

# 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.

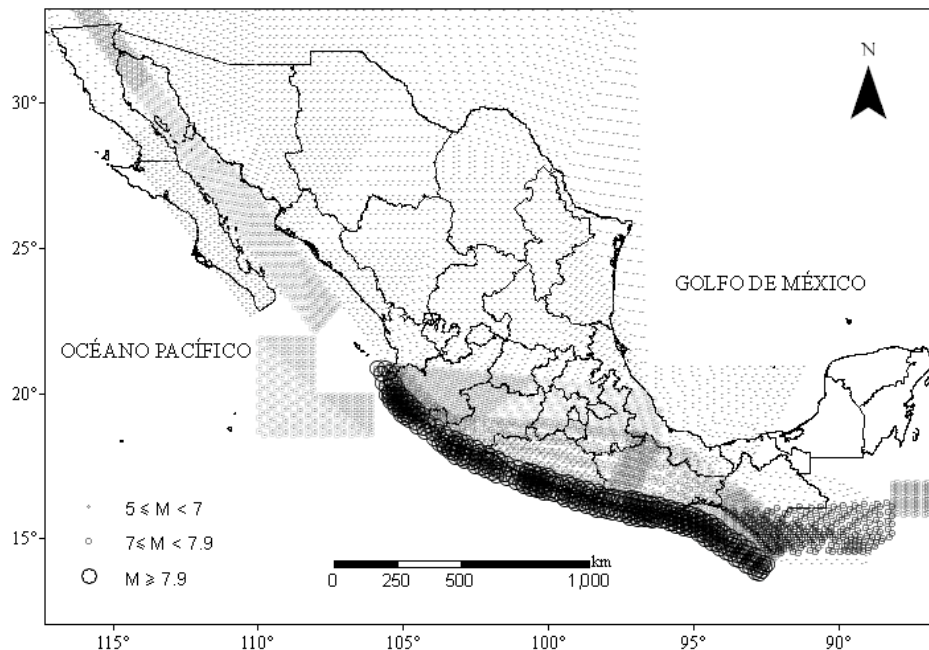
Existen numerosos casos de PRM que han afectado a diversas regiones de México. Algunos estados del país presentan un relieve escarpado, afectación tectónica, litologías desfavorables así como climas húmedos, siendo los de mayor incidencia en cuanto a la ocurrencia de deslizamientos de gran magnitud y 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.

