

SECUENCIAS ESTRATIGRÁFICAS INVERTIDAS EN EL ÁREA DE LA PRESA DEL JUNCO, ESTADO DE ZACATECAS

Luis Miguel Mitre-Salazar*

RESUMEN

Con el apoyo de una imagen de satélite LANDSAT, fue posible detectar un área interesante para su estudio geológico-estructural. El análisis de uno de los lineamientos observados en la imagen correspondiente y su verificación en el campo permitieron el reconocimiento de secuencias estratigráficas invertidas, con direcciones de vergencia opuestas en ambos lados del lineamiento. Esta interpretación difiere de la establecida anteriormente para esta área y por primera vez se reporta en esta región la presencia de secuencias estratigráficas invertidas con una polaridad hacia el poniente.

Palabras clave: estratigrafía, imágenes LANDSAT, Presa del Junco, Zacatecas, México

ABSTRACT

An interesting area for a structural geology study was detected with the aid of a LANDSAT image. The analysis of one of the lineaments observed and its field verification permitted the recognition of overturned stratigraphic sequences with opposed vergences on either side of the lineament. This interpretation differs to the one previously proposed for this area. For the first time the presence of overturned stratigraphic sequences with vergence towards the west is reported in this region.

Key words: stratigraphy, LANDSAT images, Presa del Junco, Zacatecas, Mexico.

INTRODUCCIÓN

El área de estudio se ubica en la parte septentrional del Estado de Zacatecas; la única población dentro de la misma es la rancharía de la Presa del Junco, misma que se tomó para denominar el lineamiento que separa la sierra de Las Iglesias, en la parte septentrional, de las sierras del Barroso y de Los Escritorios, en la meridional (Figura 1).

En su fase inicial, esta investigación se apoyó en el estudio de dos imágenes de satélite LANDSAT, de escalas 1:1'000,000 y 1:500,000, sobre las cuales se marcó los lineamientos más evidentes y que, de alguna manera, representaban problemas de carácter estructural. El uso de las imágenes de satélite como auxiliar en los trabajos de geología regional en nuestro país se ha probado con éxito, principalmente por el carácter sintético y su maniobrabilidad sencilla (Mitre-Salazar, 1981).

Las investigaciones geológicas que se ha llevado a cabo previamente en el área de estudio presentaron de una manera general el marco geológico, aun cuando no tratan el problema que nos ocupa. Entre ellas, por su relación estrecha con el área, conviene señalar el reconocimiento geológico y estudio de los fosfatos realizado por Rogers y colaboradores (1961), la tesis profesional de Herrán-Martínez (1968) y las investigaciones hidrogeológicas de García-Calderón (1976).

Las diferencias entre estos tres estudios y el que se presenta consisten esencialmente en una interpretación estructural diferente.

El lineamiento de la Presa del Junco coincide con el valle que separa a la sierra de Las Iglesias, de las sierras del Barroso y de Los Escritorios. Las características que definen este linea-

miento son su orientación de N 60° E, con una longitud aproximada de 30 km. Su traza se observa desde el oriente, en la intersección del valle de la Presa del Junco con el de Banderitas-Soledad; hacia el poniente, el lineamiento se extiende hasta

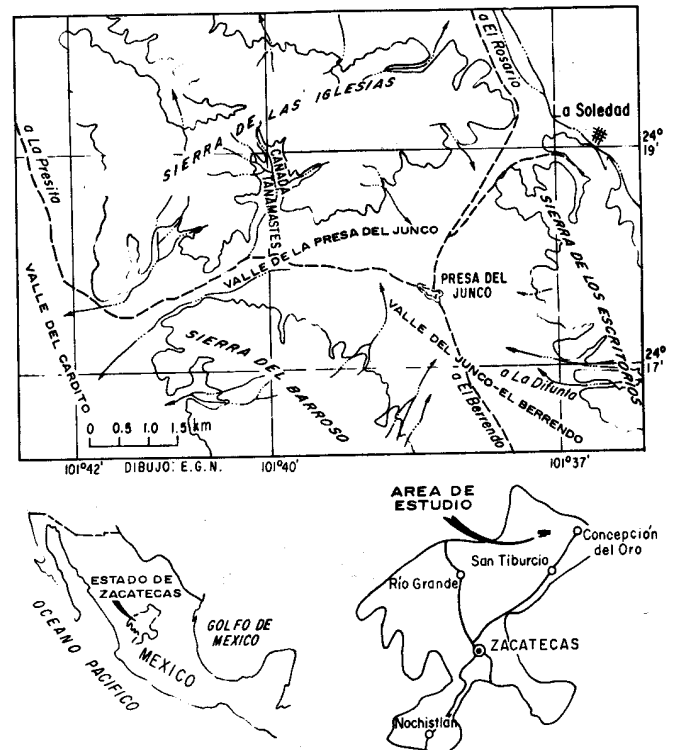


Figura 1.- Mapa de localización del área de estudio.

