

ESTUDIO PETROGENETICO DE LAS ROCAS IGNEAS EN LAS FORMACIONES HUIZACHAL Y NAZAS

Manuel López Infanzón*

RESUMEN

La petrología y radiometría de muestras colectadas en trece localidades de "lechos rojos" que afloran en el Noreste de México, revelan dos ciclos de sedimentación continental durante el Mesozoico, que son petrogenéticamente distintos.

El primer ciclo corresponde a la Formación Huizachal, la cual fue depositada en el Triásico Tardío. Su petrogénesis, indica la erosión de rocas del basamento y el depósito en fosas tectónicas generadas durante las etapas tempranas de disgregación de la Pangea en el sector sur-oriental del Cratón de Norteamérica. Esta Formación incluye a las "capas rojas" del Anticlinorio de Huizachal—Peregrina y Miquihuana, Tam., Cañón El Alamar y SW de Galeana, N.L. y El Jabalí, Coah.

El segundo ciclo está definido por la Formación Nazas que es una secuencia vulcanosedimentaria continental, depositada en el Jurásico Medio. Sus etapas tardías de depósito estuvieron asociadas a fallamientos y magmatismo, durante las cuales, partes de esa secuencia experimentaron cataclásis progresiva y efectos térmicos que fueron el motivo, se les considerara hasta antes del presente trabajo, como unidades metamórficas en el Sector Transversal de Parras y en el NE del Estado de Zacatecas.

En base a datos petrológicos, radiométricos y a sus relaciones estratigráficas, se propone considerar como parte de la Formación Nazas, a las siguientes unidades: la secuencia de "lechos rojos" sobre la que descansa la columna post-oxfordiana en el Sector Transversal de Parras (S. El Número y S. Jimulco); la Formación Rodeo (Rogers *et al.*, 1961) que es una secuencia de derrames y tobas andesíticas (183 ± 8 m.a.), el "Esquisto Caopas" (Rogers *et al.*, *op. cit.*) que corresponde a una intrusión granítico-diorítica cataclástica; y las "capas rojas" que suprayacen a la Formación Zacatecas en la Sierra de Catorce, S.L.P.

En base a su petrología se propone también considerar como parte de la Formación Taray a la secuencia que Córdoba (1964) describiera como la base de la Formación Rodeo, al NE de Caopas, Zac.

Las observaciones geológicas realizadas, permiten interpretar que el Altiplano y Sierra Madre Oriental, tienen una historia geológica común ligada al Cratón de Norteamérica desde el Proterozoico Tardío.

ABSTRACT

Petrologic and geochronometric studies of samples collected in thirteen sites where red beds outcrop in North-eastern Mexico, reveal two petrogenetically distinctive continental sedimentary cycles during the Mesozoic.

The first cycle is the Huizachal Formation deposited in the Late Triassic. Erosion of basement rocks and deposition in rift basins formed during the early phases of the Pangea break up, are indicated by its petrogenesis. This formation, involves red beds exposed in the Huizachal—Peregrina Anticlinorium and Miquihuana, Tam., El Alamar Canyon and SW of Galeana, N.L., and El Jabalí, Coah.

The second cycle is defined by the Nazas Formation; it consists of a vulcanosedimentary sequence deposited in the Middle Jurassic. Late cycles of sedimentation were associated to faulting and magmatism; so in parts, this sequence suffered progressive cataclasis and thermic effects that caused it to be considered previously as metamorphic units in the Sector Transversal de Parras and Northeastern Zacatecas.

Petrology, K—Ar data and stratigraphic relationships lead to propose the next units to be included in the Nazas Formation; the red beds underlying post-oxfordian rocks in the Sector Transversal de Parras (El Número and Jimulco areas); the Rodeo Formation (Rogers *et al.*, 1961) consisting of interbedded andesite flows and tuffs (183 ± 8 m.y.); a cataclastic granitic-dioritic hypabissal intrusive first described as the "Caopas Schist" (Rogers *et al.*, *op. cit.*) and red beds overlying the Zacatecas Formation in the Sierra de Catorce, S.L.P.

The petrologic data lead to consider the basal portion of the Rodeo Formation, first described by Córdoba (1964) to the Northeast of Caopas, Zac., as a part of the Taray Formation.

The geological observations made, suggest that the Altiplano and the Sierra Madre Oriental have a historical geology linked to the North American Craton since the Late Proterozoic.

*Subdirección de Tecnología de Exploración, Instituto Mexicano del Petróleo

INTRODUCCIÓN

El depósito de secuencias de "capas rojas" ocurre en diversos ambientes continentales. Los procesos que influyen en este tipo de sedimentación son varios y el análisis de uno de ellos, el vulcanismo, permite interpretar los eventos magmáticos y su relación con la evolución geodinámica de una región. Este estudio fue realizado con la información obtenida de afloramientos de trece localidades de la porción nor—oriental de la República Mexicana (figura 1).

Los primeros estudios relacionados con rocas continentales del Triásico, fueron realizados por Seemes (1921) e Imlay (1948) en el área de Huizachal-Peregrina, Tam. Posteriormente, Carrillo—Bravo (1961) estudió detalladamente estas rocas y su relación con unidades paleozoicas y del basamento de ese sector. Por otro lado, las rocas pre—oxfordianas en el Sector Transversal de Parras, han sido motivo de estudios estratigráficos (Rogers *et al.*, 1961; Córdoba, 1964), petrológicos (Fries y Rincón—Orta 1967; López Infanzón, *et al.*, 1984). Estudios estratigráficos y geocronométricos han sido realizados por Fries (1962), Fries y Rincón—Orta (1965), Denison (1971), DeCserna (1977), Garrison (1980) y Mugica y Jacobo (1983). Otros estudios describen las características estratigráficas y estructurales de las rocas mesozoicas marinas (Carrillo—Bravo, 1968, 1971; Tardy, 1972, 1973, 1974; Hermoso de la Torre, 1970; Palazuelos, 1970; Vollbrecht-Hausen, 1970; Rodríguez—Cardona, 1971; Martínez—Pérez, 1972; Ramos—Aracén, 1984; y Eguiluz, 1984, entre otros).

Este estudio tiene por objeto conocer las características petrogenéticas de los "lechos rojos" mesozoicos y aquellas unidades que se relacionan estratigráficamente con estas rocas.

ESTRATIGRAFÍA

PRECÁMBRICO

GNEIS NOVILLO (Fries y Rincón—Orta 1962). — Esta unidad aflora en los Cañones de Novillo, Peregrina y Caballeros del Anticlinorio de Huizachal-Peregrina. En el rancho El Asbesto (Cañón Novillo) le sobreyace en contacto tectónico, el Esquisto Granjeno; en el Cañón de La Peregrina es intrusado por un granito alcalino, y un sistema de diques serpentizados con una orientación NW—SE corta estas rocas en el área.

Su petrología, consiste de ortogneises granulíticos de grano grueso y estructura bandeada uniforme, asociados con gneises cuarzofeldespáticos y anortositas. En partes y con relaciones no muy claras, se observan paragneises granulíticos, mármoles y anfibolitas masivas de grano grueso. (Ver láminas 1A y B.)

Las dataciones K—Ar realizadas en un gneis de biotita (740 ± 25 m.a.) por Fries (*op. cit.*) y aquellas efectuadas por Denison (1971) en gneises graníticos (919 ± 19 m.a. y 880 ± 17 m.a.); así como las relaciones isotópicas Rb—Sr (isócrona de Rocas Totales, 860 ± 77 y 1140 ± 80 m.a.) reportadas por Garrison *et al.* (1980), indican que los eventos de metamorfismo y magmatismo, ocurrieron en el Proterozoico Tardío (± 800 —1100 m.a.).

La petrología y radiometría, los procesos metamórficos y magmáticos del Gneis Novillo son correlacionables con aquellos del Gneis Huiznopala en el Estado de Hidalgo y el Complejo Oaxaqueño. En el Estado de Chihuahua, las rocas graníticas (880 m.a.) cortadas en el Pozo Moyotes No. 1 y gneises graníticos identificados en el Pozo Los Chinos No. 1, así como los complejos basales de las Sierras de El Cuervo y Carrizalillo pueden ser parte del mismo evento (figura 2).

En los Estados Unidos de Norteamérica y Canadá, estas litologías se correlacionan con la Provincia Grenville y en conjunto, definen una faja de metamorfismo y magmatismo que se manifiesta a lo largo del margen oriental del Cratón de Norteamérica, desde Canadá hasta la región Oaxaqueña en México.

PALEZOICO

ESQUISTO GRANJENO (Carrillo-Bravo, 1961).— Estas rocas afloran en los cañones de Novillo, Peregrina, Caballeros, Arroyo Seco, Santa Lugarda y El Olmo del Anticlinorio Huizachal-Peregrina. En el Cañón Novillo están en contacto tectónico con paragneises granulíticos del Gneis Novillo (lámina IC) e infrayacen en discordancia a "capas rojas" de la Formación Huizachal; esta relación prevalece también en Miquihuana, Tam.

Su petrología consiste de esquistos de cuarzo—muscovita—grante, esquistos sericíticos y cloríticos, asociados con metagrauvascas, meta-andesitas y algunos horizontes de metaradiolaritas.

Las dataciones radiométricas en esta secuencia, comprenden edades del Devónico al Pérmico. La muscovita de un esquisto fue datada por Fries, *et al.* (*op. cit.*) y se obtuvo una edad K—Ar de 315 ± 10 m.a.; posteriormente Fries y Rincón—Orta (1965) reportan la edad K—Ar de 310 ± 10 m.a. en una pegmatita inyectada en la zona de contacto entre el Esquisto Granjeno y el Gneis Novillo, la cual es concordante a la anterior.

Otras dataciones K—Ar fueron realizadas por Denison *et al.* (1971) mediante el análisis de muscovitas (300 ± 6 , 278 ± 5 y 299 ± 6 m.a.); DeCserna (1977) reporta edades ligeramente más jóvenes por el mismo método (257 ± 8 y 270 ± 8 m.a.) y en el Instituto Mexicano del Petróleo se han procesado muestras con resultados similares

(299 ± 6 y 281 ± 8 m.a.). Por el método Rubidio—Estroncio, Garrison (1980) obtuvo isócronas de 286 ± 66 m.a. (Rocas Totales), 320 ± 12 m.a. (Rocas Totales + Muscovita) 327 ± 31 m.a. (Roca Total + Muscovita) en la fracción pelítica del Esquisto, y una más de 330 m.a. en metagrauvas evaluadas por Roca Total.

La petrología, radiometría (figura 3) y relaciones estratigráficas del Esquisto Granjeno, permiten correlacionarlo con las rocas metamórficas y metasedimentarias de la Faja Apalacheana en los Estados Unidos de América y con aquéllas identificadas en el subsuelo de Tamaulipas y Poza Rica, con los esquistos de la región de Mazatepec, Pue., Altotonga. Ver. y parte del Complejo Acatlán en los Estados de Puebla, Guerrero y Oaxaca. El metamorfismo regional probablemente ocurrió en el Devónico—Carbonífero Temprano (330—338 m.a.) y el último evento magmático asociado, en tiempo Permo—Triásico (241—278 m.a.), durante la integración de la Pangea.

MESOZOICO

FORMACION ZACATECAS (Carrillo-Bravo, 1968).—La Formación Zacatecas aflora en el Arroyo Pimienta al noroccidente de la ciudad de Zacatecas, consiste de lutitas y areniscas, comprende además horizontes de lavas almohadilladas andesíticas, tobas híbridas, delgados estratos de radiolaritas y calizas arcillosas; estas rocas se hayan plegadas y falladas, por lo que zonas de milonitización con marcada foliación cataclástica son comunes; en partes, la foliación que exhiben, refleja los efectos térmicos de intrusiones Terciarias. En el área El Estribo—San Francisco, S.L.P., la secuencia es predominantemente terrígena, Martínez-Pérez (1972) y su composición es similar en la Sierra de Peñón Blanco al SE de Salinas. S.L.P., Hermoso de la Torre (1970), en las localidades de Estación Palmira, Minillas, Guadalupe. Col. Cuauhtémoc, San José de la Isla, San Pedro y Santo Tomás, cercanas a la ciudad de Zacatecas, Rodríguez—Cardona (1971). En la región de La Mangarita (80 km al NW de la Ciudad de Zacatecas) es una secuencia de radiolaritas y tobas híbridas con mineralización de manganeso e intercalaciones de lutitas silíceas. Escamilla *et al.* (1986). En la Sierra de Catorce, la Formación Zacatecas, infrayace en discordancia angular a "capas rojas" que en el presente estudio son asignadas a la Formación Nazas (ver Formación Nazas). En la Sierra de La Tapona, S.L.P., consiste de lutitas y limolitas, y 4640 m de esta unidad fueron cortados por el Pozo Tapona No. 1.

Algunas muestras de areniscas son de composición arcósica y contienen clastos de cuarzo de origen plutónico y metamórfico, plagioclasas sódicas, ortoclasa, fragmentos de rocas ígneas intrusivas y de esquistos; en algunos

casos también abundan micas (biotita y muscovita). Las radiolaritas están constituidas de sílice criptocristalino como matriz que contiene montos variables de radiolarios calcitizados; las lavas almohadilladas son de composición andesítica, su textura es espilitica y presentan arreglos radiales y subradiales de microlitos de plagioclasas sódicas, entrelazadas con clorita, epidota y actinolita de origen hidrotermal.

La petrología de estas rocas indica una sedimentación predominante de terrígenos con la influencia de magmatismo calcoalcalino que se refleja también por los sedimentos silíceos asociados. En conjunto, estas litologías sugieren que el depósito ocurrió en una cuenca adyacente a un arco volcánico, en la margen activa del continente; el contenido de manganeso en la secuencia, apoya también esta idea, ya que su concentración es alta en las arcillas pelágicas. Matsumoto R. y A. Ijima (1983).

La edad de la Formación Zacatecas fue establecida como del Triásico Tardío por Burkhardt (*op. cit.*) con base en cefalópodos y bivalvos, y Cantú—Chapa (1968) determinó un ejemplar de *Juvavites* sp. en macrofauna colectada en la localidad de Arroyo Hondo por Martínez Pérez (*op. cit.*). Por su petrología y edad, estas rocas son correlacionables con la Formación San Hipólito en Baja California. Formación Taray (NE de Zacatecas), metasedimentos de la Formación Arteaga en Michoacán y probablemente también con aquéllos de la Formación Ixcuinatoyac en el Estado de Guerrero (figura 4). En conjunto definen a una franja vulcanosedimentaria de margen activa que por procesos orogénicos fue acrecionada al Cratón en el Jurásico Temprano, ya que infrayace en discordancia angular a la Formación Nazas en la Sierra de Teyra. Zac. y Sierra de Catorce, S.L.P.

FORMACION TARAY (Córdoba, 1964).— Esta formación aflora en la Sierra de Teyra en donde infrayace en discordancia angular a la Formación Nazas, relación que se observa en el Arroyo Palo Blanco (figura 4). En esta localidad, el metamorfismo de contacto impuesto por el Tronco de Teyra (Cretácico Tardío) le imprime una marcada foliación y estructura esquistosa. En la región de Caopas—Rodeo, se asignan a esta formación, las rocas que Córdoba (*op. cit.*), describiera como la base de la Formación Rodeo al E del Cerro Europa (figura 6); en esa localidad la secuencia es intrusionada por un cuerpo hipabisal granítico e infrayace a derrames andesíticos de la Formación Rodeo. (Ver Formaciones Rodeo y Caopas).

