

EL SALVADOR, EL "PAIS DE LAS HAMACAS". LOS RIESGOS GEOLOGICOS: EL EJEMPLO DE LOS GRANDES DESLIZAMIENTOS

El Salvador, the "country of the hammocks". The geological hazards: an example of large landslides

Roger Mata (*) y Marta Puiguriquer (**)

RESUMEN:

El Salvador es un país caracterizado por una geología joven dominada por la presencia de materiales volcánicos y una tectónica activa manifiesta a través de movimientos sísmicos, actividad volcánica y geotérmica. La interacción de los factores geológicos, antrópicos y una climatología extrema favorecen a los riesgos geológicos. Estos riesgos son principalmente de tipo volcánico, sísmico, asociados a inundaciones y a inestabilidades gravitatorias. Cada año en El Salvador se producen importantes pérdidas humanas y económicas a consecuencia de las inundaciones y los deslizamientos. Recientemente el país ha sufrido un terremoto de graves consecuencias que se cobró la vida de más de 720 personas y dejó sin hogar a 1.000.000. En esta comunicación se realiza una descripción de estos procesos a partir de los estudios realizados por la Universidad Politécnica de Cataluña, la ONG Geólogos del Mundo.

ABSTRACT:

El Salvador is a country characterized by a young geology dominated by volcanic outcrops and an active tectonic, which shows itself through seismic movements and geothermal activity. Interaction between these elements with a extreme climatology helps to geological hazard. These hazards are principally volcanic, seismic, fluvial and mass movements hazards. A few days ago El Salvador has suffered an earthquake with heavy consequences, but to it is necessary to add the loss of life and damages that every year are produced due to floods and landslides. In this article there is a description of these processes from studies realized by the Polytechnical University of Catalonia and ngo World geologists.

Palabras clave: Riesgos geológicos, terremoto, deslizamientos, El Salvador, cooperación.

Keywords: geological hazards, earthquake, landslides, El Salvador, cooperation.

De El Salvador se dice que es "el país de las hamacas"... será por las fantásticas hamacas que artesanalmente tejen los lugareños y que los visitantes pueden comprar a un buen precio o por la sismicidad acusada que sufre este pequeño país centramericano. Los terremotos han hecho balancear a la república salvadoreña en numerosas ocasiones, siendo fácil para cualquier persona que pase un tiempo en El Salvador sentir algún pequeño movimiento y en ocasiones no tan pequeño.

INTRODUCCIÓN

El Salvador es el país más pequeño de la América Central, con una superficie aproximada de 21.000 Km² (una poco menos que la superficie de la Comunidad Autónoma de Cataluña). Se sitúa en el sector sur occidental de Centro América, en la costa del Pacífico. Es un país de paisaje diverso, con numerosos lagos y volcanes y una zona montañosa en la parte norte, que limita con Honduras.

Geológicamente se caracteriza por la casi exclusiva presencia de materiales volcánicos resultantes de un vulcanismo relativamente intenso desde principios del terciario hasta la actualidad que ha dado lugar a la formación de numerosos edificios volcánicos, la mayoría de ellos con laderas inestables, formados por materiales volcánicos poco consolidados.

Debido a esta actividad volcánica y a la presencia de numerosas fallas normales son abundantes los fenómenos termales que propician una actividad hidrotermal bien conocida. Actualmente el hidrotermalismo constituye una importante fuente energética que es aprovechada mediante grandes centrales geotérmicas.

Por otra parte, las formaciones geológicas del terciario inferior que dan lugar a los relieves de la Cordillera Norte están sometidas a la continua acción erosiva de los agentes geológicos externos, especialmente precipitaciones muy intensas durante el período lluvioso, con precipitaciones superiores a los 2.500 mm anuales. En consecuencia, estas rocas, que presentan una intensa fracturación, son alteradas y afectadas de forma frecuente por procesos de inestabilidad gravitatoria.

Departamento de Ingeniería Minera y Recursos Naturales, Universidad Politécnica de Catalunya. Ong Geólogos del Mundo (World Geologist) C/Suïssa 34 B. 08211 Castellar del Vallés (Barcelona). Telf: +34 93 714 46 99. Web: <http://www.geologosdelmundo.org>
(*) E-mail: r.mata@cgac.es, martapf@wanadoo.es (**) E-mail: martapf@wanadoo.es

Estos deslizamientos, tanto translacionales, rotacionales como complejos, llegan con el tiempo a formar lo que comúnmente se conoce en el país como “cárcavas”, un ejemplo de ello es la de “La Zompopera” situada en la región de Chalatenago en la zona septentrional de El Salvador. Estas cárcavas suponen un riesgo para la población que habita en su zona de influencia debido a la formación constante de deslizamientos que ocasionan numerosos daños en las infraestructuras y a los seres humanos.

Desde el punto de vista hidrogeológico, en El Salvador domina la cuenca del río Lempa y una gran cantidad de lagos de origen volcánico. Los principales acuíferos son de tipo intergranular, asociados a depósitos de lapilli, o fisurales asociados a coladas basáltico-andesíticas o riolíticas.

La constitución geológica de El Salvador y la climatología extrema provoca que los riesgos geológicos sean un elemento habitual y de máxima magnitud, principalmente los riesgos de tipo sísmico, volcánico, de deslizamientos e inundaciones. La combinación de estos factores geológicos, climatológicos debe sumarse al factor antrópico para entender el marcado desequilibrio del régimen hidrológico, la degradación del recurso suelo con la formación constante de deslizamientos y la acumulación de material en los pasos estrechos de los ríos.

La falta de una legislación específica en El Salvador, la inexistencia de estudios universitarios relacionados con las ciencias geológicas y un conocimiento detallado de su geología dificulta enormemente la tarea de predicción y prevención de los procesos naturales desencadenantes de catástrofes.

LA GEOLOGÍA DE LA REPÚBLICA SALVADOREÑA

Desde el punto de vista geológico El Salvador es un país dominado por los afloramientos de naturaleza volcánica, no obstante también aparecen en diferentes sectores materiales de origen sedimentario.

