



Compilado de informes impacto baja presión y tormenta tropical Ida

Noviembre 2009



Estos informes fueron realizados por técnicos del programa Integración Participativa de la Gestión Ambiental y de Riesgos en los planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Salvador (IPGARAMSS) de Geólogos del Mundo, en conjunto con personal de alcaldías e instituciones del Gobierno de la República de El Salvador.

El programa IPGARAMSS es financiado por



Los criterios expresados en esta obra son de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan los puntos de vista de las instituciones y organizaciones contrapartes del Programa IPGARAMSS ni de sus financiadores

Geólogos del Mundo
Calle Colima 814, Col. Miramonte,
San Salvador, El Salvador.
Tel. (503) 22602794 – info@geologosdelmundoca.org
www.ipgaramss.org

PRÓLOGO

En el contexto de la pasada tormenta tropical IDA, que en noviembre del 2009 impactó en diferentes zonas del país, la ONG Geólogos del Mundo (GM) realizó varios estudios para levantar la información de algunos de los sectores más fuertemente afectados.

En el marco del programa IPGARAMSS, que se dedica a colaborar en la caracterización de la amenaza geológica e hidrometeorológica en el Área Metropolitana de San Salvador conjuntamente con la OPAMSS y las 14 municipalidades que conforman el AMSS, se efectuaron varias inspecciones de campo conjuntamente con técnicos de las diferentes municipalidades visitadas. Por otro lado, GM fue convocada por el SNET para formar parte, conjuntamente con otras instituciones, del Comité Técnico-Científico que se formó para caracterizar el impacto del paso de la baja presión y de la tormenta tropical IDA.

Se presenta a continuación el compilado de informes resultado de todas estas actividades, con el fin de que la información recopilada sea de utilidad para la toma de decisiones y para la reducción general del riesgo de la población salvadoreña, que en tantas ocasiones se ha visto afectada por innumerables eventos que, bajo las condiciones actuales, y heredadas, de vulnerabilidad. Condiciones que nos abocan, desgraciadamente, a estar expuestos a sufrir estos desastres anunciados.

Sirvan también estas líneas de agradecimiento a todas aquellas personas e instituciones que han hecho posible con su participación, colaboración o información la realización de estos informes: Técnicos municipales referentes de las alcaldías de Ayutuxtepeque, Ilopango, San Martín, Soyapango, Apopa, San Salvador (Distritos 5 y 6), Santiago Texacuangos, Monte San Juan, Aguilares. Referentes de Protección Civil Nacional, Técnicos del SNET, MARN y MAG, Representantes de ANDA, UTEC, ASIA, FUNSA PRODESE. Y sobre todo y en especial a toda la población, que a pesar de las lamentables circunstancias, nos han aportado información y conocimiento clave para la caracterización de las diferentes problemáticas, haciéndonos accesibles sus comunidades y abriéndonos las puertas de sus viviendas, y sin los y las cuales este trabajo no tendría razón de ser.

*VISITA POST HURACÁN IDA EN MUNICIPIO DE ILOPANGO.
(Asensi, V., Avilés, L., 2009) Geólogos del Mundo.*



VISITA POST HURACAN IDA EN MUNICIPIO DE ILOPANGO

INFORME 9/11/2009

Vicent Asensi

Luís Avilés

Programa IPGARAMSS

Integración Participativa de la Gestión Ambiental y de Riesgos en los Planes de
Desarrollo y Ordenamiento Territorial del AMSS

-Geólogos del Mundo-



Introducción

Como consecuencia de las lluvias acaecidas durante la noche del pasado sábado 7 de noviembre a la madrugada del domingo 8 de noviembre, y en el marco de trabajo de Geólogos del Mundo con las Alcaldías Municipales del Área Metropolitana de San Salvador dentro del programa IPGARAMSS (*Integración Participativa de la Gestión Ambiental y de Riesgos en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Salvador*), se realizó una visita al Municipio de Ilopango, en concreto a la zona del Lago de Ilopango de dicha municipalidad, de forma conjunta con técnicos del departamento de proyectos de la Alcaldía Municipal.

Se diferencian dos tipologías de problemas en esta zona: deslaves e inundaciones. Con respecto a los deslaves, esta zona fue muy afectada, identificándose grandes cicatrices en las zonas altas que delimitan la caldera de Ilopango y que, como consecuencia, implicaron la formación de lahares (avenidas de agua y lodo) que afectaron a muchos habitantes de las comunidades de la ribera del lago. Al mismo tiempo, y debido a las fuertes lluvias, el nivel del lago ascendió afectando también algunas viviendas.

Durante la inspección se visitaron las zonas altas que delimitan la caldera del Ilopango y las zonas limítrofes al lago, pero por dificultades de acceso no siempre se pudo correlacionar las zonas altas visitadas con las bajas, aunque sí sirvió para obtener una idea general de la situación de la zona.

De la municipalidad participaron en el recorrido Jaime Salvador Ramírez Valladares, Jefe de Proyectos, y Rosendo Alberto Quijada, motorista del mismo departamento; de Geólogos del Mundo Luís Avilés, Técnico de Planificación y Gestión del Territorio, y Vicent Asensi, Técnico Geólogo.

Ubicación

El municipio de Ilopango es uno de los 14 municipios que conforman el AMSS (Área Metropolitana de San Salvador). La inspección se llevó a cabo en la zona del Lago de Ilopango. En concreto, se visitaron las comunidades de Vista Lago, Bello Amanecer, Dolores Apulo y la calle a El Astillero.



Fig. 1. Municipio de Ilopango

Descripción de la problemática

A continuación se detallan los puntos de inspección por zonas, haciendo una pequeña descripción de cada uno y propuestas o comentarios si se considera oportuno.

Vista Lago y zona Cresta Caldera Ilopango



Fig. 2. Vista de la zona visitada en la cresta de la caldera de Ilopango¹

La primera zona visitada fue la parte de la cresta de la caldera de Ilopango. Desde la calle que se dirige a Dolores Apulo se toma el desvío hacia la comunidad Vista Lago y se continúa por la calle. El recorrido inició en el punto 42 con coordenadas 13°41'40.62"N de latitud y 89° 5'50.68"O de longitud, y se continuó por el parteaguas hasta el punto 56 con coordenadas 13°41'18.43"N de latitud y 89° 5'57.72"O de longitud.

En una **vista general** de las partes altas que rodean el lago se observa gran cantidad de zonas con cicatrices de deslizamientos, que se deberían visitar si fuera posible, o cartografiar a partir de fotografías aéreas si las zonas no son accesibles. En cualquier caso, es necesario caracterizar y

¹ Vista de Google Earth de la comunidad Vista Lago. Se observan los puntos visitados en dicha comunidad. Consultado en línea el 16/11/09

cuantificar de la mejor manera posible la gran cantidad de movimientos de masa que se han producido en el sector.



Fig. 3. Vista de las zonas altas de la caldera donde se observan innumerables deslaves.²

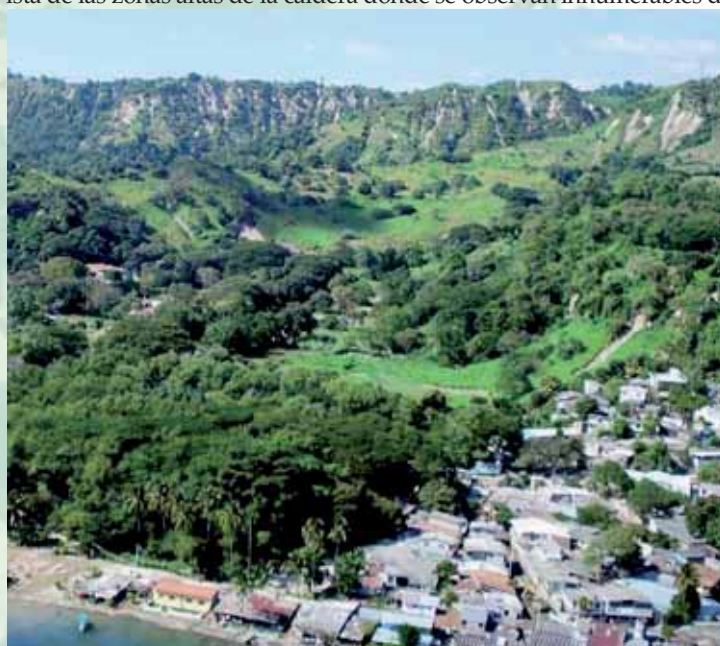


Fig. 4. Vista de Apulo y las zonas de deslaves al fondo.

² Foto Ricardo Cáceres; en línea en 12/11/09.

En el recorrido realizado se identificaron varios **deslaves de grandes dimensiones**. Por ejemplo, uno que inicia en el punto 43 con coordenadas 13°41'39.07"N de latitud y 89° 5'51.16"O de longitud y cuya corona se aprecia paralela al camino por la cresta hasta el punto 49 con coordenadas 13°41'27.83"N de latitud y 89° 5'52.32"O de longitud. Esto implica una longitud de superficie de rotura en la corona de unos 350 metros.

Por la orografía que se aprecia, seguramente no se produjo un único deslave sino que, al existir pequeños resaltes y pequeñas zonas de vaguada, donde se acumula el agua con mayor facilidad, esas zonas, que son el inicio de las quebradas en cotas inferiores, debieron movilizarse primero arrastrando a los suelos de zonas más cercanas; pero como la proximidad entre estas vaguadas es mucha, y no existen resaltes de importancia, se unieron formando un único movimiento de masa que se canaliza por diferentes quebradas.

El punto 49 corresponde a una zona de resalte que separa este primer gran deslave de otro de dimensiones y características parecidas.

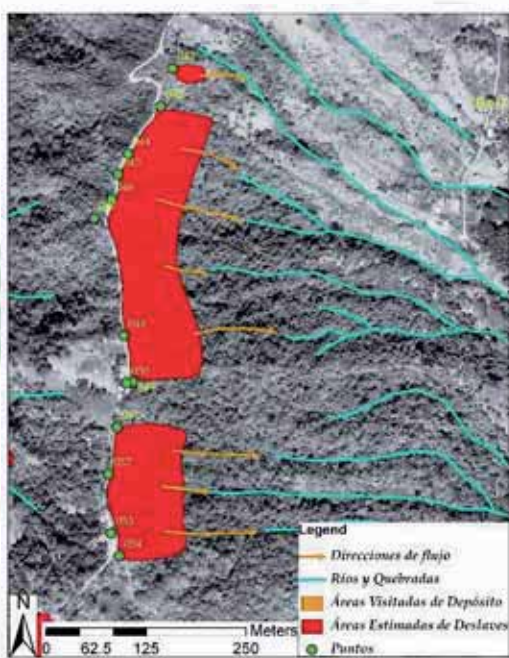


Fig. 5. Zona de ruptura, direcciones de flujo y quebradas.



Fig. 6. Fotografía donde se aprecia la zona de deslave y dentro de esta las zonas de vaguada y los resaltes. (GPS 045)

La cota de la corona está aproximadamente a 650 msnm, mientras que el lago se localiza a unos 450 msnm, lo que nos da una altura de talud o desnivel de unos 200 m. El espesor de material movilizado es variable, desde muy superficial en las zonas más elevadas, hasta de varios metros en los puntos bajos. La pendiente generada también varía a lo largo del deslave, aunque se puede tomar una pendiente promedio de entre 60° y 70°, y se puede inferir que la pendiente original era similar o levemente inferior, de entre 50° y 60°.

En diferentes puntos de la calle se observan grandes grietas (o sistemas de grietas), de hasta 8-10 m de longitud y con aperturas de hasta 20 cm.



Fig. 7. Grietas observadas. (GPS 047)

El material deslizado es básicamente suelo y su correspondiente cobertura vegetal, identificándose gran cantidad de árboles de gran tamaño. Desde la cresta se observa claramente la zona de ruptura, que abarca los primeros 60 a 80 m del talud, una segunda zona de vegetación, donde los flujos ya se canalizaron por las quebradas y la última parte más próxima al lago donde los lahares depositaron el material.

En general, si hacemos una estimación de 350 m de longitud, de entre 60 a 80 de largo y un espesor medio de 0.5 a 1 m, nos da un volumen estimado de entre 10,500 m³ a 28,000 m³.

Estos datos sólo serían de la superficie de ruptura; es muy probable que un evento de tal magnitud implicase que durante el recorrido del flujo fuese incorporando material de las propias quebradas.

El **material** que se ha quedado expuesto en toda esta zona se identifica como Tierra Blanca (TB), ceniza volcánica, pómez, lapilli, y otros materiales granulares provenientes de la explosión freática de la caldera de Ilopango. Esta tierra blanca, la cual se subdivide en ocho diferente unidades, tiene en su generalidad una composición de arenas limosas, limos arenosos, con componentes granulométricos de grava y arcilla no plástica. Este material se caracteriza por tener valores de cohesión bajos.

Sin embargo, existen otras propiedades que permiten generar taludes prácticamente verticales como la succión, la microfábrica y la cementación. Ahora bien, esta cohesión se debilita considerablemente ante la saturación del terreno. Es intrínseco en el comportamiento de la tierra blanca, la generación de discontinuidades, grietas y fisuras verticales provocando el derrumbe del material cuando hay ocurrencia de sismos o sobresaturación de agua.

(Hernández, 2004).

Existen diferentes datos geotécnicos sobre la tierra blanca aunque no de los lugares aquí estudiados. Los datos del ángulo de fricción interna (ϕ) de los que se disponen oscilan entre los 27.9° y los 35.9°, dependiendo de la unidad analizada.

Además, cuando la Tierra Blanca pierde su cobertera vegetal, como en este caso, y queda expuesta es altamente erosionable e inestable. Conseguir que se recupere la cobertera es sumamente difícil.

Características Geomorfológicas

La caldera Ilopango comprende de una depresión ancha, cerca de 11 kms por 8 kms, y está ocupada por el lago del mismo nombre, con una superficie de 75 km² y alcanzado en su centro una profundidad de 248 mts (Frullani A., 1988). Las laderas de la caldera son muy irregulares, porque están remodeladas por algunos domos dacíticos o colapsos separados.

Alrededor de la caldera se formó una superficie estructural extensa. El material que escupió la Caldera Ilopango como tierra blanca cubrió su alrededor ampliamente. Lo que significa que cubrió otras laderas estructurales, del relieve tectónico y las planicies volcánicas y fluviales policíclicas que ya existían antes de las explosiones.