Las areniscas de esta Formación son predominantemente arcosas, cuyos componentes minerales son detritos de cuarzo de origen plutónico y metamórfico, plagioclasas sódicas, ortoclasa, biotita y muscovita, rocas ígneas intrusivas graníticas, esquistos y trazas de rocas volcánicas.

El grado de clasificación de sus componentes es bueno y están cementados por minerales de neoformación (clorita, sericita y sílice); en el caso de las muestras colectadas en la aureola de metamorfismo de contacto, éstas muestran grados variables de anfibolitización, con clastos relictos entrelazados con hornblenda y biotita. Las lutitas son de carácter carbonoso y por efectos térmicos están transformadas a lutitas pizarrosas y pizarras gráficas. En las radiolaritas se aprecia recristalización del sílice, que en algunos casos ha obliterado las formas originales de los radiolarios; existen trazas de manganeso en estas últimas.

Las características petrológicas y relaciones estratigráficas de esta secuencia, permiten correlacionarla con la Formación Zacatecas y unidades relacionadas (figura 4) por lo que su edad puede corresponder también al Triásico Tardío.

TRIÁSICO CONTINENTAL

FORMACION HUIZACHAL (Carrillo-Bravo, 1961).—La Formación Huizachal está ampliamente expuesta en el Anticlinorio de Huizachal-Peregrina. Sus mejores afloramientos se observan en el Cañón de Huizachal y en el de La Boca, además de aflorar en los Cañones de Novillo, Caballeros, la Esperanza, El Rosario y Santa Lugarda. Al occidente de esta región, también se identifica en el área de Miquihuana, Tam. y al norte, en el Cañón de El Alamar y SW de Galeana, N. L. La localidad más septentrional de esta secuencia, corresponde al Anticlinal de El Jabalí (S. de Cuatro Ciénegas, Coah.) y en el oriente de México, aflora en el Anticlinorio de Huayacocotla (figura 5).

En el Anticlinorio de Huizachal-Peregrina infrayace en marcada discordancia angular a la secuencia marina del Jurásico Tardío. La Formación La Joya, cubre a estos lechos rojos en esta área y cuando está ausente, los sedimentos evaporíticos y calcáreos oxfordianos están depositados sobre ellos. En la región de Galeana, N. L., la Formación Minas Viejas (yesos) sobreyacen a la Formación Huizachal y la Formación Zuloaga, con capas evaporíticas basales la cubre en el Cañón El Alamar. En el Anticlinorio de Huayacocotla, rocas liásicas de la Formación Huayacocotla descansan en discordancia angular sobre los "lechos rojos".

El contacto inferior de esta secuencia se observa en los Anticlinorios de Huizachal—Peregrina y Huayacocotla, en Miquihuana y en el Anticlinorio El Jabalí. En el área de Huizachal—Peregrina suprayace a la Formación Guacamaya del Pérmico (Cañones de La Boca y El Rosario) o al Esquisto Granjeno y Gneis Novillo (Cañones de El Novillo, Peregrina y El Rosario). En Miquihuana, descansa discordantemente sobre el Esquisto Granjeno y en

el Anticlinal El Jabalí sobre un intrusivo granítico paleozoico. La Formación Guacamaya infrayace discordantemente a la Formación Huizachal en el Anticlinorio de Huayacocotla (figura 5).

En las localidades citadas, la Formación Huizachal, consiste de una alternancia de rocas terrígenas, principalmente areniscas y conglomerados que alternan con lutitas y limolitas. Sólo en el Cañón de Huizachal y en Miquihuana, se presentan en la cima algunos horizontes de tobas riolíticas, riolitas y andesitas (figura 5).

Los componentes detríticos en las areniscas y conglomerados son predominantemente derivados del Gneis Novillo, Esquisto Granjeno y rocas plutónicas graníticas, en las muestras colectadas en el Anticlinorio de Huizachal—Peregrina; otras, además contienen rocas terrígenas retrabajadas que probablemente se derivaron de la secuencia sedimentaria paleozoica.

En el Rancho San Pablo (SW de Galeana, N.L.) sus componentes principales fueron derivados de rocas plutónicas graníticas (70%) y en menor cantidad de esquistos; en esta localidad, está intrusionada por diques y sills dioríticos. En el Cañón El Alamar, sus componentes detríticos corresponden a elementos derivados de esquistos de muscovita (50%) y en menor proporción de rocas plutónicas (20%), es notable en esta localidad un incremento en el porcentaje de clastos retrabajados de rocas terrígenas (lutitas, limolitas y areniscas cuarcíferas (Lámina IIA); en el Anticlinal El Jabalí contiene abundantes fragmentos de granito, cuarzo y feldespatos de origen plutónico; sólo en su cima están presentes algunos clastos de esquistos y andesita. En el Anticlinorio de Huayacocotla y Macizo de Teziutlán, sus componentes fueron principalmente derivados de rocas plutónicas, terrígenas y en menor cantidad de esquistos.

La secuencia de "lechos rojos", presenta características sedimentológicas similares en las localidades descritas. El grado de clasificación de sus componentes es altamente variable y asimismo, lo es el contenido de arcilla alógena que por efectos de oxidación de la fracción ferromagnesiana a hematita, óxido ferroso (FeO) y limonita constituye el cementante principal de estas rocas; en otros casos se determinaron dorita y sericita de origen diagenético. Las estructuras primarias de microlaminación gradadas y estratificación entrecruzada, revelan ambientes fluviales como medio de depósito. Condiciones de estabilidad tectónica parecen haber prevalecido durante este tiempo que permitió la sedimentación de una secuencia litológica de petrología homogénea.

Con base en lo anterior, se puede concebir que el depósito de las "capas rojas" se efectuó en fosas tectónicas que fueron progresivamente rellenadas y cuyas paredes comprendían a los complejos basales de los que se derivaron gran parte de sus elementos detríticos. El vulcanismo

en la secuencia es local, de tipo calcoalcalino y posiblemente se debió a desequilibrios corticales someros.

La edad de la Formación Huizachal fue establecida por Carrillo-Bravo (*op. cit.*) como del Triásico Tardío con base a flora fósil y a su posición estratigráfica, ya que sobreyace a rocas pérmicas (Formación Guacamaya) e infrayace a la Formación Huayacocoda del Líasico en el Anticlinorio de Huayacocotla.

JURÁSICO MEDIO CONTINENTAL

FORMACION RODEO (Rogers *et. al.*, 1963).— Esta formación fue cartografiada y definida por Rogers *et. al.* (*op. cit.*) en los alrededores del rancho El Rodeo del norreste de Zacatecas como una secuencia de metasedimentos en la parte inferior, filitas sericiticas y cloriticas en la parte intermedia y por un conglomerado de cantos de pedernal y clastos de rocas metamórficas en la cima. Posteriormente, Córdoba (*op. cit.*) denominó Formación Taray a las rocas de esta formación que afloran en la Sierra de Teyra.

En el presente trabajo y con base en su petrología, la parte basal de esta secuencia, expuesta al E del Cerro Europa en el área Caopas—Rodeo, es asignada a la Formación Taray. El resto de la secuencia originalmente descrita por Rogers y colaboradores, corresponde a derrames andesíticos y tobas afectados por metamorfismo termal y cataclasis y sus mejores afloramientos se observan en los cerros cercanos a El Rodeo, en los de Golondrinas y Salinosa (figura 6).

El metamorfismo dinámico transformó a la secuencia en una asociación de rocas cataclásticas en la que las rocas menos afectadas por este proceso afloran en las partes topográficas más elevadas (cerros Golondrinas y Salinosa, alrededor de El Rodeo) y aquellas con mayor deformación constituyen a las partes topográficas bajas que circundan a las anteriores.

Las muestras LI—21 y 22—85, corresponden a andesitas de hornblenda (lámina IIB). Megascópicamente, son de textura porfídica y exhiben fenocristales tabulares de plagioclasas contenidos en una mesostasis afanítica verdosa. Al microscopio, la plagioclasa es de composición oligoclasa-andesina y experimenta sericitización y calcitización durante la cataclasis; la hornblenda y fracción desvitrificada de la mesostasis son cloritizadas, (láminas IIC y IIIA, B, C). Cabe mencionar que las filonitas (una variedad de ultramilonita) caracterizan grados extremos de trituración y crenulación; estas rocas, en la definición original de esta formación, fueron descritas como filitas y esquistos (lámina IVA Y B). Las blastomilonitas en la secuencia, presentan bandeamientos por segregación cataclástica y en sección delgada una textura grano-blástico—cataclástica (lámina IVC).

La Formación Rodeo es intrusionada por un pórfido granítico (ver Intrusivo Caopas) con mineralización de barita en la zona de contacto (cerros Europa-Golondrinas, figura 6). La interpretación del proceso de deformación en esas zonas, se complica por la presencia de rocas policataclásticas y de algunos diques de cuarzo que probablemente corresponden a eventos magmáticos más jóvenes (Terciarios).

La edad del vulcanismo en estas rocas, se obtuvo por medio de la datación de la muestra LI—22—85; colectada 2.3 km al NE de El Rodeo y cuya homblenda arrojó una edad de 183 ± 8 m.a. (Aaleniano—Bajociano). Ver capítulo de Discusión.

INTRUSIVO CAOPAS (Rogers *et al.*, 1963).—Esta unidad fue cartografiada y definida por Rogers *et al.* (*op. cit.*) en los alrededores del poblado de Caopas, Zac., como un esquisto derivado de derrames riolíticos al que denominó "Esquisto Caopas".

En este estudio, se encontró que esta roca corresponde a una intrusión hipabisal afectada por cataclasis y sus afloramientos más evidentes se ubican en el Cerro Europa, al NE de Caopas (figura 6), mismo que Córdoba (*op. cit.*) cartografió como "Tronco Europa" de edad Terciaria. Además de esta localidad, el intrusivo está expuesto en la ranchería de Candelaria.

Su petrología indica una composición que varía de ácida a intermedia (pórfido granítico y diorítico en las áreas de Caopas—Rodeo y Candelaria, respectivamente). Su textura original es porfídica y por efectos de metamorfismo dinámico, exhibe foliación que le imprime un aspecto esquistoso a gneisico. El intrusivo en sus facies menos cataclásticas, aflora en los cerros Europa y La Coja (lámina VA).

Al microscopio se observa abundante cuarzo y los feldespatos corresponden a cristales de ortoclasa y plagioclasa sódica (oligoclasa—andesina); los ferromagnesianos son biotita y hornblenda, la mesostasis está hecha a base de feldespato potásico y cuarzo y se determinaron trazas de circón y apatito.

Por efectos de metamorfismo dinámico progresivo, esta unidad litológica ha sido transformada a una asociación de protomilonitas, milonitas, ultramilonitas, filonitas y blastomilonitas. En las etapas tempranas del proceso, el cuarzo, feldespatos y ferromagnesianos muestran sombras de presión, extinción ondulante y microfracturamiento preferencial (lámina VB); en algunos casos se observaron aureolas de presión en los fenocristales (Lámina VC) y en esta fase también es notable la pertitización de los feldespatos (lámina VIA), la oxidación a magnetita y segregación de la biotita en los planos de deslizamiento (lámina VIB). A medida que el proceso se acentúa, los fenocristales de cuarzo experimentan estiramiento, recristalización

y segregación, los feldespatos son sericitizados y granulados (lámina VIC, VIIA, VIIB y VIIC). Las fases más altas de la deformación se manifiestan por ultratrituración que eventualmente está acompañada de recristalización y neomineralización (lámina VIIC). En partes la roca experimentó policataclasis y en la identificación del protolito se consideró la presencia de sus minerales más resistentes a la granulación (circón y apatito; lámina VIIIA). La intensidad de la deformación es menor en Candelaria (lámina VIIB) que en el área Caopas—Rodeo.

Las características petrográficas indican un origen hipabisal para este cuerpo que está emplazado en las Formaciones Taray, Rodeo y Nazas, siguiendo un alineamiento estructural NW—SE (figura 6).

En el presente estudio, se realizaron dos determinaciones K—Ar en rocas de esta unidad. Las muestras LI—47—85 colectada en el Cerro La Coja (alrededor de El Rodeo) y LI—109—85 que se colectó en Candelaria, arrojaron edades por plagioclasa sódica de 78 ± 4 y 73 ± 4 m.a., mismas que son concordantes con las edades obtenidas de intrusiones laramídicas de la región (40—80 m.a.); por lo tanto, se infiere que reflejan edades de recalentamiento asociadas a este último evento magmático. En un estudio anterior, Fries y Rincón—Orta (1967), obtuvieron las siguientes edades por el método Rb—Sr: 200 ± 60 , 220 ± 30 , 156 ± 40 y 195 ± 20 m.a.; Denison *et al.* (1969) reportaron una edad de 141 ± 40 m.a., por el mismo método. Estos datos Rb—Sr posiblemente reflejan las anomalías isotópicas en el estroncio radiogénico durante la sericitización de los feldespatos y la transformación ortoclasa—microclina inducida por el metamorfismo dinámico.

Por lo anterior, la edad del Intrusivo Caopas se establece mediante sus relaciones estratigráficas como del Jurásico Medio, ya que intrusión a las andesitas de la Formación Rodeo, donde un derrame dio una edad K—Ar (Hornblenda) de 183 ± 8 m.a. Por otro lado, en muestras colectadas en el Arroyo Piedras Blancas y Mina El Carmen de la Sierra de San Julián, que corresponden a los horizontes basales de la Formación Zuloaga, se identificaron clastos derivados de este intrusivo milonitizado (lámina VIIC).

CAPAS ROJAS" DEL SECTOR TRANSVERSAL DE PARRAS (SIERRAS DE "EL NÚMERO" Y JIMULCO).— En el Cañón de Ahuichila, que divide a las Sierras de El Número y El Mármol en el Sector Transversal de Parras (figura 6) aflora una secuencia de "lechos rojos" afectados por procesos dinamo-térmicos, misma que infrayace discordantemente a la columna sedimentaria del Jurásico Tardío. En estudios anteriores, estas rocas fueron consideradas como una unidad metamórfica expuesta en una "ventana tectónica" Tardy (1974).

La secuencia consiste de una alternancia de derrames andesíticos, tobas y riolitas, asociadas con horizontes masivos de conglomerados de rocas volcánicas, areniscas volcánicas y limolitas. Estas rocas son predominantemente de color rojo por efectos de hematización y exhiben efectos de la foliación cataclástica que les imprime una estructura esquistosa. En esta localidad, infrayacen en discordancia angular a rocas de la Formación Zuloaga y ambas son intrusivas por un pórfido diorítico, observándose una marcada deformación en las facies marginales del intrusivo y foliación y silicificación de las rocas calcáreas en la aureola de contacto (láminas IXA. B. C y XA).

En la Sierra de Jimulco (figura 6), la secuencia está constituida por una alternancia de conglomerados de rocas volcánicas, areniscas volcánicas, limolitas y lutitas rojizas, intercaladas con derrames andesíticos, riolitas, tobas y algunos basaltos. Estas rocas en el área, son intrusivas por numerosos diques de diabasa y toda la secuencia está afectada por procesos que la transformaron en una asociación de rocas cataclásticas, donde las rocas menos afectadas corresponden a las partes topográficas altas y en las zonas bajas afloran ultramilonitas y filonitas; estas últimas con marcada crenulación y aspecto esquistoso. En algunos derrames son comunes los bloques de roca sana arredondados por efectos de granulación (lámina XB y C).

