

## GEOLOGÍA DE LA REGIÓN DE COMANJA, ESTADOS DE GUANAJUATO Y JALISCO

Odranoel Quintero-Legorreta\*

### RESUMEN

En la región de Comanja de Corona, Estado de Jalisco, afloran rocas de la más variada composición y litología que representan una evolución geológica complicada. Se propone formalmente los nombres de 10 unidades litoestratigráficas, cuya naturaleza litológica comprende los tres tipos principales de rocas, ígneas (intrusivas y extrusivas), sedimentarias (carbonatadas y clásticas) y metamórficas (principalmente de contacto).

La Ofiolita Barbosa y la "unidad sedimentaria" representan las condiciones geológicas que permitieron la generación de corteza oceánica y su cubierta volcánica desarrolladas probablemente en las vecindades de un arco volcánico. Existen algunos indicios de que la porción volcánica de la Ofiolita Barbosa fue afectada por espilitización. Corona-Chávez menciona el hallazgo de *Nannoconus dolomiticus*, cuyo alcance estratigráfico es del Titoniano-Valanginiano, con lo que la edad mínima de la "unidad sedimentaria" puede ser valanginiana.

La Caliza La Perlita se depositó en condiciones de energía alta cercanas a costa; éstas variaron hacia niveles neríticos donde recibieron la influencia de clásticos finos. Este depósito se realizó durante el período comprendido entre el Aptiano temprano y el Albiano tardío.

El Granito Comanja es un intrusivo batolítico discordante, cuya afinidad magmática es calciocalina, y que fue emplazado durante el Eoceno ( $55 \pm 4$  y  $58 \pm 6$  Ma, edad K-Ar; Mugica-Mondragón y Albarrán-Jacobo, 1983).

Posteriormente, se depositó el Conglomerado Guanajuato, que está constituido principalmente por fragmentos de rocas sedimentarias y volcánicas apizarradas y, en proporción menor, por rocas intrusivas.

Las unidades litoestratigráficas más jóvenes fueron agrupadas en el Grupo León, siendo, en su mayoría, de origen volcánico y de litología variada. Las unidades definidas son: Andesita Bernalejo, Grava Los Lozano, Ignimbrita Cuatralba, Basalto Dos Aguas, Andesita Mesa de Santiago y Grava Los Ranchos.

Tanto la Ofiolita Barbosa como la "unidad sedimentaria" fueron deformadas probablemente en el Cretácico Temprano (Neocomiano) por los efectos de la deformación orogénica Nevadiana. Una segunda deformación al término del Cretácico o a principios del Cenozoico deformó las rocas existentes imprimiéndoles una segunda deformación y a la Caliza La Perlita sólo una. El Conglomerado Guanajuato presenta, invariablemente, inclinaciones que posiblemente hayan sido originadas por una etapa de deformación, sin saberse con precisión si fue de compresión o extensión. La edad del Conglomerado Guanajuato está comprendida entre el Eoceno medio y el Oligoceno inferior. En la región existen dos sistemas de fallas normales cuyas orientaciones son casi ortogonales; presentan rumbos N60°W y N50°E, siendo el más antiguo el primero. Estos sistemas de fallas fueron el resultado de la interacción de dos direcciones de esfuerzos, uno de éstos es similar a la provincia de Cuencas y Sierras.

La evolución tectónica de la región, en el Mesozoico, está ligada al proceso de separación continental de la parte occidental de Pangea y al desarrollo de un arco magmático con su cuenca detrás de arco en la margen occidental de ésta. El arco magmático y su cuenca fueron destruidos, probablemente hacia los inicios del Cretácico, debido a los efectos de la deformación orogénica Nevadiana.

**Palabras clave:** estratigrafía, tectónica, ofiolita, arco magmático, Comanja, Sierra de Guanajuato, Jalisco, México.

### RESUMÉ

Dans la région de Comanja, Jalisco, Mexique, une évolution géologique compliquée est évidencée par des affleurements des roches à composition et lithologie très variées. Pour éclaircir les événements géologiques on a divisé d'abord des unités lithostratigraphiques y présentes. Donc on a proposé formellement les noms de 10 unités lithostratigraphiques. Elles sont: l'Ophiolite Barbosa, qui représente avec «l'unité sédimentaire» les conditions génératrices d'une crôte océanique et sa couverture sédimentaire, étant développées aux environs d'un arc magmatique. Il y a des évidences

\*Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México,  
Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510 D.F.

d'une spilitisation dans les laves sous-marines de l'Ophiolite Barbosa. Dans «l'unité sédimentaire» Corona-Chávez a trouvé les fossils de nannoplancton *Nannoconus dolomiticus* d'âge Tithonienne-Valanginienne. Le Calcaire La Perlita a été déposée aux proximidades cotières dans des conditions à haute énergie en changeant avec le temps vers niveaux néritiques. Le dépôt s'a effectué au début de l'Aptien et la fin de l'Albien. Le Granite Comanja c'est une intrusion batolithique discordant dont s'affinité magmatique est calc-alkaline. Il s'a intrusioné pendant l'Eocène ( $55 \pm 4$  y  $58 \pm 6$  Ma, âges K-Ar; Mugica-Mondragón y Albarrán-Jacobo, 1983). Le Conglomerat Guanajuato est principalement composé par des galets des roches sédimentaires et volcaniques à schistosité ardoisiere, et des galets des roches intrusives.

Le Groupe León c'est la couverture volcanique du Cenozoïque composée par des formations Andesite Bernalejo, Gravier Los Lozano, Ignimbrite Cuatralba, Basalte Dos Aguas, Andesite Mesa de Santiago et Gravier Los Ranchos.

La déformation Nevadienne a déformé l'Ophiolite Barbosa même que «l'unité sédimentaire» au début du Crétacé. Vers la fin du Crétacé ou début du Cenozoïque un autre événement orogénique a déformé toutes les unités mesozoïques, en imprimant une deuxième déformation aux roches déjà affectées lors de la première déformation. Le Conglomerat Guanajuato a une âge compris entre l'Eocène moyen et l'Oligocène inférieur. Une déformation est à l'origine des pendages, mais il n'a été pas possible de différencier si tel déformation a été compressionale ou extensionale.

L'évolution tectonique du centre du Mexique au Mesozoïque est liée aux processus d'ouverture et séparation continentale de Pangea et au développement d'un arc magmatique avec sa basin marginale océanique, qui ont été détruits lors des événements compressionales de la déformation Nevadienne.

Mots-clefs: stratigraphie, tectonique, ophiolite, arc magmatique, Comanja, Sierra de Guanajuato, Jalisco, Mexique.

## INTRODUCCIÓN

### LOCALIZACIÓN DEL ÁREA

Este estudio presenta el análisis geológico regional de una región que se encuentra ubicada en la parte extrema del noroeste de la Sierra de Guanajuato, a 10 km hacia el oriente de la población de Lagos de Moreno, en el Estado de Jalisco. La porción estudiada está en el sector comprendido por los paralelos  $21^{\circ}12'$ , como límite meridional, y  $21^{\circ}25'N$ , como límite septentrional. Los límites occidental y oriental están formados por los meridianos  $101^{\circ}50'$  y  $101^{\circ}35'W$ , respectivamente (Figura 1).

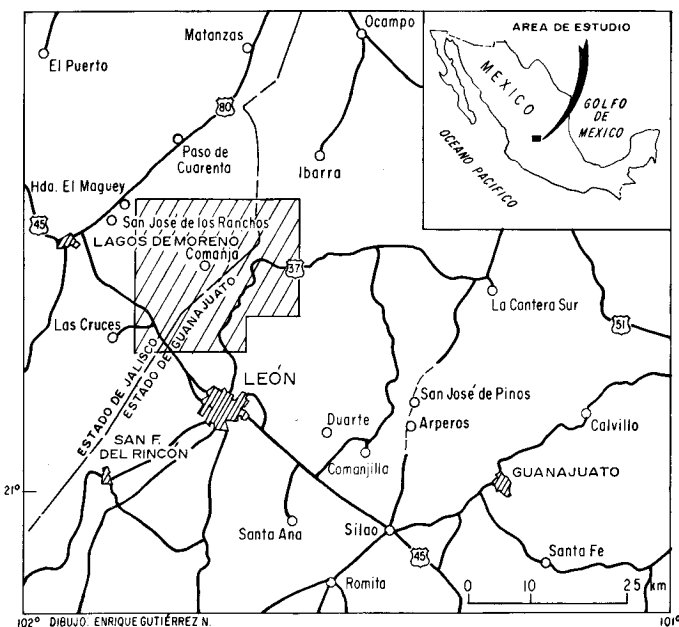


Figura 1.- Mapa de localización de la región de Comanja de Corona, estados de Guanajuato y Jalisco.

### VÍAS DE ACCESO

Existen dos vías de acceso principales al área de estudio: una es la carretera estatal núm. 37, que comunica a las ciudades de León y San Felipe, la cual está pavimentada y en regular estado de conservación; se accede al área desde esta carretera mediante un camino de revestimiento que parte del puerto de Santiago hacia Comanja, atravesando la parte meridional del sector estudiado. La otra vía de acceso es el camino de revestimiento que va desde Lagos de Moreno hacia Comanja, con la cual queda comunicada la parte occidental del sector cartografiado (Figura 1).

A la zona septentrional del área de estudio se puede acceder mediante el uso de caminos vecinales que se comunican con la carretera federal núm. 80 (Figura 1), en el tramo de Lagos de Moreno a Ojuelos. Estos caminos locales se dirigen hacia las antiguas haciendas de El Maguey y de San José de los Ranchos.

Existe un camino que comunica al caserío El Capulín, ubicado al sudeste del área cartografiada, que pasa por los arroyos Guanajuatito y Barbosa. Este acceso parte de la carretera León-San Felipe, a la altura de la Mesa de Santiago.

Otros caminos locales comunican Comanja con los ranchos Bernalejo y La Perlita y con los parajes de Puerto Blanco y el Puerto de La Magdalena, así como con la mina abandonada El Horcón. A la rancharía de La Angostura puede accederse desde la carretera León-San Felipe.

### JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

En la Sierra de Guanajuato están presentes varias unidades litoestratigráficas que no habían sido estudiadas anteriormente desde la perspectiva de los estudios clásicos de geología, es decir, de la preparación de una infraestructura geológica.

Las referencias que se tiene acerca de las rocas ahí aflorantes corresponden al distrito minero de Guanajuato, donde los estudios han sido enfocados hacia fines paleontológicos y geológico-mineros dentro de ese distrito.

En consecuencia, el Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México decidió llevar a cabo la cartografía geológica de dicha sierra, para investigar la naturaleza de las rocas que la forman, así como su evolución geológica.

El propósito de este estudio es realizar la separación de las diferentes unidades litoestratigráficas y hacer la proposición de sus nombres con el fin de establecer una nomenclatura estratigráfica formal para esta porción de la Sierra de Guanajuato, presentando, además, las características estructurales de las rocas de esa parte y su evolución tectónica y, en lo posible, la edad de las unidades.

Otra razón de importancia para la realización de este estudio es que hasta ahora no había sido establecida la naturaleza ni la edad de las rocas más viejas aflorantes en la Sierra de Guanajuato, estableciéndose solamente en términos muy informales una correlación con las igualmente poco conocidas rocas de Zacatecas. La región más septentrional no ha sido estudiada en ningún aspecto, y se procedió entonces a cartografiar la parte comprendida dentro de la hoja Lagos de Moreno, a realizar la estratigrafía de las unidades litoestratigráficas, proponer nombres para las formaciones y presentar secciones estructurales.

#### ESTUDIOS PREVIOS

El estudio más antiguo sobre el área de Comanja corresponde a un informe técnico-minero rendido a la Secretaría de Fomento por Santiago Ramírez (1882). Este informe está enfocado a describir las características de desarrollo y explotación de las minas identificadas en los alrededores de Comanja, por lo que las descripciones geológicas están limitadas al aspecto exclusivamente minero. El informe original de Ramírez fue publicado por partes en la sección de Documentos Mineros del semanario "El Minero Mexicano", en los números correspondientes a 1883. En el año mencionado, Gutiérrez-Galván y colaboradores (1883) publicaron datos históricos valiosos, referentes al desarrollo y situación de las minas de Comanja, también en "El Minero Mexicano".

Entre las fechas mencionadas y fines de la década de 1970, no hay referencias publicadas en relación con el área de estudio, hasta que Echevoyén-Sánchez (1978) publicó, a nivel de reconocimiento general, la cartografía geológica de la Sierra de Guanajuato, siendo éste el primer estudio cartográfico publicado referente a dicha sierra.

Posteriormente, Servais y colaboradores (1982) publicaron un estudio relacionado con las rocas básicas y ultrabásicas de Sinaloa y Guanajuato y postularon un paleogolfo de Baja California y una digitación tethysiana en el centro de México.

Mugica-Mondragón y Albarrán-Jacobo (1983) recolectaron ejemplares petrográficos del Granito Comanja para un estudio petrogenético de las rocas ígneas y metamórficas del Altiplano Mexicano, realizado dentro del Instituto Mexicano del Petróleo, con fines geocronológicos.

Chiodi y colaboradores (1987) presentaron la evolución tectónica y magmática de una parte del batolito granítico de Comanja, analizando sus características petrogenéticas y su evolución tectónica.

#### ESTRATIGRAFÍA

En la cartografía geológica del área estudiada (Láminas 1 y 2) se manifestó la presencia de varias unidades litoestratigráficas (Figura 2), de naturaleza muy diversa, cuya descripción y presentación se hace a continuación.

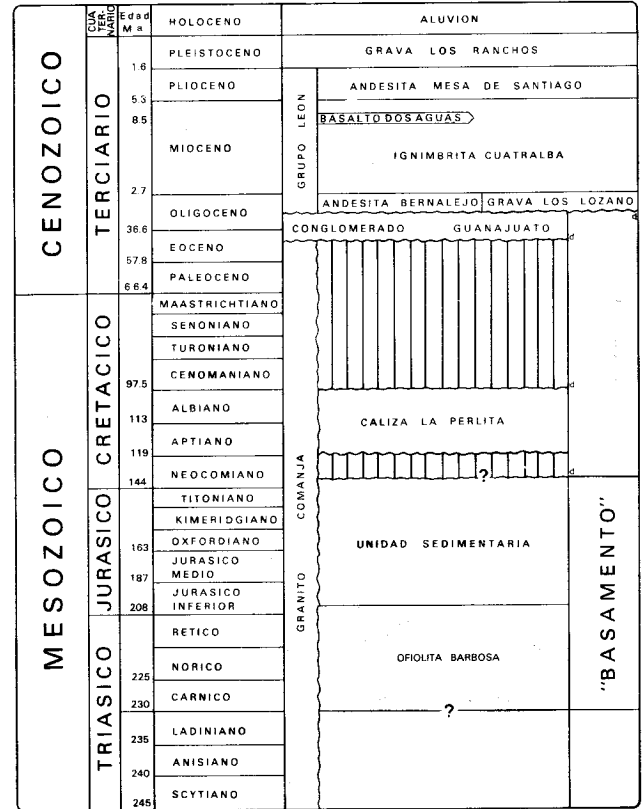


Figura 2.- Columna estratigráfica de la región de Comanja; límites de edad tomados de la tabla de tiempo geológico de la Sociedad Geológica de América (Palmer, 1983).

#### OFIOLITA BARBOSA

##### Definición

Se propone que el término "Ofiolita Barbosa" sea utilizado para denominar a la secuencia de lavas almohadilladas de composición basáltica con diques de diabasa y gabro que constituyen la parte media y superior de una secuencia ofiolítica (Coleman, 1977).

Estas rocas afloran dentro del área de estudio en los arroyos de Barbosa y Guanajuatito, así como en el arroyo El Capulín, ubicado un poco más al sur del área estudiada. Los dos primeros arroyos están ubicados en las cercanías de la rancharía denominada Guanajuatito.

##### Distribución

En diversos lugares de la Sierra de Guanajuato afloran rocas volcánicas submarinas, casi siempre acompañadas por secuencias sedimentarias, ya sea en contacto normal o tectónico.

Las características de estas rocas son muy similares a las de la Ofiolita Barbosa y a las de la "unidad sedimentaria", aflorantes en el área de estudio.

Es probable que la secuencia de rocas ultramáficas de San Juan de Otates, que se encuentra aflorando unos 10 km hacia el SE, en la misma Sierra de Guanajuato, sea la porción inferior de la misma secuencia ofiolítica, ya que existen afloramientos hacia el sudeste del arroyo Barbosa que indican una continuidad en esa dirección de la Ofiolita Barbosa.

