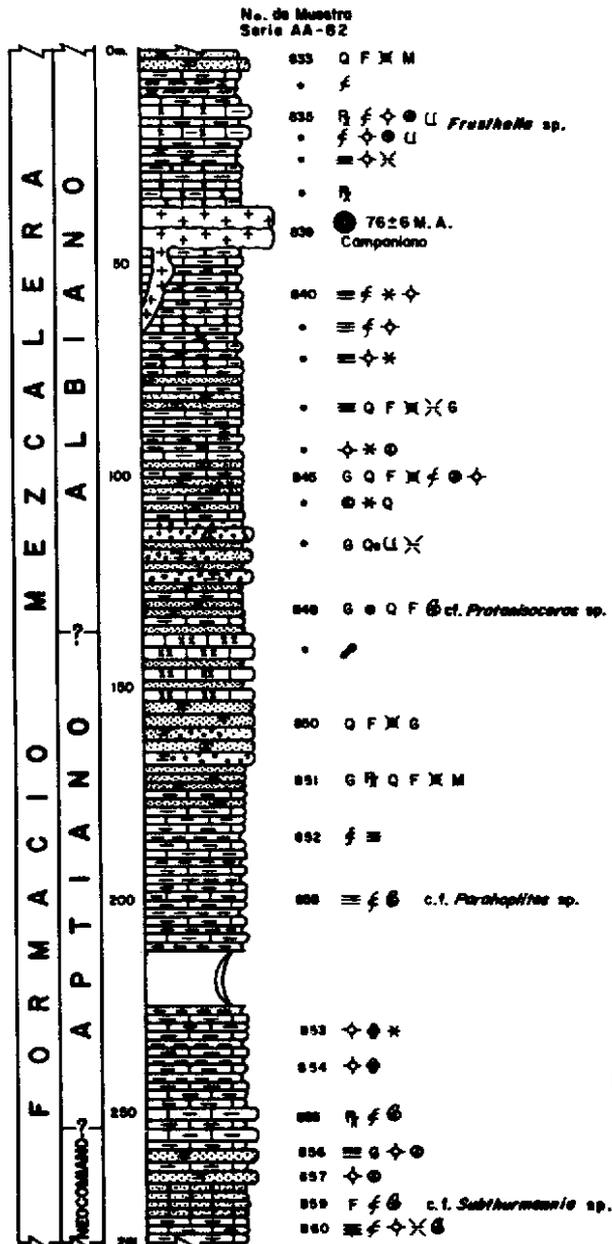
En base al presente estudio y de acuerdo al Código de Nomenclatura Estratigráfica se propone el término de Formación Mezcalera, a las unidades consideradas como Grupo Mezcalera, ya que este cuerpo de rocas posee cierto grado de homogeneidad litológica, es cartografiable, la secuencia estratigráfica es continua y presenta un intervalo largo de tiempo y varias fuentes de aporte. Se establece conservar la localidad tipo y litología donde fue descrito el grupo.

Litología y Espesores. — La Formación Mezcalera en la sección Valle de Olivos, Chih., está constituida principalmente por mudstone arcilloso y wackestone color gris oscuro, en capas delgadas y medias, con intercalaciones de lutitas, areniscas y algunas limolitas, también en capas delgadas y medias. La parte media de la sección contiene algunos estratos de packstone y arenisca conglomerática, hacia la cima se observa un cuerpo ígneo extrusivo de andesita porfídica. Se midió un espesor (figura 4) de 281 metros, no se observó la cima ni la base de esta secuencia.

En la parte occidental del Río Conchos, Chih., también fue estudiada esta formación, la cual consiste de wackestone y packstone arenoso, areniscas con horizontes de conglomerados en estratos delgados y medios, intercalados con lutitas laminares. Se observan estructuras primarias, como estratificación cruzada, estructuras de carga, surcos de erosión por corrientes y calcos de surcos (Lámina III, fotos 1, 2 y 3). No fue observada su cima ni base, se midió un espesor incompleto de 178 metros.

Una de las secciones estudiadas más completas está en el Arroyo de Carrasco, Chih., constituida en su parte inferior por capas delgadas de mudstone y wackestone arcilloso interestratificadas con margas (Lámina IV, foto 1); hacia la parte media predominan las areniscas con intercalaciones de mudstone arcilloso, wackestone arcilloso y lutitas (Lámina IV, foto 3), y un horizonte de aproximadamente 80 metros de arenisca, en capas gruesas hacia la cima de esta sección, la litología predominante es de mudstone arcilloso y packstone, con lutitas, intrusionados por un dique de andesita porfídica masiva. La cima de la se-

COLUMNA ESTRATIGRAFICA VALLE DE OLIVOS, CHIH



L E Y E N D A

- MUDSTONE
- WACKESTONE
- PACKSTONE
- CALIZA ARCILLOSA
- CALCAREO
- COGLOMERADO
- ARENISCA
- LUTITA
- LIMOLITA
- ANDESITA PORFÍRICA
- CUBIERTO

- ### ACCESORIOS
- GRANOS DE CUARZO
 - F GRANOS DE FELDSPATOS
 - G FRAGMENTOS CALCAREOS
 - M MICAS
 - X PEDERNAL
 - Q_o SILICIFICACION
 - R RECRISTALIZACION
 - f VETILLAS DE CALCITA
 - * MATERIA ORGANICA
 - ▬ INTRACLASTOS
 - PELETS

- ### REPRESENTACION ESQUEMATICA DE ESTRATOS
- DELGADOS (0-30cm.)
 - MEDIOS (30-80cm.)
 - GRUESOS (80-160cm.)
 - MASIVOS (>160cm.)

- ### FOSILES
- ◇ RADIOLARIOS
 - ⊙ CALCISFERULIDOS
 - ⊕ GLOBIGERINIDOS
 - EQUINODERMO
 - U MOLUSCOS
 - X RESTOS BIÓGENOS
 - ⊗ AMONITAS

- ### ESTRUCTURAS
- ≡ LAMINACIONES
 - ⊙ MUESTRA DATADA POR RADIOMETRIA



ING. JUAN ARMAJO MENDIETA
ING. RODOLFO ARENAS PARTIDA
1963

Fig. No. 4

cuencia está representada por areniscas, areniscas conglomeráticas en capas medias y delgadas con intercalaciones de limolitas. Contiene canales de corte y relleno, laminación fina deformada (Lámina V, fotos 1 y 2), calcos de flujo (Lámina VI, fotos 1, 2 y 3). No se observaron los contactos superior e inferior, y el espesor medido fue de 1376 metros.

Otros afloramientos estudiados son los del Arroyo Talamantes, Chih., los que están constituidos principalmente por mudstone arcilloso y wackestone con algunas intercalaciones de lutitas, margas y limolitas la estratificación es en capas delgadas y algunas medias, presenta hacia su parte media cuerpos de brecha calcárea y arenisca en capas medias, cerca de la cima se observa un cuerpo ígneo extrusivo de andesita porfídica; no se observó su base ni su cima; el espesor medido fue de 159 metros.

La Formación Mezcalera en la sección de la carretera La Zarca—El Palmito, Dgo. (figura 5), está representada principalmente por estratos medios y delgados de arenisca interestratificada con limolita, lutitas y margas, también en estratos delgados y horizontes de mudstone y wackestone, así como arenisca conglomerática y estratos de limolitas con algunas intercalaciones delgadas de bentonita verde. Se observa abundante deformación en las capas (Lámina VII, foto 2), encontrándose estructuras sedimentarias primarias de carga, "boudinage", rizaduras de fondo (Lámina VII, foto 3) estructuras convolutas, laminaciones y estratificación graduada. No se observó la cima ni la base, y se midió un espesor de 272 metros.

En los lomeríos de Canutillo, parte Occidental, Dgo. también afloran rocas de la Formación Mezcalera, constituidas por capas medias de wackestone y mudstone arcilloso y arenoso, con intercalaciones delgadas de lutitas, y algunos estratos de packstone, hacia la cima se intercalan éstos, con lutitas calcáreas, limolitas y areniscas calcáreas, contiene laminaciones y fracturas rellenas de calcita. No se observó su contacto inferior ni superior, y se midió un espesor de 280 metros.

En la sección Arroyo Los Pozos, Dgo. (parte N de Cuchilla de la Zarca) la Formación Mezcalera está constituida por capas delgadas y medias de mudstone y wackestone arcilloso, interestratificadas con margas, y algunos horizontes de arenisca calcárea en capas medias; hacia la parte superior se observó un dique de roca extrusiva de aproximadamente 5 metros de espesor; se midió un espesor de 160 metros y no se observó su contacto superior ni inferior.

Una de las secciones medidas más completas es el de la Sierra Mezcalera (Arroyo El Taray, Chih.), donde tiene un espesor de 835 metros, constituida principalmente, en su parte inferior, por areniscas en capas medias y gruesas con mudstone arcilloso en estratos delgados, e intercalaciones de lutita. La base de esta secuencia la cons-

tituye un conglomerado, en la parte media existen estratos gruesos y medios de areniscas con un espesor de 200 metros, sobreyaciendo existen intercalaciones de arenisca calcárea y mudstone arcilloso, con lentes de conglomerado calcáreo; en la cima hay estratos delgados y medios de mudstone arcilloso con estructuras sedimentarias de carga y de erosión por corriente; el contacto superior con la Formación Aurora es evidente, por medio de falla inversa y el inferior no se observó (figura 6).

La sección Villa Hidalgo, Dgo. (Carretera Villa Hidalgo—San Fermín), la Mezcalera consiste principalmente de areniscas en capas medias, interestratificadas con mudstone arcilloso, bentonitas y lutitas en capas delgadas, contiene laminaciones y estructuras de carga, no se observó su cima ni base; aflora un espesor de 342 metros.

Otros afloramientos de la Formación Mezcalera medidos en el área de trabajo son los de San Francisco de Asís, Dgo. (parte suroccidental); constituidos por areniscas en capas medias y gruesas, y areniscas conglomeráticas intercaladas con capas delgadas y deleznales de lutitas y limolitas. Las areniscas contienen gran número de concreciones arcillo—arenosas y abundantes micas; se midió un espesor de 156 metros y no se observaron los contactos superior e inferior.