La zona se caracteriza por estar constituida en su mayor parte por rocas volcánicas. Así pueden diferenciarse en la zona, afloramientos de rocas volcánicas ácidas, principalmente rocas piroclásticas ácidas, tobas conglomeráticas, dacitas y riolitas, que constituyen la unidad más extensa e importante. Afloran también en la zona rocas básicas (basaltos y andesitas) y concentradas en el sector central de la cuenca hidrográfica, rocas intrusivas, principalmente granodioritas. Finalmente cabe destacar la presencia de importantes espesores, superiores a veces a los 15 m, de suelos producto de la alteración de las propias rocas volcánicas ácidas.

De una manera muy generalizada se caracteriza por la presencia de tres grandes unidades litológicas (Dengo, 1977).

- Un zócalo formado principalmente por rocas de edad paleozoica y, en menor medida y en algunos sectores, por materiales del jurásico superior y cretácico inferior. Las litologías de este zócalo son rocas metamórficas plegadas y fracturadas, rocas sedimentarias continentales (lutitas, areniscas y conglomerados), calizas y evaporitas.
- Una cobertura de materiales volcánicos del cenozoico superior, constituida por diferentes tipos

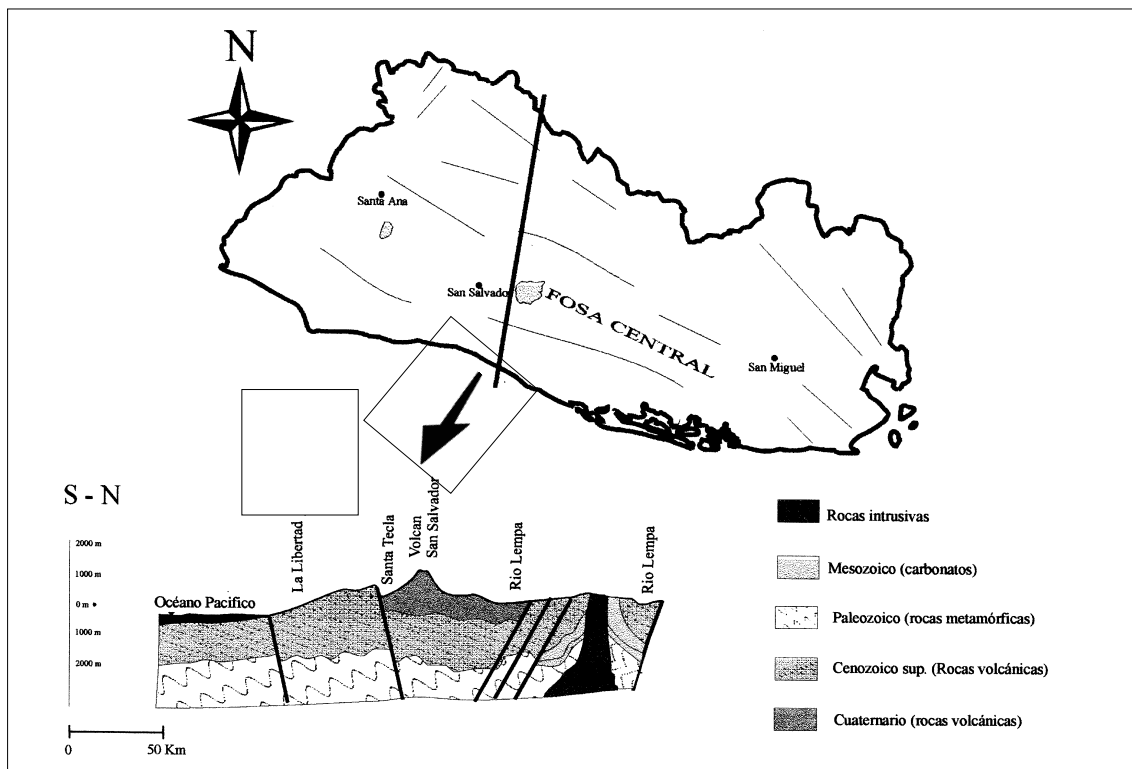


Figura 1. Mapa de situación geográfica de El Salvador. Corte geológico N-S simplificado de El Salvador.

de rocas, entre las que dominan las de composición básica, como los basaltos y las andesitas, aunque existen también amplias zonas con afloramientos de materiales volcánicos ácidos representados por riolitas.

- Por último, los terrenos cuaternarios están constituidos por materiales volcánicos recientes vulcanosedimentarios y sedimentos de origen aluvial, fluvial y lacustre.

Los materiales más antiguos que afloran en El Salvador se encuentran en el sector noreste del país, en la zona de Metapán. Estos materiales corresponden a las unidades sedimentarias mesozoicas-terciarias (Baxter, 1984) que incluyen a la denominada Formación Metapán, el Grupo Yojoa y el Grupo Valles de los Angeles. Este conjunto constituye una alternancia de estratos calizos, margas y lutitas de potencia superior a los 800m, con intercalaciones de depósitos de origen volcánico.

Por encima de los materiales del mesozoico se encuentra el conjunto de depósitos del terciario y del cuaternario, ampliamente distribuidos por todo el territorio salvadoreño. Las unidades terciarias y cuaternarias son netamente continentales (Baxter, 1984), principalmente de origen volcánico con la presencia de sedimentos de origen fluvial y lacustre. Dentro de los materiales volcánicos encontramos todo tipo de depósitos como pueden ser tobas, piroclastos, coladas, ignimbritas, etc. El quimismo de las rocas volcánicas es variado aunque dominan los de carácter básico. Wiseman et. al (1978) agrupan estos materiales en diferentes formaciones y miembros.