Las últimas acumulaciones de Ilopango no han sido consolidadas, consecuentemente la superficie ha sido afectada por la intensa erosión. Ahora, la mayoría de las laderas estructurales cerca de la Caldera de Ilopango son intensamente erosionadas y solo pocas laderas originales se conservan como restos. La erosión siempre disminuye su extensión.

La tierra blanca que cubre las laderas estructurales de las elevaciones viejas, es también muy erosionada y es preservada solo en los restos.

Caldera Ilopango es un centro volcánico activo registrándose su última actividad volcánica en entre los años 1,879 y 1,880, cuando los domos dacíticos de Las Islas Quemadas se formaron.

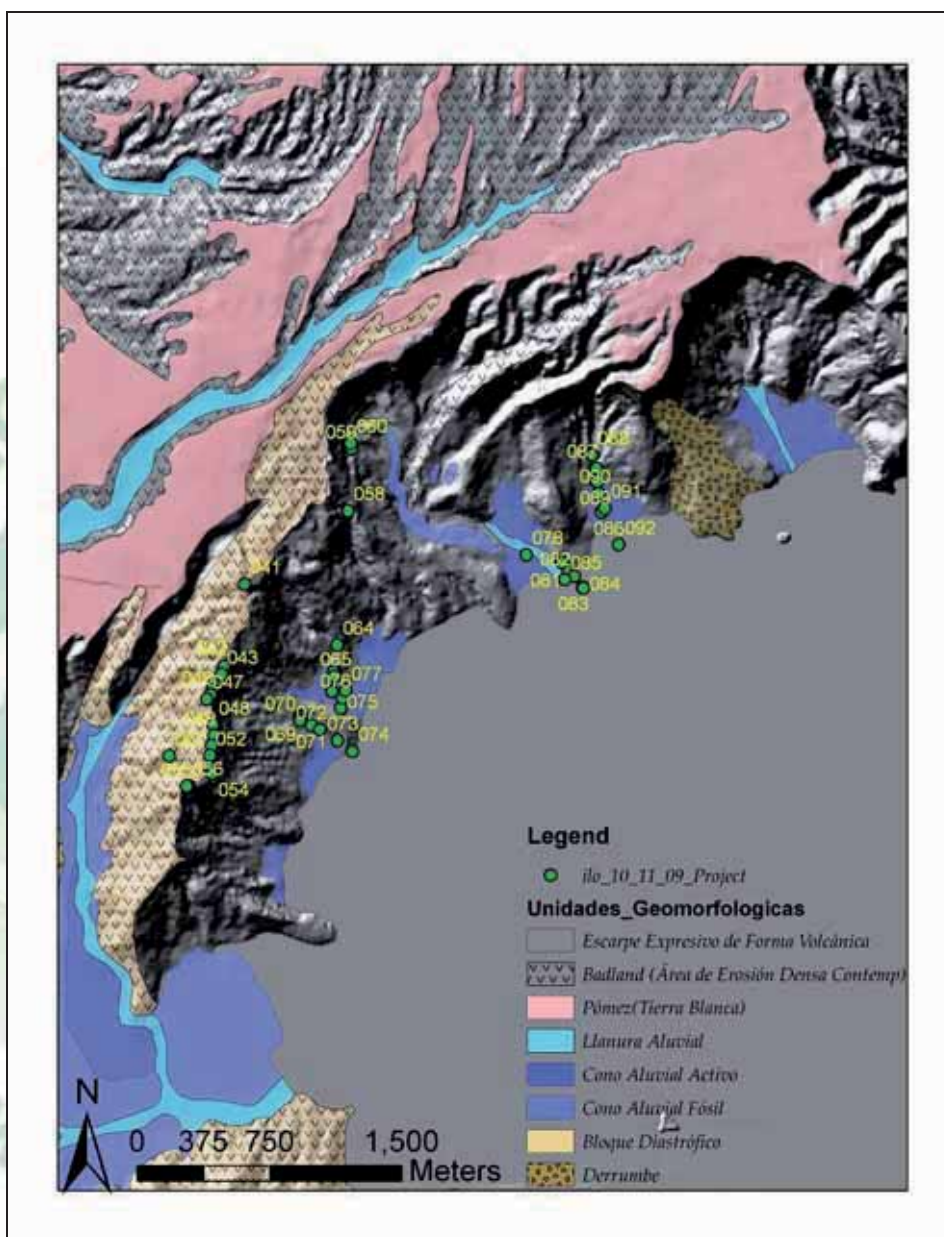
Las laderas caldéricas son muy inclinadas casi verticales y suben hasta 350 mts sobre el nivel del Lago. La mayoría de las laderas tienen la composición rocosa, pero suave, ya que son los productos caldéricos o los domos dacíticos. La caldera de Ilopango es una forma geológicamente muy joven y las laderas son erosionadas intensivamente. Los movimientos de ladera son asimismo muy intensivos. *En algunas partes que no son tan inclinadas hay acumulaciones de aluviones y se desarrollan los conos aluviales, por ejemplo, cerca de Punta Apatasco o Apulo.*

La caldera tiene sus laderas muy inclinadas, casi verticales, donde ocurren muchos procesos exodinámicos, especialmente los movimientos de ladera y erosión de suelo. Los escarpes expresivos destruyen la erosión subterránea que ayudan a la erosión del suelo y predispone los derrumbes o flujos de escombros. Las superficies estructurales de tierra blanca, suaves y no consistentes son erosionadas como tipo “badlands”. (Sebesta, 2005).

En el mapa adjunto se observa que la práctica totalidad del territorio está ocupado por Tierra

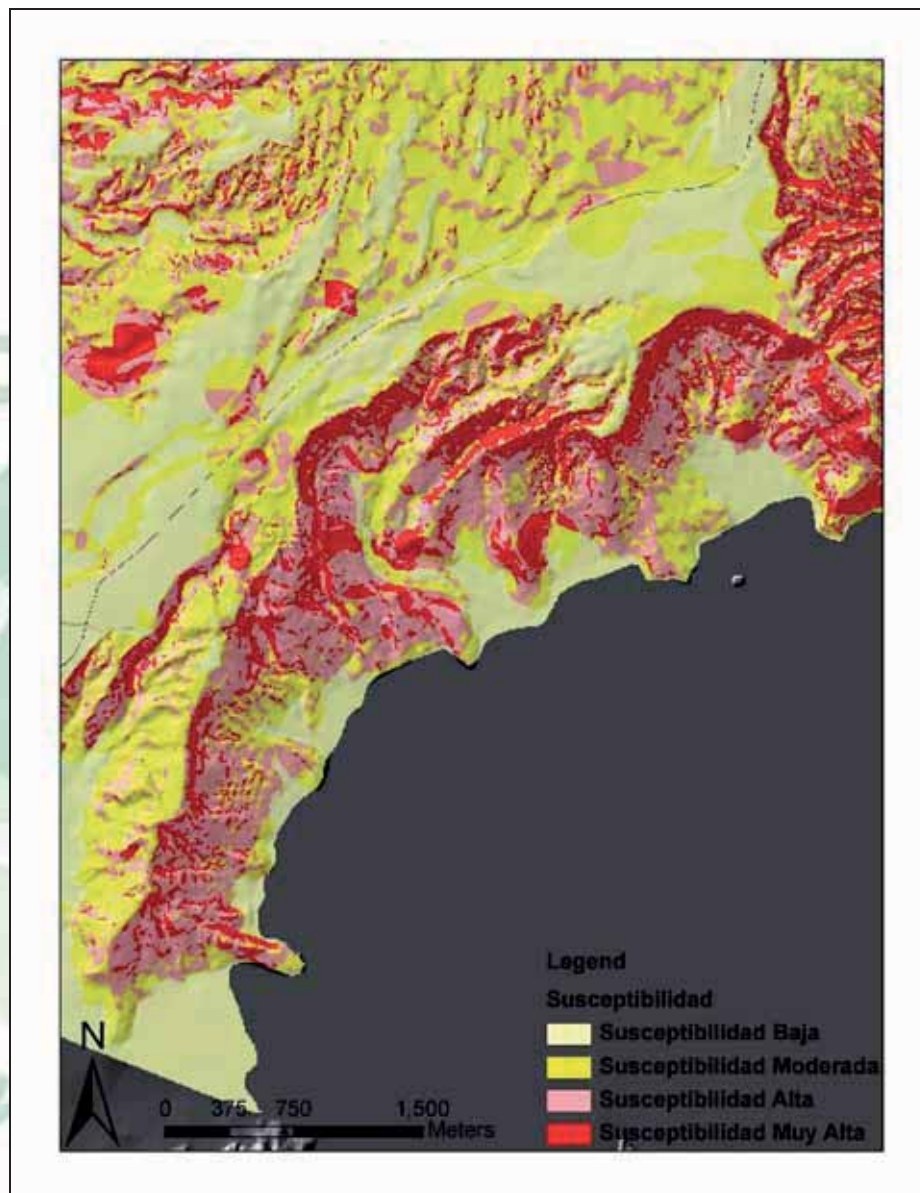
Blanca (Pómez), el escarpe expresivo de forma volcánica y Badlands. Que son morfologías poco estables, no consolidadas que favorecen los movimientos de masa. Es esperable que la zona alta se comporte a partir de ahora como Badland.

Y por otro lado las zonas bajas visitadas coinciden con zonas que se reconocen como Llanura Aluvial o Cono Aluvial Activo, por lo que no presenta características de idoneidad para ubicación de asentamientos humanos, ya que periódicamente van a quedar inundadas.



Mapa 1. Mapa Geomorfológico de la zona a partir del Mapa Geomorfológico del AMSS de J. Sebesta.

Según el Mapa de Susceptibilidad elaborado por el IPGARAMSS, el **grado de susceptibilidad** a deslizamientos de la zona es alto, pero se reduce por la presencia de este manto vegetal. Al perderse, implica que ahora existe un mayor grado de susceptibilidad en toda esta zona. Es decir, es muy probable que la zona se comporte como las zonas vecinas de las cárcavas de Ilopango o Soyapango.



Mapa 2. Mapa de Susceptibilidad Integrada para la zona de la caldera de Ilopango. IPGARAMSS, 2008.

El factor generador de estos deslizamientos fueron las fuertes lluvias acaecidas entre la noche del 7 a la madrugada del 8 de noviembre. Según datos del SNET, el acumulado de ambos días fue de 268,7 mm/m³.³ A este factor se une el encontrarnos al final de la época lluviosa, con lo que el grado de saturación y humedad del suelo es elevado.

Es esperable que en la próxima época de lluvias se generen nuevos movimientos de ladera (deslaves), que acentúen la problemática de arrastre de material a las partes bajas. Aunque esperemos que no de la misma magnitud, ya que tormentas de la intensidad de esta última tienen una frecuencia de *aproximadamente 100 años* y no son esperables todos los años, aunque sí puede ser común que se produzcan un gran número de pequeños movimientos de masa que afecten a todo el área del lago. Es decir, vamos a tener un comportamiento que equivale a una zona de badland.

Se visitaron otros dos deslaves de similares dimensiones en las proximidades, y se observan en otros puntos de la cresta zonas con idénticas características, que están pendientes de visitar. La susceptibilidad a movimientos de ladera, no sólo del talud descrito, sino de toda esta zona alta de la caldera se ha elevado, por lo que es necesario realizar estudios a mayor detalle. Es recomendable realizar nuevos ensayos del material en las zonas problemáticas para tener información más precisa.



Fig. 8. Diferentes imágenes de los deslaves cercanos. (GPS 052)

³ Datos del Centro de Información y Agrometeorología-Dirección General Servicio Meteorológico Nacional-SNET. Estación Aeropuerto de Ilopango.

Es importante resaltar que no se esperan deslaves de grandes dimensiones sino, como se observa en las fotografías aéreas, una gran cantidad de pequeños deslizamientos. En la situación actual, ya perdida la cobertura vegetal, y con las precipitaciones habituales en la región se puede generar gran cantidad de nuevos movimientos de ladera. Esto se debe principalmente al comportamiento de los materiales presentes en la zona y a las elevadas pendientes. Es importante delimitar antes de la próxima estación lluviosa zonas habitadas y amenazadas por este fenómeno y ejecutar obras de mitigación adecuadas.



Fig. 9. Imagen de las zonas de deslave observadas.

Antena en la zona de la Cresta

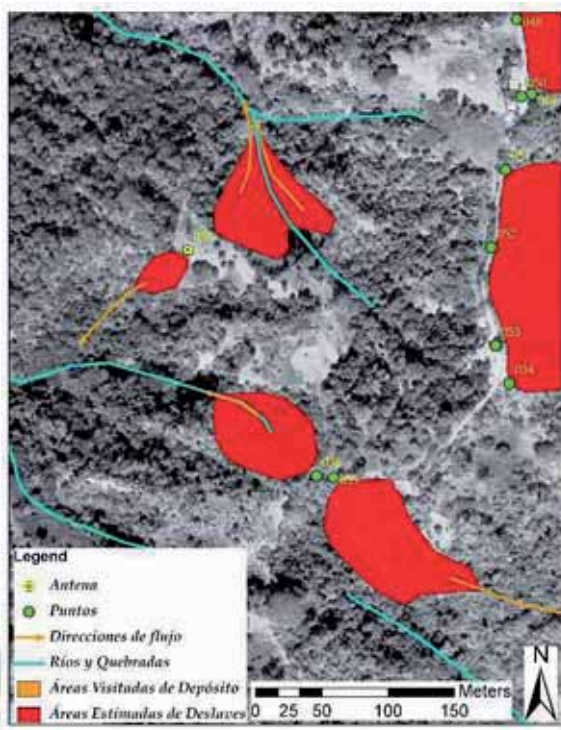


Fig. 10. Localización de la antena y deslizamientos adyacentes.

