



e-Gnosis

E-ISSN: 1665-5745

e-gnosis@cencar.udg.mx

Universidad de Guadalajara

México

Cuanalo C., Oscar A.; Quezada P., Paúl; Aguilar M., Araceli; Olivan R., Alejandra M.; Barona D.,  
Edgar

Sismos y lluvias, factores detonantes de deslizamientos de laderas en las regiones montañosas de  
Puebla, México  
e-Gnosis, núm. 4, 2006, p. 0  
Universidad de Guadalajara  
Guadalajara, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73000413>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en [redalyc.org](http://redalyc.org)

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## **SISMOS Y LLUVIAS, FACTORES DETONANTES DE DESLIZAMIENTOS DE LADERAS EN LAS REGIONES MONTAÑOSAS DE PUEBLA, MÉXICO**

### **EARTHQUAKES AND RAINFALLS, TRIGGERS FACTORS OF LANDSLIDES AT THE MOUNTAIN RANGE OF PUEBLA, MEXICO**

Oscar A. Cuanalo C.<sup>1</sup>, Paúl Quezada P.<sup>2</sup>, Araceli Aguilar M.<sup>1</sup>, Alejandra M. Olivan R.<sup>3</sup>, Edgar Barona D.<sup>1</sup>

[andrescu@siu.buap.mx](mailto:andrescu@siu.buap.mx) / [paul\\_quezada@yahoo.com.mx](mailto:paul_quezada@yahoo.com.mx) / [araceli.aguilar@fi.buap.mx](mailto:araceli.aguilar@fi.buap.mx) / [alemany@yahoo.com](mailto:alemany@yahoo.com) / [edgarbarona@puebla.megared.net.mx](mailto:edgarbarona@puebla.megared.net.mx)

Recibido: enero 17, 2006 / Aceptado: agosto 21, 2006 / Publicado: agosto 29, 2006

**RESUMEN:** El estado de Puebla ubicado en el centro de la República Mexicana, se ve afectado por sismos producto de la actividad a lo largo del Cinturón Volcánico Mexicano que tienen impacto en el centro y sur del estado, además de lluvias intensas en las regiones montañosas ubicadas al Norte y Nororiente del mismo, originadas por los huracanes y tormentas tropicales procedentes del Golfo de México. El escenario anterior ofrece peculiaridades de tipo geomorfológico y meteorológico que han desencadenado deslizamientos de laderas, los cuales han causado considerables daños económicos y lamentables pérdidas humanas. En este artículo se describe brevemente las características geomorfológicas del estado de Puebla, considerando su clima, el cual tiene impacto en la meteorización de las rocas que conforman la región montañosa; además se incluye su historia sismológica en los últimos 100 años, para eventos mayores de 6° Richter, y las lluvias torrenciales de 1999 y 2005 que han desencadenado deslizamientos de laderas.

**PALABRAS CLAVE:** Movimientos del terreno, tormentas tropicales, sierra Norte y Nororiental del estado de Puebla, actividad sísmica.

**ABSTRACT:** Puebla, a state situated in the center of the Mexican Republic is affected by seismic activity along the Mexican Volcanic Belt, that impacts the center and southern part of the state, also heavy rainfalls in the mountain range at North and Northern of the same one, originated by hurricanes and tropical storms from the Gulf of Mexico. Previous setting offers peculiarities of geomorphological and meteorological types that have triggered landslides and slope failures, which have caused serious damages with economic losses and unfortunately many human lives were lost. In this paper a brief description is done about geomorphological characteristics of Puebla, including its climate which has influence on the meteorological process of rocks; it includes the seismologic history since the last 100 years in events higher 6° Richter, and rainfalls at 1999 and 2005 which have triggered landslides.

**KEYWORDS:** Landslides, tropical storms, North and Northern ridge of Puebla, seismic activity.

### **1. Introducción**

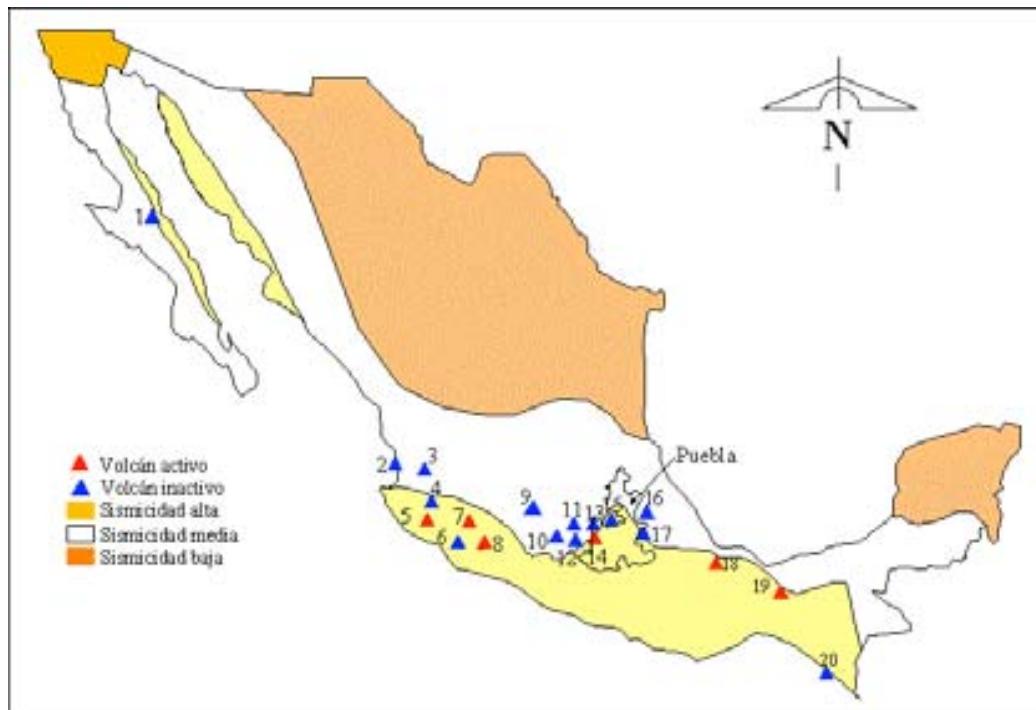
La morfología del territorio mexicano es en gran porcentaje de tipo montañoso, originada por movimientos tectónicos (subducción de la Placa de Cocos bajo la de América); el movimiento relativo entre estos dos bloques de corteza terrestre, ha originado los sismos más destructivos registrados en la costa occidental de México, que además induce vulcanismo intenso a lo largo del Cinturón Volcánico Mexicano (CVM) que cruza el centro del país de Este a Oeste ([Figura 1](#)), donde se ubican varios volcanes que han presentado