Estructuralmente El Salvador presenta poca complejidad tectónica, con ausencia de estructuras de plegamiento importantes. A grandes rasgos el territorio Salvadoreño se caracteriza por la existencia de grandes fallas normales de dirección E-W y NW-SE que delimitan tres zonas estructurales, de norte a sur: la Cadena Interior, donde encontramos los materiales más antiguos, la Fosa Central, limitada por la cadenas de volcanes, y la Cadena Costera formada por depósitos volcánicos finos y materiales deltaicos y aluviales.

Estructuralmente la zona esta definida por la presencia de diferentes sistemas de fallas, uno de dirección N-S y otro WSW-ENE, con ángulos de buzamiento superiores a los 60°. Cabe destacar el desarrollo de diferentes familias de diaclasas y de dos sistemas de fallas de menor importancia y desarrollo, de direcciones NW-SE y NE-SW.

El país constituye un sistema de horts y grabens bien dibujado que define claramente el relieve. La formación de estas estructuras tectónicas es la consecuencia de una fase de fracturación postorogénica que formó dos sistemas de fallas normales que dieron lugar a varios grabens pequeños dispuestos en forma de zig-zag que se extienden de norte a sur. Estos sistemas se deben a los esfuerzos de tensión normales a la dirección del movimiento de compresión regional. Asociado a este sistema de fallas encontramos los diferentes edificios volcánicos que siguen la misma dirección que las estructuras principales.

TERMALISMO

La intensa actividad volcánica de El Salvador se manifiesta a través de los fenómenos geotérmicos y la actividad de algunos de los más de 22 volcanes salvadoreños. Los fenómenos hidrotermales se localizan principalmente en la zona occidental y central del país, distribuyéndose longitudinalmente de acuerdo con las principales fallas normales que delimitan la conocida fosa central. Esta estructura es la que desencadena la formación de los principales volcanes y los lagos de origen volcánico. Son numerosas las fuentes termales que dan nombre a diferentes localidades como Agua Caliente y los lagos donde se dan fenómenos termales y emanaciones gaseosas con la consecuente sulfatación de sus aguas.

En la actualidad las manifestaciones hidrotermales y las emanaciones gaseosas son aprovechadas como uno de los principales recursos geológicos del país, mediante diferentes centrales geotérmicas de donde se extrae una de las principales fuentes de energía.

Destacan las fuentes de agua caliente y los ausesoles, de los que hay de tres tipos: simples fumarolas (llamados infiernillos), volcanes de lodo y lagos de lodo

LOS RIESGOS GEOLÓGICOS

Inestabilidades gravitatorias. Los grandes deslizamientos

El Salvador por las características de su relieve, su constitución litológica y una climatología extrema es un país afectado por procesos de inestabilidad gravitatoria. Son muchas las zonas afectadas por la formación de deslizamientos, entre las que destaca la cuenca del río La Palma, donde se encuentran algunos de los deslizamientos múltiples y complejos de mayores dimensiones de Centroamérica.

Las microcuencas de los ríos El Gramal, La Palma y San Ignacio se encuentran localizadas en el norte de El Salvador, en el departamento de Chalatenango en los municipios de San Ignacio y La Palma. Estas cuencas tienen una extensión superficial de 35,5 Km² y una altura media de 1.750 m.s.n.m, y se localizan en los relieves más montañosos del país.

La zona se define desde un punto de vista geomorfológico por ser un territorio de relieves jóvenes con pendientes que superan el 50% en la mayor parte del área.

Climatológicamente esta zona viene definida por una intensidad de precipitación muy elevada concentrada en la época de lluvias, de mayo a octubre, con dos máximos, uno en junio y el otro septiembre, con un promedio anual del orden de 2.231 mm. Las temperaturas se mantienen más o menos constantes durante todo el año, con un promedio de 20° C.

Quizás el hecho más destacable, desde el punto de vista geológico, sea el elevado grado de alteración que presentan todas las rocas, en concreto las tobas piroclásticas y las granodioritas que dan lugar

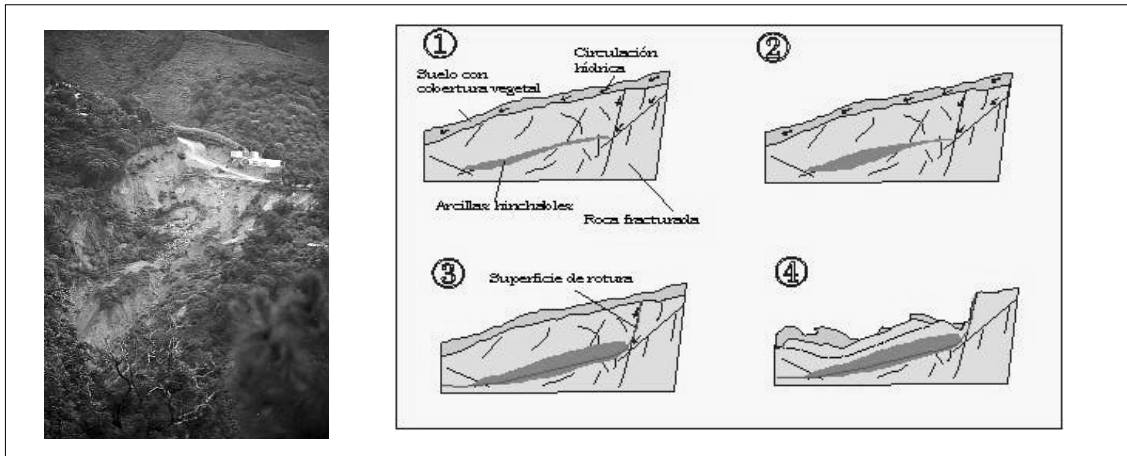


Figura 2. Deslizamiento en la comunidad Bellavista (La Palma). Fotografía Roger Mata

Figura 3. Modelo evolutivo de la formación de los grandes deslizamientos en la cárcava La Zompopera.

a la formación de arcillas del grupo de las illitas smectitas. Esta alteración es el resultado de los procesos hidrotermales postvolcánicos y de la circulación del agua meteórica en la actualidad.