La deformación no afecta a la secuencia evaporítica y calcareoterrígena suprayacente y el muestreo realizado en el contacto entre esas secuencias, indica que la sedimentación post-oxfordiana se desarrolló en forma discordante. En la Sierra de El Número, la secuencia basal de la Formación Zuloaga es de areniscas y calizas arenosas con componentes derivados de los lechos rojos mientras que en el nacimiento de el Arroyo El Chivo (Sierra de Jimulco), consiste de arcosas, subarcosas y ortocuarzitas que alternan con yesos y calizas arenosas.

Con objeto de conocer la edad del magmatismo en esta unidad, se dataron las muestras LI—67—85 (basalto), LI—72 85 (riolita) y LI—75—85 (diabasa); las edades obtenidas son de: 32 ± 20 (roca total), 107 ± 5 (sanidino) y 57 ± 3 (plagioclasa), y 103 ± 5 m.a. (roca total), respectivamente. Estos datos reflejan las anomalías isotópicas impuestas por el magmatismo del Cretácico—Terciario Temprano en esos "lechos rojos" que por su posición estratigráfica son pre-oxfordianos. En base a su petrología, se propone incluirlos en la Formación Nazas.

FORMACION NAZAS (Pantoja Alor, 1972).—La Formación Nazas, fue definida en la región Villa Juárez, Dgo., por Pantoja-Alor (*op. cit.*) como una secuencia de sedimentos continentales que alternan con rocas volcánicas e infrayacen a rocas marinas del Jurásico Tardío. Cór

doba (*op. cit.*) asignó esta formación a los "lechos rojos" que afloran en la Sierra de San Julián del NE del Estado de Zacatecas. En este estudio y con base en su petrología, se propone considerar como parte de esta formación, también a la secuencia de rocas continentales que Belcher (*op. cit.*) describiera como Formación Huizachal en la Sierra de Catorce, S.L.P. (figura 6).

En el área Villa—Juárez León Guzmán, la secuencia de "lechos rojos" consiste de areniscas volcánicas, limolitas feldespáticas, lutitas y conglomerados de rocas volcánicas, intercalados con derrames de andesita, ignimbritas riolíticas y tobas de composición similar que infrayacen en discordancia a la Formación La Gloria del Oxfordiano (figura 6).

En el noreste del Estado de Zacatecas, la Formación Nazas aflora en las Sierras de San Julián, Teyra y Candelaria (figura 6). Consiste de conglomerados de rocas volcánicas, areniscas volcánicas, limolitas feldespáticas y lutitas en menor proporción, que afloran intercaladas con derrames de andesitas, riolitas, traquitas y tobas. El espesor en las rocas terrígenas varía de unos cuantos centímetros a 10 m y en las rocas volcánicas son hasta de 20 m; estas últimas, como en la localidad tipo se incrementan hacia la cima. En esta localidad, la Formación Nazas registra (aunque en menor grado), el proceso cataclástico que afecta a los derrames andesíticos de la Formación Rodeo y rocas terrígenas de la Formación Taray infrayacentes; en partes la secuencia es de aspecto esquistoso.

Los "lechos rojos" infrayacen discordantemente a su vez a la Formación Zuloaga en las Sierras de San Julián y de Candelaria; en el Arroyo Palo Blanco de la Sierra de Teyra, la Formación Taray le infrayace en discordancia angular (figura 6); una superficie erosional paralela, separa a los volcánicos de la Formación Rodeo de los horizontes conglomeráticos de la Formación Nazas, en el área Caopas—Rodeo y ambas unidades son intrusionadas por el "Intrusivo Caopas". Un corrimiento de la Formación Zuloaga sobre la Formación Nazas, se observa en los alrededores de Caopas y todo ese conjunto litológico es intrusionado por cuerpos graníticos del Cretácico Tardío-Terciario Temprano, destacando los intrusivos de las sierras de San Julián, Caopas (panteón), San Lorenzo y de Teyra.

En la Sierra de Catorce, S.L.P. (figura 6) la secuencia consiste de derrames de andesita, riolitas y tobas con intercalaciones de rocas terrígenas cuyos clastos son principalmente de rocas volcánicas. La secuencia se puede observar sobre el camino que va de Real de Catorce a Estación Catorce y en la porción norte de la sierra. En el Rancho Los Catorce (brecha Real de Catorce—Estación Catorce), la Formación Zacatecas le subyace en discordancia angular; la Formación Zuloaga descansa indistintamente sobre estas rocas en el área, y todo el conjunto litológico

exhibe una marcada foliación impuesta por el metamorfismo de contacto generado por la intrusión del Tronco de Real de Catorce en el Terciario Temprano 53 ± 4 m.a.; Múgica, 1982).

La petrología de la Formación Nazas indica que esta secuencia continental es de carácter vulcanogénico por lo que se infiere que su sedimentación estuvo influenciada por un evento volcánico calcoalcalino que fue más intenso en las etapas tardías del depósito.

Con objeto de conocer la edad de ese evento magmático, se dataron en el área de Villa Juárez, Dgo., las muestras LI—50—85 (toba andesítica), LI—50A—85 (toba andesítica), LI—5I—85 (toba andesítica), LI—105—85 (Latita) y LI—105A—85 (cuarzolatita) que arrojaron edades de 112 ± 6 , 110 ± 6 , 80 ± 4 , 72 ± 4 y 64 ± 3.2 m.a., respectivamente. Cabe mencionar que las muestras LI—5 O y 50 A se colectaron en el mismo horizonte tobáceo; que las muestras LI—105 y 105 A corresponden a derrames que afloran intercalados y que a excepción de la muestra LI—105A datadas por plagioclasa sódica, todas las demás se procesaron por Roca Total. Las edades obtenidas se consideran "edades mínimas" y reflejan las anomalías isotópicas normales, impuestas por el magmatismo laramídico (80—40 m.a.) en rocas de esta secuencia. No obstante la posición estratigráfica que guarda la Formación Nazas, permite considerar que su edad se restringe al Jurásico Medio, ya que en las localidades citadas, infrayace discordantemente a rocas del Oxfordiano (Formaciones La Gloria y Zuloaga) y en el área Caopas—Rodeo, una edad de 183 ± 8 m.a. (base del Jurásico Medio) fue obtenida en la datación de una andesita de la Formación Rodeo subyacente. Una edad del Jurásico Medio para la secuencia de lechos rojos es apoyada también por el hecho de tener a la Formación Zacatecas (Triásico Tardío) y a la Formación Taray. subyaciéndole en las Sierra de Catorce y de Teyra, respectivamente (figura 6).

DISCUSIÓN

La petrología y relaciones estratigráficas de los lechos rojos mesozoicos que afloran en el Altiplano y noreste de México, indican que son dos unidades litológicas distintas en edad y petrogénesis. La sedimentación continental de esas secuencias involucra la erosión de rocas del Precámbrico Tardío—Paleozoico en el caso de la Formación Huizachal del Triásico Superior, y la influencia de un evento magmático calcoalcalino en la sedimentación del Jurásico Medio, durante el depósito de la Formación Nazas. Estas unidades tienen también relaciones sedimentológicas y estructurales con las secuencias marinas suprayacentes del Jurásico Tardío y Cretácico y por esta

razón, son importantes en la interpretación de la evolución tectónica de México.

La petrogénesis, geocronometría y distribución de las rocas del basamento en el noreste y sector oriental de la República Mexicana, permite considerar que la franja de metamorfismo Grenville del Precámbrico Superior (800–1100 m.a.) tiene continuidad en las rocas metamórficas que afloran en la porción central del Estado de Chihuahua, Gneis Novillo de Tamaulipas, Gneis Huiznopala del Estado de Hidalgo y en el Complejo Oaxaqueño. La sedimentación de plataforma en el Paleozoico se desarrolló sobre esas rocas y durante el Devónico—Carbonífero Temprano (300—330 m.a.) estuvo asociada a la generación de una nueva franja metamórfica que por procesos orogénicos permitió la acreción del Esquistito Granjeno, Esquistos del subsuelo de Tamaulipas y Poza Rica, Ver., Esquistos de Teziutlán, Pue. y Complejo Acatlán, al Cratón de Norteamérica; esos procesos orogénicos fueron continuos y en el último de ellos (orogenia Ouachitensis) se intrusó una franja de rocas graníticas pérmicas (240—270 m.a.) durante el ensamble final de la Pangea. Estas unidades tienen influencia en la sedimentación continental triásica y en los procesos geológicos subsecuentes.

La sedimentología de la Formación Huizachal (Triásico Superior) refleja la depositación continental en zonas afectadas por fallamientos verticales que produjeron el levantamiento de las rocas del basamento (gneises, esquistos y rocas graníticas) de las cuales se derivaron la mayor parte de sus componentes terrígenos. Estas condiciones se presentaron durante la disgregación de la Pangea a principios del Mesozoico, asociadas a rompimientos continentales que dieron origen a una serie de fosas y pilares tectónicos. La continuidad de este proceso sedimentario se manifiesta en el sistema de fosas Newark del este de los Estados Unidos en el Cratón de Norteamérica.

Por otra parte la sedimentación marina contemporánea al depósito de la Formación Huizachal se restringe al margen Pacífico del continente, donde las secuencias vulcanosedimentarias de las formaciones Zacatecas y Taray se depositan en cuencas adyacentes a un arco volcánico calcoalcalino. Las formaciones Zacatecas y Taray, presentan una deformación compresiva que probablemente ocurrió a fines del Jurásico Temprano, ya que la sedimentación continental subsecuente (Formación Nazas) se lleva a efecto discordantemente sobre rocas de esas unidades.

En el Jurásico Medio se depositaron sedimentos continentales de carácter vulcanogénico, esto es, materiales terrígenos intercalados con rocas volcánicas. En su mejor definición, estas secuencias han sido cartografiadas como Formación Nazas en la región de Villa Juárez, Dgo. y en la Sierra de San Julián del NE de Zacatecas. Las rocas que infrayacen a las Formaciones Zuloaga y Gloria en las Sie-

rras de Jimulco y El Número del Sector Transversal de Parras, corresponden a una secuencia vulcanogénica de lechos rojos afectada por cataclasis que en su petrología y relaciones estratigráficas es similar a la Formación Nazas.

En el área de Caopas—Rodeo—Candelaria—Teyra del NE del Estado de Zacatecas, las Formaciones Taray, Rodeo, Caopas y Nazas, fueron afectadas por un proceso cataclástico y en algunos casos por metamorfismo de contacto que les imprimió grados variables de foliación. La petrología de estas rocas indica que el aspecto esquistoso de la Formación Taray se debe a la intrusión del Tronco de Teyra en el Cretácico Tardío (78 m.a.) y en el caso de las Formaciones Rodeo y Caopas, ese aspecto también esquistoso es debido a la cataclasis experimentada por los derrames y tobas andesíticas y por una intrusión hipabisal respectivamente; esta última, emplazada en las Formaciones Rodeo y Nazas.

La Formación Nazas de esta región que como se ha dicho, consiste de rocas vulcanosedimentarias y materiales volcánicos es similar a la Formación Rodeo infrayacente, por lo que se puede pensar que constituyen una misma secuencia. Esta consideración es apoyada por la edad radiométrica de 183 ± 8 m.a. (Aaleniano-Bajociano) en un derrame de la Formación Rodeo y por la relación estratigráfica que tienen estas rocas con respecto a la Formación Taray que les subyace, esto es, en el área Caopas—Rodeo, la Formación Rodeo descansa discordantemente sobre la Formación Taray y en áreas cercanas a esta localidad (Sierras El Solitario de Teyra y Candelaria) es la Formación Nazas, la que suprayace a la Formación Taray. Por otro lado, al analizar la distribución y relaciones petrogenéticas de esas secuencias con respecto al intrusivo hipabisal (Formación Caopas), resulta evidente que el emplazamiento del magma es contemporáneo a esa secuencia vulcanogénica. Lo anterior, permite considerar que en conjunto las Formaciones Rodeo, Caopas y Nazas, definen a un evento magmático calcoalcalino y sedimentación continental en el Jurásico Medio; desde este punto de vista, las Formaciones Rodeo y Caopas, podrían ser consideradas dentro de la Formación Nazas, por tener esta última mayor distribución en el Altiplano y Noreste de México.

La secuencia de capas rojas de tipo vulcanogénico está presente, también, en la Sierra de Catorce, S.L.P., donde Belcher (*op. cit.*) las consideró como Formación Huizachal. Otras unidades litológicas que registran eventos similares, son la Formación Cahuasas de la región de Teziutlán, Pue. y la Formación Todos Santos del Sureste de México.

En relación al proceso cataclástico que afecta a los lechos rojos del Sector Transversal de Parras y a las Formaciones Taray, Rodeo, Caopas y Nazas en el área Caopas—Rodeo—Candelaria, se puede decir que ocurrió

a fines del Jurásico Medio, ya que no afecta a la secuencia suprayacente; esta consideración es apoyada también por la presencia de clastos derivados de esas rocas cataclásticas en los horizontes basales de las Formaciones Zuloaga y La Gloria. Las características estructurales y distribución de las asociaciones cataclásticas en esas regiones (figura 6), indican que la deformación experimentada es de gran magnitud, de tipo transpresivo y con una orientación general NW—SE. Cabe mencionar que un evento similar se observa en la región de Cucurpe, Son. y en la Formación Cahuasas de la región de Teziutlán (López—Infanzón *et al.*, 1984; López—Infanzón y Torres, 1986).

Deformaciones de esta naturaleza, debieron ser comunes en ese tiempo ya que durante la apertura del Golfo de México, la porción sur del Cratón de Norteamérica experimentó fracturamientos de gran importancia. Uno de esos fracturamientos fue propuesto por Anderson y Silver (1979) y lo denominaron “Megashear” Mojave—Sonora, en base a evidencias estructurales que indican la falta de continuidad de las rocas del sector Cordillerano de Estados Unidos en el norte y noreste de México.

En relación a lo anterior, la deformación identificada en el presente estudio es concordante en edad y características estructurales con aquella que debió ocurrir durante el tiempo que el “megashear” Mojave—Sonora, por lo que la cataclisis que experimentaron esas rocas pre—oxfordianas pudo ser generada en zonas de fracturamientos asociados a ese sistema. Un proceso magmático alcalino acompañó a este evento, durante el cual fueron inyectados los diques básicos identificados.

En el Sector suroriental del Cratón, la sedimentación continental del Triásico Tardío se desarrolló sobre un mosaico litológico constituido por las rocas granulíticas de edad Grenville (Gneis Novillo, Gneis Huiznopala y Complejo Oaxaqueño), rocas sedimentarias paleozoicas, un cinturón de metamorfismo (Esquistos Granjeno, esquistos del subsuelo de Tamaulipas y Poza Rica, Ver., esquistos de la región de Teziutlán, Pue. y Complejo Acatlán) acrecionado en el Paleozoico Tardío, y rocas plutónicas permo-triásicas. La continuidad de los procesos geológicos se manifiesta con la transgresión del Jurásico Temprano (F. Huayacocotla), el ciclo sedimentario continental en que se depositó la Formación Nazas (Jurásico Medio), el depósito de rocas marinas del Jurásico Tardío—Cretácico y durante fines del Mesozoico—Terciario Temprano el evento orogénico que hoy permite observar a todo ese conjunto litológico en grandes estructuras de tipo anticlinorio presentes en el sector frontal de la Sierra Madre Oriental (Anticlinorio de Huizachal—Peregrina, Tam., Villa Juárez y Huayacocotla, Pue.). En otros casos los lechos rojos del Jurásico Medio, constituyen el núcleo de las estructuras (Villa Juárez, Dgo., Jimulco, Coah., Sierra del Número, Coah., Sierra de San Julián, Zac. y Sierra de Catorce, S.L.P.).