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Boulevard Valsequillo y Av. San Claudio, C.U., CP 72570, Puebla, Pue. [www.buap.mx](http://www.buap.mx)

<sup>2</sup> Becario de la Organización de los Estados Americanos

<sup>3</sup> Exbecario del CONACYT, Abraham Lincoln No. 149 Col. Vallarta Nte. CP. 44690 Guadalajara Jal. [www.conacyt.mx](http://www.conacyt.mx)

actividad en los últimos cien años: Fuego de Colina, Paricutín, Jorullo, Popocatépetl, San Martín Tuxtla y Chichonal [1].



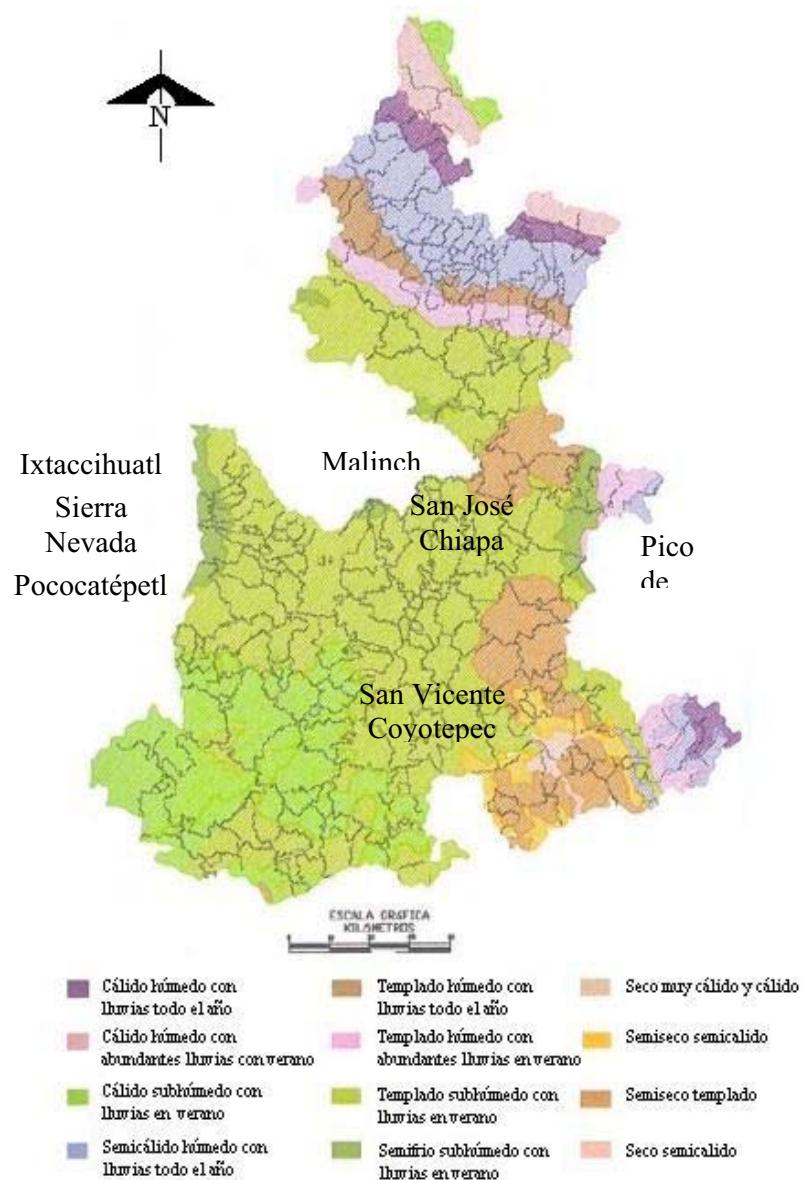
**Figura 1.** Zonas sísmicas y volcánicas de México. 1 Tres Vírgenes; 2 Sangangüey; 3 Tequila; 4 Nevado de Colima; 5 Volcán de Colima; 6 Tancítaro; 7 Paricutín; 8 Jorullo; 9 San Andrés; 10 Nevado de Toluca; 11 Xitle; 12 Ajusco; 13 Ixtaccíhuatl; 14 Popocatépetl; 15 La Malinche; 16 Cofre de Perote; 17 Pico de Orizaba 18 San Martín; 19 Chichonal; 20 Tacaná.

