



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

**BASE DE DATOS DE DESLIZAMIENTO OCASIONADOS  
POR SISMO Y LLUVIAS Y SU REPRESENTACIÓN  
UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

PRESENTA:

**Ricardo Carlos Padilla**

DIRECTOR DE TESIS:

**Dr. Eduardo Reinoso Angulo**

Noviembre de 2010





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

## **Dedicado a:**

Este logro está dedicado a ustedes mis padres, porque son mi mayor fuente de inspiración. Llegar aquí es gracias a ustedes y no podría pensar en mejores personas para ejemplificar lo que se denomina como familia, ser parte de lo que ustedes hicieron con mucho esfuerzo y valor es para mí un orgullo, aun volviendo a nacer no podría pagar por lo que han realizado por mí y es este documento también refleja su esfuerzo, cuidados y protección de la que siempre goce.

Otra parte importante de todo esto son mis hermanos que a pesar de ser tan diferentes en caracteres, demostramos que estamos en las buenas y en las malas y que no importa lo que pase siempre estaremos ahí para un consejo o para una llamada de alivio, los quiero a pesar de todo aun que no lo reflejemos siempre.

A mis amigos que son parte de esto también, mucho o poco eso no importa simplemente es parte de lo que me siento muy orgulloso ya que han estado ahí en las buenas y en las malas, en las penas y alegrías, que a pesar de las distancias nunca habrá un consejo o un abrazo.

A todos los que estuvieron en lapsos de mi vida, por que de todos aprendí y nunca dejare de hacerlo gracias solo eso puedo decirles y no hay palabras para describir lo tan agradecido que estoy para todo.

---

## **Agradecimientos:**

A mi queridísima Universidad porque es gracias a ella que puedo tener el honor de ser uno más de sus hijos y espero llegar a ser parte de los honores que ella se merece.

Facultad de Ingeniería que mas puedo decir si no gracias por ser la cuna de grandes profesionistas y espero nunca hacerte perder el prestigio del que eres dueña.

A mis maestros porque todos ellos forjaron en mi una semilla que ahora veo crecer fuerte y con mucha energía, espero poder algún día dejar la misma huella que ustedes dejaron en mi y que mejor parte de ustedes que su propio conocimiento.

Al Instituto de Ingeniería por ser el lugar donde pude forjar este sueño.

Al Dr. Eduardo Reinoso Angulo por dejarme ser parte de proyectos que me han desarrollado a lo largo de este tiempo, Estos han logrado forjarme una mentalidad de superación y desarrollo constante y que nunca olvidare.

A mis amigos de la facultad y del Instituto de ingeniería que desde un principio creyeron en mí y siempre me aconsejaron.

# Contenido

<b>Resumen</b> .....	6
<b>1 Introducción</b> .....	7
1.1 Deslizamientos .....	7
1.2 Peligro sísmico en México.....	7
1.3 Peligro por lluvias en México.....	9
<b>2 Casos de procesos de remoción de masa en México</b> .....	12
2.1 Introducción .....	12
2.2 Casos catastróficos de procesos de remoción de masa en México inducidos por sismo .....	12
2.2.1 Sismo en Puebla 1920 .....	12
2.2.2 Sismo 11 de enero de 1997 .....	13
2.2.3 Sismo de Colima, Tecomán 2003 .....	14
2.2.4 Sismo de Tehuacán Puebla 1999 .....	15
2.3 Casos catastróficos de procesos de remoción de masa en México inducidos por lluvia .....	16
2.3.1 Septiembre de 1997, caso de la vertiente sur de la Sierra de las Vigas-Tecuán, San Juan Cosalá, Jocotepec, Jalisco .....	16
2.3.2 Tormenta tropical “Earl”, septiembre de 1998.....	16
2.3.3 Depresión Tropical numero 11, octubre de 1999.....	16
2.3.4 Evento del 4 de julio de 2007, deslizamiento del Km. 8 carretera interestatal Tlacotepec de Porfirio Díaz - Tehuacán.....	18
2.3.5 Tormenta tropical Henriette, septiembre de 2007.....	18
2.3.6 Caso Juan de Grijalva, noviembre de 2007 .....	18
2.3.7 Caso Parral, Chihuahua, sábado 30 y domingo 31 de agosto de 2008 .....	20
2.3.8 Michoacán, lluvias del 1 al 4 de febrero del 2010.....	20
2.3.9 Caso de lluvias por temporada, deslizamientos de la carretera cuota Tijuana-Ensenada, B.C.S.....	21

# Contenido

<b>Resumen</b> .....	6
<b>1 Introducción</b> .....	7
1.1 Deslizamientos .....	7
1.2 Peligro sísmico en México.....	7
1.3 Peligro por lluvias en México.....	9
<b>2 Casos de procesos de remoción de masa en México</b> .....	12
2.1 Introducción .....	12
2.2 Casos catastróficos de procesos de remoción de masa en México inducidos por sismo .....	12
2.2.1 Sismo en Puebla 1920 .....	12
2.2.2 Sismo 11 de enero de 1997 .....	13
2.2.3 Sismo de Colima, Tecomán 2003 .....	14
2.2.4 Sismo de Tehuacán Puebla 1999 .....	15
2.3 Casos catastróficos de procesos de remoción de masa en México inducidos por lluvia .....	16
2.3.1 Septiembre de 1997, caso de la vertiente sur de la Sierra de las Vigas-Tecuán, San Juan Cosalá, Jocotepec, Jalisco .....	16
2.3.2 Tormenta tropical “Earl”, septiembre de 1998.....	16
2.3.3 Depresión Tropical numero 11, octubre de 1999.....	16
2.3.4 Evento del 4 de julio de 2007, deslizamiento del Km. 8 carretera interestatal Tlacotepec de Porfirio Díaz - Tehuacán.....	18
2.3.5 Tormenta tropical Henriette, septiembre de 2007.....	18
2.3.6 Caso Juan de Grijalva, noviembre de 2007 .....	18
2.3.7 Caso Parral, Chihuahua, sábado 30 y domingo 31 de agosto de 2008 .....	20
2.3.8 Michoacán, lluvias del 1 al 4 de febrero del 2010.....	20
2.3.9 Caso de lluvias por temporada, deslizamientos de la carretera cuota Tijuana-Ensenada, B.C.S.....	21

<b>3</b>	<b>Métodos de evaluación de deslizamiento.....</b>	<b>23</b>
3.1	Introducción .....	23
3.2	Método de evaluación de deslizamiento por sismo.....	23
3.2.1	Método de talud infinito .....	24
3.2.2	Factor de seguridad.....	24
3.2.3	Análisis regional por de Newmark para deslizamiento inducidos por sismo .....	24
3.3	Método de evaluación de deslizamiento por Lluvia.....	27
<b>4</b>	<b>Bases de datos de deslizamientos inducidos por sismo y lluvia .....</b>	<b>29</b>
4.1	Introducción .....	29
4.2	Base de datos de deslizamiento en un sistema de información geográfica inducidos por sismo .....	29
4.3	Base de datos de deslizamiento en un sistema de información geográfica inducidos por lluvia .....	33
4.4	Mapa general de deslizamientos inducidos por lluvia y sismo. ....	37
<b>5</b>	<b>Comparación de escenarios observados en referencia con los estimados .....</b>	<b>39</b>
5.1	Introducción .....	39
5.2	Casos de estudio .....	39
5.2.1	Colima 21 de enero del 2003.....	40
5.2.2	Puebla 3 de enero del 1920 .....	41
5.2.3	Michoacán 4 al 9 de febrero 2010.....	42
	<b>Conclusiones .....</b>	<b>43</b>
	<b>Referencias .....</b>	<b>44</b>
	<b>Anexos.....</b>	<b>47</b>

# Resumen

Se elabora una base de datos georreferenciada de deslizamientos en México debido a sismo y lluvia. Las condiciones climáticas y formaciones geológicas del país son referencia sin duda de una gran cantidad de eventos de estas características. Los casos relacionados debidas a sismo, como los casos de loes eventos en 1920 y 1999 en Puebla y el de Colima en el 2003 son particularmente importantes por sus magnitud y daños ocasionados. Por otro lado, las lluvias huracanes, frentes fríos, en combinación a factores particulares que ocurren en México forman un detonante directo de deslizamientos. Es por ello, la importancia de contar con una base de datos que permita sistematizar la información de los deslizamientos detonados por estos dos principales factores: sismo y lluvia; la cuestión antropogénica no es considerada durante esta etapa del proyecto.- La base de datos considera el tipo de evento y origen geográfico, lo que permite hacer calibraciones de modelos de deslizamiento con los eventos ocurridos en el pasado.



# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1 Deslizamientos

México es un país cuyo territorio está conformado en dos terceras partes por sistemas montañosos, en los cuales se conjugan una serie de factores geológicos, geomorfológicos, estructurales y climáticos, que definen zonas de marcada inestabilidad en las cuales, desafortunadamente, existe desarrollo urbano y rural así como de infraestructura civil. Esto evidentemente coloca a un gran número de habitantes, de inmuebles y estructuras en una situación de riesgo potencial ante la generación de deslizamientos y derrumbes de roca, flujos de lodos y/o detritos así como otros procesos destructivos asociados a zonas montañosas.

Los distintos tipos de procesos de remoción en masa presentes en el país y que causan daños a la infraestructura y a la población, están íntimamente ligados a las condiciones geológicas y estructurales del relieve, a la influencia del clima y en cierto grado, a la influencia antrópica (p.e. deforestación, cambios en el uso de suelo, crecimiento urbano desmedido). Por lo anterior, resulta fundamental el conocimiento y el análisis de las distintas formaciones geológicas que conforman el territorio nacional, con el fin de establecer esquemas generales que relacionen al tipo de material con los problemas geotécnicos y de estabilidad de laderas que se pudiesen presentar. Esto puede ser útil para separar la intensidad y alcance de los distintos procesos de remoción de masas (PRM) asociados a cada formación geológica, establecer esquemas de mitigación y remediación, orientar acciones de gestión del riesgo a nivel regional y ser la base para gestiones a diferentes escalas.

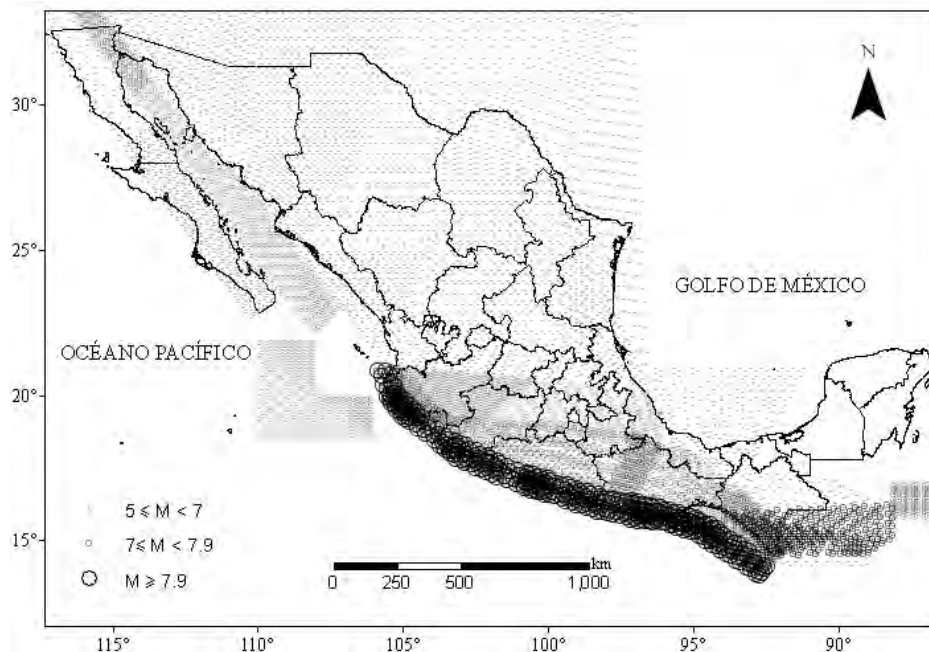
Existen numerosos casos de PRM que han afectado a diversas regiones de México. Algunos estados del país presentan un relieve escarpado, afectación tectónica, litologías desfavorables así como climas húmedos, siendo los de mayor incidencia en cuanto a la ocurrencia de deslizamientos de gran magnitud y potencial destructivo. En este sentido, las regiones que sin duda se pueden mencionar se encuentran en la costa sur de la República Mexicana, desde el estado de Chiapas hasta Guerrero, la costa del estado de Jalisco, los estados de Veracruz, Tabasco, Puebla, Hidalgo, Estado de México y D.F., Guanajuato, B.C.S Norte y en menor medida algunas porciones de los estados de Sinaloa, San Luís Potosí, Durango, Zacatecas y Nuevo León. Otras regiones, como el norte del país y la península de Yucatán no presentan problemas de deslizamientos debido a que presentan un relieve relativamente plano, aunque sus problemas consisten sobre todo en desertificación de suelos.

### 1.2 Peligro por sismo en México

En el caso de sismo, los modeladores del peligro sísmico, consideran fundamentos sismológicos y de ingeniería para desarrollar el modelo de predicción sísmica, que permite evaluar el riesgo de pérdidas, como resultado de un evento catastrófico. Dado que existen grandes incertidumbres inherentes en los modelos relacionados con las pérdidas causadas por estos eventos, el modelo de riesgo sísmico debe estar basado en formulaciones probabilistas, que incorporen estas incertidumbres en la evaluación del riesgo. Para el caso de huracán, también existen fundamentos físicos que sustentan el modelo de estimación de pérdidas.

La modelación del peligro consiste en definir la frecuencia y la severidad del mismo en un lugar específico. El estudio se complementa analizando las frecuencias históricas de los eventos y revisando los estudios científicos sobre severidad y frecuencias, realizados en la zona de interés. Una vez que se han establecido los parámetros de la amenaza, se generan conjuntos de eventos estocásticos. Este módulo analiza la intensidad en un lugar, una vez que ocurre un evento del conjunto estocástico, mediante la modelación de la atenuación del evento, desde donde se produce hasta el sitio de consideración, y evalúa qué tan propensas son las condiciones de sitio locales para la amplificación o la reducción del impacto.

La amenaza sísmica se expresa en términos de tasas de excedencia de valores dadas de intensidad sísmica ( $a$ ). El cálculo considera la contribución de los efectos de todas las fuentes sísmicas, localizadas en una cierta área de influencia. Una vez identificadas estas fuentes sísmicas, se asigna un modelo de ocurrencia de los sismos que se presentan en dicha zona. En el caso de México las fuentes sísmicas son modeladas siguiendo tanto un proceso de Poisson como característico, en donde  $\lambda(M)$  representa las tasas de actividad para cada sistema de fallas. Dado que las fuentes sísmicas son volúmenes, el epicentro no sólo puede ocurrir en el centro de las fuentes, sino que también puede ocurrir, con igual probabilidad, en cualquier punto dentro del volumen correspondiente. Lo mismo para la simulación de los conjuntos de eventos que define subfuentes, mediante la subdivisión de las fuentes sísmicas, dependiendo de la distancia hipocentral ( $R_0$ ), en diversas formas geométricas. Para cada subdivisión se considera que la sismicidad de la fuente se encuentra concentrada en su centro de gravedad. En la figura 1.1 se presentan los epicentros de eventos sísmicos estocásticos dentro de las fuentes sísmicas modeladas.



**Figura 1.1 Epicentros de eventos sísmicos estocásticos dentro de las fuentes sísmicas modeladas**

Adicionalmente, la modelación considera los efectos de atenuación de las ondas sísmicas, mediante las leyes de atenuación probabilistas y espectrales, que incluyen diferentes tipos de fuente y los efectos locales de amplificación basados en los estudios de microzonificación e información complementaria disponible. Dado que la intensidad calculada se asume como una

variable aleatoria con distribución lognormal, el valor de la incertidumbre correspondiente ( $\sigma \ln a$ ) es tenido en cuenta para incluir la variabilidad asociada.

En la figura 1.2 se presenta el evento sísmico de magnitud  $M=8$  donde se considera la atenuación de la intensidad del evento.

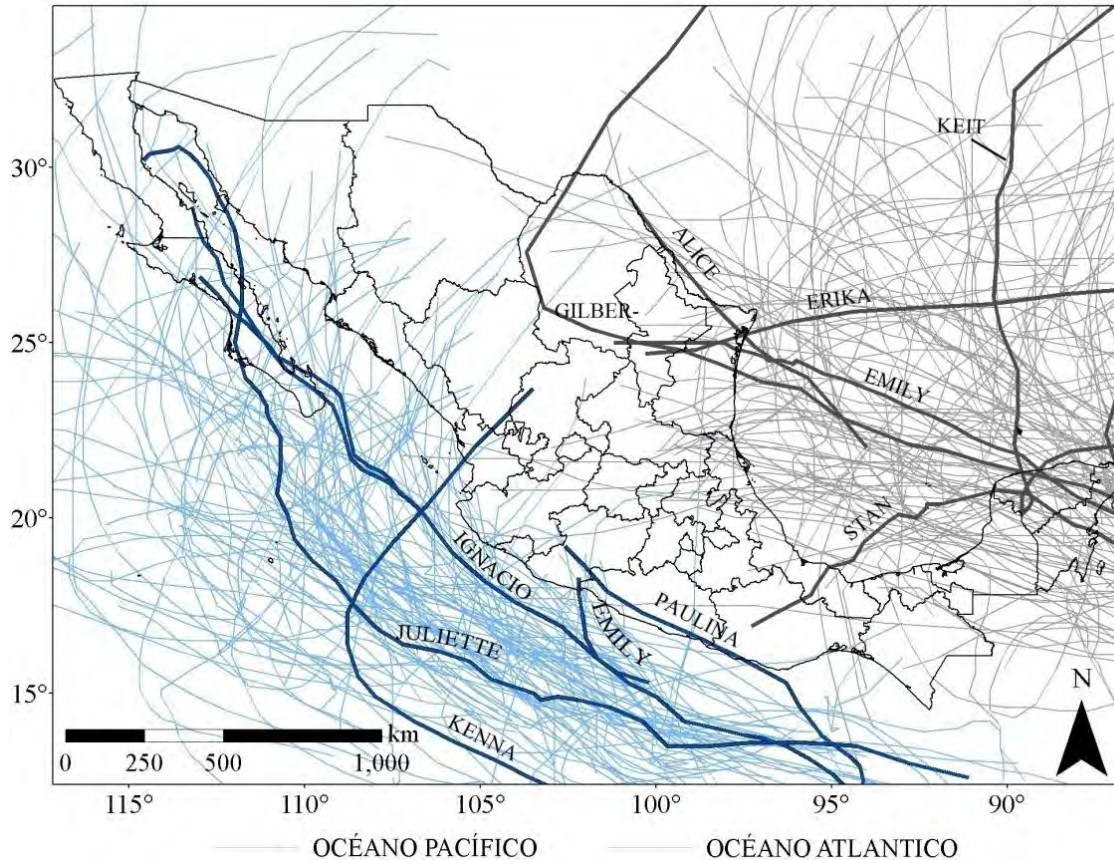


**Figura 1.2** Evento sísmico estocástico de magnitud  $M=8$  considerando la atenuación de la intensidad del evento

### 1.3 Peligro por lluvia en México

En el caso de huracán, la manera de obtener pérdidas es a través de perturbaciones de las trayectorias de los huracanes históricos, o de la simulación de eventos para el caso de inundación. Estos huracanes perturbados o eventos simulados generan mapas de amenaza que, junto con la evaluación de la vulnerabilidad de cada una de las construcciones de la cartera, permite obtener el valor de las pérdidas (Avelar, 2007). En la figura 1.3 se presenta una imagen con la ruta de los ciclones tropicales que han afectado a México en su vertiente del Atlántico y del Pacífico.

