

Formación de grietas, hundimientos y repercusiones sociales en el poblado de Ameca, Jalisco

LUIS VALDIVIA, JOSÉ G. ROSAS, ENRIQUE GARCÍA, MÓNICA ALMEIDA,
PATRICIA G. ZAMORA Y J. MARTÍN BALTAZAR

Desde hace más de dos décadas, en la población de Ameca se han venido presentando una serie de hundimientos, mismos que se han agravado en los años más recientes. A partir de la detección de viviendas agrietadas, se ha identificado que existe un patrón de daños; es decir, los hundimientos definen trazas rectas en la superficie, con direcciones similares a las fallas regionales. El sistema de fallas corta diagonalmente la zona urbana de Ameca. Al realizar un inventario de viviendas dañadas, se ha encontrado que son más de 1 000, particularmente 50 de ellas tienen serios daños estructurales. El origen de los hundimientos diferenciales se asocia con la reactivación de sistemas de fallas y fracturas producto del fenómeno de extracción de agua del subsuelo, lo que produce hidrocompactación. Los hundimientos más importantes se asocian con la falla principal, el crecimiento de las grietas está siguiendo una tendencia en sentido NO-SE, por lo que siguen aumentando nuevas viviendas dañadas.

RESUMEN - ABSTRACT

For more than two decades, the population of Ameca has been undergoing a series of collapses, which has worsened during the last few years. From the detection of cracked houses, the existence of a damage pattern has been identified; that is, collapses show straight traces in the surface, having similar directions to those of the regional faults. The fault system diagonally cuts the urban zone of Ameca. When making an inventory of damaged houses, more than 1 000 has been identified; particularly 50 of them have serious structural damages. The origin of the differential collapses is associated to the reactivation of fault and fracture systems resulting from subsoil water extraction, which produces hydrocompaction. The most important collapses are associated to the main fault, the growth of cracks follows a North West – South East trend; this is the reason why new damaged houses continue to increase.

Palabras clave: Hundimientos, vulnerabilidad, riesgos, amenazas.

Localización y distribución geográfica

El municipio de Ameca se encuentra integrado en la región sur. Limita al norte con los municipios de Etzatlán y Ahualulco; al este con los municipios de Teuchitlán y San Martín Hidalgo, al sur con el municipio de Tecolotlán y al oeste con el municipio de Guachinango. Tiene una extensión territorial de 585.73 kilómetros cuadrados; y se localiza a una altura de 1 235 metros sobre el nivel del mar. Su población total municipal es de 56 681 habitantes (INEGI, 2000) de los cuales 34 703 viven en la cabecera municipal distribuidos en unas 7 000 viviendas.

Descripción físico geográfica de la zona de estudio

La población de Ameca se localiza en el denominado Valle de Ameca, presenta una estructura geológica denominada medio-graben, corresponde con una fosa tectónica asimétrica, es decir los bordes del valle, generalmente montañosos, no tienen correspondencia.

Tectónica regional

La evolución geológica del occidente de México se ha desarrollado en un ambiente muy dinámico a lo largo de su historia, debido al continuo hundimiento de las pla-

Luis Valdivia es geógrafo y profesor-investigador del Departamento de Geografía y Ordenamiento Territorial del CUCSH; José G. Rosas es doctor y profesor-investigador del Centro de Ciencias de La Tierra del CUCEI; Enrique García es Doctor y profesor-investigador del CUAAD; Mónica Almeida es secretaria académica del Campus Universitario Valles; Patricia G. Zamora y J. Martín Baltazar son geógrafos y auxiliares de investigación en el Departamento de Geografía y Ordenamiento Territorial del CUCSH. Correo electrónico: lvaol2003@yahoo.com.mx

Figura 1
Ambiente geodinámico del occidente de México



El bloque de Jalisco está definido por el graben de Colima, la Trinchera Meso-Americana y el sistema Tepic-Zacoalco. Las zonas de falla Chapala-Oaxaca y Chapala-Tula tienen un sentido sinistral. TMVB, Faja Volcánica Transmexicana. Adaptado de Harrison y Johnson (1988) y Rosas-Elguera et al. (1996).

cas oceánicas de Rivera y de Cocos por debajo de la placa continental (véanse figura 1, Bourgois et al., 1988; Luhr et al., 1985; Atwater, 1970). En este ambiente se encuentra situado el bloque de Jalisco, donde está enclavado el Valle de Ameca.

