

**APLICACIÓN DE LA FOTOGRAMETRÍA DIGITAL AL ESTUDIO DE LOS GLACIARES: UNA METODOLOGÍA ÚTIL PARA LA MEDICIÓN DE PROCESOS MORFODINÁMICOS**

Julio Miranda P. y H. Delgado Granados  
 Instituto de Geofísica, UNAM  
 Circuito Exterior, C.U., Coyoacán, 04510, México, D.F.

Existen numerosos procesos morfodinámicos con cambios en el término de horas o días, cuya medición requiere de metodologías precisas, rápidas y confiables. Entre estos procesos se encuentran los crecimientos de domos de lava en volcanes o el movimiento y cambios glaciales. En algunos de estos casos, su evaluación es difícil dada la peligrosidad de los fenómenos, por lo que es necesario recurrir a métodos remotos. La evaluación de estos procesos debe llevarse a cabo de manera rápida y precisa dada su aplicabilidad, pues algunos de ellos contribuyen a la toma de decisiones para la protección civil.

La fotogrametría es una técnica que ayuda a obtener información cuantitativa y cualitativa a partir del procesamiento de fotografías aéreas, permite eliminar desplazamientos y distorsiones generadas durante el proceso de toma de fotografías. En la actualidad, mediante software especializado, la fotogrametría puede realizarse en computadoras personales para la generación de ortofotos y modelos digitales de elevación (MDE). De esta manera, las herramientas son menos voluminosas, más económicas y rápidas, sin perder precisión.

El monitoreo de glaciares se puede llevar a cabo aplicando la fotogrametría digital usando paquetería como OrthoEngine® (PCI Geomatics) basada en el procesamiento de fotografías aéreas a partir de su transformación a formato digital. Para ello, al utilizar las fotografías aéreas, se requiere ausencia de nubes meteorológicas o eruptivas, que los glaciares no estén cubiertos por nieve estacional, escala adecuada, entre otras. Particularmente fundamentales son los datos fiduciales de las fotografías (tipo de cámara, coordenadas fiduciales, distancia focal, fecha de calibración, etc.), que se encuentran en el reporte de calibración de la cámara y que es necesario solicitar al proveedor de aerofotografías.

También es importante considerar el tipo de material fotográfico (positivos o papel) y de ahí el tipo de escáner a emplear. Existen dos posibilidades: fotogramétrico o normal. Los escáneres fotogramétricos poseen una elevada resolución pero requieren del positivo de las fotografías, lo cual no siempre es posible. Escanear fotografías aéreas con un escáner normal introduce pequeñas deformaciones, despreciables dependiendo de la precisión deseada o el error aceptable.

Los puntos de control del terreno (PCT) son datos vitales para la exactitud en georeferenciación de las imágenes y precisión de los productos generados (ortofotos y MDE). La inadecuada localización de los PCT en las imágenes o errores en su colección en el campo producen errores residuales inaceptables.

La aplicación de esta metodología al inventario glacial del volcán Popocatepetl hace posible la documentación de la extinción de sus glaciares.

**ZONIFICACIÓN DE RIESGOS POR INUNDACIÓN, HUNDIMIENTOS Y VERTIENTES INESTABLES EN LOS MUNICIPIOS DE GUADALAJARA, TONALA Y TLAQUEPAQUE, JALISCO**

Carlos Suárez Plascencia<sup>1</sup>, Francisco J. Nuñez Cornú<sup>2</sup>, José Luis García Puga<sup>2</sup> y Gustavo Saavedra de la Cruz<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> Depto. de Geografía y Ordenación Territorial, CUCSH, Universidad de Guadalajara

La Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) ha presentado una constante urbanización desde el año de 1990. En este proceso se ha significado que los municipios de Guadalajara, Tonalá y Tlaquepaque presenten diferente crecimiento en su superficie en el periodo 1990-2000, el cual se muestran en el siguiente cuadro:

Municipio	Superficie urbanizada hasta 1990	Superficie urbanizada 1990-1995	Superficie urbanizada 1995-2000	T. de C. de 10 años
Guadalajara	114.32 km <sup>2</sup>	20.26 km <sup>2</sup>	3.93 km <sup>2</sup>	21.15%
Tlaquepaque	20.8 km <sup>2</sup>	19.86 km <sup>2</sup>	6.29 km <sup>2</sup>	125.72%
Tonalá	3.8 km <sup>2</sup>	14.72 km <sup>2</sup>	12.58 km <sup>2</sup>	720.31%

Como se observa los municipios de Tlaquepaque y Tonalá presentan una alta de urbanización de su territorio, en tanto que el municipio de Guadalajara su crecimiento ha sido mínimo, dado que su territorio ha sido casi totalmente urbanizado en décadas anteriores. Esta agresiva urbanización de los municipios de Tonalá y Tlaquepaque ha traído como consecuencia una importante alteración de su morfología, la hidrografía y la cubierta vegetal, lo que se ha traducido en un incremento de inundaciones, hundimientos, caída de rocas y remoción de materiales en vertientes inestables.