Las diferentes unidades litológicas junto con las estructuras tectónicas permiten diferenciar distintos sistemas acuíferos, por lo general estos se caracterizan por ser de tipo fisural, anisótropos y heterogéneos, de porosidad media-baja, permeabilidad baja y transmisividad media-baja. Hidrológicamente la zona se caracteriza por cuencas de elevada pendiente y cursos fluviales con un marcado carácter torrencial.

Las “cárcavas”, nombre común como se conocen los deslizamientos en la zona, se concentran en su mayoría en el sector este del termino municipal de La Palma, en la zona media y alta de la cuenca del río La Palma, en altitudes superiores a los 1.100 m y en zonas de laderas con pendientes elevadas. Las “cárcavas” de mayores dimensiones aparecen en la cabecera del río. No obstante aparecen algunos deslizamientos en otros sectores de la cuenca baja, aunque estos son minoritarios y corresponden a movimientos en masa que aun no han derivado hacia grandes cárcavas.

Atendiendo a factores geológicos, se observa que muchas cárcavas aparecen asociadas a zonas de fallas, de hecho algunas de ellas están alineadas de acuerdo a las direcciones de fracturas. Un hecho a destacar es que los deslizamientos se dan en todo tipo de rocas, no observándose una distribución de los mismos en función de las litologías aflorantes, si en cambio atienden a zonas alteradas y falladas.

En cuanto al tipo de inestabilidades gravitatorias presentes en la zona, estas corresponden en su mayor parte a deslizamientos, en concreto a deslizamientos translacionales, rotacionales y complejos, aunque se han inventariado todo tipo de inestabilidades. Por lo general el desarrollo de los deslizamientos complejos es lo que dan lugar con el tiempo a la formación de las “cárcavas”, aunque la combina-

ción y alternancia temporal y espacial de los deslizamientos translacionales y rotacionales forman las cárcavas de mayores dimensiones.

De todas las “cárcavas” presentes la de mayores dimensiones, tal y como se ha establecido anteriormente, es La Zompopera, la mayor de El Salvador, casi veinte campos de fútbol caben en ella, esta tiene un perímetro de 2.198 m, una altura de escarpe de 100 m, una profundidad de 375 m, su área llega a los 1.805 m², tiene una zona de cabecera de 240 m y una pendiente media del 50%. El conjunto de inestabilidades y de los procesos erosivos de rango menor se ha calculado una pérdida de suelo aproximada de 50 T/ha/año, esto implica una gran pérdida de zonas cultivables y la rápida colmatación del principal embalse del país debido al gran aporte de sedimentos provenientes de las cuencas de esta zona.

El origen de los grandes deslizamientos

Los procesos de inestabilidad en laderas son un fenómeno natural que se desarrolla por la combinación de factores muy diversos, tanto naturales como antrópicos. El estudio de todos ellos, en la zona de La Palma, ha permitido establecer cuales tenían mayor incidencia en estos procesos y establecer un mo-



Figura 4. Deslizamiento de la cárcava del Hormiguero. Destrucción de la escuela de Bellavista. Fotografía Roger Mata

delo sobre el origen de los mismos en el área, lo cual ha servido de base para el planteamiento de las recomendaciones y de las acciones más urgentes a tratar.

Los factores que intervienen en la formación de inestabilidades pueden dividirse en condicionantes y desencadenantes. Los primeros son aquellos que dan unas determinadas características a un territorio y afectan el potencial de desarrollo de la inestabilidad. Son mayoritariamente de tipo natural y no controlables por el hombre, exceptuando la vegetación y el suelo que constituyen dos de los recursos naturales más explotados en el área. Los segundos son aquellos factores capaces de desarrollar o iniciar la inestabilidad para las condiciones del territorio que configuran los primeros. Los factores desencadenantes, sin embargo, sí son mayoritariamente controlables por el hombre y son, por tanto, los que hay que abordar en el tratamiento de la problemática.

Los diferentes estudios desarrollados en el área permiten establecer las causas de la formación de las cárcavas. El estudio geomorfológico del área de trabajo permite concluir que:

- Se trata de un territorio de relieves jóvenes, con pendientes que superan el 50% en la mayor parte del área.
 - La dinámica dominante está integrada por procesos de erosión naturales debidos a relieves escarpados y a la dinámica torrencial de los ríos que drenan la zona.
 - La tendencia natural de las laderas es la de alcanzar la pendiente de equilibrio.
- En referencia al estudio geotectónico se puede afirmar que:
- La zona está constituida por materiales volcánicos piroclásticos y efusivos que presentan grados muy elevados de fracturación y alteración.
 - Existen dos fases de alteración: una debida a la circulación de fluidos hidrotermales y la otra debida a procesos meteóricos.
 - Como resultado de la alteración de la litología volcánica se producen arcillas del grupo de la Illita, concretamente illitas smectíticas, las cuales son expandibles muy plásticas,
 - En el área de estudio se reconoce la presencia de dos familias principales de fallas de dirección N-S y NE-SW que condicionan el relieve.
 - Existen dos familias más de fallas de direcciones E-W y ENE-WSW a las que se asocian lineaciones de inestabilidades.
 - Los deslaves suceden mayoritariamente en zonas en las que por debajo del suelo existe un nivel de fallas interconectadas a diferentes profundidades con zonas de intensa alteración de la roca.

El análisis climatológico y el estudio hidrológico e hidrogeológico permite exponer las siguientes conclusiones:

- Existe en el área la posibilidad de ocurrencia de eventos meteorológicos importantes (temporales, huracanes) fuera del rango estadístico previsto.
- Las características climatológicas, geográficas e hidrogeológicas del área de estudio hacen que

constituya una de las zonas de recarga hídrica más importantes del Departamento de Chalatenango.