Se considera que durante el paso de un huracán se producen dos tipos de pérdidas: las debidas al efecto del viento y las debidas a la marea de tormenta y la de inundación. Para poder realizar correctamente los cálculos de las distribuciones de probabilidad de estas pérdidas por huracán, se recurre, como en el caso de otras amenazas, al concepto de "evento". En este caso, los eventos están constituidos por el paso de huracanes. El registro de huracanes que han afectado nuestro país data de finales del siglo XIX. Sin embargo, no es sino hasta mediados del siglo XX que se dispone de registros de sus trayectorias completas y de parámetros indicativos de su severidad, tales como la presión barométrica en el ojo o la velocidad ciclotrónica. En estas condiciones, la base de datos útiles de huracanes es limitada. Por tal razón, es necesario extenderla, por la vía de la generación de huracanes artificiales.



**Figura 1.3 Ruta de huracanes que han afectado al país, provenientes del Pacífico y el Atlántico**

Para generar huracanes artificiales, los modeladores utilizan la estrategia de perturbar las trayectorias y los valores de presión barométrica en el ojo de huracanes reales que hayan sido correctamente registrados. A continuación se describe brevemente este proceso.

En caso de inundación por su situación geográfica, el país se ve afectado por lluvias derivadas de diversos fenómenos hidrometeorológicos. En verano, el país está sujeto a la acción de ciclones tropicales. Durante el invierno es afectado por frentes polares originados en latitudes altas que viajan hacia el sur y causan fuertes precipitaciones en todo el país, sobre todo en el norte. A estos fenómenos se suman los efectos orográficos y las precipitaciones originadas por fenómenos convectivos, los cuales producen tormentas muy intensas aunque de poca duración y extensión. Debido a la información con que se cuenta, a la disponibilidad de datos aproximados y el nivel de resolución requerida (nivel país), se aplicó una metodología que consiste en determinar la distribución de la precipitación máxima en 24 horas en todo el país, afectándola por coeficientes que involucran la topografía y la hidrografía. Esta metodología se calibra con los datos obtenidos con el modelo matemático y los leídos en campo (Huerta *et al*, 2006; Torres *et al*, 2007). En la figura 1.4 se presenta el escenario de Stan en caso de inundación.



Figura 1.4. Escenario de Stan para el caso de inundación ( M. Jaimes)

## Capítulo 2

### Casos de procesos de remoción de masa en México

#### 2.1 Introducción

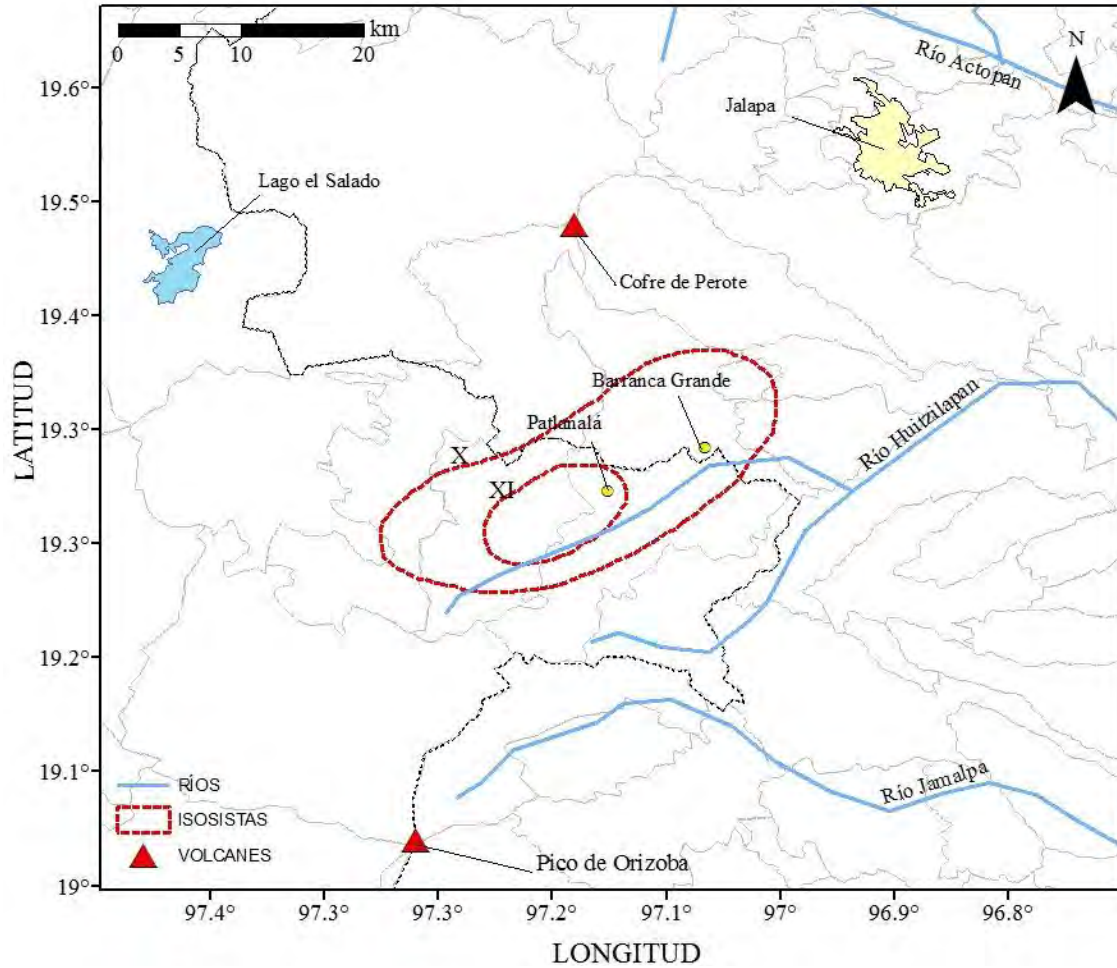
A continuación se presentan y se describen brevemente algunos casos de procesos de remoción de masa ocurridos en México asociados: 1) a sismos y 2) a lluvias intensas. Esto nos permite delimitar las zonas más susceptibles de presentar deslizamientos los cuales pueden derivar en flujos de detritos y que representan un proceso comúnmente asociado a la sismicidad y a las lluvias intensas. Otros mecanismos de movimiento como las caídas, volteos, reptaciones y expansiones laterales, quedan fuera del alcance del presente trabajo (Jaimes. M. A. 2008).

#### 2.2 Casos catastróficos de procesos de remoción de masa en México asociados a sismo

##### 2.2.1 Sismo en Puebla, 1920

El 3 de enero de 1920, un sismo con una magnitud estimada de 6.5–7, provocó un enorme flujo de detritos y de lodos, de 40 a 65 metros de altura sobre las barrancas. El material movilizado consistió de agua, cenizas y roca volcánica. La ciudad más afectada fue Barranca Grande, asentada sobre una parte plana, en la desembocadura del valle del Río Huitzilapan, 15 km pendiente debajo de la zona del epicentro. En la figura 2.1 se presenta las isosistas de intensidad de Mercalí donde de acuerdo *Scott et al 2001* se presentaron deslizamientos que coinciden con los flujos de material presentados que en las orillas de los cerros de esa zona.

Los flujos de lodo cercanos al río Páez a 30 km de las cercanías del pico de Orizaba, fueron los más presentes en dé un paso de material y de escombros, En relación a las afectaciones donde la más grande destrucción se presento fue en la barranca Grande producida por flujos de lodo y material del rio Huitzalapa, con una cercanía de 15 km del epicentro del sismo, en ese momento dando como afectación a mas de 900 personas que residían en Barranca Grande, en este suceso de gran magnitud se dio como un reporte inicial de no menos de 600 personas y de 220 personas desaparecidas.



**Figura 2.1** Isosistas de intensidad de Mercalli donde hubo material movilizado durante el sismo del 3 de enero de 1920 (Scott et al., 2001)

### 2.2.2 Sismo 11 de enero de 1997

Situación similar se presentó durante el sismo de 11 enero de 1997 donde hubo serias afectaciones en los municipios. El sismo tuvo epicentro cercano a Caleta de campos (Michoacán)

### 2.2.3 Sismo de Colima, Tecomán 2003

El martes 21 de enero de 2003, a las 8:06 p.m. del tiempo local, un fuerte sismo se originó en las costas de Colima. Sus efectos se sintieron en los estados de Jalisco, Michoacán así como en la Ciudad de México. La magnitud reportada fue de 7.6. Este sismo provocó licuación de suelos así como numerosos deslizamientos y caídas de rocas (Keefer k. D). En la figura 2.2 se presenta los diferentes deslizamientos inducidos por el sismo tanto en la zona costera del estado así como las partes centrales.

Los daños provocados por los deslizamientos fueron en su parte en infraestructura carretera, daños al sector ferrocarrilero y sistemas de riego, los diferentes deslizamientos ocurridos en toda la parte carretera dejaron ver que la influencia de inestabilidad era muy perceptible y un peligro latente para las viviendas que ahí residían. Las fallas locales los diferentes deslizamientos captados, así como en la zona costera y la parte central del estado, reflejan las características de cada uno de ellos. Los diferentes deslizamientos que se generaron fueron en gran parte por fallas de las pendientes artificiales construidas o en casos donde la roca estuvo sometida a intemperismo natural, por lo que respecta al total de los deslizamientos la mayoría de ellos fueron en la parte de las zonas costeras.

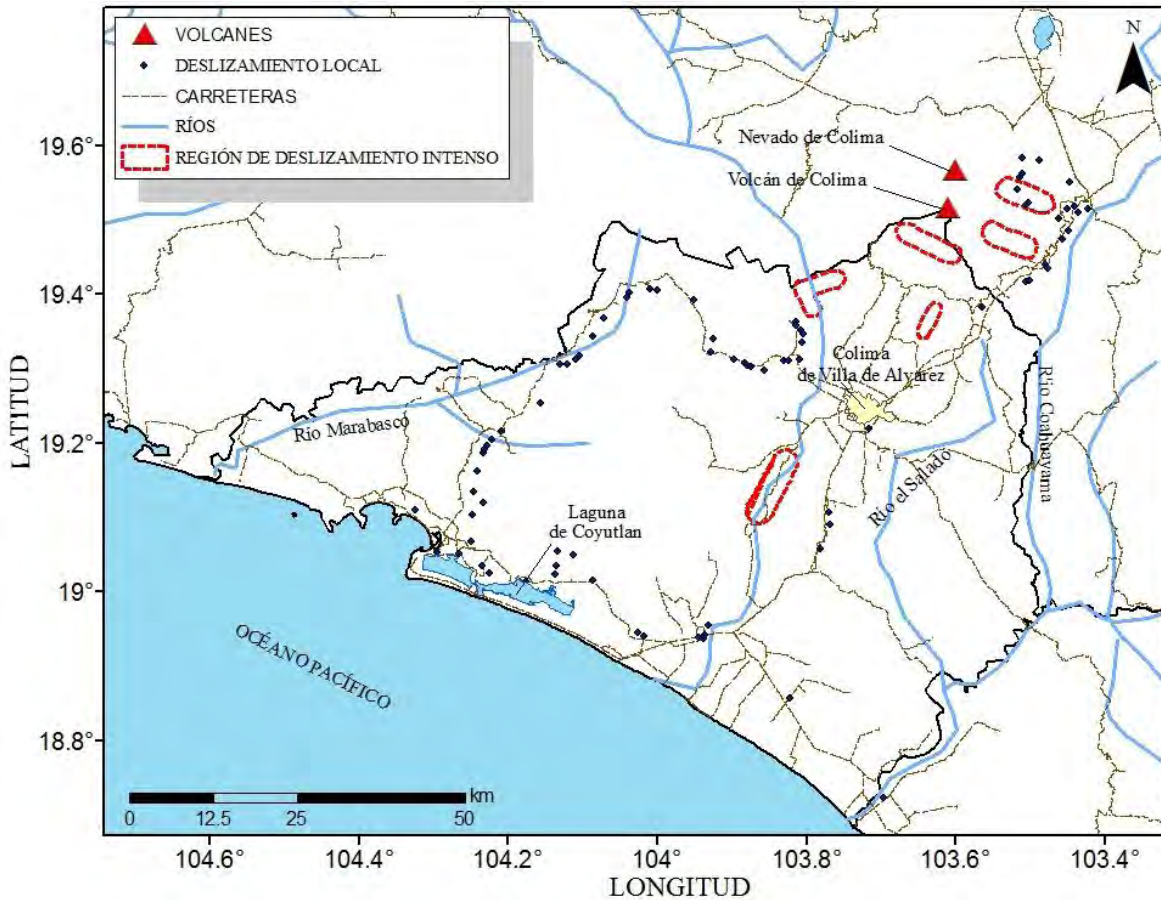


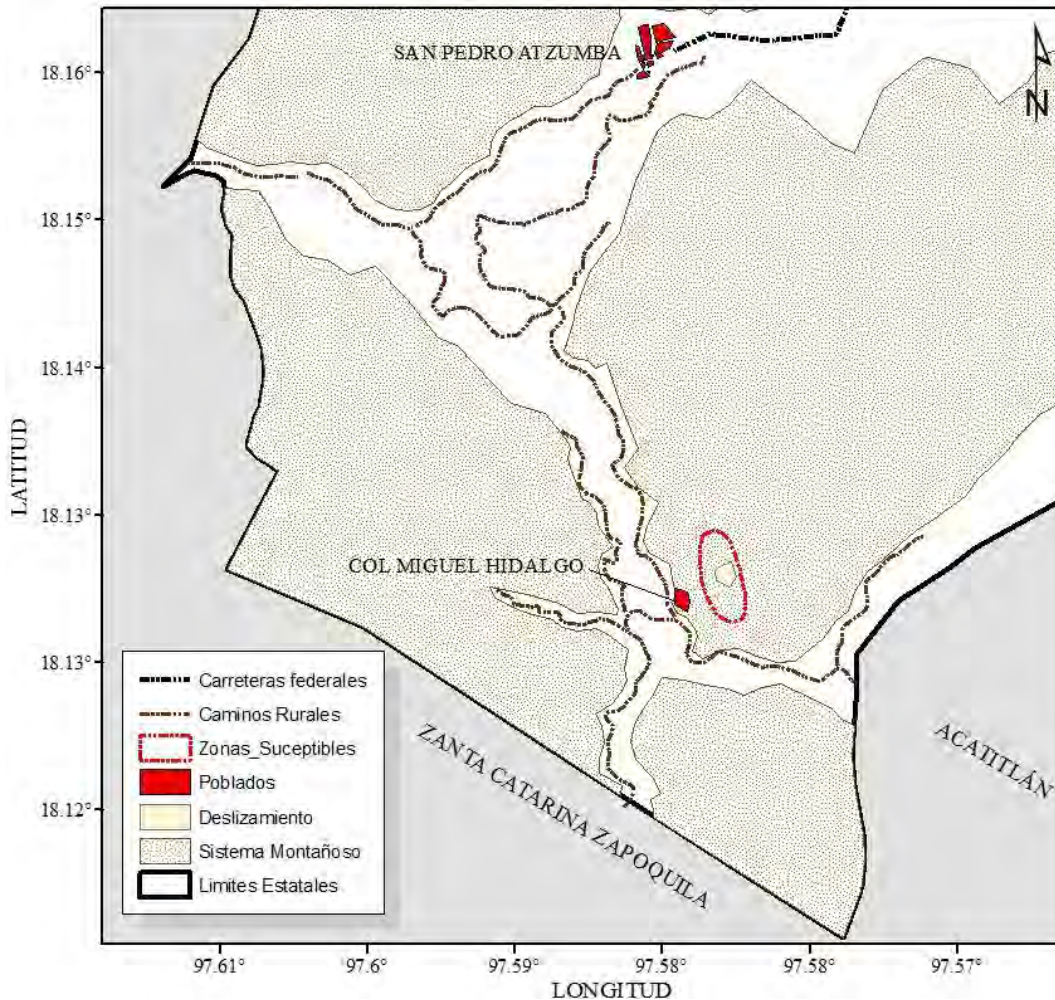
Figura 2.2 Material movilizado durante el sismo del 21 de enero de 2003 (Keefer k. D., 2006)



### 2.2.4 Sismo de Tehuacán puebla 1999

Este sismo ocurrió el 15 de junio de 1999 y fue ubicado a 80 km de profundidad, a unos 20 km al sur de Tehuacán, Puebla y 230 km al sur este de la ciudad de México, se sintió en los estados vecinos y provoco serios Daños a la capital y a las ciudades cercanas al epicentro con un aproximado de daños de 230 km., en el cual se vieron afectadas cientos de casas y provocando la muerte de 17 personas. La afectación por deslizamiento más grande fue en el avistamiento que tuvo lugar en el municipio de Zapotitlán, donde el 25 de octubre apareció una grieta de 450 metros, en menos de 24 horas su tamaño aumento su tamaño, alcanzando los 232 cm y 6 metros de profundidad, lo que origino un deslizamiento con un escarpe de 30 cm. El cual llego alcanzar los 100 metros (CENAPRED, 2000).

La falla de ladera que destruyo completamente la colonia Miguel Hidalgo (Figura 2.3) fue de tipo rotacional y posteriormente se produjo una componente traslacional, el deslizamiento se presento en materiales relativamente secos, con un contenido de agua promedio del 5%, donde sus principales características referenciadas en la figura 2.3 se presenta la zona de deslizamiento con una longitud de 853 metros, una ancho medio de 95.49 m, una área de 583 m<sup>2</sup> y un volumen de 8817 m<sup>3</sup> en una pendiente de 22°.



**Figura 2.3 Material movilizado durante el sismo del 15 de junio de 1999 en municipio de Zapotitlán, Puebla (Oscar A., 2006)**

## **2. 3 Casos catastróficos de procesos de remoción en masa en México asociados a lluvia**

Las características que presenta el país descritas en el capítulo 1, así como los diferentes fenómenos que están presentes por región del país, están reflejados las características que se mencionaran en los casos a continuación descritos, La influencia de diferentes fenómenos como huracanes, frentes fríos son parte principal de que en la región sucedan los PRM, Los daños a las infraestructuras locales y los números de muertos originados por un deslizamiento son parte importante de cada uno de los eventos que se presenta, en algunos de ellos las afectaciones casi fueron totales, ya que arrasaron con pueblos o colonias completas, casos como el de Tehuacán en 1999 son parte de estos eventos, las características particulares de algunos de estos fenómenos están descritas en cada uno de ellos.

Las lluvias como parte detonante de un deslizamiento en el país, es en particular mucho mayor detonador que los sismos en sí, esto a razón de la combinación de la geología del país y los fenómenos hidrometeorológicos que se presentan en él, la comparación de los diferentes volúmenes de material deslizados por cada uno de los eventos es mucho mayor comparada con los que están por parte de sismo. Con respecto al capítulo 1 refleja las partes más susceptibles a deslizamiento en comparación a las zonas de ocurrencias de cada uno de ellos

### **2.3.1 Septiembre de 1997, caso de la vertiente sur de la Sierra de las Vigas-Tecuán, San Juan Cosalá, Jocotepec, Jalisco**

El 8 de septiembre de 1997, en la localidad de San Juan Cosalá y la Sierra de las Vigas, ubicadas en la margen norte del Lago de Chapala, fueron afectadas por una intensa precipitación local, estimada en 50 mm en 20 minutos, lo que generó siete flujos de lodo y rocas que se desplazaron por barrancas cuyas cabeceras se ubican en la parte alta de la Sierra Las Vigas-Tecuán. El proceso dejó un depósito compuesto de lodo, piedras y materia vegetal que alcanzó espesores de 0,6 m hasta 3,5 m, afectando el sector poniente de San Juan Cosalá, los fraccionamientos residenciales de tipo campestre Tempisque y Villas El Limón además de varias hectáreas de cultivos de hortalizas.