La configuración estructural de las rocas del basamento de la República Mexicana y las relaciones estratigráficas de algunas unidades que descansan sobre ellas, ha sido motivo de gran controversia en los últimos años. Dentro de este contexto, la petrogénesis y relaciones estratigráficas de las secuencias continentales tratadas en el presente trabajo, permiten considerar que la columna litológica expuesta en los Estados de Sonora, Chihuahua, Coahuila, Altiplano, Sierra Madre Oriental y Sureste de México, tiene una historia geológica común ligada al Cratón de Norteamérica, desde el Proterozoico Medio en el noroeste y desde el Proterozoico Tardío en las regiones restantes ya que las rocas más antiguas en esas localidades tienen edades de 1500—1700 m.a. y 800—1100 m.a. respectivamente.

CONCLUSIONES

1. Las formaciones Huizachal y Nazas se depositaron en ambientes continentales, y son distintas en edad y petrogénesis.
2. La Formación Huizachal es de edad Triásico Tardío y refleja la sedimentación en fosas tectónicas rellenas por sedimentos derivados principalmente de los siguientes elementos: rocas metamórficas e intrusivos del Precámbrico Tardío (Gneis Novillo), rocas sedimentarias paleozoicas, rocas metamórficas paleozoicas (Esquisto Granjeno, etc.) e intrusivos graníticos pérmicos. Está expuesta en El Jabalí, Coah., San Pablo (SW de Galeana, N.L.), Cañón El Alamar, N.L., Miquihuana, Tam., Anticlinorio de Huizachal—Peregrina y Anticlinorio de Huayacocotla.
3. La Formación Nazas es de edad Jurásico Medio y su petrogénesis indica una secuencia de sedimentos continentales asociada a un arco volcánico calcoalcalina de afinidad "pacífica" y las "capas rojas" están expuestas en los Anticlinorios de Villa Juárez, Dgo. y de Jirnulco, Coah., Sierra del Número Coah., Sierra de San Julián, Zac., Sierra de Candelaria, Zac. y Sierra de Catorce, S.L.P.
4. Las rocas sobre las que descansa la columna post—oxfordiana en el Sector Transversal de Parras (Sierras del Número y de Jirnulco, Coah.), corresponden a una secuencia de "lechos rojos" de carácter vulcanogénico que fue afectada por procesos dinamotérmicos a fines del Jurásico Medio; por lo tanto, se propone considerar a estas litologías dentro de la Formación Nazas.
5. La Formación Rodeo, del NE del Estado de Zacatecas es una secuencia de andesitas y tobas afectadas por cataclisis. Su edad es del Jurásico Medio (183

± 8 m.a., K—Ar, Hornblenda), por lo tanto se propone considerarla como la parte basal de la Formación Nazas en ese sector.

6. El "Esquisto Caopas" Rogers *et al.*, (*op. cit.*) del NE de Zacatecas corresponde a un cuerpo intrusivo hipabisal granítico-diorítico afectado por cataclasis, que está emplazado en las Formaciones Rodeo, Taray y Nazas. Por relaciones estratigráficas, su edad se restringe al Jurásico Medio y se propone considerarla como parte del mismo evento magmático, registrado en la Formación Nazas.
7. La petrología y relaciones estratigráficas de la secuencia de lechos rojos expuesta en la Sierra de Catorce, S.L.P., permiten correlacionar a estas rocas como parte de la Formación Nazas, ya que son de carácter vulcanogénico y suprayacen a la Formación Zacatecas. El aspecto metamórfico que exhiben, refleja los efectos térmicos del Tronco de Real de Catorce (Terciario).
8. En base a su petrología, se propone considerar como parte de la Formación Taray a la secuencia que Córdoba, (*op. cit.*), describiera como la base de la Formación Rodeo al NE de Caopas, Zac.
9. La petrología de la, Formaciones Taray y Zacatecas, refleja la sedimentación marina en cuencas adyacentes a un arco volcánico calcoalcalino en ambientes tectónicos de márgenes activas durante el Triásico Tardío. Estas secuencias experimentaron un evento deformacional compresivo en el Jurásico Temprano.
10. La cataclasis e intrusión de rocas básicas observadas en los "lechos rojos" del Sector Transversal de Parras (S. Jimulco y El Número) y en el NE de Zacatecas (Caopas—Rodeo—Candelaria—Teyra), refleja una deformación de tipo transpresivo que ocurrió a fines del Jurásico Medio, asociada a rompimientos continentales durante la apertura del Golfo de México. Este evento puede relacionarse con el que operó en el sistema *Megashear* Mojave-Sonora, Anderson y Silver (1979).
11. Las relaciones estratigráficas, estructurales y sedimentológicas de la columna litológica expuesta en el Altiplano y Sierra Madre Oriental, permiten considerar que esta región tiene una historia geológica común a la del Cratón de Norteamérica, desde el Proterozoico Tardío.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSON, T.H. & SILVER, L.T., 1979. "The Role of the Mojave—Sonora Megashear in the Tectonic Evolution of Northern Sonora", in Guidebook No. 27, Geol. Soc. Am. Annual Meeting, pp. 59—68.
- BELCHER, R.e., 1979. "Depositional Environments, Paleomagnetism, and Tectonic Significance of Huizachal + Red Beds (Lower Mesozoic), Northeastern Mexico", Univ. of Texas at Austin, Ph. D., Thesis p. 276.
- BROWN, G.C., 1981. "The Changing Pattern of Batholiths Emplacement During The Earth History", in "The Origin of Granite Batholiths, Geochemical Evidence", M.P. Atherton & J. Tarney (Eds.), Shiva Publ. Ltd., pp. 106—115.
- BUFFLER, R.T., *et al.*, 1980. "Structure and Early Geologic History of the Deep Central Gulf of Mexico Basin" in "The Origin of the Gulf of Mexico and the Early Opening of the Central North Atlantic Ocean", R. H. Pilger Jr. (Edit.), Louisiana Geol. Surv., pp. 3—16.
- CANTU-CHAPA, A., 1969. "Una Nueva Localidad del Triásico Superior Marino de México", Rev. Inst. Mex. Petróleo, V—1, No. 2, pp. 71—72.
- CARRILLO-BRAVO, J., 1961. "Geología del Anticlinorio Huizachal—Peregrina al NW de Ciudad Victoria, Tamaulipas", Bol. Asoc. Mex. Geol. Petroleros, Vol. XIII, Nos. 1 y 2, pp. 1—98.
- CARRILLO-BRAVO, J., 1968. "Reconocimiento Geológico Preliminar de la Porción Central del Altiplano Mexicano", PEMEX (inédito).
- CARRILLO-BRAVO, J., 1971. "La Plataforma de Valles—San Luis Potosí", Bol. Asoc. Mex. Geol. Petroleros, V. XXIII Nos. 1—6, pp. 1—113.
- CARRILLO-BRAVO, J., "Exploración Petrolera de la Cuenca Mesozoica del Centro de México", Bol. Asoc. Mex., Geol. Petroleros, V. XXXIV, No. 1, pp. 3—46
- CATER, F.W., 1982. "Intrusive Rocks in the Holden and Lucerne Quadrangles, Washington. The Relation to Depth Zones Composition, Texture and Emplacement of Plutons", U. S. Geol. Surv. Prof. Paper 1220, U.S. Government Printing Office, Washington.
- CEBULL, S.E. & D.H. SHUBERT, 1980. "The Ouachita Belt in the Evolution of the Gulf of Mexico", in "The Origin of the Gulf of Mexico and the Early Opening of the Central North Atlantic Ocean", R.H. Pilger Jr. (Ed.), Louisiana Geol. Surv., pp. 17—26.
- CUFFORD, T.N., 1974. "Review of African Granulites and Related Rocks". Geol. Soc. Am. Special Paper 156, pt. 49.
- CONEY, P.J., 1983. "Un Modelo Tectónico de México y sus Relaciones con América del Norte, América del Sur y El Caribe", *Rev. Inst. Mex. Petróleo* Vol. XX, No. 1, pp. 6—15.
- CORDOBA, M.D.A., 1964. "Carta Geológica de México Serie 1:1 000 000, Hoja Apizolaya 13 R-1 (9), Inst. Geol. UNAM.
- COX, K.G., J.D. BELL & R.J. PANKHURST, 1980. "The Interpretation of Igneous Rocks", G. Allen (Ed.), Unwin Ltd., 2nd. Edition.
- CUEVAS, P.E., 1980. "Geología de la Región San Martín—Sombrerete de Durango y Zacatecas, México", Bol. Asoc. Mex. Geol. Petroleros, Vol. XXXII, No. 2.
- CUNNINGHAM, K., 1975. "Petrology and Petrography of Permian Vulcanogenic and Carbonate Rocks Near Las Delicias, Coahuila, Mexico", Ph.D. Thesis, Oregon State Univ. USA.
- DAMON, P.E., M., SHAFFICULLA & K. CLARK, 1981. "Age Trends of Igneous Activity in Relation to Metallogenesis in the Southern Cordillera", Arizona Geol. Soc. Digest U—14, pp. 137-154.

- DE CSERNA, Z., 1956. "Tectónica de la Sierra Madre Oriental de México, entre Torreón y Monterrey", XX Congr. Geol. Int., Monografía, pt. 87.
- DENISON, R.E., E.G. LIDIAK, M.E. BICKOFORD & E.B. KISVARSAI, 1984. "Geology and Geochronology of Precambrian Rocks in the Central Interior of the United States", Geol. Surv. Prof. Paper 1241 U.S. Government Printing Office, Washington, pt. 20.
- DICKINSON, W.R. & P. CONEY, 1980. "Plate Tectonics Constraints on the Origin of the Gulf of Mexico", in "The Origin of the Gulf of Mexico and the Early Opening of the Central North Atlantic Ocean" R.H. Pilger Jr. (Ed.), Louisiana Geol. Surv., pp. 27-36.
- EGUILUZ, A.S., 1985. "Posibilidades Petrolíferas en el Mar Mexicano", *Rev. Ing. Petrolera*. Vol. XXV, No. 8, pp. 39-60.
- ESCAMILLA, H.A., R.L. GONZALEZ, J.L. ALANIS, N. QUINTANAR, R. RAMOS y M.A. ZAMUDIO, 1986. "Prospecto Felipe Pescador, Semidetalle Geológico", Inf. Geol. No. 655, PEMEX (Inédito).
- FRIES, C. y RINCON-ORTA, 1965. "Nuevas Aportaciones Geocronológicas y Técnicas Empleadas en el Laboratorio de Geocronometría", Bol. Inst. Geol. UNAM, No. 73, Parte II.
- GARRISON, J.R., *et al.*, 1980. "Rb—Sr Isotopic Study of the Ages and Provenance of Precambrian Granulite and Paleozoic Greenschist, Near Ciudad Victoria, Tamaulipas", in "The Origin of the Gulf of Mexico and the Early Opening of the Central North Atlantic Ocean" R.H. Pilger Jr. (Ed.), Louisiana Geol. Surv., pp. 38-49.
- GRAJALES, M. y M. LOPEZ-INFANZON, 1984. "Estudio Petrogenético de las Rocas Igneas y Metamórficas de la Cuenca Guerrero—Morelos". Proy. C-1157, IMP, Subd. Tecn. Expl. (Inédito).
- GRAJALES, M. y M. LOPEZ-INFANZON, 1984. "Estudio Petrogenético de las Rocas Igneas y Metamórficas del Prospecto Tomatlán—Guerrero-Jalisco", Subd. Tecn. Expl. (Inédito).
- GUERRERO-GARCIA, J., 1976. "Contributions to Paleomagnetism and Rubidium—Strontium Geochronology", Univ. of Texas at Dallas, Ph. D. Thesis, pp. 96-126.
- GUZMAN, R.M.J., 1980. "Prospecto Calabacillas, Detalle Geológico, Estado de Zacatecas", Inf. Geol. No. 596, PEMEX (Inédito).
- HARRISON, J.E. & Z.E. PETERMAN, 1984. "Correlation of Precambrian Rocks of the United States and Mexico", in "Geology and Geochronology of Precambrian Rocks in the Central Interior Region of the United States", Geol. Surv. Prof. Paper 1241—C, U.S. Government Printing Office, Washington, pt. 20.
- HERMOSO, de la T., C., 1970. "Reconocimiento Geológico de la Parte Media de la Cuenca Mesozoica del Centro de México (Cuenca Salinas—Ramos)", Inf. Geol. No. 536, PEMEX (Inédito).
- HIGGINS, W.M., 1971. "Cataclastic Rocks". Geol. Surv. Prof. Paper 687, U.S. Printing Office, Washington.
- IJIMA, A., J.R. HEIN & R. SIEVER, 1983. "Siliceous Deposits in the Pacific Region". Elsevier, New York, pt. 472.
- IMLAY, W.R., 1953. "Las formaciones Jurásicas de México", Bol. Soc. Geol. Mex., Tomo XVI, No. 1, pt. 65.
- JACOBO, A.J., 1985. "Estudio Petrogenético de las Rocas del Basamento en el Distrito Poza Rica", Proy. C—2001, IMP, Subd. Tecn. Expl. (Inédito).
- LIDIAK, E.G., R.F. MARVIN, H.H. THOMAS & M.N. BASS, 1966. "Geochronology of the Midcontinent Region United States Eastern Area", Jour. Geoph. Research, Vol. 71, No. 22, pp. 5126-5138.
- LOPEZ-INFANZON, M., G. LOPEZ, J. FERNANDEZ, P.R., BONILL y V.H. GARDUÑO, 1984. "Estudio Petrotectónico de las Rocas Metamórficas del Area Caopas—Rodeo, Zacatecas", Mem. Soc. Geol. Mex. VII Convención Nacional.
- LOPEZ-INFANZON M. y R. TORRES, 1984. Estudio Petrogenético de las Rocas Igneas en el Prospecto Misantla—Perote, Ver.", Proy. C—2002, IMP, Subd. Tecn. Expl. (Inédito).
- LOPEZ-INFANZON y R. TORRES, 1986. "Edades K—Ar de Rocas Igneas y Metamórficas en el Macizo de Teziutlán", Mem. Soc. Geol. Mex., VIII Convención Nacional.
- MALPICA, C.R. y G. de la TORRE, 1980. "Integración Estratigráfica del Paleozoico de México, Partes I, II y III, Proy. C—1079, IMP, Sub. Tecn. Expl. (Inédito).
- MARTINEZ, P.J., 1972. "Exploración Geológica del Área San Francisco—El Estribo, San Luis Potosí, Hojas K—8 y K-9", Inf. Geol. No. 533, PEMEX (Inédito).
- MARTINEZ, C.A., G. REYES y M. HERNANDEZ, 1982. "Estudio Estratigráfico y Sedimentológico del Albiano-Cenomaniano, Prospecto Mercurio, Área Jiménez, Chih.", Proy. C—1118, IMP, Subd. Tecn. Expl. (Inédito).
- MARTINEZ, C.A. y R. MALPICA, 1983. "Estudio Estratigráfico y Sedimentológico de la Formación y Zacatecas en la Cuenca del Centro de México. Proy. C—1134, IMP, Subd. Tecn. Expl. (Inédito).
- MUEHLBERGER, W.R., C.E. HEDGE, R.E. DENISON & R.F. MARVIN, 1966. "Geochronology of the Midcontinent Region, United States, Southern Area". Jour. Geoph. Research Vol. 71, No. 22, pp. 5409-5425.
- MUGICA, R., 1976. "Estudio Petrográfico del Basamento en el Area de Miquihuana, Tamaulipas. Proy. C-1013, IMP, Sub. Tecn. Expl. (Inédito).
- MUGICA, R. y J. JACOBO, 1983. "Estudio Petrogenético de las Rocas Igneas y Metamórficas del Altiplano", Proy. C—1156, IMP, Subd. Tecn. Expl. (Inédito).
- MURILLO, G., 1985. "Estudio Petrogenético de las Rocas Igneas y Metamórficas en el Sur de la Sierra Oaxaqueña", Proy. C—2008, IMP, Subd. Tecn. Expl. (Inédito).
- ORTEGA, G.F., 1981 (1984). "La Evolución Tectónica Premississippiaca del Sur de México". *Rev. Inst. Geol.* UNAM, Vol. 5, No. 2, 17, pp. 140-157.
- PALAZUELOS, C.R., 1970. "Exploración Geológica del Area Laguna Seca—Real de Catorce, San Luis Potosí". Inf. Geol. No. 534, PEMEX (Inédito).
- PANTOJA-ALOR, A.J., 1972. "Datos Geológicos—Estratigráficos de la Formación Nazas". Mem. Soc. Geol. Mex., II Convención Nacional.
- RODRIGUEZ-CARDONA, H., 1970. "Reconocimiento Geológico de la Cuenca Mesozoica del Centro de México", Inf. Geol. No. 541, PEMEX (Inédito).
- ROGERS, C.L. *et al.*, 1961. "Reconocimiento Geológico del Norte de Zacatecas y Áreas Adyacentes en Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí", CRNNR, Bol. 56.
- ROGERS, C.L., Z. DE CSERNA & VAN VLOTEN, 1963. "Plutonic Rocks of Northern Zacatecas and Adjacent Areas, Mexico", U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 475—C, pp. C7—C10.
- RUEDA, G.J., T. DE CASTRO, O. HERNANDEZ y M. COLLAO, 1977. "Estudios Palinológico, Geoquímico y Petrográfico de los Núcleos 10 y 11 del Pozo Xoconoxtle No. 1 en el Altiplano Mexicano", *Rev. Inst. Mex. Petróleo* Vol. IX, No. 4, pp. 6-19.
- TARDY, M., 1972. "Stratigraphic et Tectonique de la Sierra Madre Orientale au Niveau du Secteur Transversal de Parras (etat du Coahuila, Mexique)", Bull. Soc. Geol. France (7), XIV, pp. 66-76.
- TARDY, M., 1972. "Sobre la Estratigrafía de la Sierra Madre Oriental del Sector Transversal de Parras, Coahuila; Distinción de las Series Coahuilense y Parrense", Soc. Geol. Mex., Bol. 332, pp. 55-78.