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

las proximidades del poblado de La Grufidora (Figura 1), fuera del área de este estudio, siendo su traza en esta zona menos evidente.

Uno de los problemas principales que involucra el uso de las imágenes de satélite en trabajos de geología regional consiste en que los rasgos lineales detectados en ellas, por la escala empleada, no siempre se manifiestan de manera igualmente clara sobre el terreno. Por lo anterior, se recomienda que su uso sólo sea como un auxiliar en la elección del área de estudio, en la definición del problema por resolver y para realizar una síntesis geológica regional preliminar; nunca debe considerárseles un sustituto del trabajo de campo.

ASPECTOS ESTRATIGRÁFICOS

La Figura 2 muestra la sucesión de las diferentes formaciones reconocidas en el área de estudio. Resulta oportuno mencionar que, durante la etapa de trabajo de campo, sólo se hizo el reconocimiento y separación de las mencionadas unidades, tomando como base sus características litológicas y contenido fósil, de acuerdo con las consideraciones hechas por diversos autores que trabajaron previamente en la región. Lo anterior facilitó enormemente el trabajo de interpretación estructural, el cual, como se mencionó con anterioridad, constituye el objetivo de esta investigación. A continuación se describirá los rasgos litológicos más sobresalientes que sirvieron para el reconocimiento y diferenciación de las unidades.

CALIZA ZULOAGA (OXFORDIANO)

Esta unidad está constituida por capas de caliza microcristalina, generalmente con espesores mayores que 1 m, y en menor cantidad por capas calcáreas de algunas decenas de centímetros. En la mayoría de los afloramientos observados, la formación se presenta muy recristalizada, por lo que la fauna fósil, principalmente de nerineas, está muy mal conservada. En las capas más gruesas, es frecuente observar el desarrollo de estilolitas y nódulos de pedernal de tamaño variable. Una característica de gran utilidad para el reconocimiento en el campo y en las fotografías aéreas, es el desarrollo de líneas de vegetación más o menos paralelas a la estratificación (García-Calderón, 1976), rasgo que sólo se presenta en esta formación, aun cuando no siempre es evidente.

El contacto con la Formación La Caja, que es la unidad suprayacente, es concordante; cuando las condiciones del afloramiento son buenas, puede marcarse sin problema, porque existe un contraste litológico notable, caracterizándose la Caliza Zuloaga como una unidad que forma relieves más o menos fuertes y más resistentes a los efectos erosivos que la Formación La Caja, con características morfológicas opuestas.

FORMACION LA CAJA (KIMMERIDGIANO-PORTLANDIANO)

Esta unidad y otras del Cretácico Inferior constituyen buenos horizontes-guía para los trabajos de cartografía geológica.

Litológicamente está constituida por una alternancia casi rítmica de calizas arcillosas, lutitas y limolitas de color gris claro, con tintes rojizos característicos, producto principalmente de la presencia de óxidos de hierro diseminados en las capas de caliza. Hacia la base y la parte media de la unidad, se observó un predominio de lutitas, limolitas y areniscas biodeftríticas de color negro, en la parte superior, la relación de los

ERAT.	SISTEMA	SERIE	PISO	AREA PRESA DEL JUNCO		
CENOZOICO	Q	HOLOCENO PLEISTOCENO		ALUVION ABANICOS ALUVIALES		
	Terciario	PLIOCENO				
		MIOCENO				
		OLIGOCENO				
		EOCENO				
		PALEOCENO				
MESOZOICO	SUPERIOR	SENOIANO	MAASTRICHTIANO			
			CAMPANIANO			
			SANTONIANO			
			CONIACIANO			
		TURONIANO	FORMACION INDIDURA			
		CENOMANIANO	CALIZA CUESTA DEL CURA			
		INFERIOR	NEOCOMIANO		ALBIANO	FORMACION LA PEÑA
					APTIANO	CALIZA CUPIDO
					BARREMIANO	FORMACION TARAISES
					HAUTERIVIANO	
	VALANGINIANO					
	BERRIASIANO	?				
	JURASICO	SUPERIOR	PORTLANDIANO	FORMACION LA CAJA		
KIMMERIDGIANO						
OXFORDIANO			CALIZA ZULOAGA			

Figura 2.- Unidades litoestratigráficas del área estudiada.

tipos litológicos diferentes se hace casi en la misma proporción.