Fósiles y edad. — Para el área de trabajo se identificaron en las secciones medidas los fósiles siguientes:

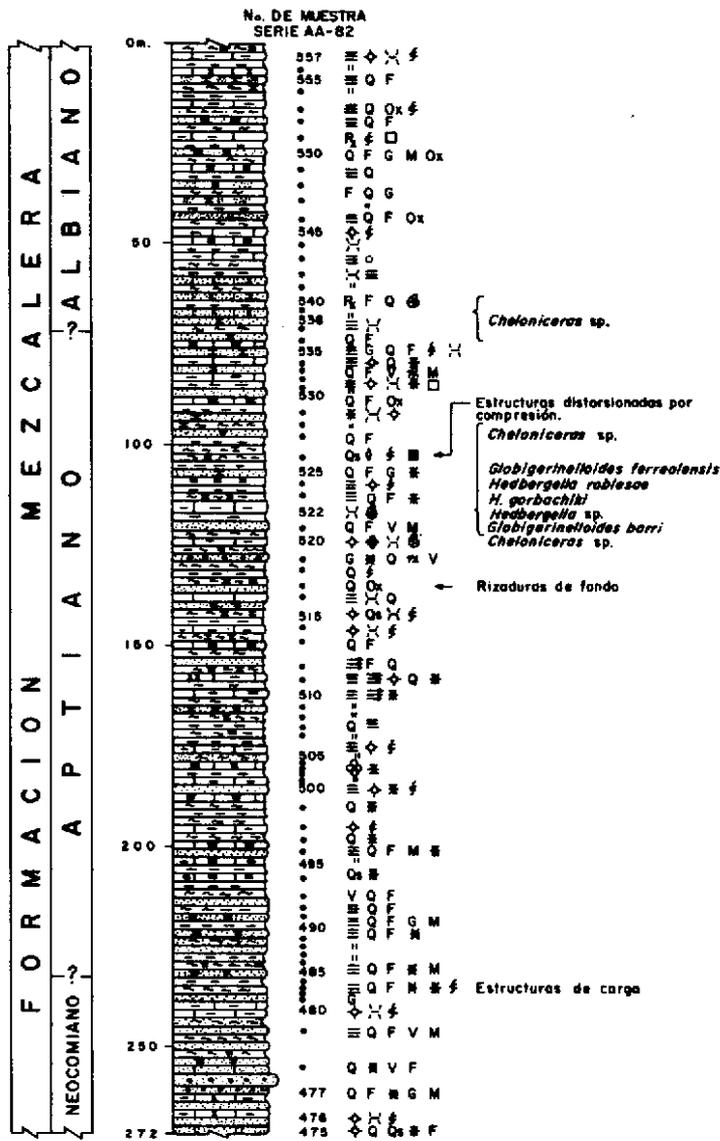
En valle de Olivos, Chih., se colectaron amonitas, las que se clasificaron como: Cf. *Subthurmannia* sp., Cf. *Protanisoceras* sp., además de otras amonitas indeterminables; los microfósiles identificados son: *Hedbergella delrioensis*, *H. planispira*, *Favusella washitensis*, *Pseudotextularia* sp., además de calcisferúlidos globigerínidos, fragmentos de moluscos y equinodermos no identificados.

En la sección del Río Conchos, Chih., se tienen calcisferúlidos, radiolarios, globigerínidos, equinodermos, gasterópodos, espículas de esponja, fragmentos de algas, contiene también algunos foraminíferos bentónicos.

En el Arroyo de Carrasco, Chih., se identificaron los siguientes microfósiles: *Hedbergella planispira*, *Globigerinelloides ferreotensis*, *Globigerinelloides barri*, *Hedbergella trocoidea*, *Nannoconus truitti*, *N. minutus*, *Hedbergella delrioensis*, *H. gorbachiki*, *H. trocoidea*, *Favusella washitensis*, *F. hiltermanni*, *Favusella* sp., *Hedbergella* sp., *H. planispira*, *Microcalamoides diversus*, *Calcisphaerula innominata*, *Bishopella* sp., *B. alata*, *Pseudotextularia* sp., *Favusella cuadrata*, *F. scitula*, *F. pessagnoii*; además de otros globigerínidos, calcisferúlidos, radiolarios, foraminíferos planctónicos, equinodermos, moluscos, gasterópodos no identificados y macrofósiles de pecicípodos y moluscos indeterminables.

En el Arroyo de Talamantes, Chih., se identificaron los siguientes microfósiles: *Nannoconus steinmanni*, *H. Bermudezi*, *N. colomi*, *N. Kamptneri*, *N. boneti*, *N. Truitti*, *N. elongatus*, *N. bucheri*, además de radiolarios, calcisferúlidos, ostrácodos, gasterópodos, moluscos y equinodermos.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA
CARRETERA LA ZARCA - EL PALMITO, DGO.



" indica contenido similar a la muestra sobrayacente.

ING. JUAN ARAUJO MENDIETA
ING. RODOLFO ARENAS PARTIDA

1983

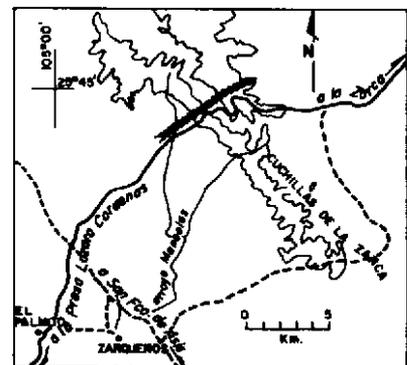
Fig. No. 5

L E Y E N D A

- | LITOLOGIA | | FOSILES | |
|-----------|-------------------------|--------------------|-----------------------------|
| | MUOSTONE | | RADIOLARIOS |
| | WACKESTONE | | GLOBIGERINIDOS |
| | CALIZA ARCILLOSA | | OSTRACODOS |
| | LUTITA | | FRAGMENTOS BIOGENOS |
| | CALCAREO | | AMONITAS |
| | ARENISCA | ESTRUCTURAS | |
| | ARENISCA CONGLOMERATICA | | LAMINACIONES |
| | LIMOLITA | | ESTRUCTURAS DE CORRIENTE |
| | MARGA | ACCESORIOS | |
| | | | GRANOS DE CUARZO |
| | | | GRANOS DE FELDSPATOS |
| | | | SILICIFICACION |
| | | | OXIDO DE FIERRO |
| | | | PIRITA |
| | | | PEDERNAL |
| | | | BANDAS DE PEDERNAL |
| | | | FRAGMENTOS CALCAREOS |
| | | | FRAGMENTOS ROCA VOLCANICA |
| | | | FRAGMENTOS ROCA METAMORFICA |
| | | | MICA |
| | | | MATERIA ORGANICA |
| | | | FANTASMAS |
| | | | FRACTURAS DE CALCITA |
| | | | RECRISTALIZACION |
| | | | DOLOMITA |

REPRESENTACION ESQUEMATICA DE LOS ESTRATOS

- ESTRATOS DELGADOS (1-30cm)
- ESTRATOS MEDIOS (30-60cm.)



LOCALIZACION DE LA SECCION ESTUDIADA

En la columna medida en la carretera La Zarca—El Palmito, Dgo., se colectaron amonitas que corresponden a *Chelonicerias* sp., Cf. y otras amonitas indeterminables, los microfósiles corresponden a *Globigerinelloides ferreolensis*, *Hedbergella roblesae*, *H. gorbachiki*, *Hedbergella* sp., *Globigerinelloides barri*, además de radiolarios, globigerínidos, ostrácodos y fragmentos biógenos.

En la sección lomeríos, parte occidental del Ejido de Canutillo, Dgo., se identificó una amonita como *Idiohamites* aff. *turgidus* (sowerby) y otras juveniles no identificadas; entre los microfósiles clasificados se tienen: *Favusella washitensis*, *Favusella* sp., *Bishopella* sp., *Pseudotextularia* sp., *Bishopella alata*, *Favusella hiltermanni*, *Calcisphaerula innominata*, *Phitonella ovalis*, además de radiolarios, calcisferúlidos, globigerínidos, equinodermos, fragmentos de moluscos y foraminíferos planctónicos no identificados.

En la sección Arroyo los Pozos, Dgo., se encontraron los siguientes microfósiles: *Hedbergella* sp., *H. delrioensis*, *Globigerinelloides* sp., además de radiolarios, calcisferúlidos y globigerínidos no clasificados.

En la Sierra La Mezcalera (Arroyo El Taray) Chih., se tienen los microfósiles siguientes: *Clavihedbergella* sp., *Phitonella* sp., radiolarios, calcisferúlidos, ostrácodos y fragmentos de moluscos.

Otra de las secciones con microfósiles identificados es la Sierra La Mezcalera, Chih., donde se tienen: *Globigerinelloides* sp., *Clavihedbergella* sp., *Calcisphaerula innominata*, *Phitonella ovalis*, *Hedbergella* sp., *Whiteinella* sp., *Clavihedbergella moremani*, *Globotruncana* sp., *Rotalipora* sp., *Heterohelix* sp., además de radiolarios y ostrácodos.

En la sección de Villa Hidalgo, Dgo., (carretera Villa Hidalgo—San Fermín) se observaron radiolarios, calcisferúlidos, ostrácodos, fragmentos de moluscos, equinodermos, espículas de esponja y restos biógenos no identificados.

En San Francisco de Asís, Dgo., (parte occidental) se identificaron radiolarios y algunos restos biógenos.

En base a los macrofósiles, microfósiles y relaciones estratigráficas de las secciones medidas, se les asignó una edad a las rocas de la Formación Mezcalera del probable Neocomaniano al Cenomaniano—Turoniano.

En otras localidades se identificaron muestras de la Formación Mezcalera, encontrándose principalmente microfaua, como son las del camino Valle de Olivos, que consisten en *Hedbergella delrioensis*, *H. planispira*, *Favusella washitensis*, *Pseudotextularia* sp., del Albiano—Cenomaniano Inferior.

En los afloramientos del camino La Zarca—Rodeo, existen *Calcisphaerula innominata*, *Favusella hiltermanni*, *F. washitensis*, *F. pessagnoii*, *F. socitula* y *Bishopella* sp., del Albiano medio—base del Albiano Superior.

En el camino Villa Hidalgo—Santa María del Oro, Dgo., (cerca del poblado Potrero del Llano), se colectó una

amonita clasificada como *Hysterocheras* sp., del Albiano Medio—Superior, además de otras amonitas indeterminables.

Relaciones Estratigráficas.— Para el área de trabajo el contacto inferior de la Formación mezcalera no se observó al igual que el superior, este último está cubierto por rocas ígneas o está erosionado, a excepción de la sección de la Sierra Mezcalera y Arroyo El Taray, cuyo contacto superior con la Formación Aurora está afectado por una falla inversa.

Correlación.— La Formación Mezcalera se correlaciona en las áreas de Coahuila y Aldama con las formaciones La Carbonera, Taraises, Cupido, La Peña y equivalentes, así como con La Aurora, Acatita, Treviño, Indidura o equivalentes. En la Cuenca de Chihuahua, con las formaciones: Navarrete, Las Vigas, La Virgen, La Peña, Grupo Aurora, Benevides, Loma de Plata, Buda y Ojinaga.

En el área de Fresnillo, Zacatecas, Cantú (1974) estudió las amonitas colectadas en Arroyo Prieto o Chilitos (2 kilómetros aproximadamente al S de la Mina de Fresnillo, Zac.) y las asignó como del Valanginiano Superior al Hauteriviano; estos afloramientos los describió y nombró como Formación Chilitos, Rodríguez Cardona (1971, in: Cantú *op. cit.*).

En esta misma área; De Cserna (1976) nomina Grupo Proaño y lo divide en Formación Valdecañas del Valanginiano Superior—Hauteriviano Inferior (que corresponde a la Formación Chilitos descrita por Rodríguez Cardona *op. cit.*), Formación Plateros del Barremiano al Aptiano, caliza Fortuna del Albiano y caliza Cerro del Albiano Superior—Cenomaniano Inferior.