La región occidental de la Faja Volcánica Transmexicana está dominada por amplios valles y cadenas montañosas. Las orientaciones principales de los valles (depressiones formadas por la subsidencia de una porción de la corteza terrestre) importantes son E-W (graben de Chapala), N-S (graben de Colima) y NW-SE (graben de Tepic). En la región norte del Bloque Jalisco existen tres valles, a saber: de Amatlán de Cañas, Ameca y Zacoalco con una dirección general NW-SE (figura 1). Por otra parte, existen varios grupos de volcanes que forman cadenas montañosas cuya dirección es N45°W. Este alineamiento de volcanes indica un sistema de fracturas en la corteza.

La ciudad de Ameca se asentó en una planicie con una altura menor a 1 300 msnm. El límite norte de esta depresión lo forma la Sierra de la Laja, cuya base está constituida por

un granito de 76 ± 6 Ma (Grajales-Nishimura y López-Infanzón, 1983), conglomerados y areniscas del cretácico tardío. Al oriente, el valle de Ameca está limitado por rocas volcánicas del plioceno tardío sobre las que fluyeron andesitas y basaltos del cuaternario. Finalmente, también aflora una secuencia volcanosedimentaria inclinada 10°NE. El límite norte del valle de Ameca es un escarpe de dirección E-W cuya longitud es de 30 km, que hacia el oriente cambia a una dirección N35°W.

A través de la interpretación del Modelo Digital del Terreno (MDT), se han identificado por lo menos tres sistemas de fracturas principales; uno de orientación NO-SE, otro W 311°, y el tercero NE-SW. En las inmediaciones de la población de Ameca el principal sistema, de dirección NW-SE, corresponde con el contacto entre el frente montañoso y el valle. El desnivel que alcanza este sistema es por lo menos de 900 m. El segundo sistema es en sentido W 311°, ubicado al centro de la población, se han sentido fuertes movimientos durante eventos sísmicos. Tiene una longitud aproximada de 500 m. El tercer sistema es en sentido NE-SO y no afecta considerablemente los sedimentos fluvio-lacustres.

Geomorfología

Desde el punto de vista geomorfológico, la zona de estudio se localiza entre dos unidades importantes, separadas por una zona de transición. La primera unidad corresponde con la zona de inundación del Río Ameca, es una zona baja llana de pendiente menor a los 2°, constituida principalmente de arcillas y limos. La segunda unidad corresponde con una zona de transición entre la unidad fluvial y el piedemonte, se caracteriza por tener rasgos irregulares donde se identifican zonas de depositación de material proveniente de los escurrimientos que cortan el piedemonte, se identifican algunas mesoformas a modo de montículos de menos de 2 m de altura, aquí podemos encontrar algún material de arrastre, intercalado con arcillas y limos. La tercera unidad corresponde con el piedemonte. El contacto norte entre estas unidades es claro, pero en el oriente se vuelve más complejo e irregular.

Cartografía del trazo del sistema de grietas en la zona de estudio

El levantamiento de campo detallado ha permitido inferir gran parte del sistema de fracturas de la zona de estudio. Sobre este inventario se ha identificado que los hundimientos reconocen ciertas direcciones preferenciales, y éstas a su vez están controladas por el fracturamiento del paquete fluvio-lacustre. Es decir, los hundimientos definen trazas rectas en la superficie con direcciones similares a las fallas regionales, aunque en algunos sectores como el centro oriente este hecho no está muy claro. El *trend* estructural está compuesto por 65 segmentos, la falla principal (maestra) corresponde con el trazo que va paralelo a la calle Toluquilla, marca el contacto entre el piedemonte y la planicie fluvial, tiene una longitud aproximada de 1 350 m con una anchura de 50 m y una orientación NW-SE. En algunas secciones el hundimiento llega a los 35 cm, afecta severamente las construcciones y la infraestructura.