En las capas de caliza se observó lentes de pedernal negro de hasta 40 cm de espesor. El contenido fósil está representado por amonites y pelecípodos, los cuales en general muestran un estado de conservación aceptable. La Formación La Caja está cubierta en forma transicional por las rocas de la Formación Taraises, por lo que el contacto se marcó subjetivamente donde la secuencia presenta una abundancia mayor de calizas arcillosas con bandas de pedernal y una estratificación delgada y regular. No obstante, se sugiere que este contacto pueda ser discordante (Figura 2).

FORMACION TARAISES (VALANGINIANO-HAUTERIVIANO)

Esta formación está constituida principalmente por calizas de estratificación delgada a media con lentes y nódulos de pedernal negro, interestratificadas con lutitas y limolitas calcáreas. El contenido fósil consiste en moldes de amonites pequeños y escasos, los cuales invariablemente están en la parte inferior, cerca del contacto con la Formación La Caja.

La coloración gris claro de las calizas, la alternancia de éstas con las limolitas y la tendencia de la formación a aflorar en las partes más bajas de las sierras, son los rasgos más notables para diferenciarla, observándose un contraste bien marcado con la Caliza Cupido, que es la unidad suprayacente, tanto por sus características litológicas como por sus rasgos morfológicos. El contacto entre ambas es también transicional y su ubicación en el campo se hizo igualmente de una manera subjetiva, eligiéndose para ello el nivel donde aparecen regularmente los estratos gruesos de la Caliza Cupido.

CALIZA CUPIDO (HAUTERIVIANO-BARREMIANO)

La Caliza Cupido consiste en calizas de estratificación gruesa, de color gris claro, que al romperse muestran una fractura concoidal bien característica; presentan también nódulos y lentes de pedernal de hasta 20 cm. En las capas más potentes, ocasionalmente se desarrollan estilolitas, las cuales, junto con los nódulos y lentes de pedernal, son muy útiles para determinar la actitud de los planos de estratificación cuando ésta no es muy clara, ya sea porque los planos están cubiertos parcialmente por vegetación o por depósitos aluviales; o por estar afectados por algún rasgo estructural. Su litología, gran espesor y uniformidad de sus estratos, le confieren características distintivas. Por lo general, esta unidad forma las cimas de las sierras manifestándose, al igual que la Caliza Zuloaga, como una unidad con tendencia a formar rasgos morfológicos fuertes y con una resistencia marcada a la erosión. Una característica secundaria es la presencia de nódulos de pirita, hasta de 10 cm de diámetro, los cuales se presentan generalmente oxidados. No se observó fauna fósil. Hacia su parte superior, esta formación presenta tonalidades amarillentas y ocreas, anunciando un cambio de facies hacia la Formación La Peña, que es la unidad suprayacente. Además, en ocasiones el espesor de sus capas superiores decrece rápidamente, y en su lugar aparecen estratos de lutitas y limolitas, confirmando con su presencia un cambio gradual.

FORMACION LA PEÑA (APTIANO)

Al igual que en otras regiones al oriente del área de estudio, esta formación se manifiesta como un horizonte-gufa excelente para su reconocimiento y cartografía, debido principalmente a sus características litológicas, mismas que contrastan con las unidades sub- y suprayacentes, y a su coloración ocre producto de la alteración de sus rocas constituyentes.

Litológicamente, la Formación La Peña consiste en calizas de estratificación variable, predominando las capas medianas y delgadas, de color gris-crema, con lentes y nódulos de pedernal, material que se hace más frecuente hacia las partes media y superior. Intercaladas con estas rocas, frecuentemente hay lutitas y limolitas del mismo color que las calizas; esta litología predomina en la parte media de la formación y, por esta razón, no siempre es posible encontrar buenos afloramientos, impidiendo con frecuencia estudiarla de una manera continua.