### **2.3.2 Tormenta tropical “Earl”, septiembre de 1998**

En septiembre de 1998, la tormenta tropical Earl produjo una intensa lluvia en los estados de Oaxaca y Chiapas. La lluvia del día 8 de septiembre acumuló 175 mm y la del día 9 acumuló 130 mm de precipitación, duplicando en dos días el promedio mensual de precipitación en la región. Los deslizamientos y flujos ocurridos en el sur de Chiapas, causaron la muerte de 214 personas, 307 desaparecidos y la destrucción parcial o total de 444 km de la carretera Panamericana. Uno de los eventos más desastrosos se presentó en la ciudad de Motozintla, causando la incomunicación total de la ciudad con el resto del estado de Chiapas durante casi un mes, así como daños a viviendas, sistemas de electricidad, agua potable etc. En la ciudad de Motozintla se presentaron flujos de detritos, flujos hiperconcentrados y amplias zonas de depósito, con espesores de hasta 2 m.

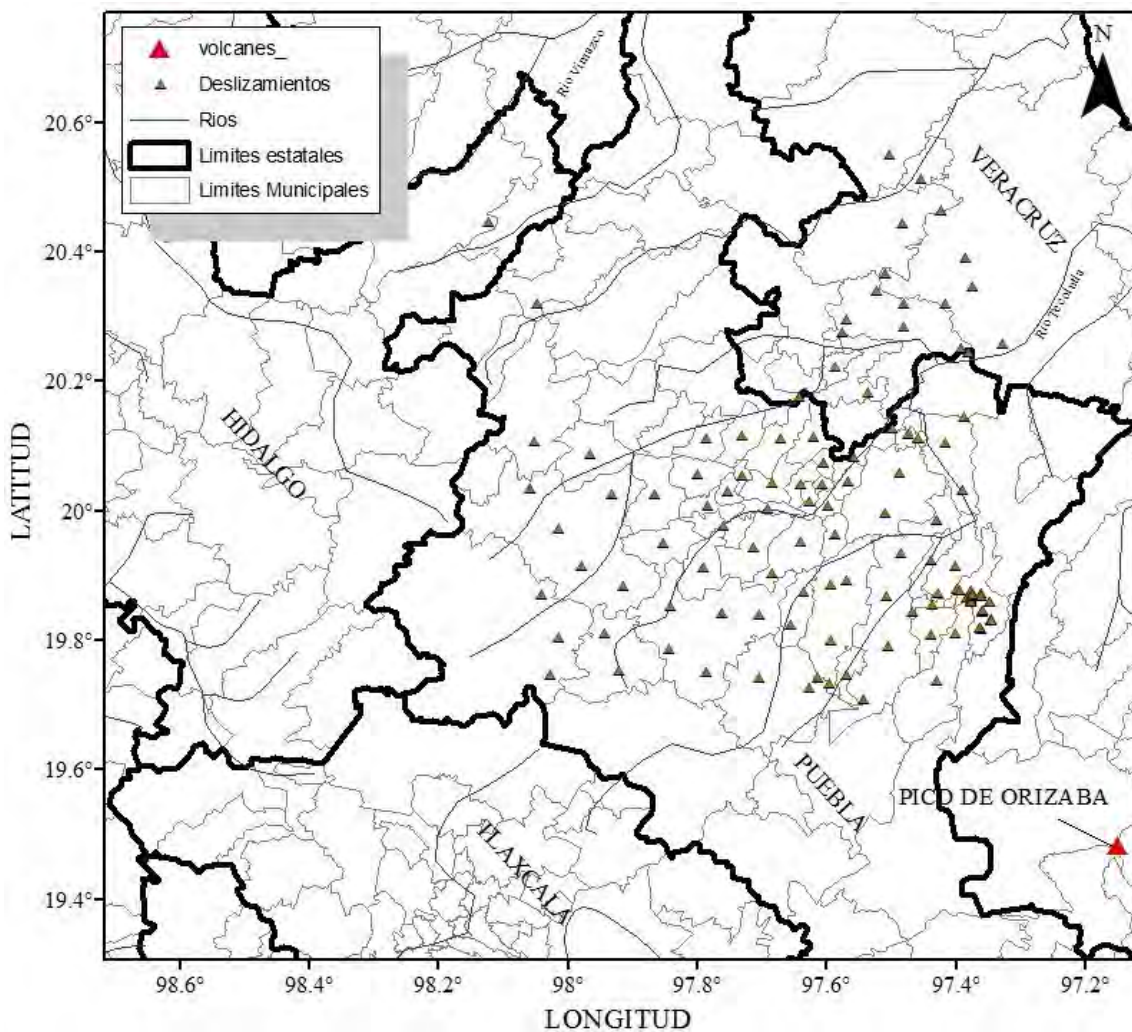
### **2.3.3 Depresión tropical número 11, octubre de 1999**

En octubre de 1999, como resultado de la conjunción de un sistema de baja presión que originó la depresión tropical 11 en las costas de Veracruz y del Frente Frío 5, ocurrieron precipitaciones extraordinarias en el oriente del país, afectando principalmente a los estados de Hidalgo, Oaxaca y Puebla. Las consecuencias fueron diversas, derivadas principalmente de las inundaciones y de la ocurrencia de miles de procesos de remoción en masa. El impacto y la magnitud de este evento fue tal, que se le calificó como el desastre de la década (Bitrán, 2000). Particularmente en la sierra

Norte de Puebla, ocurrieron cuantiosos daños económicos y numerosas pérdidas humanas, principalmente en los municipios de Cuetzalan, Huauchinango, Chiconcuautla, Teziutlán, Zapotitlán de Méndez, Totomoxtla y Zacapoaxtla (Lugo *et al.*, 2001).

En la *figura 2.4* se puede observar varios cientos de movimientos de ladera en la Sierra Norte de Puebla. De manera particular, la ciudad de Teziutlán fue noblemente afectada ya que más de cien personas perdieron la vida, muchas quedaron sin hogar y se registraron cuantiosos daños económicos. Teziutlán se encuentra localizado en un área de lomeríos con pendientes variables (CENAPRED).

Esto es parte fundamental ya que las características de la geología del área, comprende distintos flujos piroclásticos provenientes de la caldera de los Humeros, de edad cuaternaria que pertenecen a la Faja Volcánica Transmexicana. Estos materiales, son principalmente tobas y brechas con cementación intermedia. Son rocas blandas de grano fino a medio, aunque también se encuentran estratos con una cantidad considerable de fragmentos rocosos y gravas, empacadas en una matriz fina (Mendoza *et al.*, 2000).



**Figura 2.4** Material movilizado durante la depresión tropical y el frente frío, Puebla (Alcántara-Ayala., 2006)

### 2.3.4. Evento del 4 de julio de 2007, Deslizamiento del Km. 8, Carretera Interestatal Tlacotepec de Porfirio Díaz-Tehuacán

Un autobús en el que viajaban 60 personas quedó sepultado por un deslizamiento de rocas y lodo. De acuerdo con especialistas del Centro Universitario de Prevención de Desastres Naturales, este alud quizá no sea el más grande que ha ocurrido en Puebla, pero sí podría ser el segundo que más vidas ha cobrado. El deslizamiento más mortífero ocurrido en el estado de Puebla, fue detonado por una tormenta y se presentó en la colonia La Aurora, municipio de Tezuitlán, donde 200 personas perdieron la vida.

### 2.3.5. Tormenta tropical Henriette, septiembre de 2007

La tormenta tropical Henriette, causó daños y evacuaciones de personas de zonas de alto riesgo en Acapulco, Guerrero. En el puerto de Acapulco hubo varios heridos y murieron seis personas debido a procesos de caída de rocas de hasta 15 metros de diámetro. Protección Civil Estatal reportó numerosos deslaves en la Carretera Federal Chilpalcingo-Tlapa, además de que los municipios de Malinaltepec, Metlatónoc, Atlamajancilgo del Monte, Zapotitlán Tablas, Acatepec, Tlacoapa quedaron incomunicados, sin servicio telefónico y con los caminos de terracería afectados por derrumbes.

### 2.3.6. Caso Juan de Grijalva, noviembre de 2007

El día 4 de noviembre del 2007, ocurrió el deslizamiento de un cerro que obstruyó el cauce del río en el Alto Grijalva, a la altura del poblado Juan de Grijalva, en el municipio de Ostucacán, del estado de Chiapas, entre las presas hidroeléctricas Mal Paso y Peñitas. La erosión de la base del talud arcilloso, ocasionada por la fuerte corriente del río y la sobresaturación de agua en las capas incompetentes, debido a las intensas lluvias, facilitaron el deslizamiento del bloque sobre un plano de despegue paralelo a la inclinación de las capas y a favor del talud del terreno. Millones de metros cúbicos de material rocoso cayeron en el cauce del río Grijalva, provocando una gran ola que cayó sobre la comunidad de Juan de Grijalva, borrándola por completo.



*Figura 2.5 Deslizamientos zona del río Grijalva imágenes del material movilizado y el cuello originado por el deslizamiento (Alcántara-Ayala., 2010)*

El deslizamiento ocurrido en el cerro de la Pera de San Juan Grijalva al Noreste de Chiapas teniendo una superficie de deslizamiento de 1.12 km<sup>2</sup> y un volumen de 50 mil m<sup>3</sup> lo cual es uno de los más grandes deslizamientos en su tipo en el siglo XX, El deslizamiento creó un dique de más de 80 m de altura y de 1.170 m de ancho a través del río, formando un lago de 49 km<sup>2</sup>, los

tsunamis generados por este deslizamiento tuvieron alturas de hasta 15 m los cuales tuvieron como efecto directo a la zona de San Juan Grijalva, inundando en su totalidad 21 pequeños poblados, muriendo 16 personas, siendo detonante la precipitación de esa época que fue aproximadamente mayor por 67% de la promedio anual en más de 30 años. En menor proporción pero como una parte que mencionar sería factor el sismo de M 4.5 días antes del deslizamiento y la liberación de agua de la Presa Peñitas.

En la figura 2.6 se describe en particular las zonas de afectación a las orillas del río Grijalva y el municipio de Ostucán, conforme lo explicado con anterioridad los trayectos de deslizamientos y como estos originaron los tsunamis de flujos de agua y lodo que afectaron en total al municipio de San Juan Grijalva. Se puede observar en particular las características de la zona y en parte no descrita en la imagen sería las zonas montañosas que están correspondidas como en las imágenes descritas en la figura 2.6.

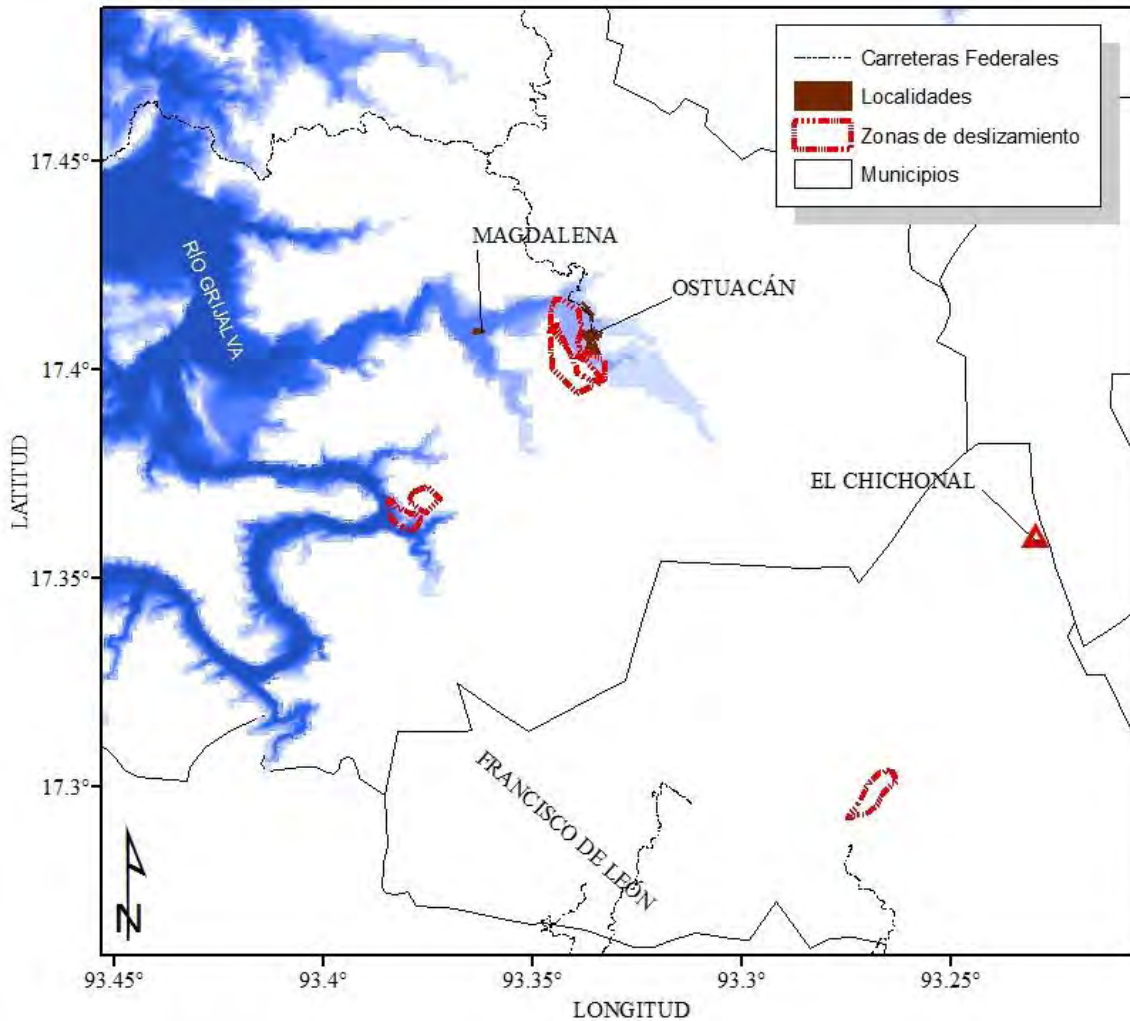


Figura 2.6 Deslizamientos zona del río Grijalva municipio de Ostucán (Alcántara-Ayala., 2010)

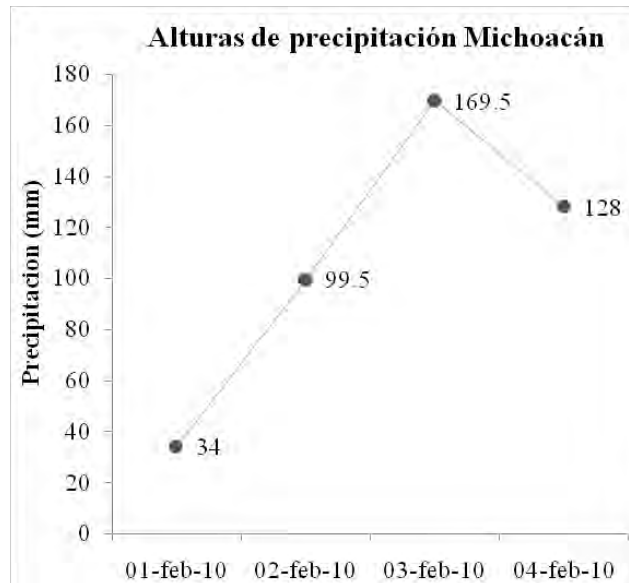
### 2.3.7. Caso Parral, Chihuahua, sábado 30 y domingo 31 de agosto de 2008

Una precipitación histórica de 187 mm en la ciudad de Parral, Chihuahua ocasionó severos daños a la población e infraestructura. El lunes 1 de septiembre se tenía el reporte de 300 casas inundadas, 66 vehículos atrapados, 84 derrumbes, varios sectores quedaron incomunicados y las noticias de días posteriores fueron presentando resultados mayores sobre el impacto de estas lluvias.

### 2.3.8 Michoacán, lluvias del 1 al 4 de febrero del 2010

Las Lluvias registradas por el paso del frente frío número 29 y la quinta tormenta invernal de la temporada en el mes de febrero del 2010 tuvieron como afectación principal la inundación de poco mas de 25 municipios del estado de Michoacán resultando 34 muertos y con más de 10 mil damnificados. Los deslizamientos en los municipios de Angangueo, ejido el Rosario, Ocampo y Zitacuaro dejaron como resultado la muerte de más de 8 personas al caer un alud de lodo sobre su casa. Las zonas de deslizamiento ocasionaron daños a poblados completos en el cual Protección Civil reporta en más de 5 municipios como zona de desastre, con el cual se activo el Plan DN-III.

En la figura 2.8 se puede observar los municipios afectados por las lluvias en la primera semana de febrero del 2010 así como un índice de precipitación de la localidad, muchas de las zonas susceptibles, ya que son zonas montañosas, en la figura 2.7 podremos observar los disparadores y niveles de precipitación, esto fue el disparador de los deslizamientos más importante y las inundaciones locales.



**Figura 2.7** Alturas de precipitación en Michoacán por cada uno de los días, afectando así los crecimientos de los ríos y los escurrimientos de la Zona