El segundo sistema tiene una orientación N-S, la longitud del trazo es menor, de aproximadamente 550 m con una anchura de cerca de los 200 m, el desnivel entre el bloque hundido y el levantado llega a ser de más de 25 cm. La edad del hundimiento, de acuerdo con algunos reportes que se han obtenido, es de 25 años. El tercer sistema presenta una orientación E-O, se manifiesta al poniente, centro y surorientado de la ciudad, es un sistema sísmicamente activo, que se ha manifestado en los eventos de 1995 y 2002. Posee una longitud de 1 000 m y se han registrado daños muy severos a las construcciones, particularmente con el sismo de 1995.

Figura 2
Sistemas de fractura en la zona urbana



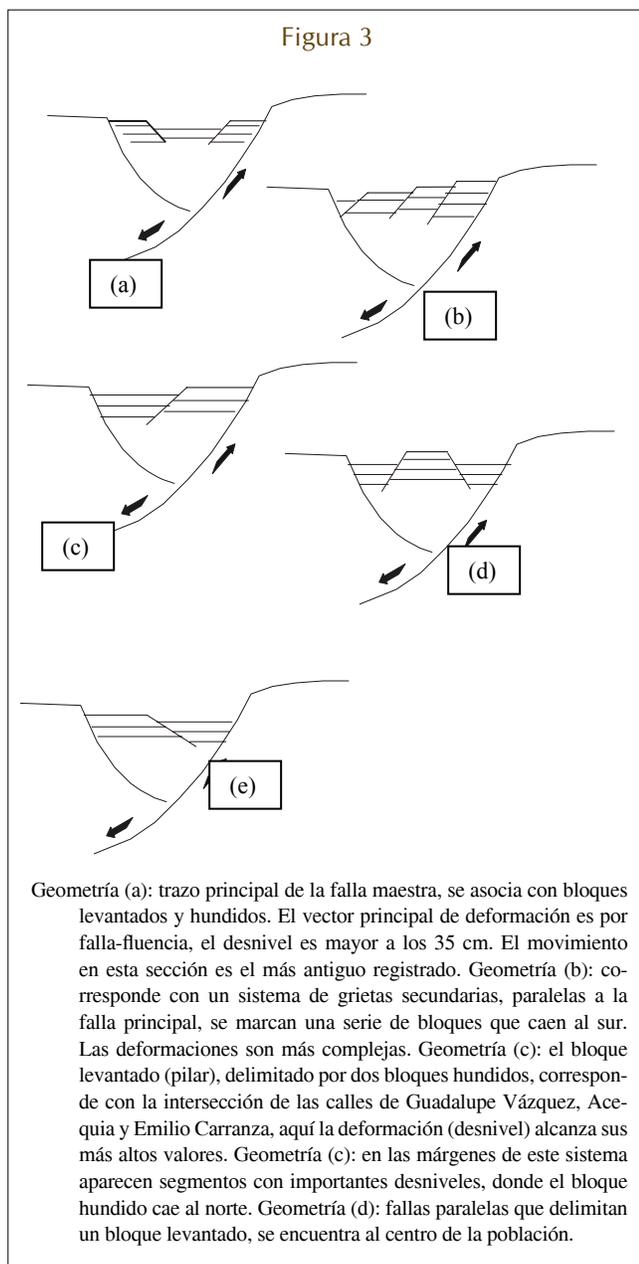
Rasgos geométricos de los sistemas de fractura

Se han identificado 15 secciones críticas donde el hundimiento diferencial entre los bloques es mayor a los 30 cm. Así también se ha identificado que las grietas en términos generales están creciendo de noroeste a sureste. Existe una geometría en echelon¹ de los sistemas de fractura, la anchura es de aproximada 300 m, este arreglo manifiesta, que existe un control estructural de los hundimientos, los cuales tienen una orientación de 311°. Se han registrado por lo menos cinco geometrías a partir de identificar los bloques hundidos y levantados.

No todas las grietas generan desniveles, y tal es el caso de la grieta que tiene una orientación N-S, que va paralela a la calle Acequia al sur de la ciudad, y el segmento de la grieta en sentido O-E. La presencia de las grietas puede ser reflejo pasivo de la naturaleza del basamento, que de acuerdo con los estudios presenta la misma dirección que en el paquete fluvio-lacustre. El desnivel se debe a fenómenos de extracción de agua que han reactivado el sistema de fallas, probablemente algunas son sísmicamente activas, basta recordar el sismo ocurrido en 1572, que —de acuerdo con las narraciones de la época— desvió el cauce del río, se generó un deslizamiento muy importante y se formó una grieta entre Ameca y Amatlán de más de 50 km.