En relación con su contenido fósil, se observó moldes escasos de amonites mal conservados en las capas de calizas de las partes media y superior y foraminíferos planctónicos en las calizas que están cerca del contacto con la Caliza Cuesta del Cura, que es la unidad suprayacente.

Las relaciones estratigráficas entre estas dos unidades

son también transicionales y se manifiestan por un aumento en el espesor de los lentes de pedernal y una disminución progresiva de los horizontes arcillosos y limolíticos, característicos de la Formación La Peña. Por lo anterior, el contacto subjetivamente se ubicó en el nivel donde la frecuencia de las calizas con lentes de pedernal se vuelve más regular.

CALIZA CUESTA DEL CURA (ALBIANO-CENOMANIANO)

Litológicamente consiste en calizas de color gris oscuro con lentes de pedernal negro, con horizontes delgados de limolitas y lutitas intercalados, predominando las segundas en sus partes inferior y superior. Una de las particularidades de esta formación, aunque no siempre bien desarrollada, es que las capas de caliza tienen estructura de *boudinage*. En esta área, la Caliza Cuesta del Cura muestra una gran amplitud de afloramiento, siendo las condiciones para su observación buenas, salvo en la parte superior, donde no siempre puede observarse el límite con la unidad suprayacente por estar cubierta por depósitos aluviales. Su contenido fósil permite reconocerla, y consiste en formas pequeñas de amonites, las cuales están preferentemente en la parte inferior, además de foraminíferos planctónicos abundantes prácticamente en todos los niveles de la formación.

Hacia la parte superior, las capas de caliza presentan coloraciones rojizas y violáceas, similares a las de las rocas de la Formación Indidura, que es la unidad suprayacente. La roca se vuelve más arcillosa y ocasionalmente se observa fragmentos de organismos fósiles finamente triturados; se incrementan los horizontes de lutitas y limolitas, disminuyendo paulatinamente los estratos calcáreos pero, sobre todo, desapareciendo los lentes de pedernal que caracterizan a esta unidad. Lo anterior sugiere un cambio gradual y concordante.

La Caliza Cuesta del Cura, al igual que las calizas Zuloaga y Cupido, puede considerarse una unidad morfológicamente fuerte, formadora de relieves más o menos importantes y resistentes a los fenómenos erosivos.

FORMACION INDIDURA (CENOMANIANO-TURONIANO)

Los afloramientos de esta formación son escasos y malos en el área de estudio, por lo que no pudo estudiarse más que su parte inferior. En estos niveles, la litología consiste en una alternancia de lutitas, limolitas, margas y calizas arcillosas que, en conjunto, tienen color rojo y violeta, debido al intemperismo; este rasgo es exclusivo de esta unidad, por lo que es muy útil para su reconocimiento.

El espesor de las capas generalmente es delgado, variando la potencia de las mismas según el tipo de roca; de esta manera, es común observar paquetes de hasta 5 m constituidos por lutitas y limolitas, en los que hay una sola capa de caliza arcillosa con un espesor de 30 cm. En términos generales, las capas de caliza son más frecuentes cerca del contacto con la Caliza Cuesta del Cura. El contenido fósil consiste en algunos moldes y fragmentos de *Inoceramus*, generalmente muy mal conservados, y abundantes foraminíferos planctónicos.

ABANICOS ALUVIALES Y ALUVION (CUATERNARIO)

Estos dos grupos de depósito están compuestos por fragmentos de roca de todas las formaciones anteriormente descritas y afloran en el pie de monte y en los valles, respectivamente. En un estudio de interpretación estructural como éste,

dichos materiales constituyen un obstáculo, ya que frecuentemente imposibilitan el reconocimiento de la naturaleza de las rocas, sus relaciones estratigráficas y las estructuras geológicas que podrían estar debajo de ellos.

INTERPRETACIÓN ESTRUCTURAL

Los diferentes estudios con enfoque geológico-estructural realizados en diversas áreas del Altiplano Central se orientaron, en general, a reconocer las grandes estructuras que conforman las sierras y que coinciden con grandes pliegues anticlinales. Por otra parte, poco se ha dicho sobre el significado geológico de los valles intermontanos.

El origen de estos valles, en opinión del autor, es muy importante, sobre todo si se tiene en cuenta la presencia de grandes discontinuidades estructurales entre las sierras limitadas por ellos. Es común observar en la cartografía geológica que existe de esta región la supuesta existencia de fallas normales en los bordes de las sierras, dando a los valles un carácter de fosa tectónica. Sin embargo, en la mayoría de los casos, no se ha podido mostrar las evidencias estructurales para tales interpretaciones.