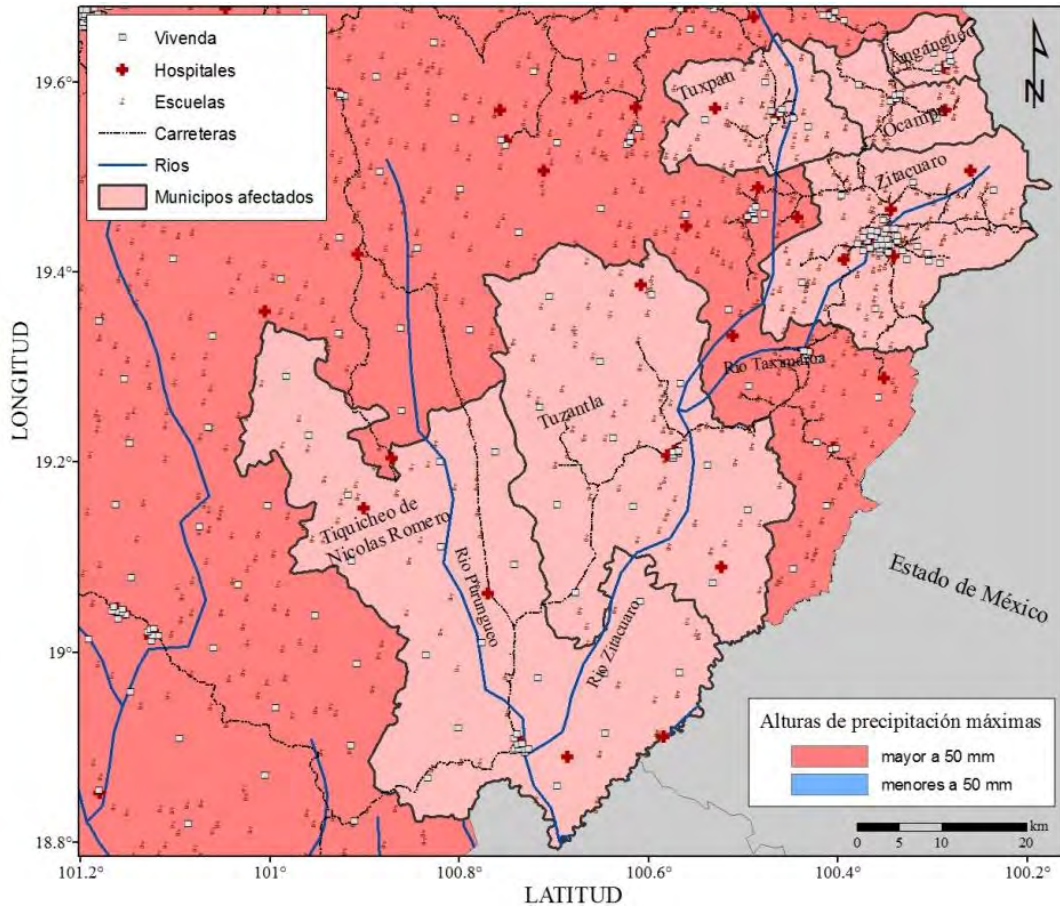


Figura 2.8 Caso Michoacán Lluvias del 1-4 de febrero del 2010

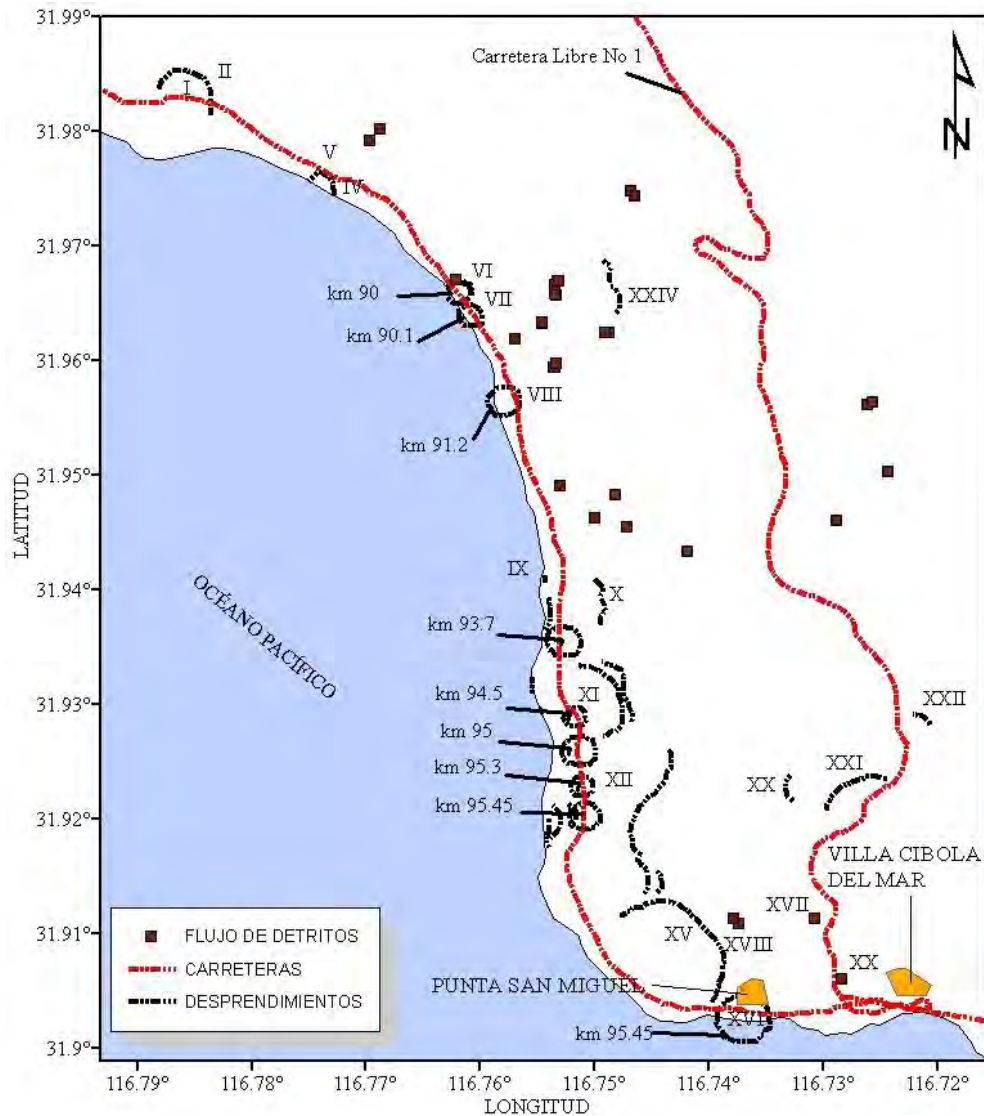
### 2.3.9 Caso de lluvias por temporada, deslizamientos de la carretera cuota Tijuana-Ensenada, B.C.S

En México las inscripciones de diferentes tipos de deslizamiento están referidas a las fallas y el tipo de deslizamiento que ocurren, las principales causas de estos son por forma gravitacional y las partes detonantes predominantes son sino y lluvias durante los últimos 30 año. La correspondencia los deslizamientos mas predominantes son en la colonia San Miguel y los Villa de Cíbola, La forma de crecimiento de población en la zona a dado cuenta de los diferentes factores de influencia, En particular muchos de estos se dan como origen por causa de las pendientes del lugar y por las fallas a las que están referidas, Los diferentes tipos de deslizamientos en la zonas están dados a flujos de detritos y fallas laterales. Las precipitaciones anuales y la interacción de construcciones en la zona originan con frecuencia deformaciones en la zona que después de un tiempo toman gran importancia y se origina un deslizamiento (Cruz-Castillo, 2000).

En la figura 2.6 se presentan los diferentes tipos de deslizamientos en lo que concuerda a la carretera y las partes que se observaron durante la construcción de los nuevos tramos, el reflejo de cada uno de los tipos de deslizamientos denotados por los números romanos I al XXIV son parte de las características de el avance de la construcción y como se fueron tomando los diferentes tipos de deslizamientos, las características del mapa principales es la importancia de las zonas pobladas.

En los casos de las zonas aledañas así como los fraccionamientos construidos en las cercanías de la costa, son parte fundamental del turismo de la zona ya que las regiones están creciendo como zonas industriales y zonas de fraccionamiento privado donde la construcción de accesos particulares, están creciendo, es así como los deslizamientos que se presentan son parte de la importancia de tratar de darle un origen y métodos de remediación.

Los deslizamientos ocurridos en su mayoría de los observados fueron en su mayoría denotados por pendientes artificiales para la construcción de la carretera, pero la parte de los flujos de detritos y los deslizamientos en las fracturas mayores son parte de procesos naturales.





# Capítulo 3

## Métodos de evaluación de deslizamientos

### 3.1 Introducción

Los estudios realizados a través del tiempo dan un reflejo de cómo se puede tomar en cuenta las características de las zonas y como estas serían afectadas y llegarían a afectar a la población y a la infraestructura de un país. A través del tiempo han surgido diferentes tipos de análisis de riesgo, entre ellos los métodos subjetivos y cuantitativos no han quedado afuera, pero las cualidades de los estudios no serían capaces de dar una visión exacta de lo ocurrido si no se tiene una comparación real de los resultados con otros ocurridos, como sucede naturalmente en un entorno Ingenieril, los cálculos resultantes tienen que ser vistos en comprobaciones matemáticas y físicas.

### 3.2 Métodos de evaluación de deslizamiento inducidos por Sismo

#### 3.2.1 Métodos de talud infinito

En las condiciones en las cuales se presenta una falla paralela a la superficie del talud a una determinada profundidad, la longitud de la falla es larga comparada con su espesor, por ello, se puede utilizar en forma aproximada el análisis de talud infinito (Figura 2). Es un sistema rápido y sencillo para determinar la susceptibilidad de que un talud se deslice (factor de seguridad), donde se supone un talud largo con una capa de suelo, detritos o roca, en el cual cualquier tamaño de columna de material es representativo de todo el talud.

Con la finalidad de prevenir desastres como los anteriormente mencionados, es importante conocer cuáles son las zonas más susceptibles a sufrir deslizamientos ya sea ocasionados por sismo o lluvias intensas. El método de análisis de estabilidad de talud infinito ha sido ampliamente utilizado en la literatura técnica para zonificaciones regionales de peligro y riesgo (Van Westen y Terlien, 1996; Jibson et al., 2000; Luzy et al., 2000; Alcántara-Ayala, 2004). Esto se debe a la sencillez del método, a su fácil integración en un SIG además de que a escala regional es casi imposible la utilización de métodos más precisos, debido a la falta de datos geotécnicos y al desconocimiento de los mecanismos precisos de movimiento (Luzy et al., 2000; Katz y Crouvi, 2007).

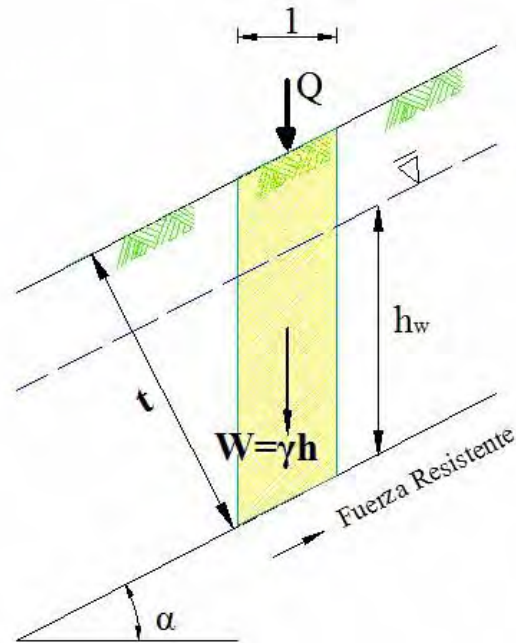


Figura 3.1 Esquema simplificado del método del talud infinito (Jibson et al., 2000)

### 3.2.2 Factor de seguridad

Existen diversas maneras de expresar el factor de seguridad de un talud, una que resuelta sencilla de manejar es la siguiente (Jibson et al., 2000).

$$FS = \frac{c'}{\gamma \cdot t \cdot \text{sen} \alpha} + \frac{\tan \phi'}{\tan \alpha} - \frac{m \gamma_w \tan \phi'}{\gamma \tan \alpha} \dots \dots \dots (3.1)$$

Donde  $\phi'$  es el ángulo de fricción efectivo,  $c'$  es la cohesión efectiva,  $\alpha$  es el ángulo del talud,  $\gamma$  es el peso específico del material,  $\gamma_w$  es el peso específico del agua,  $t$  es el espesor de material medido perpendicularmente al plano de falla y  $m$  es la proporción del espesor de material que se encuentra saturado.

Esta ecuación se divide en tres términos, el primero es la componente cohesiva de la resistencia, la segunda es la componente friccionante y el tercer término toma en cuenta la disminución de la resistencia debido a la presión de poro. El espesor,  $t$ , es medido perpendicularmente al plano de deslizamiento, a diferencia de otras expresiones donde se toma la distancia vertical.

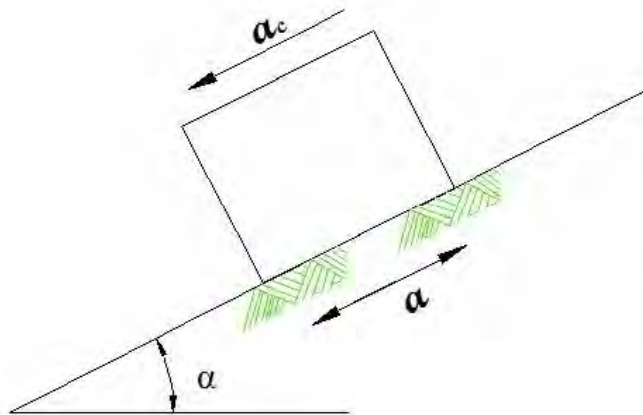
### 3.2.3 Análisis regional de Newmark para deslizamientos inducidos por sismo

Wieczorec et al. (1985) desarrollaron un criterio para evaluar la estabilidad de pendientes sísmicamente en una región combinando la estabilidad del talud en estado estático y el análisis de falla de taludes sísmico desarrollado por Newmark (1965). En general, para modelar la respuesta dinámica de los taludes, se puede utilizar el método de los desplazamientos permanentes desarrollado por Newmark (1965). Este método posteriormente fue usado para analizar la estabilidad dinámica de laderas naturales (Jibson y Keefer, 1993) y para realizar evaluaciones

regionales de peligro por deslizamientos inducidos por sismos, usando Sistemas de Información Geográfica (Jibson et al., 2000).

El trabajo de Newmark consiste en modelar un deslizamiento como un bloque rígido y friccionante sobre un plano inclinado (Figura 3). El bloque tiene una aceleración crítica,  $a_c$ , que representa el umbral de aceleración requerido para superar la resistencia cortante y promover el deslizamiento.

El análisis de desplazamientos de Newmark no necesariamente predice los desplazamientos reales de los deslizamientos en campo, pero resulta una herramienta útil para definir el comportamiento de cualquier talud ante la acción de un sismo.



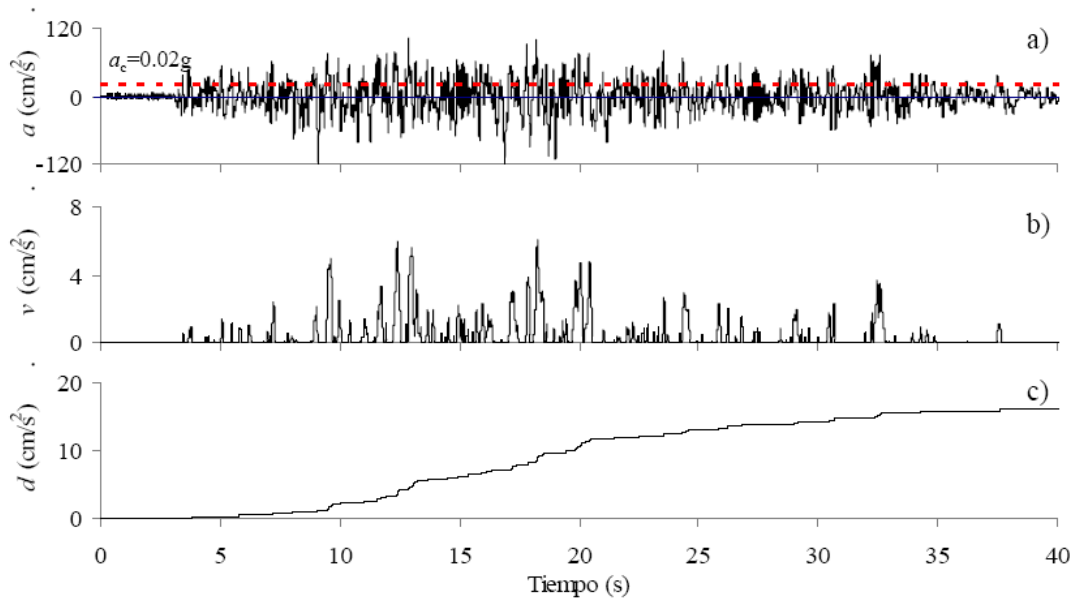
**Figura 3.2 Esquema del bloque inclinado en el análisis de Newmark (Jibson y Keefer, 1993)**

La aceleración crítica es función del factor de seguridad estático y de la geometría del deslizamiento. Puede ser expresada como:

$$a_c = (FS - 1) \text{sen } \alpha \dots\dots\dots (3.2)$$

Donde  $a_c$  es la aceleración crítica (en términos de g, la aceleración de la gravedad),  $FS$  es el factor de seguridad en condiciones estáticas y  $\alpha$  es el ángulo de la pendiente.

El ángulo  $\alpha$  en este caso, se refiere a la dirección en la cual se mueve el centro de gravedad de la masa cuando ocurre el deslizamiento. En análisis a escala regional, el valor del ángulo de empuje prácticamente es igual al ángulo de la pendiente de las laderas. La estabilidad dinámica de las laderas, en el contexto del método de Newmark, está relacionada con la estabilidad en términos estáticos. Para el caso de análisis regionales de deslizamientos, se puede usar el método estático de equilibrio límite, basado en el talud infinito, considerando un comportamiento cohesivo y friccionante para todos los taludes analizados. Este método permite hacer análisis en grandes áreas e integrarlos en un SIG, debido a su sencillez. De hecho, cuando se evalúa la estabilidad de las laderas en grandes áreas, no es posible usar métodos más exactos pues se desconocen las propiedades mecánicas de los materiales y la geometría de los deslizamientos (Luzi et al., 2000). Un análisis riguroso usando el método de Newmark, implica la integración doble de las partes de registros de aceleración tiempo de sismos específicos, que excedan la aceleración crítica de los taludes (Figura 4). Para análisis regionales que implican la creación de mallas de 25 x 25m o de 50 x 50 m, dentro de un SIG, lo anterior resulta impráctico (Jibson et a. 2000).



**Figura 3.3. Ilustración de la doble integración del método de Newmark. a) movimiento sísmico en la estación CALE del sismo del 19 de septiembre de 1985 componente EW con la aceleración crítica  $a_c=0.02g$  indicada con línea punteada, b) velocidad del bloque de deslizamiento para una  $a_c=0.02g$  y c) desplazamiento del bloque de la ladera para una  $a_c=0.02g$**

Para aplicar el método de Newmark en análisis regionales de deslizamientos en México, Jaimes *et al.* (2008) desarrollaron un procedimiento simplificado que incorpora una ecuación empírica para estimar el desplazamiento de Newmark ( $DN$ ) como una función de la intensidad del sismo y de la aceleración crítica ( $a_c$ ) para sismos de subducción en México. Quedando como:

$$\log D_N = -1.2841 + \log \left[ \left( 1 - \frac{a_c}{a_{max}} \right)^{1.9518} \left( \frac{a_c}{a_{max}} \right)^{-1.2786} \right] \pm 0.5882 \dots\dots\dots (3.3)$$

Y para sismos de falla normal, queda que

$$\log D_N = -0.7819 + \log \left[ \left( 1 - \frac{a_c}{a_{max}} \right)^{2.2627} \left( \frac{a_c}{a_{max}} \right)^{-1.3779} \right] \pm 0.7351 \dots\dots\dots (3.4)$$

$D_N$  es el desplazamiento en centímetros,  $a_c$  es la aceleración crítica y  $a_{max}$  es la aceleración máxima del terreno (Jibson, 2007; Ambraseys y Menu, 1988).

Jibson (2007) y Ambraseys y Menu (1988) consideran el valor de desplazamiento,  $DN$ , de 5 cm como un valor crítico, que caracteriza la falla de un talud y promueve su deslizamiento. Este valor conservador, representa taludes formados por rocas frágiles (Romeo, 2000). Jibson y Keefer (1993) definen el valor de  $DN$ , de 5-10 cm, como un valor crítico para la falla en taludes limo-arcillosos y de 10 cm para taludes formados por suelos cohesivos. En resumen, valores de  $D_N$  dentro del intervalo de 5-10 cm, incrementan la probabilidad de falla de los taludes. En la Tabla 1 se resume lo anterior.

**Tabla 3.1 Intervalo de valores de DN que incrementan la probabilidad de falla de los taludes**

Desplazamiento de Newmark	Materiales afectados
5 cm	Rocas frágiles
5-10 cm	Materiales limo-arcillosos
10 cm	Materiales arcillosos

### 3.3 Metodologías para la evaluación de deslizamientos por lluvia

A pesar de que los sismos podrían representar un porcentaje importante en la ocurrencia de los deslizamientos de taludes, las estadísticas de deslizamientos ocurridos alrededor del mundo muestran que las lluvias propician un número aún mayor de este tipo de eventos. Debido a esto, es importante tener el conocimiento sobre las zonas de mayor susceptibilidad a deslizarse debido a condiciones hidrometeorológicas extraordinarias.