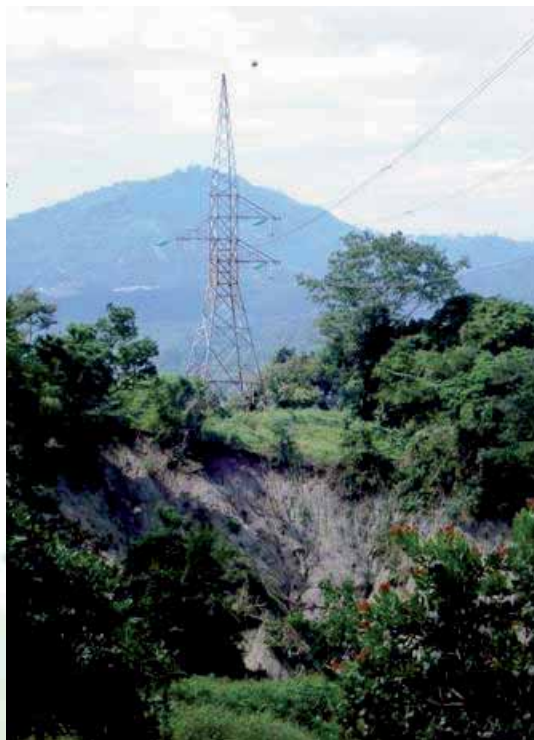


Fig. 11. Vista de la antena y el movimiento de ladera. Foto tomada desde el camino.

En el punto 57 con coordenadas $13^{\circ}41'23.97''N$ de latitud y $89^{\circ}6'0.96''O$ de longitud se localiza una antena para el suministro de energía eléctrica. Durante la visita y acompañados por Jorge Torres, vecino de la zona, se encuentran deslizamientos en las proximidades de dicha antena. En la zona donde se ubica la antena se encuentran múltiples cañones y cárcavas con un proceso de lavado de material.

Sería conveniente realizar una inspección con los técnicos responsables para asegurar que la estructura no corre ningún peligro.

Zonas Bajas

Posteriormente, se continuó la inspección por las zonas bajas, visitando las zonas donde se depositó el material por los lahares. No se hizo una cartografía a detalle, ni una descripción a fondo, por lo que a continuación se pasa a describir de forma somera la afección de los flujos en las zonas habitadas visitadas, y posteriormente una interpretación de la posible zona de aporte del material en función de la topografía y de las quebradas existentes en la zona.

Bello Amanecer



Fig. 12. Vista de la comunidad Bello Amanecer y zonas altas susceptibles a deslizamientos⁴.

Sobre la orilla occidental del Lago de Ilopango, y sobre las quebradas que comunican la zona de cresta visitada, se localiza la comunidad Bello Amanecer, con coordenadas 13°41'36.02"N de latitud y 89° 5'30.29"O de longitud.

⁴ Vista de Google Earth de la comunidad Bello Amanecer. Se observan los puntos visitados en dicha comunidad. Consultado en línea el 16/11/09

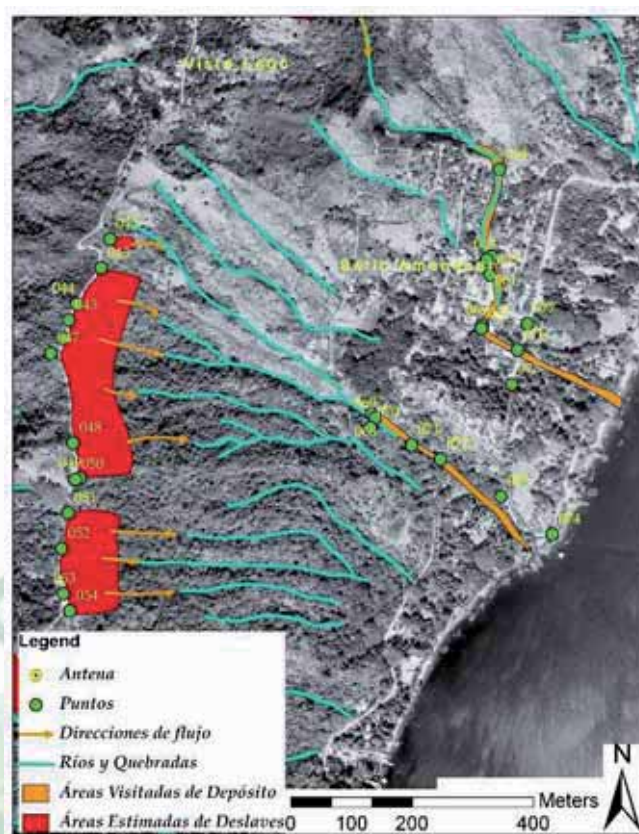


Fig. 13. Foto aérea donde se hace una estimación de las zonas de depósito de material en la comunidad Bello Amanecer.

El **centro de la comunidad** se ve afectada por un lahar, se observa como se canalizó un flujo por una quebrada que viene del norte y cuando llega al núcleo urbano se canaliza por las calles. Las viviendas más próximas al lugar por donde se adentra en la comunidad la quebrada, han sido las más afectadas.



Fig. 14. Vista de frente del lahar dentro de la comunidad.



Fig. 15. Vivienda sepultada por el flujo de material. El nivel en el interior de la casa alcanzó los 2 m. (GPS 063)



Fig. 16. Vista de la quebrada azolvada y re-trabajada por cursos de agua posteriores.



Fig. 17. Calle de Bello Amanecer por la que se canalizó el deslave.

Es importante dimensionar exactamente el área de aporte de material dadas las características de la caldera del lago de Ilopango. La altura desde la cresta hasta las orillas del lago es variable, con un máximo de 1000 m. Como se observa en las fotografías, las quebradas recogen una elevada cantidad de sólidos que se depositan en las comunidades establecidas en la ribera del lago. Por un lado, se tiene el problema de la inmediatez, es decir, desde que se inicia el flujo hasta que llega a la zona poblada tarda en recorrer 1 km algo más de 3 minutos (a una velocidad de 5 m/s, velocidad normal o baja para este tipo de eventos). Por otro lado, estos flujos tienen un alto poder destructivo, como se observa en las fotografías. A continuación se hace una estimación del área de aporte.

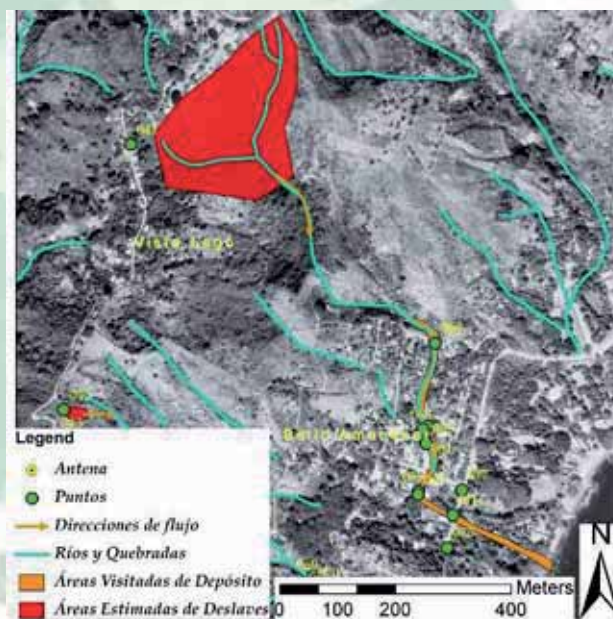


Fig. 18. Estimación del área de aporte del deslave que afectó el centro de la comunidad Bello Amanecer.

La **parte sur-occidental de la comunidad** se vio afectada por otro lahar. En este sector se contabilizó una víctima mortal. Presenta características comunes con el anterior. Como en esta zona no había construcción, el flujo no se canalizó tanto por calles, y se concentró más en los cauces de las quebradas. Pero debido a su elevada energía, se observan los cauces agrandados y posteriormente rellenos con materiales del propio evento. Parece probable que la zona de aporte fuese parte de la visitada sobre la cresta. Como se comentó anteriormente, no todo el frente que se desprendió se canalizó en una sola quebrada, sino que se distribuyó por varias, aunque en este punto se concentran dos quebradas. La afección a las viviendas fue mayor porque el flujo vino con una dirección más perpendicular al lago y no perdió energía como el caso anterior, donde el cauce se presenta más sinuoso.

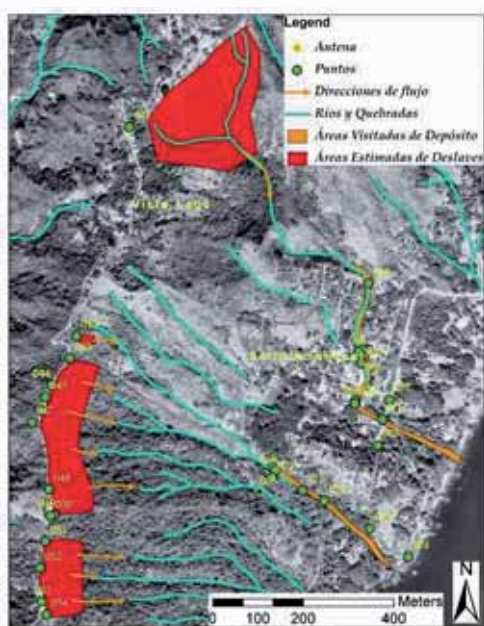


Fig. 19. Estimación del área de aporte del deslave que afectó zona sur-occidental de la comunidad Bello Amanecer.



Fig. 20. Vista de la quebrada y la zona de cresta. (GPS 068)



Fig. 21. Vista de la quebrada aguas debajo de la figura 20.



Fig. 22. Familia afectada que vive a la par de la quebrada.



Fig. 23. Lugar donde se localizaba una casa arrasada por el flujo y donde falleció una persona. (GPS 072)



Fig. 24. Casa muy afectada, pero no habitada en el momento del evento. (GPS 071)



Dolores Apulo

Uno de los asentamientos más importantes en la ribera del lago es Dolores Apulo. Esta comunidad, centro turístico de la zona, está ubicada sobre un abanico aluvial activo. De hecho, es frecuente la presencia de maquinaria del MOP removiendo sedimento del cauce de la quebrada que atraviesa la comunidad. Se localiza en las coordenadas 13°41'57.87"N de latitud y 89° 4'45.78"O de longitud.

Esta comunidad fue gravemente afectada por un lahar, quedando sepultada una parte importante de la misma.



Fig. 25. Vista del centro de la comunidad Dolores Apulo⁵.

⁵ Vista de Google Earth de la comunidad Dolores Apulo. Se observan los puntos visitados en dicha comunidad. Consultado en línea el 16/11/09

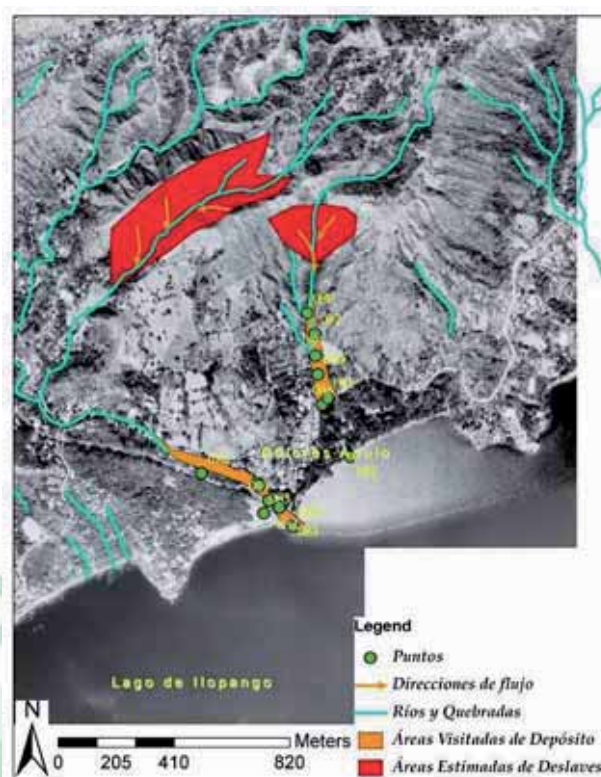


Fig. 26. Vista de la comunidad y zonas de depósito y aporte estimadas

Tampoco se pudo realizar un estudio en detalle de la zona afectada ni del área de aporte. Se debería hacer una reflexión sobre el hecho de que el centro turístico y centro urbano más desarrollado de la zona se encuentre en la zona de depósito de un abanico aluvial. Además desagua la quebrada con mayor área de recarga de la zona, lo que implica que también es la de mayor actividad.

Se debería reconsiderar la opción de desplazar, o como mínimo condicionar el desarrollo urbano de Dolores Apulo. Las obras de mitigación ejecutadas se han constatado insuficientes, la retirada periódica de material por parte del MOP confirma que se trata de un abanico aluvial activo (Río Guilapa). Las estructuras o edificios volcánicos son fácilmente erosionables por lo que vamos a tener aportes periódicos de material. En general se debe contemplar una propuesta integral para toda el área de la caldera que regule los asentamientos humanos y el uso del suelo de toda la cuenca y especialmente de las zonas altas más susceptibles a deslizamientos.

En síntesis:

- Dolores Apulo es una comunidad de gran desarrollo económico y polo turístico de la zona.
- Está atravesada por una quebrada activa (Río Guilapa) que de forma periódica aporta gran cantidad de material.
- Se observa claramente la existencia de un delta o abanico aluvial activo sobre el que se asienta la población.
- La zona de recarga y de posible aporte de material de la quebrada es de las más grandes de la zona.
- Existe un alto nivel de deforestación.
- El comportamiento reológico del material que compone los taludes facilita su incorporación a los flujos en ausencia de vegetación. (Badland, Tierra Blanca...)
- La probabilidad de lluvias intensas es alta en esta región.

Por tanto:

- Los flujos o lahares son y van a seguir siendo frecuentes en la comunidad.
- El nivel de exposición a la amenaza es muy alto.
- Debido a las condicionantes sociales el grado de vulnerabilidad es alto.
- Las obras de mitigación y procesos de limpieza se han demostrado insuficientes para la problemática existente.

En conclusión:

- Es necesario un plan de actuación para toda el área de la caldera de Ilopango, y en concreto para la población de Dolores Apulo.



Fig. 27. Calle de Apulo azolvada.



Fig. 28. Gran tronco atravesado en un puente en Apulo.



Fig. 29. Puente soterrado debajo de los materiales
arrastrados.



Fig. 30. Casa comunal de Apulo.



Fig. 31. Restaurante soterrado.



Fig. 32. Vehículos arrastrados por el flujo.



Fig. 33. Vehículo totalmente enterrado.