- TARDY, M., 1973. "Sobre la Tectónica de la Sierra Madre Oriental en el Sector Transversal de Parras, Coahuila: El Cabalgamiento de la Serie Parrense" , R.C.P. América Central del CNRS y Depto Geol. Estructural Univ. París, VI, Soc. Geol. Mex., Bol. 34, 1 y 2, pp. 63—78.
- TARDY, M., 1973. "Las Phases Tectoniques de Secteur Transverse de Parras, Sierra Madre Orientale (Mexique) Bull. Soc. Geol. France (2), XV, No. 3, pp. 363—366.
- TARDY, M., J. SIGAL y G. GLACON, 1974. "Bosquejo sobre la Estratigrafía y Paleogeografía de los *Flish* Cretácicos del Sector Transversal de Parras, Sierra Madre Oriental, México", Inst. Geol. UNAM, *Serie Divulgación* No. 2, pp. 9—28.
- TARDY, M. y E. RUIZ—BARRAGAN, 1974. "Sobre la Observación Directa del "Decollement" de la Cobertura Mesozoica del Sector Transversal de Parras, sobre el Flanco Oriental del Anticlinal de San Julián, Sierra Madre Oriental, Estado de Zacatecas, México", Inst. Geol. UNAM, Serie Divulgación No. 2, pp. 29—42.
- TURNER P., 1980. "Continental Red Beds", Elsevier Scientific Publishing Company, USA, p.t. 562
- VARIOS AUTORES, 1975. "Aspectos Tectónicos y Estructurales de la Cuenca Apizaco—Zongolica; Alto de Teziutlán y Cuenca Tampico—Misantla ", II Exc. Geológica, PEMEX Zona Poza Rica (Inédito).
- VARIOS AUTORES, 1982. "Excursión Geológica a la Cuenca del Centro de México, Estados de San Luis Potosí y Zacatecas", Libreto Guía Soc. Geol. Mex. VI Convención Nacional.
- VOLLBRETCHAUSSSEN, R., 1972. "Estudio Estructural Detallado de los Anticlinales de la Curva, El Durazno, Los Encinos, El Organo, Cedral, Presa Verde y Cerro Blanco—La Taponá", Inf. Geol. No. 556, PEMEX (Inédito).

ANEXO

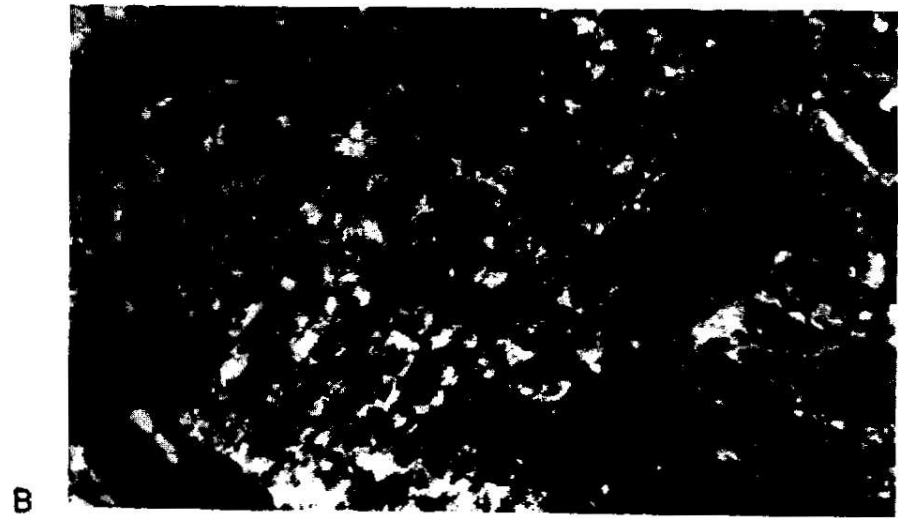
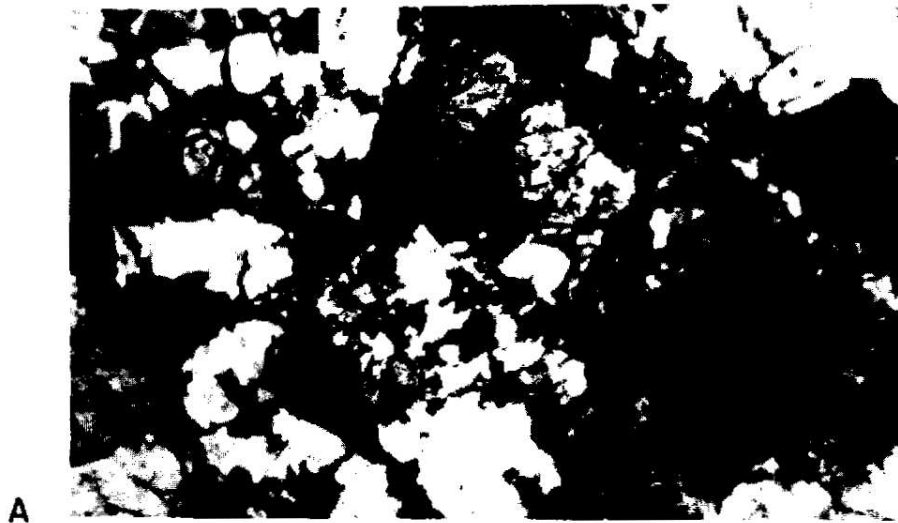
LAMINA I.

- A. GNEISES NOVILLO Muestra LI-84-85 (1X nícoles cruzados). Gneis Granulítico. Se observa la textura granoblástica a base de diópsida, bi-perstena y granate (oscuros), entrelazados con ortoclasa y cuarzo.

- B. GNEIS NOVILLO. Muestra LI-85-85 (2.5X, nícoles cruzados). Sección delgada de una Anfibolita de grano grueso y no foliada, presente como bloques masivos en el complejo metamórfico. Nótese la presencia de hornblenda café euhedral como mineral esencial.

- C. ESQUISTO GRANJENO. Muestra LI-85B-85 (1X, nícoles cruzados). Policataclasis en un esquistos de muscovita, colectado en la zona de contacto tectónico entre esta unidad y el Gneis Novillo. Obsérvese la segregación cataclástica de los minerales micáceos, cuarzo y feldespatos.

LAMINA I



LAMINA II

- A. FORMACION HUIZACHAL. Muestra LI-103C-85 (2.5X, nícoles cruzados). Arcosa de esta unidad litológica, colectada en el Cañón El Alamar, N. L. Se observan clastos angulosos y subangulosos de cuarzo de origen metamórfico, esquistos, muscovita y plagioclasas sódicas, cementados por sericita.
- B. FORMACION RODEO. Muestra LI-22-85 (2.5X, nícoles cruzados). Andesita de Hornblenda de textura porfídica. Exhibe fenocristales euhedrales y subhedrales de plagioclasa sódica (oligoclasa-andesina) y hornblenda (oscuros), incluidos en una mesostasis microcristalina de plagioclasa y trazas de cuarzo.
La datación K—Ar de la Hornblenda dio 183 ± 8 m.a.
- C. FORMACION RODEO. Afloramiento de Andesita de Hornblenda, de estructura masiva y con foliación cataclástica incipiente; está expuesto en el panteón de El Rodeo y aquí se colectó la muestra LI—21—85.

LAMINA II

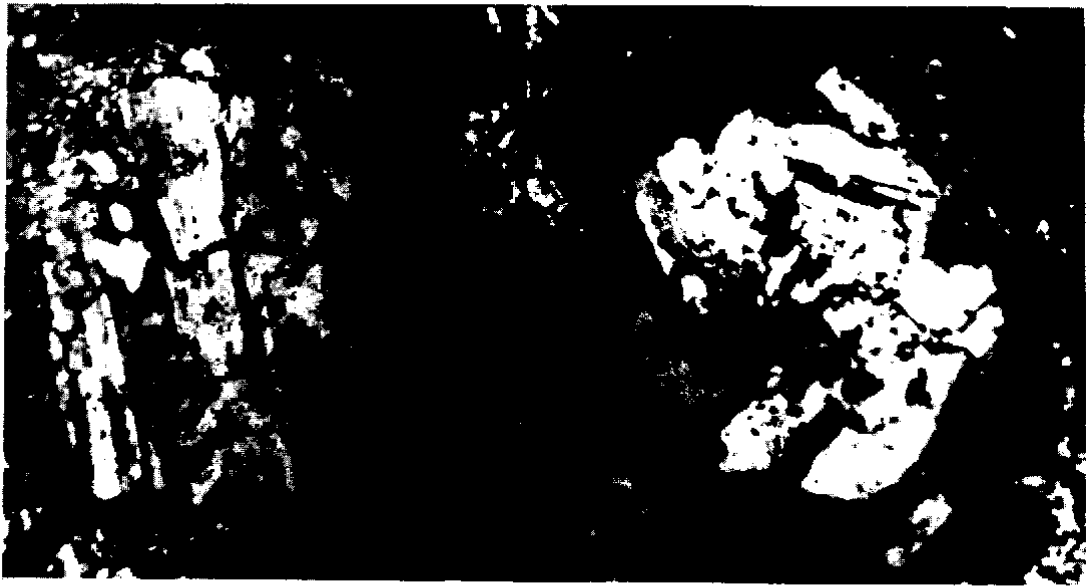


LAMINA III

- A. FORMACION RODEO. Muestra LI—30—85 (25X, filtro verde). Fenoclastos de plagioclasa sódica (oligoclasa—andesina) que exhiben microfracturamiento, granulación periférica, flujo rotacional y exolución de la fracción potásica, durante el proceso cataclástico que afecta a un derrame andesítico de esta formación, colectado al W de Caopas, Zac.

- B. FORMACION RODEO. Muestra LI—30—85 (2.5X, nícoles cruzados). Fotomicrografía panorámica de la muestra anterior. Se observa la textura porfídica original a base de plagioclasa sódica y la sericitización y cloritización de la mesostasis por efectos dinamo-térmicos.

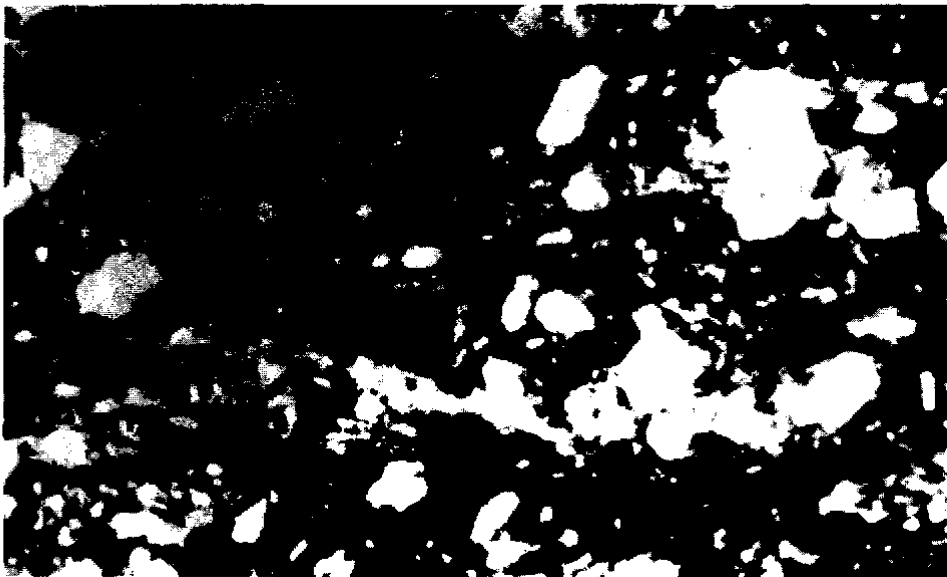
- C. FORMACION RODEO. Muestra LI—9—85 (1X, nícoles cruzados). Derrame de andesita intercalado con la muestra anterior de textura y mineralogía similar, aunque en este caso el grado de cataclasis corresponde al de una milonita con un estado de granulación y flujo cataclástico más intenso.



A



B



C

LAMINA IV

- A. FORMACION RODEO. Afloramiento de filonitas en los alrededores de El Rodeo. Nótese la crenulación preferencial y el aspecto esquistoso.