Continuando con el concepto del talud infinito, investigadores como Montgomery et al. (1998) han propuesto expresiones para evaluar las condiciones del terreno bajo las cuales éste tenderá a moverse. Para ello, definen un parámetro denominado precipitación crítica de estado estacionario, que es la precipitación necesaria para que ocurra un deslizamiento en un terreno con características definidas.

$$Q_c = \frac{T \operatorname{sen} \alpha}{(a/b)} + \left[ \frac{c'}{\rho_w g \cos^2 \alpha \tan \phi} + \frac{\rho}{\rho_w} \left( 1 - \frac{\tan \alpha}{\tan \phi} \right) \right] \dots\dots\dots (3.5)$$

donde  $T$  es la transmisibilidad del suelo a lo largo de su espesor,  $a$  es el área tributaria pendiente arriba y  $b$  es la longitud del terreno que se desliza (Figura 5). Para el caso de terrenos donde el material no presenta cohesión, la ec. 5 se simplifica considerablemente, quedando:

$$Q_c = \frac{T \operatorname{sen} \alpha}{(a/b)} \left[ \frac{\rho}{\rho_w} \left( 1 - \frac{\tan \alpha}{\tan \phi} \right) \right] \dots\dots\dots (3.6)$$

Sin embargo, se pueden presentar casos donde la precipitación no afectará el comportamiento del terreno, lo cual se conoce como pendientes incondicionalmente estables. La condición de pendientes incondicionalmente estables se puede evaluar como:

$$\tan \alpha < \frac{c'}{\rho g \cos^2 \alpha} + \left( 1 - \frac{\rho}{\rho_w} \right) \tan \phi \dots\dots\dots (3.7)$$

Caso contrario será aquel donde el deslizamiento del material sea inminente debido a una pendiente muy abrupta, esta condición se define como pendientes incondicionalmente inestables, la cual se evalúa como

$$\tan \alpha > \tan \phi + \frac{c'}{\rho g \cos^2 \alpha} \dots\dots\dots (3.8)$$

Con las expresiones anteriores y la información geológica e hidrometeorológica necesaria, es posible evaluar la ocurrencia de deslizamientos de suelos usando sistemas de información geográfica.

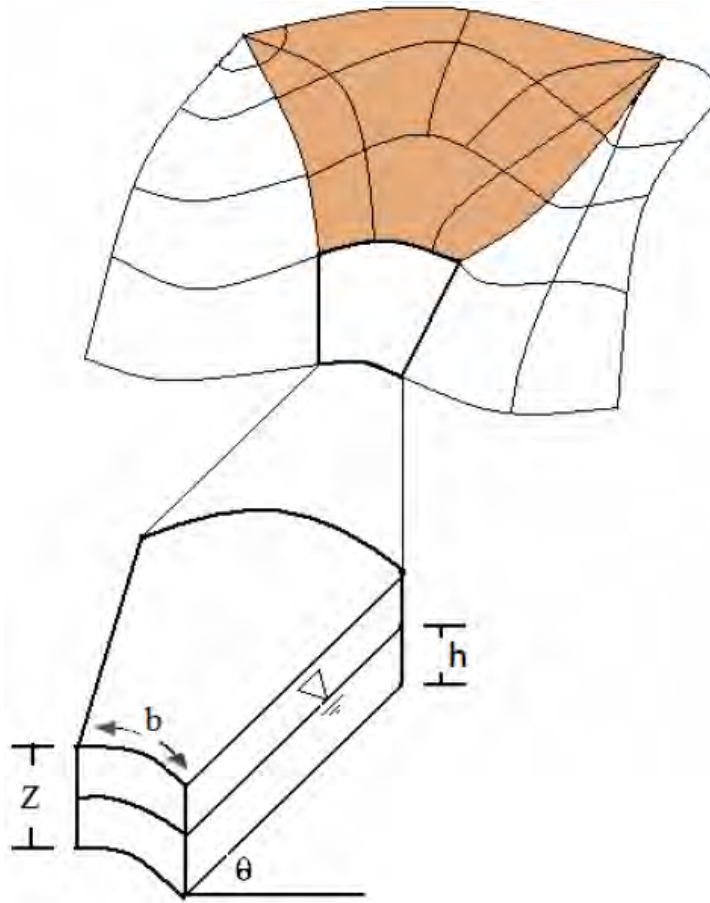


Figura 3.4 Ilustración de los parámetros usados en la ec. (5) (Montgomery et al., 1998)

## Capítulo 4

### Base de datos de deslizamiento en un sistema de información geográfica inducidos por sismo y lluvia en México

#### 4.1 Introducción

Los procesos de remoción en masa constituyen una amenaza importante ya que éstos, en combinación con la vulnerabilidad de las poblaciones expuestas, determinan el riesgo y han causado a lo largo de la historia un considerable número de desastres en diversas partes del mundo, incluyendo México. Una adecuada evaluación de dichas amenazas requiere en su fase inicial, de la identificación y clasificación tipológica de los movimientos en su contexto espacio-temporal; esto comúnmente se realiza mediante la elaboración de diferentes tipos de mapas y de la construcción de una base de datos. Sin embargo, debido a que las investigaciones relacionadas con la inestabilidad de laderas desde una perspectiva geomorfológica y no meramente ingenieril son recientes y carecen de una plataforma sólida de referencia a nivel nacional (Alcántara-Ayala, 2007).

Dentro de un espacio geográfico tan desarrollado como lo es el de la república Mexicana los procesos de remoción de masa y una base de datos de ellos, son esenciales para la representación y cuantificación de daños a la sociedad. La utilidad de sistematizar toda la información sobre cualquier tema, de manera ordenada y en un solo documento, resulta obvia, pero en el caso del estudio de los procesos de remoción en masa el impacto positivo se extiende en muchas direcciones. Una base de datos de procesos de remoción en masa puede ayudar de manera general y puntual a establecer relaciones entre los distintos componentes que influyen en los niveles de riesgo y, por ende, en los desastres ocasionados por estos peligros, y es muy útil en la generación de mapas temáticos y de riesgo (Hansen, 1984; Parise, 2000; Van Westen et al., 2006).

#### 4.2 Base de datos de deslizamiento en un sistema de información geográfica inducidos por sismo

Los estudios realizados a través del tiempo dan un reflejo de cómo se puede tomar en cuenta las características de las zonas y como estas serian afectadas, los daños a la población y a la infraestructura de un país son parte importante en los estudios de riesgo. La comprensión de los mecanismos de deslizamientos y de la dinámica de estos, se basa en un análisis de masa y su tipo de falla conforme la ocurrencia a través del tiempo, en términos de corto y largo plazo.

Los sismos en México en el caso de los procesos de remoción de masa y sus afectaciones en particular, se han visto como en menor proporción comparados con los relacionados por gravedad o por fenómenos de lluvias, las características de la bases de datos que se denotaría en principio por el fenómeno, fecha y porque la magnitud del sismo que fue el detonante principal.

En referencia de la búsqueda de la información y las características que se le dieron más importancia, fueron en particular las características de fecha, Tipo de deslizamiento, Magnitud del sismo y como parte importante la ubicación geográfica. En la última condición de georreferencia se dieron a detalle las características puntuales o por medio de áreas de desastres a través de digitalización de mapas temáticos.

La *tabla 4.1* presentada por Bommer y Rodriguez (Bommer2002) es esencial para el inicio de una base de datos eficiente, ya que contiene en particular datos de gran importancia como son Magnitud del sismo, fecha de ocurrencia del deslizamiento y la magnitud. Las características que se añaden con una búsqueda bibliográfica y por tiempo en específico, serian a detalle los tipos de deslizamiento, y cantidades de personas fallecidas por ese evento.

**Tabla 4.1 Deslizamientos originados por sismo en México (Bommer, 2002)**

ID	FECHA	HORA	LATITUD	LONGITUD	PROFUNDIDAD	ORIGEN	MAG 1	MAG 2	MAG 3
1	19/11/1912	18991230	19.93	-99.83	n/h+?	c/n insta?	7.0	-	-
2	04/01/1920	18991230	19.27	-96.97	n/h+?	?	6.4	-	-
3	15/01/1931	18991230	16.10	-96.64	n	enistal	7.8	-	7.7*
4	26/08/1959	18991230	18.45	-94.27	23	enistal	6.8	-	6.8*
5	30/01/1973	18991230	18.53	-102.93	48	Sub	7.5	6.1	7.6
6	29/11/1978	18991230	15.76	-96.78	18	enistal	7.8	6.4	7.6
7	14/03/1979	18991230	17.76	-101.29	s	u.c	7.6	6.3	7.5
8	10/09/1993	18991230	14.23	-92.68	36	enistal	7.3	6.2	7.2
9	14/09/1993	18991230	19.30	-93.07	43	enistal	5.1	5	5.5
10	19/09/1993	18991230	14.44	-93.30	36	enistal	6.4	5.7	6.4
11	09/10/1995	18991230	19.06	-104.21	n	enistal	7.4	6.5	8
12	15/06/1999	18991230	18.41	-97.34	80	sub	6.5	6.3	6.9

En el marco de búsqueda de información con respecto a sismos, los deslizamientos ocurridos podremos tener los casos más en específico, como reportes de secretaria de transportes, CENAPRED, fascículos de investigación y partes en donde la descripción de cada uno de ellos estará referido a un marco geológico como lo muestra la *tabla 4.2* reportada en el sismo de Tecmán en el 2003 por Keefer y Wartman (Keefer D. 2006). Las características más importantes son de un solo evento, pero la relación de flujos y deslizamientos está ampliamente detallada.

La importancia que ahora tienen las bases de datos de los efectos de los sismos en la república Mexicana, es en particular para generar una conciencia de los daños que pueden presentar por efecto de los sismos y las características ocasionan, así como regiones en particular del país. Los gobiernos estatales así como los municipales y federales se dan a la tarea de dar soluciones por ocurrencia de deslizamientos, pero la mayoría de los estados no tienen una sólida base de toma de decisión, ya que la similitud de los sismos con respecto a los fenómenos de deslizamientos era menor, con respecto a los que se toman por efectos gravitatorios o de fenómenos hidrometeorológicos. Con las bases actuales así como las características que se presentan a continuación serán parte de creación de sistemas de automatización para una pronta repuesta.



**Tabla 4.2 Deslizamientos originados por un sismo, Tecoman, Colima (Keefer, 2006)**

Id	Descripción	Volumen
5	Ésta pendiente producida por la ruptura del suelo deslizado se constituye de escombros de rocas angulares originadas por los deslaves.	300 m <sup>3</sup>
7-9,10	Varias de las pequeñas rocas deslizadas fueron arrojadas desde el corte inclinado del acantilado compuesto de riolita endurecida. El cruce de la estratificación en el acantilado y la superficie de falla estaba casi paralelo al corte de la superficie. El mayor derrumbe observado en las partes aisladas de la costa cordillera que se intercalan con tierras bajas costeras se produjo aquí. Este derrumbe fue una caída de roca originada en un corte casi vertical en lo que evidentemente era una cantera abandonada. La roca fuente era una riolita bien cementada un poco fracturada. Alrededor de algunas grietas se encontró intemperismo, que en parte estaba dentro de la zona de cizalla donde la roca ha sido molida en un material similar al gouge.	25 m <sup>3</sup>
11, 12	Varios derrumbes de rocas pequeñas y deslizamientos ocurren por desmonte en las riolitas.	1200 m <sup>3</sup>
13, 14	Los derrumbes de roca eran relativamente frecuentes en areniscas y limolitas a lo largo de los tramos de la carretera. Algunos de estos fueron debidos a rocas débilmente cementadas.	
15	Varios derrumbes de rocas pequeñas ocurrieron en el corte de la carretera y eran de limolitas y areniscas.	
16	En este sitio la construcción se asocia con el Puente de la Autopista que esta sobre Rio Coahuayana. Pequeños desplomes ocurrieron a lo largo de la zanja de los cimientos del muelle. Una propagación lateral con desplazamientos de varias decenas de centímetros la mayor parte de 1-2 m y se llevaron a cabo a la orilla del río.	
17	El corte a lo largo de la carretera de peaje en general se mantuvo estable a pesar de la estructura de los bloques de la roca. Algunos metros cúbicos de material estaban llenos de roca caída.	3-5 m <sup>3</sup>
18	No se observaron derrumbes a lo largo de este tramo de carretera a pesar de los cortes casi verticales y significativamente más altos que otros cortes del camino. Las rocas eran areniscas y limolitas similares a las localidades 13-15	
19	Un derrumbe de rocas relativamente grande fue arrojado en un corte de la carretera.	300 m <sup>3</sup>
20	Varios derrumbes y deslizamientos de suelo residual y material fracturado, además de granito intemperizado son producto de la pendiente casi vertical del acantilado. Un gran bloque de cerca de 1 metro de cada lado había golpeado la carretera y había sido retirado del lugar con los trabajos de reparación posteriores. Las fuentes de estos derrumbes estaban en el lecho rocoso, los prominentes, inclinados y planos bloques que formaban las cuñas estaban fuera del acantilado, con dilatación que producía una estructura de rompecabezas. Algunos bloques parecía que caerían con un sismo poniendo en riesgo varias cuadras.	3-5 m <sup>3</sup>
21	Muy poco material fue arrojado de lo alto del corte casi vertical.	
22	El derrumbe más grande observado en la costa de la cordillera, completamente bloqueado de una de las dos carreteras de la ciudad de Colima a la costa de esa localidad. Este derrumbe ocurrió en un afloramiento de yeso con inclinación de la ladera en el rango 60-80°. Éste se localiza en la sección de la carretera que tiene una ampliación del carril lo cual minimiza la cantidad de material de roca que caería dentro de la carretera. Los bloques caídos de rocas intacta, que miden 3.5 m de largo, se encuentran a distancias de 15-20 m.	30,000 m <sup>3</sup>
23-24	Cerca de 10 derrumbes de roca ocurren en la parte oeste de la ladera de la carretera en las calizas, areniscas y conglomerados.	
26	El derrumbe de suelo ocurre en la orilla vertical del río.	
32, 42	Varios derrumbes de roca eran arrojados de las grandes pendientes y las laderas de vegetación natural compuestas por caliza.	100 m <sup>3</sup>
33, 34-35, 41	Muchos derrumbes de roca y deslizamientos ocurren en la ladera y el corte vertical de la carretera. Las rocas que cayeron eran un conglomerado de caliza, débilmente cementado e intensamente intemperizado, con algunas zonas moderadamente cementadas.	
36	Solo hay pocos derrumbes a lo largo de este tramo de la carretera a pesar del corte inclinado del que sobresalen rocas ígneas silíceas.	
37	Un derrumbe de roca ocurrió con la falla delimitada por la intersección de dos masas de roca silícica alteradas. Un conjunto de grietas estaba casi vertical y paralelo al corte de la superficie mientras que el otro conjunto estaba casi vertical y perpendicular a la superficie. La superficie de falla a lo largo del conjunto paralelo a la superficie estaba fuertemente intemperizada.	
37-38	Caídas de roca relativamente grandes son comunes a lo largo de la carretera entre estas dos localidades. Cerca del 85 % de la roca a lo largo de este tramo era caliza y el resto era roca ígnea silícica.	
38-39	Había desprendimientos de roca muy dispersos. La actividad de derrumbes a lo largo de este tramo de la carretera entre la localidad 37 y 38 coinciden con un cambio en el tipo de roca de caliza a granito.	1 m <sup>3</sup>
39, 103	Ocurrieron pocos derrumbes relativamente.	
101	Dos derrumbes ocurrieron por la ladera de caliza al norte de la carretera.	
102	5 derrumbes fueron arrojados de la parte de arriba de la ladera y de la cresta oeste de la caliza.	100 m <sup>3</sup>

\*Id numeración de puntos generales para referencia

\*Descripción características generales de los deslizamientos

**Tabla 4.2 Deslizamientos originados por un sismo, Tecoman, Colima (Keefer, 2006) (Continuación)**

Id	Descripción	Volumen
104-111	Pequeños derrumbes de roca y suelo ocurrieron en el corte de carretera, algunos de los cuales eran rocas fracturadas. La capa de roca a lo largo de este tramo de carretera consiste principalmente de granito, roca volcánica y caliza.	
112	Un derrumbe de roca y un deslizamiento a lo largo de varios deslizamientos de rocas pequeñas ocurridos por gran intemperismo del granito. Las fuentes del desprendimiento de tierra estaban en un corte abandonado casi vertical y de cerca de 10 metros de altura.	100 m <sup>3</sup>
113-121	Muchos de los pequeños derrumbes de roca ocurrieron a lo largo del corte de este tramo de camino. La roca era granito y mucha de la roca caída estaba intemperizada.	60 m <sup>3</sup>
118	Un desprendimiento de tierra ocurrió en un granito intemperizado en la parte baja del valle	

\*Id numeración de puntos generales para referencia

\*Descripción características generales de los deslizamientos

Las características de unificación de la base de datos, da origen como resultado una tabla que su aporte sea generado por los diferentes tipos de eventos, años de ocurrencia, y características que hagan referencia a los volúmenes. La tabla 4.3 correspondiente a una resumen de todos los datos obtenidos de los eventos descritos con anterioridad en el Capítulo 2, esto con la finalidad de poderlos ingresar a una sistema de bases de datos y una sistema de información geográfica para su presentación visual y su pronta manipulación.

**Tabla 4.3 Deslizamientos originados por sismo en el país- Resumen general**

ID	Estado	Minicipio	Fecha	Causas	Muertes	Volumen	*IMS
1	Chiapas	Montecristo de Guerrero	19 de noviembre de 1912	Sismo de M= 7			I
2	Chiapas	Villa Corzo	4 de enero de 1920	Sismo de M= 6.4			I
3	Oaxaca	San Agustín Loxicha	15 de enero de 1931	Sismo de M= 7.8			I
4	Oaxaca	Miahuatlan de Porfirio Díaz	26 de agosto de 1959	Sismo de M= 6.8			I
5	Guerrero	Petatlan	26 de agosto de 1959	Sismo de M= 6.9			I
6	Veracruz	Moloacán	30 de enero de 1973	Sismo de M= 7.5			I
7	Veracruz	Minatitlán	29 de noviembre de 1978	Sismo de M= 7.8			I
8	Tabasco	Nacajuca	14 de marzo de 1979	Sismo de M= 7.6			I
9	Puebla	Tehuacán	10 de septiembre de 1993	Sismo de M= 7.3			I
10	Michoacán	Aguililla	14 de septiembre de 1993	Sismo de M= 5.1			I
11	Colima	Manzanillo	19 de septiembre de 1993	Sismo de M= 6.4			I
12	Veracruz	Tlaltetela	9 de octubre de 1995	Sismo de M= 7.4			I
13	Edo. de México	Acambay	15 de junio de 1999	Sismo de M= 7.5			I
14	Puebla	San pedro atzumba	15 de junio de 1999	Sismo de M= 7.5	17	6x10 m <sup>3</sup>	II
15-116	Colima	Tecomán	21 de enero de 2003	Sismo de M= 7.6	29		III
117-139	Jalisco	Tonila	21 de enero de 2003	Sismo de M= 7.6			III

\*Id numeración de puntos generales para referencia

\*\*IMS conjunto de observación mapa 4.1

La manipulación de la base de datos de sismo, con ayuda de un software de visualización y proyección de cada uno de los puntos, así como las zonas más importantes de deslizamientos en el país a través de los años, es parte fundamental de la generación de un mapa como que se muestra en la figura 4.1, a su vez su clasificación y leyenda representado como parte básica de los diferentes modelos de investigación encontrados. La información contenida en una base de datos nos enriquece como parte de los diferentes aportes que la información hace, pero sin una visualización general de esta no sería posible comprender a fin de cuantas la magnitud y distribución de cada uno de los eventos.

En la figura 4.1 se presenta los deslizamientos en México asociados a sismo. Se puede observar que las región de deslizamientos concuerda con las formación de de zonas sísmicas del país y en parte principal se puede agregar también los volcanes del país para dar también un parámetro mas a la observación total a nivel país.

Es posible por medio de un modelo en SIG hacer modificaciones o agregar datos a través del tiempo y por esa misma razón las condiciones que se presentan a continuación de sismo. Con lo anterior podemos agregar parte del conocimiento de regionalización sísmica del país y es comparable con respecto las zonas de mayor influencia de sismo, así mismo podremos tomar en cuenta las características de las zonas del Pacifico como mayor influencia para este tipo de fenómenos, dando así la comprobación de ciertas racionalidades tomadas por investigadores como Marin-Cordova y la Comisión federal de Electricidad en sus catálogos para obras civiles.