La geología superficial de la ZMG se forma por una secuencia pumítica de espesor variable (120 m al poniente y desaparece al poniente en el municipio de Tonalá) derivada de la actividad efusiva de la Sierra de la Primavera, cuya actividad más reciente fue fechada por Mahood (1980) en 12,000 años. Esta secuencia se encuentra interdigitada con materiales fluvio-lacustres que se aprecian en formas de lentes y que se aprecian en las 38 secciones de mecánica de suelos efectuadas en diferentes áreas de la ZMG. Está secuencia sobreyace a rocas de composición basáltico-andesítica plio-cuaternaria; La litología descrita genera una superficie impermeable que genera una serie de flujos de agua subterránea con dirección SW-NE, que junto con los estratos pumíticos se forman procesos de sofucción que forman huecos en el subsuelo. La existencia de una red de drenaje antigua y de poco diámetro en la ZMG aunado a la reducción de coeficiente de escurrimiento por efecto de la pavimentación de la ciudad, ello ha incrementado los problemas de inundaciones y de hundimientos. Ya que al tener una mayor captación de agua pluvial y al tratar de ser desalojada por la red de drenaje, este rápidamente es llenado, ocasionado que la superficie se inunde y algunas sección de la red se rompan y creen fugas que al poco tiempo forman huecos en el subsuelo y posteriormente hundimientos que se agravan en el temporal de lluvias (junio-octubre).

Finalmente, el crecimiento urbano hacia los bordes australes de la depresión tectónico-erosiva llamada "Barranca de Oblatos" y los cerros del Tesoro, Santa María, Cerro del Cuatro y La Reina, ha

generado alteración de su morfología y desaparición de la cubierta vegetal, lo que genera durante el temporal de lluvias, importantes arrastres de arenas y rocas, que afectan a las áreas bajas y la infraestructura.

GEOM-03

### **ESTRUCTURAS NEOTECTÓNICAS DEL RELIEVE OROGÈNICO DEL SURESTE DE MÈXICO**

Alfredo Cervantes Sánchez

Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias,  
Universidad Autónoma de Tamaulipas

Una serie de grandes estructuras neotectónicas, características de paisajes montañosos, se distingue en el relieve del sureste de México. Dichas estructuras se manifiestan en forma de levantamientos y hundimientos relativos. Con respecto a la zona de debilidad transcontinental Tehuantepec se agrupan en dos regiones: occidental y oriental, bordeadas por las planicies costeras del Golfo de México y del Océano Pacífico, además de las estructuras de transición plataforma y cuenca del Golfo de México y plataforma, talud y fosa del Pacífico. La región occidental está constituida por la Sierra de Juárez, el Levantamiento Mixteco y la Sierra Madre del Sur, y por las cuencas del Balsas, Tehuacan y Oaxaca. La región oriental la forman tres estructuras orogénicas principales; el Macizo de Chiapas, la Cuenca Angostura y la Sierra de Chiapas. La amplitud de los movimientos verticales para los levantamientos es mayor de los 3000 m y para las cuencas de 1000 a 2000 m. Las estructuras se desarrollaron sobre complejos litoestructurales precenozoicos de diferente edad, composición y génesis. Heredaron de dichos complejos la orientación NW-SE. Su estructura externa es en bloque y arco bloque, y está determinada por movimientos diferenciales a través de fallas. Se definen siete sistemas de fallas: NW10-30°SE, NW50-60°SE, NE10-20°SW, NE45-50°SW, latitudinal, sublatitudinal y meridional. Estos sistemas controlan la orientación, configuración, zonificación e hipsometría de las estructuras neotectónicas.

GEOM-04

### **LATE QUATERNARY CLIMATE CHANGE AND TECTONIC CONTROLS ON ALLUVIAL FAN ARCHITECTURE OF THE PLAYA EL FRESNAL REGION, NORTH CHIHUAHUAN DESERT, MEXICO**

Ortega-Ramírez, J.<sup>1</sup>, Maillol, J.M.<sup>2</sup>, Bandy, W.<sup>1</sup>, Valiente-Banuet, A.<sup>3</sup>, Urrutia-Fucugauchi, J.<sup>1</sup>, and Martínez-Estrella, F.J.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geofísica, UNAM, México, D.F.

<sup>2</sup> Department of Geology and Geophysics, University of Calgary, Calgary, Canada

<sup>3</sup> Instituto de Ecología, UNAM, México, D.F.

<sup>4</sup> ESIA, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F.

The Playa El Fresnal area is a tilted terrane with characteristic of an extensional basin, that is, a half-graben/tilted-block system with a playa-lake situated in the basin floor, and flanking by piedmonts classified as alluvial fans. Extensional tectonism produced structural heterogeneities within normal faults zones and influences the geomorphic expression of the uplifted footwall blocks and associated volcanism, and the down-dropped hanging wall. The footwall area is the main sediment source although, due to asymmetrical nature of the basin, the hanging wall-derived sediment

is spatially more extensive. Numerous short, steep drainage catchments in the footwall mountains constructed a bajada of small alluvial fans while a very much longer, larger and more gently sloping catchments are common in the hanging wall area. Alluvial fans react to tilting by becoming segmented, thus in the former, the ancient alluvial fan are in the distal part, whereas in the latter, these surfaces are located in the apex.

