

INTERPRETACIÓN ESTRUCTURAL DE LOS RASGOS GEOMORFOLÓGICOS PRINCIPALES DE LA SIERRA DE GUANAJUATO

Ángel Francisco Nieto-Samaniego¹
Juan Esteban García-Dobarganes Bueno² y
Ana Laura Aguirre-Maese³

RESUMEN

Con base en el análisis de los rasgos geomorfológicos principales y en las características geológicas y estructurales de la Sierra de Guanajuato, se determina que la sierra está constituida por 12 bloques mayores que se comportan como unidades estructurales independientes. A finales del Cenozoico los bloques tuvieron movimiento principalmente vertical, provocando el ascenso relativo de la sierra respecto a los valles adyacentes. La disposición geométrica de los bloques y la presencia de estrías subhorizontales, en algunas fallas, indican que algunos de sus límites tuvieron desplazamientos a rumbo pequeños.

Palabras clave: estructura, geomorfología, Sierra de Guanajuato, México.

ABSTRACT

Based on the analysis of major geomorphological features and considering the geological and structural characteristics of the Sierra de Guanajuato, it was established that this range is constituted by 12 principal independent blocks. During the late Cenozoic these blocks moved vertically. This movement produced uplift of the range relative to adjacent valleys. Geometrical relations between the blocks and the presence of subhorizontal slickenlines on some faults indicate that some of the boundaries underwent minor strike-slip displacement.

Key words: structure, geomorphology, Sierra de Guanajuato, Mexico.

INTRODUCCIÓN

La Sierra de Guanajuato está ubicada en la parte noroccidental del Estado de Guanajuato, tiene una forma alargada en dirección NW-SE, y sus dimensiones aproximadas son 80 km de longitud y 30 de anchura (Figura 1).

La sierra ha sido objeto de numerosos estudios geológicos durante este siglo, la mayoría de los cuales se refiere al distrito minero de Guanajuato y trata temas relacionados con los yacimientos minerales (Ojeda-Rivera, 1986).

Algunos abordan de manera más general la geología de la sierra, atendiendo además de los yacimientos minerales, la estratigrafía (Monroy, 1888; Wandke y Martínez, 1928; Echegoyén-Sánchez *et al.*, 1970; Martínez-Reyes, 1987) y la petrología (Cepeda-Dávila, 1965; Monod *et al.*, 1990), y sólo en últimas fechas abordan el análisis de los aspectos estructurales y tectónicos (Aranda-Gómez *et al.*, 1989; Nieto-Samaniego, 1990).

El estudio geomorfológico ha sido mínimo: Cervantes-Sánchez (1988, enviado) analizó las características morfoestructurales de la sierra, Nieto-Samaniego (1985a) y Lara-Hernández (1986) estudiaron la red fluvial y la hipsometría de áreas pequeñas en el distrito minero de Guanajuato, Bocco (1984) presentó cartas geomorfológicas del Bajío que cubren el límite sudoriental de la sierra y Pasquarè y colaboradores (1987) realizaron un análisis

de tipo geomorfológico-estructural de la Faja Volcánica Transmexicana, que comprende la Sierra de Guanajuato, sin detallar sus características estructurales y geomorfológicas, por tratarse de un estudio muy regional.

En este estudio se analiza el comportamiento de los parteaguas principales y secundarios, escarpes principales, pie de elevaciones mayores y menores, valles intermontanos, lineamientos e hipsometría. Se determina el significado estructural de estas características del relieve, con el fin de usarlas en estudios posteriores como indicadores de la arquitectura estructural de zonas que tienen expresión geomorfológica similar a la del área objeto de esta investigación.

METODOLOGÍA

Para realizar el estudio presente se elaboró una carta hipsográfica (Figura 2), otra en la que se muestra los elementos principales del relieve (Figura 3) y una más de lineamientos (Figura 4). Éstas fueron hechas a partir de cartas topográficas de escala 1:250,000, imágenes de satélite LANDSAT en blanco y negro, y fotografías aéreas en blanco y negro de escala 1:50,000.

Para la elaboración de la carta hipsográfica se estableció intervalos de elevación arbitrariamente, haciéndolo de manera que al colorearlos se aprecie como elementos individuales las zonas que tengan hipsografía contrastante.

Los criterios adoptados en el trazo de los elementos del relieve de la Figura 3 fueron los siguientes: se consideró como divisoria principal aquella que limita la cabecera de los arroyos mayores que escurren hacia ambos costados de la sierra; como parteaguas secundario, el que separa arroyos que escurren hacia el mismo costado de la sierra; y como escarpe principal, el que es claramente observable en las cartas topográficas y en las

¹Estación Regional del Centro, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado Postal 376, Guanajuato, Gto., 36000.

²Consultoría y Evaluaciones Geológicas Guanajuato, S. C., Apartado Postal 308, Guanajuato, Gto., 36000.

³Facultad de Minas, Metalurgia y Geología, Universidad de Guanajuato, Exhacienda San Matías, sin número, Guanajuato, Gto., 36000.