Por su parte, la cantidad de lluvia que recibe la República Mexicana, depende fundamentalmente de los aspectos físicos característicos que influyen en el clima, la latitud del lugar, el relieve, la extensión del continente y las corrientes marinas. El clima interviene tanto en los procesos condicionantes como en los desencadenantes de los deslizamientos, es la causa principal del intemperismo de las rocas que origina la formación de suelos residuales, además de brindar los elementos para que actúen los agentes de la erosión, principalmente el agua.

Los deslizamientos están asociados con mayor frecuencia a zonas con clima cálido húmedo y semihúmedo, en segundo término a zonas templadas y, finalmente, a las zonas áridas [2].

En el estado de Puebla encontramos una gran diversidad de climas, predominando fundamentalmente los climas templados que abarcan el 40.2 % de su superficie, donde la temperatura media anual varía de 12 a 18 °C y su precipitación total anual entre los 400 y los 3000 mm, se distribuyen desde el oriente de la Sierra Nevada hasta el occidente del Pico de Orizaba y de San José Chiapa a San Vicente Coyotepec, en dirección norte-sur (Figura. 2). En orden de importancia le siguen los climas cálidos que abarcan el 21.3 % de la superficie estatal, los cuales se localizan en el norte, noreste, y suroeste principalmente, con temperaturas medias anuales entre 22 y 26 °C y una precipitación total anual entre 1000 y 3000 mm; los climas semicálidos cubren el 18 % del territorio estatal, están situados entre los templados y los cálidos de las

zonas norte y centro-suroeste, en el norte la temperatura media anual fluctúa entre 12 y 24 °C y la precipitación total anual entre 1500 y 4500 mm, en la zona centro-suroeste la temperatura media anual es mayor a los 18°C y la precipitación total anual variable entre 600 y 1000 mm; los climas secos y semisecos ubicados al sur y suroeste del estado; los semifríos localizados fundamentalmente en las laderas de la Sierra Nevada, el Pico de Orizaba y la Malinche; y los fríos que ocupan las cumbres de la Sierra y los volcanes antes mencionados.



**Figura 2.** Climas del estado de Puebla.

## 2. Antecedentes geomorfológicos del estado de Puebla

El estado de Puebla, ubicado en el centro de la República Mexicana, se ve afectado en gran medida por sismos de mediana profundidad (menor a 100 Km.), producto de la actividad volcánica del CVM, este vulcanismo y la actividad tectónica dieron como resultado una geología muy variada, que está íntimamente ligada a su origen y proceso de formación, incluyendo rocas sedimentarias marinas de la era mesozoica como calizas, conglomerados, areniscas, lutitas y limonitas, estas rocas fueron intensamente plegadas durante el Cretácico-Paleoceno, formando la Sierra Madre Oriental cuyas características, entre otras, incluyen grandes fallas, intenso fracturamiento e inclinación de estratos ([Figura 3](#)). En la era Cenozoica, un evento volcánico emplazó rocas basálticas, andesíticas y tobas ignimbritas que cubrieron total o parcialmente a las rocas sedimentarias antes mencionadas; también aparecen en la entidad, al sur preferentemente, rocas metamórficas de tipo esquisto de la era Precámbrica que corresponden al basamento más antiguo de materiales existentes en el estado [\[3\]](#).

El escenario anterior ofrece peculiaridades de tipo geomorfológico que dan origen a una compleja problemática de movimientos del terreno que afectan a las regiones montañosas del estado de Puebla.



**Figura 3.** Morfología de la Sierra Madre Oriental.

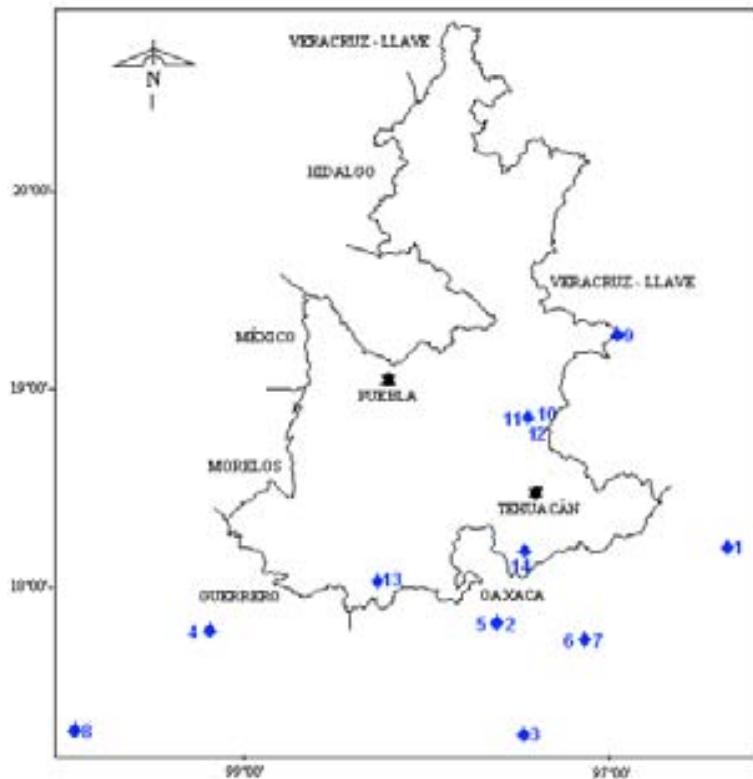
## 3. Sismicidad y deslizamiento de laderas en la mixteca Poblana