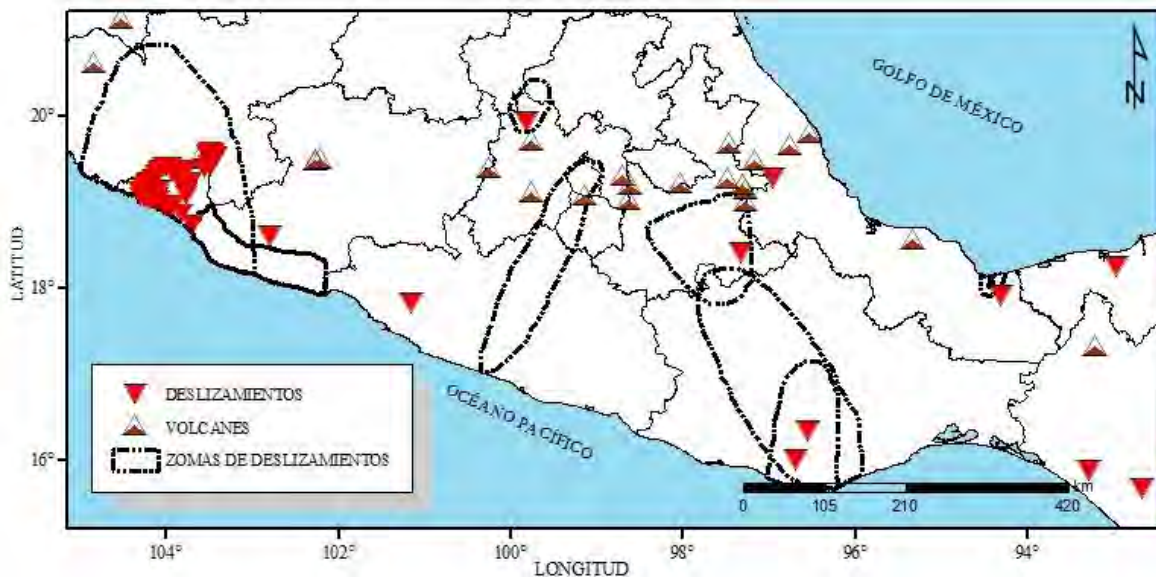


Figura 4.1 Deslizamientos en México asociados a sismo

### 4.3 Base de datos de deslizamiento en un sistema de información geográfica inducidos por lluvia

Las relación de de lluvia expresados en el capítulo anterior, los diferentes tipos de fenómenos que golpean al país, que dan como origen lluvia, fueron parte básica de la creación de una base de datos con reflejo directo de estos fenómenos nos puede dar como resultado un mayor número de fenómenos que ocasionan diferente

Los estudios realizados a través del tiempo dan un reflejo de cómo se puede tomar en cuenta las características de las zonas y como estas serian afectadas y llegarían a afectar a la población y a la infraestructura de un país

Los deslizamientos a continuación presentados en su base formal fueron estructurados como en el punto anterior para sismos, pero con referencia en específico al fenómeno que originara lluvias, que a su vez fueran detonantes de deslizamientos. En particular la influencia de lluvias y sismos comparadas con los números de puntos localizados fueron más a detalle las características de los sismos, pero la comparativa de la información era más básica comparada con la tomada como parte de sismo, las características de cada uno de ellos así como los fallecimientos que estos provocaron son más explicados en la parte de sucesos y los parámetros de volúmenes son aún mayores pero la correspondencia de ellos, más bajo en caso de lluvias.

Se puede denotar en la tabla 4.3 las características fundamentales de las principales fuentes de información así como la pequeña explicación de las causas pero en menor comparativa con la tabla 4.2. La función de esta primera tabla es para dar un marco general de la tabla que se entregara por parte de cada uno de los fenómenos que se presentaron en el país, las correspondencias de datos y en particular con cada uno de los años de ocurrencia, generan en sí una conciencia de cómo se distribuyen los diferentes casos de deslizamientos o PRM.

**Tabla 4.3 Base de datos de deslizamientos en México (Alcantara-Ayala, 2000)**

ID	Municipio	estado	Origen	Muertes	Fecha	Causas
1	La Paz	B.C.S Sur	Huracán Liza	1000	1 de Octubre de 1976	Huracán Liza
2	Minatitlán	Colima	Huracán Dolores	871	27 Octubre de 1959	Huracán 15
3	Sierra Norte de Puebla	Puebla	Tormenta tropical	247	octubre de 1999	Tormenta tropical
4	Acapulco	Guerrero and Oaxaca	Huracán Paulina	228	8-9 Octubre de 1997	Huracán Paulina
5	Tlalpujahua	Michoacán	Lluvias	176	27 de mayo de 1937	Lluvias y rotura de presa
6	Motozintla	Chiapas	Lluvias	171	6-12 Octubre de 1998	Deslizamiento regional
7	San Pedro Actopan	D.F.	Lluvia	150	4 de junio 1935	Deslizamiento regional por Lluvias
8	Valdivia	Chiapas	Regional Landslide event triggered by heavy rains	150	6-12 Septiembre de 1998	Deslizamiento regional por lluvias
9	Atentique	Jalisco	Lluvias Torrenciales	100	16 Octubre de 1955	Lluvias torrenciales
10	Papantla	Veracruz	Fuertes Lluvias	60	6 Octubre de 1999	Lluvias torrenciales

! \*id numeración de puntos generales para referencia

\* \*IMS conjunto de observación mapa 4.1

La tabla 4.4 muestra a continuación un resumen de las ubicaciones geográficas que se realizaron por parte de los datos recopilados y se clasificaron en los tipos de correspondencia que ahora se presentan en un formato ya establecido en el caso anterior, Dando las comparativas de la forma en cómo se presentó la parte de el resumen de sismos (**tabla 4.3**) y los deslizamientos originados por ellos, se observaría que el parámetro más importante sería el de "Causas" que tendría la importancia de una idea fundamental como base de datos, para relacionar las dos en un mapa temático al final.

La información y sus acomodo corresponden en general para los dos casos tanto lluvias y sismos, para las referencias a las que ellas se ligan, es de gran importancia que en el compendio y tablas generadas se podrán tomar en cuenta para los diferentes tipos de procesos en un marco teórico general.

Capítulo 4 Base de datos de deslizamiento en un sistema de información geográfica inducidos por sismo y lluvia en México

**Tabla 4.4 Base de datos de deslizamientos en México general Alcantara-Ayala, 2000)**

ID	Estado	Municipio	Fecha	Causas	Muertes	Volumen	IM
1	B.C.S Sur	La Paz	1 de octubre de 1976	Huracán Liza	1000		I
2	Colima	Minatitlán	27 de octubre de 1959	Huracán Dolores	871		I
3	Pueb., Guer. y Oax.	Sierra Norte de Puebla	1 de octubre de 1999	Tormenta tropical	247		I
4	Oaxaca	Acapulco	08 y 09 de octubre 1997	Huracán Paulina	228		I
5	Michoacán	Tlalpujahua	27 de mayo de 1937	Lluvias	176		I
6	Chiapas	Motozintla	6-12 Octubre de 1998	Lluvias	171		I
7	D.F.	San Pedro Actopan	4 de junio de 1935	Lluvia	150		I
8	Chiapas	Valdivia	6-12 de septiembre de 1998	Lluvias	150		I
9	Jalisco	Atentique	16 de octubre 1955	Lluvias Torrenciales	100		I
10	Veracruz	Papantla	6 de octubre de 1999	Fuertes Lluvias	60		I
11	Puebla	Ahuacatlan					I
12	Puebla	Aire libre					
13	Puebla	Amixtlan					
14-15	Puebla	Aquixtla					
16	Puebla	Atempan					
17	Puebla	Atlequizayan					
18-19	Puebla	Atoluca					
20	Puebla	Autepec					
21-23	Puebla	Ayotoxco de Guerrero					
24	Puebla	Carterra Aire Libre					
25-28	Puebla	Carretera 129					
29	Puebla	Caxhuacán					
30	Puebla	Chiconcuautla					
31-33	Puebla	Chignahuapan					
34-35	Puebla	Chignautla					
36	Puebla	Coatepec					
37	Puebla	Coxquihui					
38	Puebla	Cuautempan					
39,40	Puebla	Cuetzalan del Progreso					
41	Puebla	Hermenegildo Galeana					
42	Puebla	Huauchinango					
43,44	Puebla	Huehuetla					
45,46	Puebla	Hueyapan					
47	Puebla	Huitzilán de Serdan					
48	Puebla	Ixtepec					
49	Puebla	Jonotla	octubre de 1999	Depresión tropical	109	750 mil m3 aprox.	
50	Puebla	Mezcalcuatla		Frente frío Frio			
51-55	Puebla	Mezcalcuatla					
56	Puebla	Nauzontla					
57,58	Puebla	Olintla					
59,60	Puebla	Aire Libre					
61	Puebla	San Acateno					
62	Puebla	San Diego					
63	Puebla	San Felipe Tepatlan					
64,66	Puebla	San Juan Tezongo					
67-69	Puebla	San Sebastian					
70-72	Puebla	Tenampulco					
73	Puebla	Tepetzintla					
74-80	Puebla	Tetela de Ocampo					
81,82	Puebla	Teziutlan					
83	Puebla	Tihuatlan					
84-88	Puebla	Tlatlauquitepec					
89,90	Puebla	Tuzamapan de Galeana					
91-94	Puebla	Xochitlan de Vicente Suarez					
95	Puebla	Yaonahuac					
96-100	Puebla	Zacapoaxtla					
101-105	Puebla	Zacatlan					
106	Puebla	Zapotitlan de Mendez					
107	Puebla	Zaragoza					
108-110	Puebla	Zautla					
111	Puebla	Zongozotla					
112,113	Puebla	Zoquiapan					

\*ID numeración de puntos generales para referencia

\*IM clave de observación mapa 4.2 para identificación general

**Tabla 4.4 Base de datos de deslizamientos en México general (Alcantara-Ayala, 2000) (Continuación)**

ID	Estado	Municipio	Fecha	Causas	Muertes	Volumen	IM
114	Hidalgo	San Bartolo Tutotepec	octubre de 1999				I
115	Veracruz	Chumatlan	octubre de 1999	Depresión tropical y Frente rio			I
116,117	Veracruz	Coatzintla					I
118-123	Veracruz	Espinal					I
124	Veracruz	Filomeno Mata					I
125-129	Veracruz	Papantla					I
130	Veracruz	Poza Rica de Hidalgo					I
131	Veracruz	Tlacuilotepec					I
132	DF	San pedro actopan	4 de junio 1953	Fuertes Lluvias en el Ajusco	150		II
133	DF	San gregorio atlapalco	5 de junio 1953	Fuertes Lluvias en el Ajusco	150		II
134	Michoacán	Tlalpujahua	27 de mayo de 1937	lluvias torrenciales	176	3x10 <sup>6</sup> Ton.	II
135	Michoacán	LA cuadrilla	28 de mayo de 1937	lluvias torrenciales			II
136	Michoacán	Del carmen	29 de mayo de 1937	lluvias torrenciales			II
137	Michoacán	La hortaliza	30 de mayo de 1937	lluvias torrenciales			II
138	Michoacán	Tlacotepec	31 de mayo de 1937	lluvias torrenciales			II
139	Michoacán	Rayón	32 de mayo de 1937	lluvias torrenciales			II
140	Michoacán	El rastro	33 de mayo de 1937	lluvias torrenciales			II
141	Michoacán	Alcantarilla	34 de mayo de 1937	lluvias torrenciales			II
142	San Luis Potosí	Cardenas	25 de agosto 1951	Rompimiento de una presa	38		II
143	San Luis Potosí	la planilla	25 de agosto 1951	Rompimiento de una presa			II
144	Jalisco	Atentique	18 octubre de 1955	Fuertes Lluvias	60	2x10 <sup>6</sup> lodo	II
145	Colima	Minatilan	29 octubre de 1959	Huracán	800		II
146	Michoacán	Morelia	20 de octubre de 1969	Lluvias	18		II
147	Guerrero	Acapulco	17 de junio de 1974	Huracán Dolores	11		II
148	B.C.S Sur	La paz	1 de octubre de 1976	Huracán Liza	400		II
149	Veracruz	Xola	11 de agosto de 1983	Lluvias	32		II
150	Oaxaca	Sierra Triqui	16 de agosto de 1983	Lluvias	3		II
151	Veracruz	Papantla	4 de septiembre de 1988	Lluvias	6		II
152-185	B.C.S Sur	Mexicali	1972-1999	Lluvias			III
186-207	B.C.S Sur	Mexicali	1972-1999	Lluvias			III
208-218	B.C.S Sur	Mexicali	1972-1999	Lluvias			III

\*Id numeración de puntos generales para referencia

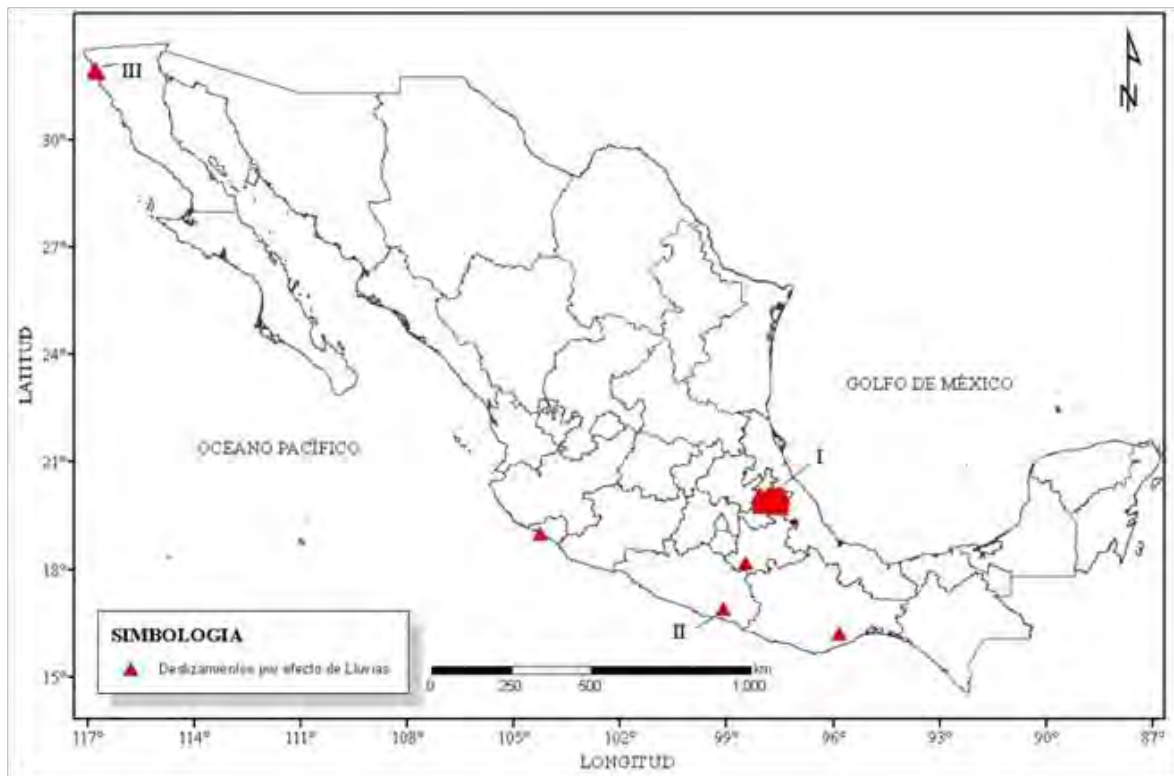
\*\*IM clave de observación mapa 4.2 para identificación general

En la figura 4.3 se presenta los deslizamientos en México asociados a lluvia, es así que mediante las herramientas utilizadas en el caso de anterior y a priori de la base generada para lluvia, se puede obtener mediante un SIG el mapa temático, para solo este caso en particular.

El interés asociado a estos casos es de mucha mayor magnitud. Conforme lo explicado en el caso de sismo, su presencia y efectos es de mayor relevancia en los órdenes del país. Los casos explicados en el **capítulo 1** están referidos a los casos que a nuestro país influyen, si a cada unos de los casos le asociamos los efectos que tengan sobre el país podremos llegar a tener conclusiones más relevantes y así poder denotar mapas de riesgo mejor, o simplemente más ricos en información, la cual al ser procesada por medio estadístico o modelos matemáticos reflejen un punto de vista más ordenado y más apegado a la realidad continua del país. En reportes de CENAPRED así como de gobiernos estatales reflejan la vulnerabilidad de este al respecto de los casos de lluvia podremos tener presente los casos de Puebla como un ejemplo directo



**Figura 4.2 deslizamientos a causa de lluvias del mes de octubre de 1999 (CENAPRED 2001)**



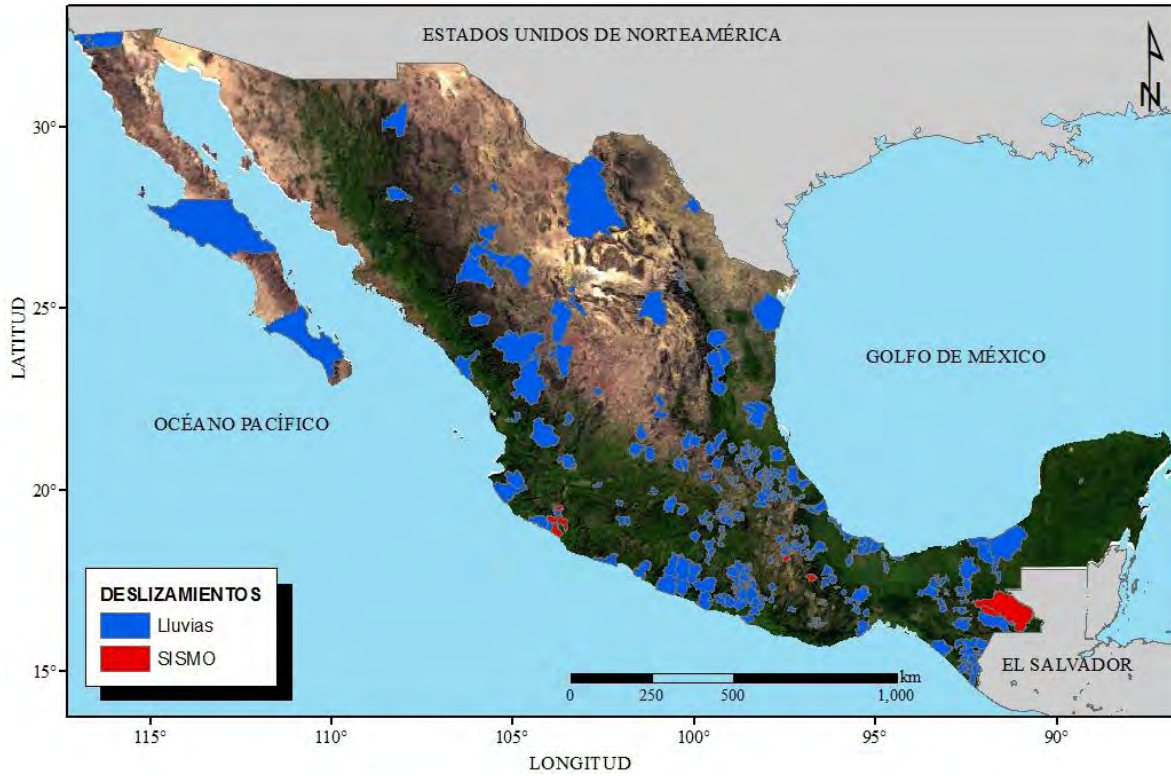
**Figura 4.3 Deslizamientos en México asociados a lluvia**

#### **4.4 Mapa general de deslizamientos inducidos por lluvia y sismo.**

El mapa de la *figura 4.4* que se presenta a continuación está referenciado a una base de datos enriquecida con las características generales de las bases anteriores, y en un dato adherido más se presenta una base de datos generada a través de una recopilación de periódicos y datos de presentaciones a través de la página desinventar, que al igual que la recopilación que se hizo por medio de periódicos a detalle, la base en esa página presentada está actualizada por medios estatales de América latina, es importante también mencionar que esta información está presentada a nivel Municipio ya que los datos generados por los periódicos no son puntuales o con una referencia a detalle de cada uno de los casos ahí mencionados.