En el área cartografiada, los mejores afloramientos están en los arroyos antes mencionados, ubicados al sur de la Mesa de Santiago. Parte de esta unidad aflora al norte del área cartografiada, así como al norte de Comanja, cerca de los afloramientos

**EXPLICACION**  
ROCAS SEDIMENTARIAS, VOLCANICAS Y METAMORFICAS

CENOZOICO	MESOZOICO
Gal	Tgco
Aluvión	Granito Comanja
Ogfr	
Grava Los Ranchos	
Qasa	
Andesita Mesa de Santiago	
Tbda	
Basalto Dos Aguas	
Ttco	
Ignimbrita Cuatralba	
Tglo	
Grava Los Lozano	
Tabe	
Andesita Bernalejo	
Toqu	
Conglomerado Guanajuato	
Kcjp	
Caliza La Perita	
F-job-us	
Ofiolita Barbosa y unidad sedimentaria	

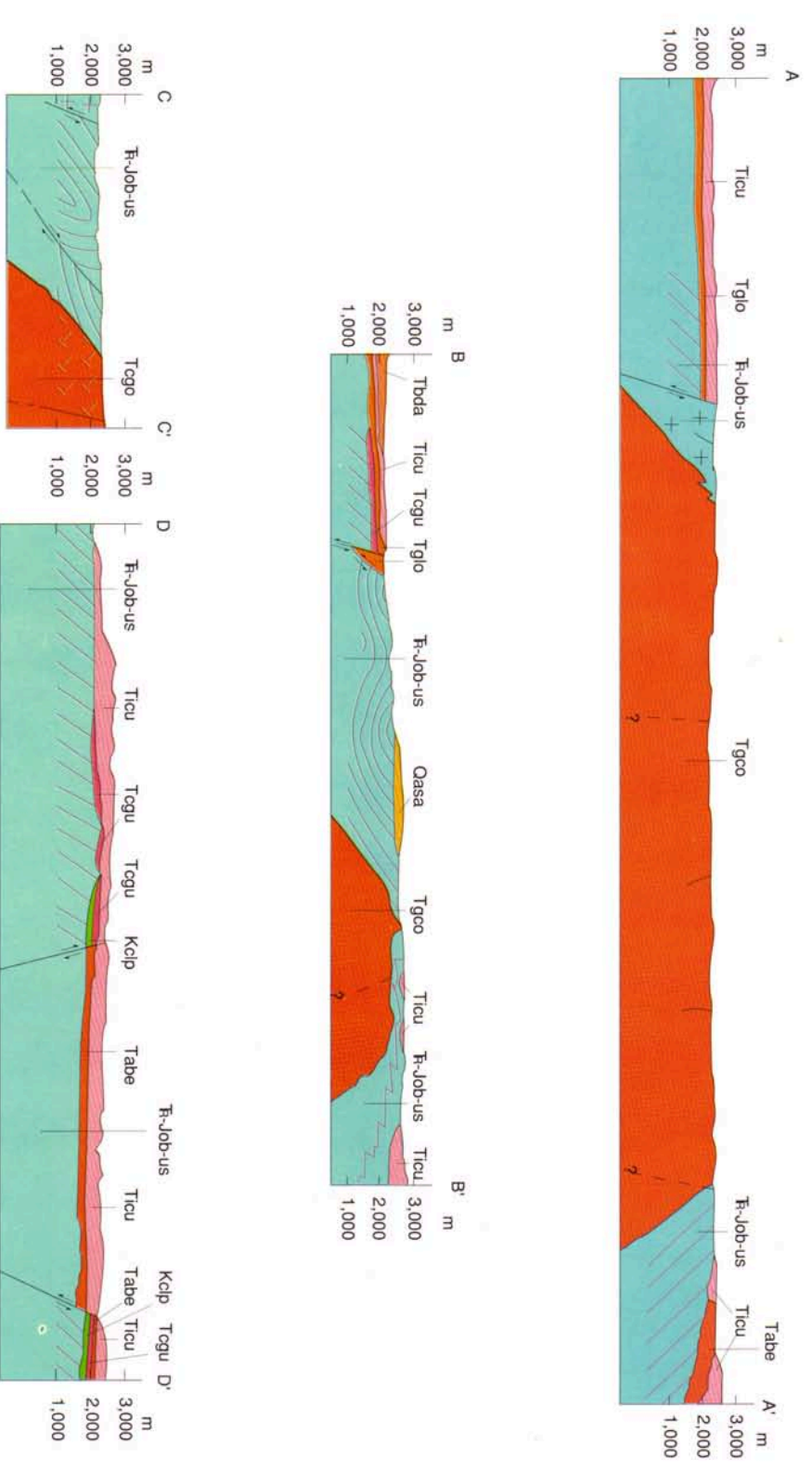
**ROCAS INTRUSIVAS**  
Granito Comanja

**SÍMBOLOS**

- Contacto
- Cabalgadura
- Falla normal
- Fractura
- Rumbo e inclinación de capas
- Foliación
- Anticlinal
- Sinclinal
- Línea de sección

0 5 km





Proceso completo de selección de color por computadora: Juan Manuel López

ESCALA VERTICAL

ESCALA HORIZONTAL

SECCIONES ESTRUCTURALES DEL AREA DE COMANAJA

de la Caliza La Perlita. En este último lugar, la porción volcánica está afectada por metamorfismo de contacto y por tectonismo que obscurecen su estructura original.

#### Litología y espesor

La Ofiolita Barbosa está constituida por lavas almohadilladas de composición basáltica, cuyas texturas son variolítica y, con menor frecuencia, hialoclástica, típicas de los basaltos oceánicos. También, están presentes diques de diabasa y gabro, en la base de la secuencia, de textura intersertal, que consiste en fenocristales de plagioclasa y clinopiroxeno, presentándose en los intersticios albita, clorita, epidota e ilmenita esquelética alterada parcialmente a leucoxeno y, a veces, titanita.

En el arreglo radial de las plagioclasas que forma la textura variolítica, se observa la alteración de las mismas con desarrollo de albita, epidota y algo de clorita, representando esto el proceso de esplitización (albitización). Fueron identificados, también, cristales subhedrales prismáticos de clinopiroxeno, posiblemente augita. Como mineral accesorio está presente ilmenita esquelética.

En la Tabla 1 se presenta los análisis químicos efectuados en tres muestras de roca. Se observa que los óxidos principales— $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$  y  $\text{CaO}$ —están en proporciones acordes con la composición de los basaltos oceánicos, mientras que los altos contenidos de  $\text{Na}_2\text{O}$  indican una esplitización en las muestras analizadas. No obstante, la tendencia alcalina que presentan las tres muestras (Figura 3) es confirmada por los valores elevados en  $\text{TiO}_2$ . En efecto, L.E. Ortiz-Hernández (comunicación escrita, 15/2/90) opina que estas rocas son verdaderamente alcalinas, ya que los valores de  $\text{TiO}_2$  son mayores que 1.5% (Tabla 1).

Tabla 1.- Análisis químico de tres muestras de la Ofiolita Barbosa.

MUESTRA	1	2	3
$\text{SiO}_2$	52.90	42.47	51.23
$\text{TiO}_2$	1.85	1.70	1.85
$\text{Al}_2\text{O}_3$	11.39	16.27	15.54
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.65	0.11	0.28
$\text{FeO}$	7.97	8.65	7.17
$\text{MnO}$	0.13	0.12	0.12
$\text{MgO}$	4.40	6.24	5.12
$\text{CaO}$	7.30	9.11	8.07
$\text{Na}_2\text{O}$	4.75	3.30	4.55
$\text{K}_2\text{O}$	2.50	2.70	2.00
$\text{P}_2\text{O}_5$	0.40	0.28	0.32
$\text{SO}_3$	0.34	0.00	0.00
$\text{CO}_2$	3.00	4.90	0.00
$\text{H}_2\text{O}^+$	0.27	3.76	3.43
$\text{H}_2\text{O}^-$	1.96	0.22	0.21
SUMA	99.81	99.83	99.89

1, lava almohadillada; 2, dique de diabasa; 3, gabro. Análisis realizados por vía húmeda por Irma Aguilera y Graciela Velázquez en los laboratorios del Instituto de Geología de la UNAM.

En los bordes de las almohadilladas se observa una cantidad regular de vesículas, producto del escape de la fase gaseosa del magma. En algunos bordes existen aureolas de carbonatos, y algunas vesículas aparecen rellenas por calcita y clorita.

Los derrames están relacionados cercanamente a los diques de diabasa y gabro, ya que hacia su base las estructuras almohadilladas se pierden paulatinamente dentro de un material de la misma composición y afanítico que se define poco a poco como diques de diabasa. Los diques están presentes con mayor claridad hacia la base de la secuencia y, además, el tamaño del grano se hace más grande, constituyendo así diques de gabro.

Se calculó un espesor de 400 m a la Ofiolita Barbosa, tomando en cuenta su inclinación promedio y sus dos contactos.

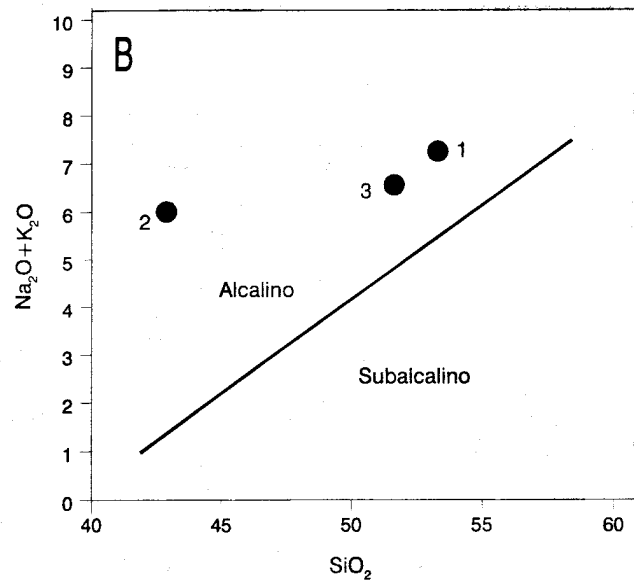
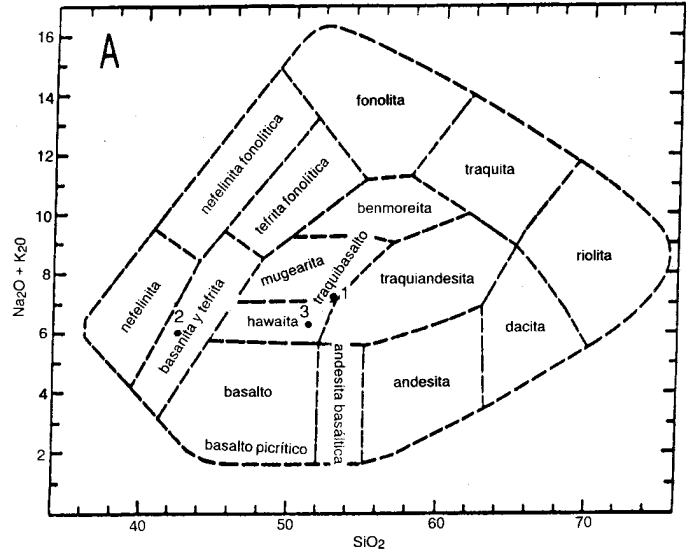


Figura 3.- (a) Diagrama alcalis-silíce (según Cox *et al.*, 1979) empleado para determinar la composición de tres muestras de la Ofiolita Barbosa, recolectadas en el arroyo del mismo nombre; (b) gráfica alcalis-silíce (según Irving y Baragar, 1971) que indica una afinidad magmática alcalina para las mismas muestras (los datos están consignados en la Tabla 1).

#### Relaciones estratigráficas

La base de la Ofiolita Barbosa se desconoce ya que los diques de diabasa y gabro y algunos derrames de lava están en contacto de falla con rocas sedimentarias foliadas pertenecientes a la "unidad sedimentaria". El contacto superior con la "unidad sedimentaria" es abrupto y concordante, marcándose donde desaparecen las lavas y aparecen pedernal, lutita silícea y escasas rocas calcáreas recristalizadas.

#### Ambiente de formación

Se considera que el conjunto de lavas y diques se formó en condiciones submarinas, como una corteza oceánica en expansión, ya sea en una cuenca detrás de arco o en una enfrente de arco.

### Edad y correlación

No se cuenta con edades radiométricas que permitan fechar esta secuencia, pero se infiere una edad de triásica tardía a jurásica temprana, con base en su posición estratigráfica bajo la "unidad sedimentaria", la cual puede tener una edad jurásica tardía (titoniana) o neocomiana (valanginiana).

Se correlaciona a la Ofiolita Barbosa con las rocas triásicas de Zacatecas (Burckhardt y Scalia, 1906), aunque una correlación de esta naturaleza implica un cierto grado de incertidumbre. También es posible que la Ofiolita Barbosa sea más antigua que el Triásico y que se haya formado en el Océano Pacífico sufriendo después un gran transporte desde su lugar de origen hasta chocar contra la corteza continental. Otra posibilidad es que esta ofiolita se haya formado en una cuenca detrás de arco y que su edad sea jurásica tardía.

### "UNIDAD SEDIMENTARIA"

#### Definición

Se utiliza el término "unidad sedimentaria" para denominar a una secuencia de rocas sedimentarias constituida principalmente por pelitas y psamitas y, en menor cantidad, horizontes calcáreos. Para los fines prácticos de escala, fue cartografiada en conjunto con la Ofiolita Barbosa, denominándoseles a ambas "basamento" de la Sierra de Guanajuato.

En el área estudiada no fue hallada fauna ni flora fósil en esta unidad que permita su fechamiento. Esta unidad fue dividida en cinco miembros para facilitar su estudio.

#### Distribución

La "unidad sedimentaria" se encuentra aflorando en diversos sitios de la Sierra de Guanajuato, constituyendo el llamado "basamento" (unidad SV; Figura 4). En el área estudiada, la "unidad sedimentaria" constituye la roca encajonante del Granito Comanja, ocupando sus rocas un área mayor que la de la Ofiolita Barbosa.

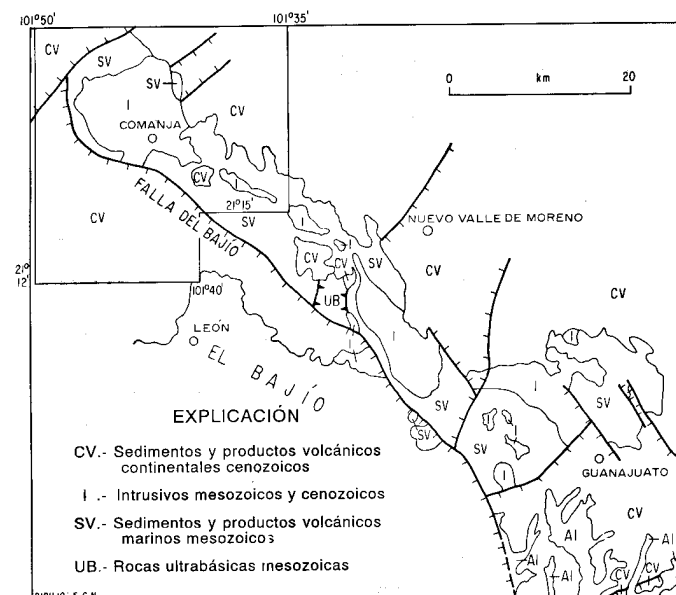


Figura 4.- Mapa esquemático regional de las unidades geológicas de la Sierra de Guanajuato (modificado de Martínez-Reyes, 1987)

### Litología

La "unidad sedimentaria" fue subdividida en cinco miembros, que presentan notables diferencias litológicas, los cuales fueron reconocidos en los cortes de la carretera León-San Felipe:

El primero, y estratigráficamente el más inferior, está constituido por lutita silíceas y pedernal de estratificación delgada, así como por material volcánico tobáceo y rocas calcáreas y areniscas en la cima.

En transición y estratigráficamente hacia arriba, se define el segundo miembro, el cual presenta una mayor abundancia de arenisca (grauvaca) y una disminución notable de pedernal y lutita silíceas respecto al miembro inferior. También existen rocas carbonatadas, si bien son escasas.

El tercer miembro, o intermedio, está constituido por rocas carbonatadas de estratificación delgada, que llegan a constituir bancos gruesos o que alternan con rocas pelíticas también de estratos delgados.

Gradualmente, hacia la cima de la secuencia aumenta el contenido de material terrígeno fino, dispuesto en estratos gruesos, definiéndose así el cuarto miembro, en el cual están presentes algunos horizontes calcáreos, que desaparecen completamente hacia la cima, donde predominan las rocas clásicas. Es notorio que las rocas que constituyen este miembro estén deformadas formando pliegues isoclinales, cuyo tamaño es del orden de las decenas de metros.

El miembro superior de la "unidad sedimentaria" está constituido por grauvacas verdes con estratificación gradual normal, limolitas laminadas y lutitas negras. Están presentes, también, algunos estratos calcáreos muy subordinados a las rocas psamíticas.

En la porción septentrional del área en estudio, se observó un afloramiento de conglomerado oligomítico, compuesto por cantos aplanados de rocas ígneas félsicas, probablemente plutónicas. Hacia el oriente de Bernalejo, también fue localizado otro afloramiento de conglomerado, compuesto por cantos redondeados de rocas volcánicas andesíticas. Ambos afloramientos forman parte de la "unidad sedimentaria", pero no se pudo deducir a qué miembro de la misma pertenecen.

Cercano a la Mesa de la Virgen, se encuentra un afloramiento de lavas porfídicas de composición intermedia. Este afloramiento se encuentra limitado por dos fallas normales que le ponen en contacto con la "unidad sedimentaria" y con la Ignimbrita Cuatralba. La posición estratigráfica de este cuerpo es incierta respecto a esta unidad, ya que podría estar incluida dentro de ella o ser incluso más joven; aquí se le ubica dentro del llamado "basamento".

Las rocas de la "unidad sedimentaria" presentan un plegamiento tan intenso y una deformación tan acentuada, además de haber sufrido intrusión, que es prácticamente imposible deducir el espesor original de la secuencia, aunque éste probablemente sea de varios cientos de metros.