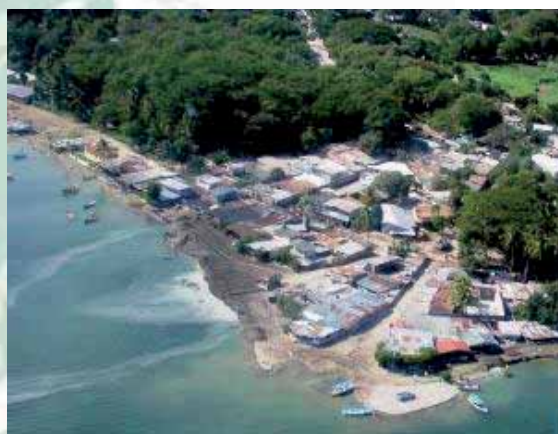


Fig. 34. Vista área de dolores Apulo una semana después de
las lluvias.

Otro sector de la comunidad Dolores Apulo se vio afectado por la quebrada que se encuentra en las proximidades de la comunidad El Astillero. Esta quebrada también canalizó un flujo con gran cantidad de material y depositó la gran mayoría sobre la calle y las viviendas próximas al turicentro de Apulo.

La problemática es la misma. Se recorrió parte de la quebrada aguas arriba, pero no se alcanzó a llegar a la zona de ruptura.

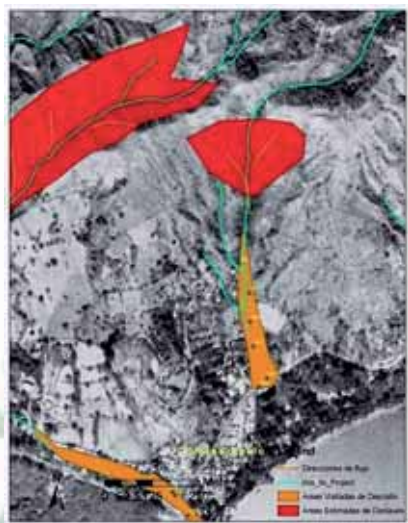


Fig. 35. Vista de la comunidad y zonas de depósito y aporte estimadas.



Fig. 36. Vista de la quebrada con diferentes áreas de aporte de material al fondo.



Fig. 37. Viviendas afectadas.



Fig. 38. Maquinaria abriendo paso en la calle principal de Apulo y viviendas afectadas.

Desagüe Lago Ilopango

Aunque no se llegó a visitar, el desagüe del Lago Ilopango, localizado en coordenadas 13°39'43.21"N de latitud y 88°59'47.98"O de longitud, fue muy afectado. La gran cantidad de sólidos transportados azolvieron las obras de desagüe ejecutadas hace unos años, y también se identificaron deslaves en el tramo hacia el río Jiboa. Todo este conjunto afectó a la población al ascender el nivel del lago y no poder desaguar a su cota natural.



Fig. 39. Vista aérea del desagüe del Lago Ilopango completamente azolvada.

Conclusiones

La zona visitada fue severamente afectada. Las lluvias acaecidas la noche del 7 de noviembre fueron de una magnitud considerable, y se consideran el factor generador de la gran cantidad de movimientos de masa. Pero hay que contemplar otros factores, como el grado de deforestación de la zona, los materiales geológicos presentes y las pendientes que, en conjunto, nos dan un elevado grado de susceptibilidad de la región a movimientos de masa.

Como ya se ha comentado, los flujos han de recorrer poca distancia para afectar las zonas urbanas y hay asentamientos en las proximidades de dichas quebradas. Una vez perdida la cobertura vegetal, la probabilidad de ocurrencia de deslaves aumenta. Aunque, por las características de la zona, es de esperar flujos de pequeño a mediano volumen en condiciones pluviométricas normales. Si no se recupera la zona, con lluvias tan intensas como las actuales es probable que los lahares sean de dimensiones mayores.

En el momento de la inspección las diferentes instituciones (Alcaldía, Protección Civil, MOP, ONGs...) estaban cubriendo las necesidades básicas de la población.

Queda pendiente el dimensionamiento de los volúmenes movilizados en la zona de cresta y la correspondencia con las zonas de depósito.

Como recomendación general se propone un plan de actuación integral para toda la zona de la caldera de Ilopango, donde se regulen los asentamientos humanos a zonas más seguras que las que actualmente ocupan (en general todos están sobre abanicos aluviales activos), recuperar las zonas altas, y que no sigan siendo zonas de cultivo. Y en previsión de que estos estudios y cambios puedan llevar cierto tiempo, estar preparados para la próxima estación de lluvias, ya que la probabilidad de nuevos flujos de masa es ahora mayor que antes de las lluvias. A este nivel lo que se propone es la implantación de un SAT (Sistema de Alerta Temprana) en función de umbrales de lluvia, la definición de albergues y rutas de evacuación por comunidades o zonas y reubicación de la población más expuesta.

Bibliografía

- Hernández Guevara, E. W. (2004). *Características geomecánicas y vulcanológicas de las tefras tierra blanca joven, caldera de Ilopango, El Salvador*. Master en tecnologías Geológicas. Universidad Politécnica de Madrid. Universidad Politécnica del El Salvador. Proyecto final de Master.
- Fernández-Lavado, C. (2008). *Mapa de Movimientos de Ladera en el AMSS*. Programa IPGARAMSS.
- Sebesta, J. (2005) "Elaboración de cartografía geomorfológica del subsistema norte y sur para incorporar al análisis de riesgo en el plan de desarrollo urbano del AMSS".
- Frullani A. (1988) : *Informe Vulcanológico*, Consorcio Salvador E.. 88 pp., San Salvador

INFORME DE LA EMERGENCIA IMPACTO BAJA PRESIÓN Y HURACÁN IDA, 7 DE NOVIEMBRE DE 2009. FLANCO NORTE LAGO DE ILOPANGO. (Lone, H., Martínez Bernabé, C., Asensi, V.,. 2009) Comisión Técnico-Científica. Grupo I.



GRUPO I

INFORME DE LA EMERGENCIA IMPACTO BAJA PRESIÓN Y HURACÁN IDA, 7 DE NOVIEMBRE DE 2009. FLANCO NORTE LAGO DE ILOPANGO

INFORME 15/12/2009

Hugo Lone (MAG)

Cecilia Martínez Bernabé (FUNSALPRODESE)

Vicent Asensi (GM)

Presentado a:

Comisión Técnica-Científica

ÍNDICE

ÍNDICE.....	1
INTRODUCCIÓN	2
LOCALIZACIÓN.....	4
DESCRIPCIÓN GENERAL.....	5
FACTORES	7
Factores Naturales.....	7
Lluvia Máxima.....	7
Grado de Saturación.....	8
Pendientes	9
Litología.....	9
Factores Antrópicos	10
Deforestación.....	10
Usos del Suelo	10
Ubicación de las Comunidades.....	11
CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS.....	12
CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS.....	13
GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD	15
ZONAS VISITADAS	17
SAN AGUSTÍN	17
Zona Alta	17
Zona Media	18
Zona Baja	22
EL SAUCE	26
CLUB SALVADOREÑO CORINTO	31
CANTÓN APANCINO	39
DOLORES APULO	46
Los Pezotes	47
Dolores Apulo, Centro	52
SECTOR PONIENTE DEL FLANCO NORTE.....	57
CONCLUSIONES.....	67
EN LA ZONA DE ILOPANGO	67
VALORACIONES SOBRE LA EMERGENCIA.....	69
BIBLIOGRAFÍA	71
ANEXOS	72
ANEXO I. FICHAS DE EVALUACIÓN DE MOVIMIENTOS DE LADERA.	72
ANEXO II. CLASIFICACIÓN AGROLÓGICA.	73
ANEXO III. DECRETO N° 22 DEL MAG. (DEROGADO)	75
ANEXO IV. DEFINICIONES	76

INTRODUCCIÓN

La *Comisión Técnica-Científica*, coordinada por MARN (Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales) – DGSNET (Dirección General del Servicio Nacional de Estudios Territoriales), para el análisis y diagnóstico del impacto de la baja presión y Huracán Ida, ante la necesidad de contar con más personal técnico especializado, solicitó el apoyo de diferentes instituciones, tanto gubernamentales como no gubernamentales, para la realización de inspecciones y evaluaciones rápidas de las principales zonas afectadas.

Se establecieron dos líneas de trabajo, inundaciones y deslizamientos, enmarcándose el presente informe en la segunda. Dentro de las zonas afectadas por deslizamientos, el área más importante pendiente de estudio se localiza en los alrededores del Lago de Ilopango (el DGSNET ya se había centrado en la zona de San Vicente). Al ser un área tan extensa, se subdivide en tres grupos, siendo el flanco norte del lago el ámbito de estudio de este grupo. Más concretamente desde el cantón San Agustín (Municipio de San Pedro Perulapán, Departamento de Cuscatlán) hasta las inmediaciones del río Chagüite (Municipio de Ilopango, Departamento de San Salvador). El área de estudio es de aproximadamente 40 km².

El Grupo I lo conforma el Ingeniero Hugo Lone, de la DGFCR (Dirección General de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riego) del MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería); la Ingeniera Cecilia Martínez, de la ONG FUNSALPRODESE (Fundación Salvadoreña Para la Promoción Social y el Desarrollo Económico) y el Geólogo Vicent Asensi, de la ONG GM (Geólogos del Mundo). Fueron apoyados en un principio por Ricardo Valencia de la DGPC (Dirección general de Protección Civil, perteneciente al Ministerio de Gobernación).

Dentro del estudio de los deslizamientos ocurridos en el área de trabajo se diferencian dos zonas: Las zonas de aporte de material, es decir las zonas altas de la caldera del Ilopango, generalmente con pendientes elevadas; y las zonas de depósito, que se corresponde con las zonas bajas, de menor pendiente y normalmente habitadas. Las zonas intermedias entre ambas es por donde se canaliza el flujo, y pueden funcionar como zonas de aporte o de depósito de material.

El trabajo realizado ha consistido en 6 jornadas de campo, intentando reconocer la mayor parte de la zona de estudio, inspeccionando tanto las zonas altas como las bajas. No siempre ha sido posible establecer una correlación directa entre ambas zonas. Las zonas altas, o en general de aporte de material, abarcan una gran cantidad del territorio a estudiar; lo escarpado del terreno y la gran profusión de movimientos de ladera (deslaves) ha dificultado un estudio a mayor detalle de esta área. El estudio de las zonas de depósito está condicionado por la existencia de infraestructuras y zonas urbanas que condicionan las direcciones del flujo, así como por zonas de propiedad privada a las que no se ha tenido acceso.

Se han levantado 15 fichas de *Evaluación de Movimientos de Ladera* (Anexo I) y se han caracterizado 6 zonas de depósito. También se ha realizado dos inspecciones aéreas en helicóptero gracias a las gestiones del Departamento de Proyectos de la Alcaldía Municipal de Ilopango y de Protección Civil.

El presente informe sólo pretende ser un diagnóstico rápido de las zonas visitadas. Muchas de éstas requieren un estudio más detallado, no sólo para caracterizar los procesos ocurridos, sino para delimitar zonas viables para asentamientos humanos, zonas cultivables o zonas de especial protección. Esto demandaría una mayor profundización del trabajo de campo y de la interpretación de fotografía aérea y satelital. La necesidad de presentar unos resultados previos para que la DGPC y la comisión puedan disponer de información para definir los cursos de acción a tomar, y dar respuesta al conjunto de población salvadoreña desplazada, condiciona el contenido del estudio realizado. Al mismo tiempo, se incluyen conclusiones y recomendaciones a partir de las situaciones observadas en campo, líneas de trabajo a seguir, así como puntos a revisar una vez pasada la emergencia para incorporar en eventos futuros de similares características.



LOCALIZACIÓN

El área de estudio del Grupo I comprende los Municipios de Ilopango y San Martín, del Departamento de San Salvador, y el Municipio de San Pedro Perulapán, del Departamento de Cuscatlán, desde el parte aguas, o línea de cresta, de la Caldera de Ilopango hasta la ribera del lago. Los Cantones visitados fueron: Cantón San Agustín, del Municipio de San Pedro Perulapán; Cantón El Sauce, Cantón la Palma, Cantón Apancino, del Municipio de San Martín; Cantón Dolores Apulo y Cantón Changallo, del Municipio de Ilopango. (figura 1)
Las principales vías de acceso son: para las zonas altas, la carretera panamericana y las calles que parten desde ésta hacia el lago, y para las zonas bajas, la carretera a Apulo hasta llegar al Cantón El Sauce.

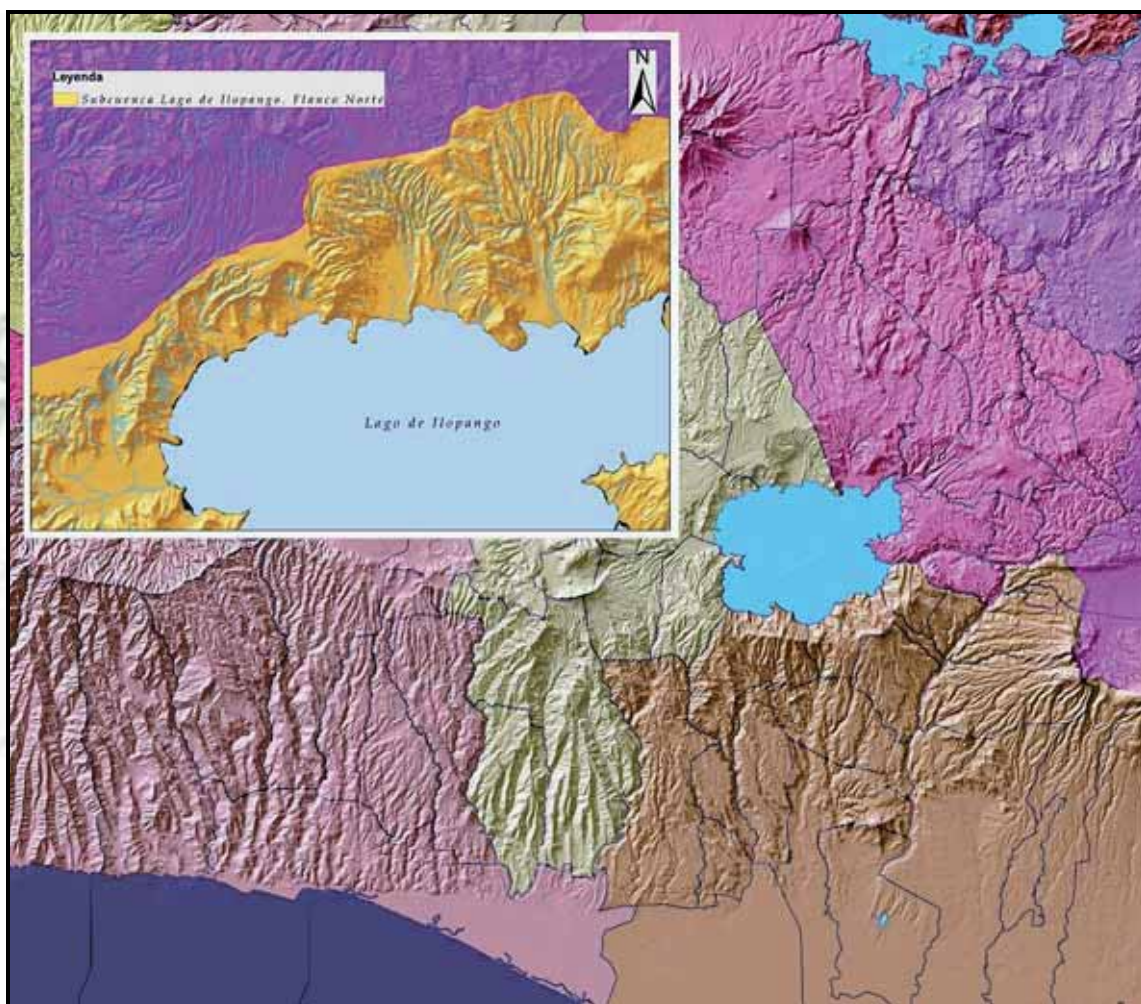


Fig. 1. Localización del área de estudio.