En el área de estudio, el valle de la Presa del Junco, que separa a la sierra de Las Iglesias de las del Barroso y de Los Escritorios, debe considerarse como una discontinuidad estructural, como se discutirá más adelante.

Por el momento, resulta oportuno mencionar que ninguno de los autores que ha trabajado la zona ha presentado una interpretación al respecto; para algunos, inclusive no existe algún tipo de discontinuidad, como puede apreciarse en sus mapas geológicos (Herrán-Martínez, 1968; García-Calderón, 1976). La ausencia total de elementos estructurales en el valle conduce necesariamente a una interpretación apoyada solamente en el estudio de las estructuras presentes en las sierras colindantes. Con este fin, a continuación se hará la presentación de los principales rasgos estructurales observados en las tres sierras; posteriormente, se realizará una comparación con la información existente, para concluir con una interpretación estructural sobre el significado geológico del valle de la Presa del Junco y del lineamiento en el que se presenta.

SIERRA DE LAS IGLESIAS

La sierra de Las Iglesias se encuentra en la parte septentrional del área de estudio y limita al sur con el valle de la Presa del Junco, al este con el valle de Banderitas-Soledad, al norte, fuera del área, con el valle de La Presita y al oeste con el extenso valle del Cardito. Las observaciones que se presenta en este artículo corresponden a las realizadas en la parte meridional de la sierra, a lo largo de sus 9 km de amplitud. La estructura general de la sierra corresponde con el flanco de un pliegue anticlinal asimétrico, recostado hacia el norte, y afectado por varias fallas de naturaleza diversa. La sierra puede dividirse en dos partes, siendo su límite el cañón de Tanamastes. Haciendo un recorrido de poniente a oriente, los rasgos estructurales más sobresalientes de estas dos áreas son los siguientes (Figura 3).

Área occidental. Una secuencia invertida que involucra a casi toda la columna estratigráfica, desde la Caliza Zuloaga, hasta la Formación La Peña, con una intensa recristalización. Las unidades litoestratigráficas están desalojadas ligeramente

por fallas pequeñas de desplazamiento lateral, las cuales están cerca de los contactos estratigráficos. Es muy posible que una parte de esta secuencia se encuentre duplicada por efectos de la inversión tectónica, particularmente en el caso de la Caliza Cupido y de la Formación La Peña. Esta última unidad es la más reciente en el bloque invertido y se encuentra cubierta anormalmente por una secuencia en posición normal, a la base de la cual afloran las rocas de la Caliza Zuloaga. Aunque el contacto entre ambas secuencias no sea del todo claro, este hecho sugiere la existencia de una falla invertida.

Con excepción de estos accidentes, la parte occidental de la sierra de Las Iglesias es semejante a la oriental. La existencia de una falla a la altura del cañón de Tanamastes se apoya en la discontinuidad que existe en las áreas de afloramiento de la Caliza Cuesta del Cura, Formación La Peña y Caliza Cupido de la parte occidental, mismas que materialmente chocan con la Formación Taraises de la parte oriental. No se conoce con precisión la naturaleza de la falla, aunque algunos indicios de campo y fotogeológicos sugieren cuando menos una componente horizontal en el movimiento.

Área oriental. En contraste, esta parte de la sierra no presenta complicaciones estructurales mayores, aun cuando deba destacarse la flexión cóncava de la sierra, probablemente por la falla del cañón de Tanamastes. En su terminación oriental, el flanco presenta una ligera inclinación hacia el suroriente.

Comprando lo anteriormente descrito con lo reconocido por los autores que han trabajado previamente en el área, puede hacerse las diferencias siguientes:

- a. No se había reconocido la existencia de una secuencia invertida en la parte occidental de la sierra.
- b. La falla cartografiada e interpretada como inversa, ha sido considerada normal, aun cuando en el campo, como se mencionó, se observa que las rocas de la Caliza Zuloaga están claramente encima de la Formación La Peña.
- c. La falla en el cañón de Tanamastes se consideró con una componente horizontal, mientras que en los trabajos previos se ha considerado normal.