El papel del agua en los agrietamientos y hundimientos diferenciales

De acuerdo con Garduño et al. (1999), los hundimientos asociados a la presencia de lineamientos se han convertido en un tema de discusión muy importante, ya que están relacionados con fenómenos de extracción de agua, sobreexplotación de acuíferos, eventos sísmicos, mecánica de suelos, cambio



climático, ciertas condiciones geomorfológicas, técnicas de explotación, respuesta del terreno en la columna de los depósitos fluvio-lacustres, aunados a la presencia de fugas en la red de agua potable debido a falta de mantenimiento, a la calidad de los materiales y aumento de la presión, etc. La interacción de estas variables hace complejo entender en todas sus dimensiones la participación de cada uno de los fenómenos en la formación, crecimiento de las grietas y los hundimientos.

Hundimientos y fugas de la red de agua potable. En algunas zonas, el movimiento diferencial del suelo se acelera

debido a fugas en la red de agua potable; esto sucede, por lo menos, en las calles de Venustiano Carranza y E. Bocanegra.

Hundimientos y control del agua del subsuelo. Se ha observado la presencia de agua sobre las grietas, las que en ocasiones se presentan como surgencias; al constituirse como elementos controladores de agua superficial e hipodérmica, las fracturas controlan las direcciones del movimiento de agua, lo que incrementa la humedad, es decir la saturación del suelo, y puede generar fenómenos de erosión subsuperficial (presencia de túneles) y pérdida al esfuerzo cortante; parte de este fenómeno se observa donde el suelo se hincha y se deforma completamente.

Los hundimientos y la extracción del agua del acuífero regional. El hundimiento y la generación de desniveles, en muchas zonas del país, se han asociado con la extracción de agua de los acuíferos, lo que genera el llamado *creep*, es decir, falla-fluencia. En la zona de estudio se considera que este fenómeno participa de una manera importante, a través del reacomodo de las capas del subsuelo, lo que se manifiesta en los hundimientos.

Hundimientos y la presencia de túneles. Circunstancialmente, ciertos sectores de la población han asociado algunos hundimientos con la presencia de túneles que datan de principios del siglo xx, los cuales fueron excavados con el objeto de movilizarse dentro de la población. Pero este hecho sólo afecta algunas construcciones cercanas a los túneles.

De forma preliminar, se puede considerar que las zonas de más alto peligro corresponden con los siguientes rasgos: bordes de las fallas principales, bordes de las fallas escalonadas, bordes de las zonas de pilar, zonas de presencia de aguas debido a manantiales, norias, fugas en la red, suelos altamente deformables (lecho de inundación del Río Ameca). Se ha observado una tendencia relativamente clara en el sentido del crecimiento de las grietas, ya que se han identificado nuevas viviendas con grietas al sureste de la población. La zona que va de la calle de La Flores, al sur, hasta Independencia, al norte, pudiera ser la zona de mayor afectación. La grieta principal, paralela a la calle de Toluquilla, ha presentado un crecimiento al sur, lo que ha afectado a construcciones en el centro de la población, a espaldas de la plaza y del templo. Recientemente se ha visto el crecimiento de nuevas fallas en la zona centro de la ciudad, donde se ha identificado un hundimiento de 15 cm en menos de nueve meses.

Definición preliminar de zonas de alto peligro

La zona urbana de Ameca se ha dividido en 10 cuadrantes, los que representan algunos rasgos homogéneos (aquí no se consideran las características de las construcciones como un factor que participa en los daños).

Figura 4



Cuadrante I: daños por hundimientos diferenciales, por falla en eche-lon. Cuadrante II: daños por hundimientos por falla maestra. Cuadrante III: daños por hundimientos debido a cambios en las condiciones de la columna litoestratigráfica. Cuadrante IV: daños por hundimientos por fallas y fugas en la red de agua potable. Cuadrante V: daños asociados a las características del suelo. Cuadrante VI: daños asociados a fallas. Cuadrante VII: daños asociados a fallas y tipo de suelo. Cuadrante VIII: daños asociados a grietas sísmicas. Cuadrante IX: daños asociados a fallas. Cuadrante X: daños asociados con hundimientos controlados por fallas.