Los deslizamientos activados por sismos han causado grandes pérdidas humanas y económicas en varios países del mundo entre los que podemos mencionar Costa Rica (1888, 1911, 1912, 1924, 1952, 1955, 1973, 1983), China (1920), Perú (1970), Japón (1984), Tajikistán (1989), Filipinas (1990), Colombia (1994), El Salvador (2001), entre otros [\[4, 5, 6, 7, 8, 9\]](#).

Cuando se presenta un sismo se generan fuerzas iniciales dentro de la ladera, las cuales aumentan los esfuerzos cortantes actuantes en la superficie de deslizamiento, lo anterior puede provocar desprendimientos de bloques, deslizamientos, flujo de suelos y avalanchas, dependiendo de las características intrínsecas de la

ladera como son su topografía, el tipo y propiedades de las rocas, los suelos de cobertura superficial, el nivel freático y el tipo de vegetación, además de la magnitud del sismo y de la distancia al epicentro [10].

Los estudios sobre la actividad sísmica del estado de Puebla realizados por Figueroa 1974 han puesto de manifiesto que la zona de mayor actividad sísmica se encuentra en la parte sur del estado (entre 17.13°N y 18.69°N); la región central (entre 18.69°N y 19.5°N) presenta una sismicidad moderada, y en la parte norte (entre 19.5°N y 21°N) los movimientos son escasos.



**Figura 4.** Principales eventos sísmicos registrados en la Región Puebla, Veracruz-Oaxaca.

Los principales eventos sísmicos registrados en la región centro sur del estado, en el siglo pasado, se presentan gráficamente en la figura 4, los números de referencia de los sismos se enlistan en la Tabla 1; estos sismos son de profundidad media (60 a 100 km) y de magnitud mayor a 6 (escala de Richter), que han causado considerables daños a comunidades de los estados de Puebla, Veracruz y Oaxaca [11, 12, 13].

**Tabla 1.** Historia sismológica de la región Puebla-Veracruz-Oaxaca

● Evento	Día	Mes	Año	Latitud (°N)	Longitud (°O))	Prof. (Km)	Mag. Richter
1	03	02	1911	18.200	96.367	80	7.25
2	10	02	1928	17.850	97.633	100	7.70
3	05	06	1935	17.217	97.883	-	6.00
4	06	10	1937	17.783	99.167	-	7.20
5	11	10	1945	17.850	97.633	100	6.50
6	11	08	1948	17.750	97.100	100	6.50
7	24	05	1959	17.750	97.100	100	6.80
8	19	05	1962	17.300	99.433	-	6.50
9	04	01	1920	19.267	96.967	-	7.80
10	19	04	1920	18.817	97.467	80	6.70
11	26	07	1937	18.817	97.467	80	7.70
12	28	08	1973	18.817	97.467	70	6.75
13	24	10	1980	18.030	98.270	65	7.00
14	15	06	1999	18.200	97.470	92	6.70

El 15 de junio de 1999 se registró un sismo de magnitud 6.7 en escala de Richter, cuyo epicentro se ubicó en la comunidad de Zapotlán Salinas con coordenadas focales 18.20°N y 97.47°O, a una profundidad variable entre 60 a 80 km; la ciudad importante más próxima al epicentro es Tehuacán, ubicada al sur del estado de Puebla.

En la colonia Miguel Hidalgo municipio de Zapotlán de Salinas, localizada al sur del estado y limitando con el estado de Oaxaca (Figura 5), ocurrió un deslizamiento de laderas como consecuencia del evento antes mencionado, que la destruyó completamente.

La colonia Miguel Hidalgo se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas 18.13° de latitud norte y 97.58° de longitud oeste, el terreno presenta una morfología de tipo lomerío suave con una pendiente promedio de 12.2°, constituida por rocas sedimentarias tipo conglomerado donde se incluyen fragmentos grandes y chicos de roca, grava y arena, todos ellos empacados en una matriz limo-arcillosa de alta compresibilidad.

El 25 de octubre apareció una grieta de 450 m, después de 24 horas aumentó su tamaño en 4 cm, en tres días su ancho alcanzó los 32 cm y 6 m de profundidad; lo que originó un deslizamiento con un escarpe de 30 cm, el cual llegó a alcanzar los 100 m [14].