- La fuerte capacidad erosiva de la escorrentía superficial, tanto la que circula en laderas abriendo canales, que constituyen zonas de debilidad para la formación de inestabilidades, como la de los propios ríos que actúan desestabilizando la base de las laderas, es un factor desencadenante muy importante.
- La infiltración del agua meteórica se produce principalmente a favor de superficies de rotura (fallas y diaclasas) debido a que las formaciones geológicas están constituidas por materiales impermeables. Esta circulación permite la absorción del agua por parte de niveles de illitas en el subsuelo.
- Se supone la existencia de numerosos acuíferos colgantes no continuos, sustentado en el hecho que la estructura tectónica pone en contacto formaciones geológicas de naturaleza diversa y en la presencia de numerosos manantiales en las partes altas de las tres microcuencas.
- La rotura de la ladera se produce por la acción del agua, que a partir del sistema de fracturas, circula hasta las capas impermeables de arcillas expandibles, saturándolas. Como consecuencia se produce un aumento de la presión intersticial sobre los materiales suprayacentes y se desencadena el deslizamiento, en muchas ocasiones favorecido por las mismas superficies de niveles de alteración que servirán también de superficie de deslizamiento.

El análisis de resultados de la auscultación de movimientos del terreno a partir del monitoreo de las principales cárcavas permite concluir que:

- El movimiento del terreno afectado por inestabilidades no es constante en el tiempo, sino que se produce de manera puntual, de repente.
- El análisis de los aspectos poblacionales y de usos del suelo del área de estudio permite discernir cuales de ellos, sin ser factores desencadenantes, favorecen los procesos de inestabilidad gravitatoria:
- Alta dispersión de la población con recursos económicos propios pero escasos para la subsistencia familiar y del todo insuficientes para hacer frente a la problemática de la región.
 - Usos del suelo intensivos (cultivo de granos básicos, café y pastoreo) que no se adecuan a sus capacidades naturales.
 - Falta de una práctica extendida de técnicas conservacionistas del suelo, relacionada con una falta de capacitación de los miembros de las comunidades y de las entidades locales a este respecto.
 - Falta de planificación para el uso del recurso forestal y agronómico que favorecen la acción de los factores desencadenantes y aceleran la pérdida de suelo.
 - Construcción inadecuada de las calles que permiten el acceso de los cascos urbanos al área rural. En su mayor parte no presentan soluciones de drenaje, lo que favorece la escorrentía superficial por las laderas generando zonas de debilidad.
 - Inexistencia de sistemas de drenaje de las aguas lluvias y de las aguas negras en la mayor parte de viviendas de las áreas rurales.

- Falta de una coordinación efectiva entre las comunidades afectadas y entidades con presencia al área y entre estas y las instituciones gubernamentales para dar respuesta rápida a la problemática y tratar aquellos puntos que presentan un mayor riesgo de pérdida de bienes e infraestructuras.

Por todo ello, se puede afirmar que los factores climático, geomorfológico, geotectónico e hidrogeológico son factores condicionantes, es decir determinan las características del territorio y de los puntos afectados por inestabilidades. En su mayor parte no son controlables, no pueden cambiarse. Sin embargo, el aspecto hidrogeológico es a su vez factor desencadenante. La escorrentía superficial y subterránea, que presentan un marcado descontrol en su funcionamiento a causa de las actividades humanas (deforestación, prácticas agrícolas agresivas con el suelo, construcción poco adecuada de infraestructuras) es la principal causa del origen de los procesos de inestabilidad gravitatoria y de su evolución hasta la formación de grandes cárcavas.

Es posible estimar que los procesos de inestabilidad gravitatoria, los cuales tienden al anostomamiento (ampliación de la zona afectada hasta unirse con otras de características similares para formar grandes cárcavas), continuarán produciéndose, ya que responden a un proceso natural de erosión de relieves jóvenes. Sin embargo su tratamiento puede desacelerar este proceso, en caso contrario, de reproducirse las condiciones actuales en el área de estudio, se puede estimar como mínimo la misma ocurrencia del fenómeno de los últimos setenta años.

En conclusión puede establecerse que la formación de cárcavas a partir de grandes movimientos de masa, es el resultado de la combinación de diferentes factores que favorecen la infiltración del agua hacia zonas de debilidad produciendo un aumento de la presión intersticial y en su defecto una disminución de la cohesión y resistencia de los suelos o rocas dando lugar al deslizamiento de las mismas. El régimen torrencial y la escorrentía superficial concentrada e incontrolada ayuda al socavamiento de las laderas y a la formación de flujos.

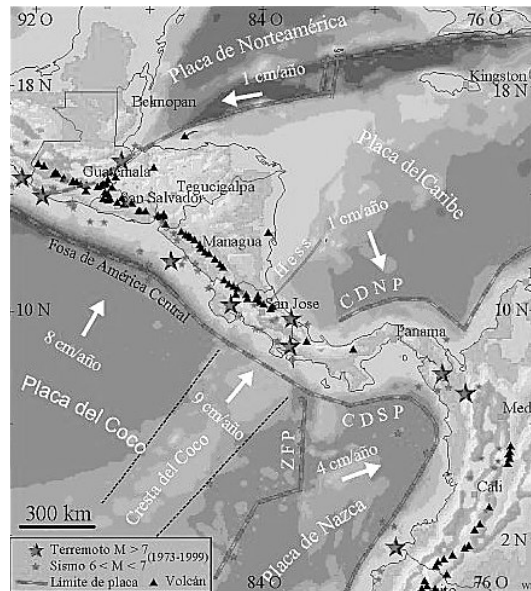


Figura 7. Disposición de las placas en la zona de El Salvador.

Terremoto

El Salvador se encuentra en el denominado Cinturón del Fuego de el Pacífico, una de las zonas sísmicas más importantes del mundo, en el caso concreto de los terremotos estos pueden deberse al movimiento de subducción de la placa de Cocos respecto a la del Caribe, caso del último terremoto, o bien al movimiento de las fallas intra-placa, como ocurrió en el terremoto de octubre de 1986 en San Salvador y que causó más de 1.500 muertes. Normalmente la zona más afectada es donde se encuentra la capital debido a que en esta zona se encuentra un enjambre de fallas en varias direcciones, este grupo de familias de fallas y la construcción de la capital sobre terrenos poco consolidados o tobas de cenizas aumentan los efectos de los sismos.