Vulnerabilidad

El crecimiento poblacional y urbano en el municipio de Ameca se ha caracterizado por su desequilibrio, esto debido a la falta de políticas de desarrollo adecuadas y racionales, que generen una urbanización planificada e integrada con el medio ambiente.

Desde hace varios años, el área de estudio presenta el problema de las grietas y los hundimientos. Un considerable número de viviendas se encuentran expuestas a la acción de eventos peligrosos, y sus habitantes pueden sufrir, en consecuencia, pérdidas en su vivienda, bienes e incluso sus vidas.

El número de viviendas dañadas, así como la población que en ellas habita hacen necesario y obligatorio un estudio de riesgos enfocado en la vulnerabilidad social y en las amenazas naturales. Con dicho estudio se generarán las condiciones mínimas necesarias para la implementación de políticas, planes y proyectos que dirijan el crecimiento urbano del municipio de Ameca, poniendo énfasis especial en la construcción de viviendas seguras.

El estudio de riesgo hace necesario e imprescindible el estudio de la vulnerabilidad, entendida ésta como las con-

diciones de la población de sufrir una pérdida o de resultar afectada por la materialización de una amenaza y la incapacidad para recuperarse de los efectos de un desastres (Zilbert Soto, 1998).

Para determinar el grado de vulnerabilidad de la población de Ameca se analizan varios factores de vulnerabilidad; ecológicos o ambientales, económicos, físicos, sociales, educativos y políticos. El análisis de la vulnerabilidad global nos permitirá identificar los puntos críticos de la ciudad y la vulnerabilidad de su población. A partir de ello, se tendrán las condiciones adecuadas para construir los proyectos y programas tendientes a reducir y mitigar los riesgos.

Sobre la zona de estudio

La cabecera municipal registra una diversidad de usos del suelo y actividades urbanas, donde predomina el uso habitacional, que en buena medida se han visto afectadas por los hundimientos registrados. Por tal motivo, lo que se busca dentro de este análisis de vulnerabilidad, entre otras cosas, es identificar el grado de exposición de las personas y bienes frente al peligro de los hundimientos. Para ello se ha considerado primordial dar respuesta a tres interrogantes: ¿qué puede ser afectado?, ¿cómo puede ser afectado? y ¿cómo se eliminarán o reducirán los niveles de riesgo?

¿Qué puede ser afectado?

El inventario (casa por casa) que hasta la fecha se ha realizado abarca 40 por ciento de la cabecera municipal; alrededor de 1 000 viviendas presentan problemas de grietas, y unas 5 000 personas se encuentran expuestas a algún grado de riesgo.

¿Cómo puede ser afectado?

Anteriormente se habló sobre las posibles consecuencias de un desastre debido a la presencia de algún fenómeno natural peligroso. En este apartado nos referiremos a las causas y actores sociales que han dado lugar a la conformación de zonas de riesgo.

1. En el municipio existe una enorme brecha entre las responsabilidades que se deberían asumir y los recursos (económicos, técnicos, humanos) disponibles. En la práctica, las anteriores administraciones se limitaron a tratar de garantizar en el corto plazo algunos servicios públicos básicos; dejando de lado actividades de mediano y largo plazo: planificación del desarrollo, regulación de usos del suelo, gestión del riesgo y, en general, la gestión de la sostenibilidad en todo el sentido del término.

2. Desde hace dos años, cuando se inició el estudio de riesgos en el municipio de Ameca, se encontraron algunos obstáculos que han impedido su desarrollo y conclusión, pero que además han imposibilitado que el municipio asuma plenamente su papel autónomo, como célula básica de la gestión de lo público, y nos referimos a: la alta rotación y poca capacitación de sus funcionarios, limitaciones presupuestales, dificultades normativa y de trámites, vicios burocráticos y visión de corto plazo.

3. Sin embargo, bajo el actual gobierno municipal la tendencia indica la búsqueda de un fortalecimiento local y una participación activa de la población. Esto necesariamente requiere del apoyo incondicional e inmediato de los otros niveles de gobierno, con el objetivo de fortalecer la autonomía y la capacidad de acción y decisión del municipio.