De acuerdo a la litología descrita y las edades asignadas por los autores antes mencionados, estos afloramientos serían correlacionables con la Formación Mezcalera y pudieran corresponder, tal vez, a facies de esta misma formación, principalmente las descritas para el Neocomiano, ya que, en el área trabajada sólo afloran rocas que representan una parte del probable Neocomiano.

También pudieran correlacionarse o pertenecer a facies de la Formación Mezcalera, las secuencias estratigráficas del Aptiano, cortada por el pozo Banderillas No. 1 (85° sureste del poblado de San Vicente Banderilla, Santo Domingo, S.L.P., límites Zacatecas—San Luis Potosí), comunicación personal de J. Tovar Rodríguez.

FORMACION INDIDURA

Definición.— Fue definida por Kelly (1936, p. 1028) para unos sedimentos expuestos al sur de la Sierra Santa Ana, (In: Cantú 1980) área Las Delicias, Coahuila; se encuentran aflorando en el flanco este del Cerro Indidura,

la dividió en tres miembros: el inferior y superior consisten de estratos de lutitas y el medio, de calizas arcillosas y lutitas calcáreas con abundantes cefalópodos, pelecípodos y equinodermos, asignándole una edad a esta formación del Cenomaniano—Turoniano.

Litología y Espesor. — En el área de estudio la Formación Indidura aflora en la Sierra del Pajarito, Chih. (parte occidental y oriental), Sierra de Bahues, de La Tinaja, y de Enmedio, Chih., además en la Sierra del Mimbres, Dgo. En la Sierra del Pajarito (parte occidental y oriental) consiste generalmente de capas delgadas y medias de wackestone y mudstone arcilloso con intercalaciones delgadas y laminares de lutitas, y esporádicas capas medias de arenisca; contiene laminaciones, canales de corte y relleno y fracturas selladas por calcita. Se midió un espesor en la parte occidental de 139 metros, en la oriental 157 metros, y en ambos aflora su contacto inferior.

En la Sierra del Mimbres, Dgo., la Formación Indidura se caracteriza por estratos medios y delgados de mudstone arcilloso con intercalaciones de lutita, lutita calcárea, limolita y arenisca; su parte media presenta capas medias de conglomerado arenoso; las estructuras primarias observadas son laminaciones, estructuras de carga, pequeños "calcos de flujo", surcos por corriente, turboglifos y estratificación gradada (Lámina VIII, fotos 1, 2 y 3). Se midió un espesor de 270 metros, aflorando su contacto inferior.

Fósiles y Edad. — Se identificaron los siguientes microfósiles: *Calcisphaerula innominata*, *Stomiosphaera* sp., *Stomiosphaera conoidea*, *Stomiosphaera sphaerica*, *Pithonella ovalis*, *Pithonella trejoi*, *Pithonella* sp., *Globochaete alpina*, *Clavishedbergella* sp., *C. moremanni*, *Globigerinelloides* sp., *Hedbergella* sp., *Whiteinella* sp., *Heterohelix* sp., *Whiteinella archaeocretacea*, además de radiolarios y ostrácodos; entre los macrofósiles hay *Inoceramus* sp.

Al sureste del área en la Sierra del Mimbres, Dgo., se identificaron *Bishopella* sp., globigerínidos, radiolarios, calciferúlidos y restos biógenos no identificados.

En base a los fósiles anteriormente descritos, la Formación Indidura es de edad Cenomaniano—Turoniano.

Relaciones Estratigráficas. — En las secciones estudiadas el contacto inferior de la Formación Indidura es concordante, con las calizas en estratos gruesos de la Formación Aurora; el superior, se encuentra cubierto o erosionado (figs. 7 y 8).

Correlación. — La Formación Indidura se correlaciona, al occidente, con la parte superior de la Formación Mezcalera, al noreste de Chihuahua y noroeste de Coahuila, con las formaciones Del Río, Buda, Ojinaga, Agua Nueva y Cuesta del Cura, respectivamente.

FORMACION OJINAGA

Definición. — Así denominó Burrows (1910) a unos sedimentos que afloran en el Valle de Ojinaga, Chih. (In: Hernández, 1977) constituidos por lutitas y areniscas con estratos subordinados de caliza, dolomía y limolita, con gran abundancia de amonitas e *Inoceramus* sp.

Vergara (1973) considera que los sedimentos sobre-yacentes a la Formación Buda son equivalentes a la Eagle Ford, por sus características litológicas y posición estratigráfica; en el presente estudio se les considera como Formación Ojinaga. Esta formación se encuentra aflorando en la Sierra de Camargo, Chih., y consiste de capas medias y delgadas de mudstone arcilloso interestratificado con lutitas y areniscas calcáreas. Su base presenta un conglomerado calcáreo, abundantes fósiles y bandas arenosas de ostreas y gasterópodos. Se midió un espesor de 76 metros.

Fósiles y Edad. — En esta sección se colectó una amonita clasificada como: *Schloenbachia* aff. *wintoni* adkins, además de *Inoceramus* sp., entre los microfósiles clasificados se tienen: *Calcisphaerula innominata*, *Pithonella* sp., *P. ovalis*, *Hedbergella* sp., *Clavishedbergella moremanni*, *Heterohelix* sp., *Globigerinelloides* sp., *whiteinella* sp., *Globotruncana* sp., *Dicarinella* sp., *D. indica*, también ostrácodos, radiolarios y equinodermos.

De acuerdo a la amonita, pelecípodo y microfauna se le asigna una edad a esta formación de Cenomaniano—Turoniano.

Relaciones Estratigráficas. — Su contacto inferior es concordante con la Formación Buda. El contacto superior está cubierto.

Correlación. — Se correlaciona con la parte superior de la Formación Mezcalera y con la Indidura al noroeste de Coahuila y con la Ojinaga del área noreste de la Cuenca de Chihuahua.

AMBIENTES DE DEPOSITO

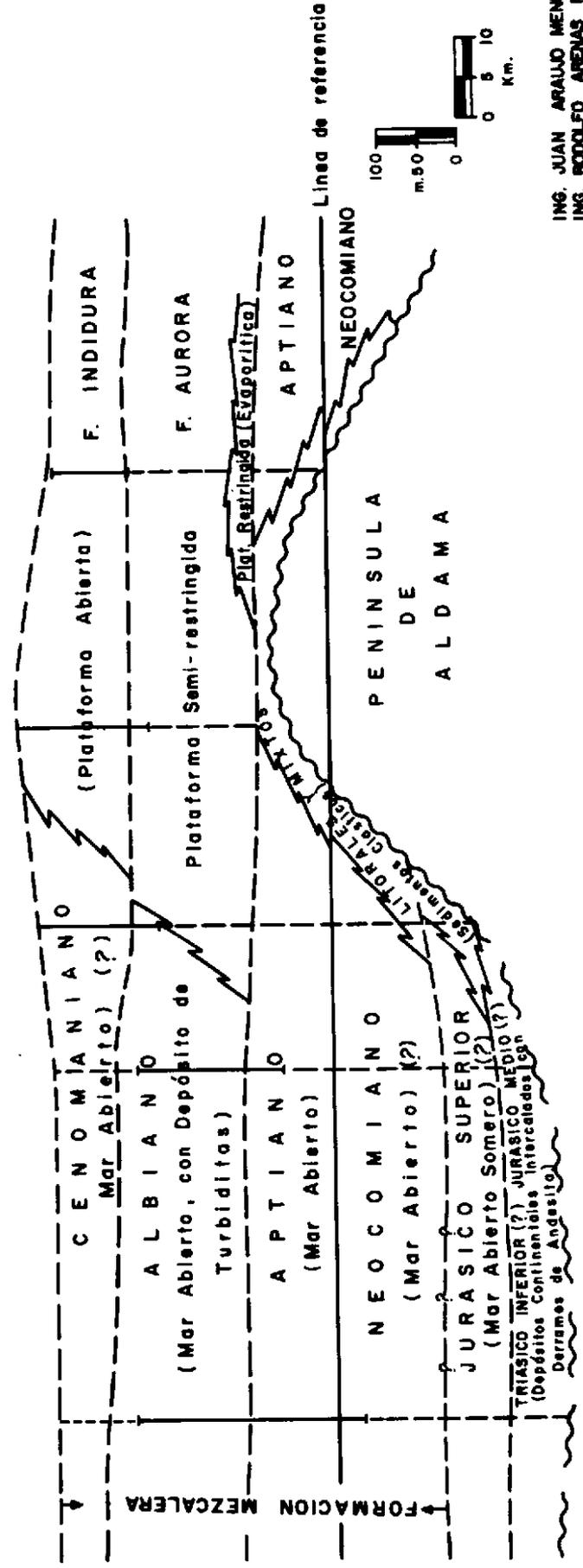
Los ambientes sedimentarios que prevalecieron en la porción occidental del Mar Mexicano han sido motivo de varias controversias; sin embargo, en el desarrollo de este trabajo, se han esclarecido, en parte, algunos de los conceptos que anteriormente, por falta de información habían sido confusos.

Los depósitos sedimentarios en esta región, se inician con la apertura del Mar Mexicano en el Triásico—Jurásico Medio, primero con depósitos continentales de conglomerados y areniscas intercaladas con derrames de andesita. En el Jurásico Superior se inició la transgresión marina, proveniente del sureste, que da origen a los depósitos sedimentarios marinos en el área. En la porción occidental del Mar Mexicano, la sedimentación ocurrió desde

CORRELACION ESTRATIGRAFICA A - A' NE

A
SW

Valle de Olivos, Chih. Rio Conchos (Occ.) Chih. Mezcalera, Chih. Sierra Pajaritos (Occ.) Chih. S. Camargo, Chih.



ING. JUAN ARAUJO MENDIETA
ING. RODOLFO ARENAS PARTIDA
1983

Fig. N° 7

PALEOZOICO
METAMORFICO
(Pre - Pensilivánico)

el Jurásico Superior hasta el Cretácico Superior, al actuar un arco volcánico en el occidente, y que en este trabajo se le ha denominado "ARCO VOLCANICO TARA-HUMARA".

Este arco volcánico fue consecuencia de la subducción de la placa del Pacífico oriental, y que se manifestó en el margen occidental de México y hacia el oriente; se inicia el rompimiento del Complejo Continental, con la formación de fosas y pilares causados por esfuerzos de tensión (figura 10). En las fosas se depositan sedimentos continentales, tales como: conglomerados y areniscas intercalados con derrames de andesitas (Lámina II, fotos 1, 2 y 3), los cuales se encuentran en discordancia con las rocas metamórficas del complejo basal del Paleozoico (p.c.), en Santa María del Oro, Dgo. Los conglomerados están constituidos por clastos de tamaño heterogéneo de roca volcánica y plutónica, pedernal, caliza recristalizada, cuarzo y arenisca con matriz arenosa y cementante de sílice y ligeramente calcáreo. Las capas de areniscas son subfelsenita de grano medio, constituida por granos de feldespatos, cuarzo, fragmentos de roca volcánica, de caliza recristalizada y micas, los granos son subredondeados y redondeados, algunos feldespatos se encuentran alterados a sericita y las micas a clorita; las areniscas están cementadas por sílice y calcita (Lámina II, fotos 1 y 2).

Los derrames de andesita son concordantes con las capas de conglomerados, y se encuentran pseudoestratificados con ellos, por lo cual se infiere que son contemporáneos (Lámina II, foto 2).