#### Relaciones estratigráficas

El miembro inferior descansa concordantemente sobre la Ofiolita Barbosa, constituyendo la base de la secuencia sedimentaria.

El contacto superior de la "unidad sedimentaria" está en discordancia angular con la Caliza La Perlita y con las rocas volcánicas cenozoicas.

La caliza del miembro intermedio de la "unidad sedimentaria" está en contacto de falla con la Ofiolita Barbosa en las proximidades del rancho Guanajuatito. La falla es probablemente una cabalgadura que sobrepone la Ofiolita Barbosa a su cobertura sedimentaria.

### Ambiente de depósito

Las rocas silíceas del miembro inferior, que descansan sobre las lavas almohadilladas, sugieren, al menos para este miembro, un depósito de aguas profundas, por debajo del nivel de compensación de los carbonatos.

La presencia de bancos, así como de estratos delgados y medianos, de grauvacas (litarenitas), con abundantes fragmentos de rocas metamórficas, sugiere que la cuenca de depósito recibió el aporte de material terrígeno de áreas vecinas donde predominaban rocas cristalinas o cinturones metamórficos adyacentes, modificando, en parte, la sedimentación predominante.

Las rocas calcáreas, en los niveles intermedios de la secuencia, sugieren que las condiciones de profundidad variaron con el tiempo, debido, probablemente, al relleno de la cuenca hasta superar el nivel de compensación de carbonatos.

### Edad y correlación

En los lugares donde se cartografió la "unidad sedimentaria", no fueron hallados fósiles que permitieran fecharla; sin embargo, en las cercanías de Arperos se describió a varias especies de radiolarios en rocas calcáreas posiblemente pertenecientes al basamento (*Thanarla elegantissima*, *Thanarla pulchra*, *Thanarla cónica*, *Novixitus* sp., *Achaedictyomitra* sp. y *Pseudodictyomitra* sp.; Dávila-Alcocer y Martínez-Reyes, 1987), que le confieren a esta unidad un alcance en edad berriasiano-turoniano.

Corona-Chávez (1988, p. 16) mencionó el hallazgo de *Nannoconus dolomiticus* en el mismo sitio donde anteriormente fueron hallados los radiolarios, fósil que tiene un alcance estratigráfico corto, comprendido entre el Titoniano y el Valanginiano. El mismo autor ubicó estos afloramientos en la parte más superior de aquella secuencia sedimentaria, a la que denominó "secuencia metasedimentaria" y ubicó estratigráficamente arriba de su "complejo ultrabásico", de su "complejo intrusivo-filoniano" y de su "secuencia metavolcánica", confiriéndole entonces un alcance estratigráfico más corto, comprendido entre el Titoniano y el Valanginiano.

El hecho de que la "unidad sedimentaria" yazga en discordancia angular bajo la Caliza La Perlita, la cual tiene fauna del Aptiano-Albiano, ubica necesariamente a la "unidad sedimentaria" dentro de un amplio intervalo de tiempo desde el Jurásico hasta antes del Aptiano.

Una posible correlación de esta unidad es con las formaciones Huayacocotla, del Sinemuriano-Caloviano; Tepexic, del Caloviano; Santiago, del Caloviano-Oxfordiano; Tamán, del Kimmeridgiano-Titoniano; y Pimienta, del Titoniano-Berriasiano.

### CALIZA LA PERLITA

#### Definición

Se propone el término de "Caliza La Perlita" para designar a una secuencia calcáreo-arenosa con algunos horizontes de lutita limolítica aflorantes en las cercanías del rancho La Perlita, al oriente de Comanja, en un paraje denominado Puerto Blanco (Lámina 1). En esta localidad se midió un espesor de la secuencia de 164 m. Con anterioridad, Martínez-Reyes (1987, p. 59) utilizó de manera informal el nombre de "calizas La Perlita" para estas rocas.

#### Distribución

En la Sierra de Guanajuato, la Caliza La Perlita aflora en dos lugares: uno es el lugar antes mencionado, y el otro está a 3 km al oriente de Bernalejo, rancho ubicado al oriente de Comanja.

Ambos afloramientos son muy pequeños, de tal manera que a la escala del mapa de la Lámina 1, apenas son visibles. Asimismo, estas rocas calcáreas no constituyen rasgos topográficos prominentes, quedando éstos enmascarados por el relieve de las rocas de la cubierta volcánica.

#### Litología y espesor

La Caliza La Perlita está constituida por caliza, calcarenita, y algunos horizontes de lutita limolítica interestratificados. En la base de la secuencia está presente una caliza masiva que descansa discordantemente sobre la "unidad sedimentaria". Al microscopio, esta caliza está formada por oolitas, *pellets* y bioclastos embebidos en una matriz micrítica. De acuerdo con la clasificación de Folk (1968), la roca es una oomicrita, debido al predominio de las oolitas sobre los intraclastos. En otros casos, la roca es una intraespatita, por el predominio de los intraclastos sobre las oolitas y por el cementante espático (Folk, 1968).

Arriba de la caliza masiva se presenta una alternancia de caliza arcillosa negra, de estratificación delgada (20 cm), y lutita de estratificación también delgada. En esta alternancia se ha identificado fósiles de pelecípodos, braquiópodos, corales y amonites.

Sobre el cuerpo antes mencionado, se presenta una alternancia de caliza, lutita y calcarenita, en estratos de 3 a 15 cm de espesor; la calcarenita tiene graduación normal y está intercalada con lutita y limolita, presentando también una estratificación muy delgada, de 1 a 5 cm; ocasionalmente, dentro de la secuencia de calcarenita y lutita limolítica hay caliza en capas delgadas.

Hacia la cima, la secuencia es más clástica y de grano fino, existiendo lutita limolítica y horizontes escasos de limolita calcárea, de color pardo rojizo, en cuerpos de espesor mediano (Figura 5).

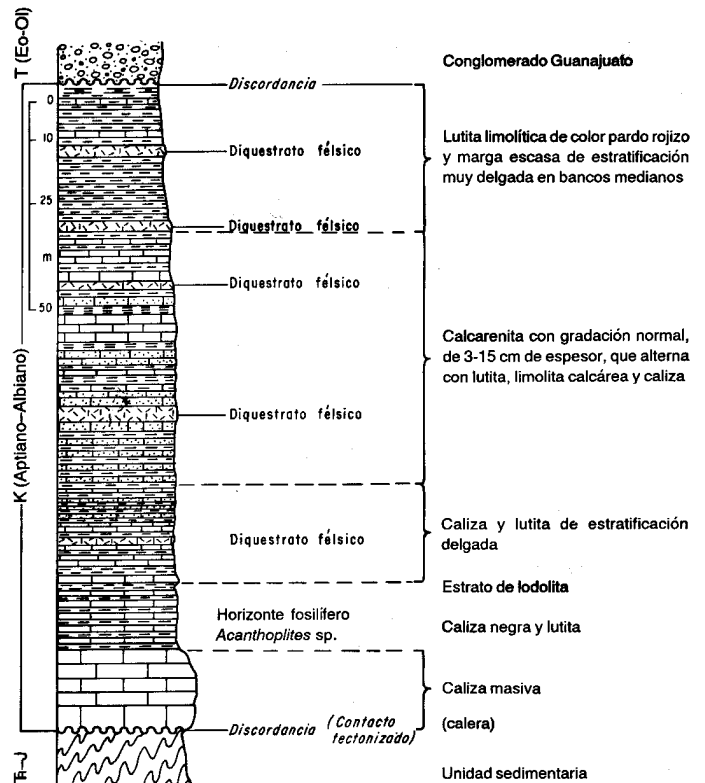


Figura 5.- Columna estratigráfica de la Caliza La Perlita.



En el afloramiento situado cerca de Puerto Blanco, se midió con altímetro y brújula un espesor total de 164 m. Al oriente de Bernalejo no se pudo medir el espesor, debido a que la secuencia no se presenta completa y a lo inaccesible del lugar, estando solamente presente el cuerpo de caliza masiva arrecifal.

#### Relaciones estratigráficas

La Caliza La Perlita yace sobre la "unidad sedimentaria" en discordancia angular y erosional. En el paraje de Puerto Blanco, el cuerpo basal de caliza masiva tiene un contacto discordante poco claro. Este cuerpo desaparece lateralmente y en su lugar se presenta una alternancia de caliza y calcarenita de estratificación delgada, con un conglomerado oligomíctico en la base, el cual descansa en discordancia angular sobre la "unidad sedimentaria". El conglomerado está compuesto principalmente por clastos subredondeados de cuarzo lechoso del tamaño de la arena gruesa, aunque existen algunos fragmentos mayores que el tamaño de los guijarros; la matriz es calcárea.

El contacto superior—con el Conglomerado Guanajuato y, en algunos lugares, con una toba de color blanco perteneciente a la Ignimbrita Cuatralba—es también una discordancia angular.

#### Ambiente de depósito

La Caliza La Perlita se depositó sobre altos topográficos submarinos cercanos a la costa, lugar favorable para el depósito arrecifal, modificándose después a profundidades neríticas donde recibió el aporte de material clástico fino y arenoso del litoral. Se deduce, entonces, que el ambiente sedimentario es, para las condiciones iniciales, de energía alta en una barrera litoral posiblemente arrecifal, variando después a niveles neríticos.

#### Edad y correlación

Fueron recolectados dos ejemplares de coral y un amonite en la base de la secuencia de la Caliza La Perlita, encima de la caliza masiva.

El coral pertenece a los géneros *Peplosmilia* y *Pleiosmilia* sp., cuyo alcance estratigráfico en la escala del tiempo va desde el Jurásico hasta la parte media del Cretácico (Gloria Alencáster, comunicación verbal).

El amonite recolectado fue identificado como *Acanthohoplites* sp., cuyo alcance estratigráfico es más preciso que el de los corales y corresponde al Aptiano superior-Albiano inferior (Celestina González-Arreola, comunicación verbal).

Los alumnos de la Facultad de Minas de la Universidad de Guanajuato recolectaron en la Caliza La Perlita *Psilothyris* sp., *Lophosmilia* sp., *Astarte* cf. *Astarte subcostata* d'Orbigny, *Protocardia* sp., *Neitheia* cf. *Neitheia texanus* Roemer, *Lunatia?* sp. y *Cerithiella* sp., aparte de gasterópodos indeterminables y varios serpúlidos. Este material paleontológico, correspondiente al Aptiano-Albiano, fue determinado gentilmente por la Dra. M. C. Perrilliat y por el Dr. F. J. Vega-Vera, ambos del Instituto de Geología de la UNAM.

En el material recolectado por los alumnos antes citados fue identificado un amonite perteneciente al género *Hysterocheras* sp., según la determinación efectuada por González-Arreola. Por otro lado, en el mismo material fueron identificados (David Zamudio-Ángeles, comunicación verbal) los siguientes microfósiles: *Calciesphaerula innominata*, *Pithonella ovalis*, *Texturalia* sp. y *Bonetocardiella conoidea*, pertenecientes al Albiano superior.

Chiodi y colaboradores (1988) describieron amonites y braquiópodos que asignan a esta unidad una edad vraconiano (Albiano superior)-cenomaniana inferior.

El abundante material paleontológico mencionado permite asignar a la Caliza La Perlita una edad comprendida entre el Aptiano temprano y el Cenomaniano inferior.

#### GRANITO COMANJA

##### Definición

Los primeros antecedentes referidos a este intrusivo granítico pertenecen a Wittich (1909), autor que hace mención de un granito de carácter pegmatítico, en su estudio sobre los diques aplítico-pegmatíticos que afloran en la Mesa de la Estancia, cerca del rancho de Arperos, al sur del área de estudio.

González-Reyna (1959) estudió la relación entre el intrusivo y la mineralización de Guanajuato. Desde entonces, el intrusivo granítico ha sido llamado con el nombre informal de "granito de Arperos".

El autor de este estudio propone que el término "granito de Arperos" sea abandonado y reemplazado por el de "Granito Comanja", ya que en la localidad de Arperos no aflora el intrusivo granítico, mientras que en Comanja se presenta en una superficie de aproximadamente 80 km<sup>2</sup>, dentro del área de estudio, y sobre este intrusivo está asentada la población de Comanja de Corona. La población de Arperos se encuentra asentada sobre un cuerpo gabroide, el cual no presenta relación genética con el intrusivo en cuestión.

##### Distribución

El Granito Comanja aflora en las inmediaciones de la población del mismo nombre, siendo en esta parte donde se encuentra mejor expuesto y presenta los afloramientos más extensos.

El intrusivo se extiende hacia el sudeste en dirección a la región de la Estancia de Comanjilla, ubicada en la parte central de la Sierra de Guanajuato, fuera del área estudiada. Forma un batolito de aproximadamente 160 km<sup>2</sup>. Los afloramientos no son continuos, sino que están interrumpidos por las rocas sujetas a la intrusión, las cuales quedaron como remanentes del techo no erosionado.

Los principales afloramientos poseen un alargamiento en el sentido NW-SE y están presentes en una franja de aproximadamente 10 km de anchura, mientras que las discontinuidades ocupadas por las rocas de la "unidad sedimentaria" que sufrieron intrusión quedan en la misma dirección. El batolito presenta dos afloramientos mayores en las áreas de Comanja y de la Estancia de Comanjilla. El cuerpo que aflora en Comanja tiene una forma semielíptica, cuyo eje mayor está orientado en dirección NW-SE, desapareciendo debajo de las rocas encajonantes al noroeste. El cuerpo granítico que aflora en la vecindad de la Estancia de Comanjilla tiene una forma elíptica mejor definida que en el caso anterior, con el eje mayor en la dirección referida.

La orientación de las direcciones de los ejes mayores de los afloramientos sugiere una continuidad del batolito de Comanja en la profundidad. Notoriamente las discontinuidades están presentes entre las masas principales del granito.

El granito de Comanja siempre está aflorando en los sitios donde la cubierta volcánica cenozoica ha sido removida por la erosión, quedando los afloramientos del intrusivo en los llanos y en los bajos topográficos de la Sierra de Guanajuato.

##### Litología

Macroscópicamente, el Granito Comanja es una roca leucocrática, fanerítica, con fenocristales grandes y de tamaño intermedio de feldespato potásico dentro de una matriz de cuarzo y feldespato con algunos cristales de biotita.

Microscópicamente, el granito presenta una textura hipidimórfica granular, que consiste en cristales de cuarzo, feldespato potásico y escasa plagioclasa sódica (albita-oligoclasa). La biotita se presenta en forma de cristales tabulares subhedrales y en cantidades subordinadas, mientras que, por zonas, se agrupa en cristales euhedrales dispersos en la matriz de cuarzo y feldespato.

La afinidad magmática del Granito Comanja es calcialcalina (Ortiz-Hernández, 1988); sin embargo, han sido hallados enclaves de rocas graníticas con tendencia alcalina en el mismo Granito Comanja (Chiodi *et al.*, 1987), lo que señala una evolución compleja del magmatismo granítico en la Sierra de Guanajuato.

No se efectuó análisis químicos del Granito Comanja, pero las muestras de mano y las determinaciones microscópicas sugieren que se trata de una roca con afinidad calcialcalina.

#### Edad

El Granito Comanja corta a la Ofolita Barbosa, a la "unidad sedimentaria" y a la Caliza La Perlita, y está cubierto por el Conglomerado Guanajuato, así como por las rocas volcánicas de la cubierta volcánica cenozoica.

Mugica-Mondragón y Albarrán-Jacobo (1983) determinaron una edad radiométrica del batolito de Comanja, según el método K-Ar, en biotita, de  $55 \pm 4$  y  $58 \pm 5$  Ma, que corresponde al Eoceno temprano. Estas edades pueden representar el último evento de cristalización del Granito Comanja.

#### CONGLOMERADO GUANAJUATO

##### Definición

Los primeros antecedentes bibliográficos del Conglomerado Guanajuato fueron aportados por Villarello-Torres y colaboradores (1906, p. 15-17), y Wandke y Martínez (1928, p. 9), autores que asignaron el nombre mencionado a una secuencia clástica continental, de carácter conglomerático, en un estudio de geología económica en el distrito minero de Guanajuato.

Edwards (1956), en una investigación sobre algunos conglomerados rojos del Terciario del centro de la República Mexicana, realizada en 1949, utilizó el término de "conglomerado rojo" para esta secuencia clástica.

En el presente estudio, con base en el Artículo 18 del Código Estratigráfico Norteamericano (North American Commission on Stratigraphic Nomenclature, 1983), se propone enmendar el término "conglomerado rojo de Guanajuato", utilizado por Edwards (1956), quien realizó la descripción más completa de dicha unidad, siendo publicada de una manera formal. El término que se propone es el de Conglomerado Guanajuato, como lo hicieron Wandke y Martínez (1928), eliminando el término referido a su coloración, tal como lo recomienda el código antes mencionado.

##### Distribución

El Conglomerado Guanajuato aflora principalmente en los alrededores de la ciudad homónima. Otros afloramientos están presentes en la Sierra de Guanajuato, en las cercanías de Duarte, siendo las exposiciones del área cartografiada de superficie menor que las mencionadas. Dentro del área en estudio, aflora en las cercanías de la presa El Maguey, en el talud de la sierra Cuatralba y en el paraje denominado Puerto Blanco (Lámina 1), siendo este último sitio cercano al afloramiento principal de la Caliza La Perlita. Otros afloramientos del Conglomerado Guanajuato están al occidente del cerro El Roble donde forma un terreno ondulado y de coloración rojiza que resalta de las otras rocas del área, permitiendo su fácil identificación.