PROBLEMÁTICA

Descripción General

Tras las inspecciones realizadas se ha podido comprobar el estado general de la zona, flanco norte del lago de Ilopango, después de las lluvias del 7 de Noviembre. El nivel de afectación ha sido elevado. Se han contabilizado 7 fallecidos, decenas de familias desplazadas e innumerables daños materiales, tanto a infraestructuras públicas como a propiedades privadas y zonas comunales.

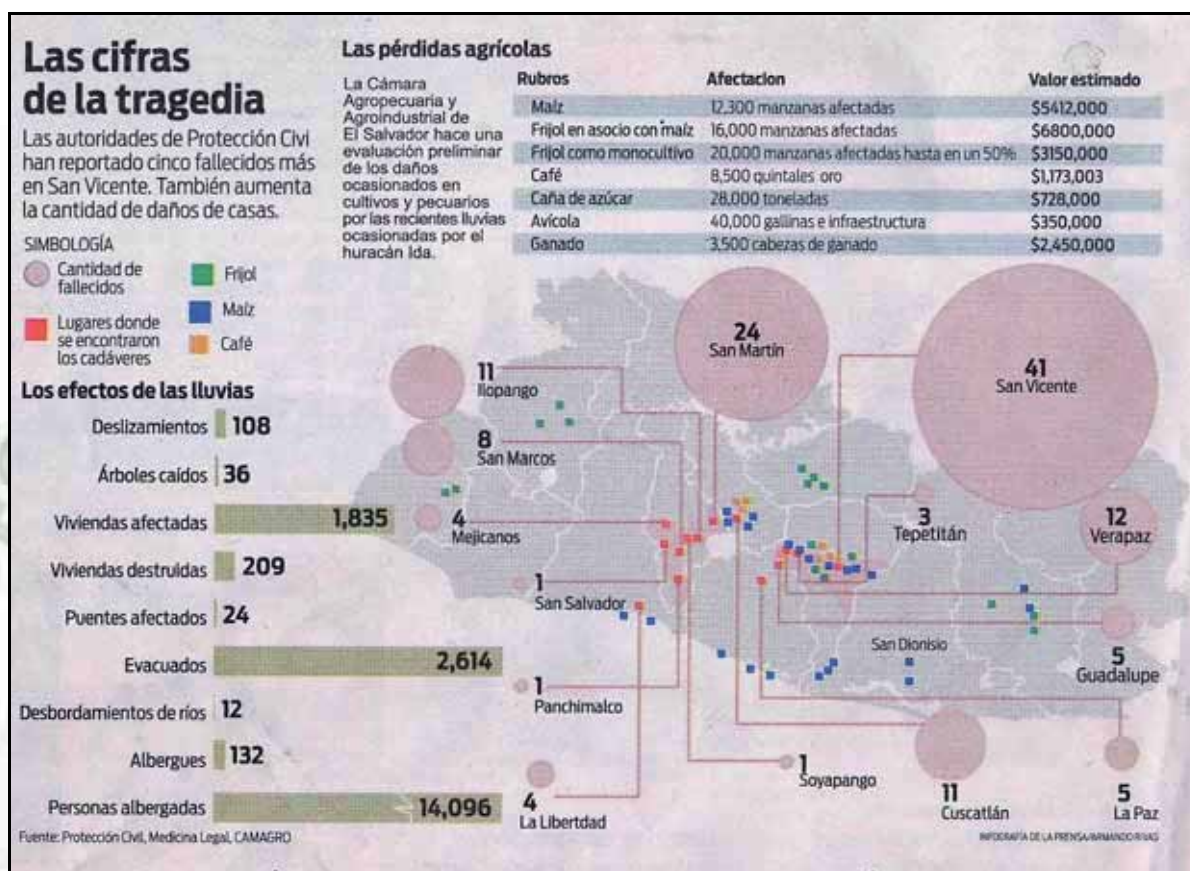


Fig. 2. Gráfico consolidado de fallecidos, afectados y daños materiales.¹

Desde cualquier punto elevado se observa la gran proliferación de deslaves ocurridos en las zonas altas. En general, se puede identificar una litología común: tierra blanca, elevadas pendientes superiores a los 45°, zonas de vaguadas o de inicio de quebradas y con un alto nivel de deforestación asociado.

¹ Fuente: La Prensa Gráfica, jueves 12 de Noviembre.



Fig. 3. Imagen donde se aprecia la gran cantidad de deslaves ocurridos.

El elevado número de deslaves implica un gran volumen de material movilizado, que se canaliza por las quebradas y se deposita en las zonas bajas afectando amplias áreas. Además, estas áreas de aporte de material son ahora más inestables por lo que van a ser un problema a futuro. Durante las inspecciones realizadas se han podido recorrer determinadas partes de las zonas altas o de cresta, pero en la mayor parte de las ocasiones resulta imposible realizar esta inspección, ya que se trata de zonas muy amplias, generalmente de bosque secundario o arbustivo sin accesos adecuados, por lo que se han tenido que realizar estimaciones del área afectada, y por tanto, de los volúmenes movilizados.

En las zonas bajas es donde se ha producido el depósito del material movilizado, coincidiendo estas zonas, generalmente más llanas, con las zonas de asentamientos humanos, y por tanto afectando a gran cantidad de familias. Se ha identificado un gran número de comunidades ubicadas en conos aluviales activos, es decir, zonas donde las quebradas depositan de forma habitual el material transportado en eventos importantes.



Fig. 4. Zona de depósito de material en la ribera del lago de Ilopango.

Factores

No todos los factores son necesarios para que ocurra un movimiento de ladera, ni la presencia de varios implica la ocurrencia de estos, pero si se identifican como agentes favorecedores y como aspectos a controlar en un futuro. También se pueden considerar como condicionantes y desencadenantes. A continuación se describen los principales factores involucrados en los procesos ocurridos. Se diferencia entre factores naturales y antrópicos.

Factores Naturales

Lluvia Máxima

El principal factor a tener en cuenta en este evento, y que se considera el factor de disparo o generador, fueron las lluvias de gran intensidad caídas entre la noche del 7 y la madrugada del 8 de noviembre. En estas fechas la estación meteorológica situada en el aeropuerto de

Ilopango² reportó 268.7 mm/m², es decir, la sexta parte de la cantidad de lluvia que se recoge en todo un año cayó en menos de un día.

Los suelos de origen volcánico, principalmente *tierra blanca* (ver apartado de Características Geológicas), con elevada pendiente y parcialmente deforestados, no fueron capaces de mantenerse estables y se movilizaron dando origen a los deslizamientos.

Si consideramos el registro del día 8 de noviembre, 219.1 mm/m², y el registro de lluvia máxima diaria entre 1953 y 1980 el periodo de retorno para esta lluvia se estima en 100 años. (fig. 5).

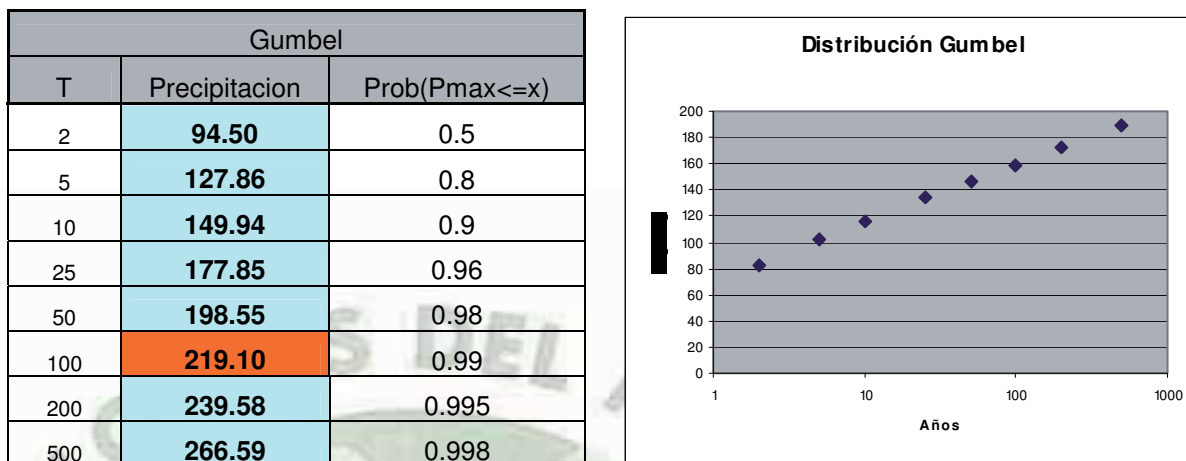


Fig. 5. Tabla y gráfico de los diferentes periodos de retorno según precipitación máxima diaria a partir de Distribución Gumbel.

Grado de Saturación

La época lluviosa de este año no se ha considerado especialmente copiosa, previamente al paso del huracán Ida y la tormenta asociada, estando por debajo de la media de precipitación de El Salvador, sin embargo, después de 6 meses de lluvias el estado de saturación de los suelos es elevado. Lluvias de la intensidad de este evento siempre son muy problemáticas, tanto si estamos al principio como al final de la época lluviosa, aunque son más frecuentes al final (la época de huracanes es de junio a noviembre). Cuando los suelos están saturados se favorecen los procesos de movimientos de masa. Al final de la época de lluvias es cuando nos encontramos con el mayor grado de humedad en los suelos; a mayor grado, más baja es la cohesión del suelo y por tanto mayor facilidad para que se produzcan los deslizamientos.

² Datos del Centro de Información y Agrometeorología-Dirección General Servicio Meteorológico Nacional-SNET. Estación Aeropuerto de Ilopango.

Pendientes

De manera general puede decirse que el factor condicionante más influyente en la generación de movimientos de ladera es la pendiente. En El Salvador, algunos autores asocian el umbral de pendiente de 30° para obtener de manera preliminar los lugares con más predominancia a sufrir movimientos (Fernández-Lavado, C et al., 2008). En la zona del flanco norte del lago de Ilopango, la cresta que delimita la caldera está a una distancia que varía entre los 5 km en la zona de San Agustín, hasta menos de 1 km en la zona de Bello Amanecer, con diferencias de nivel que oscilan entre los 200 hasta 350 m. Es habitual encontrarse con escarpes verticales o subverticales en la zona de cresta.

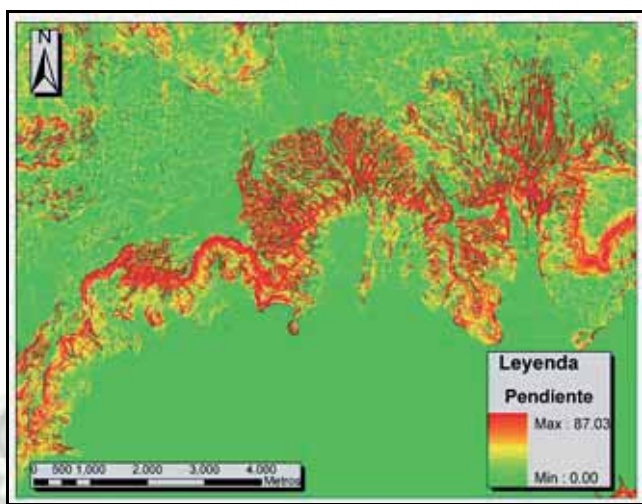


Fig. 6. Mapa de Pendientes para el flanco Norte del lago de Ilopango.

Como se puede observar en la figura 6, toda la zona de cresta de la caldera de Ilopango presenta pendientes elevadas, por lo que en condiciones de lluvia extrema son zonas susceptibles de generar movimientos de masa. Si nos centramos en una escala a mayor detalle, podemos observar cómo el sistema de quebradas acentúa las elevadas pendientes en ambos flancos de los cauces favoreciendo que el material movilizado se canalice hasta la zona costera del lago.

Litología

Más adelante nos centraremos en las características geológicas y geomorfológicas, pero de manera general la litología es, después de la pendiente, el segundo factor condicionante más determinante a la hora de producirse los movimientos de masa. La zona del lago de Ilopango se caracteriza por ser una zona de depósito de materiales volcánicos emitidos por la caldera de Ilopango en sus diversas erupciones.

Litológicamente, todo el flanco norte del lago se considera que está formado por *tierra blanca*, (piroclastitas ácidas y epiclastitas volcánicas), con algunos puntos localizados de efusivas ácidas y con desarrollo de abanicos aluviales cuaternarios en las zonas de depósito. Existen diferentes miembros dentro de la *tierra blanca*, con diferentes comportamientos, pero en la zona del lago predominan depósitos de gran potencia y con muy poco material arcilloso, lo que lo hace susceptible a los deslizamientos.

En general, tenemos un suelo poco consolidado y propenso a los deslizamientos, y que presenta un comportamiento muy inestable en ausencia de una capa vegetal que le sirva de manto protector frente a la meteorización.