La falla de ladera que destruyó completamente la colonia Miguel Hidalgo, fue de tipo rotacional (típica de suelos cuyo comportamiento es gobernado por la fracción arcillosa) y posteriormente se produjo una componente traslacional; el deslizamiento se presentó en materiales relativamente secos, con un contenido de agua promedio del 5%, sus principales características fueron las siguientes [15]:

- Longitud: 838.50 m
- Ancho medio: 95.49 m
- Área: 583,168.60 m<sup>2</sup>
- Volumen movilizado: 8'817,508 m<sup>3</sup>
- Velocidad del movimiento: moderada a lenta, 16 cm/día (4.8 m/mes)
- Pendiente: 22°



**Figura 5.** Deslizamiento de laderas en la Colonia Miguel Hidalgo  
ocasionado por el sismo del 15 de junio de 1999.

#### 4. Lluvias y deslizamiento de laderas en las sierras norte y nororiental de Puebla

La lluvia es uno de los principales factores que afecta la estabilidad de laderas, muchos deslizamientos ocurren durante o después de los períodos de lluvia, además las áreas donde se registra mayor precipitación anual presentan mayores problemas de estabilidad debido entre otras cosas, a la existencia de caudales de flujo subterráneo y materiales más meteorizados que tienen incidencia en las propiedades geomecánicas del terreno. El efecto de la lluvia depende fundamentalmente de la intensidad, duración y distribución de la tormenta; Manzini M. y Rabuffetti D. [16], indican que el umbral de precipitación para que se presenten deslizamientos superficiales en laderas constituidas por suelos detríticos y coluviales, depende de la inclinación del talud, de la filtración y de la pérdida de cohesión aparente. La [tabla 2](#) tomada textualmente de González et al, indica los umbrales de precipitación que han desencadenado movimientos de ladera en varias partes del mundo [17].

**Tabla 2.** Umbrales de precipitación para desencadenamiento de movimientos de laderas.

<i>Tipo de movimiento y país</i>	<i>Intensidad horaria (I<sub>h</sub>)</i>	<i>Intensidad diaria (I<sub>d</sub>)</i>	<i>Precipitación acumulada</i>
<b><i>Movimientos de nueva generación</i></b>			
Hong Kong	> 40 mm	>50 mm	> 50 mm (15 días)
		> 100 mm	
Flujos de barro y tierra Japón		> 125 mm	> 182 mm (2 días)
Italia (toscana)		88 mm	260 mm (15 días)
			325 mm (30 días)
Brasil	60 mm	> 125 mm	0.4 Precipitación anual
			> 675 mm (3 días)
Flujos de derrubios Estados Unidos (California)			> 250 mm (3 días)
España	213 mm		52 mm durante el evento
Japón	20 mm		10-150 mm en el evento
Estados Unidos (California)			> 180 mm en el evento
Italia (Toscana)	143-153 mm		290-400 mm (15 días)
			360-450 mm (30 días)
Francia			> 300 mm (60 días)
España	205 mm		> 500 mm (3 días)
			476 mm (2 días)

	España	> 60 mm clima atlántico	>150 mm	> 300 mm (clima mediterráneo)																					
			>180 mm																						
				mediterráneo																					
<b><i>Reactivación o aceleración de movimientos</i></b>																									
<table border="0"> <tr> <td style="width: 20%;"></td> <td>Italia</td> <td>&gt; 520 mm (60 días)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>pequeños deslizamientos</td> </tr> <tr> <td style="width: 20%;"></td> <td>Diversos tipos de movimientos</td> <td>&gt; 900 mm (100 días)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Francia</td> <td>grandes deslizamientos</td> </tr> <tr> <td style="width: 20%;"></td> <td>España</td> <td>300 mm (90 días)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>España</td> <td>&gt; 250 mm (90 días)</td> </tr> <tr> <td style="width: 20%;"></td> <td>España</td> <td>320 mm (15 días)</td> </tr> </table>						Italia	> 520 mm (60 días)			pequeños deslizamientos		Diversos tipos de movimientos	> 900 mm (100 días)		Francia	grandes deslizamientos		España	300 mm (90 días)		España	> 250 mm (90 días)		España	320 mm (15 días)
	Italia	> 520 mm (60 días)																							
		pequeños deslizamientos																							
	Diversos tipos de movimientos	> 900 mm (100 días)																							
	Francia	grandes deslizamientos																							
	España	300 mm (90 días)																							
	España	> 250 mm (90 días)																							
	España	320 mm (15 días)																							

En el caso particular de México, en el año de 1999 gran parte del territorio nacional recibió fuertes precipitaciones pluviales originadas por las depresiones tropicales No. 11 y 14, causando serios daños e inundaciones a las ciudades de México y el Distrito Federal, Puebla, Hidalgo, Veracruz, Tabasco, Campeche y Chiapas, entre otras. En las regiones montañosas ubicadas al norte y nororiente del estado de Puebla se registraron lluvias extraordinarias del orden de 750 mm en tres días [18], que tuvieron un gran impacto en las cuencas pequeñas de esta zona, las cuales por su fisiografía son más sensibles y vulnerables a las lluvias de alta intensidad y corta duración. Adicionalmente, una parte importante de la lluvia se infiltró y saturó los suelos que cubren las formaciones rocosas de las montañas, los cuales suelen tener varios metros de espesor y donde crecen plantas y árboles, aumentando su peso por unidad de volumen y disminuyendo su resistencia, lo que provocó una gran cantidad de deslizamientos [19, 20].