SIERRA DEL BARROSO

Esta sierra tiene una forma casi rectangular, con una orientación sensiblemente NW-SE, longitud aproximada de 13 km y amplitud máxima de 3.5 km. Teniendo en cuenta el objetivo de este artículo, el estudio se concretó a su parte septentrional. La sierra limita al norte con el valle de la Presa del Junco, al sur con el valle de San Tiburcio, fuera del área, al este con el valle que une a la Presa del Junco con la rancharía de El Berrendo, también fuera del área, y al oeste con el valle del Cardito.

Estructuralmente y de una manera general, la sierra del Barroso está formada por un monoclinal orientado paralelamente a lo largo de la sierra; sin embargo, en particular existen algunas complicaciones de tipo estructural, que son de oeste a este, las siguientes:

1. Una secuencia estratigráfica invertida (Figura 3, sección B-B'); las formaciones involucradas muestran una inclinación hacia el oriente.
2. Una falla inversa con inclinación hacia el oriente, que pone en contacto a la Caliza Zuloaga sobre la Caliza Cupido. Más al oriente, la secuencia aparentemente no presenta complicaciones estructurales mayores.

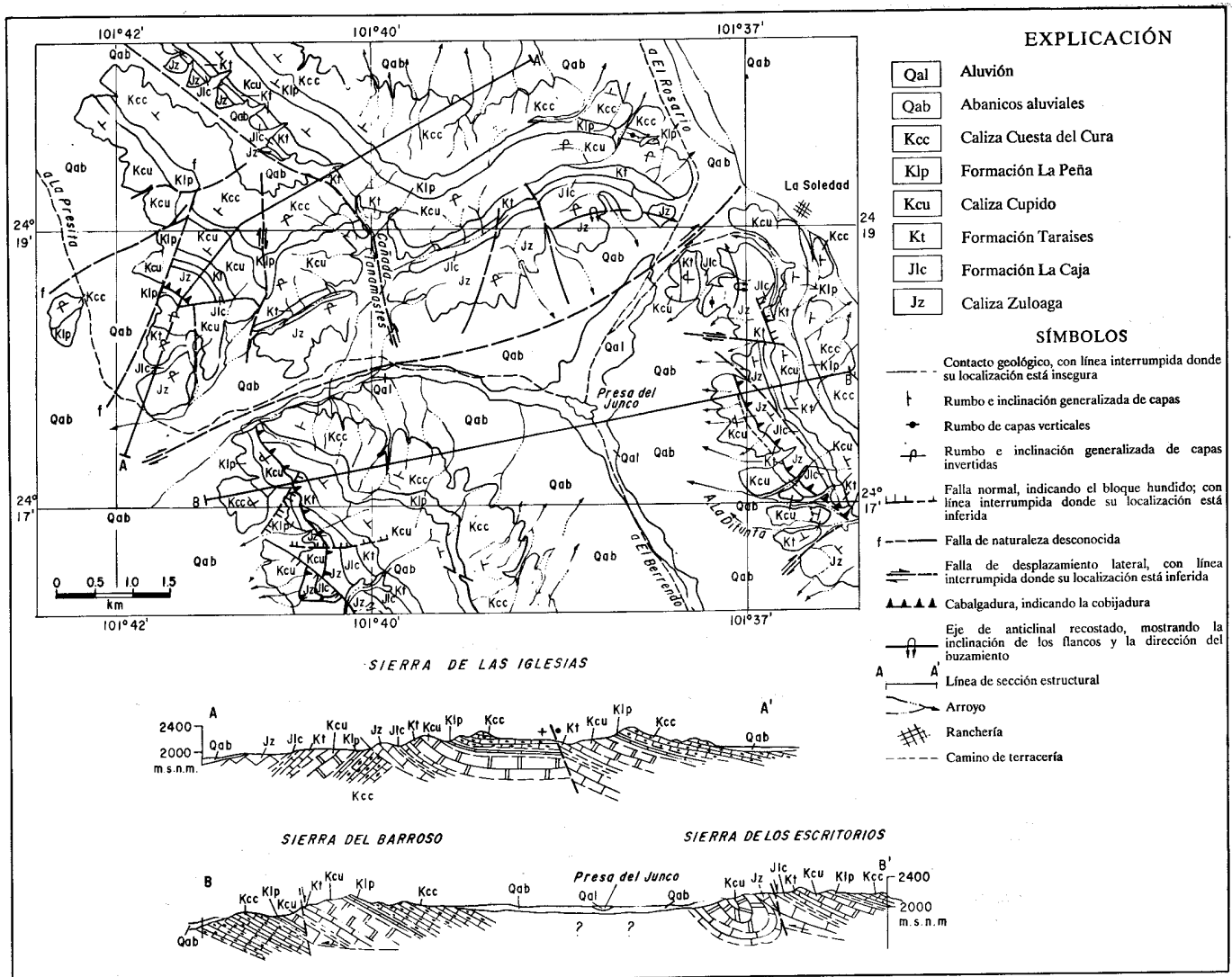


Figura 3.- Mapa geológico y secciones estructurales representativas.