¿Cómo se eliminarán o reducirán los niveles de riesgo?

Un desastre representa elevados costos en términos sociales, demográficos, económicos y políticos. En esencia, un desastre es una crisis social. Si bien es cierto que no se tiene la capacidad de prevenir los fenómenos físicos, sí podemos construir los escenarios y las condiciones adecuadas para poder mitigar el impacto de estos eventos a través de una preparación adecuada. Aquí valdría la pena preguntarse si el municipio está preparado para enfrentar un eventual desastre, ¿qué actividades, prácticas, interacciones, relaciones, etc. se han planeado o realizado a corto o largo plazo, dirigidas a mejorar el patrón de respuesta durante el impacto de un desastre?

La preparación para eliminar, reducir o mitigar los riesgos inicia con la elaboración de mapas de riesgos, lo que incluye los mapas de amenazas y vulnerabilidad. Éstos constituyen una herramienta de gran utilidad, ya que sirven para la elaboración y ejecución de políticas públicas para la población más necesitada; asimismo, permiten obtener información y un diagnóstico de los riesgos. Además, en el ámbito de la planeación territorial, sirven de base para definir el *plan de desarrollo* y tomar decisiones en aspectos tales como:

- Definir zonas de expansión urbana.
- Determinación sobre los usos del suelo.
- Formulación e integración de programas de prevención y mitigación.
- Elaborar las políticas de ordenamiento y reordenamiento territorial

Conclusiones

La población de Ameca está siendo afectada por un conjunto

de fallas y hundimientos diferenciales. El problema se ha acentuado a partir de los últimos tres años. Generalmente, este tipo de fenómenos se relacionan con actividades como extracción de agua en los acuíferos, lo que produce la reactivación por *creeping* del sistema de fallas preexistentes.

Los hundimientos siguen un patrón estructural en sentido NO-SE, aunque existen otros patrones menores E-O. El bloque hundido siempre corresponde con el que está en el sur.

Los hundimientos más antiguos corresponden a la década de 1980, misma fecha que se ha presentado en otras ciudades como Morelia. Actualmente, se está presentando un crecimiento de las grietas de Ameca en sentido Noroeste-Sureste. Existen algunas zonas críticas en las que se han medido hundimientos de más de 15 cm.

La magnitud del daño ha hecho necesario que se identifiquen las viviendas con mayor daño, así como las zonas más activas, con el objeto de establecer una política inmediata de reubicación, con el fin de no exponer a la población a sufrir daños por colapsos de su vivienda.

Por último, queremos resaltar que el propósito principal de esta publicación es recordar a los gobiernos e instituciones encargadas de la protección y seguridad de la sociedad que una modesta pero sostenida inversión en la reducción de desastres en regiones de otros países ha salvado, y continuará salvando, una gran cantidad de vidas, evitando tragedias que de otro modo consumirían mayores recursos en términos de asistencia humanitaria.

Glosario

Arenisca: Roca sedimentaria compactada por un proceso de litificación.

Basculamiento: Inclinación de las capas geológicas, producto de movimientos tectónicos.

Bloque hundido: Estructura geológica originada por los movimientos tectónicos, corresponde con el piso del graben, generalmente es una zona topográficamente baja.

Bloque levantado: Estructura geológica originada por movimientos tectónicos. Corresponde con la parte topográficamente levantada.

Conglomerado: Roca compuesta por fragmentos redondeados, inmerso en una matriz de arenas o limos de naturaleza volcánica o fluvial.

Creeping: V. Falla-fluencia.

Cretácico tardío: Periodo geológico de la era mesozoica.

Depresión: Zona topográficamente baja, puede ser de naturaleza tectónica (goben), erosiva o cárstica (dolinas, cenotes, etcétera).

Escarpe: Desnivel topográfico con valores de pendiente superior a los 25°.

Fallas escalonadas: Sistema de fallas paralelas que delimitan un conjunto de bloques tectónicos. Se localizan en zonas como los bordes de los grabens, etcétera.

Falla-fluencia: Fenómeno que se ha estado presentado en zonas donde existe una fuerte extracción de agua del acuífero regional, lo que reactiva sistemas de fallas y genera nuevas fracturas debido a la subsidencia del paquete de rocas.