Las lluvias torrenciales de octubre de 1999 causaron deslizamientos de laderas, rotacionales y traslacionales, flujos de suelos, derrumbes de rocas, erosión y represamiento de ríos [21]. Estos fenómenos geológicos han sido la causa de pérdidas humanas y económicas muy importantes, que han afectado a varios sectores sociales: vivienda, educación, salud, infraestructura y servicios, agua y saneamiento, energía eléctrica, transporte y comunicaciones, agropecuaria, pesca y forestal; los daños económicos originados por este desastre fueron evaluados en mas de 200 millones de dólares [22].

Entre los deslizamientos más importantes ocurridos en el estado de Puebla en ese año de 1999 podemos mencionar los siguientes ([figuras 6](#) y [7](#)):

- Zapotitlán de Méndez, ocurrió un deslizamiento de un volumen movido de aproximadamente 5 millones de metros cúbicos en una longitud total de 1.3 km, con pendientes mayores a los 45°, en material de tipo sedimentario e ígneo; el mecanismo fue una falla circular cerca de la base de la ladera y dos fallas planas que coincidieron con discontinuidades del macizo rocoso [23].

- Teziutlán, más de cien personas perdieron la vida en la colonia La Aurora por la ocurrencia de un flujo desencadenado por las lluvias extraordinarias, a pesar de que la pendiente del terreno era muy suave. La masa fallada presentó un movimiento con componente rotacional en la parte cercana a la corona, una componente traslacional a lo largo del cuerpo principal, por lo que se dice que su movimiento inicial tuvo un mecanismo de deslizamiento y posteriormente se convirtió en flujo [14, 24].

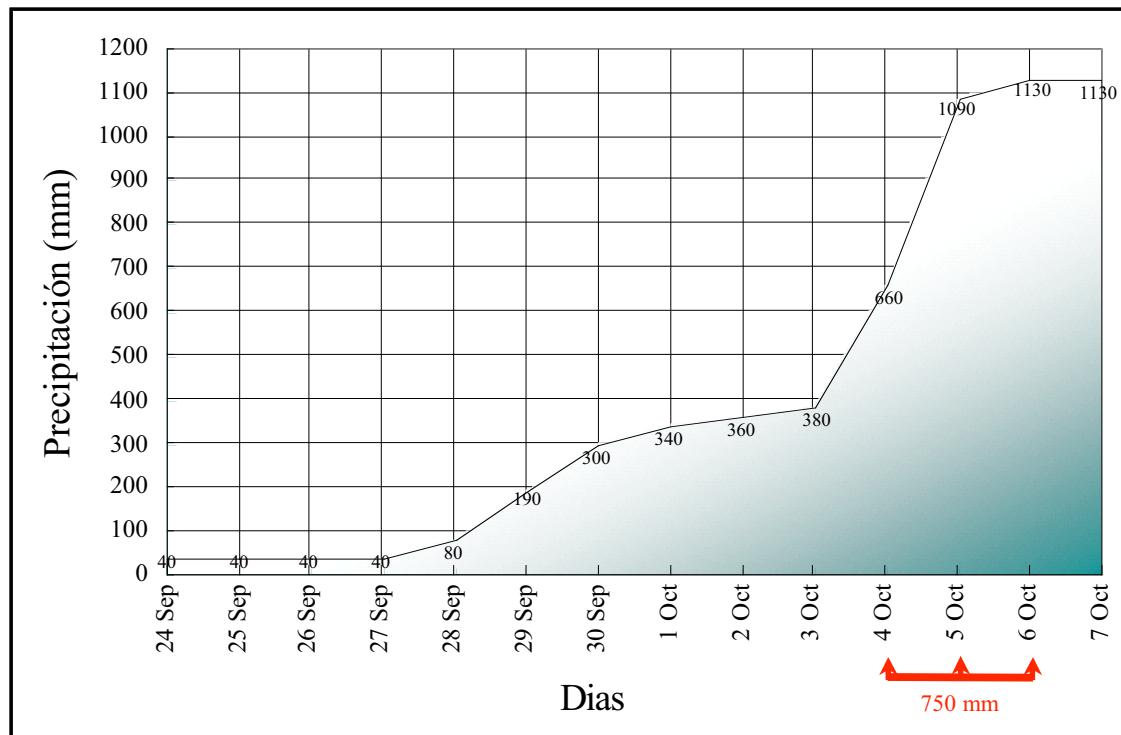


**Figura 6.** Deslizamiento translacional en Zapotitlán de Méndez, Puebla.



**Figura 7.** Deslizamiento de laderas en la colonia la Aurora de Teziutlán, Puebla.

En la figura 8 se presenta la gráfica de precipitación acumulada en los meses de septiembre-octubre de 1999, registrada en la región nororiental del territorio poblano [18], se aprecia que entre el 4 y 6 de octubre se precipitaron 750 mm de lluvia, valor que sobrepasa con mucho los 100 mm/día establecidos como el umbral que activa deslizamientos en nuestra región de interés [25].



**Figura 8.** Precipitación Pluvial en la Región Nororiental de Puebla, sep-oct 1999.

La zona más vulnerable en el estado de Puebla por el fenómeno de deslizamiento de laderas, corresponde a la región montañosa y puede afectar a 82 municipios, que representan el 38% aproximadamente del total de municipios [26].