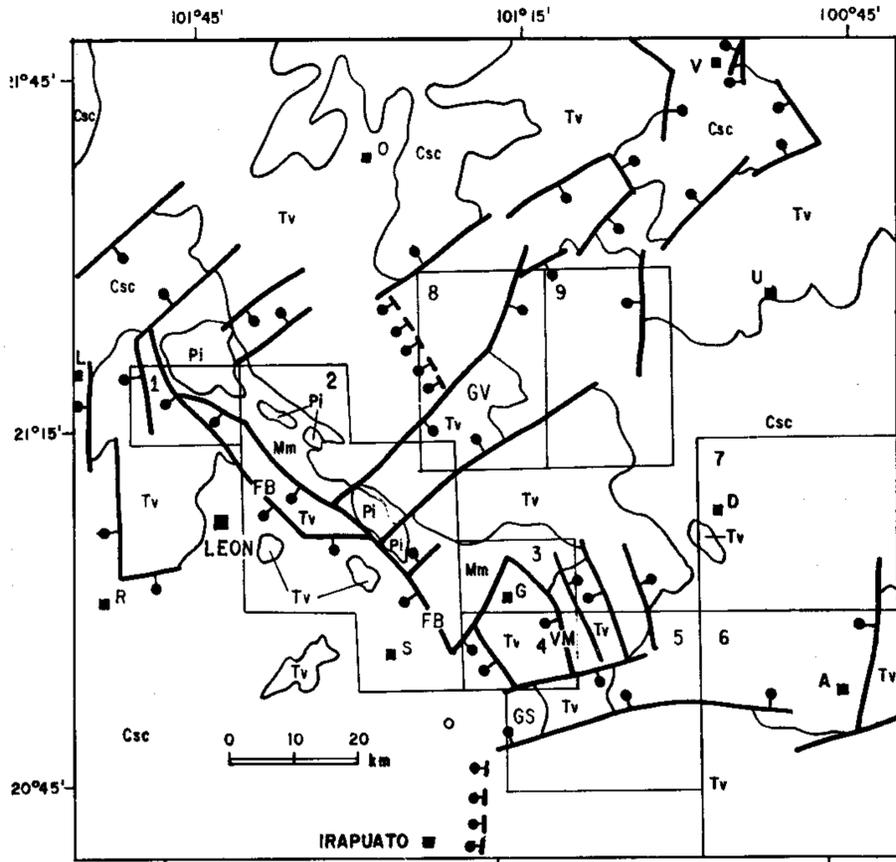


Figura 1.- Esquema geológico de la Sierra de Guanajuato y sus alrededores. Las unidades mostradas son: *Mm*, Mesozoico marino; *Csc*, Cenozoico sedimentario continental; *Pi*, Paleoceno intrusivo; *Tv*, Terciario volcánico. Las fallas más importantes están en línea gruesa con el punto indicando el bloque hundido. Algunas estructuras principales son: *FB*, falla del Bajío; *VM*, Veta Madre; *GS*, graben de La Sauceda; *GV*, graben de Villa de Reyes. Los rectángulos numerados muestran las áreas cubiertas por mapas de los trabajos siguientes: (1) Quintero-Legorreta, 1989; (2) Martínez-Reyes, 1992; (3) Nieto-Samaniego, 1985a; (4) Lara-Hernández, 1986; (5) Nieto-Samaniego, 1990; (6) Nieto-Samaniego, cartografía en progreso; (7) Machorro-Sagastume, 1990; (8) Pérez-Ibargüengoitia, 1967; (9) Pérez-Ibargüengoitia, 1968. La Sierra de Guanajuato queda comprendida por los rectángulos 1, 2, 3 y 4. Las localidades mostradas son: *L*, Lagos de Moreno; *R*, San Francisco del Rincón; *S*, Silao; *G*, Guanajuato; *A*, San Miguel de Allende; *D*, Dolores Hidalgo; *U*, San Diego de la Unión; *V*, Villa de Reyes; *O*, Ojuelos.

fotografías aéreas y cuya condición lineal está bien definida. El pie de elevaciones mayores se ubicó en los puntos de cambio de pendiente entre la sierra y los valles vecinos; este mismo criterio se usó para el pie de elevaciones menores, diferenciándose ambos solamente en la magnitud del desnivel entre las elevaciones y los valles; se consideró como mayor la que supera los 800 m.

Para elaborar la carta de lineamientos se procedió a marcar los rasgos lineales rectos mejor definidos y de mayor longitud que se pudo apreciar en la imagen de satélite, enseguida se marcó los rasgos lineales rectos más importantes observados en las fotografías aéreas y, por último, utilizando las cartas topográficas se marcó los rasgos lineales principales de la topografía que no habían sido detectados en la imagen ni en las fotografías aéreas.