Factores Antrópicos

Deforestación

Dentro de los factores antrópicos, es decir generados por la actividad humana, destaca la deforestación como factor que favorece la ocurrencia de movimientos de masa. Por deforestación entendemos la reducción de la superficie forestal que ocurre por varias razones, siendo la principal la ampliación de la frontera agrícola para la siembra de los tradicionales granos básicos de subsistencia, así como la obtención de madera, tanto leña como fuente de energía como postes para cercos. Como consecuencia de esta pérdida de cobertura vegetal los suelos quedan más expuestos a los procesos de meteorización, por lo que son más fácilmente erosionables y, por tanto, más propensos a que se produzcan deslaves.

En un país como El Salvador, con un régimen de precipitación estacional y con un valor promedio de lluvia aproximado de 1800 mm/año, y con suelos de origen volcánico, bien sean cenizas tipo *tierra blanca* o suelos de alteración de basaltos, la pérdida de la masa forestal es uno serio problema, ya que suelos que podrían ser estables con su cobertura vegetal original dejan de serlo ante umbrales de lluvia más bajos y por tanto más frecuentes en el país.

Usos del Suelo

Un adecuado uso del suelo, acorde con las características intrínsecas del mismo, no es solamente fundamental para reducir la producción de movimientos de ladera, sino para un óptimo aprovechamiento de su potencial agrícola.

Las tierras de la parte media y alta de las microcuencas de la caldera del lago de Ilopango de acuerdo a su Capacidad de Uso se clasifican como VI, VII y VIII, (Clasificación Agrológica, adoptada del Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. USDA) (ver Anexo III) que por sus fuertes limitaciones de topografía (pendientes fuertes) y suelo (textura franca arenosa), restringen su uso agropecuario, siendo aptas para cultivos permanentes y regeneración natural respectivamente. Sin embargo es habitual encontrar cultivos intensivos en estos terrenos de pendientes fuertes.

En general, existe una escasa o nula conservación de suelos, generalmente por falta de asistencia técnica, casi no se realizan prácticas de conservación de suelos; al contrario, es frecuente encontrar acciones que favorecen los procesos erosivos, como la siembra en surcos a favor de la pendiente o la quema de rastrojos.

En conjunto, la deforestación y el mal uso del suelo, no son factores que originen los deslizamientos, sin embargo sí pueden contribuir de manera muy relevante a que el volumen

movilizado sea mayor, o a que exista mayor probabilidad de que se produzcan. No hay que considerar estas actividades como las responsables únicas de la ocurrencia de movimientos de ladera, pero si es importante hacer una reflexión sobre las repercusiones que pueden acarrear.

Ubicación de las Comunidades

Hasta ahora todos los factores mencionados están relacionados con el inicio del movimiento de ladera, bien como factores principales responsables o como favorecedores del proceso. Sin embargo, también es importante revisar la ubicación de las comunidades en las zonas bajas, es decir, el grado de exposición de éstas ante este tipo de fenómenos. En la ribera del lago de Ilopango existen pocos lugares llanos donde situar asentamientos humanos, pero como es habitual en un área con una orografía caldérica, estas zonas llanas se corresponden en la mayoría de los casos con abanicos aluviales, es decir, con zonas de depósito de material de eventos relacionados con lluvias fuertes.

Ubicar a la población en estas áreas es exponerla a un riesgo elevado, como se ha demostrado en esta ocasión, y más cuando el crecimiento de la comunidad obliga a algunos de sus habitantes a

ocupar el lecho de quebradas, que aunque generalmente estén secas, son los lugares por donde se canalizan las avenidas de material.

Se deben delimitar las zonas seguras para el emplazamiento de la población y restringir las zonas de depósito de los abanicos aluviales que estén activas para el uso de asentamientos humanos.

También es necesaria una revisión de las construcciones en las zonas altas de tal forma que existan sistemas de evacuación de agua-lluvia y de aguas negras adecuados a las características de las microcuencas. Por otra parte se debe regular el crecimiento de asentamientos o industrias como medida de reducción de la escorrentía superficial, ya sea reduciendo el número de construcciones o mediante medidas que compensen el aumento de escorrentía que implique.

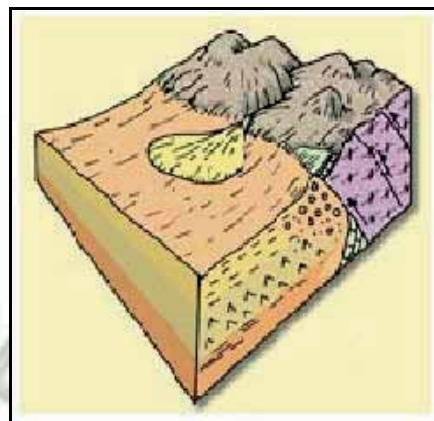


Fig. 7. Esquema de un abanico aluvial.³

³ Consultado en línea. platea.pntic.mec.es/~cmarti3/GEO/HIS/centro3.jpg 8/12/2009..

Características Geomorfológicas

La caldera Ilopango comprende una depresión ancha, cerca de 11 Km por 8 Km, y está ocupada por el lago del mismo nombre, con una superficie de 75 km² y alcanzado en su centro una profundidad de 248 mts (Frullani A., 1988). Las laderas de la caldera son muy irregulares, porque están remodeladas por algunos domos dacíticos o colapsos separados.

Alrededor de la caldera se formó una superficie estructural extensa. El material que expelió la Caldera Ilopango, tal como tierra blanca, cubrió su alrededor ampliamente. Lo que significa que cubrió otras laderas estructurales, del relieve tectónico y las planicies volcánicas y fluviales policíclicas que ya existían antes de las explosiones.

Las últimas acumulaciones de Ilopango no han sido consolidadas; consecuentemente, la superficie ha sido afectada por la intensa erosión. Ahora, la mayoría de las laderas estructurales cerca de la Caldera de Ilopango son intensamente erosionadas y solo pocas laderas originales se conservan como restos. La erosión siempre disminuye su extensión.

La tierra blanca que cubre las laderas estructurales de las elevaciones viejas es también muy erosionada y es preservada solo en los restos.

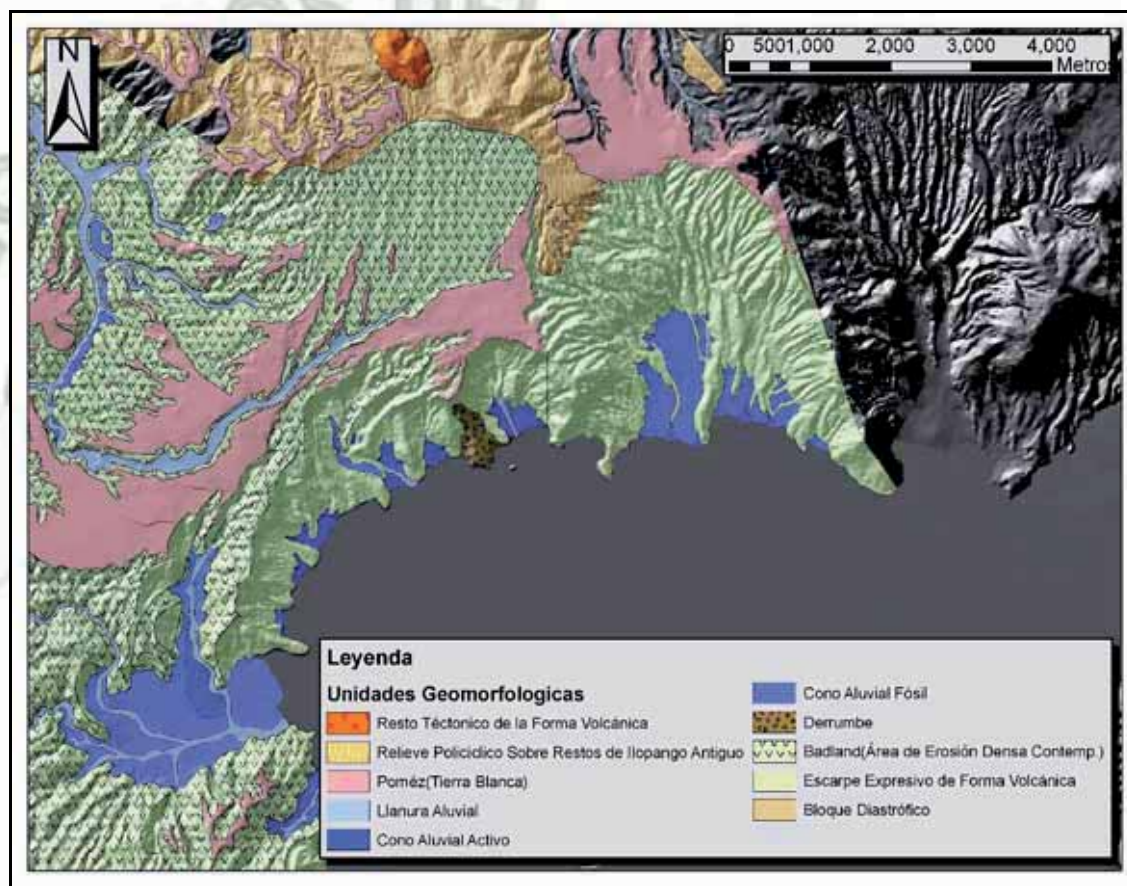


Fig 8. Mapa Geomorfológico de la zona a partir del Mapa Geomorfológico del AMSS de J. Sebesta. Sólo cubre el AMSS, por lo que la zona de San Agustín no tiene representación. (Escala 1:25000).

Caldera Ilopango es un centro volcánico activo. Su última actividad volcánica registrada fue entre los años 1,879 y 1,880, cuando los domos dacíticos de Las Islas Quemadas se formaron. Las laderas caldéricas son muy inclinadas, casi verticales, y suben hasta 350 mts sobre el nivel del Lago. La mayoría de las laderas tienen la composición rocosa, pero suave, ya que son los productos caldéricos o los domos dacíticos. La caldera de Ilopango es una forma geológicamente muy joven, y las laderas son erosionadas intensivamente. Los movimientos de ladera son asimismo muy intensivos. En algunas partes que no son tan inclinadas hay acumulaciones de aluviones y se desarrollan los conos aluviales, por ejemplo, cerca de Punta Apatasco o Apulo.

La caldera tiene laderas muy inclinadas, casi verticales, donde ocurren muchos procesos exodinámicos, especialmente movimientos de ladera y erosión de suelo. Los escarpes expresivos destruyen la erosión subterránea que ayuda a la erosión del suelo, y predispone los derrumbes o flujos de escombros. Las superficies estructurales de tierra blanca, suaves y no consistentes, son erosionadas como el tipo de suelo "badlands". (Sebesta, 2005).

En el mapa adjunto se observa que la práctica totalidad del territorio está ocupado por tierra blanca (Pómez), el escarpe expresivo de forma volcánica y Badlands, que son morfologías poco estables no consolidadas que favorecen los movimientos de masa. Es de esperar que la zona alta se comporte a partir de ahora como Badland.

Y, por otro lado, las zonas bajas visitadas coinciden con zonas que se reconocen como Llanura Aluvial o Cono Aluvial Activo, por lo que no presenta características de idoneidad para ubicación de asentamientos humanos, ya que periódicamente van a quedar inundadas.

Características Geológicas

La caracterización geológica del país es escasa. Sólo existe un mapa escala 1:100000 que cubre todo el territorio nacional (Weber, H.S. et al., 1978). Aun así podemos asociar los diferentes materiales presentes en la zona con sus respectivas unidades geomorfológicas. Ya que el mapa geomorfológico sólo está centrado en el AMSS, para el resto de la zona de estudio resulta interesante comprobar como las litologías son las mismas, básicamente *tierra blanca*, efusivas ácidas a efusivas intermedias y depósitos cuaternarios, que se corresponden con pómez (*tierra blanca*), badlands y escarpe expresivo de forma volcánica para las dos primeras litologías y llanuras y conos aluviales para los depósitos cuaternarios.

Es decir, las zonas altas van a presentar progresivamente un comportamiento hacia badlands (cárcavas), y las zonas bajas van a seguir siendo zonas de depósito de material.

La existencia de cárcavas nos indica que los procesos erosivos, y por tanto de aporte de material, van a seguir siendo frecuentes en toda la zona. Y en consecuencia los depósitos de material en las zonas bajas.

Por *tierra blanca* (TB) entendemos al conjunto de ceniza volcánica, pómez, lapilli, y otros materiales granulares provenientes de la explosión freática de la caldera de Ilopango. Esta tierra blanca, la cual se subdivide en ocho diferentes unidades, tiene en su generalidad una

composición de arenas limosas, limos arenosos, con componentes granulométricos de grava y arcilla no plástica. Este material se caracteriza por tener valores de cohesión bajos. Sin embargo, existen otras propiedades que permiten generar taludes prácticamente verticales como la succión, la microfábrica y la cementación. Ahora bien, esta cohesión se debilita considerablemente ante la saturación del terreno. Es intrínseco en el comportamiento de la tierra blanca la generación de discontinuidades, grietas y fisuras verticales provocando el derrumbe del material cuando hay ocurrencia de sismos o sobresaturación de agua. (Hernández, 2004).