Los terremotos en El Salvador son pues procesos naturales que se dan con frecuencia y que cons-

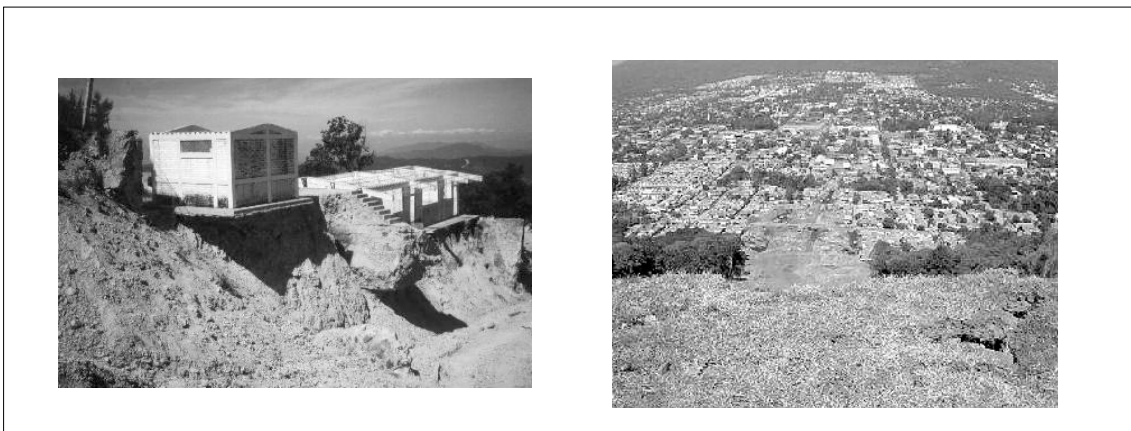


Figura 5. Casas afectadas por deslizamientos durante el terremoto. Fotografía de Dolors Ferrés

Figura 6. Deslizamiento complejo provocado por el terremoto en la población de Santa Tecla. Fotografía de Dolors Ferrés

tituyen un riesgo para los habitantes. Este riesgo se ve incrementado por el propio riesgo antrópico generado por las actividades que el hombre realiza de manera poco coherente sobre el territorio. Estamos hablando principalmente de los efectos que pueden tener los sismos en aquellos lugares en los que se aplica una política del estado negligente poco esforzada en la prevención y predicción de desastres naturales.

El sábado 13 de enero del 2001 a las 11:35 (-06:00gmt) un terremoto sacudió la costa pacífica de Centroamérica. Según los primeros informes tuvo una magnitud de 7.6 en la escala de Richter, el epicentro se localizó frente a las costas de El Salvador, país que quedó gravemente dañado.

El sismo afectó a todos los países de Centroamérica, en especial a El Salvador donde se produjeron más de 720 víctimas mortales y más de 1.000.000 de personas se quedaron sin hogar.

La capacidad del gobierno de El Salvador para atender este tipo de desastres es tal que pasadas 36 horas del sismo, no pudo dar un diagnóstico preliminar completo de la situación nacional. En el día de hoy ni siquiera ha podido informar, con exactitud, sobre el número de víctimas, los daños ocasionados, las zonas afectadas, los peligros latentes...etc.

Como consecuencia inmediata del sismo se originaron diferentes procesos de inestabilidad de ladera: derrumbes (desprendimientos), deslizamientos y flujos de lodo, que originaron la movilización de importantes masas de tierra. Los efectos de estos procesos fueron sin duda los más devastadores ya que son los responsables del soterramiento de zonas habitadas y por consiguiente de las numerosas pérdidas de vidas humanas y desaparecidos.

Este fenómeno fue de especial magnitud en el sector norte de la Cordillera del Bálsamo, municipio de Santa Tecla, donde se produjo el deslave (deslizamiento) de la colonia Las Colinas, además de otros deslaves de menores dimensiones. La cordillera del Bálsamo situada al sur del sector central del país se extiende de oeste a este al sudoeste de la ciudad de San Salvador y Nueva San Salvador, una de las áreas más pobladas de la República.

La atención de los hechos se centró principalmente en la colonia de "Las Colinas" en Santa Tecla, ciudad vecina de la capital salvadoreña, donde un alud de tierra soterró varias manzanas de casas construidas a la orilla de la Cordillera de El Bálsamo. Esta cordillera ha sido objeto de disputas legales en los últimos años. La alcaldía de Santa Tecla (Nueva San Salvador) y grupos ambientalistas han luchado para parar la urbanización sobre y en las inmediaciones de esta frontera natural de la ciudad, cubierta principalmente por cafetales. La Cámara de la Construcción promovió amparos legales en contra de las medidas, supuestamente intervencionistas, que distorsionaban el mercado de tierras y la iniciativa privada, según ellos generadoras de empleo y prosperidad.