Las andesitas son de augita y tienen textura porfídica, se encuentran muy alteradas. Estas andesitas datadas por K/Ar son de 118 ± 9 millones de años (Cretácico Temprano). Estas rocas, según comentarios del personal del Departamento de Geocronometría, deben ser más antiguas, tal vez del Jurásico, pero debido a la fuerte alteración que éstas presentan, están dando una edad más reciente.

Las rocas descritas pueden ser equivalentes a las de la Formación Nazas, que se encuentran aflorando hacia la porción suroeste del área de estudio, en el Alto de Villa Juárez, Cinco de Mayo y otras localidades.

JURASICO SUPERIOR

Los sedimentos del Jurásico Superior no se han podido situar cronoestratigráficamente con precisión en el área, debido a la ausencia de microfauna y macrofauna o de palinomorfos, por lo que, solamente se les ha situado por posición estratigráfica, ya que se encuentran suprayaciendo en discordancia a los depósitos continentales con derrames de andesita que se encuentran aflorando en Santa María del Oro, Dgo.

Los ambientes sedimentarios, para esta época fueron: a) Litorales y b) Marinos someros.

a) Ambientes litorales:

Estos ambientes se desarrollaron hacia las márgenes de las tierras positivas, donde se depositaron principalmente sedimentos terrígenos: arenas, limos, arcillas y fangos calcáreos en menor cantidad. Hacia la porción sureste, estos sedimentos se depositaron en las cercanías de la Península de Coahuila, y dieron lugar a las rocas de la formación La Gloria, en el inicio de la transgresión marina, siguiendo en la secuencia la Formación La Casita, constituida por rocas clásticas más finas y con mayor abundancia de carbonatos, esto es debido a que los ambientes tenían mayor influencia marina conforme se fue hundiendo el basamento de la Península o Isla de Coahuila y la Península de Aldama (figura 9).

b) Ambientes marinos someros:

Los ambientes marinos someros se desarrollaron al iniciarse la invasión marina proveniente del sureste, sobre los bloques con mayor hundimiento en los cuales ya se habían depositado conglomerados y areniscas continentales.

Este tipo de ambientes es el que se observa en los escasos afloramientos que existen en el área. En el camino de Indé—Santa María del Oro, Dgo., aflora una secuencia de lutitas, y areniscas que contienen restos de plantas y calizas arcillosas, Flores y Pacheco (1981), encontraron en esta secuencia una amonita que corresponde al Jurásico Superior.

En el Arroyo de Picacho (Santa María del Oro, Dgo.), se midió en la parte superior de la columna (figura 3) una secuencia incompleta de unos 105 m de espesor, de calizas arcillosas silicificadas, limolitas y capas de areniscas que pueden corresponder al Jurásico Superior, por posición estratigráfica.

CRETACICO

NEOCOMIANO—APTIANO INFERIOR

Para esta época, los ambientes de depósito en el área se profundizan, ya que continúa la subsidencia de la cuenca que se inició en el Jurásico.

Hacia las márgenes de los elementos positivos, se encuentran rocas terrígenas y carbonatos arcillosos y arenosos; cerca a la Península o Isla de Coahuila, se depositan las formaciones Carbonera y Taraises del Berriasiano al

Hauteriviano Inferior y la Formación Cupido del Hauteriviano Superior al Aptiano Inferior (figura 10). Hacia los márgenes del Arco Volcánico Tarahumara, en el Occidente, también deben haberse encontrado sedimentos litorales y someros que pueden encontrarse sepultados bajo la cubierta volcánica o que fueron erosionados (figura 9). Hacia la porción norte también deben existir sedimentos terrígenos en los márgenes de la Península de Aldama (figura 10).

En el área estudiada se encontraron pocos afloramientos de sedimentos correspondientes al Neocomiano, solamente en las secciones de Valle de los Olivos, Chih. (figura 4), y en la sección de la carretera La Zarca—El Palmito (figura 5), se observaron en la parte inferior de la columna rocas correspondientes a dicha edad. Estos sedimentos corresponden a limolitas, areniscas con algunos horizontes conglomeráticos y calizas arcillosas.

Los ambientes sedimentarios que predominaron en el área durante el Neocomiano fueron: a) de mar abierto.

a) Ambientes de Mar Abierto

Este tipo de ambientes de mares abiertos de relativa profundidad y con un aporte de sedimentos en proporción igual al hundimiento de la cuenca, dio origen a que la secuencia observada sea monótona y sin presentar cambios litológicos verticales u horizontales significativos.

La fuente de aporte principal de sedimentos estuvo en una tierra positiva que existía para esta época, en la parte occidental del área (Arco Volcánico—Tarahumara), teniendo también influencia aunque en menor proporción, la tierra positiva que existió en el Este y Noreste Península o Isla de Coahuila y Península de Aldama, (figura 9—B).

APTIANO SUPERIOR—ALBIANO

Para el Aptiano Superior la transgresión marina se acentúa en todo el Norte y Noreste de México, las tierras positivas son cubiertas casi totalmente por las aguas marinas. En la porción norte del área, la Península de Aldama es inundada en la parte sur, en el Aptiano Tardío (figura 10); en la parte oriental, la Isla de Coahuila es cubierta por los mares totalmente, durante el Albiano Medio (Martínez *et al.*, 1982). En la porción occidental el Arco Volcánico Tarahumara se sigue manifestando, aportando gran cantidad de sedimentos terrígenos hacia la cuenca del Mar Mexicano, la cual fue incrementando su profundidad debido al hundimiento continuo que se inició desde el Jurásico Superior.

En la porción occidental del área, debió existir durante el Aptiano Superior—Albiano, una franja litoral de aguas someras donde se depositaron sedimentos terríge-

nos y carbonatos, intercalados con productos vulcanoclásticos finos (figura 9).

Los bancos de carbonatos se depositaron cuando cesaba la actividad volcánica, ya que existían condiciones marinas propicias para el desarrollo de los organismos: Vargas (1981) describe entre Santa María del Oro e Indé, unas calizas tipo arrecifal con abundantes braquiópodos, moluscos, corales y rudistas, recristalizadas. Estas calizas de acuerdo con el mapa del trabajo, se presentan en afloramientos aislados, con una orientación noroeste—sureste y deben pertenecer a desarrollos de bancos arrecifales de rudistas, depositados en una plataforma somera correspondiente a la tierra positiva occidental (figura 10). Los afloramientos de estas rocas se encuentran en su mayor parte cubiertos por rocas extrusivas o fueron erosionadas en el Cretácico Superior.

En la porción del lado Pacífico, en la parte norte del Estado de Sinaloa, entre Culiacán y el Río Fuerte Holguín (1978), estudió varios afloramientos de rocas calcáreas, las cuales están constituidas por bancos de calizas con rudistas *Coalcomana* sp., *Monopleura* sp., *Caprinuloidea* sp., *Chondrodonta* sp., y algunos fragmentos de equinodermos, estas calizas se encuentran intercaladas con lutitas, limolitas y vulcanoclásticos; sobreyacen a rocas ígneas intrusivas, rocas metamórficas, conglomerados y lutitas arcillosas. La edad de estas rocas fue determinada por su contenido faunístico, como del Cretácico Inferior (Albiano Inferior), correlacionables con la parte superior de la Formación Alisitos, que se encuentran aflorando en Baja California y Sinaloa, la que está constituida por brechas, lavas andesíticas, e intercalaciones de biohermas con pelecípodos, colonias de corales y nerineas, Lozano (1976) y Holguín (*op. cit.*), la consideran del Albiano Inferior y Allison (1964), la considera del Albiano Medio.

Estas rocas carbonatadas que se encuentran en Sinaloa y Baja California deben haberse depositado en la parte occidental del complejo volcánico Tarahumara, donde existieron aguas someras que poseían condiciones para el crecimiento de las rudistas, aunque estos se interrumpieron continuamente por actividad volcánica (figura 10).

Los principales ambientes de depósito para esta época fueron: a) Litorales, b) Mar abierto, c) Plataforma.

a) Ambientes litorales.

Los ambientes litorales durante el Aptiano Superior y Albiano, existieron en las porciones marginales de la tierra positiva occidental, sus facies, en su mayor parte, deben encontrarse cubiertas por rocas volcánicas, otras fueron erosionadas. En el área de estudio solamente se encuentran afloramientos que aparentemente pertenecen al Albiano, como son los bancos de calizas arrecifales que se encuentran entre Santa María del Oro e Indé, y las are-

niscas de grano grueso con intercalaciones de limolitas, que se encuentran aflorando hacia el suroeste de San Francisco de Asís.

Hacia el Norte y el Este del área de estudio, se desarrollaron plataformas carbonatadas sobre la Península o Isla de Coahuila y sobre la Península de Aldama (figura 9).

Las rocas calcáreas reportadas por Vargas (1981) en el área de Indé como calizas Guadalupe, son calizas arrecifales en estratos masivos formados de braquiópodos, moluscos, corales y rudistas; hacia la parte superior de la columna las capas calcáreas son de espesor mediano y delgado.

b) Ambientes de Mar Abierto.

Los ambientes de mar abierto son los que mayor distribución tuvieron en el área de estudio, ya que se encuentran aflorando rocas pertenecientes a estos ambientes, en la mayoría de las localidades que se midieron.

De la parte norte hacia la porción sur se observan, en las sierras de La Mezcalera, parte occidental del Río Conchos, Arroyo de Carrasco, Valle de Olivos, Arroyo Talamantes, Lomeríos parte occidental del Ejido de Canutillo, en el camino entre Villa Hidalgo y Santa María del Oro, en el camino entre Villa Hidalgo y San Fermín, en el Arroyo Los Pozos y en la carretera La Zarca—El Palmito.

Rocas de este ambiente están distribuidas en una franja noroeste—sureste que cubre la porción central del Mar Mexicano (figura 9). En esta gran área se observan una serie de depósitos de aguas marinas relativamente profundas, constituidas por rocas de origen turbidítico y otras con fauna pelágica, que tuvieron su fuente de proveniencia principalmente del Arco Volcánico Tarahumara, que se encontraba en la porción occidental del área y que aportaba gran cantidad de terrígenos, dando origen al depósito de los sedimentos correspondientes a la Formación Mezcalera, ocasionalmente también se depositaban carbonatos con gran influencia de terrígenos (figura 10). La mayor influencia de terrígenos se observó en la parte norte del área de estudio, en la zona comprendida entre Parral, Valle de Zaragoza y la Presa La Boquilla. En la porción central del área, entre Parral, Chih., y Canutillo, Dgo., las rocas tienen mayor influencia de carbonatos. En la parte sur del área entre Canutillo, Dgo., La Zarca y San Francisco de Asís, predominan los terrígenos sobre los carbonatos. Esto puede deberse a que las corrientes fluviales y de turbidez transportaban los sedimentos del continente hacia el mar, del occidente hacia el noreste y sureste del área. En la parte central del área de estudio, tal vez haya existido un pequeño alto continental, que ocasionó que no hubiera mucha influencia de sedimentos terrígenos, propiciando con ello que se incrementara el depósito de car-

bonatos con fauna pelágica (Arroyo Talamantes y Lomeríos del Ejido de Canutillo).