##### Composición

El Conglomerado Guanajuato es de carácter polimíctico. Wandke y Martínez (1928) mencionaron la existencia de guijarros de granito, basalto, riolita, lutita y caliza, abundando los fragmentos de rocas félsicas.

El color rojizo de esta unidad se debe a la existencia de limonita en la matriz que tiñe los fragmentos.

Edwards (1956) presentó un estudio de varias muestras del conglomerado, en las que el predominio de rocas volcánicas rebasa el 50%, siendo más abundantes las de composición riolítica y latítica que las andesíticas y basálticas. También, en proporción menor, existen clastos de rocas graníticas, dioríticas y, escasamente, de caliza y pedernal.

Los fragmentos clásticos y la matriz del Conglomerado Guanajuato contienen los productos de la desintegración de varios tipos de rocas volcánicas, sedimentarias y metamórficas, variando la proporción de éstas de lugar en lugar; la matriz arenosa del conglomerado está cementada por óxidos de hierro y, o en lugar de ellos, por carbonatos. También hay granos individuales del tamaño de la arena compuestos de albita, oligoclasa, sanidino, cuarzo, biotita, calcita, clorita, serpentina, magnetita y hematita.

El Conglomerado Guanajuato forma, en los lugares donde fue observado, estratos poco definidos, cuyos componentes tienen el tamaño de los guijarros, y éstos están compuestos por rocas sedimentarias, principalmente de la "unidad sedimentaria", y por rocas volcánicas e intrusivas, en proporción menor.

##### Relaciones estratigráficas

El contacto inferior con la Caliza La Perlita sólo se puede observar en el afloramiento de Puerto Blanco y en la localidad situada al oriente de Bernalejo, donde aflora la caliza. Este contacto es una discordancia angular; este tipo de relación estratigráfica también se observa en otros lugares de la Sierra de Guanajuato, sobre las rocas que componen el basamento de dicha sierra.

El contacto superior es visible en los lugares antes mencionados y también está representado por una discordancia angular con la Ignimbrita Cuatralba.

En el distrito minero de Guanajuato, el Conglomerado Guanajuato está cubierto discordantemente por la arenisca Loseros.

Aunque no fue posible visualizar el contacto del Conglomerado Guanajuato con la Andesita Bernalejo, se le infiere también discordante debido a que el conglomerado presenta inclinación y la Andesita Bernalejo no.

##### Edad

En 1950, Edwards y Ortiz (Fries *et al.*, 1955) recolectaron en el Conglomerado Guanajuato algunos restos de vertebrados fósiles, a 2 km al sur de Marfil. Con base en lo anterior, Fries y colaboradores (1955) emprendieron un estudio paleontológico del Conglomerado Guanajuato, identificando algunos vertebrados de los géneros *Paradipsosaurus* Fries, Hibbard y Dunkle, que es una cabeza de reptil de la familia de las iguanas. En el mismo estudio se describe a *Floresomys* Fries, Hibbard y Dunkle, que es una mandíbula inferior de un roedor. La investigación de Fries abarcó el análisis de los restos de extremidades caudales de un tapiroide, hallado anteriormente también en la misma localidad.

Según Fries y colaboradores (1955), la edad de los fósiles mencionados es desconocida debido al limitado conocimiento en esos años de la fauna del Cenozoico, en especial para México,

lo cual dejó en el terreno de la especulación la edad del Conglomerado Guanajuato. Estos autores infieren una edad no más joven que el Oligoceno temprano para el depósito de la unidad.

Ferrusquía-Villafranca (1987), basándose en nuevo material paleontológico recolectado en el "miembro inferior", concluye que éste es de una edad comprendida entre el Eoceno medio y el Eoceno tardío. La fauna descrita por este investigador es *Viverravus* sp. y *Apheliscus* o *Haplomytus*.

Tomando como base las relaciones estratigráficas y las evidencias paleontológicas para determinar la edad del conglomerado, se infiere en este estudio que la roca se depositó en un período comprendido entre el Eoceno medio y el Oligoceno temprano.

#### GRUPO LEÓN

Se propone que el nombre de "Grupo León" sea utilizado para agrupar a todas las rocas volcánicas y sedimentarias clásticas cenozoicas que están presentes en los alrededores de Comanja—en la sierra y en el Bajío—cubriendo a todas las rocas antiguas, desde la Ofiolita Barbosa hasta el Conglomerado Guanajuato. En este grupo se tiene las siguientes unidades litoestratigráficas: Andesita Bernalejo, Grava Los Lozano, Ignimbrita Cuatralba, Basalto Dos Aguas, Andesita Mesa de Santiago y Grava Los Ranchos.

#### ANDESITA BERNALEJO

##### Definición

Se ha adoptado el término **Andesita Bernalejo** para designar a un cuerpo de lava de esa composición, de color gris oscuro, que aflora en los alrededores del caserío Bernalejo, ubicado a 5 km al noreste de Comanja.

##### Distribución

La Andesita Bernalejo forma parte del talud de la sierra Cuatralba, nombre que se da localmente a esta parte de la Sierra de Guanajuato. Forma una planicie inclinada hacia Comanja, estando ligeramente disecada por algunos arroyos, donde están presentes los mejores afloramientos de la unidad.

##### Litología

La Andesita Bernalejo es una roca muy resistente a los procesos erosivos. En el campo se observa de color gris oscuro, debido a la presencia de vidrio volcánico y al carácter microcristalino de su matriz.

Al microscopio, se observa una textura porfídica que consiste en fenocristales con zonación de plagioclasa (andesina), embebidos en una matriz microcristalina hialopilitica. Además, fueron identificados fenocristales escasos de clinopiroxeno (augita) y de ortopiroxeno (hiperstena).

##### Relaciones estratigráficas

El contacto inferior de la Andesita Bernalejo no es visible, aunque parece estar en contacto de falla con el Granito Comanja. Por otra parte, el contacto se considera discordante con las rocas de la "unidad sedimentaria".

En contacto concordante, la Andesita Bernalejo está cubierta por la Ignimbrita Cuatralba. Dicho contacto es visible en las cercanías de Bernalejo, así como en el escarpe que forma la sierra Cuatralba.

Las relaciones estratigráficas con el Conglomerado Guanajuato no son muy claras, aunque éste parece estar cubierto

discordantemente por la Andesita Bernalejo en el talud de la sierra Cuatralba, hacia el oriente de Bernalejo.

##### Edad y correlación

La Andesita Bernalejo no es más antigua que el Granito Comanja, ya que no presenta los efectos de recristalización por causa de la intrusión; es decir, es más joven que 54 Ma.

A la Andesita Bernalejo se asigna, tentativamente, una edad oligocénica, con base en su posición estratigráfica—cubriendo al Granito Comanja y al Conglomerado Guanajuato—en la edad del conglomerado y en la suposición de que la Ignimbrita Cuatralba se haya depositado durante el Mioceno, época en que está registrada la acumulación de la mayor parte de las rocas ignimbriticas de la Sierra Madre Occidental (McDowell y Claibough, 1981, p. 199).

Se le correlaciona con la Andesita Bernalejo, con la Andesita El Gigante (Martínez-Reyes, 1987), que aflora en el cerro del mismo nombre, ubicado a 20 km al NNW de la ciudad de Guanajuato.

#### GRAVA LOS LOZANO

##### Definición

Se propone el uso del término "Grava Los Lozano" para una unidad litoestratigráfica, de origen sedimentario, que yace bajo la Ignimbrita Cuatralba en el occidente del área cartografiada. La unidad está compuesta por fragmentos angulosos y subangulosos del tamaño de la grava provenientes de las rocas preexistentes.

##### Distribución

El área de afloramiento de la Grava Los Lozano está restringida a las partes meridional y occidental del área estudiada, en los lugares donde la erosión permite observar a la unidad.

Los sectores más accesibles para observar esta unidad son el arroyo de La Angostura y la parte del noreste de la sierra Picachos, cerca del rancho Los Lozano, de donde toma su nombre.

##### Litología y espesor

En el campo, la Grava Los Lozano se presenta como una roca blanquecina, constituida por rocas de las unidades más antiguas, sobre todo sedimentarias, y por guijarros derivados de rocas graníticas del intrusivo de Comanja y calcáreas de la Caliza La Perlita, principalmente.

La matriz de los guijarros es de un carácter arenoso, que cambia irregularmente de un lugar a otro, convirtiéndose en un material tobáceo, de color blanquecino, muy deleznable, lo cual facilita notablemente su erosión.

El espesor no puede ser determinado, debido a que el contacto inferior no aflora; no obstante, en la porción aflorante se estima próximo a los 80 m.

##### Relaciones estratigráficas

El contacto inferior de la Grava Los Lozano no está expuesto, pero se le supone discordante sobre las unidades más antiguas. El contacto superior es concordante con la Ignimbrita Cuatralba.

##### Edad

La posición estratigráfica de la Grava Los Lozano, abajo de la Ignimbrita Cuatralba, sugiere una edad oligocénica tardía,

anterior al depósito de esta última y contemporánea o posterior a la Andesita Bernalejo.

#### IGNIMBRITA CUATRALBA

##### Definición

Se propone que el término "Ignimbrita Cuatralba" sea aplicado a todo aquel material volcánico, principalmente ignimbrítico, que haya sido depositado sobre las rocas antiguas de la Sierra de Guanajuato y que aflore en la sierra Cuatralba, en las mesas que están en las cercanías de León y Lagos de Moreno, y en el borde sudoccidental de la Sierra de Guanajuato.

##### Distribución

La Ignimbrita Cuatralba se presenta principalmente en la sierra del mismo nombre, formando extensas mesas hacia el sur y el oriente del área cartografiada. También, se extiende en la Mesa Central, en la región cercana a Aguascalientes, siendo estas mesas los principales rasgos geomorfológicos de toda la Mesa Central.

##### Litología

La Ignimbrita Cuatralba presenta las características petrográficas típicas de este tipo de roca, tales como textura vitroclástica y estructuras esferulítica y de flama (*fiamme*).

Macroscópicamente, se puede observar las variaciones en cuanto a su grado de consolidación, pues existen tobas de pobre, mediana y densa piroconsolidación. Asimismo, también puede apreciarse claramente el desarrollo de diaclasas en columna típicas del enfriamiento.

Las muestras que fueron estudiadas al microscopio poseen una textura vitroclástica, desarrollada en una matriz formada por fragmentos de vidrio, aplastados y piroconsolidados, y *shards* pumíticos. Inmersos en la matriz, están presentes cristales subhedrales de cuarzo y feldespato potásico; en cantidad menor, existen cristales subhedrales de plagioclasa sódica. Es frecuente que los cristales estén fragmentados, mostrando al menos algunos de sus contornos cristalográficos.

A veces, están presentes estructuras de desvitrificación, con feldespato y cuarzo en forma de pequeños cristales radiales. Generalmente, la matriz es vítrea y muy consolidada, pero en algunos ejemplares la matriz está compuesta por un mosaico de cristales de feldespato y cuarzo, probablemente producto de una desvitrificación completa.

Con base en las características mineralógicas mencionadas, se puede clasificar a la Ignimbrita Cuatralba como una ignimbrita riolítica.

Las rocas volcánicas situadas estratigráficamente hacia la base de esta unidad presentan una mineralogía que permite clasificarlas como pórfido dacítico, cuya matriz está constituida por microcristales de plagioclasa y cuarzo subordinado.

##### Relaciones estratigráficas

La Ignimbrita Cuatralba descansa concordantemente sobre la Grava Los Lozano en la región occidental del área estudiada y sobre la Andesita Bernalejo en las cercanías del rancho del mismo nombre. En Puerto Blanco, la ignimbrita descansa sobre el Conglomerado Guanajuato en discordancia angular.

El contacto superior con otras unidades no existe o fue erosionado.

##### Edad y correlación

De acuerdo con sus relaciones estratigráficas, le corresponde a la Ignimbrita Cuatralba una edad miocénica, lo que permite correlacionarla con el "supergrupo volcánico superior" (McDowell y Clabaugh, 1981), cuyas edades fluctúan entre 34 y 23 Ma (Oligoceno-Mioceno temprano).

También se le correlaciona con la Unidad II y con la parte inferior de la Unidad III de Nieto-Obregón y colaboradores (1985), en el Estado de Jalisco, que corresponde al Mioceno. Se deduce, entonces, que la Ignimbrita Cuatralba probablemente pertenezca al Mioceno.

#### BASALTO DOS AGUAS

##### Definición

Se propone el término "Basalto Dos Aguas" para denominar a una unidad de lava basáltica que aflora al norte de León, ocupando una superficie de alrededor de 100 km<sup>2</sup> y que forma un alto topográfico conocido con el nombre de cerro Dos Aguas.

##### Distribución

El Basalto Dos Aguas forma un solo afloramiento continuo, constituyendo éste la prominencia topográfica antes mencionada, sin existir otros afloramientos de la misma unidad en el área cartografiada.

En la porción central del cerro existe una depresión que parece ser el cráter del volcán y por el cual fueron emitidas las lavas basálticas.

##### Litología

Microscópicamente, el Basalto Dos Aguas presenta una matriz constituida por cristales subhedrales de labradorita y cantidades subordinadas de piroxeno subhedral, en un arreglo de textura traquítica. Embebidos en esta matriz, están presentes algunos cristales de olivino idingsitizados, así como algunos cristales subhedrales de orto- y clinopiroxeno y, escasamente, de labradorita.

##### Relaciones estratigráficas

El Basalto Dos Aguas está interestratificado con la Ignimbrita Cuatralba, pudiéndose observar el contacto inferior al oriente de Jaramillo de Abajo. El contacto superior es observable sobre los cortes del libramiento de la carretera que comunica a León con Lagos de Moreno, al norte de León.

##### Edad y correlación

De acuerdo con su posición estratigráfica, al Basalto Dos Aguas le corresponde una edad miocénica tardía, pudiéndosele correlacionar con el basalto calcialcalino de la "Unidad III" de la región Santa Rosa-San Pedro Analco, Jal., el cual tiene una edad de  $8.52 \pm 0.18$  Ma (Nieto-Obregón *et al.*, 1985), correspondiente al Mioceno tardío.

#### ANDESITA MESA DE SANTIAGO

##### Definición

Se propone el nombre "Andesita Mesa de Santiago" para denominar un cuerpo andesítico que forma el rasgo topográfico homónimo y que se presenta al sur del área cartografiada.

### Distribución

La Andesita Mesa de Santiago aflora en la mesa del mismo nombre y en el Cerro Gordo, ubicado al norte de la ciudad de León, estando ausente en el resto del área estudiada.

Macrocópicamente, la Andesita Mesa de Santiago presenta un color pardo grisáceo y, a diferencia de la Andesita Bernalejo, no es muy resistente a la erosión, estando regularmente consolidada.

Al microscopio, esta unidad presenta una textura traquítica, constituida principalmente por plagioclasa intermedia (andesina) en cristales subhedrales y piroxeno en cantidades subordinadas, los cuales presentan una orientación subparalela ocasionada por el flujo de la lava. Algunos cristales pequeños de orto- y clinopiroxeno están embebidos en la matriz, constituida por plagioclasa. Además, como mineral accesorio, se presenta magnetita en cristales dispersos. Esta mineralogía es típica de una andesita.

### Relaciones estratigráficas

Solamente el contacto inferior de la Andesita Mesa de Santiago es observable, estando en discordancia angular con las rocas de la "unidad sedimentaria". En el Cerro Gordo, esta unidad descansa concordantemente sobre la Ignimbrita Cuatralba.

### Edad

Nieto-Obregón y colaboradores (1985) interpretan que la actividad volcánica continuó hasta hace  $5.53 \pm 0.12$  Ma en la parte más meridional de la Sierra Madre Occidental, depositando a la Unidad III, que es principalmente de naturaleza ignimbítica.

Tomando como base las edades mencionadas, la edad de la Andesita Mesa de Santiago pudiera ser más joven que la fecha aportada por Nieto-Obregón y colaboradores (1985), que corresponde al Plioceno.

### GRAVA LOS RANCHOS

#### Definición

Se propone el término "Grava Los Ranchos" para una unidad sedimentaria, principalmente clástica de origen continental, que corresponde a depósitos de abanicos aluviales, que está expuesta formando lomas suaves en los alrededores de San José de los Ranchos.

#### Distribución

La Grava Los Ranchos está bien desarrollada, en el noroeste del área cartografiada, en los alrededores de la hacienda de San José de los Ranchos, ocupando la mayor parte de la fosa tectónica El Cuarenta, extendiéndose hacia Lagos de Moreno.

#### Litología

Esta unidad está compuesta por fragmentos líticos, de angulares a subredondeados, de todas las unidades litoestratigráficas presentes en el área cartografiada, predominando los guijarros dentro de una matriz arenosa.

#### Relaciones estratigráficas

La Grava Los Ranchos se localiza, principalmente, cubriendo en discordancia angular y erosional a la Ignimbrita Cuatralba.