Con relación a los estudios anteriores, las diferencias encontradas en esta sierra son las siguientes:

1. La falta de datos estructurales en los mapas geológicos impide el reconocimiento de la secuencia invertida mencionada anteriormente en este artículo.

2. La falla que en este artículo se interpreta como inversa, en estudios anteriores se interpretó como normal.

Como en el caso de la sierra de Las Iglesias, las diferencias encontradas son notables e importantes para establecer una interpretación estructural del problema, que fue el objetivo del presente artículo.

SIERRA DE LOS ESCRITORIOS

Esta sierra es muy parecida a la del Barroso por su forma y dimensiones, así como por su estructura general. Limita al norte con el valle de la Presa del Junco, al sur con el valle de San Tiburcio, fuera del área, al este con el valle de Banderitas-Soledad y al oeste con el valle de la Presa del Junco-El Berrendo. En su porción septentrional, tiene las siguientes características estructurales.

1. En los límites con el valle de la Presa del Junco, se observa lo que pudiera corresponder con la terminación periclinal de un pliegue anticlinal asimétrico, recostado ligeramente hacia el poniente. Sin embargo, no se puede excluir la posibilidad de que la secuencia en esta sierra corresponda con la estructura de la sierra de Las Iglesias, inmediatamente al norte. En este último caso, ambas sierras formarían una inflexión similar a la que se observa en las sierras de La Candelaria y San Julián, más al norte y fuera del área del estudio. De cualquier forma, debe observarse que, en contraste con las inflexiones mencionadas, en el área de estudio la posible inflexión se presente de manera discontinua. Las unidades litoestratigráficas diferentes en esta parte de la sierra exhiben un crucero intenso que dificulta frecuentemente su reconocimiento.

2. El hecho de que más hacia el sur se observe únicamente el flanco oriental de la estructura, parece favorecer la hipótesis de la existencia de la inflexión. La pequeña falla de desplazamiento lateral diestro que está a la altura del arroyo de La Difunta parece ser responsable del aumento en el espesor de la Caliza Zuloaga, en la cual se observó tres niveles de brechas de naturaleza tectónica, que podrían corresponder a fallas de tipo

inverso y con una polaridad de oriente a poniente.

Las diferencias estructurales más notables en relación con los artículos anteriores corresponden prácticamente con los rasgos observados por el autor y que se destacó en los dos puntos anteriores.

DISCUSIÓN

De lo expuesto anteriormente, queda clara la existencia de diferencias en el estilo de deformación de las estructuras que conforman las tres sierras en estudio. Estas diferencias consisten, sobre todo, en una tendencia estructural o polaridad en las estructuras al norte y sur del valle de la Presa del Junco. Las estructuras en la porción septentrional (sierra de Las Iglesias) muestran, en general, una polaridad hacia el oriente, mientras que las del sur (sierras del Barroso y de Los Escritorios) presentan la polaridad hacia el poniente, es decir, en la dirección opuesta.

La estructura presente en la sierra de Las Iglesias parece tener su correspondencia en la estructura de la sierra de Los Escritorios. Sin embargo, en caso de que así fuera, la inflexión que pudiera considerarse como el límite entre ellas se presenta en forma discontinua.

Se podría explicar las secuencias estratigráficas invertidas en direcciones opuestas en ambos lados del valle de la Presa del Junco con la presencia de una falla de desplazamiento lateral diestro, y su traza correspondería con el lineamiento observado en la imagen de satélite, y que en este artículo se nombró "lineamiento de la Presa del Junco". Si bien es cierto que no se tiene más evidencias para su postulación, tampoco puede descartarse esta interpretación. El reconocimiento de una falla de esta naturaleza es nuevo en el Altiplano Central y, en opinión del presente autor, este tipo de interpretaciones pudiera tener implicaciones importantes en el contexto regional, ya que por lo que se ha podido observar, en áreas colindantes existen otras fallas similares, como en el valle Banderitas-La Soledad, ubicado al oriente del área de este estudio.