The effects of surface tilting give rise also to marked basin-wide variation. The northern and southeastern areas show evidence for basinward progradation of foot-wall sourced uncoalesced alluvial fan deposits whereas the eastern and southwestern hanging-wall sourced fan are commonly coalesced and extended radially. Moreover in the distal sector coppice dunes show that this downlifted block has been for a long time inactive. Fan growth was coincident with a proposed late Quaternary climatic shift that may have increased the sediment flux out of the transverse catchment. Three alluvial fan located on the footwall slopes were formed during this time and are consistent with the main climatic changes registered in the paleolake stratigraphy of the northern Mexico and the American Southwest. These alluvial fans consist mainly of debris flow deposits formed by flash floods probably triggered by a change from relatively moist to arid conditions. These water-laid facies contrast with the typically lower-flow-regime thick-bedded, cross-bedded and lenticular channel facies, and associated floodplain sequences of rivers.

GEOM-05

### **TERRAZAS GEOLÓGICAS ADAPTADAS COMO TERRAZAS ARQUEOLÓGICAS**

Oscar Hugo Jiménez

Dirección de Estudios Arqueológicos, INAH

A partir de un estudio geomorfológico, actualmente en curso, sobre una secuencia volcánica compuesta principalmente de intercalaciones de flujos piroclásticos y algunas lavas, que fueron emplazados durante el Plioceno en las inmediaciones septentrionales de Villa del Carbón, Estado de México, ha sido posible caracterizar un conjunto de terrazas de origen geológico. Estas terrazas erosivas son el resultado de procesos fluviales que han actuado sobre la serie volcánica, la cual tiene una posición semi-horizontal y se encuentra afectada por varios sistemas de fracturamiento a nivel local y regional. El resultado morfológico consiste en elevaciones largas y estrechas con laderas pronunciadas que dan lugar a un relieve en forma de mesetas alargadas de origen denudatorio con dimensiones entre 500 metros y un kilómetro de ancho, entre cinco y ocho kilómetros de largo, y alturas variables entre 200 y 300 metros, aproximadamente. Dichas mesetas, denominadas "lengüetas", conforman un relieve topográfico en gradas y son esculpidas por un sistema de ríos y arroyos que muestran un patrón general de drenaje de tipo subparalelo a dendrítico. La orientación general de las "lengüetas" es en la dirección NNE, orientación que siguen las corrientes de agua principales al igual que los emplazamientos de los flujos volcánicos. Varias porciones de las terrazas geológicas fueron aprovechadas como terrazas de cultivo y zonas de habitación por los antiguos habitantes prehispánicos. El aprovechamiento del relieve superficial consistió en adoptar, primero, la topografía natural de gradas y escalones, particularmente en sectores de los bordes y cimas de las "lengüetas" y, luego, en modificar o adaptar sus dimensiones acondicionando formas y utilizando materiales provenientes de la erosión y de suelos derivados de la alteración local. Las nuevas

terrazas de acumulación artificial, con dimensiones variables de decenas de metros, fueron en su mayoría bordeadas por muros de retención de uno a tres metros de altura, en promedio. Las terrazas arqueológicas son un ejemplo claro del manejo y aprovechamiento del relieve natural del terreno por parte de los antiguos pobladores prehispánicos.

GEOM-06

## **NATURALEZA DEL POTENCIAL ENERGÉTICO EN CAÍDA DE ROCAS**

Yahir G. García López y Carlos Mortera Gutierrez  
Instituto de Geofísica, UNAM

La repentina caída de rocas es uno de los tipos de procesos de ladera de gran interés por su poco entendimiento en la dinámica energética, su repentina cinemática de desprendimiento y su etapa evolutiva. Típicamente estos procesos ocurren por efecto de la gravedad y sin requerir un medio de transporte como el agua, el aire o el hielo. Actualmente, el acelerado desarrollo de modelos -para inferir sus consecuencias a zonas de alto riesgo- y nuevos métodos de análisis computacionales de estos procesos, se han limitado al cálculo de las trayectorias durante su caída. Generalmente el desprendimiento de material rocoso ocurre en pendientes de fuerte inclinación a manera de caída libre. Posterior al evento de desprendimiento, los materiales pueden realizar diversos procesos cinemáticos en función del tipo de material rocoso y de las pendientes del terreno por donde se canalizan las trayectorias de caída. Teóricamente la ocurrencia de estos movimientos implica la transformación de energía en función de la dinámica y magnitud del proceso. Sin embargo, los mecanismos para cuantificar la Energía Total involucrada en dichos procesos aun no han sido desarrollados claramente. Hoy en día, la falta de datos obtenidos con base a mediciones realizadas en campo es una de las limitantes en el estudio de estos procesos en México. En este trabajo, la caída de rocas es analizada teóricamente antes y durante el desprendimiento. El análisis genético de la dinámica de la caída de rocas es desarrollado de manera más extensa. Finalmente, proponemos el factor  $W_o$  (Trabajo) durante el proceso y es modelado para la teórica predicción de dichos procesos.