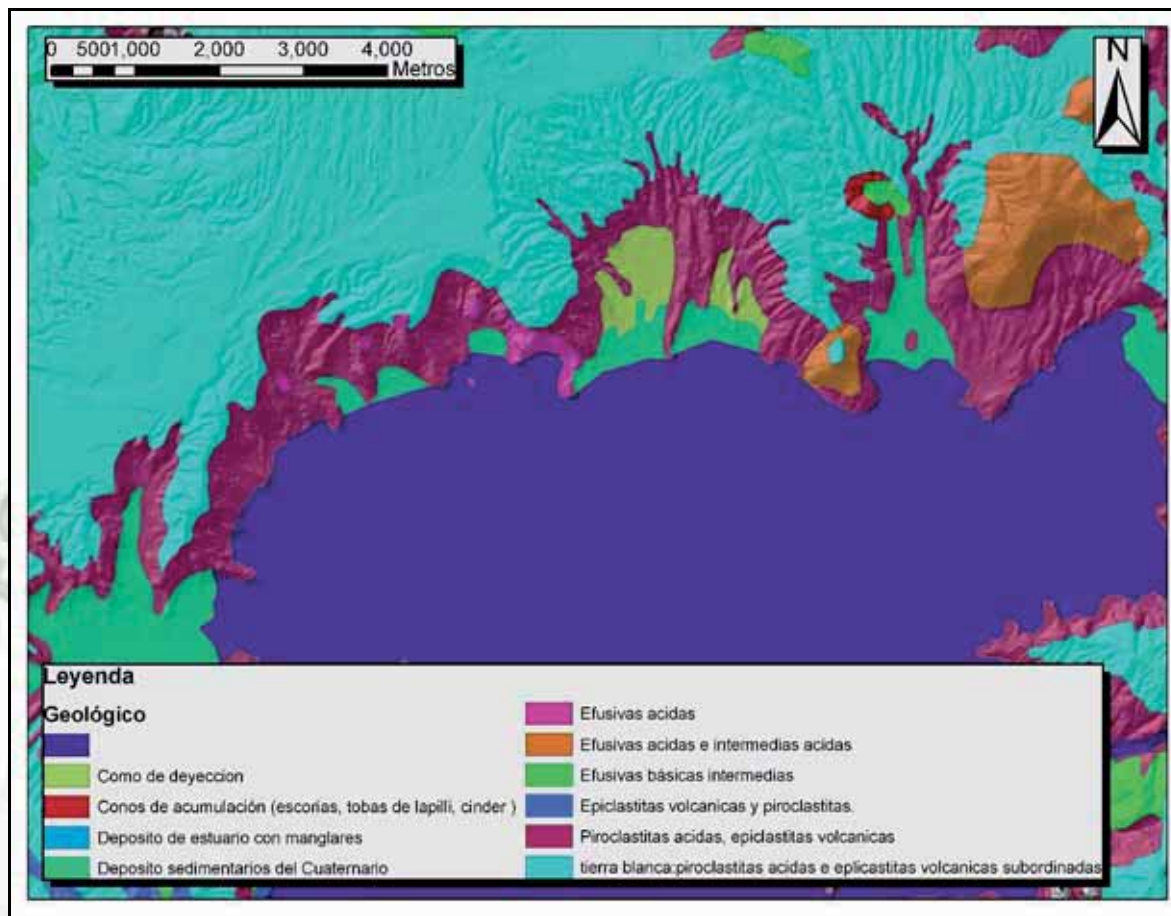


Fig 9. Mapa Geológico del flanco norte del lago de Ilopango. (Weber, H.S. et al, 1978) (Escala 1:100000)

Existen diferentes datos geotécnicos sobre la tierra blanca aunque no de los lugares aquí estudiados. Los datos del ángulo de fricción interna (ϕ) de los que se disponen oscilan entre los 27.9° y los 35.9°, dependiendo de la unidad analizada.

Además, cuando la tierra blanca pierde su cobertura vegetal, como en este caso, y queda expuesta es altamente erosionable e inestable. Conseguir que se recupere la cobertura es sumamente difícil.

Grado de Susceptibilidad

Según el Mapa de Susceptibilidad (2008) elaborado por el programa IPGARAMSS (*Integración Participativa de la Gestión Ambiental y de Riesgos en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Salvador*) para el Área metropolitana de San Salvador, el **grado de susceptibilidad** a deslizamientos de la zona es alto. Al igual que el mapa geomorfológico sólo cubre los municipios pertenecientes al AMSS, pero resulta bastante representativo.

Los factores que se han considerado para la realización de este mapa fueron: pendientes, orientaciones, mapa geomorfológico, mapa litológico, usos del suelo y fracturación. A partir de estos datos el grado de susceptibilidad es de alto a muy alto. Es decir, que existe facilidad o propensión de estas zonas a generar movimientos de masa. En el concepto de susceptibilidad, al contrario que en el de amenaza, no se tiene en cuenta la frecuencia ni la magnitud del evento. (EIRD, 2007).

En el *Manual Metodológico para la Evaluación de Movimientos de Ladera* se incluye los factores antrópicos, que son una variable importante a tener en cuenta en el aumento de susceptibilidad a los movimientos en masa. Así como también se considera, a partir de los datos disponibles el factor de disparo a partir de los umbrales de lluvia.

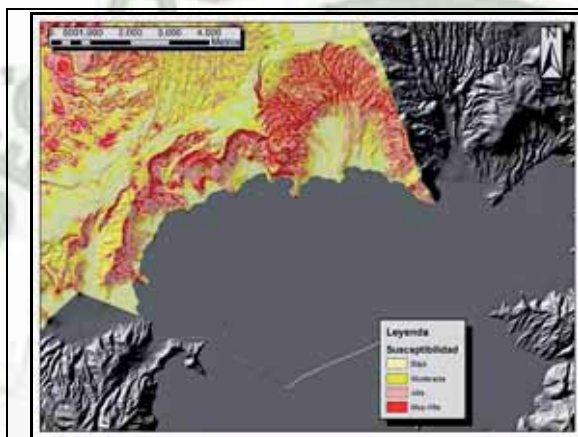


Fig 10. Mapa de Susceptibilidad Integrada para la zona de la caldera de Ilopango. IPGARAMSS, 2008

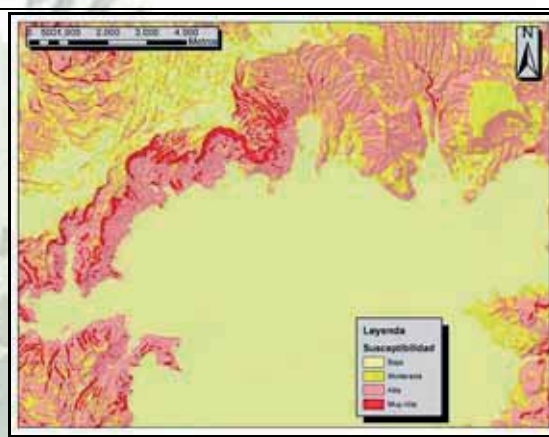


Fig 11. Mapa de Susceptibilidad por Remoción de Masas de Suelos y Rocas para la zona de la caldera de Ilopango. SNET, 2004.

Se incluye también el mapa de Susceptibilidad por Remoción de Masa de Suelos y Rocas del SNET, centrado siempre en el área de estudio. El mapa presenta una evaluación general del peligro por remoción en masa, con el fin de satisfacer las necesidades diagnósticas o de referencia para orientar la investigación y los estudios detallados acerca de la peligrosidad o susceptibilidad del terreno a presentar movimientos masivos de tierra. El mapa es una síntesis generalizada a escala 1: 50 000, por lo que debe considerarse como una cartografía analítica destinada a mostrar el predominio de un grado específico de susceptibilidad o peligro para un área determinada.

En ese sentido, la clasificación de susceptibilidad alta, moderada y baja o sin peligro, es una primera clasificación y debe ser evaluada a escalas más detalladas para tomar decisiones respecto del uso o las medidas de mitigación.

Conforme a ello, el Servicio Nacional de Estudios Territoriales ofrece esta herramienta de referencia para que los actores del desarrollo y de las emergencias, tengan una referencia territorial y pueden orientar de mejor manera sus esfuerzos.

Las áreas clasificadas con peligrosidad alta y moderada deben ser sujetas a un estudio más detallado, con el objeto de conocer de forma pormenorizada las propiedades del terreno y los factores de cambio que probablemente influyan en la estabilidad de unos sectores y la inestabilidad de otros. Esta microzonificación de estudios, debe llevarse a cabo a escalas de 1: 10 000, 1: 5 000 o mayores, las cuales deben ser aptas para la implementación de proyectos de desarrollo, conforme al volumen de inversión y su grado de importancia social⁴.



⁴ Consultado en línea. <http://www.snet.gob.sv/ver/geologia/amenaza+deslizamientos/>. 8/12/2009..

ZONAS VISITADAS

San Agustín

La microcuenca que desemboca en el cantón San Agustín es la más extensa de las visitadas. La línea de cresta está a unos 5 Km del lago y presenta una anchura máxima de 3.5 Km. Con un área aproximada de 15 km². (Fig. 12).

Zona Alta

Se localizó un acceso desde el caserío La Loma, en la zona de cresta hasta la zona media de la microcuenca que discurría por una quebrada seca, pero que es considerada calle por los habitantes de la zona, *calle arenal*. A los pies de la Peña Colorada la calle se une con la Quebrada Champezote, que se une posteriormente al Río San Agustín aguas abajo, ya dentro del ámbito de la comunidad.

El recorrido realizado va desde la Peña Colorada, el punto 1, con coordenadas⁵ 13°43'22.20"N de latitud y 89° 1'23.50"O de longitud, hasta el punto 12, 13°44'27.39"N y 89° 1'41.34"O.

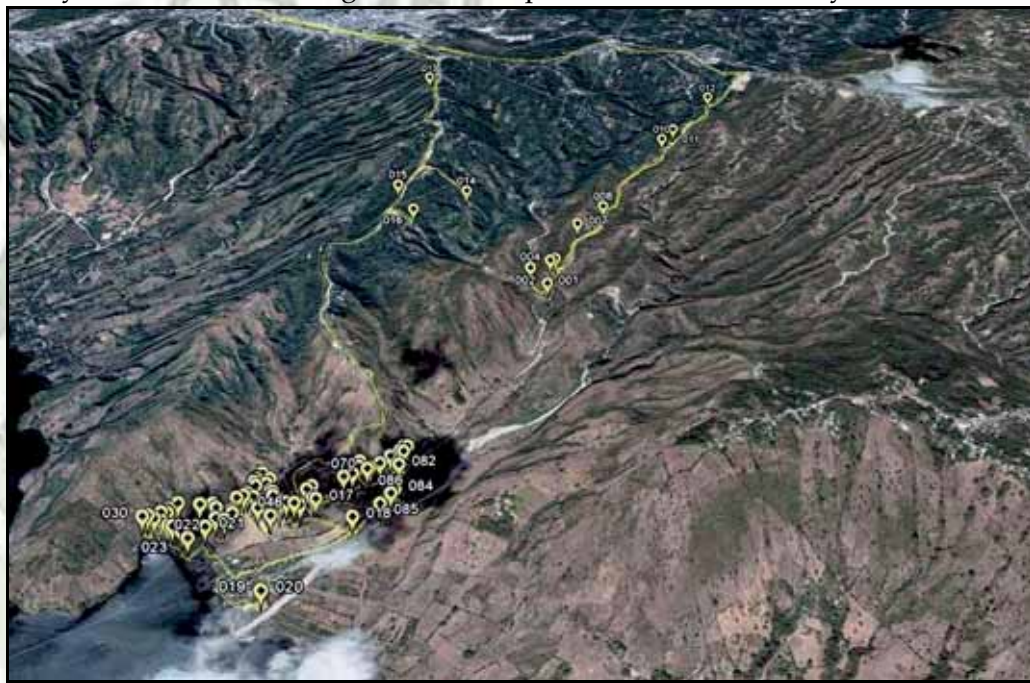


Fig. 12. Vista de la cuenca de San Agustín, Municipio de San Pedro Perulapán. En amarillo se muestran los puntos y el recorrido realizado el 24/11/09⁶.

Durante este recorrido se pudo evaluar el nivel de afectación de la zona alta. (Fig.13). Se observaron gran cantidad de deslizamientos de diferentes dimensiones, en general de decenas de

⁵ Nota: Todas las coordenadas citadas en este documento son coordenadas geográficas.

⁶ Vista de Google Earth de la cuenca de San Agustín. Se observan los puntos visitados en dicha comunidad. Consultado en línea el 8/12/09

metros. (Fig. 16). La propia quebrada fue agrandada y se rebajó el nivel de la misma, en algunos puntos hasta varios metros. (Fig. 15). Gran cantidad de bloques y árboles fueron removidos. Desde la Peña Colorada, se tiene una vista del lago y del cantón San Agustín, donde se puede observar la afectación a los ríos de la microcuenca. (Fig. 14).



Fig. 13. Vista de la calle de acceso a la Peña Colorada.

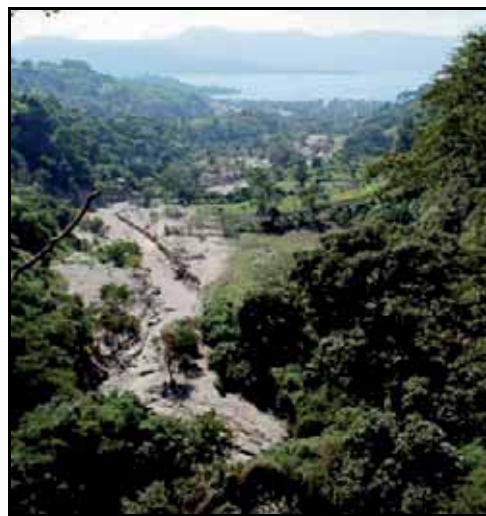


Fig. 14. Vista desde la Peña Colorada del Cantón San Agustín.



Fig. 15. Erosión sufrida por la quebrada.

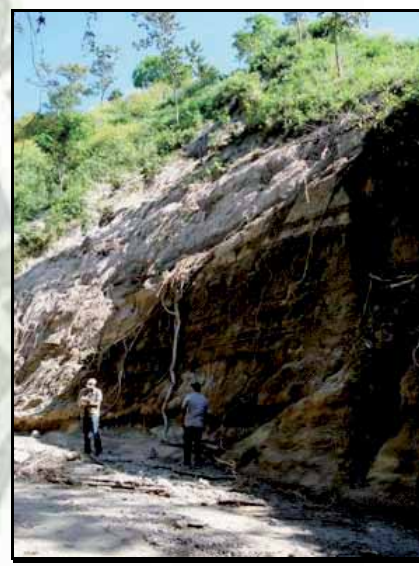


Fig. 16. Uno de los deslaves decimétricos superficiales que se podían observar.

Zona Media

La calle de acceso a San Agustín discurre por el parteaguas que separa dicha cuenca de la vecina, cantón El Sauce, y se tiene una vista de la parte media de ambas cuencas. En la figura

17 se aprecian los numerosos deslaves. Como se puede observar en la imagen, lo escarpado del terreno, la falta de accesos y la gran cantidad de movimientos de masa ocurridos, hicieron desestimar el levantamiento uno por uno de todos los deslaves. La fotografía esta tomada desde el punto 16, con coordenadas 13°43'17.68"N de latitud y 89° 1'50.43"O de longitud.



Fig. 17. Vista de la parte media de la cuenca de San Agustín., donde se observan gran cantidad de deslaves.