### Edad

La Grava Los Ranchos probablemente sea más joven que la Andesita Mesa de Santiago, puesto que esta última descansa concordantemente sobre la Ignimbrita Cuatralba en el Cerro Gordo, ubicado inmediatamente al norte de León, Gto., mientras que el contacto de la ignimbrita con esta unidad es discordante, como ya se mencionó.

## GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

### INTRODUCCIÓN

La Ofiolita Barbosa y la "unidad sedimentaria", que constituyen el "basamento", han sufrido los efectos de la deformación y el magmatismo, presentándose como una entidad geológica que ha estado sujeta a plegamiento, metamorfismo, intrusión y fallamiento, constituyéndose así en una porción de la corteza con una historia geológica compleja. La Caliza La Perlita también presenta los efectos una deformación, aunque no tan severa, pues ésta no es penetrante y sólo está inclinada hacia el noreste.

El Conglomerado Guanajuato presenta inclinaciones moderadas y pronunciadas debidas, probablemente, a eventos tectónicos. Por otro lado, todas estas rocas están cubiertas por rocas volcánicas, que en su mayoría resultaron del vulcanismo cenozoico.

### PLIEGUES Y CABALGADURAS

Las rocas que muestran más claramente, en el área de estudio, efectos de deformación son las de la "unidad sedimentaria", que en la mayoría de los casos es paralela a la estratificación. Los intervalos pelíticos de la secuencia están intensamente foliados, si bien en algunos lugares del área de estudio esta característica está poco desarrollada.

La intensidad de la deformación se puede apreciar con claridad en los cortes de la carretera León-San Felipe, hacia la porción sudoriental del área, donde es fácil observar el grado de deformación de la "unidad sedimentaria", que presenta pliegues muy cerrados, isoclinales y replegados. Se midió la orientación del plano axial de un pliegue anticlinal buzante, de aproximadamente 15 m de longitud, obteniéndose una dirección de  $S80^{\circ}W$ , buzante  $15^{\circ}$ . En un flanco de ese pliegue, se midió el rumbo del eje de un pliegue secundario, producto de una segunda deformación, obteniéndose una orientación de  $N42^{\circ}W$  y  $12^{\circ}$  de buzamiento. Otras estructuras plegadas fueron detectadas, una inmediatamente al SE de la Mesa de Santiago, en la Ofiolita Barbosa, y otras hacia el occidente de la Mesa de Santiago, desarrolladas exclusivamente en la "unidad sedimentaria" (Lámina 1).

Las rocas de la Ofiolita Barbosa están formando un pliegue anticlinal de unos 1,000 m de amplitud, teniendo su plano axial un rumbo  $N45^{\circ}W$ , buzando hacia el NW. La Ofiolita Barbosa está en contacto tectónico con rocas calcáreas con metamorfismo de la "unidad sedimentaria", por medio de una falla de cabalgadura orientada hacia el NW (Lámina II, sección CC'; Figura 6). Los pliegues ubicados al occidente de la Mesa de Santiago son un anticlinal flanqueado por dos sinclinales, que también tienen unos 1,000 m de amplitud y sus planos axiales tienen un rumbo de  $N70^{\circ}W$ .

Otra pequeña estructura plegada, de unos 5 m de longitud, fue hallada en la parte septentrional del área, en la Sierra Alta, teniendo su plano axial un rumbo  $N35^{\circ}W$ . El pliegue buza  $14^{\circ}$  hacia el NW. En esta área, la inclinación de las capas es muy variable, debido al intenso plegamiento que se presenta.

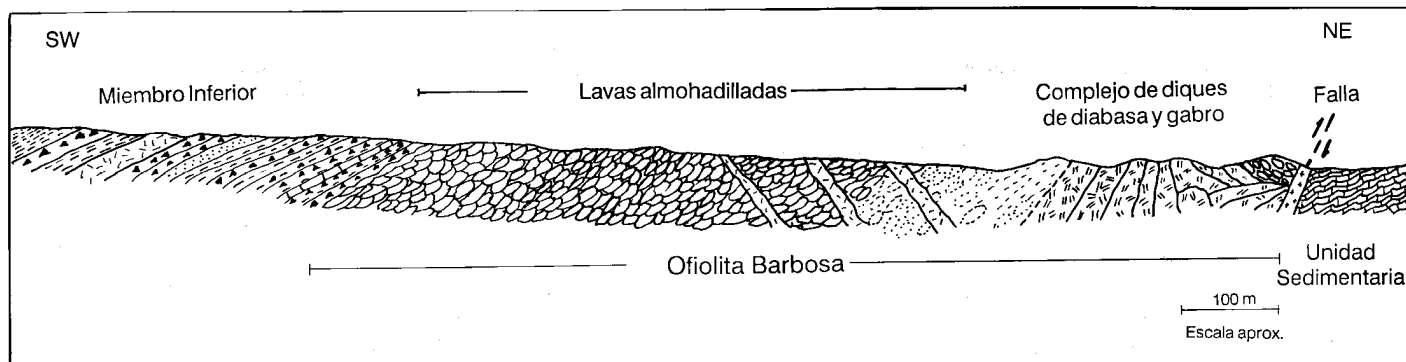


Figura 6.- Sección estructural esquemática de la Ofiolita Barbosa en el arroyo Barbosa.

Hacia la periferia occidental del Granito Comanja, la "unidad sedimentaria" está inclinada hacia el poniente, debido a la intrusión del granito.

La Caliza La Perlita aflora en dos localidades. La más septentrional presenta, en promedio, una posición estructural de  $N43^{\circ}E-46^{\circ}SE$ , sugiriendo ser el flanco del noroeste de un pliegue anticlinal orientado hacia el NW. En la localidad de Puerto Blanco, se observó dentro de esta secuencia un anticlinal orientado  $N5^{\circ}W$  y recostado  $70^{\circ}$  hacia el E. El pliegue está buzando  $56^{\circ}$  hacia el norte. En esta localidad, están presentes algunos diquestratos félsicos en la Caliza La Perlita.

Dos discordancias angulares abajo y arriba de la Caliza La Perlita pueden ser observadas en este lugar (Figuras 7 y 8). Los contactos son con la "unidad sedimentaria" y el Conglomerado Guanajuato.

El afloramiento más meridional de la Caliza La Perlita presenta una actitud de  $N70^{\circ}W-45^{\circ}NE$ . La "unidad sedimentaria" está representada aquí por un conglomerado, cuya posición estructural es  $N81^{\circ}W-75^{\circ}SW$ . La discordancia entre las dos unidades parece no estar presente y el contacto entre las dos es una falla cuyo tipo no fue posible determinar.

#### DISCORDANCIAS

En la localidad de Puerto Blanco fueron detectadas tres discordancias angulares. La más antigua se encuentra entre la

"unidad sedimentaria" y la Caliza La Perlita. La siguiente se encuentra entre la Caliza La Perlita y el Conglomerado Guanajuato y es, además, una discordancia erosional. Por último, la más joven está entre el Conglomerado Guanajuato y la Ignimbrita Cuatralba (Figuras 7 y 8).

La superficie de discordancia más antigua tiene un rumbo de  $N60^{\circ}W$  e inclinación de  $55^{\circ}$  hacia el NE, siendo claro que sufrió tectonismo, dando la impresión de ser una cabalgadura. Además, en los estratos de la Caliza La Perlita existen horizontes arcillosos que sufrieron un tectonismo fuerte, formando parcialmente zonas de brecha.

La discordancia que pone en contacto a la Caliza La Perlita con el Conglomerado Guanajuato presenta un rumbo  $N75^{\circ}W$  e inclinación de  $82^{\circ}$  hacia el NE. Es muy probable que este plano de discordancia haya sufrido una rotación por el efecto de una deformación posterior, la cual acentuó la inclinación original que pudo haber tenido la superficie de discordancia.

La discordancia que se presenta entre el Conglomerado Guanajuato y la Ignimbrita Cuatralba significa que, ya sea por esfuerzos de compresión o tensión, el Conglomerado Guanajuato sufrió una deformación que modificó su posición estructural original.

El afloramiento más septentrional del Conglomerado Guanajuato presenta las siguientes posiciones estructurales:  $N59^{\circ}E-72^{\circ}SE$  y  $N70^{\circ}E-74^{\circ}SE$ . Los de la región oriental tienen las siguientes actitudes:  $N31^{\circ}W-33^{\circ}NE$ ,  $N15^{\circ}W-59^{\circ}NE$  y  $N35^{\circ}W-$

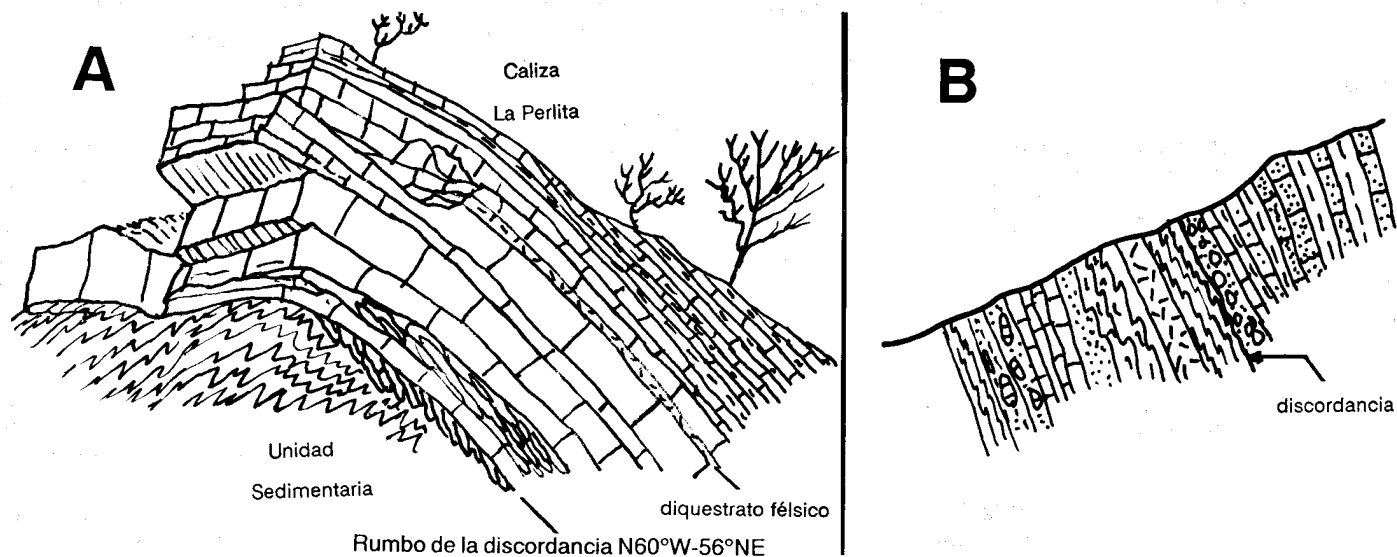


Figura 7.- Esquemas en los que se ilustra el contacto discordante de la Caliza La Perlita y la "unidad sedimentaria". A, diagrama tridimensional; B, sección no a escala.

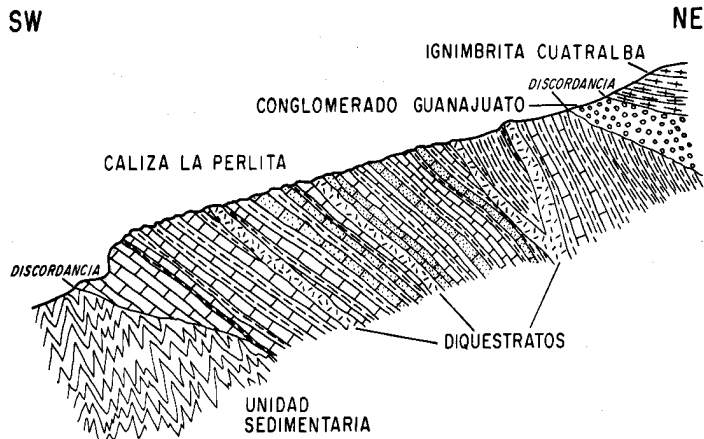


Figura 8.- Sección estratigráfica donde se ilustra los contactos discordantes de la Caliza La Perlita y del Conglomerado Guanajuato; no a escala.

80°NE. El más occidental presenta las siguientes posiciones: N59°E-33°NW y N75°E-53°NW. Las rocas volcánicas que sobreyacen al Conglomerado Guanajuato no tienen estas inclinaciones, por lo que el evento tectónico que las deformó se realizó antes del depósito de aquéllas.

#### ETAPAS DE DEFORMACIÓN

Algunos datos estructurales evidencian la disposición estructural de un evento de deformación que actuó en sentido perpendicular a la dirección NNW-SSE, manifestada por los datos mencionados. Asimismo, existen otros rasgos estructurales que definen claramente otra dirección de deformación que actuó perpendicularmente al rumbo NW-SE, aproximadamente.

Utilizando la red estereográfica de Schmidt, se procedió a hacer una rotación de los datos estructurales de las rocas que están por debajo de la discordancia más antigua, asumiendo que esta última es horizontal. La rotación se aplicó hasta situar horizontalmente la capa más inferior de la Caliza La Perlita, que equivale a desplegar las estructuras de orientación NW-SE, debidas a la deformación más joven. Se tiene, entonces, que la mayoría de los polos muestra un agrupamiento tal, que evidencia una deformación que produjo estructuras plegadas de orientación casi E-W (Figura 9).

También se realizó la rotación de un pliegue de la "unidad sedimentaria". La orientación de su plano axial es S80°W y el buzamiento es de 15°. Los flancos *a* y *b* tienen inclinaciones de 60°S y 70°N, respectivamente. Después de realizada la rotación, el plano axial presenta una dirección S60°W, buzando 58°, quedando ahora recostado hacia el NW (Figura 10).

Con lo anterior, se observa que una deformación (la nevadiana) afectó a las rocas ubicadas abajo de la discordancia preaptiana, afectando a la Ofiolita Barbosa y a la "unidad sedimentaria".

La siguiente etapa de deformación se presentó después del depósito de la Caliza La Perlita, probablemente en el Cretácico Tardío o el Terciario temprano. Suter (1984, p. 1396) estimó una edad mínima de deformación del Paleoceno tardío y una edad máxima del Maastrichtiano tardío en la Sierra Madre Oriental, al oriente del área estudiada.

Las posiciones estructurales de la Caliza La Perlita sugieren que esta deformación formó estructuras plegadas con una dirección general NW-SE.

No pudo reconocerse pliegue alguno en el Conglomerado Guanajuato a pesar de la inclinación tan fuerte que éste presenta,

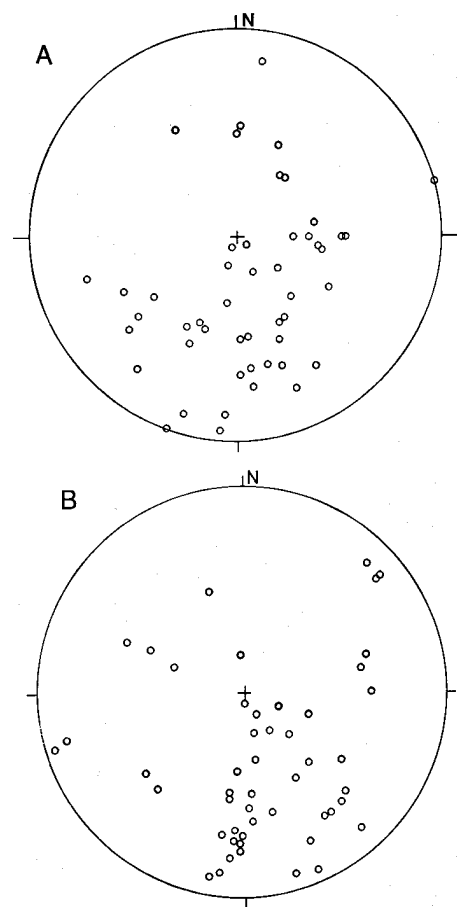


Figura 9.- Diagramas de representación estereográfica polar (A) antes y (B) después de la rotación.

lo cual es debido probablemente a lo escaso de los afloramientos en el área estudiada o, bien, a que la inclinación se deba a fallamiento de tipo normal; no obstante, no se descarta la posibilidad de que haya existido una etapa compresiva posterior al depósito del conglomerado.

De cualquier manera, esta deformación fue activa y terminó antes del depósito de la Andesita Bernalejo y la Grava Los Lozano, es decir, durante el Oligoceno.

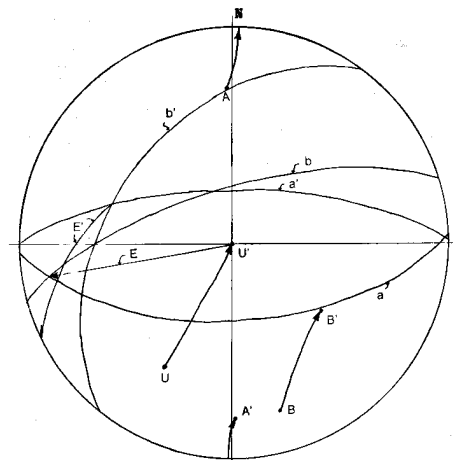


Figura 10.- Proyección estereográfica de la rotación de una discordancia angular y de un pliegue anticlinal contenido en la "unidad sedimentaria".

Tomando en cuenta lo anterior, los resultados de la rotación obtenidos para la Caliza La Perlita (Figura 11) no fueron considerados en las rotaciones mostradas en la Figura 9 para buscar la posición original de las rocas antiguas.