- B. FORMACION RODEO. Muestra LI—28—85 (2.5X, nícoles cruzados). Andesita milonitizada de esta secuencia en la que se observan las etapas iniciales de segregación cataclástica de las plagioclasas asociadas con la sericita y elorita, originadas durante este proceso. La segregación preferencial de los minerales micáceos le imprime a la roca un aspecto esquistoso.

- C. FORMACION RODEO. Muestra CTG—201 (25X, nícoles cruzados). Detalle de una ultramilonita derivada de un derrame andesítico expuesto en El Rodeo, en la cual se aprecian fenoclastos relictos de los fenocristales originales, contenidos en una pasta ultratriturada de plagioclasa sódica.

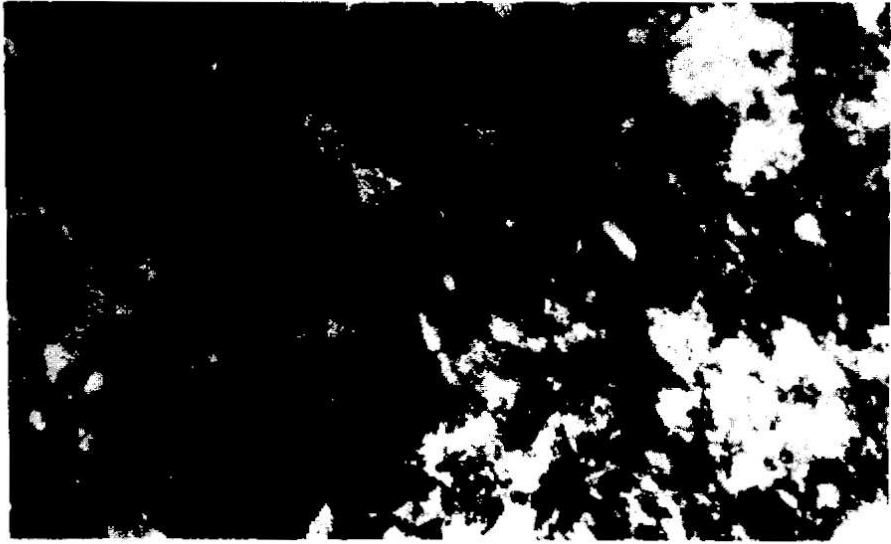
LAMINA IV



A



B



C

LAMINA V

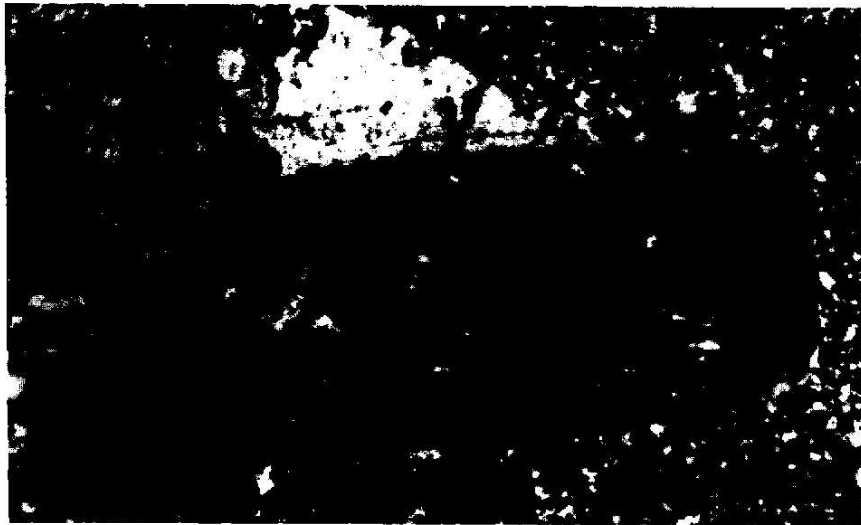
- A. FORMACION CAOPAS. Panorámica del "Tronco Europa"-desde el predio minero La Continental No. 1 (NW de Caopas, Zac.). La Formación Caopas corresponde a este intrusivo hipabisal milonitizado, cuya textura y estructura originales son observables en la cima del Cerro Europa y partes topográficas elevadas circundantes (detalle del extremo derecho).

- B. FORMACION CAOPAS. Muestra LI—47—85 (25X, nícoles cruzados). Fenocristal de plagioclasa sódica en el pórfido riolítico, contenido en una pasta microcristalina de cuarzo y feldespato potásico. En las etapas iniciales de la cataclasis, estos minerales experimentan microfracturamiento preferencial.

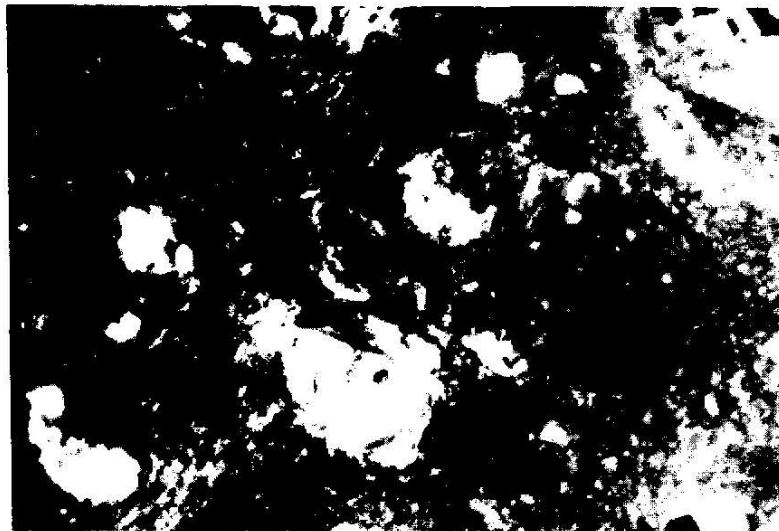
- C. FORMACION CAOPAS. Muestra CTG—004A (2.5X). En este pórfido, las etapas iniciales del proceso cataclástico se manifiestan por la presencia de sombras (cuarzo del extremo superior izquierdo) y aureolas de presión que circundan a los fenocristales, como una respuesta al movimiento preferencial.



A



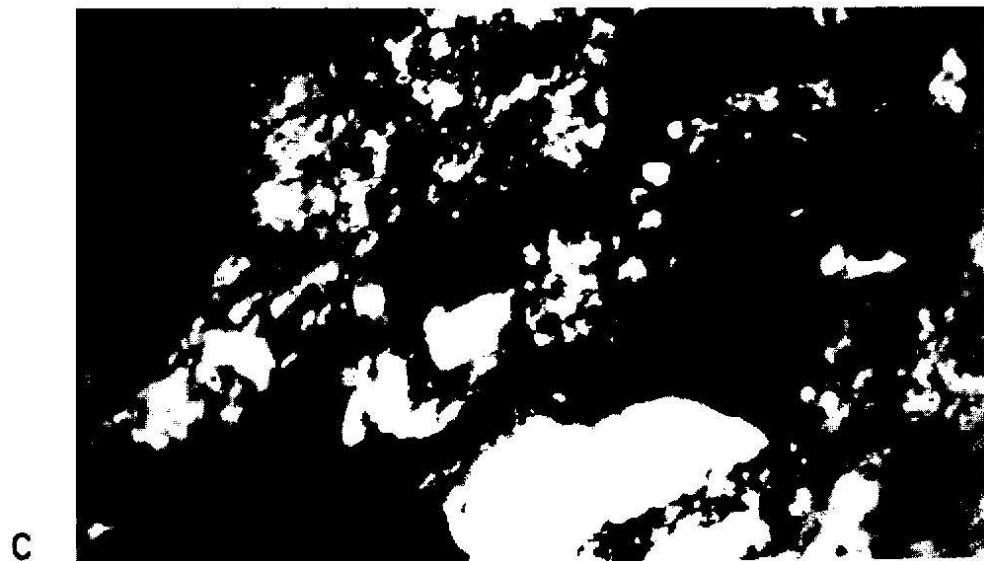
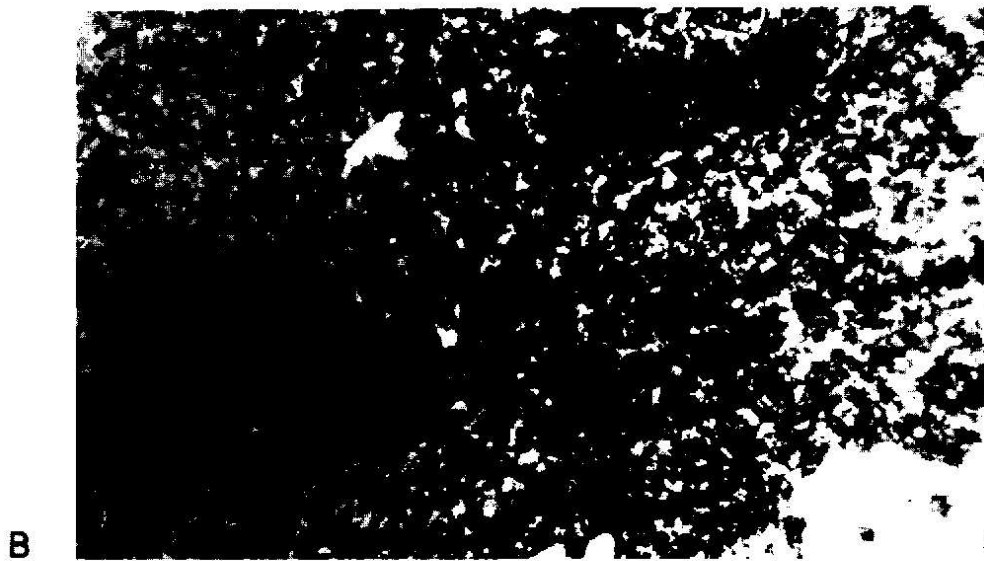
B



C

LAMINA VI

- A. FORMACION CAOPAS. Muestra LI—47—85 (1X, filtro verde y compensador). Durante las fases iniciales del proceso cataclástico, la transformación de la ortoclasa a microclina, resulta en la pertitzación de los fenocristales de feldespato potásico en el pórfido riolítico. En los extremos derecho e izquierdo se observan fenocristales microfracturados de cuarzo. La mesostasis es a base de cuarzo microcristalino y feldespato potásico.
- B. FORMACION CAOPAS. Muestra LI—47—85 (2.5X, nícoles cruzados). La biotita del pórfido riolítico, en las fases iniciales del proceso cataclástica, experimenta cloritización, oxidación a magnetita, granulación y segregación cataclástica que resulta en la presencia de microbandas aisladas de estos minerales.
- C. FORMACION CAOPAS. Muestra LI—47H—85 (1X, nícoles cruzados). Grados más intensos de cataclasis en el pórfido riolítico que resultan en una milonita donde los fenocristales de cuarzo son granulados y segregados, el feldespato potásico es sericitizado y las plagioclasas sódicas experimentan granulación periférica y flujo rotacional en una pasta cataclástica fluidal de sílice y sericita formados a expensas de la mesostasis original.

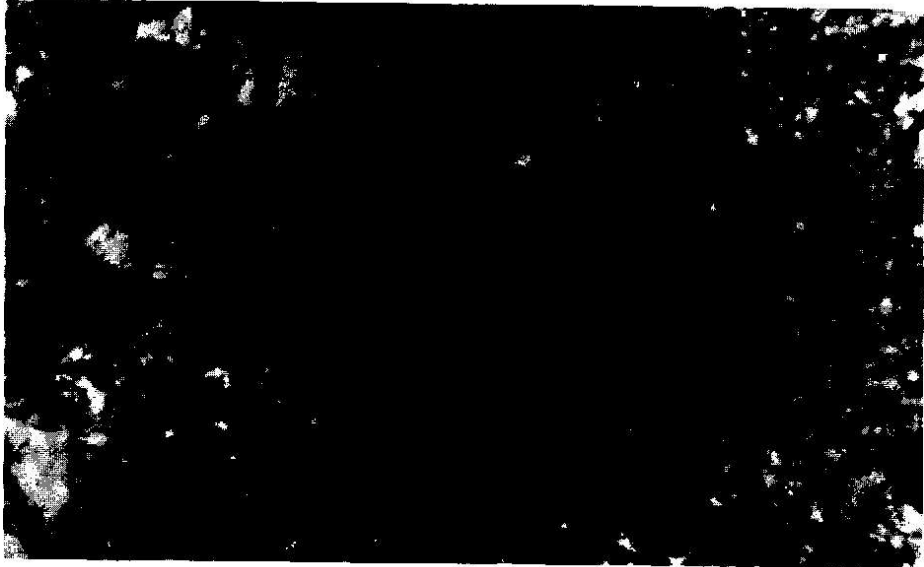


LAMINA VII

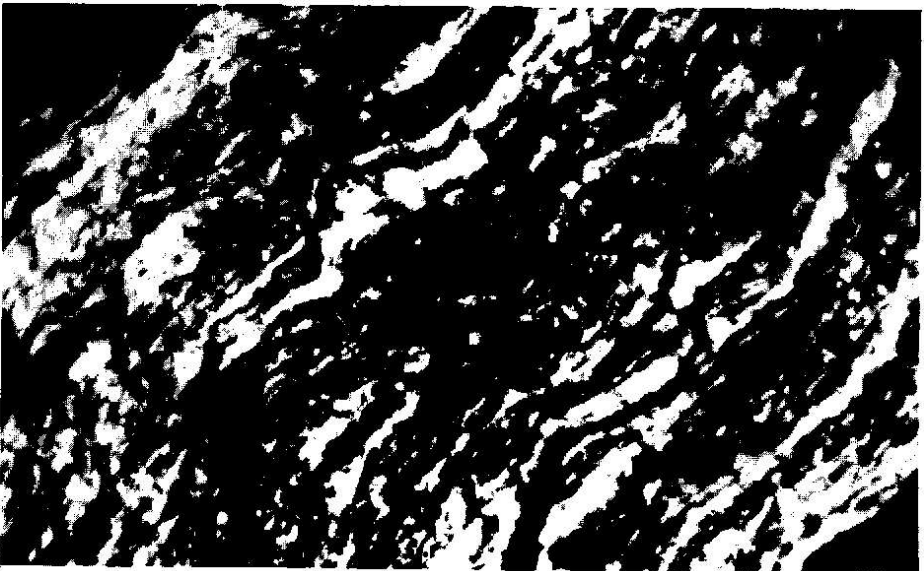
- A. FORMACION CAOPAS. Muestra CTG—006A (2.5X nícoles cruzados). Sericitización, estiramiento preferencial y colisión de los fenocristales de feldspatos en una pasta granulada a base de sílice y sericita en el pórfido riolítico. Cuando en la colisión están involucrados fenocristales de cuarzo, la granulación y recristalización que sufren, resulta en la cementación de los elementos colisionados por lo que eventualmente semejan fragmentos de rocas (al centro).

- B. FORMACION CAOPAS. Muestra CTG—006 (2.5X, nícoles cruzados). Ultratrituración de los componentes minerales del pórfido riolítico que resulta en una pasta cataclástica fluidal de sericita y sílice que contiene fenoclastos de plagioclasa sódica.

- C. FORMACION CAOPAS. Muestra CTG—011 (2.5X, nícoles cruzados). Filonita derivada del pórfido riolítico en las zonas de mayor deformación. El sílice y sericita experimentan segregación cataclástica en bandas y microbandas crenuladas que contienen trazas de los fenocristales de plagioclasa sódica originales. Este arreglo mineralógico, se refleja en un aspecto filítico o esquistoso que tienen en afloramiento.