Estructuras Sedimentarias Primarias.— Las estructuras primarias que se observaron en las facies son: estructuras de carga, lineaciones por corriente, canales de corte y relleno, “flute casts” (se originan como pequeñas depresiones excavadas por corriente de flujo), estratificación laminada fina deformada, estratificación gradada (Lámina III, fotos 1, 2 y 3; Lámina V, fotos 1 y 2; Lámina VI, fotos 2 y 3).

Como rasgos de deformación secundaria se observa un plegamiento muy intenso en los sedimentos con numerosos pliegues chevrón, así como fracturamiento, fallamiento, imbrincamiento y pliegues en abanico, debidos a esfuerzos de compresión que afectaron a las rocas (Lámina VII, fotos 1 y 2).

c) Ambientes de Plataforma.

Las rocas pertenecientes a este ambiente se encuentran distribuidas fuera del área de estudio hacia la porción este y noreste, sobre las plataformas de Aldama y Coahuila (figura 9).

CENOMANIANO—TURONIANO

Durante el Cenomaniano—Turoniano, el Arco Volcánico Tarahumara intensifica su actividad y las plataformas carbonatadas formadas durante el Albiano, sobre la Península o Isla de Coahuila hacia el este y la Península de Aldama hacia el norte, subsiden, y reciben gran cantidad de sedimentos terrígenos y vulcanoclásticos, originando con ello el cambio de ambientes de depósitos carbonatados con más influencia continental.

En el área de estudio continúan las condiciones sedimentarias de cuenca, que se vuelve más estrecha debido a que la plataforma carbonatada va progradando del este hacia el oeste y el Arco Volcánico Tarahumara reactiva su actividad, emergiendo en el occidente y erosionándose las rocas sedimentarias depositadas cerca del arco, que también son fuente de suministro para que la Formación Mezcalera continúe su depósito. Así como se inicia también el depósito de las formaciones Indidura y San Carlos (figura 10).

Los principales ambientes de depósito desarrollados durante este tiempo fueron: a) ambiente marino de circulación abierta, b) ambiente marino de circulación semi—restringida.

a) Ambiente marino de circulación abierta.

Este ambiente se desarrolló sobre las plataformas car-

bonatadas del Albiano. Con el levantamiento del margen noroccidental de México colindante con el Océano Pacífico, se inicia un basculamiento general de la cuenca hacia el oriente, dando origen a que ocurra con ello, la regresión marina que va a ir progradando de occidente hacia oriente, azolvándose las cuencas del norte de México a fines del Cretácico (figura 9—D).

La fuente principal de aporte en el área de estudio, tiene su origen principalmente de las rocas ígneas del Arco Volcánico Tarahumara, así como de la erosión de la secuencia sedimentaria que estaba emergiendo, debido a la continua subducción de la placa del Pacífico oriental (figura 10).

Estructuras Sedimentarias Primarias. — Las estructuras primarias en estas facies que se observaron consisten de laminaciones, microlaminaciones, algunas estructuras de carga y estratificación gradada, asociadas con las biofacies y litofacies que contienen calcisferúlidos, radiolarios calcificados, pithonellas, globigerínidos y abundantes *Inoceramus sp.* En la Sierra de Camargo los ambientes son más someros, las facies contienen mayor cantidad de terrígenos y están asociadas con bancos de ostras, en la parte inferior. Hacia la parte superior, la columna es transicionalmente calcárea, conteniendo amonitas e *Inoceramus sp.*, calcisferúlidos, radiolarios calcificados, globigerínidos y algunos gasterópodos.

b) Ambiente marino de circulación semi—restringida.

En el Cenomaniano—Turoniano, se inicia el levantamiento de las rocas sedimentarias depositadas en el Cretácico Inferior, en la porción occidental cercana al Arco Volcánico Tarahumara (figura 10). Entre la plataforma de circulación abierta, que cubrió las plataformas carbonatadas en la porción oriental, y la zona litoral, correspondiente a la tierra positiva occidental, se forma una cuenca relativamente somera y de circulación semi—restringida, donde se depositan mayor cantidad de terrígenos disminuyendo estos hacia la porción oriental (figura 9—D).

Con el inicio del levantamiento y la actividad volcánica simultánea a éste en el occidente, principia la regresión del mar hacia el oriente, y los ambientes sedimentarios cambian progradacionalmente de mar abierto a litorales y deltáicos, hasta culminar con el azolve total de las cuencas, al cierre del Cretácico Superior.

Estructuras Sedimentarias Primarias. — Las estructuras primarias que se observaron en esta secuencia son: estructuras de carga, pequeños "flute casts", surcos de corriente, turboglifos y estratificación gradada (Lámina VIII, fotos 1, 2 y 3).

TECTONICA Y SEDIMENTACION

La provincia del Mar Mexicano es el resultado de la evolución tectónica de la región. Esta cuenca de depósito se originó durante la subsidencia del basamento paleozoico constituido por rocas metamórficas, ígneas y tal vez sedimentarias. Este basamento ha sufrido varios eventos de deformación y de fracturamiento. Durante el Triásico—Temprano y Medio el complejo basal se rompió en varios fragmentos, debido a la deriva de la Placa de Norteamérica hacia el noroeste y simultáneamente a la subducción de la Placa del Pacífico oriental, al sureste. Este mecanismo tectónico se manifestó en el margen continental de México por el Arco Volcánico Tarahumara en el occidente.

El Mar Mexicano se piensa que pueda corresponder a una cuenca, de postarco, según la clasificación de Dickinson (1977), localizada hacia el oriente del arco volcánico que solamente es considerado del Triásico—Jurásico (*In*: Tovar, 1981, 1981 b). No obstante, en este trabajo, se encontraron evidencias que el magmatismo continuó durante todo el Cretácico y el Terciario.

En el Triásico Tardío y hasta el Jurásico Medio, los esfuerzos tensionales se intensifican y provocan el rompimiento del basamento, dando lugar a la formación de fosas y pilares que se rellenan con depósitos continentales de conglomerados, areniscas y limolitas con intercalaciones de rocas andesíticas, dacíticas, riolitas y tobas. Estas rocas se localizan en el Arroyo Picachos, Santa María del Oro, Dgo.

En la parte sureste, corresponden a la Formación Nazas, que aflora entre el poblado de Cinco de Mayo y San Pedro El Gallo, Dgo., en el Alto de Villa Juárez y en la porción este, en la Sierra de Atotonilco y otras localidades más pequeñas, donde también hay afloramientos de estas rocas que pueden ser equivalentes a los observados en Santa María del Oro, Dgo., (figura 10). En esta época también se inicia el desplazamiento de dos bloques mayores hacia el noreste y este que posteriormente se van a manifestar como elementos positivos en el norte y este del área. En la porción occidental, el Arco Volcánico Tarahumara se manifiesta con mayor actividad volcánica y magmática, influyendo con ello a la sedimentación en el área.

En el Jurásico Tardío se inicia la primera etapa de sedimentación marina en la localidad, ya que el fallamiento iniciado en el Triásico sigue activo; los bloques fallados

asociados con depósitos continentales continúan en subsidencia. La transgresión marina proveniente del sureste empieza a invadir los bloques hundidos, iniciándose con ello el depósito de rocas marinas, en discordancia sobre los depósitos continentales. Los bloques mayores continúan desplazándose hacia el noreste y este, manifestándose como paleoelementos positivos que constituyen a la Península de Aldama y Península o Isla de Coahuila. Cercano a estos elementos positivos se depositan sedimentos en aguas marinas someras y litorales correspondientes a las formaciones La Gloria del Oxfordiano Superior—Kimmeridgiano Inferior, y La Casita del Kimmeridgiano Superior Tithoniano (figura 10).

En Santa María del Oro e Indé se encontraron sedimentos correspondientes a esa época, depositados en aguas un poco más profundas, debido a que los bloques en esta localidad, iniciaron su subsidencia con anterioridad o fue más rápida que en los demás bloques (figura 10—3). En la porción occidental la tierra positiva continúa manifestándose con el Arco Volcánico Tarahumara, como consecuencia de la zona de subducción en el Océano Pacífico, acompañada de manifestaciones volcánicas y con el emplazamiento de varios cuerpos intrusivos que han sido reportados por diversos autores en diferentes localidades mineras de la región.

El arco volcánico sirvió como fuente de aporte de sedimentos terrígenos que se depositaron en la porción occidental del Mar Mexicano (figura 9). Eguiluz (1981), reporta un arco volcánico para el Jurásico Superior en los límites de los estados de Durango y Chihuahua con el Estado de Sinaloa.

En la parte oriental y nororiental del Mar Mexicano, la fuente de aporte proviene principalmente de los elementos positivos de la Península o Isla de Coahuila y Península de Aldama.

A partir del Jurásico Superior y el Neocomiano—Aptiano Inferior, la transgresión marina continúa y simultáneamente, la cuenca formada por el Mar Mexicano continúa en subsidencia, el fallamiento en bloques prograda hacia el este y noreste y la Península de Aldama y la Isla de Coahuila empiezan a subsidir y a ser cubiertas por el mar (figura 10—4).

En las partes cercanas a estos elementos positivos se depositan sedimentos terrígenos litorales, correspondientes a la Formación Carbonera y en plataforma abierta la Formación Taraises, que son cubiertos progresivamente por rocas calcáreas correspondientes a la Formación Cupido, en ambientes de plataforma semi—restringida y de plataforma abierta.

En la porción occidental del Mar Mexicano, que comprende el área en estudio, las condiciones son de mares abiertos, donde se inició el depósito de la Formación Mezcalera, consistente de areniscas, limolitas, lutitas y ca-

lizas arcillosas. Las localidades donde se encontró aflorando la Formación Mezcalera fueron pocas: solamente en las bases de las secciones del Valle de Olivos, Chih., Arroyo el Carrasco, Chih., y Carretera La Zarca—El Palmito, Dgo.

En las partes marginales del arco volcánico Tarahumara, hacia el este, debió existir una franja donde se depositaron sedimentos litorales y continentales, los cuales deben encontrarse cubiertos por rocas extrusivas o bien, fueron erosionados en el Cretácico Tardío.

Durante el Aptiano Tardío y el Albiano, la cuenca de depósito sufre una subsidencia mayor, tal vez, debido al desplazamiento de los bloques del basamento hacia el oriente; la transgresión marina se intensifica en el Aptiano Tardío, dando lugar a que la plataforma semi—restringida y abierta que se encuentra hacia el este y noreste, donde se depositó la Formación Cúpido, sea transgredida y se depositen sobre ella sedimentos calcáreos, arcillo—calcáreos, arcillosos y limo—arenosos, con nódulos y bandas de pedernal, correspondientes a la Formación La Peña, sobre los elementos positivos sepultados por facies marinas, litorales y de ambientes mixtos y fluviales de la Formación Las Uvas (figura 10—5).

En la porción occidental se sigue manifestando el Arco Volcánico Tarahumara y continúa aportando hacia el este sedimentos arenosos, arcillo—calcáreos, limosos y arcillosos, que se depositan en una cuenca de aguas más profundas con amonoideos y microfauna del Aptiano Superior; por lo que, aparentemente, estas rocas de la Formación Mezcalera cambian de facies con la Formación La Peña; hacia el este y noreste del Mar Mexicano.