Para tener un control geológico y estructural, se utilizó la carta geológica de Martínez-Reyes (1992) y las que acompañan a los estudios de Pérez-Ibargüengoitia, J.M. (1967), Pérez-Ibargüengoitia, R. (1968), Nieto-Samaniego (1985a, 1990), Lara-Hernández (1986), Quintero-Legorreta (1989), y Machorro-Sagastume (1990), la mayoría de las cuales es de escala 1:50,000 (Figura 1).

Los autores han desarrollado estudios geológicos en la Sierra de Guanajuato y sus alrededores desde 1984, mucha de la información utilizada es de su experiencia personal, y gran

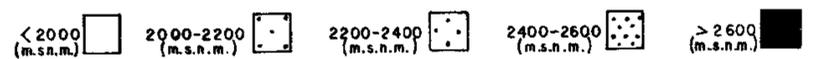
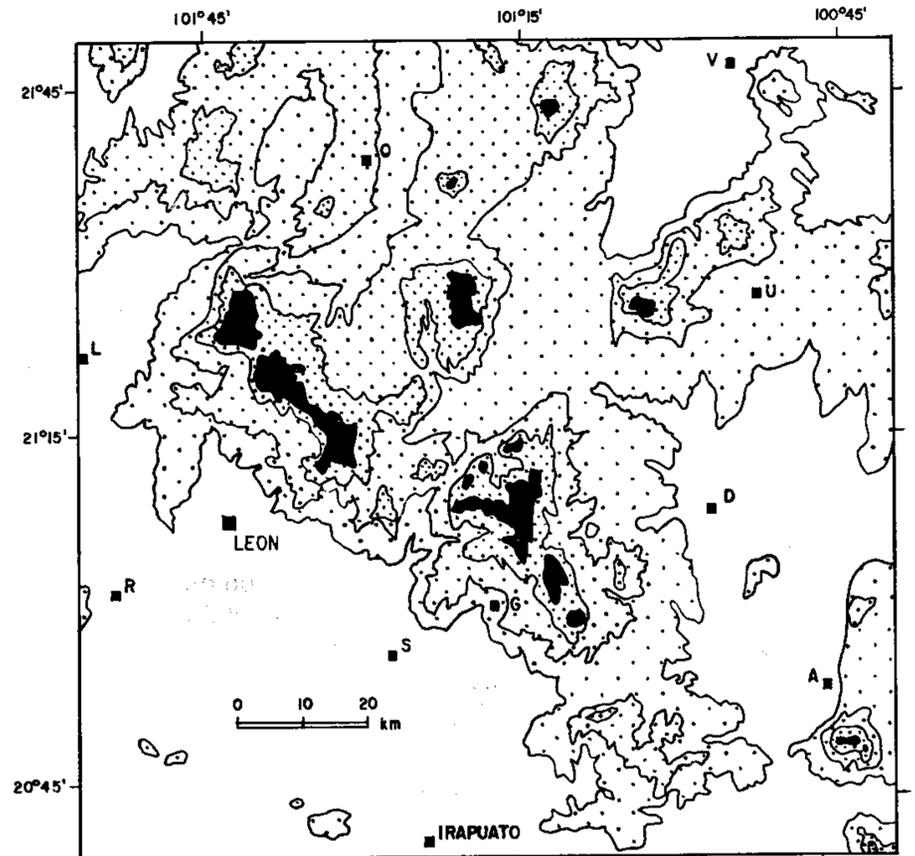


Figura 2.- Carta hipsográfica. Las siglas de las localidades están explicadas en la Figura 1.

parte de ella se encuentra inédita (Nieto-Samaniego, 1985a, 1985b; García-Dobarganes y Aguirre-Maese, 1990).

Como primera fase de la investigación se hizo un análisis minucioso de la información geológica disponible y, contrastándolo con las observaciones propias, fueron definidas