B



C

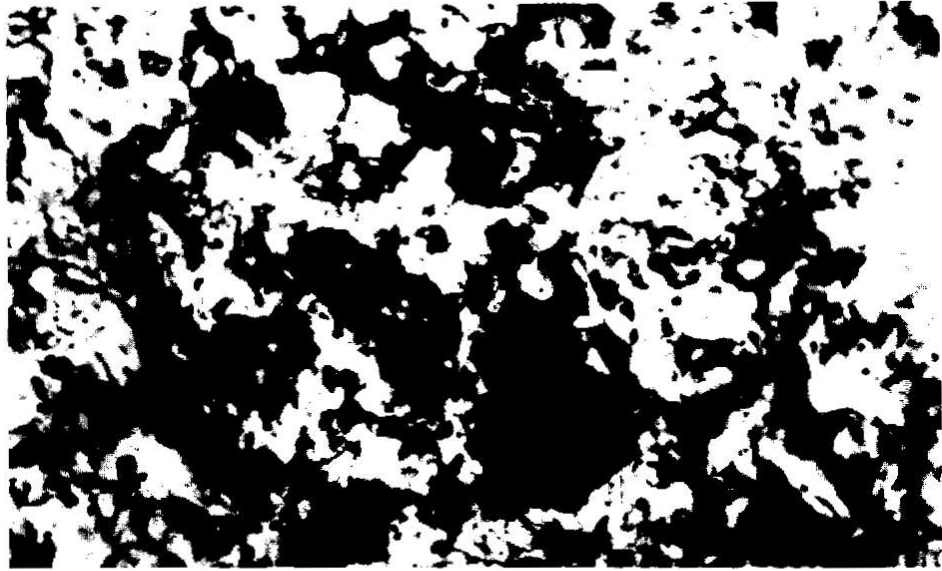
LAMINA VIII

- A. FORMACION CAOPAS. Muestra LI—45—85(25X, nicoles cruzados). Cristal de circón euhedral presente en una roca policataclástica derivada del pórfido riolítico, en la zona de contacto tectónico con rocas de la Formación Zuloaga (área Predio Minero La Continental, NW de Caopas, Zac.).

- B. FORMACION CAOPAS. Muestra LI—109—85 (1X, nicoles cruzados). La intrusión hipabisal, en la región de Candelaria, Zac., es de composición diorítica. La fotomicrografía es una toma panorámica en la que se observa un fenocristal de hornblenda euhedral oxidada a magnetita, contenido en una pasta microgranular de plagioclasa sódica.

- C. CONGLOMERADO BASAL DE LA FORMACION ZULOAGA. Sierra de San Julián (arroyo Piedras Blancas, Zac.). Secuencia basal de la Formación Zuloaga en la que se aprecian clastos de las Formaciones Rodeo, Caopas y Nazas; estos clastos experimentaron cataclasis antes de ser depositados y la foliación cataclástica es evidente en algunos casos (izquierda).

LAMINA VII



A



B



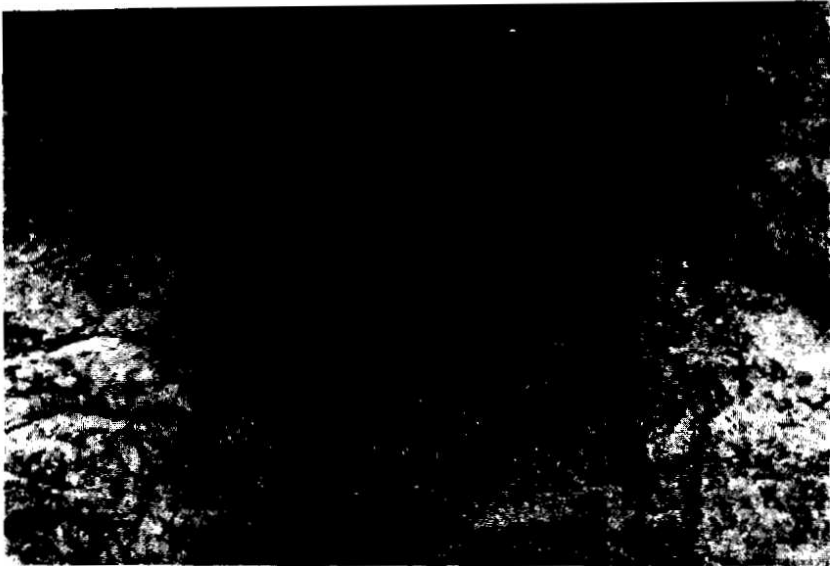
C

LAMINA IX

- A. SIERRA DEL NÚMERO. Contacto discordante entre rocas calcareo-terrágenas del Jurásico Superior, descansando sobre lutitas y limolitas rojas que en este trabajo son asignadas a la Formación Nazas. Ambas unidades son afectadas por un intrusivo diorítico en esta localidad (alrededor de la mina La Sultana en el Cañón de Ahuichila).

- B. SIERRA DEL MÁRMOL. Afloramiento masivo de conglomerados de rocas volcánicas (andesitas y riolitas) cuyos cantos exhiben estiramiento y fracturamiento preferencial por efectos de cataclasis. (Alrededor de la mina La Sultana en el Cañón de Ahuichila).

- C. SIERRA DEL MÁRMOL. Afloramiento de filonitas con marcada crenulación, expuesto en los alrededores de la mina La Sultana; está intercalada con los conglomerados (B) y el protolito corresponde a una roca volcánica de composición andesítica.



B



C

LAMINA X

- A. FORMACION ZULOAGA. Muestra LI—106H—85 (1X, nicoles cruzados). Fotomicrografía de una muestra colectada en la zona basal de la Formación Zuloaga que descansa discordantemente sobre lechos rojos (F. Nazas) en la Sierra de El Número (Cañón de Ahuichila, Mina La Sultana). La secuencia está afectada por un intrusivo terciario que ha generado recristalización diferencial en la calcita micrítica y horizontes arenosos microlaminados (parte inferior), lo cual se refleja en una foliación que muestran estas rocas en los afloramientos.

- B. SIERRA DE JIMULCO. Afloramiento de conglomerado de rocas volcánicas (andesitas y riolitas), expuesto en las zonas menos afectadas por el proceso cataclástico y ocupando las partes topográficas más elevadas del área. Muestra LI—52-85.

- C. SIERRA DE JIMULCO. Afloramiento masivo de conglomerado de rocas volcánicas (andesitas y riolitas) afectado por cataclasis. Nótese la granulación y foliación preferencial que exhiben estas rocas, mismas que ocupan las zonas topográficamente más bajas del área.

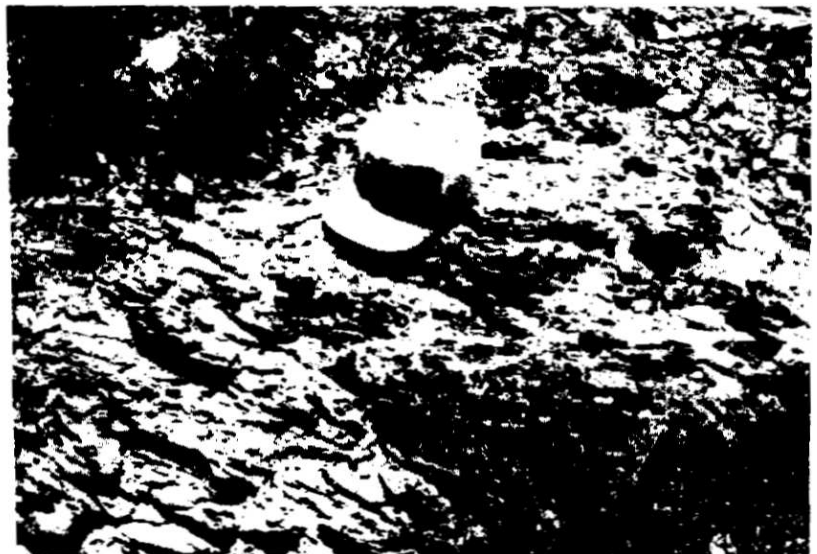
A

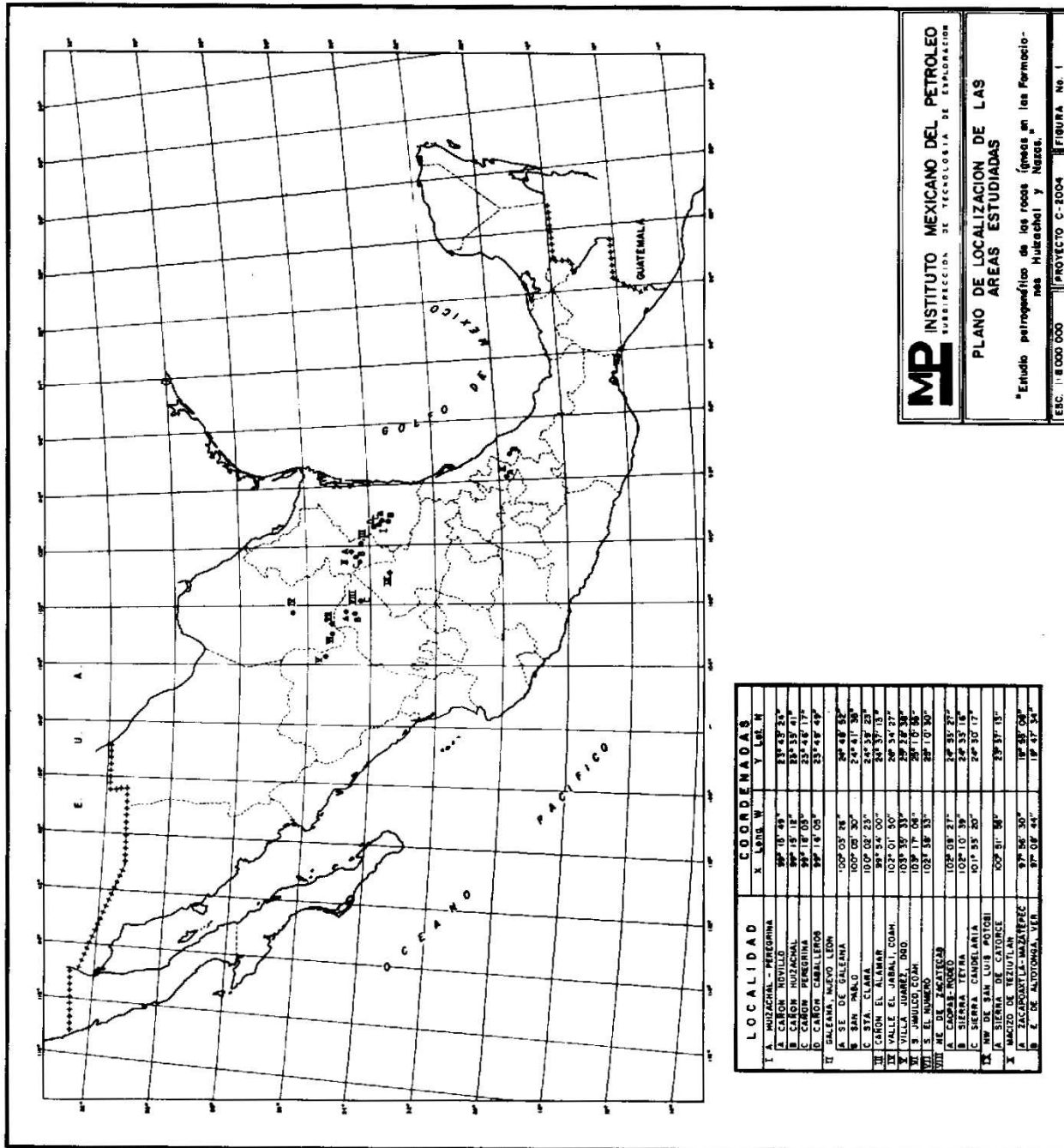


B



C





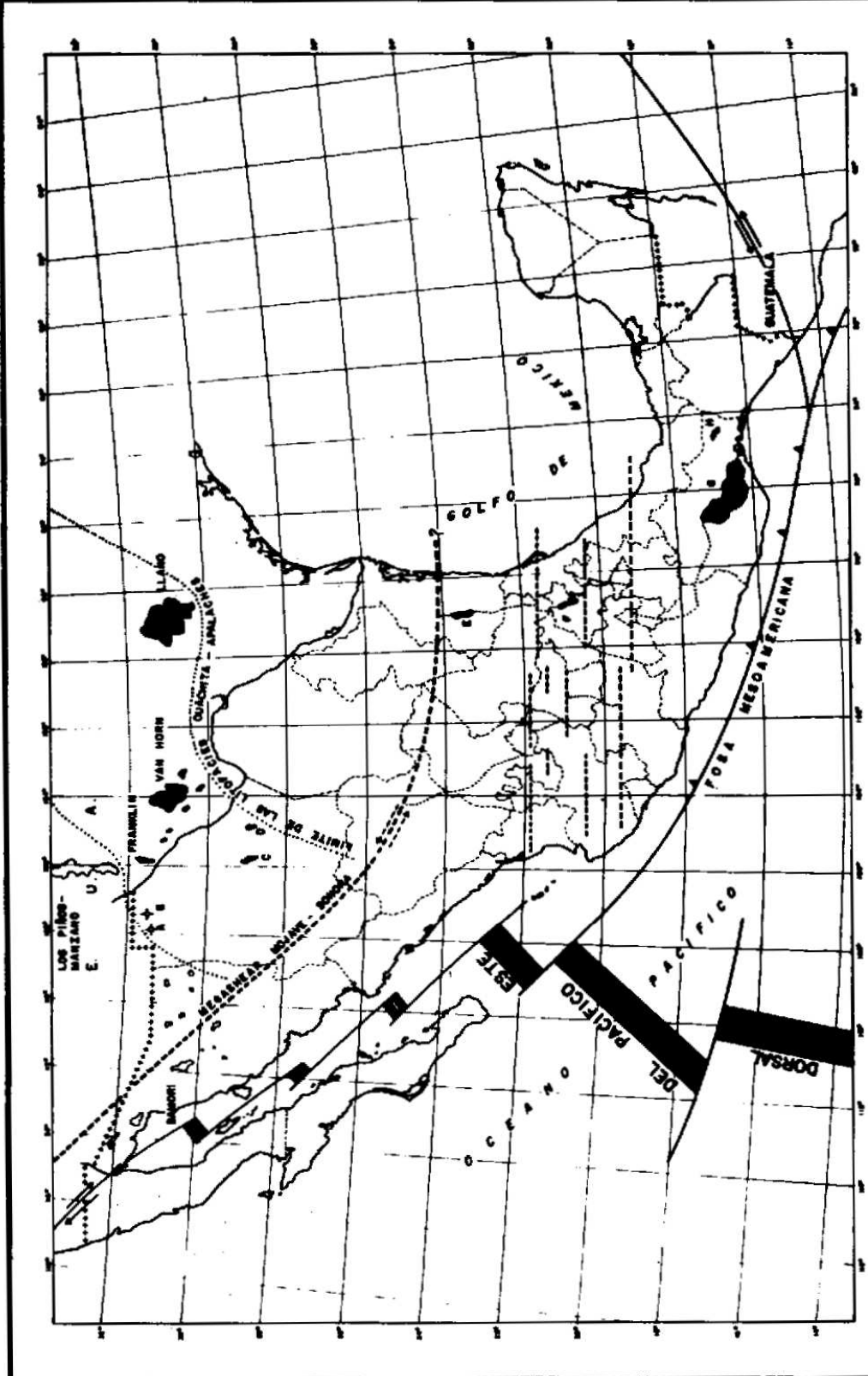
MP INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO
 SUBDIRECCION DE TECNOLOGIA DE EXPLORACION

PLANO DE LOCALIZACION DE LAS AREAS ESTUDIADAS

*Estudio petrográfico de las rocas (peses en las Formaciones Muleachi y Nazas.)