Recientemente con el paso de los huracanes Stan y Wilma, que causaron serios daños a varios estados del sureste mexicano, las Sierras Norte y Nororiental del estado de Puebla, sufrieron inundaciones y deslizamientos de laderas afectando principalmente a los sectores de vivienda e infraestructura carretera, cuyos daños han sido estimados en varios cientos de millones de pesos. Dentro de los municipios afectados tenemos: Zacapoaxtla, Teziutlán, Huitzilan de Serdán, Zapotitlán de Méndez, Zongozotla, Ixtepec, Chignahuapan, Tetela de Ocampo, Tepetzintla, Tlatlauquitepec, Xochiapulco, Ahuacatlán, Amixtla, Ayotocoxo de Guerrero, Cuautempan, Cuetzalan, Cuyoaco, Francisco Z Mena, Huauchinango, Hueytamalco, Hueytalpan, Jonotla, Juan Galindo, los reyes de Juarez, Teteles de Ávila Castillo, Venustiano Carranza, Ajalpan, Chignahuapan, entre otros.

En el año 2005 las lluvias registradas alcanzaron valores superiores a los 100 mm de lluvia por día, que es el umbral de precipitación que activa deslizamientos de laderas en la región montañosa de Puebla [25]. En Acateno se registró un máximo de 158 mm el día 4 de octubre, en Ahuazotepec 107 mm ese mismo día, en

Chignauapan 100 mm el día 5 de octubre, en Cuetzalan 166, 305, 296 y 101 mm los días 3, 4, 5 y 6 de octubre respectivamente, en Huauchinango 116.5 mm, en la Soledad 250 y 201 mm los días 5 y 6 de octubre, en Necaxa 125 y 112 mm, en Oyameles 105 y 160 mm, entre otros.

En las regiones montañosas del territorio poblano existen muchas comunidades indígenas pertenecientes a grupos étnicos que habitan zonas clasificadas como de alta y muy alta marginación, cuyas características entre otras, incluyen localidades con menos de 2,500 habitantes, población analfabeta en gran porcentaje, ingresos económicos muy bajos, infraestructura social muy reducida y vivienda en condiciones de hacinamiento; en estos sitios los fenómenos naturales provocan verdaderos desastres ([Figura 9](#)).



[Figura 9.](#) Viviendas típicas de grupos étnicos de Puebla (Méjico)

## 5. Conclusiones

Los deslizamientos de grandes masas del terreno en taludes y laderas naturales se presentan con mayor frecuencia afectando a nuestro planeta, estos fenómenos al igual que los terremotos, inundaciones, erupciones volcánicas, tsunamis, avalanchas, etc., amplifican su intensidad por actividades humanas, causando considerables daños económicos, sociales y naturales. Lo anterior provoca que anualmente cientos de familias queden sin hogar y lo que es peor, que muchos seres humanos pierdan la vida, convirtiendo las regiones afectadas en verdaderos desastres.

En el caso particular de las regiones montañosas del estado de Puebla, donde existen comunidades habitadas por grupos étnicos, cuyas viviendas son construidas con materiales muy frágiles como lámina, cartón o madera, se han presentado deslizamientos de laderas activados por sismos y lluvias, causando en la mayoría de los casos considerables pérdidas económicas y humanas.

Los fenómenos geológicos de deslizamiento de laderas, se presentan en todos los países del mundo que tienen una morfología de tipo montañoso y escarpado, incluyendo Estados Unidos, Canadá, México, Centro y Sudamérica, Europa y Asia. En el caso particular de México, en las regiones montañosas de Puebla se han presentado deslizamientos de laderas activados por lluvias torrenciales y sismos, estos movimientos del terreno incluyen deslizamientos rotacionales y traslacionales, flujos de suelos, derrumbes de rocas, movimientos complejos y avalanchas, en su mayoría han afectado a diversos sectores sociales como vivienda, educación, comunicaciones y transportes, salud, agropecuario y forestal etc., ocasionando pérdidas económicas de varios miles de millones de pesos y también lamentables pérdidas humanas.