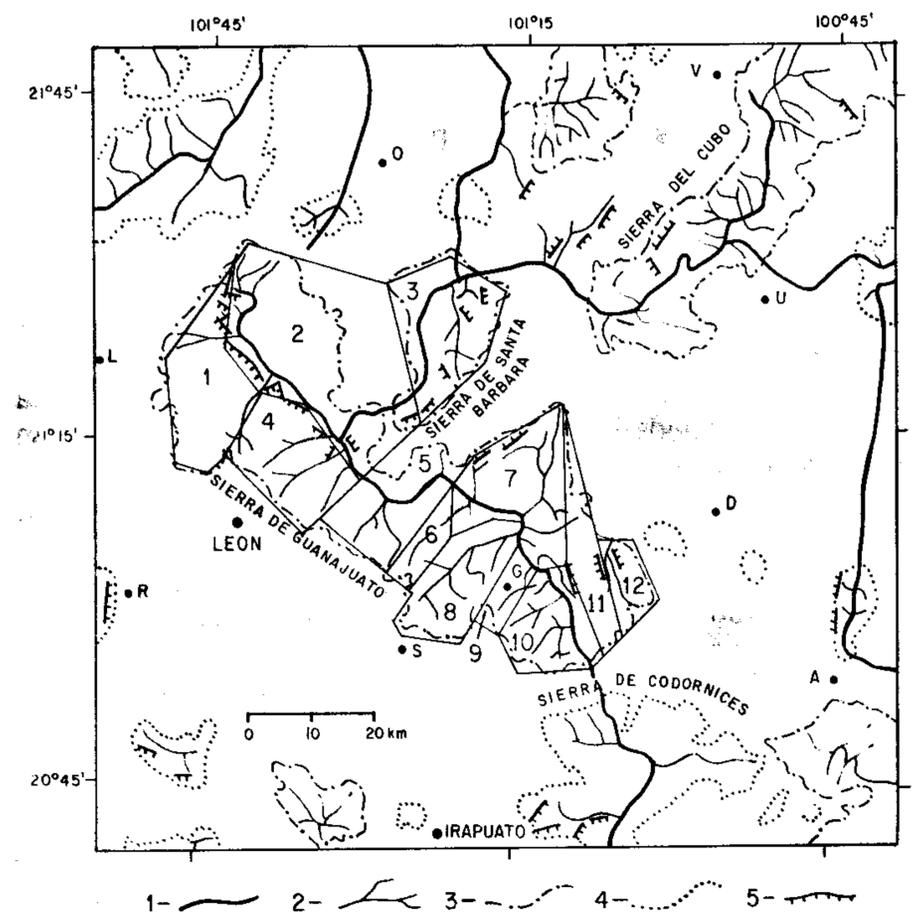


Figura 3.- Carta que muestra los elementos principales del relieve y la distribución de los bloques que constituyen la Sierra de Guanajuato. 1- Parteaguas principal. 2- Parteaguas secundario. 3- Pie de elevación mayor. 4- Pie de elevación menor. 5- Escarpe principal. Las siglas de las localidades están explicadas en la Figura 1.

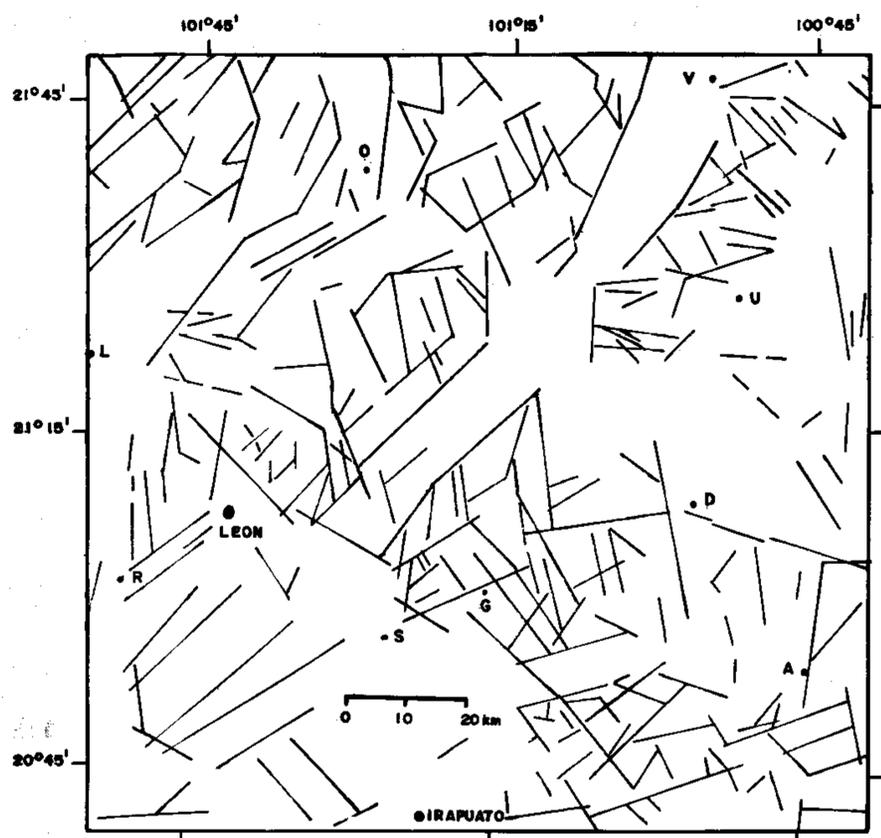


Figura 4.- Carta de lineamientos. Las siglas de las localidades están explicadas en la Figura 1.

tres premisas sobre las que se fundamentó este estudio: (1) Se ha reconocido en toda la región fallas de tipo normal; las edades de estas estructuras han sido inferidas con base, fundamentalmente, en la presencia de fallas sepultadas por unidades litoestratigráficas (Nieto-Samaniego, 1990); se sabe, por ello, que la edad del fallamiento abarca casi todo el Cenozoico (Echegoyén-Sánchez *et al.*, 1970; Nieto-Samaniego, 1985a, 1985b; Aranda-Gómez *et al.*, 1989). (2) El relieve actual de la sierra es consecuencia directa de este fallamiento (Cervantes-Sánchez, 1988, enviado). (3) No existe una edad relativa unívoca entre las direcciones preferentes de las fallas (Nieto-Samaniego, 1985a, 1985b, 1990; Aranda-Gómez *et al.*, 1989).