Para el Albiano, nuevamente se desarrollan plataformas carbonatadas sobre los paleo—elementos, y en las márgenes de ellos, existiendo una época de estabilidad tectónica que da lugar al crecimiento de bancos arrecifales, depósitos de fangos calcáreos, calcarenitas y evaporitas, en ambientes de plataforma abierta, semi—restringida y restringida, que dan lugar a las formaciones Aurora y sus equivalentes Paila, Acatita, Viesca y Treviño.

En la porción que comprende el área de estudio, se encuentran rocas del Albiano, constituidas por areniscas, limolitas, margas, lutitas, lutitas calcáreas y calizas arcillosas, contienen microfauna retrabajada y fauna pelágica asociadas en algunas localidades con depósitos de turbiditas.

Las rocas correspondientes a esta edad, se encuentran casi en todas las secciones estratigráficas medidas en el área, y afloran, de norte a sur, en Sierra La Mezcalera (Arroyo el Taray), la parte occidental del Río Conchos, Arroyo el Carrasco, Valle de Olivos, parte occidental del Ejido de Canutillo, Arroyo Los Pozos, Camino Villa Hidalgo—San Fermín, Camino La Zarca—El Palmito y San Francisco de Asís.

Estos sedimentos fueron depositados en una cuenca que existió entre las plataformas de Coahuila y Aldama en el este y noreste, y el Arco Volcánico Tarahumara, hacia el occidente, existiendo un cambio de facies de la Formación Aurora de plataforma, con la Formación Mezcalera de cuenca (figura 10—5).

En la porción occidental el Arco Volcánico Tarahumara se siguió manifestando, la actividad volcánica migrando, al parecer, hacia el pacífico, formándose un arco volcánico marino, ocasionando que, entre el Arco Volcánico Tarahumara con poca actividad volcánica y el arco marino se depositaran sedimentos vulcanoclásticos y arrecifales de la Formación Alisitos (figura 10—5). En la porción noreste y este del Arco Volcánico Tarahumara, también debieron existir condiciones litorales donde se depositaron carbonatos de ambientes someros intercalados con sedimentos vulcanoclásticos, ya que en las areniscas de la cuenca, se encuentran sedimentos retrabajados de este tipo que debieron provenir de ese sitio.

Al finalizar el Albiano, la actividad ígnea se intensifica y afecta a la secuencia sedimentaria, ya que en la sección medida en el Arroyo El Carrasco, Chih., se encontró un sill de andesita porfídica que por K/Ar es de 100 ± 6 m.a. (Límite Albiano—Cenomaniano).

Para el Cenomaniano—Turoniano, la cuenca en general comienza a sufrir basculamiento hacia el oriente, causado tal vez por el cambio en la inclinación de la placa en subducción que ocasiona que el arco volcánico migre hacia el este, ocasionando con ello un intenso levantamiento y erosión de las rocas sedimentarias e ígneas del Complejo Volcánico Tarahumara (figura 10—6).

En la porción oriental de la cuenca, y sobre las plataformas carbonatadas, se inicia el depósito de sedimentos calcáreo—arcillosos, arcillosos y arenosos que constituyen a las formaciones Indidura y Ojinaga de ambiente de mar abierto relativamente profundo, depositadas sobre las plataformas calcáreas que, al mismo tiempo, progradan hacia el este (figura 13—D). En el área de estudio, la Formación Ojinaga aflora en la Sierra de Camargo, y la formación Indidura en las sierras El Pajarito, Bahues, Enmedio, Tinaja y del Mimbres.

Hacia el occidente estas formaciones cambian de facies con la Formación Mezcalera (figura 10—6), la cual se depositó para esta época en una cuenca o subcuenca, que quedó como remanente durante el Albiano, y que migró hacia el este, por la influencia del Arco Volcánico Tarahumara, que emergió, causando el plegamiento y fallamiento de las rocas sedimentarias, asociadas; sirviendo de fuentes de aporte a la secuencia estratigráfica del Cretácico Superior.

En el área de estudio, el último evento sedimentario marino y mixto, ocurrió durante el Cenomaniano—Turoniano, en la porción este del área (Sierra La Mezca-

lera, Arroyo el Taray; Arroyo el Carrasco y Camino Villa Hidalgo—San Fermín). En la porción oeste del área no se encontraron rocas del Cretácico Superior, debido a que en esta época ya no existió este tipo de depósito, porque la franja occidental se levantó gradualmente y la sedimentación marina y mixta progradó hacia el oriente.

Los ambientes sedimentarios también progradaron de oeste hacia el este, pasando de cuenca a plataforma abierta, de plataforma a litoral y de litoral a fluvial deltáico, correspondientes a las formaciones San Carlos y Difunta, que cierran el ciclo sedimentario del Cretácico Superior en el área.

Tardy (1975) en un estudio que hizo de las rocas del Cretácico Superior, llamó “facies flysch” a las formaciones Indidura y Difunta, en Coahuila y Zacatecas y encontró que los clastos de las areniscas son producto de erosión de las rocas anteriores al Cenomaniano; incluyendo abundantes fragmentos de rocas volcánicas de tipo andesítico, dacítico y riolítico, asimismo fragmentos de origen sedimentario y cuarzo de origen metamórfico. El supone que estos detritos tuvieron su fuente de aporte, de una tierra positiva que existió en la actual Sierra Madre Occidental, lo cual fue evidente en el presente trabajo, ya que, los fragmentos derivados de rocas volcánicas debieron provenir del Arco Volcánico Tarahumara, y los clastos de rocas sedimentarias provienen de las facies sedimentarias de la franja occidental, y el cuarzo metamórfico, de los esquistos del Paleozoico.

La actividad volcánica y magmática continuó desarrollándose durante el Cretácico Tardío, afectando a la secuencia sedimentaria de la Formación Mezcalera. En la sección Valle de Olivos, Chih., se encontró un sill de Andesita porfídica, datado por K/Ar, es de 76 ± 6 m.a. (límite Santoniano—Campiano). En la sección del Arroyo Picacho, también se encuentra otro dique de Andesita porfídica de 70 ± 6 m.a. (Campaniano Superior), y otro de basalto andesítico alterado de 80 ± 6 m.a. (Santoniano Medio), también por K/Ar.

La emersión continua del Arco Volcánico Tarahumara, generó esfuerzos compresionales de oeste—suroeste a este—noreste, iniciándose con ello el periodo de deformación denominado Orogenia Laramídica, que actuó desde el Cretácico Tardío hasta el Eoceno Tardío, Tovar (*op. cit.*), atribuye este fenómeno compresivo, debido al acortamiento continuo de la corteza continental, por la subducción de la placa oceánica del pacífico oriental debajo de la Placa de Norteamérica, actuando localmente de contrafuerte en el área de estudio, la Paleo—Península de Aldama y la Paleo—Isla o Península de Coahuila. Coney (1983), interpreta que la deformación laramídica en México y América del Sur se inició con la acreción de los arcos submarinos contra los márgenes continentales. Esta acreción, según él, fue seguida por un cambio de polari-

dad en la subducción, creando una fosa sobre el lado suroeste del arco, durante la Orogenia Laramide.

En este periodo de emersión y deformación tectónica, la secuencia sedimentaria de la Formación Mezcalera fue deformada y fallada más intensamente que las rocas carbonatadas depositadas sobre las plataformas por diferencia de competencia entre ellas, ya que los sedimentos de la Formación Mezcalera son más plásticos que los que se encuentran sobre las plataformas. Debido a la dirección de los esfuerzos, del oeste—suroeste al este—noreste, la Formación Mezcalera cabalgó sobre las rocas del Cretácico que se encuentran sobre las plataformas, por lo cual, no se han podido observar claramente los cambios de facies transicionales que deben de existir entre la cuenca hacia las plataformas calcáreas.

En el Eoceno Tardío culmina la Orogenia Laramide, con lo cual finaliza la deformación de las rocas depositadas en la cuenca del Mar Mexicano. Coney (*op. cit.*), atribuye el final de este periodo deformativo a un cambio brusco en el movimiento absoluto de la placa del Pacífico, de norte a noreste; por una disminución del movimiento relativo, entre la placa de Farallón y la placa de América del Norte, lo cual sucedió hace más o menos 44 millones de años. Después del evento tectónico laramídico siguió otro distensivo, formándose una serie de fosas y pilares como consecuencia del reacomodo del basamento, acompañada esta etapa tafrogénica con la erosión de las rocas deformadas, que dan origen a los depósitos continentales de la Formación Ahuichila (Oligoceno—Mioceno Inferior), que se encuentran aflorando regionalmente hacia el este y sureste del área.

Durante el Terciario continuó el vulcanismo que originó el desarrollo de la actual Sierra Madre Occidental, Demant y Robin (1975), relacionan al vulcanismo del Terciario de la Sierra Madre Occidental, en tres fases volcánicas mayores que sucedieron en diferentes épocas, de acuerdo a su etapa geodinámica. En el Eoceno—Oligoceno, la actividad volcánica máxima es a nivel de Cordillera Andesítica, con migración de los cuerpos intrusivos hacia el este. En el Mioceno, abundantes emisiones ignimbríticas a lo largo de la costa occidental y, finalmente, en el Plioceno y Cuaternario, emisiones de basaltos alcalinos, cubriendo a las ignimbríticas y relacionados con la formación de los bolsones, que son originados por una fase distensiva plio—cuaternaria. Estos bolsones se encuentran actualmente rellenos por fuertes espesores de sedimentos fanglomeráticos, como producto de la erosión de las rocas pre—existentes que los circundan.

CONCLUSIONES

De acuerdo al estudio realizado y en base a los resultados obtenidos, se concluye lo siguiente:

1. Se postula al occidente del área un paleoelemento positivo denominado "Arco Volcánico Tarahumara".
2. Hacia la porción occidental del Mar Mexicano la sedimentación estuvo regulada desde el Jurásico Superior al Cretácico Superior por el "Arco Volcánico Tarahumara", mientras que al oriente lo fueron las penínsulas de Coahuila y Aldama.
3. De acuerdo a estudios radiométricos realizados en una muestra ígnea intrusiva (pórfido—monzonítico) en Hidalgo del Parral, Chih., reportada por otros autores, se concluye que las rocas sedimentarias aflorantes en Hidalgo del Parral, corresponden a la Formación Mezcalera.
4. Se aplica el término Formación Mezcalera a la secuencia de rocas consideradas como Grupo Mezcalera.
5. Se establece una edad a la Formación Mezcalera de acuerdo a estudios de microfauna y macrofauna del Neocomiano al Cenomaniano—Turoniano.
6. Las rocas de la Formación Mezcalera fueron depositadas en una cuenca, limitada hacia el Este y Noreste por la Península de Aldama y la Isla o Península de Coahuila; hacia el Occidente la limitó una tierra positiva afectada por un arco volcánico que se empezó a manifestar posiblemente a partir del Triásico Superior.
7. La secuencia sedimentaria de la Formación Mezcalera es variable litológicamente, en la parte occidental es más arenosa, con lutitas y limolitas; en la porción central las rocas son limolitas, lutitas y margas con algunas calizas intercaladas y en la parte este y noreste cambian a calizas arcillosas y arenosas con intercalaciones de lutitas y limolitas.
8. Durante el tiempo en que se depositó la Formación Mezcalera existió actividad volcánica, constituida principalmente por rocas ígneas de composición intermedia.
9. La Formación Mezcalera representa un cambio de facies de sedimentos, depositados en los bordes de los elementos positivos y plataformas en la parte noreste y este, hacia los depositados en la porción occidental del Mar Mexicano.
10. Las facies de la Formación Mezcalera, en la franja occidental, corresponden al Neocomiano—Albiano, mientras que hacia la porción oriental son del Aptiano—Turoniano.
11. La Cuenca del Mar Mexicano debió prolongarse hacia la porción sureste conectándose con la cuenca mesozoica del Centro de México.
12. Las edades determinadas por geocronometría a las rocas ígneas que se encontraron dentro de la Formación Mezcalera varían del Cretácico Inferior al Superior.