## Referencias

1. SEP, (1999). Atlas de México. <<http://www.elbalero.gob.mx/explora/html/atlas/home.html>> Consultado: 14 noviembre 2005.
2. Herrera-Castañeda S., (2002). Regionalización de los deslizamientos en México. *Academia de Ingeniería* [online], [http://www.ai.org.mx/revista/numero\\_tres/regionalizacion\\_de\\_los\\_deslizamientos\\_en\\_mexico.html](http://www.ai.org.mx/revista/numero_tres/regionalizacion_de_los_deslizamientos_en_mexico.html)> 15 junio 2006
3. Cuanalo-Campos O., Melgarejo-Palafox G. (2002). Inestabilidad de Laderas Sierra Norte y Nororiental del Estado de Puebla. *Elementos: Ciencia y Cultura* [online], Vol. 9, <<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=29404708&iCveNum=1877>> 3 noviembre 2005
4. Mora-Castro S., Diego-Morales L. Los sismos como fuente generadora de deslizamientos y su influencia sobre la infraestructura y líneas vitales de Costa Rica. [online], <[http://www.crid.or.cr/crid/CD\\_CNE/pdf/spa/\\_doc337/doc337-contenido.pdf](http://www.crid.or.cr/crid/CD_CNE/pdf/spa/_doc337/doc337-contenido.pdf)> 15 junio 2006
5. Plafker G., Ericken G., Fernández-Concha J. Geological aspects of the May 31, 1970, Perú earthquake. *U. S. Geological Survey* [online], <<http://Bssa.Geoscienceworld.Org/Cgi/Content/Abstract/61/3/543>> 15 junio 2006
6. USGS (13 octubre 1999). Earthquake and Rainfall Triggers Landslide and Lahar Mt. Ontake Volcano, Japan, September 14, 1984. *Volcano Hazards Program* [online], <<http://volcanoes.usgs.gov/Hazards/What/Lahars/OntakeLahar.html>> 20 junio 2006
7. USGS (20 junio 2002). Earthquake on June 6, 1994, Triggers Landslides and Catastrophic Lahar Near Nevado del Huila Volcano, Colombia *Volcano Hazards Program* [online], <<http://volcanoes.usgs.gov/Hazards/What/Lahars/HuilaLahar.html>> 20 junio 2006
8. Huez C., (abril 2004) Sismos en El Salvador 1900-2001: Contexto. Servicio Nacional de Servicios Territoriales, [online], <[www.snet.gob.sv/Riesgo/analisis/SISMOSALVADORyCA.pdf](http://www.snet.gob.sv/Riesgo/analisis/SISMOSALVADORyCA.pdf)> 21 junio 2006
9. Earthquake Damage – General [online], <[http://www.ngdc.noaa.gov/seg/hazard/slideset/1/1\\_thumbs.shtml](http://www.ngdc.noaa.gov/seg/hazard/slideset/1/1_thumbs.shtml)> 21 junio 2006
10. Kramer S. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*, Editorial Prentice Hall, New Jersey.
11. Figueroa J., (1974). Sismicidad en Puebla, Macrosismo del 28 de agosto de 1973. *Publicación No. 343 del Instituto de Ingeniería, UNAM*. México.
12. Yamamoto J., (1985). Terremotos: una rendija al Apocalipsis. *Revista de Geografía Universal* [online], Vol. 20. <<http://www.ssn.unam.mx/SSN/Doc/Yamamoto>> 5 noviembre 2005
13. Alcocer S., Aguilar G., Flores L., Durán R., López O., Pacheco M., Uribe C., Mendoza M., (1999). El Sismo de Tehuacán del 15 de Junio de 1999. México, SNPC, CGPC, CENAPRED (eds), 10-11. CENAPRED, México.
14. Alcántara I., Echavarría A., Gutiérrez C., Morales L., Noriega I., (2001). Inestabilidad de laderas. Serie fascículos 20-21.
15. Rocha-Canales E. Tesis de pregrado (2004). *Falla de ladera en la colonia Miguel Hidalgo, originada por el sismo del 15 de junio de 1999*. Facultad de Ingeniería de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México.
16. Manzini M. y Rabuffetti D. (2003). Sensitivity of rainfall thresholds triggering soil slip to soil hydraulic parameter an hillslope geometry. *International Conference on fast slope movements, prediction and prevention for risk mitigation Nápoles Italia. Volumen 1*. Bologna (eds) 349-355.
17. González L., Ferrer M., Ortúñoz L. y Oteo C. (2002). *Ingeniería Geológica*. Prentice Hall, España.
18. CNA, (2000). Evaluación de daños por inundaciones. *Reporte interno de la Gerencia de la Comisión Nacional del Agua*. México.
19. Cuanalo O., Aguilar A. y Melgarejo G. (2003). Pahuatlán landslides, Northern mountains of Puebla, México. *International conference on fast slope movements, prediction and prevention for risk mitigation. Nápoles Italia. Volumen 1*. Bologna, (eds) 119-123.
20. Cuanalo O., Pérez J., González C. y Hernández C. (2004). Necaxaltepelt Landslide, North Region of Puebla Mexico. *International Conference on Soil Nailing and Stability of Soil and Rock Engineering*. Nanjing, China, 67-72.
21. Zavala M. (2001). Masas inestables y rompimiento de presas naturales en la Sierra Madre Oriental, estados de Puebla y Veracruz, México. *III Simposio Panamericano de deslizamientos Volumen 2*. Cartagena, Colombia. 573-585.

22. Bitran D. y Reyes C. (2000). Evaluación del Impacto Económico de las Inundaciones ocurridas en Octubre de 1999 en el Estado de Puebla. *Informe técnico del Sistema Nacional de Prevención de Desastres* (CENAPRED).
23. Hernández-Mena Z., Herrera-Castañeda S. (2002) Estudio geológico y geotécnico del deslizamiento “Zapotitlán de Méndez”, ubicado en la sierra norte del estado de puebla. [online], <<http://www.ugm.org.mx/pdf/geos02-2/IGRGG02-2.pdf>> 5 diciembre 2005
24. Capra L., Lugo-Hubp J. (2002) Procesos de remoción en masa en la sierra norte de puebla, septiembre-octubre del 1999. [online] <<http://www.ugm.org.mx/pdf/geos02-2/IGRGG02-2.pdf>> 7 diciembre 2005
25. Cuanalo O. Tesis Doctoral (2004). *Metodología para la selección de procesos constructivos empleados en estabilizar deslizamientos de laderas*. Universidad Central Martha Abreu de las Villas, Cuba.
26. Atlas de Riesgos del Estado de Puebla, (Abril 2000) Secretaría de Gobernación, Sistema de Protección Civil. [online], <<http://www.sg.pue.gob.mx/proteccioncivil/documentos/atlaspuebla.pdf>> 22 junio 2006