ANÁLISIS DE LAS CARTAS GEOMORFOLÓGICAS

Para delimitar la Sierra de Guanajuato con base en criterios geomorfológicos, se usó la carta de elementos principales del relieve (Figura 3), en la cual se observa a la sierra claramente como un elemento orográfico delimitado por una línea de pie de elevación mayor. Siguiendo este criterio, se separa de las sierras de Codornices, al sudoriente, El Cubo, al nororiente, y de una elevación sin nombre al norponiente. Nótese que la sierra de Codornices y la que se ubica al norponiente son elevaciones menores, mientras que la de El Cubo es una elevación mayor.

Se puede observar que los lineamientos principales que fueron trazados en la Figura 4 corresponden a fallas cartografiadas que aparecen en la Figura 1; como ejemplo, se puede mencionar la falla del Bajío, el *graben* de La Saucedá y el *graben* de Villa de Reyes. Muchos de los demás lineamientos corresponden a fallas menores que no aparecen en la Figura 1, pero que han sido cartografiadas a otras escalas (Echegoyén-Sánchez *et al.*, 1970; Nieto-Samaniego, 1990). Se desconoce el origen de un número importante de lineamientos que aparecen en la Figura 4, principalmente los ubicados fuera de la Sierra de Guanajuato, ya que no se cuenta con cartas geológicas adecuadas con las cuales cotejarlos; sin embargo, se supone que reflejan de manera indirecta los sistemas de fracturamiento existentes en esos lugares,

ya que así sucede dentro de la sierra; los criterios en el trazo de los lineamientos fueron los mismos para todo el mapa.

Dentro de la Sierra de Guanajuato, al observar la carta hipsográfica (Figura 2) se puede delimitar elementos a los cuales se denominó "bloques". Éstos están separados unos de otros por zonas deprimidas angostas o, bien, se puede distinguirlos de sus adyacentes por una cota promedio muy diferente. Si se coteja la carta hipsográfica con la geológica, se observa que muchos de los límites mencionados corresponden a fallas cenozoicas de tipo normal y, en la Figura 4, a lineamientos mayores. También es claro en la Figura 3 que los parteaguas principales y el pie de las elevaciones sufren inflexiones grandes al pasar de un bloque a otro, lo cual es producido por el desnivel que existe entre ellos.

Se distinguió dos tipos de bloques: los levantados, que constituyen las partes más elevadas, y los hundidos, que presentan las cotas más bajas. En la Figura 1 se aprecia la coincidencia, en muchos casos, de los bloques hundidos y levantados con los respectivos de fallas normales. Con estas evidencias se ha inferido que los bloques están limitados por discontinuidades estructurales que los hacen más o menos independientes.

Cervantes-Sánchez (enviado) realizó un estudio muy detallado, en el cual reconoció 18 bloques en la Sierra de Guanajuato, sin especificar los criterios utilizados para definirlos. Nuestra división está acorde con la suya, si se hace la agrupación de algunos bloques menores.

Se determinó que la sierra está constituida por 12 bloques; los 1, 5, 9 y 11 son hundidos y los 3, 4, 6, 7, 8, 10 y 12 son levantados. El bloque 2 contiene cotas que van de 2,600 hasta 1,100 m. s. n. m. Este bloque está basculado hacia el NE, por lo que no es posible catalogarlo como hundido o levantado (Figura 3).

Los movimientos ocurridos en la sierra han generado desplazamiento relativo entre los bloques, provocando que los límites de éstos tengan gran influencia en el relieve. Se cree que el movimiento de los bloques como unidades independientes se deba a que sus límites sean discontinuidades estructurales mayores o, bien, a que correspondan a las discontinuidades estructurales que han tenido actividad más reciente; estas posibilidades no son excluyentes.

Se sabe que los movimientos no sólo ocurren en los límites de los bloques, sino también en su interior, ya que se ha documentado profusamente la existencia de fallas con desplazamiento importante, cuya ubicación es intrabloque (Echegoyén-Sánchez *et al.*, 1970; Gross, 1975). También se observa que dentro de los bloques existe una gran cantidad de lineamientos (Figura 4), lo que indica la presencia de un fracturamiento intenso.

ESTRUCTURAS CENOZOICAS

El elemento estructural dominante en la Sierra de Guanajuato es la falla del Bajío. Ésta es una falla normal con desplazamiento vertical de 500 m en su parte central (Aranda-Gómez *et al.*, 1989) y de 850 en su porción NW (Quintero-Legorreta, 1989). Esta estructura constituye el límite sudoccidental de la sierra y se expresa en la carta hipsográfica por el comportamiento de las cotas mayores que 2,000 m. s. n. m., las cuales siguen una dirección NW-SE en un arreglo lineal, sufriendo inflexiones bruscas al pasar de un bloque a otro (Figuras 1 y 2). Es notable que en la parte sudoriental de este flanco, los bloques que conforman la sierra tengan su dimensión mayor orientada NE-SW (Figura 3), mostrando un arreglo de bloques hundidos y levantados cuyos límites son, en la mayoría de los casos, fallas conocidas; esto permite suponer una extensión con dirección NW-SE en esta parte de la sierra.