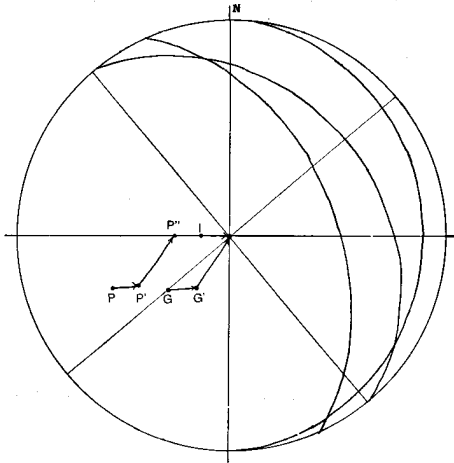


Figura 11.- Diagrama estereográfico de la rotación polar de las inclinaciones secundarias de la Caliza La Perlita, el Conglomerado Guanajuato y la Ignimbrita Cuatralba.

#### LA INTRUSIÓN DEL BATOLITO GRANÍTICO DE COMANJA

Se cuenta con pocos datos estructurales de las rocas que sufrieron la intrusión; sin embargo, utilizando los datos disponibles, se deduce que el cuerpo intrusivo ha cortado y levantado a las rocas de la "unidad sedimentaria", manifestando características discordantes.

Macroscópicamente, se observa que el tamaño de los cristales del granito es mediano, aunque también están presentes regularmente cristales grandes de feldespato potásico (3 cm) y, o en su lugar, de cuarzo en diferentes niveles del intrusivo.

El Granito Comanja presenta como único mineral máfico biotita, la cual es escasa; ésta no presenta alineación en los lugares donde fue reconocida. Hacia el borde occidental del batolito granítico, en el lecho del río Bernalejo, se aprecia con cierta frecuencia escasas hileras verticales y poco definidas de cristales grandes de feldespato potásico, sugiriendo una alineación más o menos paralela al contacto entre el cuerpo intrusivo y la roca encajonante, el cual es, en el lugar mencionado, casi vertical.

El Granito Comanja presenta numerosas inclusiones en forma de autolitos, cuya geometría varía desde redondeada hasta subangulosa. Dichas inclusiones tienen la misma composición mineralógica global que el granito que las incluye, pero con un contenido mucho mayor de biotita, lo cual le da a los xenolitos un aspecto muy oscuro que los hace resaltar. Lo anterior fue reconocido en la porción oriental del granito en las inmediaciones de la mina El Horcón, ubicada al nordeste de Comanja; algunos de estos autolitos, muy abundantes en este lugar, llegan a medir hasta 1 m de diámetro mayor. No fueron observados xenolitos de la roca encajonante incluidos en el granito. En el río Bernalejo, en la localidad anteriormente mencionada, fue localizado un *schliere* de más de medio metro de longitud, compuesto por biotita, principalmente, acompañada por poco cuarzo y feldespato posiblemente potásico. El *schliere* es de color oscuro y tiene una forma tabular con bordes algo irregulares, pero bien definidos. Esta estructura presenta una actitud general N70°W-48°NE.

El Granito Comanja presenta dos direcciones principales de diaclasas (Figura 12), resultantes de la generación de estructuras en

la etapa sólida, cuando el intrusivo estaba en proceso de enfriamiento. Aprovechando las zonas de debilidad de estas diaclasas, tuvo lugar la intrusión de diques de composición granítica, gran cantidad de vetas de cuarzo y algunas vetas de turmalina negra (chorlo). Se realizó un número de 50 mediciones estructurales en las diaclasas, obteniendo un promedio geométrico de N54°W-70°SW y de N20°W-70°NE (Figura 12), datos que muestran las tendencias de orientación e inclinación de las fracturas en el granito.

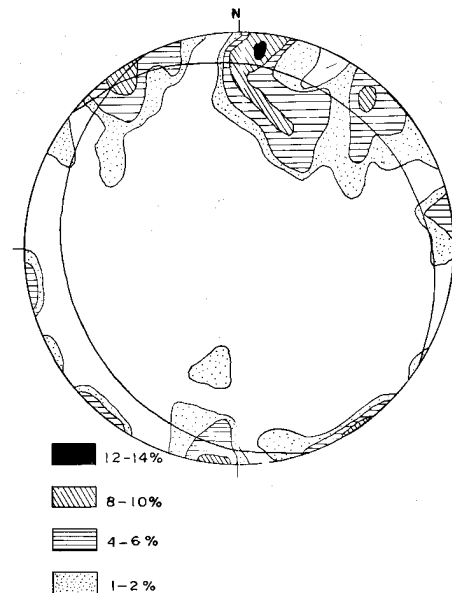


Figura 12.- Proyección estereográfica de la densidad de diaclasas del Granito Comanja.

Existe una zona de falla con un rumbo aproximado de N70°W (Lámina 1, Figura 13), que ha sido aprovechada por el río Bernalejo para labrar su curso, desde Comanja, Jal., hasta la periferia del cuerpo intrusivo, en dirección poniente. Esta falla continúa hacia la porción sudoriental del área del mapa de la Lámina 1, donde el Granito Comanja y la roca encajonante están yuxtapuestos. No es posible determinar cuál es la geometría de esta falla, puesto que no se tiene un nivel de referencia que permita conocer cuál es la cinemática de los bloques. En la parte extrema del noroeste de esta falla no existe, aparentemente, un desplazamiento apreciable.

#### POSICIÓN ESTRUCTURAL DE LA IGNIMBRITA CUATRALBA

La Ignimbrita Cuatralba solamente presenta inclinaciones muy suaves (11°E) al oriente del área cartografiada; esta inclinación fue observada en la porción septentrional del área del mapa. En otros lugares, esta unidad localmente presenta inclinaciones más fuertes que la anterior, aunque no son muy constantes debido, probablemente, a condiciones estructurales muy localizadas. En la mayoría de los afloramientos occidentales de esta unidad, la tendencia es horizontal, no obstante la presencia de fallas normales. Por último, en los afloramientos de esta unidad en la zona del noroeste, las capas tienen una inclinación notoriamente hacia el noroeste.

#### SISTEMAS DE FALLAS

En el área cartografiada existen varios sistemas de fallas normales (Figura 13) con orientaciones N60°W y N50°E, presen-



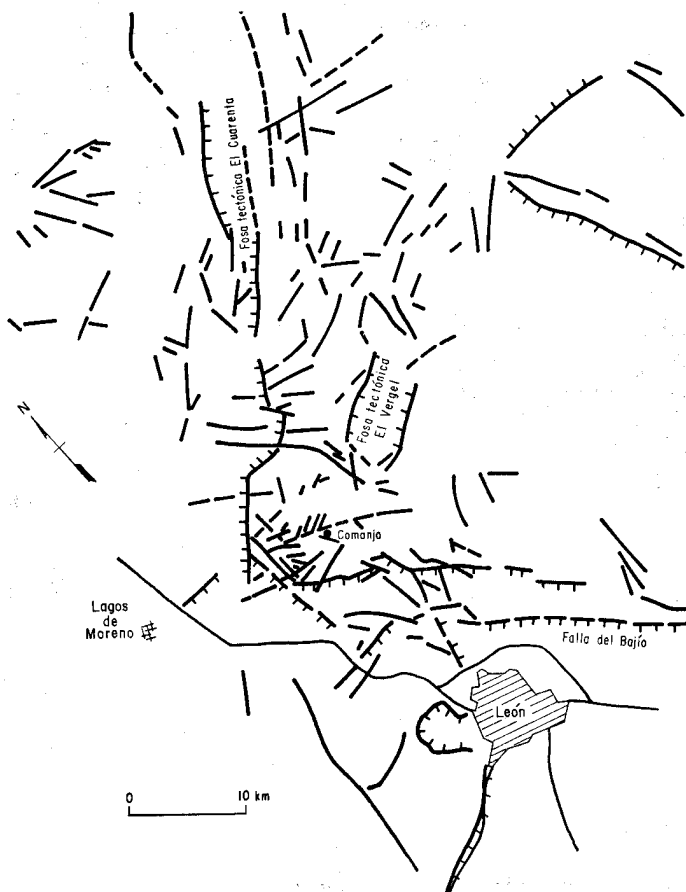


Figura 13.- Mapa estructural que muestra el sistema regional de fallas de la región de Comanja.

tándose además otros dos sistemas de fallas, cuyas orientaciones son substancialmente distintas a las anteriores, uno con una orientación NNW-SSE y el otro NNE-SSW. Todas las fallas presentan una inclinación muy acentuada, del orden de los 70°. El primero de estos dos últimos está ubicado hacia el occidente del área y el segundo hacia el sur. El sistema N50°E está genéticamente relacionado con el *graben* de Villa de Reyes.

El sistema más antiguo es de orientación NNW-SSE y el otro es de orientación N60°W, del cual forma parte la falla del Bajío, que es la estructura más grande, la que tiene mayor desplazamiento y la más antigua. Además, el bloque caído forma la depresión topográfica llamada El Bajío (Figuras 4 y 13).

La falla del Bajío se extiende desde las cercanías de Silao, Gto. (al sur, fuera del área cartografiada), hasta la sierra de Picachos (Lámina 1), dentro del área estudiada, presentando pocas variaciones de la porción centrooccidental del área, donde su orientación es casi norte-sur.

El desplazamiento aparente que ha producido la falla del Bajío en las rocas de la Sierra de Guanajuato se estima que sea de 850 m en la zona estudiada, tomando como base las altitudes máximas topográficas que tiene la Ignimbrita Cuatralba en la sierra del mismo nombre y las que tiene en la sierra de Picachos.

Esta falla yuxtapone, hacia el sudoeste de Comanja, a las rocas de la "unidad sedimentaria" con la Grava Los Lozano.

Otro sistema de fallas importante es el de orientación N50°E, debido a que también se manifiesta en la región. Éste yuxtapone a las dos unidades más antiguas, pero ahora con la Ignimbrita Cuatralba presentando también uno de los mayores

desplazamientos verticales. Este sistema de fallas forma las fosas tectónicas de El Cuarenta y El Vergel, las cuales se extienden desde el área cartografiada hacia el noreste; la primera desde Lagos de Moreno, Jal., hacia Ocampo, Gto. (fuera del área estudiada), por espacio de 40 km; la segunda tiene una extensión menor, pues se comienza a manifestar desde el borde occidental de la sierra Cuatralba, en el rancho El Vergel, hasta las inmediaciones de Ibarra, Gto., teniendo unos 15 km de longitud (Figura 12). El desplazamiento vertical estimado de la fosa tectónica El Cuarenta es de aproximadamente 1,000 m en el área cartografiada, pero disminuye paulatinamente hacia el noreste. La fosa tectónica El Vergel tiene un desplazamiento aparente de 200 m y hacia el noreste se atenúa hasta tener muy poca expresión morfológica.

El sistema de fallas NNW-SSE está constituido por cuatro fallas en el área de estudio; tres de éstas están al occidente del área estudiada, hacia el norte de la sierra de Picachos, y la otra se encuentra inmediatamente al poniente de la Mesa de Santiago. Las primeras yuxtaponen las rocas más antiguas con el Conglomerado Guanajuato, a éste con la Grava Los Lozano y la tercera afecta a la "unidad sedimentaria", definiendo bloques escalonados hacia el poniente.

El sistema de fallas de orientación NNE-SSW está mejor desarrollado hacia el sur del área cartografiada, donde afecta a la Ignimbrita Cuatralba y al Basalto Dos Aguas y es probable que esté genéticamente relacionado con el sistema anterior, ya que la variación en su dirección es poca y puede ser un resultado de la misma fase de extensión.

#### EL VOLCÁN DOS AGUAS

El Basalto Dos Aguas forma un promontorio denominado Cerro Alto, presentando una depresión en la porción central, la cual no es circular. Por lo anterior, se interpreta que este cerro sea un volcán antiguo ahora inactivo y la depresión central represente el conducto por donde fueron emitidos derrames y productos piroclásticos. El volcán ha sido afectado por la erosión y la tectónica de extensión recientes y su origen probable se debe a la existencia de la falla del Bajío, ya que el volcán está localizado sobre su traza de falla.

#### EVOLUCIÓN TECTÓNICA

Debido a que no se cuenta con mucha información que permita hacer un análisis de la evolución tectónica del Precámbrico y el Paleozoico para el centro de México, éste se realizará a partir del Mesozoico.

#### ESCENARIO TECTÓNICO REGIONAL

Para hacer el análisis tectónico regional, serán considerados dos elementos constituyentes del marco geológico regional:

a. El cratón de América del Norte presente en la parte septentrional del Estado de Chihuahua, representado por rocas metamórficas de edad grenviliiana (Mauger *et al.*, 1983; Quintero-Legorreta y Guerrero-García, 1985).

b. El cinturón tectónico Ouachita, representado en su zona interna por los afloramientos de las rocas metamórficas de Boquillas del Carmen y por las del subsuelo alcanzadas por perforaciones en los estados de Coahuila y Nuevo León (Flawn y Díaz-González, 1959). Estos elementos tectónicos mayores fueron ubicados en el "bloque Apache" por Anderson y Schimdt (1983).

Las rocas paleozoicas de la Sierra del Cuervo y de la región de Las Delicias, Coah., representan unidades de ubicación incierta dentro del cinturón tectónico Marathon-Ouachita.

La Formación Rara (Ramírez-Montes y Acevedo-Cruz, 1957) probablemente se desarrolló en una extensión hacia el sur de la cuenca Pedregosa (Mellord y Breyer, 1981; Armin, 1987), mientras que las rocas de la región de Las Delicias no están dentro de la evolución tectónica de la zona interna del cinturón tectónico de Ouachita, y probablemente fueron deformadas en el Triásico o Jurásico Medio, según McKee y colaboradores (1988).

El Complejo Sonobari (de Cserna y Kent, 1961), que aflora en el Estado de Sinaloa, contiene rocas metamórficas de las cuales Anderson y Silver (*in* Anderson y Schmidt, 1983) recolectaron zircones que tuvieron edades de 220 Ma, lo cual representa los efectos de una deformación orogénica (¿Nevadiana?) en el occidente, posterior al Triásico Tardío, que afectó a las secuencias anteriores al Jurásico Temprano. Por otro lado, Carrillo-Martínez (1971) y Malpica-Cruz (1972) mencionaron la presencia de rocas paleozoicas del Pensilvánico Temprano en las inmediaciones de San José de Gracia, Sin., las que representan una continuidad hacia el sur de las rocas paleozoicas de Sonora.

En la región de Huizachal-Peregrina, localizada al occidente de Ciudad Victoria, Tamps., y en el anticlinorio de Huayacocotla, Hgo., afloran rocas metamórficas cuyas edades resultaron ser del Precámbrico, según los estudios efectuados por Fries y colaboradores (1955, p. 100), pertenecientes a Gondwana (Pindell, 1985). Además, en las regiones mencionadas existen secuencias sedimentarias marinas pertenecientes al Paleozoico. Según Carrillo-Bravo (1961), también aflora un paquete de rocas sedimentarias continentales pertenecientes al Triásico Tardío (Silva-Pineda, 1979), secuencia denominada Formación Huizachal.

En la parte septentrional del Estado de Zacatecas, en la región de Apizolaya, en las sierras de San Julián y del Teyra, afloran las formaciones Taray (Córdoba, 1965), Caopas y Rodeo (Rogers *et al.*, 1961) y Nazas (Pantoja-Alor, 1963). La Formación Taray es pensilvánica o más joven (McKee *et al.*, 1988) y las formaciones Caopas, Rodeo y Nazas no están bien establecidas, pero probablemente las dos primeras pertenezcan al Triásico y la última al intervalo Triásico-Jurásico.

En los alrededores de la ciudad de Zacatecas, Burckhardt y Scalia (1906) describieron rocas sedimentarias asociadas con "rocas verdes", con espilitización, portadoras de fauna de amonoides perteneciente al Triásico Superior. Rodríguez-Torres y Díaz-López (1974) mencionaron, por vez primera en esta localidad, lavas submarinas.

En la Sierra de Guanajuato, se correlaciona con ciertas reservas a la Ofiolita Barbosa y la "unidad sedimentaria", discutidas arriba, con las rocas del Triásico de Zacatecas.

En diversos lugares del centro de México existen afloramientos de rocas sedimentarias preoxfordianas. En una localidad cercana a Charcas, S.L.P., existe una secuencia sedimentaria constituida por una alternancia de cuarcita arcillosa y conglomerado, formación donde han sido hallados (Martínez-Pérez, 1972) amonoides del género *Juvavites* (Cantú-Chapa, 1969). En el área de Peñón Blanco, al oriente de la mina Real de Ángeles, Zac., Chávez-Aguirre (1968) describió una secuencia sedimentaria que también contiene fauna de amonoides (*Sirenites* sp.), correspondiente al Triásico Superior (Figura 14).

En el yacimiento de plata de Real de Ángeles, Zac., se presenta un *flysch*, cuya edad corresponde al intervalo Triásico-Jurásico, según estudios palinológicos efectuados en una unidad sedimentaria de esa localidad (Bravo-Nieto, 1986).

En el núcleo de las estructuras de la sierra de Jimulco, Coah., existen rocas volcánicas y sedimentarias continentales a las que se puede correlacionar con las formaciones Nazas y Rodeo (Mayer-Pérez Rul, 1967).