El mapa de la *figura 4.4* está referido a detalle y presentado con una correspondencia directa de los tipos de información que aquí se presentan, así como las características de forma en relieve del país a detalle y dada la importancia de los estados y a los municipios que a ellos corresponden.

Las bases presentadas en los puntos anteriores de este capítulo estarán enriquecidas con esta información pero solo se tomara a detalle la importancia de los eventos ocurridos para una posterior búsqueda de información, pero la relación de estos con cada uno de los estados así como llegar a una nivel tan a detalle es casi imposible para todos los eventos.



**Figura 4.3** Deslizamientos en México por sismo y lluvia a nivel de municipio



# Capítulo 5

## Comparación de escenarios observados en referencia con los estimados

### 5.1 Introducción

La presentación de mapas de riesgo en el país, por medio modelajes y percepciones estadísticas y de afines. Son de gran importancia y en este caso los escenarios y calibración de ellos nos pueden dar como parte fundamental la relación de los cálculos como una forma valida de los que se presentaron en la vida real.

Para estimar el riesgo por sismo o huracán se cuenta con un sistema de cómputo que toma en cuenta, por un lado, la ocurrencia de todos los eventos posibles y sus diferentes variantes, como es en el caso de sismo, en cuanto a la atenuación y los efectos en sitio, y en el de lluvia, en lo relacionado con su intensidad. Por otro lado, se observan las características locales o formas a fines para el estudio. Los resultados de este sistema son estimaciones probabilísticas del daño, Estos mapas, como veremos, permiten conocer las zonas de mayor riesgo para el país por sismo y lluvia.

Las partes fundamentales de los mapas de riesgo son la parte de susceptibilidad al deslizamiento, es por eso que la información aquí presentada es de vital importancia para una mayor comprensión del tema y las características de estos para llegar a una conclusión más efectiva y poder en un futuro comparar con otros trabajos relacionados (poner referencia de artículo que te pase).

### 5.2 Casos relacionados

Los casos de diferentes tipos de daños a infraestructuras con relación de los deslizamientos y los tipos de daños, en las diferentes metodologías explicadas en el capítulo 2 se puede representar por medio de datos Estadísticos y cálculos matemáticos, Zonas de susceptibilidad las cuales se representan por medio de áreas de riesgo. las cuales estarán denotadas en los mapas descritos.

Los escenarios retomados del *capítulo 2* son parte fundamental de los estudios y análisis que se presentan a continuación, la relevancia del evento y de las características que haya tenido fueron influencia directa de generar un cálculo para deslizamientos probables. Las metodologías presentadas en el *capítulo 3* hacen referencia al estudio al que se pueden aplicar, en un momento dado las transformaciones y visualización coinciden con los escenarios propuestos.

### 5.2.1 Colima 21 de enero del 2003

El deslizamiento ocurrido en Colima por efectos del sismo con magnitud de 7.6 se puede ver comparado con las Zonas que el modelo presenta en la figura 5.1 esto a su vez de gran importancia por las cantidades de deslizamientos en la figura presentados, los parámetros que toman relevancia según la intensidad de color es la forma en cómo aumenta la susceptibilidad de la zona.

En los casos donde se toman más en cuenta es para dar el tipo de zonificación que le dio y las características que se ven como parte de los deslizamientos ocurridos. Es por eso y para parte de fundamentar la información que aquí se presenta, la calibración relaciona muy bien las zonas donde se presentan los deslizamientos.

A partir de la información denotada en los pasados capítulos, la influencia de datos y su presentación en los mapas de Riesgo es muy bien reflejada estas figuras que dan una mayor visión de lo que se presentó como una metodología. La relación del sismo con todos los daños que se presentaron en el artículo de Keffer D 2003.

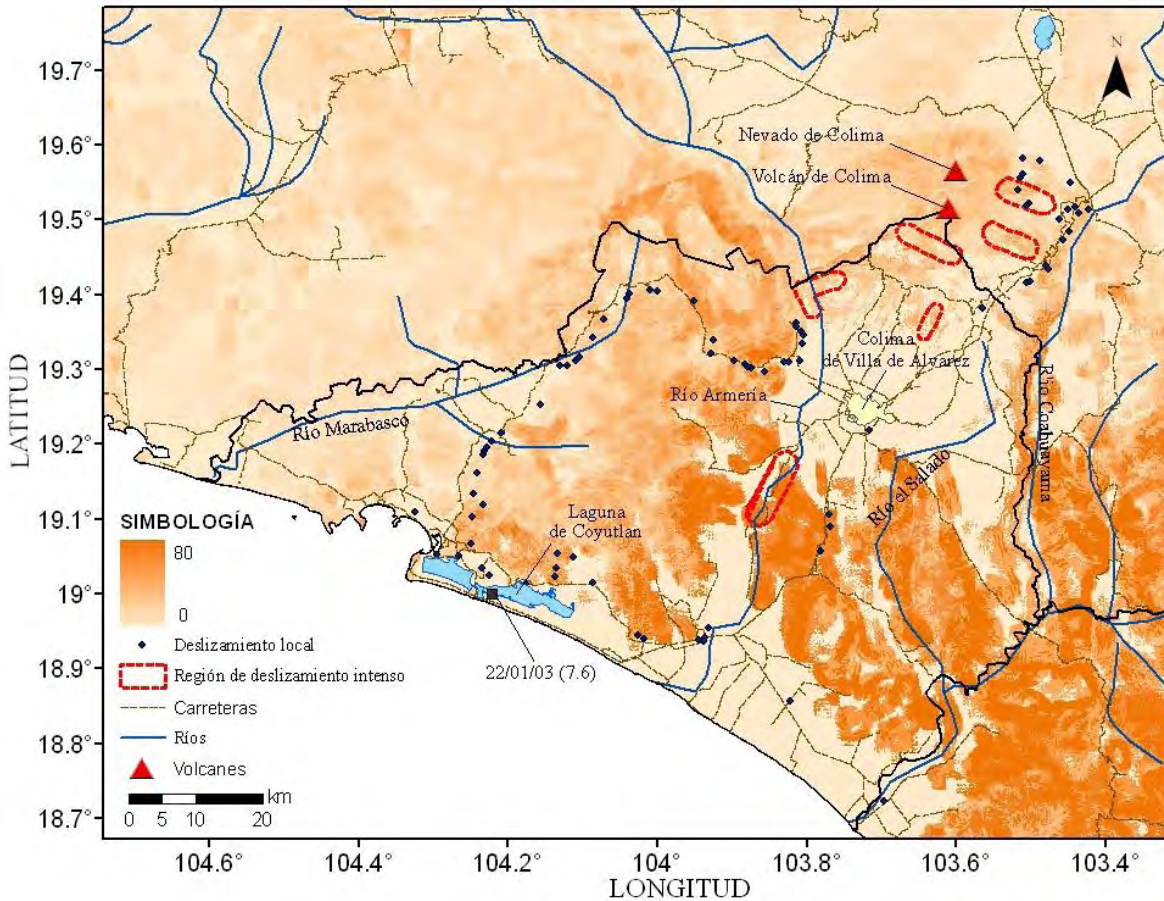
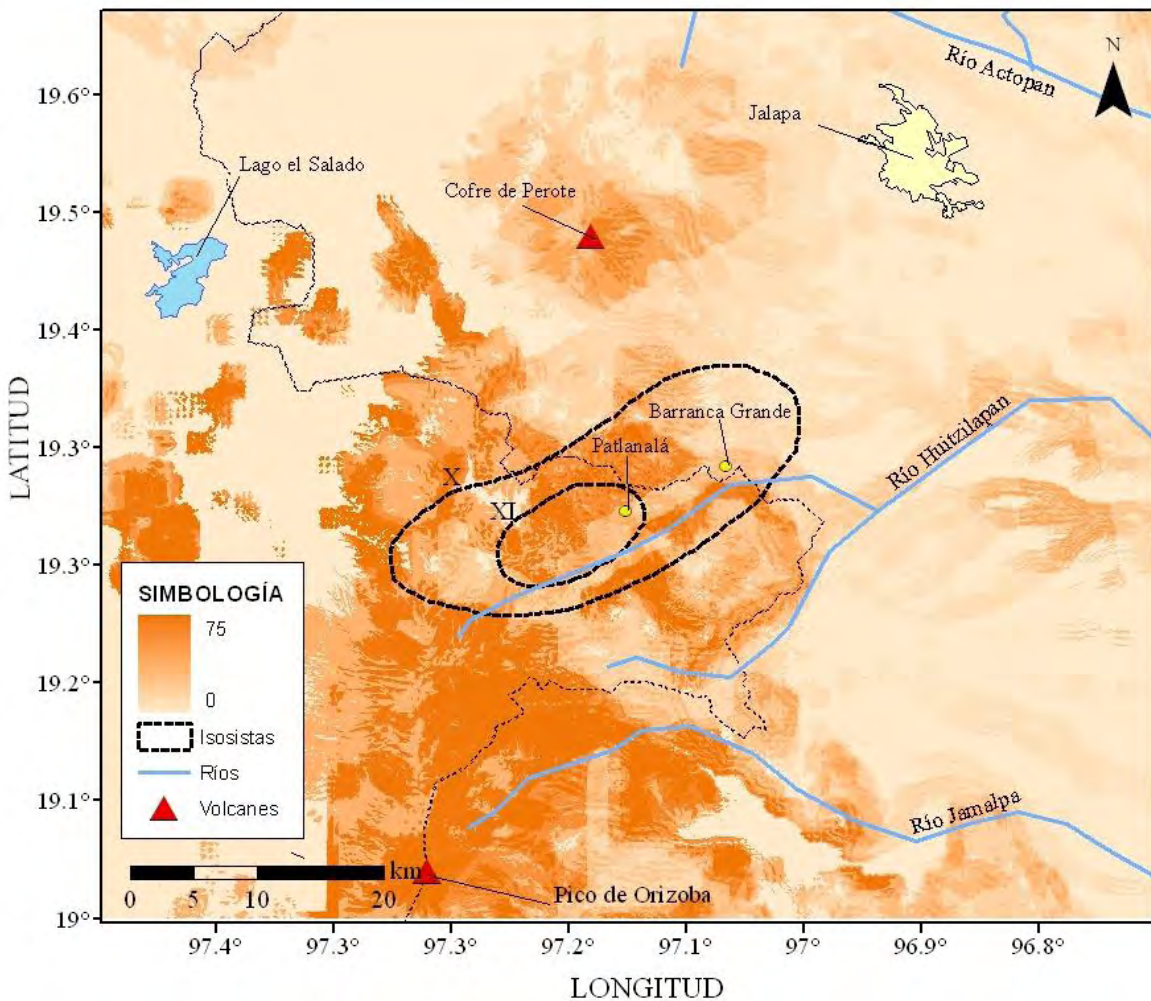


Figura 5.1 Deslizamientos originados por un sismo, Tecomán, Colima (Keffer. D. 2003).

### 5.2.2 Puebla 3 de enero del 1920

En los casos de estudio más denotados están las características más notables en la sierra norte del estado de Puebla y Veracruz, con respecto a la presentación del mapa de riesgos esta denotado en por las franjas que corresponden a las zonas de deslizamiento que presenta el autor en el mapa de *Scott et al., 200*, la presentación de las isosistas reflejan el panorama de los deslizamientos ocurridos, La metodología aplicada y explicada en el *capítulo 3* presenta a continuación en la figura 5.2 la relación del escenario de deslizamientos ocurridos en Puebla y su visualización mas a detalle.

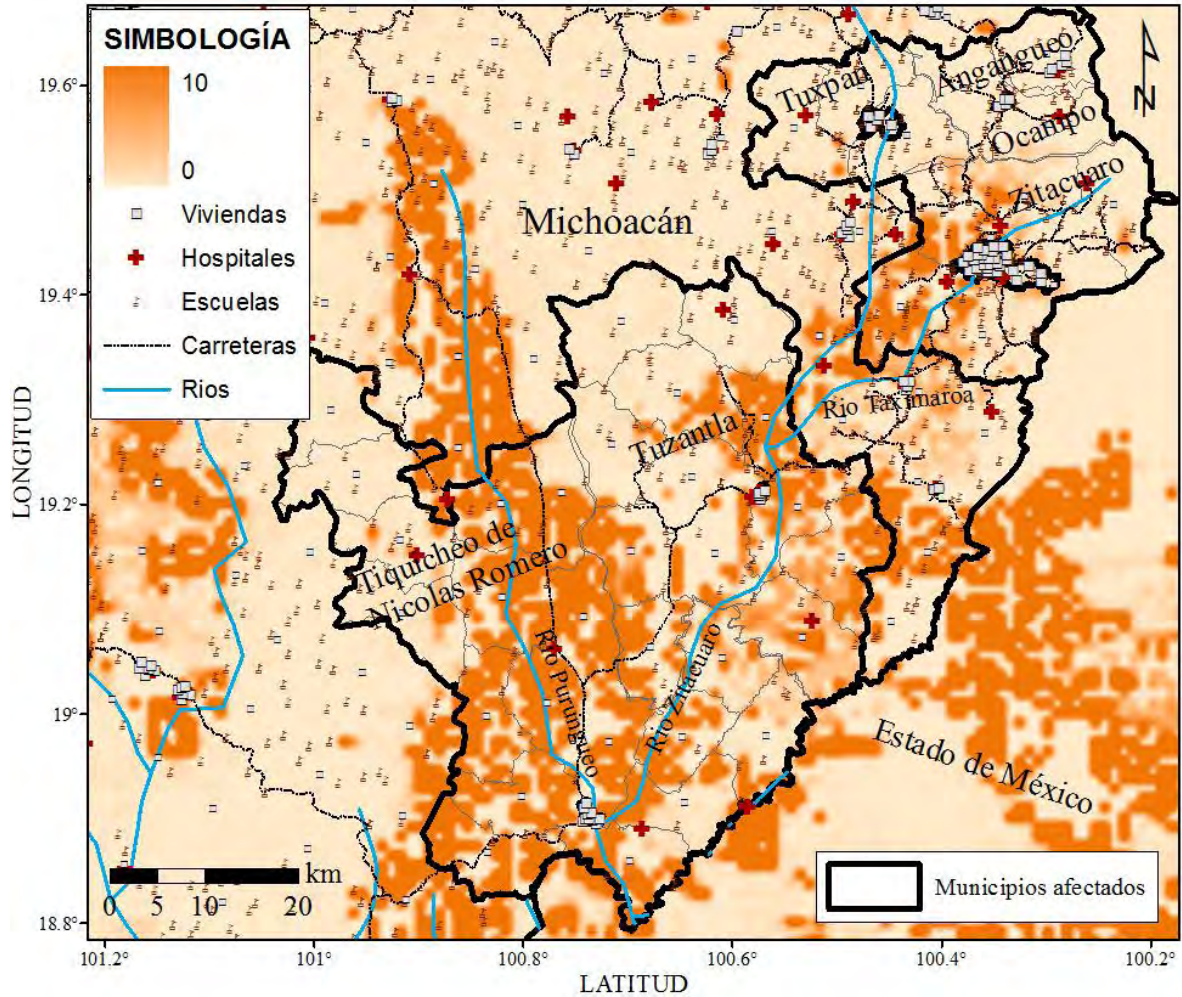
Las características y magnitudes del deslizamiento en este evento fueron de gran importancia ya que por parte del número de muertes y la relación de daños a infraestructura fueron superiores hasta ese momento.



**Figura 5.2** Material movilizado durante el sismo del 3 de enero de 1920 (*Scott et al., 2001*)

### 5.2.2 Michoacán 4 al 9 de febrero del 2010

Las relaciones de lluvias con las estimaciones de daños son relaciones conjuntas, las lluvias registradas en el estado de michoacan debido al paso del frente frio N°29 y la quinta tormenta invernal de la temporada del mes de febrero del año en curso, dejaron como afectación principal la relación de mas de 25 municipios afectados y 34 muertos (explicado en el capitulo 2), lo que ahora se presenta en la figura 5.3 son las zonas mas susceptibles de deslizamiento dado las caracterisctas de la lluvia del mes de febrero, con esto denotando Iso municipios afectados y las diferentes infraestructuras que pueden intervenir en el caso del deslizamiento.



**Figura 5.3** Deslizamientos asociados a lluvia por el paso del frente frio No29 obtenidos por la metodología propuesta en el estado de Michoacán

# Conclusiones

Se presenta una base de datos para una representación de daños por deslizamientos en el país inducidos por sismos y lluvias intensas usando sistemas de información geográfica (SIG). En una presentación de estimación de daños se utiliza el método de análisis de estabilidad de talud infinito, debido a su sencillez y su fácil integración en un SIG, además de que a escala regional, es casi imposible la utilización de métodos más precisos, debido a la falta de datos geotécnicos y al desconocimiento de los mecanismos precisos de movimiento. Con este método se determinan las zonas más susceptibles de presentar deslizamientos traslacionales, los cuales pueden derivar en flujos de detritos y que representan un proceso comúnmente asociado a la sismicidad y lluvias intensas. Otros mecanismos de movimiento como las caídas, volteos, reptaciones y expansiones laterales, quedan fuera del alcance de este trabajo. Los diferentes eventos y características al final comprobados ayudan a un entendimiento concreto de la importancia que tienen la sistematización de la información presentada por deslizamiento y su utilización para fines prácticos y de desarrollo social.

## REFERENCIAS

Alcántara-Ayala, I. (2004), "**Hazard assessment of rainfall-induced landsliding in Mexico**". Geomorphology, Vol. 61, pp. 19-14.

Ambraseys N.N. y Menu J.M. (1988), "**Earthquake-induced ground displacements**", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol.16, pp. 985–1006.

Bitrán-Bitrán, D. (2000), "**Evaluación del impacto socioeconómico de los principales desastres naturales ocurridos en la República Mexicana durante 1999**", cuadernos de Investigación, núm. 50, Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), México, pp. 194-210.

Jaimes, M.A, Reinoso E. y Niño M. (2008), "**Estimación de desplazamiento de laderas inducido por sismo en México**", para ser enviado para su publicación a la revista de Ingeniería Sísmica.

Jibson R.W. y Keefer D.K. (1993), "**Analysis of the seismic origin of landslides: examples from the New Madrid seismic zone**", Geological Society of America Bulletin, Vol. 105, pp. 521–536.

Bommer J.J. y Carlos (2002), "**Rodríguez“Earthquake-induced landslides in Central America”**", Engineering Geology Universidad Nacional de Colombia, Vol. 63, pp 189-220.

Aguilera, J.G., (1920). "**The Sonora earthquake of 1887. Bulletin of the Seismological Society of America**" Vol 10, 31– 44.

Juárez, H., Whitney, R.A., Guerrero, J.J., Gama, A., Vera, R., Hurtado, F., (1997)."**The October 9, 1995 Manzanillo, Me´xico arthquake**" Seismological Research Letters 68 (3), 413–425.

Cruz C. M. y Delgado A., (2000), "**Los deslizamientos de la carretera de cuota Tijuana-Ensenada, B.C.S**" unión Geofica Mexicana, A. C., Vol. pp. 418-432

Alcántara-Ayala, O. Chavez (2006), "**Landsliding related to land-cover change: A diachronic analysis of hillslope instability distribution in the Sierra Norte, Puebla, Mexico**", Instituto de Geografía UNAM CATENA , Volumen 56 pp 152-165.

Malamud D. y L. Turcote (2004). "**Landslides, earthquakes, and erosion**" Earth and Planetary Science Letters Vol. 229, pp 45-59.

Alcántara-Ayala (2008). "**Procesos de remoción en masa en México: hacia una propuesta de elaboración de un inventario nacional**" Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM Vol.66. pp. 47-64.