BIBLIOGRAFIA

- AGUILERA, J.G. y ORDOÑEZ, E., 1983. Datos para la Geología de México: México, D.F., Imprenta Cosmos, p. 87.
- ALBA, P.J.A., 1965. Estudio Geológico Preliminar del Distrito Minero de Indé. Estado de Durango. ESIA—IPN, *Tesis Profesional*. Inédito.
- ALLISON, E.C., 1964. Geology of Areas Bordering the Gulf of California. *Am. Assoc. Petr. Geol. Mem.* No. 3.
- ANGERMANN, E., 1907. Explicación del Plano Geológico de la Región de San Pedro del Gallo, Durango: *Inst. Geol. México*. Parergones, t—2, pp. 5—14.
- ARAUJO, M.J., y MARTINEZ, C.A., 1981. Estudio Estratigráfico—Sedimentológico del Neocomiano, Prospecto Tlahualilo—La Zarca, Durango y Chihuahua; Instituto Mexicano del Petróleo. Subdirección de Tecnología de Exploración. Proyecto C—1101. Informe Inédito.
- BERTRAND C.R., 1983. Reporte CBCB/844 Sobre 3 Muestras de Aceites del Pozo Durango No. 1, Estado de Durango, Laboratorio de Geoquímica, IMP, Inédito.
- BUELNA, R.F., 1897. Itinerarios Geológicos: Estados de Durango, Chihuahua, Sonora y Sinaloa: *Inst. Geol. México*, Bol. 4—6, pp. 19—29.
- BURCKHARDT, C., 1910. Estudio Geológico de la Región de San Pedro del Gallo, Durango: *Inst. Geol. México*, Parergones, t—3, pp. 307—357.
- CANTU—CH., C.M., 1974. Una Nueva Localidad del Cretácico Inferior en México, Subdirección de Tecnología de Exploración, *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, Vol. VI, No. 4 pp. 51—55.
- y MARTINEZ, C.A., 1980. Estudio Estratigráfico—Sedimentológico de las Rocas del Albiano—Cenomaniano en el Area de Jiménez, Chihuahua: Instituto Mexicano del Petróleo. Subdirección de Tecnología de Exploración. Proyecto C—1089. Informe Inédito.
- y HERNANDEZ, G.M., 1981. Estudio Estratigráfico—Sedimentológico de Rocas Sedimentarias del Albiano—Cenomaniano al NW de Torreón, Coah.: Instituto Mexicano del Petróleo, Subdirección de Tecnología de Exploración. Proyecto C—1100. Informe Inédito.
- CARRASCO, C.M.L., 1980. Carta y Provincias Metalogenéticas del Estado de Durango, México. *Consejo de Recursos Minerales*.
- CLEMONS, R.E., Mc LEROY, D.F., 1965. Resumen de la Geología de la Hoja Torreón, Estados de Durango y Coahuila. *Univ. Nal. Autónoma México, Inst. de Geología*. Carta Geológica de México. Serie de 1:100,000. (Hoja 13R—1(1)).
- Comisión Americana de Nomenclatura Estratigráfica, 1983. Código Estratigráfico Norteamericano. 1a. Ed. actualizada en castellano, 1984 por Ing. D.A. Córdoba y Dr. Zoltan De Cserna.
- CONGIT, 1979. Estudio Geológico del Prospecto Nazas: Edo. de Durango, NE—M 1638. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- 1980. Estudio Geológico del Prospecto La Zarca; Estados de Durango y Chihuahua. NE—M 1673. Petróleos Mexicanos. Inédito.
- CONEY, P.J., 1983. Un Modelo Tectónico de México y sus Relaciones con América del Norte, América del Sur y el Caribe. *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, Vol. 15, No. 1: 6—15.
- CSERNA, Z. De, 1976. Geology of the Fresnillo Area, Zacatecas. México. *Geol. Soc. Am. Bull.* Vol. 87, pp. 1180—1190.
- DEMANT, A. y ROBIN, C., 1975. Las Fases del Vulcanismo en México: una Síntesis en Relación con la Evolución Geodinámica desde el Cretácico, *Revista del Instituto de Geología*, UNAM No. 1, pp. 70—82.
- DICKINSON W.R., 1974. Tectonics and Sedimentation, *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists*. Special Publication No. 22, Tulsa, Oklahoma, USA.
- And YARBOROUGH, H. 1977. Plate Tectonics and Hydrocarbon Accumulation. A.A.P.G., Continuing Education Course. Note Series No. 1.
- DUNHAM, J.R., 1962. Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture. In: Ham, W.E., ed., *Classification of Carbonate Rocks*. *Am. Assoc. Petroleum. Geol. Mem.* 1, pp. 62—84.
- EGUIHUZ, de A.S., 1976. Estudio Geológico del Prospecto Buendía. Informe Inédito No. NE—M 1417. Petróleos Mexicanos.
- 1981. XII Excursión de Geología Superficial. Superintendencia General de Distritos de Exploración, Zona Noreste, Petróleos Mexicanos. Inédito.
- ENCISO, de la V.S., 1963. Resumen de la Geología de la Hoja Nazas, Estado de Durango. *Univ. Nal. Autónoma México, Inst. de Geología*, Carta Geológica de México. Serie de 1:100,000. Hoja 13R—k(6).
- FLORES, L.R., PACHECO, G.C., CASTRO, M.R. y GOMEZ, G.M.A., 1981. Estudio Tectónico—Estructural a partir de Imágenes de Satélite del Estado de Chihuahua y Norte de Durango. IMP, Subdirección de Tecnología de Exploración. Proyecto C—1124, Inédito.
- FOLK, R.L., 1969. Petrología de las Rocas Sedimentarias. Traducción de Schlaepfer, C.P. y Schmitter, R.M. *Univ. Nal. Autónoma México. Inst. de Geología*, pp. 406.
- FYSPSA, 1979. Estudio Geológico del Prospecto Lago Toronto, Estado de Chihuahua. Informe NE—M 1601. Petróleos Mexicanos, Inédito.
- 1980. Estudio Geológico del Prospecto Allende, Estado de Chihuahua. Informe NE—M 1671. Petróleos Mexicanos, Inédito.
- GARZA, G.R., 1971. (a). Consideraciones Paleogeográficas y Posibilidades Petrolíferas del Jurásico Superior en el Noreste de México, No. NE—M 1180. Petróleos Mexicanos, Informe Inédito.
- 1971. (b). Estudio Geológico del Prospecto San Pedro del Gallo, Estado de Durango y Coahuila. Informe No. NE—M 1240. Petróleos Mexicanos, Inédito.
- HERNANDEZ, C. ALCIDES, 1977. Estudio Geológico del Prospecto "Ciudad Delicias", Chih., No. NE—M 1506. Petróleos Mexicanos, Informe Inédito.
- HOLGUIN, Q.N., 1978. Estudio Estratigráfico del Cretácico Inferior en el Norte de Sinaloa, México. *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, Vol. X, No. 1, pp. 5—13.
- HUMPHREY, E.W. and DIAZ, G.T., 1956. Jurassic and Lower Cretaceous Stratigraphy and Tectonics of Northeast México. Informe Inédito. NE—M 799. Petróleos Mexicanos.
- IMLAY, R.W., 1940. Neocomian Faunas of Northern México: *Geol. Soc. America Bull.*, Vol. 51 pp. 117—190.
- IMP, 1983. Laboratorio de Geoquímica, Reporte Geoquímico del Pozo Durango, Estado de Durango, Intervalo 3090—3120 m. Inédito.
- JOHNSON, D.W., 1902. On Some Jurassic Fossils from Durango, México: *American Geologist*, Vol. 30, No. 6, pp. 370—372.
- KELLUM, L.B., 1932. Reconnaissance Studies in the Sierra de Jimulco, México, *Geol. Soc. America Bull.*, Vol. 43, pp. 541—564.
- , IMLAY, R.W. and KANE, W.G., 1936. Evolution of the Coahuila Peninsula. México, part I: *Geol. Soc. America Bull.* Vol. 47, pp. 969—1008.
- , 1936. Geology of the Mountains West of the Laguna District. *Geol. Soc. America Bull.*, Vol. 47, pp. 1039—1090.
- , 1944. Geologic History of Northern México and its Bearing on Petroleum Exploration: *American Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, Vol. 28, No. 3, pp. 301—325.
- LEYVA, U.S., 1971. Evaluación Geológico—Petrolera. Prospecto Tlahualilo—Zaragoza. Inf. Inédito NE—M 1236. Petróleos Mexicanos.
- LOZANO, R.F., 1975. Evaluación Petrolífera de la Península de Baja

- California, México. *Bol. Asoc. Mex. Geól. Petr.*, Vol. XXXVII, No. 4—6, pp. 329.
- MARTINEZ, C.A., REYES, B.G., y HERNANDEZ, G.M., 1982. Estudio Estratigráfico—Sedimentológico del Albiano—Cenomaniano. Prospecto Mercurio, Area Jiménez, Chihuahua: Instituto Mexicano del Petróleo, Subdirección de Tecnología de Exploración. Proyecto C—1118, Informe Inédito.
- MELO, M.I., 1972. Geología Minera de la Región Valle de los Olivos, Municipio de Valle de Rosario, Chih. *ESIA—IPN*. Tesis Profesional Inédito.
- PANTOJA, A.J., 1963. Resumen de la Geología de la Hoja San Pedro del Gallo, Estado de Durango. *Univ. Nat. Autón. México, Inst. de Geología*. Carta Geológica de México. Serie de 1:100,000. Hoja 13R—K (3).
- PETTIJOHN, F.J., y POTTER, P.E., 1964. *Atlas and Glossary of Primary Sedimentary Structures*. Springer—Verlag. New York, pp. 370.
- PETROLEOS MEXICANOS, 1981. Evaluación Petrolera de la Porción Norte del Mar Mexicano, Estado de Durango, XII Excursión de Geología Superficial, Superintendencia General de Distritos de Exploración, Zona Noreste. Inédito.
- POTTER, P.E., MAYNARD, J.B., y PRYOR, W.A., 1980. *Sedimentology of Shale*. Study Guide and Reference Source. Springer—Verlag, New Youk Heidelberg Berlin, pp. 310.
- QUINTAL, P.A.J., 1980. Informe Geológico del Prospecto "Las Pampas—Camargo" y Area La Mezcalera. Estado de Chihuahua. NE—M 1604. Petróleos Mexicanos. Informe Inédito.
- SERVICIOS GEOLOGICOS, S.A., 1982. Estudio Geológico del Prospecto Valle de Zaragoza, Estado de Chihuahua. Petróleos Mexicanos, Inédito.
- TARDY, M. y MAURY, R., 1973. Sobre la Presencia de Elementos de Origen Volcánico en las Areniscas de los Flysch de Edad Cretácico Superior de los Estados de Coahuila y Zacatecas, México. *Soc. Geol. Mexicana.*, Bol. V—34, 1 y 2: 5—12.
- TOVAR, R.J.C., 1981 (a). Provincias con posibilidades petroleras en el Distrito Chihuahua. AMGP, Vol. 33—1: 25—51, 14 figuras.
- 1981 (b). XII Excursión de Geología Superficial, Superintendencia General de Distritos de Exploración, Zona Noreste, Petróleos Mexicanos. Inédito.
- VARGAS, L.M., 1981. Estudio Geológico Minero del Distrito Minero de Indé, Dgo. *Fac. de Ingeniería, UNAM*. Tesis Profesional. Inédito.
- VERGARA, S. M.A., 1973. Estudio Geológico del Prospecto Camargo (Porción Oriental) Estado de Chihuahua, Informe Inédito No. NE—M 1346. Petróleos Mexicanos.