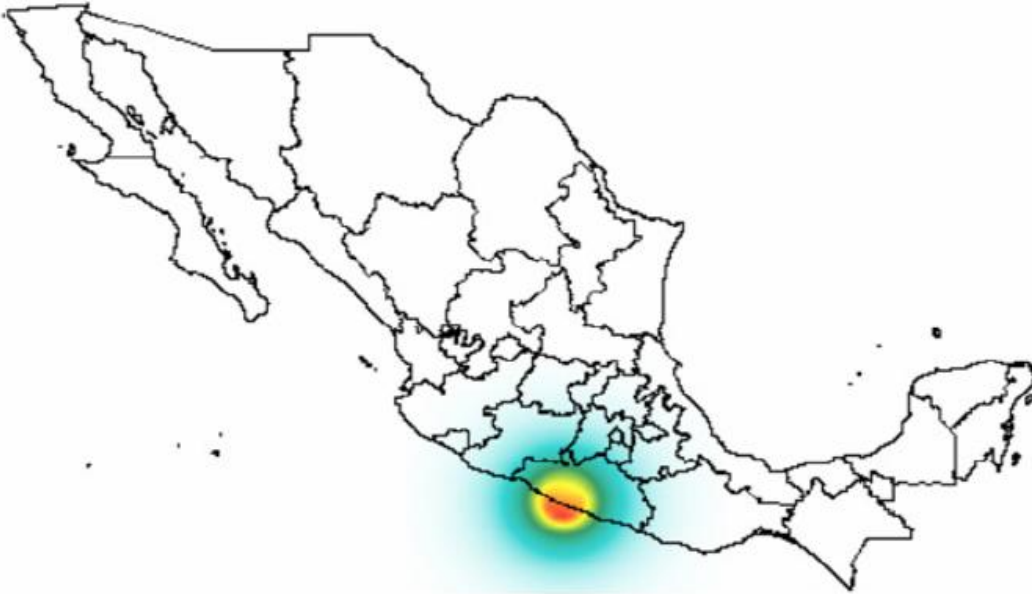


**Figura 1.1 Epicentros de eventos sísmicos estocásticos dentro de las fuentes sísmicas modeladas**

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.

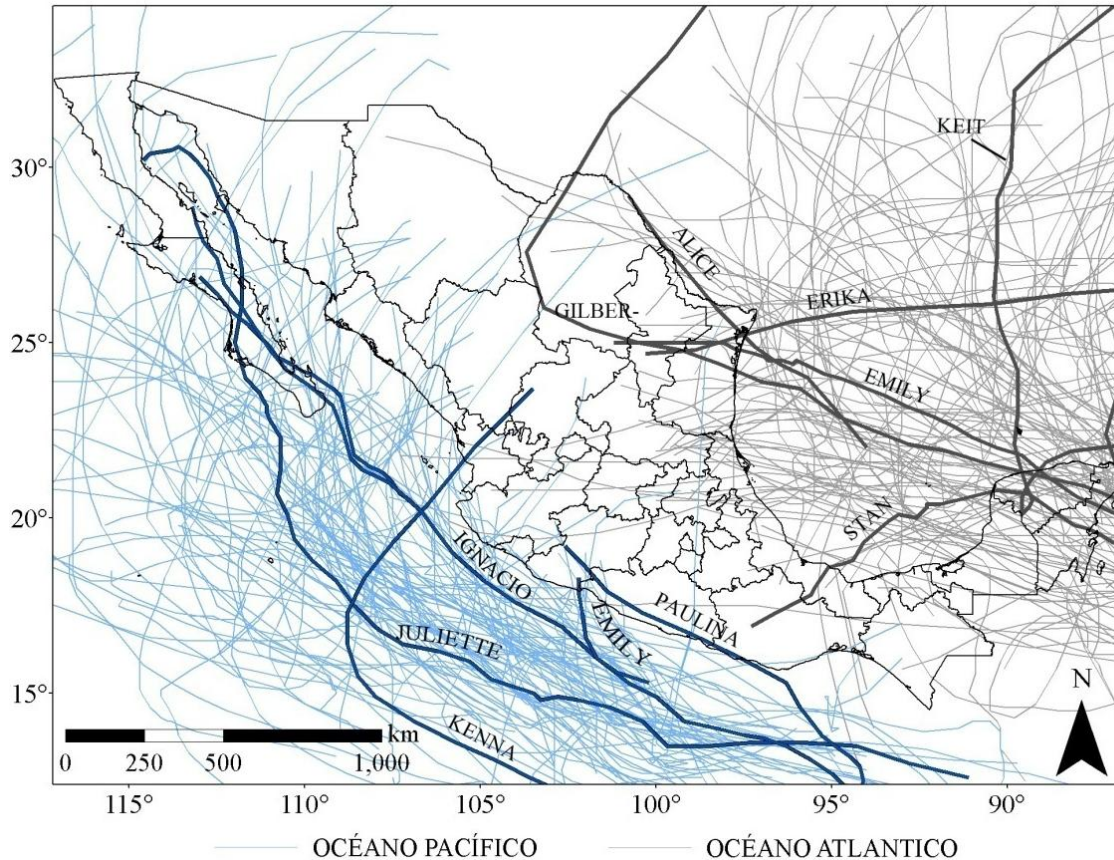


**Figura 1.2** Evento sísmico estocástico de magnitud  $M=8$  considerando la atenuación de la intensidad del evento

### 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 ciclostrófica. 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)