García P. y Valerio C. V (2006). "**Landslide inventory map of Guadalupe Range, north of the Mexico Basin**" Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana Vol.58. pp. 195-204

Cruz-Castillo, M. (2000)."**LOS DESLIZAMIENTOS DE LA CARRETERA DE CUOTA TIJUANA-ENSENADA, B.C.S**" GEOS, Unión Geofísica Mexicana, A.C., pp. 418-432.

Reinoso A., E. (2010), "**PERDIDAS EN LA INFRAESTRUCTURA EN MEXICO ANTES SISMOS Y HURACANES**", Instituto de ingeniería UNAM, Vol. 1 Núm. 1, pp. 1-15

- Alcántara- Ayala. (1999), "**Procesos de remoción en masa, avances y perspectivas**" Conacyt, Vol.25 Núm. 146
- Reyes, I. (2004) "**Deslizamientos en bordos del rio chiquito, Morelia, Michoacán**" Unidad Académica de ciencias de la tierra, Universidad Autónoma de Guerrero, pp. 1-6
- Cuanalo C, O. (2006) "**Sismos y lluvias, factores detonantes de deslizamientos de laderas en las regiones montañosas de Puebla, México**", Universidad de Guadalajara, Vol.4, Art. 13. pp. 1-14.
- CENAPRED (2001) "**Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México**"
- Ramírez- herrera, T. (2000) "**Efectos del sismo (7.0=Mw) del 15 de junio de 1999 en Puebla y estados vecinos**" Investigaciones Geográficas. Instituto de Geografía, UNAM, Núm. 43 pp. 32-43
- Guerrero-Hernández,. (2007) "**Análisis Geológico-Estructural de los deslizamientos de laderas en el municipio de Ixpantepec Nieves, Silacayoapan, Oaxaca**" Vol. 11, Núm. 31, pp. 9-20
- CENAPRED, (2001) "**Inestabilidad de laderas**"
- Alcántara Ayala, I. (2008) "**Procesos de remoción en masa en México: hacia una propuesta de elaboración de un inventario nacional**" Investigaciones Geográficas, Instituto de Geografía, UNAM, Núm. 66, pp.47-64.
- Alcántara Ayala, I. (2008) "**On the historical account of disastrous landslides in México: the challenge of risk management and disaster prevention**" Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 159-164.
- Keefer K., D. (2006) "**Landslides caused by the M 7.6 Tecomán, Mexico earthquake of January 21, 2003**" pp. 183-197
- Flores Lorenzo, P. (2002) "**Cartografía morfogenética e identificación de procesos de ladera en Teziutlán, Puebla**" Investigaciones Geográficas. Instituto de Geografía, UNAM, Núm. 49 pp. 7-26.
- Villaseñor, A. (2006) "**Estudio geotécnico asociado a procesos de remoción en masa del parque Francisco Zarco (Ocolusen), Morelia (Michoacán, México)**" Sociedad Geológica Mexicana, Instituto de Geología UNAM, Tomo LVIII, Núm. 2. pp. 183-193
- Jaimes, M. (2008) "**METODOLOGÍA PARA ESTIMACIÓN DE DAÑO EN LA INFRAESTRUCTURA POR DESLIZAMIENTOS USANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICANA**" pp. 1-15.
- Borja R. C. (2004) "**Procesos de remoción en masa y riesgos asociados en Zacapoaxtla, Puebla**" Investigaciones Geográficas UNAM, Núm. 53. pp. 7-26
- Hernández-Madrigal, V.M. (2007) "**Estudio geológico para entender los procesos de remoción en masa en la región de Zacapoaxtla, Puebla, México**" Sociedad Geológica Mexicana Vol. 59, Núm., 2. pp. 147-162.
- M. Scott. (2003) "**Catastrophic Debris Flows Transformed from Landslides in Volcanic Terrains: Mobility, Hazard Assessment, and Mitigation Strategies**" U.S. Geological Survey Professional Paper 1630.

Hernandez-Madrigal et al. (2009) " **Large block slide in San Juan Grijalva, Northwest Chiapas, Mexico**" Landslide journal

INTERNET

<http://www.desinventar.org/>



**Tablas deslizamiento completas por municipio**

Evento	Zona	Sitio	Fuentes	Muertos	Tipo de causa
Deslizamiento	EDO. DE MEX/Ecatepec	Santa Clara cerro el Grillito.	Excélsior 1981/02/13:30a	5	Lluvias
Deslizamiento	D.F./Benito Juárez	Col. San Pedro de los Pinos	El Universal	0	Lluvias
Deslizamiento	D.F./Iztapalapa		El Universal	1	Lluvias
Deslizamiento	D.F./Alvaro Obregón OAXACA/San Juan Mixtepec - Distr. 08	Colonia los Cedros Cañon de Tomellán	El Universal Excélsior 02/10/1980:4a	2	Lluvias
Deslizamiento	EDO. DE MEX/Naucalpan	Cerro del Chapulán Carretera Guadalajara- Saltillo	Excélsior 11/02/1982:30a	8	Lluvias
Deslizamiento	JALISCO/Guadalajara		El Universal 15/06/1982:9	0	Otra causa
Deslizamiento	COLIMA/Manzanillo		El Universal 28/11/1982:10	21	Lluvias
Deslizamiento	EDO. DE MEX/Zinacantepec	Carretera a las lagunas del Nevado de Toluca	El Universal 07/12/1982:22	0	Otra causa
Deslizamiento	EDO. DE MEX/Naucalpan		El Universal	2	Lluvias
Deslizamiento	EDO. DE MEX/Jalatlaco SAN LUIS POTOSI/San Luis Potosí	San Pedro Taltizapan Km 62-78 Carretera San Luis Potosí-Cd. Valles	Excélsior 06/07/83:1 5d Excélsior 18/07/83:7d;20/07/83:5a 35	0	Tempestad
Deslizamiento	OAXACA/Putla Villa de Guerrero	Sierra Triqui (hoy mpio. autónimo San Juan Copala)	Excélsior 16/08/83:5a Excélsior 09/09/83: 7d El Universal	3	Lluvias Tormenta
Deslizamiento	CHIAPAS/Zinacantan	Cerro Navenchau Carretera del Golfo km 45 tramo Jaltipan-Acayucan	Excélsior 17/09/83:5a 22;19/09/83:36a Excélsior 28/09/83:1 8d El Universal	6	Tropical
Deslizamiento	VERACRUZ/Jáltipan			0	Lluvias
Deslizamiento	EDO. DE MEX/Naucalpan			5	Lluvias
Deslizamiento	PUEBLA/Chignahuapan	Sierra Oeste Mina Las Palmas col. San Rafael Chamapa	Excélsior 10/01/84:7-D Excélsior 23/03/84:6-D El Universal Excélsior 05/07/84:5a 29 El Universal Excélsior 20/07/84:36a	6	Otra causa
Deslizamiento	EDO. DE MEX/Naucalpan	Km 8 de la carretera México-Pachuca		1	Accidente
Deslizamiento	EDO. DE MEX/Ecatepec			0	Lluvias
Deslizamiento	D.F./Cuajimalpa de Morelos	Colonia Zentlapa Paraje La Cabaña del poblado San Rafael	Excélsior 11/08/84:31a	0	Lluvias
Deslizamiento	D.F./Magdalena Contreras, La	Calle Escondida 4; Cerro del Judío	Excélsior 07/09/84:14a	2	Lluvias Tormenta
Deslizamiento	EDO. DE MEX/Tlalnepantla	Cerro del Chiquihuite	Excélsior 14/09/84:6d	0	Tropical
Deslizamiento	D.F./Cuajimalpa de Morelos		El Universal	0	Otra causa
Deslizamiento	D.F./Gustavo A. Madero	Col. Margarita Maza de Juárez	El Universal	6	Lluvias
Deslizamiento	D.F./Miguel Hidalgo	Cuevas habitadas	La Jornada	3	Lluvias
Deslizamiento	D.F./Cuajimalpa de Morelos		La Jornada 08/06/86:17	0	Lluvias
Deslizamiento	CHIAPAS/Pichucalco	Varios puntos carreteros	El Universal	0	Lluvias
Deslizamiento	D.F./Milpa Alta	San Bartolo Xicomulco	La Jornada 25/08/86:24	1	Lluvias
Deslizamiento	CHIHUAHUA/Meoqui	Ciudad Meoqui	El Universal	1	Lluvias
Deslizamiento	D.F./Cuauhtémoc		La Jornada 15/05/87:13	0	Lluvias
Deslizamiento	EDO. DE MEX/Naucalpan		El Universal	2	Lluvias
Deslizamiento	EDO. DE MEX/Naucalpan		El Universal	1	Lluvias
Deslizamiento	CHIHUAHUA/Santa Bárbara	Mina	El Universal	1	Desconocida
Deslizamiento	D.F./Cuajimalpa de Morelos		La Jornada 28/07/87:14	0	Lluvias
Deslizamiento	TABASCO/Macuspana		La Jornada 06/10/87:5	0	Lluvias

## Tablas deslizamiento completas por municipio

Fecha	Estado	Municipio	Muertos	Tipo de causa	Observaciones de causa	Fuentes
13/02/1980	EDO. de MEX	Ecatepec	5	Lluvias		Excélsior 1981/02/13:30a
21/07/1980	D.F.	Benito Juárez	0	Lluvias		El Universal
26/07/1980	D.F.	Iztapalapa	1	Lluvias		El Universal
03/09/1980	D.F.	Alvaro Obregón	2	Lluvias	Se desgaja un cerro	El Universal
01/10/1980	OAX.	San Juan Mixtepec - Distr. 08	0	Lluvias	Tren a México queda semi-sepultado	Excélsior 02/10/1980:4a
10/02/1982	EDO. de MEX	Naucalpan	8	Lluvias	Se reblandeció la tierra	Excélsior 11/02/1982:30a
27/11/1982	COL.	Manzanillo	21	Lluvias		El Universal 28/11/1982:10
03/07/1983	EDO. de MEX	Naucalpan	2	Lluvias		El Universal
04/07/1983	EDO. de MEX SAN LUIS	Jalatlaco	0	Tempestad		Excélsior 06/07/83:1 5d Excélsior
17/07/1983	POTOSI	San Luis Potosí Putla Villa de	0	Lluvias		18/07/83:7d;20/07/83:5a 35
15/08/1983	OAX.	GUERR.	3	Lluvias Tormenta		Excélsior 16/08/83:5a Excélsior 09/09/83: 7d El Universal
08/09/1983	CHIAPAS	Zinacantán	6	Tropical	Lorena	Excélsior 17/09/83:5a 22;19/09/83:36a
16/09/1983	VERACRUZ	Jáltipan	0	Lluvias		Excélsior 28/09/83:1 8d El Universal
26/09/1983	EDO. de MEX	Naucalpan	5	Lluvias	Cueva habitada por una familia La humedad reblandeció la tierra	El Universal Excélsior 05/07/84:5a 29
03/07/1984	EDO. de MEX	Ecatepec Cuajimalpa de	0	Lluvias		El Universal Excélsior 20/07/84:36a
19/07/1984	D.F.	Morelos	0	Lluvias	Humedad reblandeció un cerro	Excélsior 11/08/84:31a
10/08/1984	EDO. de MEX	Chalco Magdalena	0	Lluvias		Excélsior 07/09/84:14a
06/09/1984	D.F.	Contreras, La	2	Lluvias Tormenta		Excélsior 14/09/84:6d
13/09/1984	EDO. de MEX	Tlalnepantla Gustavo A.	0	Tropical	Eduard	El Universal
17/06/1985	D.F.	Madero	6	Lluvias		La Jornada
18/07/1985	D.F.	Miguel Hidalgo Cuajimalpa de	3	Lluvias		La Jornada 08/06/86:17 El Universal
07/06/1986	D.F.	Morelos	0	Lluvias	Se desgajó un cerro	La Jornada 25/08/86:24 El Universal
11/06/1986	CHIAPAS	Pichucalco	0	Lluvias		El Universal
25/08/1986	D.F.	Milpa Alta	1	Lluvias	Se desgaja un cerro	El Universal
07/09/1986	CHIHUAHUA	Meoqui	1	Lluvias	Desgaja un cerro	La Jornada 15/05/87:13 El Universal
14/05/1987	D.F.	Cauhtémoc	0	Lluvias		El Universal
13/06/1987	EDO. de MEX	Naucalpan	2	Lluvias		El Universal
27/06/1987	EDO. de MEX	Naucalpan Cuajimalpa de	1	Lluvias		La Jornada 28/07/87:14 La Jornada 06/10/87:5
27/07/1987	D.F.	Morelos	0	Lluvias		El Universal
05/10/1987	TABASCO	Macuspana	0	Lluvias		La Jornada 19/08/88:32 La Jornada 03/09/88:19
16/08/1988	VERACRUZ	Coatzacoalcos	2	Lluvias		Excélsior
18/08/1988	EDO. de MEX	Toluca	4	Lluvias		Excélsior
02/09/1988	GUERR.	Atoyac de Alvarez	15	La Niña Tormenta	Desgajamiento de un cerro	Excélsior
04/09/1988	EDO. de MEX	Naucalpan Miahuatlán de	0	Tropical Tormenta	Debby y Cristina	Excélsior
07/09/1988	OAX.	Porfirio Díaz Cuajimalpa de	0	Tropical	Debby y Cristina	Excélsior
11/05/1989	D.F.	Morelos	3	Lluvias		El Universal
08/07/1989	D.F.	Morelos Magdalena	3	Lluvias		La Jornada 09/07/89:13
26/08/1989	D.F.	Contreras, La	0	Lluvias		El Universal
25/10/1989	PUE.	Huachinango Gustavo A.	2	Lluvias		El Universal
14/06/1990	D.F.	Madero Gustavo A.	1	Lluvias		El Universal
21/06/1990	D.F.	Madero	1	Lluvias		La Jornada 22/6/90:17
18/07/1990	D.F.	Alvaro Obregón	3	Granizada	Intensa granizada provoca derrumbe	La Jornada 19/7/90:20 El Universal
19/07/1990	D.F.	Alvaro Obregón	3	Lluvias		El Universal
09/08/1990	PUE.	Teziutlán	1	Huracán	Diana	El Universal
19/08/1990	OAX.	Ixtlán de Juárez	10	Lluvias	Un cerro y un tanque de almacenamiento de agua	La Jornada 21/8/90:11 La Jornada 19/02/1991:17p
19/02/1991	B.C. S	Tijuana	2	Lluvias		La Jornada 28/03/1991:10p
28/03/1991	B.C. S	Tijuana	3	Lluvias		La Jornada 17-18/04/1991:14p
17/04/1991	COL.	Comala	0	Lluvias		La Jornada 25/06/91:33p
25/06/1991	GUERR.	Chilpancingo de	4	Lluvias	DT No. 5	

los Bravo

**Tablas deslizamiento completas por municipio**

Fecha	Estado	Municipio	Muertos	Tipo de causa	Observaciones de causa	Fuentes
29/08/1991	CHIAPAS	Motozintla	5	Lluvias		La Jornada 29/08/1991:22p
31/08/1991	VERACRUZ	Zongolica	3	Lluvias		La Jornada 31/08/1991:19p
08/09/1991	PUEBLA	Tehuacán	1	Lluvias		La Jornada 08/09/1991:18p
				Tormenta		
19/09/1991	GUERRERO	Iguala de la Independencia	3	Tropical	Ignacio	La Jornada 19/09/1991:37p
26/09/1991	COAHUILA	Torreón	0	Huracán	Kevin	La Jornada
03/10/1991	VERACRUZ	Catemaco	13	Lluvias		La Jornada
10/10/1991	MICHOACAN	Gabriel Zamora	1	Huracán	Linda	La Jornada 10/10/1991:20p
10/10/1991	VERACRUZ	Maltrata	0	Huracán	Linda	La Jornada 10/10/1991:
13/10/1991	EDO. DE MEX	Atizapán	0	Lluvias		La Jornada 13/10/1991:18p
30/10/1991	JALISCO	Amatitán	0	Lluvias		La Jornada 30/10/1991:10p
10/11/1991	VERACRUZ	Martánez de la Torre	0	Lluvias		La Jornada 10/11/1991:16p
14/11/1991	PUEBLA	Teziutlán	0	Huracán	Nora	El Universal
06/12/1991	D.F.	Tláhuac	1	Lluvias		El Universal
14/05/1992	GUERRERO	Taxco de Alarcón	0	Lluvias		El Heraldito
30/05/1992	D.F.	Alvaro Obregón	0	Lluvias		SNPC
08/06/1992	D.F.	Xochimilco	1	Lluvias		Uno más Uno
30/06/1992	D.F.	Gustavo A. Madero	1	Lluvias		La Jornada
14/07/1992	D.F.	Alvaro Obregón	0	Lluvias		Excelsior
07/08/1992	D.F.	Gustavo A. Madero	0	Lluvias		El Sol de México
08/08/1992	B.C.S	Tijuana	0	Lluvias		SNPC
17/08/1992	EDO. DE MEX	Huixquilucan	0	Lluvias		El Nacional
22/08/1992	EDO. DE MEX	Naucalpan	1	Lluvias		Novedades
01/09/1992	OAXACA	San Miguel Quetzaltepec	0	Lluvias		El Heraldito
03/09/1992	D.F.	Alvaro Obregón	0	Lluvias		El Día
					Se producen 2 deslizamientos por las intensas lluvias	
27/09/1992	D.F.	Alvaro Obregón	1	Lluvias		SNPC
28/09/1992	D.F.	Alvaro Obregón	1	Lluvias		Uno más Uno
30/09/1992	VERACRUZ	Santiago Tuxtla	4	Lluvias		Uno más Uno
02/10/1992	HIDALGO	Mineral del Monte	0	Lluvias		La Jornada
02/10/1992	PUEBLA	Teziutlán	0	Lluvias		El Universal
07/10/1992	D.F.	Cuajimalpa de Morelos	0	Lluvias		El Universal
09/10/1992	EDO. DE MEX	Atizapán	0	Lluvias		El Universal
14/10/1992	D.F.	Cuajimalpa de Morelos	5	Lluvias		SNPC
21/10/1992	JALISCO	Guadalajara	0	Lluvias		El Universal
30/10/1992	HIDALGO	Tenango de Doria	0	Lluvias		La Jornada
04/11/1992	D.F.	Gustavo A. Madero	0	Lluvias		El Nacional
08/11/1992	D.F.	Alvaro Obregón	0	Lluvias		Excelsior
	SAN LUIS					
17/11/1992	POTOSI	Ebano	0	Lluvias		El Nacional
					Por la humedad se debilitó el subsuelo	Excelsior 03/02/1993:2
03/02/1993	B.C.S	Tecate	0	Lluvias		Estados
						Excelsior 27/03/1993:4
27/03/1993	GUERRERO	Chilpancingo de los Bravo	0	Lluvias		Estados
22/06/1993	D.F.	Magdalena Contreras, La	1	Lluvias		La Jornada 22/06/1993:33
				Tormenta		
22/06/1993	VERACRUZ	Xalapa	0	Tropical	Beatriz y Arlene	El Universal
06/07/1993	GUERRERO	Atoyac de Alvarez	0	Huracán	Calvin	La Jornada 06/07/1993:48 16
18/08/1993	CHIAPAS	Ostucán	4	Huracán	Hilary	La Jornada 18/08/1993:17
						Excelsior 13/09/1993:3
13/09/1993	MORELOS	Cuernavaca	0	Lluvias		Estados
03/10/1993	VERACRUZ	Catemaco	0	Lluvias		La Jornada
03/10/1993	VERACRUZ	José Azueta	0	Lluvias		La Jornada
						Excelsior 26/10/1993:1 3
26/10/1993	HIDALGO	Huejutla de Reyes	0	Lluvias		Estados
26/10/1993	HIDALGO	Huichapan	0	Lluvias		Excelsior
26/10/1993	HIDALGO	Zacuaitipán de Angeles	0	Lluvias		Excelsior