LAMINA I

SANTA MARIA DEL ORO, DGO. (Arroyo de Picachos)

1. Esquisto de mica, foliado, constituido por muscovita, cuarzo, oligoclasa, clorita, magnetita y hematita. Forman el basamento de la columna. Edad determinada por K/Ar 326 ± 26 M.A. (Carbonífero Tardío).
2. Esquisto verde de mica y anfíbolos, constituidos por: muscovita, anfíbolos, cuarzo, oligoclasa, clorita, magnetita y hematita; estos esquistos son masivos y se encuentran en la misma posición que los anteriores. Edad igual a la anterior.
3. Andesita porfídica que se presenta como sill entre los esquistos, está constituida por: fenocristales de plagioclasas sódicas, incluidas en una matriz de la misma composición. Edad determinada por K/Ar 70 ± 6 M.A. (Cretácico Tardío).

LAMINA I

1



2



3



LAMINA II

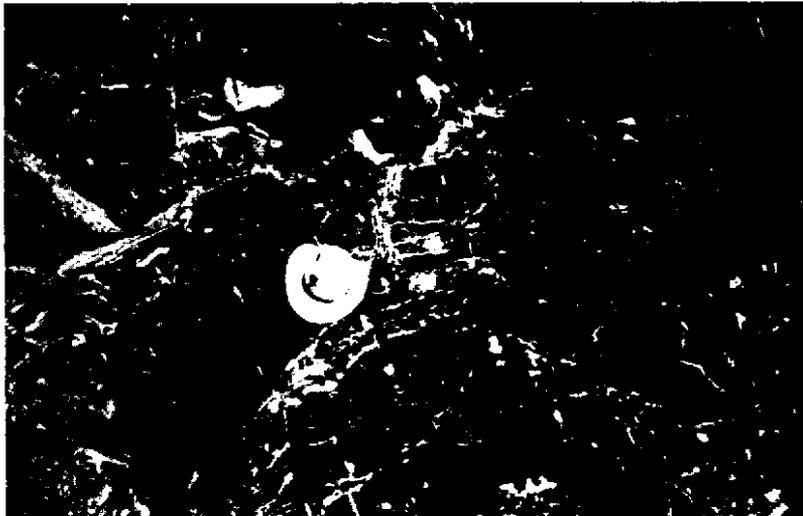
SANTA MARIA DEL ORO, DGO. (Arroyo de Picachos)

1. Conglomerado polimígtico, estratificado, constituido por fragmentos de roca volcánica, pedernal, caliza recristalizada, se encuentran en una matriz arenosas y cementados por sílice (Triásico—Jurásico Medio).
2. Andesita de Augita, con textura porfídica y matriz microlítica, está constituida por plagioclasas sódicas muy alteradas, piroxenos (augita), en una matriz microlítica de feldespatos y plagioclasas. Este cuerpo de andesitas se encuentra intercalada con los conglomerados. Edad Radiométrica 118 ± 9 M.A. (Cretácico Temprano).
3. Conglomerado polimígtico arenoso, en cuerpos masivos, se encuentra constituido por cantos rodados derivados de roca volcánica, cuarzo, pedernal, limolita, arenisca y roca metamórfica en una matriz arenosa y con cementante silíceo (Triásico—Jurásico Medio).

1



2



3



LAMINA III

ACANTILADOS PORCION OCCIDENTAL RIO CONCHOS (Formación Mezcalera)

1. Estructuras de carga (c), "boudinage" (b), se encuentran en calizas arenosas intercaladas con capas delgadas de areniscas (a).
2. Estructuras de surcos causadas por corrientes (s), en areniscas calcáreas; se desarrollan en ambientes de taludes.
3. Estructuras de calcos de surcos (c) en areniscas calcáreas; la dirección de la corriente fue de izquierda a derecha.



1



2



3

LAMINA IV

ARROYO DE CARRASCO, CHIH.

(Formación Mezcalera)

1. Afloramiento de calizas arcillosas en capas de estratificación mediana, intercaladas con capas delgadas de lutitas y limolitas, se observan numerosos pliegues chevrón en la parte inferior de la fotografía.
2. Deformación intensa que afecta a las rocas de la Formación Mezcalera, obsérvense los pliegues chevrón, recostados, cabalgados y sobrepuestos; las calizas arcillosas se encuentran intercaladas con lutitas y limolitas de color amarillento.
3. Calizas arenosas en capas de estratificación media y delgada, intercaladas con cuerpos de calizas arcillosas y lutitas en capas de estratificación delgada y laminar. Espesor de las capas más gruesas 50 cm.



2

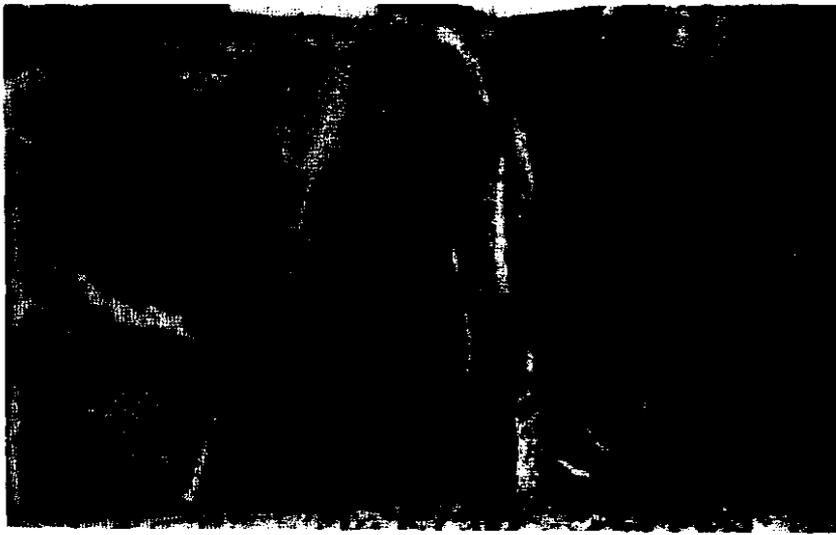


3

LAMINA V

ARROYO DE CARRASCO, CHIH. (Formación Mezcalera)

1. Areniscas calcáreas con canales de corte y relleno, formados en ambiente de talud; obsérvese la laminación en el relleno del canal.
2. Areniscas calcáreas con laminación fina deformada que se encuentra en depósitos de turbiditas.
3. Capas delgadas y medianas de areniscas calcáreas, intercaladas con cuerpos de lutitas y limolitas en estratos laminares, las capas se encuentran con echados casi verticales.



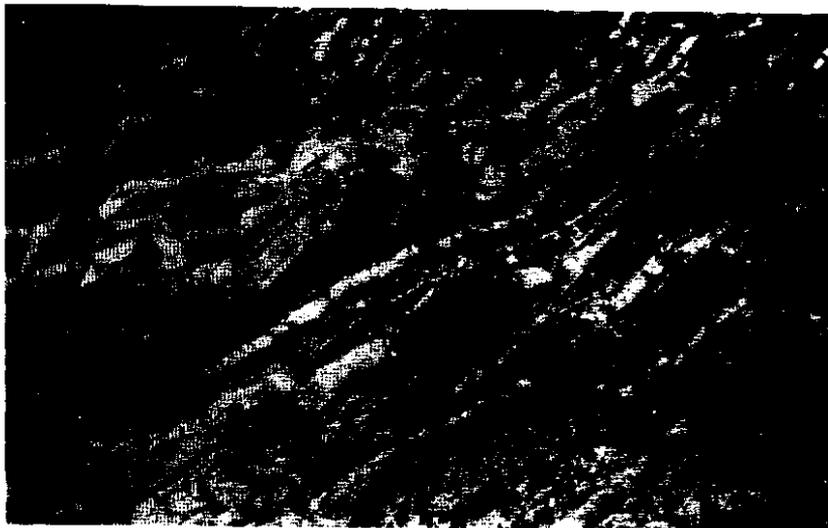
1

Canales de corte y relleno



2

Laminación fina deformada
(Turbidita distal)



3

LAMINA VI

ARROYO DE CARRASCO, CHIH. (Formación Mezcalera)

1. Capas verticales medianas constituidas por grainstone de intraclastos y bioclastos, donde se encuentran las estructuras sedimentarias primarias observadas en las fotos inferiores.
2. Estructuras sedimentarias primarias "calcos de flujo" formados en taludes por corrientes de turbidez; la dirección de la corriente está indicada por la flecha.
3. Estructuras sedimentarias primarias similares a las anteriores, los lóbulos son mayores que los de la fotografía superior; obsérvese la dirección de la corriente indicada por la flecha.

1



2



Flute Casts

3



Flute Casts

LAMINA VII

CAMINO LA ZARCA—EL PALMITO, DGO. (Formación Mezcalera)

1. Areniscas de grano fino, limolitas y escasas calizas arcillosas, se encuentran en capas con estratificación delgada y laminar.
2. Estructuras sedimentarias, en sedimentos plásticos limo—calcáreos deformados por esfuerzos compresionales.
3. Rizaduras de fondo en rocas limo—calcáreas de estratificación delgada.



1



2

Estructuras distorsionadas
por esfuerzos compresionales



3

Rizaduras de
fondo

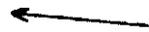
LAMINA VIII

SIERRA DEL MIMBRE, DGO. (Formación Indidura)

1. Pequeños “calcos de flujo” desarrollados por corrientes en talud (Formación Indidura), dirección de la corriente indicada por la flecha.
2. Moldes de surcos por corrientes, formados también en ambiente de talud, en las areniscas de la Formación Indidura. Dirección de la corriente indicada por la flecha.
3. Turboglifos formados en ambiente de talud. Obsérvese la dirección de la corriente indicada por la flecha (Formación Indidura).

1

Pequeños
Flute Casts



2

Surcos de
Corriente



3

Turbogli fos