Tanto "Plan 80" (elaborado en los años 60's) como "Plamadur" (90's) ambos, intentos de Planes de Desarrollo de la Ciudad, señalaron en su momento la necesidad de atención a la fronteras naturales de la misma. Otros estudios analíticos posteriores, profundizaron en estos temas. Un estudio elaborado por PRISMA y financiado por USAID en 1997-98, propuso las bases para crear regulaciones sísmicas en la Región Metropolitana para evitar que sismos, como el que del mes de enero del año 2001, cobrara a la sociedad salvadoreña daños irreparables. Una de las principales anotaciones

Departamento	Fallecidos	Lesionados	Edificios públicos	Viviendas dañadas	Viviendas destruidas	Derrumbes	Iglesias dañadas	Muelles dañados	Damnificado
La Libertad	549	1.364	24	14.556	14.087	170	43	0	143.215
La Paz	32	153	269	21.797	16.038	55	36	0	227.034
Sonsonate	44	1.295	38	15.314	6.220	64	45	0	90.571
Santa Ana	12	295	5	725	944	25	31	39	8.345
Cuscatlán	20	43	47	4.434	2.238	16	2	0	33.034
Usulután	26	786	236	26.418	26.691	32	78	0	340.354
San Salvador	22	306	56	3.579	1.031	133	9	0	22.550
San Miguel	19	43	23	10.003	2.902	24	38	4	76.071
San Vicente	1	53	20	15.778	3.789	4	12	0	92.395
La Unión	1	8	70	1.685	301	1	4	0	11.916
Ahuachapán	0	80	27	3.591	693	10	14	0	67.756
Cabañas	0	7	31	349	4	4	3	0	1.098
Morazán	0	3	4	30	3	0	1	0	180
Chalatenango	0	4	6	67	14	0	2	0	492
Total	726	4.440	856	118.326	74.955	538	318	43	1.114.011

Fuente: Comité de Emergencia Nacional.

Tabla 1. El terremoto en cifras Actualizado hasta las 9:00 a.m. del 24 de enero

ciones del estudio en mención fue el señalar que la vulnerabilidad y la falta de regulaciones podría hacer que terremotos de menor magnitud que el de 1986, causaran mayores daños y víctimas que este mismo, dado el aumento de riesgos y de la irresponsabilidad en el crecimiento de la ciudad.

TRABAJOS REALIZADOS EN EL SALVADOR

Desde la ONG geólogos del Mundo y la Universidad Politécnica de Cataluña y en colaboración con el Centro de Protección de Desastres de El Salvador (CEPRODE), se han llevado a cabo algunos trabajos relacionados con los riesgos geológicos que acosan a la República salvadoreña.

El objetivo del trabajo conjunto de estas tres instituciones es el de establecer un conjunto de recomendaciones con el fin de llevar a cabo acciones que permitan una prevención y reducción del riesgo, a corto, mediano y largo plazo, recomendaciones prácticas (aquellas que requieren intervenciones rápi-

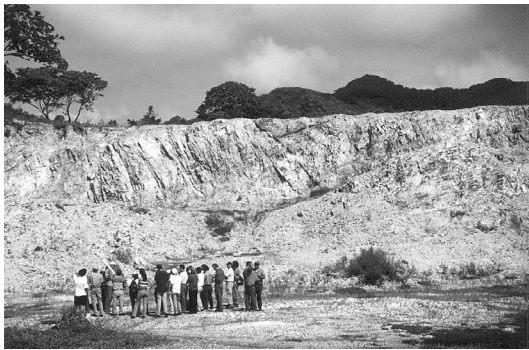


Figura 8. Grupo de estudiantes de la Universidad Estatal de San Salvador.

das, a corto o mediano plazo), recomendaciones para la planificación territorial (mucho más amplias en objetivos campo de aplicación, planeadas para una ejecución a mediano o largo plazo) y recomendaciones transversales (cuya ejecución se prolonga durante toda la planificación de las medidas a ejecutar)



Figura 10. Cárcava "La Zompopera" . La Palma conjunto de deslizamientos complejo. La más grande de El Salvador. Fotografía de Roger Mata

En 1999 cinco técnicos definieron y analizaron diversas zonas con problemas de riesgos geológicos causados por deslizamientos de laderas, inundaciones, aterramientos de presas...etc, para elaborar el proyecto en el Departamento de Chalatenango de Ordenación geoambiental de las cuencas de los ríos La Palma, El Gramal y San Ignacio (Chalatenango), para la reducción de impactos provocados por desastres naturales. El efecto del huracán Mitch en la zona intensificó la vulnerabilidad de esta región aumentando el número de áreas debilitadas con un elevado riesgo de deslizamientos. El deslizamiento complejo conocido como la cárcava de la Zompopera, situada en la cabecera del río La Palma, es el más conocido de El Salvador debido a sus dimensiones y rápido proceso de evolución en los últimos años.

A finales del año 2000 fue concedido por parte la Oficina Humanitaria de la Comunidad Europea (ECHO) la ayuda económica necesaria para llevar a cabo un nuevo proyecto en tierras salvadoreñas: "Manejo integral de amenazas y vulnerabilidades del municipio y departamento de San Miguel, República de El Salvador". Actualmente este proyecto se encuentra en curso, por lo que no podemos adelantar resultados. El componente de este estudio geológico ambiental pretende ahondar en los cono-

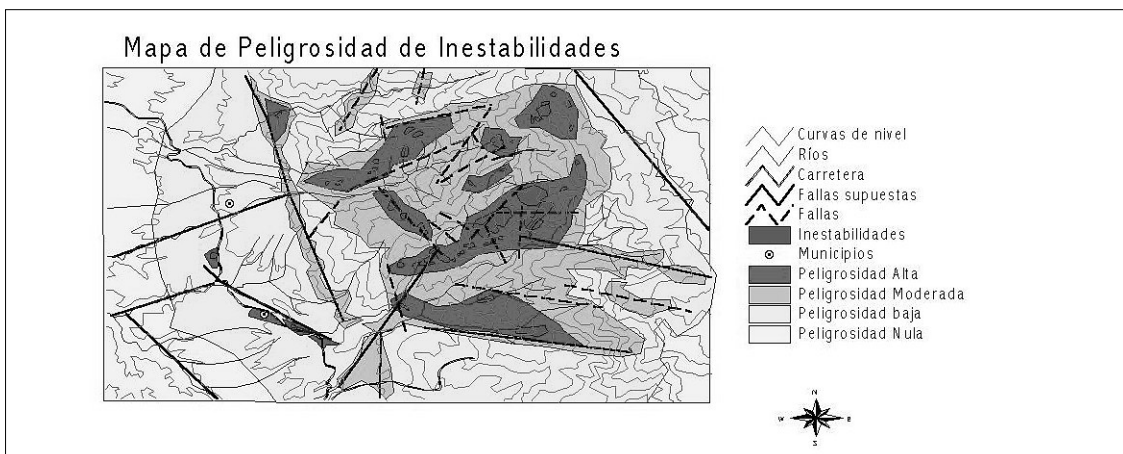


Figura 9. Mapa de peligrosidad por inestabilidades gravitatorias en la cuenca del río La Palma.

cimientos geológicos, ambientales, técnicos y científicos para comprender la dinámica de los procesos erosivos que afectan al volcán de San Miguel y a las poblaciones aledañas y que estos conocimientos se difundan en la población afectada.