En el costado NE de la sierra no se observa un comportamiento lineal recto en el pie de elevación, ni hay coincidencia entre los límites de los bloques y los límites de la sierra, lo que indica que no existe una estructura maestra. Este flanco puede ser dividido en tres segmentos:

El segmento SE es el más recto; contiene los bloques 11 y 12 (Figura 3), cuyos límites son fallas normales cartografiadas (Figura 1). Los bloques tienen su dimensión mayor casi paralela a la sierra, por lo que puede suponerse que la extensión en ese lugar era NE-SW (Figuras 3).

El segmento sierra de Santa Bárbara es un bloque levantado cuyos límites son muy rectos y corresponden a fallas normales (Figuras 1 y 3). Por su geometría, se cree que se haya producido por extensión casi homogénea en todas direcciones, ya que no tiene una dimensión que sea bastante mayor que las demás.

El segmento NW (bloque 2) presenta basculamiento pequeño hacia el NE y N en las ignimbritas que lo cubren (Aranda-Gómez *et al.*, 1989; Quintero-Legorreta, 1989; Cervantes-Sánchez, enviado). Tiene el mayor hundimiento en sus partes septentrional y nororiental.

Las fallas de la Sierra de Guanajuato han sido consideradas como normales (Echegoyén-Sánchez *et al.*, 1970; Gross, 1975; Nieto-Samaniego, 1985a, 1985b; Lara-Hernández, 1986; Martínez-Reyes, 1987; Aranda-Gómez *et al.*, 1989); sin embargo, se ha observado en muchas de ellas estrías de falla inclinadas; los casos más relevantes son la Veta Madre, falla normal a la que se determinó un desplazamiento de 1,500 m (Gross, 1975) y en la que se observa, en algunos lugares, estrías con *pitch* de 0 a 45°. También en la veta Villalpando, en la mina El Cubo, puede observarse estrías con *pitch* diferente de 90°; esto sugiere que han existido movimientos a rumbo en las estructuras.

Los basculamientos sufridos por las unidades litológicas del Terciario medio son pequeños, gran cantidad de ellas están presentes en posición horizontal o con inclinaciones menores que 10°, lo que indica que las fallas posiblemente no sean lítricas.

El desnivel más grande entre la sierra y los valles adyacentes es de 1,200 m y el desnivel promedio de 600 m. El desplazamiento vertical documentado en las estructuras cenozoicas se puede ilustrar con los ejemplos siguientes: en la falla del Bajío varía de 500 m (Aranda-Gómez *et al.*, 1989) a 850 m (Quintero-Legorreta, 1989) y en el *graben* de La Sauceda es de 400 m (Nieto-Samaniego, 1990).

Es notable que las fallas más antiguas estén en el eje de la sierra y las más jóvenes en sus márgenes. Debido a esta migración, se observa que sedimentos continentales depositados en los valles que rodean a la sierra estén ahora integrados a ella y, en ocasiones, ocupen partes muy elevadas. Ejemplos de esto son los sedimentos aluviales que afloran en lo alto del cerro El Cubilete (Martínez-Reyes, 1987) y los que hay en el costado nororiental de la sierra, los cuales corresponden a los que rellenan el valle de Dolores Hidalgo, encontrándose ahora elevados respecto a éste y en estado de erosión. Las edades de estos sedimentos no han sido determinadas en las localidades mencionadas; sin embargo, en depósitos sedimentarios semejantes litológicamente y que ocupan la misma posición estratigráfica, se ha encontrado fósiles que permiten asignarles una edad que va del Plioceno tardío al Pleistoceno (Carranza-Castañeda *et al.*, 1982).

ESTILO DE LA DEFORMACIÓN

No han sido reconocidos rasgos geomorfológicos indicadores de desplazamientos laterales importantes en las fallas de la sierra, tampoco se ha documentado este tipo de movimientos en estudios estratigráficos y estructurales, mencionándose siempre numerosas fallas con movimiento de tipo normal, cuyas edades

están ubicadas en casi todo el Cenozoico (Nieto-Samaniego, 1990); sin embargo, la presencia de estrías de falla inclinadas en muchas estructuras del distrito minero de Guanajuato indica que existieron componentes horizontales de desplazamiento durante las fases de fallamiento del Terciario medio.