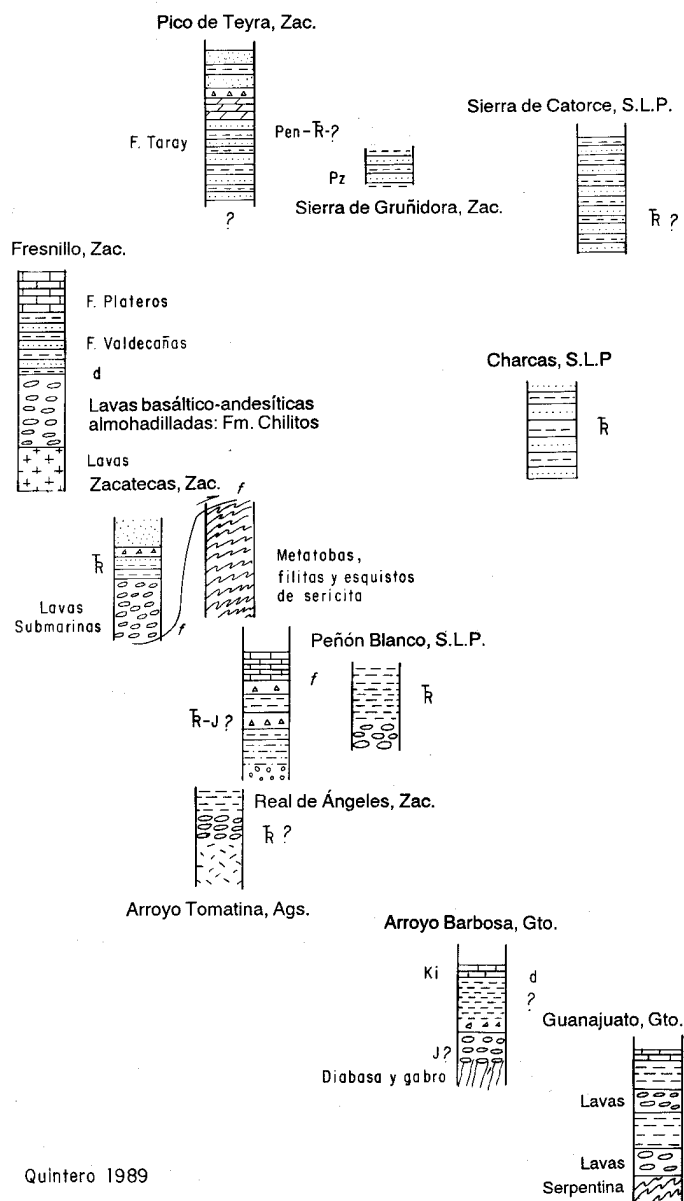
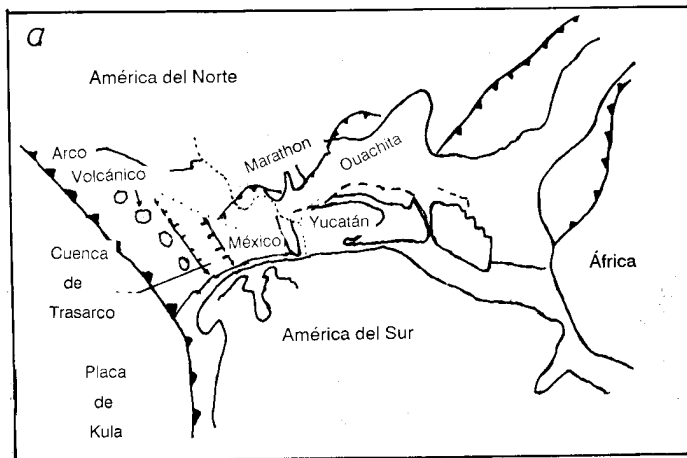


Figura 14.- Esquema en que se muestra las columnas estratigráficas simplificadas de las rocas prealbianas del centro de México. Explicación: d, discordancia; f, falla.

Finalmente, en Santa María del Oro, Dgo., la Formación Gran Tesoro (Berumen-Esparza y Pavón-Leal, 1983) contiene en su base bloques exóticos de caliza y cuarcita con fauna fósil del Paleozoico (Pacheco-Gutiérrez *et al.*, 1984), habiéndose considerado para esta formación una edad del Jurásico Inferior (Aranda-García *et al.*, 1988).

#### INTERPRETACIÓN TECTÓNICA

Tomando en cuenta un marco tectónico regional, según la reconstrucción Allegheniana (al término del Paleozoico) del Golfo de México (Pindell, 1985) (Figura 15), probablemente las rocas precámbricas y paleozoicas, así como las secuencias volcánicas y detríticas continentales debieron estar ubicadas a unos 800 km hacia el occidente, tomando en cuenta la *Mohave-Sonora Mega-shear* (Anderson y Schmidt, 1983) y la falla de desplazamiento lateral de sentido izquierdo (de Cserna, 1970).



Marco tectónico regional en el Triásico

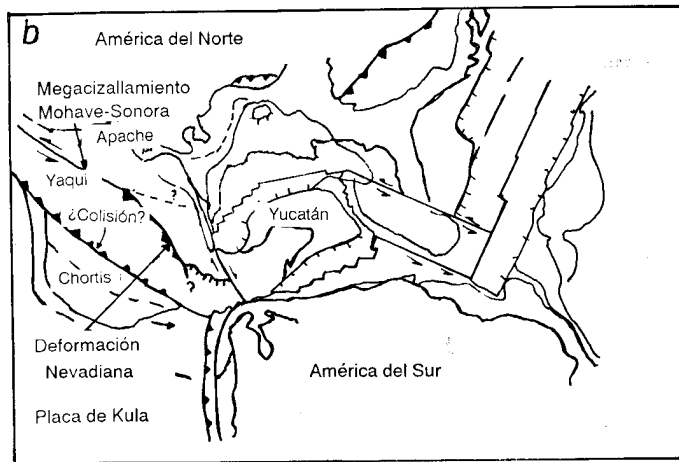


Figura 15.- (a) Reconstrucción alegheniana de Pangea occidental; (b) deformación orogénica nevadiana en el contexto tectónico regional del Jurásico Tardío.

Hacia el Triásico Medio y Tardío, estuvieron presentes las condiciones de desarrollo de una corteza oceánica hacia el occidente de la porción continental emergida (Gondwana), representada por una porción del Cinturón Estructural Huastecano (de Cserna, 1960). Esta corteza oceánica es reconocible en las secuencias volcánicas submarinas y sedimentarias de Fresnillo, Zac., Real de Ángeles y la Sierra de Guanajuato. Por otro lado, hacia el oriente, la transición hacia el continente entre las secuencias de la corteza oceánica mencionada y el continente estarían representadas por las secuencias triásicas de Charcas y Sierra de Catorce, S. L. P. (Figuras 14 y 16).

También durante el Triásico Tardío se continúa desarrollando el arco volcánico representado por las Formaciones Caopas, Rodeo y Nazas, teniendo como basamento a la Formación Taray, de ambiente oceánico (Ortega-Gutiérrez, 1984). Hacia el oriente de la porción central de México, se depositó, también durante el Triásico Tardío, la Formación Huizachal, probablemente como producto de la sedimentación en fosas tectónicas originadas por una tectónica de extensión, debida a la apertura del Golfo de México (Figura 16).

Es posible que en el Triásico hayan sido deformadas las secuencias antiguas de la Sierra del Cuervo, Las Delicias y Placer de Guadalupe. Según Pindell (1985), hacia el Triásico Tardío, en esta región se inició un transporte tectónico de bloques hacia el

sudeste, lo que mantuvo un puente entre América del Norte y América del Sur, el cual continuó probablemente hasta el Caloviense.

Según Anderson y Schmidt (1983), quienes se basaron en los datos de Sclater y colaboradores, el desplazamiento de la *megashear* comenzó hace 160 Ma. Estas investigaciones concluyeron que la ruptura inicial entre África y América del Norte se inició hace 165 Ma.

Probablemente hacia el término del Jurásico Temprano, se inició una deformación orogénica (nevadiana) que produjo una aloctonía tectónica de la Ofiolita Barbosa de Guanajuato y las rocas triásicas de Zacatecas, produciendo el cabalgamiento de las mismas sobre las secuencias continentales volcánicas y sedimentarias representadas por las vulcanitas de Caopas, Rodeo, probablemente Nazas y Huizachal (de Cserna, 1970) (Figuras 15 y 17). Esta deformación orogénica produjo foliación de carácter penetrante en las rocas afectadas, que se tradujo en el desarrollo de esquistosidad en las rocas más incompetentes. Tales efectos los muestran las rocas polideformadas de la Formación Taray, así como los planos de foliación y esquistosidad de las formaciones Caopas y Rodeo; en grado menor, fueron afectadas las rocas de la Formación Nazas.

En el arroyo de La Pimienta, en Zacatecas, el presente autor localizó la "discordancia" entre las rocas triásicas y los "esquistos antiguos" mencionados por Burckhardt y Scalia (1906). Cerca de este plano estructural, la deformación está muy acentuada, presentándose la esquistosidad y la foliación de ambas unidades convergiendo hacia la superficie de "discordancia". Las características de contacto entre ambas unidades son más bien de una falla de cabalgadura que sobrepuso la secuencia triásica con las rocas esquistosas, las cuales son rocas volcánicas con metamorfismo, que guardan cierta semejanza con las formaciones Caopas, Rodeo y Nazas. Lo anterior fue sugerido por de Cserna (1970) al revisar críticamente las secciones estructurales de Burckhardt y Scalia (1906), deduciendo una deformación en el Jurásico Temprano.

Es probable que hacia el fin del Jurásico la deformación haya emigrado, hacia el sur, al área de Comanja, debido a que la *megashear* se activó y desarrolló en esta época, terminando su actividad hacia principios del Oxfordiano. Lo anterior implicaría que, en la región, el inicio de la deformación haya sido en el Jurásico Temprano y terminado, quizá, en el Neocomiano en la Sierra de Guanajuato.

En el Estado de Querétaro, se mencionó una discordancia angular entre las rocas de la Formación San Juan de la Rosa, del Jurásico, y la Formación La Peña Azul, de la parte media del Cretácico (Carrillo-Martínez *et al.*, 1984; Chauve *et al.*, 1984); evidenciando una deformación orogénica prealbiana.

La gran transgresión marina del Mesozoico se inició en el Oxfordiano en el centro de México, cubrió en el Aptiano a la región que hoy ocupa la Sierra de Guanajuato, y continuó hasta el Cretácico Tardío. Esta transgresión fue interrumpida al término del Mesozoico por causa de la deformación orogénica del Cenozoico temprano, la cual imprimió una segunda deformación a la Ofiolita Barbosa y a la "unidad sedimentaria"; a las secuencias más antiguas que éstas, presentes en el centro de México, les agregó otra deformación.

Al término de la etapa mencionada anteriormente, se presentó un intenso magmatismo durante el Cenozoico, ocasionando el emplazamiento del batolito granítico de Comanja, así como la gran cantidad de productos volcánicos de la cubierta. El magmatismo está genéticamente relacionado con el de la Sierra Madre Occidental, aunque su evolución se presentó en épocas más recientes.

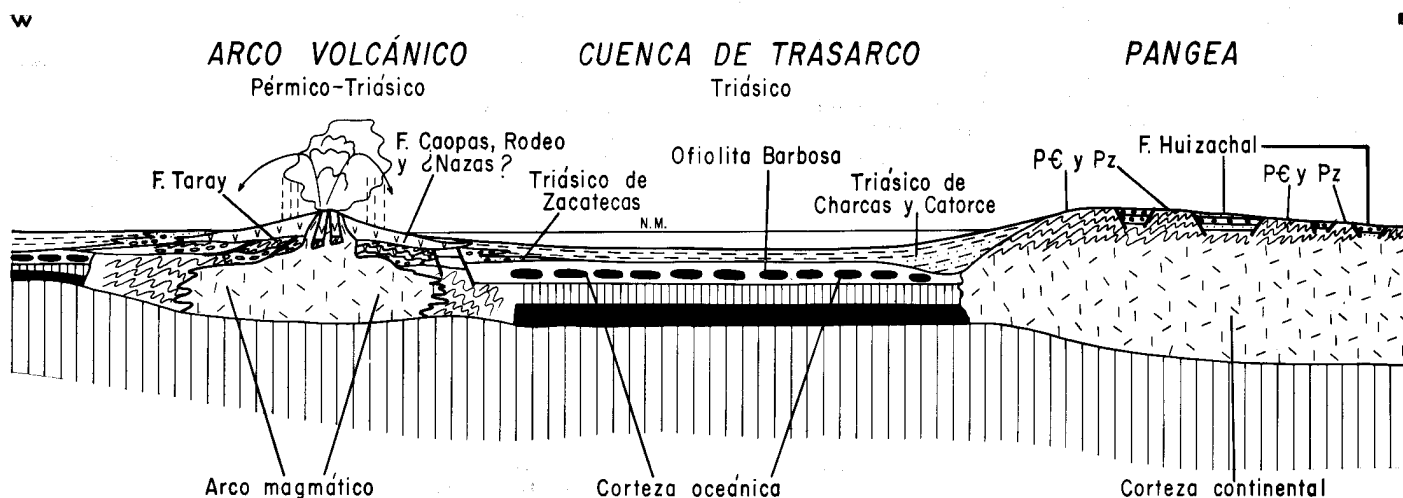


Figura 16.- Contexto tectónico regional durante el Triásico.

Un régimen tectónico de extensión regional tuvo lugar en el Pleistoceno, y está relacionado con la interacción geodinámica de la porción meridional de la placa de América del Norte con la placa de Cocos. Esta relación de esfuerzos generó las fosas tectónicas del Bajío, El Cuarenta, El Vergel, Villa de Reyes, Chapala, Querétaro-Celaya-La Piedad y las fallas activas de la Faja Volcánica Mexicana.

CONCLUSIONES

- La Ofiolita Barbosa es la unidad litoestratigráfica más antigua del área estudiada y constituye parte de una corteza oceánica desarrollada, probablemente, durante el Triásico Tardío, ubicada en las proximidades de un arco volcánico submarino.
- La "unidad sedimentaria" sufrió cambios litológicos verticales, siendo de naturaleza silícica en la base, pelítica en la parte media y clástico-calcareo en la parte superior.
- La Ofiolita Barbosa y la "unidad sedimentaria" fueron plegadas y sujetas a metamorfismo, generándose la parte baja de la facies de esquisto verde, probablemente durante el Jurásico Tardío o el Cretácico Temprano, a consecuencia de la presencia de la deformación Nevadiana. La gran transgresión marina del mesozoico cubrió al cinturón orogénico resultante a principios del Aptiano, cubriendo a una zona con topografía irregular, depositando localmente a la Caliza La Perlita.
- La Caliza La Perlita descansa en discordancia angular sobre la "unidad sedimentaria" y representa un ambiente sedi-

mentario litoral, confiriéndole la fauna fósil una edad comprendida entre el Aptiano y el Cenomaniano inferior.

- Durante el Cenozoico temprano, se presentó una deformación orogénica que afectó a todas las unidades litoestratigráficas previas al Cenozoico.
- El Granito Comanja presenta sus mejores afloramientos en el área de Comanja de Corona, Jal., y no en Arperos, Gto., por lo que se propone ese nombre geográfico para el intrusivo. Representa una intrusión de carácter posttectónico, discordante, aunque su emplazamiento regional fue controlado por la estructura de las rocas del basamento, lo cual permitió su emplazamiento en una dirección NW-SE.
- El Granito Comanja corta a la Ofiolita Barbosa, la "unidad sedimentaria" y la Caliza La Perlita, indicando que tiene una edad posterior a la de estas unidades, lo cual está respaldado por la información radiométrica del Eoceno temprano ( $54 \pm 4$  Ma).
- El Conglomerado Guanajuato presenta los efectos de una deformación de carácter incierto, definida por la inclinación que le caracteriza. Es más joven que el Granito Comanja, tal como se infiere de la información paleontológica, que le confiere una edad comprendida entre el Eoceno tardío y el Oligoceno temprano.
- La Andesita Bernalejo yace sobre el Granito Comanja y el Conglomerado Guanajuato, siendo la unidad volcánica más antigua del Grupo León, perteneciente al Oligoceno tardío.
- Los contactos de la Andesita Bernalejo con las unidades circundantes son de distinta naturaleza: con el Granito Comanja ésta es lineal, lo cual sugiere una relación tectónica entre ambas

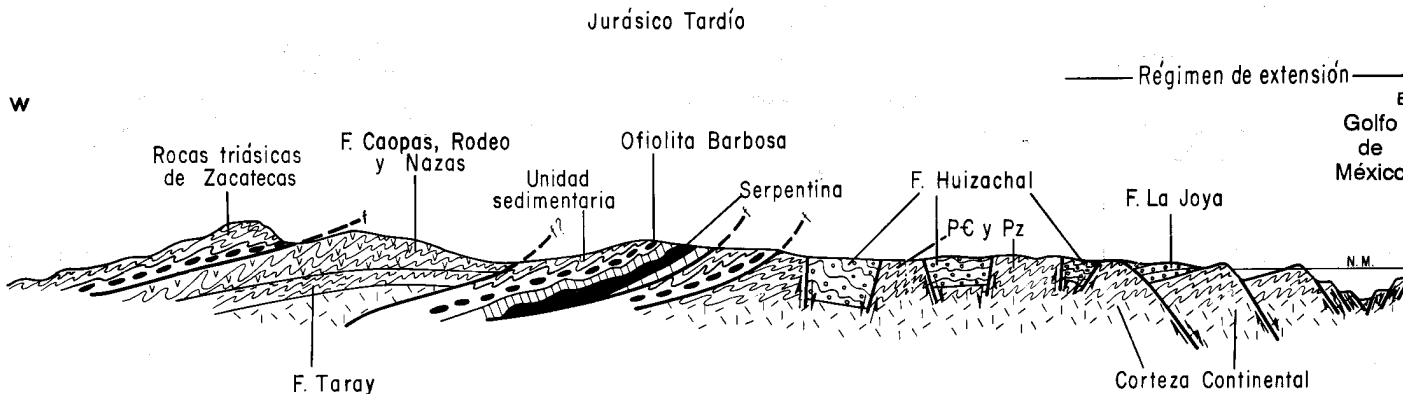


Figura 17.- Sección esquemática que muestra la deformación orogénica nevadiana en el centro de México durante el Jurásico.

unidades; con el Conglomerado Guanajuato parece ser discordante; con la Ignimbrita Cuatralba es concordante.