Paralelamente durante las primeras fases de inicio de este proyecto tuvo lugar en El Salvador el destructor terremoto del día 13 de enero, por lo que de inmediato se planteó un proyecto de emergencia de reconocimiento de campo de los efectos del sismo en la Cordillera del Bálsamo. Este proyecto tuvo como objeto dar una respuesta de emergencia a las inquietudes de la población de Santa Tecla, canalizadas a través de su alcaldía, para conocer el estado actual de riesgo en el sector norte de la Cordillera del Bálsamo por procesos de inestabilidad gravitatoria y la viabilidad de habitar las áreas urbanas más cercanas a la ladera norte de la cordillera, después de la ocurrencia del deslave de grandes proporciones que afectó la colonia Las Colinas de esta municipalidad y la aparición de otras evidencias de inestabilidad en laderas.

El Salvador presenta una falta inquietante de técnicos especialistas en riesgos geológicos, de hecho no existe en la actualidad la carrera de geología en el país, y a penas hay unos quince geólogos salvadoreños, por este motivo se ha empezado a desarrollar por parte de la Universidad Politécnica de Cataluña el curso de especialización en geología en la Universidad de El Salvador, que este año se realizará por segunda vez y se ampliará a la facultad multidisciplinaria de Santa Ana. La espectacular geología salvadoreña con más de veintidós volcanes, algunos activo, y procesos de evolución de laderas favorecen el desarrollo de estos cursos de nivel universitario.

BIBLIOGRAFIA

- Alvarez Duarte, F. (1978). *Plan para el tratamiento conservacionista de la cuenca del río la Palma, Departamento de Chalatenango*. MAG.DGRNR. Servicio de ordenación de cuencas hidrográficas y conservación del suelo. Soyapongo.
- Baxter, S. (1984). *Léxico estratigráfico de El Salvador*. "Exploración de hidrocarburos en el Salvador", Superintendencia de energía, Comisión ejecutiva Hidroeléctrica del río Lempa, San salvador, El Salvador.
- Baxter, S. (1999). *Mapa geodinámico de El Salvador* 1:500.000
- Baxter, S.(1999). *Mapa geológico de El Salvador*. 1:500.000. Instituto Internacional Hermes, París
- Bommer, J (1996). *Terremotos, urbanización y riesgo sísmico en San Salvador*. Artículo monográfico de la revista PRISMA. N° 18, julio-agosto.
- Cach (1999). *Aportes para términos de referencia para consultoría sobre acciones inmediatas en la cárcava de la Zompopera*. La Palma, Chalatenengo.
- Ceprode (1998). *Estudio y formulación de microcuencas de los ríos El Gramal, La Palma y San Ignacio, con énfasis en la cárcava de la Zompopera*. Proyecto de estudio de cooperación técnica. San Salvador.
- Ceprode (2001). *Boletín Informativo*. San Salvador
- Departamento Investigaciones Sismológicas (1999). *Cronología de sismos destructivos en El Salvador*. Ministerio de Obras Públicas. Centro de Investigaciones Geotécnicas.
- Díaz, M.R.; Escobar, C.D.; Gutiérrez, R.E. (1997). *Reporte de inspección realizada a la zona de deslizamientos de tierra en el cerro Miramundo, Chalatenango*. Ministerio de Obras Públicas, Centro de Investigaciones Geotécnicas, Departamento de Geología y Proyectos Especiales. San Salvador.
- Hernández Navas, J.R. (1997). *Informe técnico del reconocimiento de campo en la subcuenca del río la Palma, cárcava el Aguacatal, municipio de la Palma, Departamento de Chalatenango*. Ministerio de Agricultura. San Salvador.
- Mata-Perelló, J.M; Espuny, J.; Ferrés, D.; Font, J.; Mata Lleonart, R.; Puiguriguer, M. I Rubio, J. (1999). *Estudio geológico ambiental de las microcuencas de los ríos El Gramal, La Palma y San Ignacio*. UPC-CEPRODE. San Salvador.
- Mata Lleonart, R. I Rubio, J. (2000). *Geología y termalismo de El Salvador. Actas del primer simposio ibérico de geología y termalismo*. SEPDPGYM. Arenys de Mar.
- Mata Lleonart, R. I Rubio, J. (2000). *Geología y termalismo de la laguna de Aramuaca, El Salvador. Actas del primer simposio ibérico de geología y termalismo*. SEPDPGYM. Arenys de Mar.
- Larde, J. (1924). *Geología de El Salvador*.
- Pazzagli, G.(1999). *Consultoría sobre las zonas de La Palma y San Ignacio, Chalatenango*. Ingeniería Geología Ambiente (IGA).
- Salazar, W.M.; Ambraseys, N.N.; Bommer, J.J. (1997). *Compilación y catálogo sísmico para El salvador y zonas aledañas*. Proceedings, Seminar on the evaluation and mitigation of the seismic riskin the Central America area, September 22-27, pp 67-76. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, san salvador, El Salvador.
- V.V. A.A. (1994). *Historia natural y ecológica de el Salvador*. Tomo II Ministerio de Educación. Editor Francisco Serrano. El Salvador.
- V.V. A.A. (1986). *Geografía de el Salvador*. Tomo I. Ministerio de cultura y Comunicaciones. El Salvador. ■