ESCALA: 1:1,000,000 PROYECTO C-2904 FIGURA No. 1

LOCALIDAD	COORDENADAS	
	X. SERIE W.	Y. SER. N.
I. A. MUZACHA - PEREGRINA	99° 18' 43"	23° 43' 23"
A. CARON NOVILLO	99° 15' 18"	23° 33' 41"
B. CARON MUZACHAL	99° 18' 03"	23° 46' 17"
C. CARON PEREGRINA	99° 18' 03"	23° 46' 17"
D. CARON CABALLEROS	99° 18' 03"	23° 46' 49"
II. SALENNA NUEVO LEON	100° 03' 58"	22° 12' 32"
A. SI. DE SALENNA	100° 03' 58"	22° 12' 32"
B. SI. DE SALENNA	100° 03' 58"	22° 12' 32"
C. SI. DE SALENNA	100° 03' 58"	22° 12' 32"
III. CARON EL ALMAR	99° 54' 00"	24° 37' 13"
IV. VALLE EL JARAL, COAH.	102° 01' 50"	24° 34' 27"
V. VALLE EL JARAL, DGO.	103° 35' 33"	23° 28' 38"
VI. S. JUMILCO, COAH.	103° 17' 04"	23° 10' 58"
VII. S. EL NUMERO	103° 18' 33"	23° 10' 58"
VIII. SI. DE ZACATECAS	103° 03' 31"	24° 15' 37"
A. SI. DE ZACATECAS	103° 03' 31"	24° 15' 37"
B. SI. DE ZACATECAS	103° 03' 31"	24° 15' 37"
C. SI. DE ZACATECAS	103° 03' 31"	24° 15' 37"
IX. SI. DE SAN LUIS POTOSI	101° 55' 20"	24° 10' 17"
A. SI. DE SAN LUIS POTOSI	101° 55' 20"	24° 10' 17"
X. SI. DE TLUATLAN	100° 51' 58"	23° 37' 15"
A. SI. DE TLUATLAN	100° 51' 58"	23° 37' 15"
B. SI. DE TLUATLAN	100° 51' 58"	23° 37' 15"
XI. SI. DE MUDONIA, VER.	97° 56' 30"	19° 37' 08"
A. SI. DE MUDONIA, VER.	97° 56' 30"	19° 37' 08"
B. SI. DE MUDONIA, VER.	97° 56' 30"	19° 37' 08"



ROCAS PRECAMBRICAS IGNEAS Y METAMORFICAS

■ ROCAS FORMADAS HACE 800-1400 M. A.

□ ROCAS FORMADAS HACE 1600-1800 M. A.

A.-POZO LOS CHINOS No.1 Gneis granítico.

B.-POZO MOYOTES No.1 Granito.

C.-SIERRA DEL CUERVO, CHIH. Gneis granítico.

D.-SIERRA DE CARRIZALILLO, CHH. Gneis granulítico y migmatitas.

E.-GNEIS NOVILLO Gneis granulítico, mármol, migmatitas, anortitas.

F.-GNEIS HUIZNOPALA Gneis granulítico, migmatitas.

G.-COMPLEJO OAXAQUEÑO Gneis granulítico, mármol, migmatitas, anortitas.

H.-SAN JUAN GUICHICOVI, OAX. Gneis granulítico.

BALADO DE CAROS (TORRICELLI DE FRESA J. 1948), FRESA Y ANTONIO GONZALEZ (1958), JACOBSON Y SILVER (1971), FRESA J. (1974), MALDONADO ET AL (1974), SERRANO ET AL (1980), GONZALEZ ET AL (1982), MALDONADO ET AL (1982).

□ ROCAS FORMADAS HACE 1600-1800 M. A.
Complejo Bomani e intrusivos anortiniticos, Sen

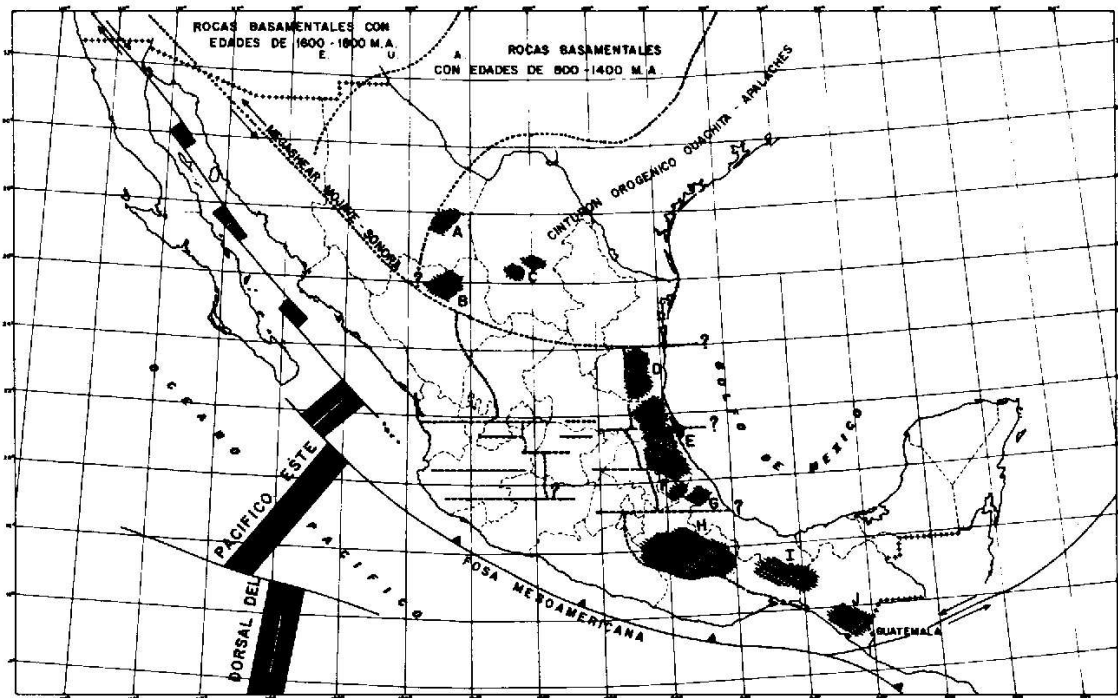
MP INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO
SUBDIRECCION DE TECNOLOGIA DE EXPLORACION

LOCALIDADES DE ROCAS PRECAMBRICAS EN MEXICO

"Estudio petrográfico de las rocas ígneas en las Formaciones Helischel y Neza."

PROYECTO C-8004

FIGURA No. 3



ROCAS PALEOZOICAS IGNEAS Y METAMORFICAS

■ ROCAS FORMADAS HACE 350 - 250 M. A.

- A: AREA ALDAMA - CARRIZALILLO, CHH.
- B: SANTA MARIA DEL ORO, DGO.
- C: ACATITA - LAS DELICIAS - EL JABALI, COAH.
- D: ESQUISTO GRANJENO.
- E: SUBSUELO DE TAMAULIPAS - POZA RICA.
- F: S. DE MAZATEPEC, PUE.
- G: E. DE ALTOTONGA, VER.
- H: COMPLEJO ACATLAN Y ROCAS PLUTONICAS DEL CENTRO DE OAXACA.
- I: LA MIXTEQUITA, OAX.
- J: VILLA FLORES - LA CONCORDIA, CHIS.

- GRANITOS - GRANODIORITAS.
- ESQUISTO DE MUSCOVITA.
- GRANITOS - GRANODIORITAS.
- ESQUISTO DE MUSCOVITA, ROCAS METAMORFICAS Y METAVOLCANICAS.
- ESQUISTO DE MUSCOVITA, GRANITOS Y GRANODIORITAS.
- ESQUISTO DE MUSCOVITA, ROCAS METAMORFICAS Y METAVOLCANICAS.
- COMPLEJO PLUTONICO - METAMORFICO.
- ESQUISTOS DE MUSCOVITA - MUSCOVITA, METAMORFICOS, ROCAS METAVOLCANICAS Y META-PLUTONICAS, GRANITOS Y GRANODIORITAS.
- GRANITOS, GRANODIORITAS Y ESQUISTOS.
- GRANITOS - GRANODIORITAS.

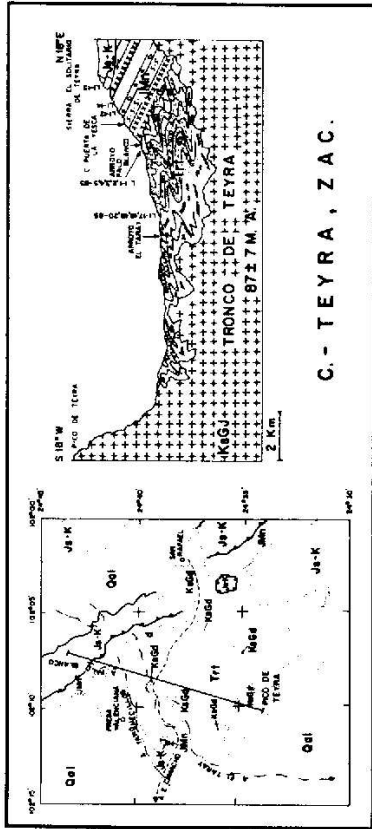
Basado en datos isotopicos de Fries et al (1962), Fries et al (1965), Fries y Rueda - Orta (1965), Denison et al (1971), Habern et al (1974), De Castro et al (1977), De Castro et al (1980), Garrison et al (1980), IMP (1982), Grojales y M. López (1984), Grojales et al (1985), Jacobo (1985), López y Torres (1985).

MP INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO
SUBDIRECCION DE TECNOLOGIA DE EXPLORACION

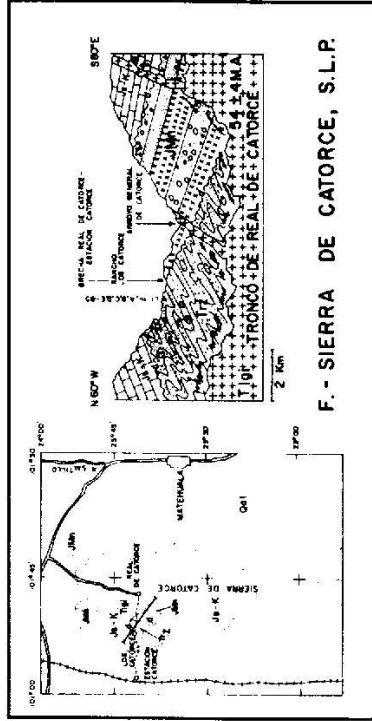
LOCALIDADES DE ROCAS PALEOZOICAS BASAMENTALES EN MEXICO.

*Estudio petrogenético de las rocas igneas en las Formaciones Huizachal y Nozú.

PROYECTO C - 2004 FIGURA No. 3



C.- TEYRA, ZAC.



F.- SIERRA DE CATORCE, S.L.P.

TRIASICO MARINO

- A.- VISCAINO, B.C.S.
- B.- CAOPAS, ZAC.
- C.- TEYRA, ZAC.
- D.- LA MANGANITA, ZAC.
- E.- ZACATECAS, ZAC.
- F.- SIERRA DE CATORCE, S.L.P.
- G.- SIERRA LA TAPONA, S.L.P.
POZO TAPONA No. 1
- H.- FORMACION ARTEAGA, MICH.
- I.- FORMACION IXCUINATOYAC, GRO.

LEYENDA: LITOLÓGICA, TEMPERATURA, ALTURA, MARCHA, etc.

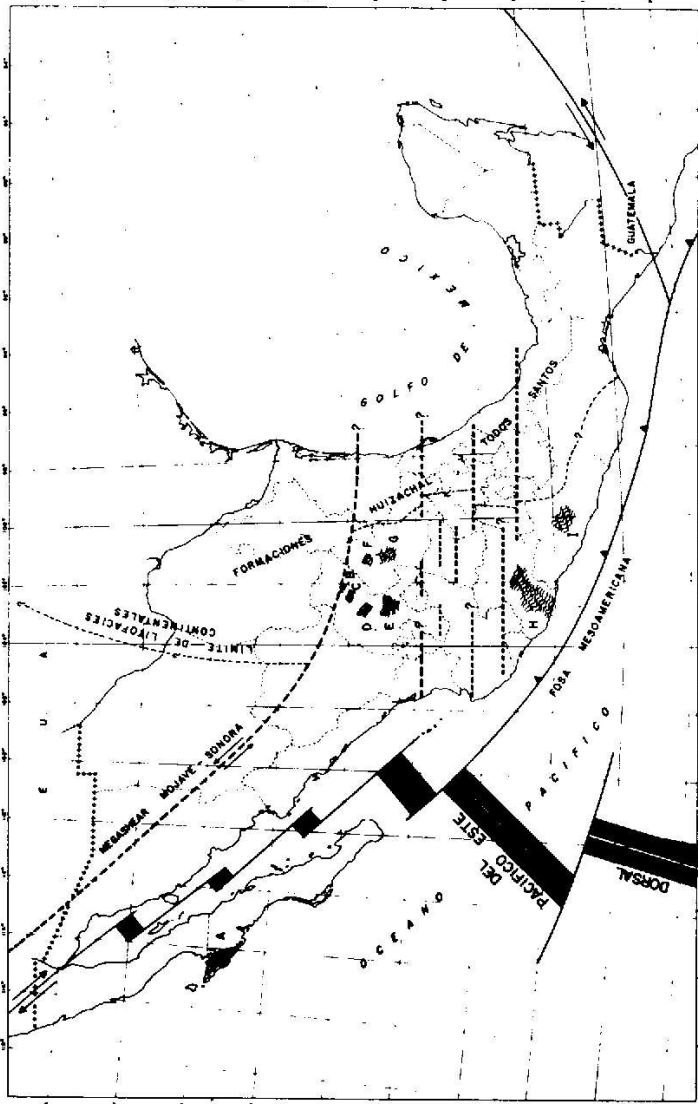
LITOLÓGICA: LITOLÓGICA, TEMPERATURA, ALTURA, MARCHA, etc.

TEMPERATURA: LITOLÓGICA, TEMPERATURA, ALTURA, MARCHA, etc.

ALTURA: LITOLÓGICA, TEMPERATURA, ALTURA, MARCHA, etc.

MARCHA: LITOLÓGICA, TEMPERATURA, ALTURA, MARCHA, etc.

MESOZOICO	
TRIASICO	JURASICO
CRETACICO	TERCIARIO
CUATERNARIO	CUATERNARIO
PRE-CAMBRIANO	PRE-CAMBRIANO



MP INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO
 ADMINISTRACION DE TECNOLOGIA Y EXPLORACION

LOCALIDADES DE ROCAS MARINAS TRIASICAS

"Envío petrográfico de las rocas ágneas en las Formaciones Huixtla y Teyra."

PROYECTO C-2004

FIGURA No. 4