Fluvio-lacustre: Material sedimentario depositado en ambientes donde se combina el agua tanto de los escurrimientos como de lagos y lagunas.

Fosa tectónica asimétrica: V. Medio graben.

Graben: Depresión topográfica de origen tectónico, delimitado por un conjunto de fallas.

Hidrocompactación: Fenómeno de subsidencia de las capas geológicas (compactación) producto de la pérdida de agua, generalmente asociado con la extracción de agua del acuífero.

Intrusivo granítico: Un tipo de roca de características intrusivas, es decir se inyecta el material en las capas geológicas, su textura es granular.

Semi-graben: Depresión topográfica en donde no existe correspondencia geométrica entre sus límites, esto debido a que las fallas de los bordes no tienen las mismas características geométricas.

Mesoformas: Forma geomorfológica de dimensiones que van de los 5 m a los 50 m.

Piedemonte: Unidad geomorfológica, que se localiza entre el valle y la vertiente montañosa.

Zonas del pilar: V. Bloque levantado.

Notas

¹ Sistema de fallas paralelas.

Bibliografía

Atwater, T., "Implications of plate tectonics for the Cenozoic tectonic evolution of western North America", en *Geol. Soc. Am. Bull.*, 1970, núm. 81, pp. 3513-3536.

- Bourgeois, J., V. Renard, J. Aubouin, W. Bandy, E. Barrier, T. Calmus, J.-C. Carfantan, J. Guerrero, J. Mammerickx, B. Mercier De Lepinay, F. Michaud y M. Sosson, "Active fragmentation of the North American plate: Offshore boundary of the Jalisco Block off Manzanillo", en *C.R. Acad. Sci. Paris*, 1988, serie II, núm. 307, pp. 1121-1130.
- Delgado Granados, H., "Correlación entre la evolución de los elementos tectónicos en el occidente de México y la evolución de la parte occidental de la FVTM durante los últimos 10 Ma", en *Reunión Anual 1991, UGM*, Puerto Vallarta, 1991, resumen, p. 18.
- y J. Urrutia Fucugauchi, "Tectónica cuaternaria en la región del lago de Chapala", en *Resúmenes de la VII Convención Nacional, Soc. Geol. Mex.*, 1986, pp. 18-19.
- De Metz, C. y S. Stein, "Present-day kinematics of the Rivera plate and implications for tectonics in southwestern Mexico", en *J. Geophys. Res.*, 1990, núm. 95, pp. 21931-21948.
- Garduño-Monroy, V. H., G. M. Rodríguez-Torres, I. Israel-Alcántara, E. Arraigue, P. Canuto y S. Tiesa, "Efecto del clima (El Niño) en los fenómenos de fluencia de las fallas geológicas de la Ciudad de Morelia", en *Revista GEOS*, 1999, época II, Vol. 19, núm. 2.
- Gustily, R. G., y W. Junky, "Possible right-lateral strike slip beneath the Trans-Mexican Volcanic Belt in the State of Nayarit, Mexico, Transactions of the Second San Andreas Fault Conference", en *Stanford Univ. Publ., Geological Sciences*, 1973, v. XIII, pp. 171-180.
- González-Partida, Eduardo y Raymundo Martínez-Serrano, "Geocronología, termocronometría e isotopía de azufre y carbono de la brecha cuprífera La Sorpresa, Estado de Jalisco", en *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 1989, vol. 8, núm. 2.
- Grajales-Nishimura, M. y M. López-Infanzón, "Estudio petrogenético de las rocas ígneas y metamórficas del Prospecto Tomatlán-Guerrero-Jalisco", en *Inst. Mex. Petrol. (IMP) Open-File Rep. C-1160*, 1983.
- Luhr, J. F., S. A. Nelson, J. F. Allan e I. S. E. Carmichael, "Active rifting in Southwestern Mexico: manifestations of an incipient eastward spreading-ridge jump", en *Geology*, 1985, núm. 13, pp. 54-57.
- Mammerickx, J. y K. Klitgord, "Northern East Pacific Rise: Evolution from 25 m.y. B.P. to the present", en *J. Geophys. Res.*, 1982, núm. 87, pp. 6751-6759.