En estrecha relación con el fallamiento, fueron emitidas cantidades grandes de rocas volcánicas, que consisten principalmente en domos riolíticos, derrames andesíticos e ignimbritas; los domos riolíticos, del Oligoceno medio (Gross, 1975), están alineados a lo largo de fracturas y fallas de rumbo predominantemente NW-SE (Nieto-Samaniego, 1985a). Este conjunto volcánico presenta continuidad lateral hacia San Luis Potosí donde, por sus características geoquímicas y petrográficas, ha sido considerado perteneciente a la misma provincia magmática que las rocas volcánicas de la Sierra Madre Occidental (Labarthe-Hernández *et al.*, 1982; Aranda-Gómez *et al.*, 1983). Se ha supuesto que gran parte de ese conjunto volcánico estuviera asociado con la formación del *graben* de Villa de Reyes, cuyo origen se atribuye a movimientos astenosféricos verticales, que afectaron a la corteza frágil, produciendo flexura y colapso posterior, con la emisión de una gran cantidad de material volcánico (Tristán-González, 1986).

Si se considera el arreglo geométrico de los bloques de la Sierra de Guanajuato (Figura 3) y conociendo que muchos de sus límites son fallas con inclinación entre 70 y 80° (Echegoyén-Sánchez *et al.*, 1970; Nieto-Samaniego, 1985a, 1990; Tristán-González, 1986; Martínez-Reyes, 1987; Corona-Chávez, 1988; y Quintero-Legorreta, 1989), es clara la imposibilidad geométrica de movimiento vertical en alguno de los bloques, sin que existan desplazamientos con componente a rumbo en alguno o varios de los límites entre bloques. Este fenómeno, aunque lógicamente deducible, no ha sido documentado en la zona.

Con la metodología utilizada en esta investigación, no es posible determinar las causas que generaron los movimientos verticales ni las rocas volcánicas asociadas, pero permite establecer el estilo del fracturamiento que tuvo lugar en la sierra. Se cree que los límites de los bloques muestren el arreglo de las fallas principales; esto permite asumir que los bloques se mueven más o menos independientemente. Se sabe que en las fallas no hubo desplazamiento a rumbo importante, por lo que se piensa que el estilo de la deformación era controlado por un sistema donde el esfuerzo compresivo máximo fue vertical.

La presencia de fallas normales de rumbo distinto que no presentan una relación de edad unívoca, así como la geometría de los bloques, que sugiere direcciones distintas de extensión máxima en sectores diferentes de la sierra, permite establecer que la deformación frágil de la corteza en la Sierra de Guanajuato es acorde con un modelo donde la acción gravitacional tiene el papel fundamental, sin que exista una dirección de extensión máxima preferente para toda la sierra, sino que varía de una zona a otra de ella. Los bloques que la constituyen sufrieron movimientos principalmente verticales, en etapas sucesivas de deformación; estas etapas de deformación le confirieron a la sierra un estilo estructural de fosas y pilares, produciendo movimientos horizontales de ajuste en las fallas que constituyen límites de bloque, lo que explica la existencia de estrías horizontales y subhorizontales. La reactivación de fallas distintas en las diferentes etapas de deformación puede explicar las relaciones de edad complejas que se tiene entre las fallas de la sierra.

CONCLUSIONES

El ascenso relativo de la Sierra de Guanajuato respecto a los valles adyacentes, está documentado por la presencia de

remanentes de depósitos sedimentarios y rocas volcánicas en sus costados, cuyas contrapartes están en los valles con desniveles que varían de unas decenas a cientos de metros.

La Sierra de Guanajuato está formada por doce bloques mayores cuyos límites son fallas normales. Los movimientos verticales en la sierra han provocado, cuando menos en los eventos más recientes, corrimientos sobre los límites de los bloques. Estos movimientos fueron los responsables de su configuración estructural y morfológica actual.