- El depósito de la Grava Los Lozano fue, al menos parcialmente, contemporáneo con el de la Andesita Bernalejo. Su relación estratigráfica con la Ignimbrita Cuatralba es concordante.

- La Ignimbrita Cuatralba es la unidad litoestratigráfica de mayor extensión, no sólo en la Sierra de Guanajuato, sino también en la región, en el Bajío y en la Mesa Central.

- Los efectos iniciales del régimen tectónico de extensión del Cenozoico están representados por el volcán Dos Aguas, el cual se emplazó en las cercanías de la falla del Bajío. El Basalto Dos Aguas, unidad estratigráfica del volcán homónimo, se presenta interestratificado con la Ignimbrita Cuatralba, constituyendo ambas unidades un vulcanismo bimodal. Ambas unidades pertenecen al Mioceno.

- La Andesita Mesa de Santiago es la unidad volcánica de menor extensión, siendo la última manifestación volcánica en el área cartografiada.

- Durante el Plioceno fueron formadas las fosas tectónicas del Bajío, El Cuarenta y El Vergel, como producto del régimen tectónico en distensión que dio origen al Basalto Dos Aguas.

#### AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Luis Enrique Ortiz-Hernández y John Randall-Roberts las revisiones críticas hechas, así como las sugerencias y recomendaciones, que contribuyeron al enriquecimiento de este artículo. David Zamudio-Ángeles, del Instituto Mexicano del Petróleo, gentilmente clasificó los microfósiles.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, T.H., y Schmidt, V.A., 1983, The evolution of Middle America and the Gulf of Mexico-Caribbean Sea region during Mesozoic time: *Geological Society of America Bulletin*, v. 94, p. 941-966.
- Aranda-García, Mario, Quintero-Legorreta, Odranoel, y Martínez-Hernández, Enrique, 1988, Palinomorfos del Jurásico Temprano de la Formación Gran Tesoro, Santa María del Oro, Durango: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, v. 7, p. 112-115.
- Armin, R.A., 1987, Sedimentology and tectonic significance of Wolfcampian (Lower Permian) conglomerates in the Pedregosa basin, southeastern Arizona, southwestern New Mexico, and northern Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, v. 99, p. 42-65.
- Berumen-Esparza, Rafael, y Pavón-Leal, Rubén, 1983, Estudio geológico minero del área de Santa María del Oro, Durango: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, tesis profesional, 122 p. (inédita).
- Bravo-Nieto, José, 1986, Real de Ángeles, in Ordóñez-Cortés, J.E., ed., Minas mexicanas, tomo 2: México, D.F., American Institute of Mining, Metallurgist and Petroleum Engineers (AIME), Sección México, y Society of Economic Geologists, p. 189-209.
- Burckhardt, Charles, y Scalia, Salvatore, 1906, Geologie des environs de Zacatecas: Congreso Geológico Internacional, 10, México, Excursion du Nord 16, 26 p.
- Cantú-Chapa, Abelardo, 1969, Una nueva localidad del Triásico Superior marino en México: *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, v. 1, núm. 2, p. 71-72.
- Carrillo-Bravo, José, 1961, Geología del anticlinorio Huizachal-Peregrina al noroeste de Ciudad Victoria, Tamaulipas: *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, v. 13, p. 1-98.
- Carrillo-Martínez, Miguel, 1971, Geología de la hoja San José de Gracia, Sin.: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, tesis profesional, 56 p. (inédita).
- Carrillo-Martínez, Miguel, Chauve, P., y Fourcade, Erik, 1984, Definition de nouvelles séries lithoestratigraphiques à la limite des domaines cordillierans et mesogens dans Mexique Centrale: *Société Géologique Française, Réunion annuelle des Sciences de la Terre*, 10, Burdeos, Edit. Paris, p. 118 (resumen).
- Chauve P.; Carrillo-Martínez, Miguel; y Fourcade, Erik, 1984, Précision sur l'évolution du contact entre les domaines cordillieran et mésogen aux confins des états de Querétaro et Hidalgo (Mexique Central): *Société Géologique Française, Réunion annuelle des Sciences de la Terre*, 10, Burdeos, Edit. Paris, p. 135 (resumen).
- Chávez-Aguirre, Rafael, 1968, Bosquejo geológico de la sierra de Peñón Blanco, Zacatecas: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, tesis profesional, 77 p. (inédita).
- Chiodi, Michel; Monod, Olivier; Busnardo, R.; Gaspard D.; Sánchez, Antonio; e Yta, Miriam, 1988, Une discordance anté-albienne datée par une faune d'ammonites et de brachiopodes de type téthysien au Mexique central: *Geobios*, v. 21, p. 125-135.
- Chiodi, Michel; Ortiz-Hernández, L.E.; e Yta, Miriam, 1987, Evolución tectónica y magmática de un segmento del batolito granítico de Comanja, Estado de Jalisco: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Cincuentenario de la carrera de Ingeniería Geológica, México, D.F., Memoria, p. 18 (resumen).
- Coleman, R.G., 1977, Ophiolites—ancient oceanic lithosphere?: Berlín Springer-Verlag, 229 p.
- Córdoba, D.A., 1965, Hoja Apizolaya 13R-(I)9, con Resumen de la geología de la hoja Apizolaya, estados de Zacatecas y Durango: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología Carta Geológica de México, serie de 1:100,000, mapa con text explicativo en el reverso.
- Corona-Chávez, Pedro, 1988, Análisis estratigráfico estructural de la porción centro-sur de la Sierra de Guanajuato: México, D.F. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Arquitectura, tesis profesional, 60 p. (inédita).
- Cox, K.G., Bell, J.D., Pankhurst, R.J., 1979, The interpretation of igneous rocks: Londres, Allen and Unwin, 450 p.
- Cserna, Zoltan de, 1960, Orogenesis in time and space in Mexico: *Geologische Rundschau*, v. 50, p. 595-605.
- 1970 (1971), Mesozoic sedimentation, magmatic activity and deformation in northern Mexico, in Seewald, K., y Sundeen, D.E., eds The geologic framework of the Chihuahua tectonic belt: Midland West Texas Geological Society, Publication 71-59, p. 99-117.
- 1976, Geology of the Fresnillo area, Zacatecas, Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, v. 87, p. 1191-1199.
- Cserna, Zoltan de, y Kent, B.H., 1961, Mapa geológico de reconocimiento y secciones estructurales de la región de San Blas y El Fuerte estados de Sinaloa y Sonora: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Cartas Geológicas y Mineras 4 mapa de escala 1:100,000 con texto explicativo en el reverso.
- Dávila-Alcocer, V.M., y Martínez-Reyes, Juventino, 1987, Una edad cretácica para las rocas basales de la Sierra de Guanajuato: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Simposio sobre la geología de la región de la Sierra de Guanajuato, Guanajuato, Gto., Programa, resúmenes y guía de excursión, p. 19-20 (resumen).
- Echegoyén-Sánchez, José, 1978, Yacimientos minerales de la sierra de Arperos y Comanja, Estado de Guanajuato: GEOMIMET (México), núm. 93, p. 44-73.
- Edwards, J.S., 1956, Estudio sobre algunos de los conglomerados rojos del Terciario inferior del Centro de México: Congreso Geológico Internacional, 20, México, D.F., monografía, 75 p.
- Ferrusquia-Villafranca, Ismael, 1987, Reubicación geocronológica del Conglomerado Guanajuato basada en nuevos mamíferos: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Simposio sobre la geología de la región de la Sierra de Guanajuato, Guanajuato, Gto., Programa, resúmenes y guía de excursión, p. 21-23 (resumen).
- Flawn, P.T., y Díaz-González, Teodoro, 1959, Problems of Paleozoic tectonics in north-central and northeastern Mexico: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 43, p. 224-230.
- Folk, R.L., 1968, Petrology of sedimentary rocks: Austin, Tex., Hemphill's Book Store, 170 p.
- Fries, Carl, Jr., Hibbard, C.W., y Dunkle, D.H., 1955, Early Cenozoic vertebrates in the Red Conglomerate at Guanajuato, Mexico: *Smithsonian Miscellaneous Collections*, v. 123, núm. 7, p. 1-25.
- González-Reyna, Jenaro, 1959, El intrusivo granítico de Arperos y su influencia en la mineralización de Guanajuato, Gto.: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v. 22, p. 9-18.

- Jutiérrez-Galván, José; Friche, Valerio; López-Zamora, Jesús; Zamora, José; Manrique-Ríos, Jesús; y Zuñiga, Tomás, 1883, El distrito minero de Comanja: El Minero Mexicano, Documentos Mineros, tomo 10, núm. 17, p. 196-201.
- Irving, T.N., y Baragar, W.R.A., 1971, A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks: Canadian Journal of Earth Sciences, v. 8, p. 523-548.
- Malpica-Cruz, Rodolfo, 1972, Rocas marinas del Paleozoico tardío en el área de San José de Gracia, Sinaloa: Sociedad Geológica Mexicana, Convención Geológica Nacional, Mazatlán, Sin., Memoria, p. 174-175 (resumen).
- Martínez-Pérez, Jesús, 1972, Exploración geológica del área Estribos-San Francisco, S.L.P.: Boletín de la Sociedad Mexicana de Geólogos Petroleros, v. 24, p. 325-402.
- Martínez-Reyes, Juventino, 1987, Excursión a la Sierra de Guanajuato; parte 1, Resumen de la geología de la Sierra de Guanajuato: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Simposio sobre la geología de la región de la Sierra de Guanajuato, Guanajuato, Gto., Programa, resúmenes y guía de excursión, p. 49-70.
- Mauger, R.L., McDowell, F.W., y Blount, J.G., 1983, Grenville age Precambrian rocks of the Los Filtros area near Aldama, Chihuahua, Mexico, in Clark, K.F., y Goodell, P.C., eds., Geology and mineral resources of north-central Chihuahua, Field trip guide book: El Paso, Tex., El Paso Geological Society, p. 165-168.
- Mayer-Pérez Rul, F.A., 1967, Hoja Viesca 13R-I(5), con Resumen de la geología de la hoja Viesca, estados de Coahuila y Durango: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Carta Geológica de México, serie de 1:100,000, mapa con texto explicativo en el reverso.
- McDowell, F.W., y Clabaugh, S.E., 1981, The igneous history of the Sierra Madre Occidental and its relation to the tectonic evolution of western Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, v. 5, p. 195-206.
- McKee, J.W., Jones, N.W., y Anderson, T.H., 1988, The Las Delicias basin—a record of late Paleozoic arc volcanism in northeastern Mexico: Geology, v. 16, p. 37-40.
- Mellord, E.I., y Breyer, J.A., 1981, Petrology of late Paleozoic basin-fill sandstones, north-central Mexico: Geological Society of America Bulletin, v. 92, p. 367-373.
- Mugica-Mondragón, Raúl, y Albarrán-Jacobo, Jorge, 1983, Estudio petrogenético de las rocas ígneas y metamórficas del Altiplano: México, D.F., Instituto Mexicano del Petróleo, Subdirección de Tecnología de Exploración, Proyecto C-1156, informe, 78 p. (inédito).
- Nieto-Obregón, Jorge; Delgado-Argote, L.A.; y Damon, Paul, 1985, Geochronologic, petrologic and structural data related to large morphologic features between the Sierra Madre Occidental and the Mexican Volcanic Belt, in Verma, S.P., ed., Special volume on Mexican Volcanic Belt, part 2: Geofísica Internacional (México), v. 24, p. 623-663.
- North American Commission on Stratigraphic Nomenclature, 1983, North American Stratigraphic Code: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 67, p. 841-875.
- Ortega-Gutiérrez, Fernando, 1984, Relaciones estratigráficas del basamento pre-oxfordiano de la región Caopas-Rodeo, Zacatecas, y su significado tectónico: Sociedad Geológica Mexicana, Convención Geológica Nacional, 7, México, D.F., Resúmenes, p. 56-57 (resumen).
- Ortiz-Hernández, L.E., 1988, L'arc intra-océanique crétacé de Guanajuato (Mexique central); caractères pétrographiques et affinité magmatique du complexe filonien et des laves associées—implications métallogéniques et géodynamiques: Université d'Orléans, memoria del D.E.A., 50 p. (inédita).
- Pacheco-Gutiérrez, Carlos; Castro-Moreno, Ricardo; y Gómez-G., M.A., 1984, Confluencia de terrenos estratotectónicos en Santa María del Oro, Durango, México: Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, v. 16, núm. 1, p. 7-20.
- Palmer, A.R., 1983, The Decade of North American Geology, Geologic Time Scale: Geology, v. 11, p. 503-504.
- Pantoja-Alor, Jerjes, 1963, Hoja San Pedro del Gallo 13R-k(3), con Resumen de la geología de la hoja San Pedro del Gallo, Estado de Durango: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Carta Geológica de México, serie de 1:100,000, mapa con texto explicativo en el reverso.
- Pindell, J.L., 1985, Alleghenian reconstruction and subsequent evolution of the Gulf of Mexico, Bahamas, and Proto-Caribbean: Tectonics, v. 4, p. 1-39.
- Quintero-Legorreta, Odranoel, y Guerrero-García, J.C., 1985, Una nueva localidad del basamento precámbrico de Chihuahua, en el área de Carrizalillo: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, v. 6, p. 98-99.
- Ramírez-Montes, J.C., y Acevedo-Cruz, Francisco, 1957, Notas sobre la geología de Chihuahua: Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, v. 9, p. 583-770.
- Ramírez, Santiago, 1882, Informe que rinde a la Secretaría de Fomento el Ingeniero de Minas que suscribe, como resultado de su exploración en los minerales de La Campechana, en el Estado de Guanajuato, y Comanja y El Roble, en el de Jalisco: México, Anales del Ministerio de Fomento de la República Mexicana, v. 7.
- Rodríguez-Torres, Rafael, y Díaz-López, Rolando, 1974, Libreto guía de la excursión geológica Zacatecas, Zac.-Guanajuato, Gto.: México, D.F., Sociedad Geológica Mexicana, p. 1-82.
- Rogers, C.L.; Cserna, Zoltan de; Vloten, Rogelio van; Tavera-Amezcuca, Eugenio; y Ojeda-Rivera, Jesús, 1961, Reconocimiento geológico y depósitos de fosfatos del norte de Zacatecas y áreas adyacentes en Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí: Consejo de Recursos Naturales no Renovables (México), Boletín 56, 322 p.
- Servais, Marc; Rojo-Yaniz, Roberto; y Colorado-Liévano, Daniel, 1982, Estudio de las rocas básicas y ultrabásicas de Sinaloa y Guanajuato—postulación de un paleo Golfo de Baja California y de una digitación tethysiana en México central: GEOMIMET (México), núm. 115, p. 53-71.
- Silva-Pineda, Alicia, 1979, La flora triásica de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, v. 3, p. 138-145.
- Suter, Max, 1984, Cordilleran deformation along the eastern edge of the Valles-San Luis Potosí carbonate platform, Sierra Madre Oriental fold-thrust belt, east central Mexico: Geological Society of America Bulletin, v. 95, p. 1387-1397.
- Tristán-González, Margarito, 1987, Estratigrafía y tectónica del graben de Villa de Reyes, en los estados de San Luis Potosí y Guanajuato: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Simposio sobre la geología de la región de la Sierra de Guanajuato, Guanajuato, Gto., Programa, resúmenes y guía de excursión, 91 p. (resumen).
- Villarello-Torres, J.D.; Flores-Reyes, Teodoro; y Robles, Roberto, 1906, Étude de la Sierra de Guanajuato: Congreso Geológico Internacional, 10, México, Excursión 15, 33 p.
- Wandke, Alfred, y Martínez, Juan, 1928, The Guanajuato mining district, Guanajuato, Mexico: Economic Geology, v. 23, p. 1-44.
- Wittich, E.L., 1909, Algunos datos preliminares sobre los diques de aplito-pegmatita, cerca de Silao, Guanajuato: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. 6, p. 173-179.

Manuscrito presentado: 23 de noviembre de 1989.

Manuscrito corregido devuelto por el autor: 4 de febrero de 1992.

Manuscrito aceptado: 10 de abril de 1992.