La cartografía presentada en la Figura 3 muestra que todas las fallas inversas involucran a la Caliza Zuloaga como la primera formación de la secuencia alóctona. Este hecho pareciera estar relacionado con la presencia de niveles de desprendimiento en esta formación, lo cual se ha comprobado en áreas relativamente cercanas como la de Tecolotes o la sierra de San Julián (Tardy y Ruiz-Barragán, 1974).

EDAD DE LA DEFORMACIÓN

Se considera que la deformación responsable del origen de las estructuras de naturaleza compresiva ocurrió durante la Orogenia Hidalgoana (de Cserna, 1970), misma que se manifestó inicialmente durante el Cretácico Tardío y terminó en el Paleoceno.

Posteriormente, durante el Oligoceno, existió una fase de carácter distensivo que dio lugar al depósito de secuencias sedimentarias de naturaleza continental y a un fallamiento en bloques que afectó las estructuras compresivas anteriores.

CONCLUSIONES

Las observaciones de campo y la discusión presentada permiten concluir lo siguiente:

1. La delimitación del área de estudio, a partir del análisis de imágenes de satélite, permitió comprobar una vez

más la utilidad de este tipo de documentos en estudios geológico-estructurales.

2. La interpretación estructural realizada, aun cuando el presente estudio tenga carácter de reconocimiento, es diferente de las propuestas anteriores y su objetivo es complementar el conocimiento geológico de la región.

3. El reconocimiento de secuencias invertidas con direcciones opuestas originadas por la presencia de una falla de desplazamiento lateral da acceso a este tipo de fallas como una alternativa más para la interpretación tectónica en el Altiplano Central, y abre la posibilidad para hacer nuevamente una evaluación económica de los recursos naturales presentes, ya sean éstos de carácter renovable o no renovable.

4. Se menciona por primera vez en esta región una secuencia invertida por polaridad hacia el poniente.

5. Para complementar la investigación de esta área, es necesario efectuar un estudio microtectónico detallado que involucre los análisis de orientación de estrías en los planos de falla, del microplegamiento, del fracturamiento, de la petrofábrica, etc., con objeto de demostrar con precisión las diversas direcciones de movimiento que actuaron durante la deformación.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea hacer patente su agradecimiento al Instituto de Geología de la UNAM, por el apoyo brindado durante el desarrollo de la presente investigación.

De igual manera, al M. en C. Rafael Hufzar Álvarez y al M. en C. Víctor Manuel Dávila-Alcocer por su valiosa colaboración durante la etapa de campo, y por sus críticas al manuscrito original, respectivamente.

A los Dres. W. R. Muelhberger y D. U. Wise, por sus valiosas críticas para el mejoramiento de este artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cserna, Zoltan de, 1970, Mesozoic sedimentation, magmatic activity and deformation in northern Mexico: in Seewald, K., y Sundeen, D., eds., The geologic framework of the Chihuahua tectonic belt. Midland, West Texas Geol. Soc., p. 99-117.
- García-Calderón, Jorge, 1976, Investigación hidrogeológica de la región de "El Cardito", Zacatecas: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Bol. 98, 101 p.
- Herrán-Martínez, Santiago, 1968, Estudio geológico de las sierras de Santa Rita, La Centella y El Barroso, Municipios de Concepción del Oro y Mazapil, Estado de Zacatecas, México: San Luis Potosí, Univ. Autón. San Luis Potosí, Esc. Ingeniería, tesis profesional, 39 p. (inédita).
- Mitre-Salazar, L. M., 1981, Las imágenes LANDSAT - una herramienta útil en la interpretación geológica estructural; un ejemplo en el noreste de México: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista, v. 5, p. 37-46.
- 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, México: México, D. F., Cons. Rec. Nat. no Renovables, Bol. 56, 322 p.
- Tardy, Marc, y Ruiz-Barragán, Rigoberto, 1974, Sobre la observación directa del "décollement" de la cobertura mesozoica del Sector Transversal de Parras, sobre el flanco oriental del Anticlinal de San Julián, Sierra Madre Oriental, Estado de Zacatecas, México: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Serie Divulgación, núm. 2, p. 29-37.

Manuscrito presentado: 21 de noviembre de 1983.

Manuscrito corregido devuelto por el autor: 18 de agosto de 1987.

Manuscrito aceptado: 27 de noviembre de 1987.