Evidencias diversas conducen a pensar que, durante el Cenozoico, el movimiento principal en la sierra fue vertical y que hubo movimientos horizontales de ajuste entre los bloques que la constituyen.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aranda-Gómez, J.J.; Aranda-Gómez, J.M.; y Nieto-Samaniego, Á.F., 1989, Consideraciones acerca de la evolución tectónica durante el Cenozoico de la Sierra de Guanajuato y la parte meridional de la Mesa Central: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, v. 8, p. 33-46.
- Aranda-Gómez, J.J.; Labarthe-Hernández, Guillermo; y Tristán-González, Margarito, 1983, El volcanismo cenozoico de San Luis Potosí y su relación con la provincia volcánica de la Sierra Madre Occidental: Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, Convención Nacional 15, Guadalajara, Jal., Memoria, p. 261-287.
- Bocco, Gerardo, 1984, Cartografía geomorfológica de El Bajío y porciones adyacentes, 1:250,000: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía, Boletín 14, p. 9-41.
- Carranza-Castañeda, Oscar; Miller, W.E.; y Martínez-Reyes, Juventino, 1982, Early and late Cenozoic vertebrate localities in central México: Society of Vertebrate Paleontology, Annual meeting 42, México, D.F., Guidebook of Guanajuato, 50 p.
- Cepeda-Dávila, L.J., 1965, Estudio petrológico y mineralógico de la región de El Cubo, Guanajuato: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, tesis profesional, 85 p. (inédita).
- Cervantes-Sánchez, Alfredo, 1988, Una zona neotectónica transversal en la Sierra de Guanajuato: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Tercer simposio sobre geología regional de México, Memoria, p. 18-19.
- enviado, Principales características estructurales del relieve de la Sierra de Guanajuato: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista.
- Corona-Chávez, Pedro, 1988, Análisis estratigráfico-estructural de la porción centro-sur de la Sierra de Guanajuato: Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, tesis profesional, 60 p. (inédita).
- Echegoyén-Sánchez, José; Romero-Martínez, Saúl; y Velázquez-Silva, Sergio, 1970, Geología y yacimientos minerales de la parte central del distrito minero de Guanajuato: Consejo de Recursos Naturales no Renovables, Boletín 75, 36 p., 3 láms. en sobre.
- García-Dobarganes Bueno, J.E., y Aguirre-Maese, A.L., 1990, Análisis geomorfológico y estructural de la región La Luz-Santa Rosa, Sierra de Guanajuato: Universidad de Guanajuato, Facultad de Minas, Metalurgia y Geología, tesis profesional, 204 p. (inédita).
- Gross, W.H., 1975, New ore discovery and source of silver-gold veins, Guanajuato, Mexico: Economic Geology, v. 70, p. 1175-1189.
- Labarthe-Hernández, Guillermo; Tristán-González, Margarito; y Aranda-Gómez, J.J., 1982, Revisión estratigráfica del Cenozoico de la parte central del Estado de San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto técnico 85, 208 p.
- Lara-Hernández, E.E., 1986, Cartografía geológica del área NW hoja Aldama F14-C53, escala 1:50,000, Guanajuato, México: Universidad Autónoma de Baja California Sur, tesis profesional, 79 p. (inédita).
- Machorro-Sagastume, R.A., 1990, Geología y perspectivas mineras en un área vecina a Dolores Hidalgo, Guanajuato, México: Universidad de Guanajuato, Facultad de Minas, Metalurgia y Geología, informe (inédito).
- 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. 50-70.
- 1992, Mapa geológico de la Sierra de Guanajuato, con Resumen de la geología de la Sierra de Guanajuato: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Cartas geológicas y mineras 8, mapa de escala 1:100,000 con texto explicativo en el reverso.
- Monod, Oliver; Lapierre, Henriette; Chiodi, Michel; Martínez-Reyes, Juventino; Calvet, Philippe; Ortiz-Hernández, L.E.; y Zimmermann, J.L., 1990, Reconstitution d'un arc insulaire intra-océanique au Mexique central—la séquence volcano-plutonique de Guanajuato (Crétacé Inférieur): Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences (Paris), ser. 2, v. 310, p. 45-51.
- Monroy, Luis, 1888, Las minas de Guanajuato: Anales del Ministerio de Fomento de la República Mexicana, tomo 10, 738 p.
- Nieto-Samaniego, Á. F., 1985a, Geología de un área de 237 km² al norte de Guanajuato, Gto.: Universidad de Guanajuato, Facultad de Minas, Metalurgia y Geología, tesis profesional, 67 p. (inédita).
- 1985b, Análisis estructural del distrito minero de Guanajuato: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Estación Regional del Centro, informe, 42 p. (inédito).
- 1990 (1992), Fallamiento y estratigrafía cenozoicos en la parte sudoriental de la Sierra de Guanajuato: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, v. 9, p. 146-155.
- Ojeda-Rivera, Jesús, 1986, Bibliografía del distrito minero de Guanajuato: Sociedad Mineralógica Mexicana, Publicación Especial 1-E, 55 p.
- Pasquarè, Giorgio, Vezzoli, L., Zanchi, A., 1987, Morphological and structural model of Mexican Volcanic Belt, in Verma, S.P., Special volume on Mexican Volcanic Belt, part 3b: Geofísica Internacional (México), v. 26, p. 159-176.
- Pérez-Ibargüengoitia, J.M., 1967, Estudio geológico del área de San Felipe en el Estado de Guanajuato: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, tesis profesional, 71 p. (inédita).
- Pérez-Ibargüengoitia, Rafael, 1968, Estudio geológico de la región occidental del distrito de San Felipe, Estado de Guanajuato: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, tesis profesional, 91 p. (inédita).
- Quintero-Legorreta, Odranoel, 1989, Contribución al conocimiento de la geología de la Sierra de Guanajuato en la región de Comanja de Corona, Jalisco: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, tesis de maestría, 87 p. (inédita).
- Tristán-González, Margarito, 1986, Estratigrafía y tectónica del *graben* de Villa de Reyes, en los estados de San Luis Potosí y Guanajuato, México: Universidad Autónoma San Luis Potosí, Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto técnico 107, 91 p.
- Wandke, Alfred, y Martínez, Juan, 1928, The Guanajuato mining district, Guanajuato, Mexico: Economic Geology, v. 23, p. 1-44.

Manuscrito presentado: 6 de mayo de 1991.

Manuscrito corregido devuelto por el autor: 25 de noviembre de 1991.

Manuscrito aceptado: 17 de enero de 1992.