Como ya se ha efectuado un trabajo previo de campo, resultaría interesante realizar un trabajo con foto aérea post-emergencia o imagen satelital para dimensionar de esta forma todas las zonas de aporte y, si fuese posible, las áreas de depósito. Las limitaciones de tiempo y recursos han sido grandes. Asumiendo esta dificultad, se decidió hacer estimaciones de la cantidad de material movilizado. *Por tanto, las áreas de aporte y depósito y los volúmenes movilizados han de ser considerados estimados, y están sujetos a revisión y a estudios a mayor detalle posteriores.*

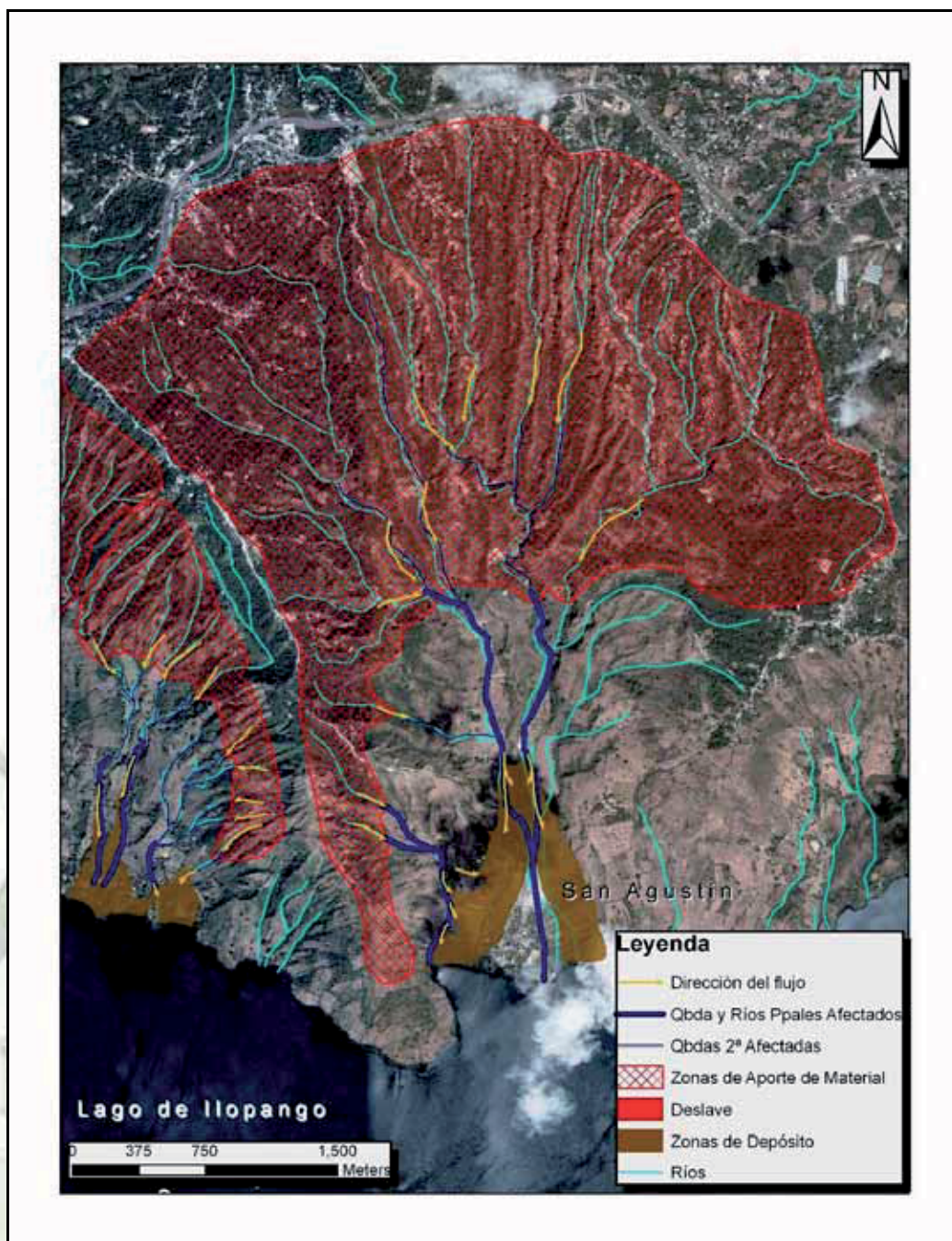


Fig. 18. Mapa de afectación del cantón San Agustín. Sobre imagen Google Earth⁷.

En la figura 18 se puede observar que sobre la imagen se han señalado los ríos y quebradas más importantes. Dentro de estos se han resaltado los que han presentado mayor afectación, de los que se han podido visitar. Y se han marcado las direcciones preferentes por donde se estima que circuló el flujo. En esta zona no se ha realizado una identificación de ningún

⁷ Consultado en línea el 5/12/09

deslave en concreto por la dificultad de acceso de la zona de aporte y su dimensión. Sin embargo, sí se ha definido la posible área de aporte de material. Obviamente, ésta coincide con toda la parte alta, donde se pueden identificar fácilmente grandes niveles de *tierra blanca*, presenta pendientes elevadas y donde los diferentes flujos que se forman en las pequeñas vaguadas se van agrupando hasta unirse en un cauce principal de importantes dimensiones.

Una de las características de la microcuenca de San Agustín es que es, comparada con las zonas limítrofes, de las de mayor área. Presenta una morfología semicircular en su zona alta lo que implica que las quebradas se vayan uniendo en un cauce principal que desemboca en el lago. En otras cuencas más próximas al lago, las quebradas que nacen en las crestas no se unen formando un gran cauce, sino que van directas al lago. En la figura 19 se puede observar las dimensiones de la microcuenca de San Agustín, que tiene un área de 15 km².

En conclusión, la zona de recarga de la microcuenca es muy grande y todos los flujos se concentran en un único cauce, dentro del ámbito de la comunidad, para acabar desembocando al lago.

El área de aporte identificada (ver figura 18) tiene un área de 9.6 km², lo que representa el 64 % de toda el área de la cuenca. En conclusión, la zona de recarga de la microcuenca es muy grande y todos los flujos se concentran en un único cauce, dentro del ámbito de la comunidad, para acabar desembocando al lago.

Haciendo una estimación de las áreas de aporte movilizadas, a partir de las inspecciones de campo y de los vuelos realizados, podemos inferir que se ha movilizado entre el 4 % y el 5% del área de aporte estimada, y considerando un espesor medio movilizado de 25 cm, obtenemos valores de entre 120000 a 96000 m³.

Aparte de considerar este volumen estimado, hay que valorar los procesos que suceden cuando el flujo de masa se desplaza. Es frecuente, y se puede observar en las imágenes del arenal visitado en la parte alta, que el flujo incorpore material de las zonas por donde circula debido a la elevada energía con la que se desplaza, ampliando cauces, tanto en extensión como en profundidad. Esta erosión de los canales por donde circula el flujo ha de medirse y añadirse al volumen estimado. Pero la erosión de los cauces sólo es una parte de los procesos que se dan en esta zona de transición. Cuando el flujo pierde energía es frecuente que en los mismos cauces que retrabajó y erosionó, deposite material de zonas más altas. Y por tanto,



Fig. 19. Microcuenca de San Agustín

este volumen depositado habría que descontarlo del total del volumen depositado en las zonas bajas.

Zona Baja

La comunidad de San Agustín se localiza en una planicie en la ribera del lago de Ilopango. La calle principal de acceso se entrecruza con el río San Agustín en el punto 18 de la figura 12, al que le corresponden unas coordenadas de 13°42'30.00"N y 89° 1'8.89"O.

En la comunidad se observan diferentes lugares afectados por avenidas de material. En las proximidades del río, a la altura de la calle, no se perciben señales de que se haya desbordado en este punto, pero sí aguas arriba; sin embargo, la afectación al cauce es evidente. En este punto el río mide 34 metros de ancho y 6.30 m de profundidad. Según los comentarios de los vecinos, la anchura del cauce era la misma, pero la profundidad en el cruce con la calle y zonas aledañas del río era de aproximadamente 1 m, por lo que nos da idea de la fuerza con la que circuló el flujo en este punto donde se profundizó el nivel del río en más de 5 metros (ver figura 20 y 21).



Fig. 20. Vista aguas arriba del río San Agustín a la altura del cruce con la calle principal.



Fig. 21. Imagen donde se aprecia la diferencia entre la cota previa y la actual en el río.

En la unión del río Champezote con el río San Agustín también hay muestras de una gran erosión. Se pueden observar grandes árboles y piedras transportadas (figura 22), así como varias casas afectadas.



Fig. 22. Vista del río Champezote donde se une con el río San Agustín. Aguas arriba.



Fig. 23. Vivienda afectada en ribera del río Champezote.

La desembocadura también denota el paso del flujo con una elevada energía (figura 24).



Fig. 24. Vista aérea de la desembocadura del río San Agustín.

En el mapa de la figura 18 también se señala la zona de depósito del material en la zona baja. A partir del recorrido de campo se fueron levantando los puntos que delimitaban el área de depósito. Se observa claramente por donde se desbordo el río Champezote, unos metros aguas arriba después de unirse con el río San Agustín. Y como éste, también se desbordó más o menos a la misma altura anegando la otra ribera de la comunidad. Además, la quebrada

que recoge las aguas del talud poniente también se desbordó en diferentes puntos afectando a las viviendas de este sector.

Cuando un flujo incide en una comunidad, se ve obligado a redirigirse por calles y pasajes, condicionando su morfología. En el punto 45 se llegó a medir hasta 1.75 metros de material sedimentado. ($13^{\circ}42'23.36''N$ y $89^{\circ}1'18.00''O$). La existencia de casas e infraestructuras actúan como diques o zonas de retención. En la zona más próxima al punto por donde se desbordó el río también se identifican viviendas enterradas por el material transportado (figura 25). En algunas zonas de cultivo se puede distinguir el límite de la zona de depósito perfectamente, así como los aportes de material de laderas próximas.



Fig. 25. Casa azolvada en las proximidades de la zona de desembocadura. Pto 78.



Fig. 26. Límite de afectación. Véase el material fino depositado.

Se observan diferentes puntos con espesores mayores a un metro, pero en su conjunto se estima un espesor medio de entre 20 a 25 cm. El área reconocida en el campo es de aproximadamente de 500000 m^2 , lo que nos da un volumen estimado de depósito entre 100000 y 125000 m^3 , al que habría que añadir también el material depositado en el lago, que no se puede calcular.

En el punto 53, con coordenadas $13^{\circ}42'25.97''N$ y $89^{\circ}1'24.46''O$, se desbordó la quebrada que discurre por el lateral de la comunidad. En este punto se identificaron varios bloques, rocas de tamaño métrico, las cuales se midieron y, a partir de estas medidas, utilizando la fórmula⁸

⁸ $V = 0.18 \times D^{0.487}$, donde D es el valor medio del diámetro medio de los bloques considerados. El valor de D es en mm y la V (velocidad) en m/s. Es necesario medir al menos 5 bloques para que el valor sea representativo. En la mayoría de los casos, los bloques son métricos.

empírica de Costa (Costa, 1983) se puede extraer un valor de 4.6 m/s para la velocidad del flujo. Se considera que esta velocidad corresponde a un aporte lateral, no al flujo central que fue el que más energía y más material depositó.

En síntesis, la repercusión en la comunidad fue muy elevada. Las infraestructuras quedaron dañadas, quedando aislados los dos márgenes de la comunidad. Hubo una gran cantidad de viviendas impactadas, algunas quedaron totalmente destruidas y otras prácticamente enterradas. Los cultivos resultaron muy deteriorados. Tanto los ríos como la ribera del lago cambiaron su morfología. En el momento de la inspección diferentes instituciones estaban prestando ayuda a las familias más damnificadas, y se estaba trabajando en la remoción del material depositado.

Como se ha indicado anteriormente y se puede observar en la fotografía de la figura 24, la comunidad de San Agustín se asienta en una planicie. Está atravesada por dos ríos importantes que se unen dentro del ámbito de la comunidad, que son los ríos Champezote y San Agustín; además hay una quebrada que recoge las aguas que bajan de los taludes del lado poniente de la comunidad y que también es muy activa.

Si observamos la zona de depósito de este evento y las características geomorfológicas que presenta, la correlacionamos con el área de depósito sedimentario del cuaternario del mapa geológico de la figura 9, y extrapolamos que al igual que el resto de áreas de depósito sedimentarios cuaternarios se corresponden con abanicos aluviales en el mapa geomorfológico de la figura 8, podemos deducir que la comunidad de San Agustín está ubicada en lo que se considera un abanico aluvial y por tanto es una zona de depósito activo de material.

Sería necesario evaluar la recurrencia que procesos como este, o de menor importancia pero que también hayan afectado a la comunidad de manera considerable, se dan para evaluar la exposición de la comunidad a estos eventos.

El estado de la parte alta de la cuenca después del huracán Ida es más susceptible a deslizamientos, por lo que es de esperar que toda esta área se comporte como una zona de badland o cárcavas activas, y por tanto que se den nuevos flujos. Que estos flujos lleguen a afectar a la comunidad dependerá de varios factores, el principal será la intensidad de la lluvia que origine el flujo.

Existían obras de mitigación aguas arriba de la comunidad que quedaron totalmente destruidas por la magnitud del evento. Si se va a mantener a la población en el mismo lugar es preciso reconstruirlas y dimensionarlas teniendo en cuenta los parámetros de este suceso.

Habría que considerar la reubicación como alternativa, aunque dentro de un plan que abarcase más zonas con problemáticas similares. Sería importante buscar una solución para las comunidades próximas al lago, aunque sean de diferentes departamentos o municipios. Movilizar a la comunidad no sólo implica cambiar el lugar de residencia, sino que también es importante considerar la recuperación de las zonas medias y altas donde los habitantes tradicionalmente ubican sus cultivos de subsistencia.

El Sauce

La microcuenca del cantón El Sauce tiene una extensión de 3.5 km², y se sitúa al poniente de San Agustín. Pertenece al municipio de San Martín, departamento de San Salvador. Se identifica una zona de cresta con un importante relieve que agrupa a esta microcuenca con la vecina del Club Corinto, pero están separadas por un pequeño resalte que delimita la cuenca y que redirige los ríos y quebradas de este sector hacia la zona urbana de El Sauce.

A pesar de su reducida extensión, esta comunidad también se vio afectada por varios flujos que se unieron abarcando una gran parte de la zona habitada.

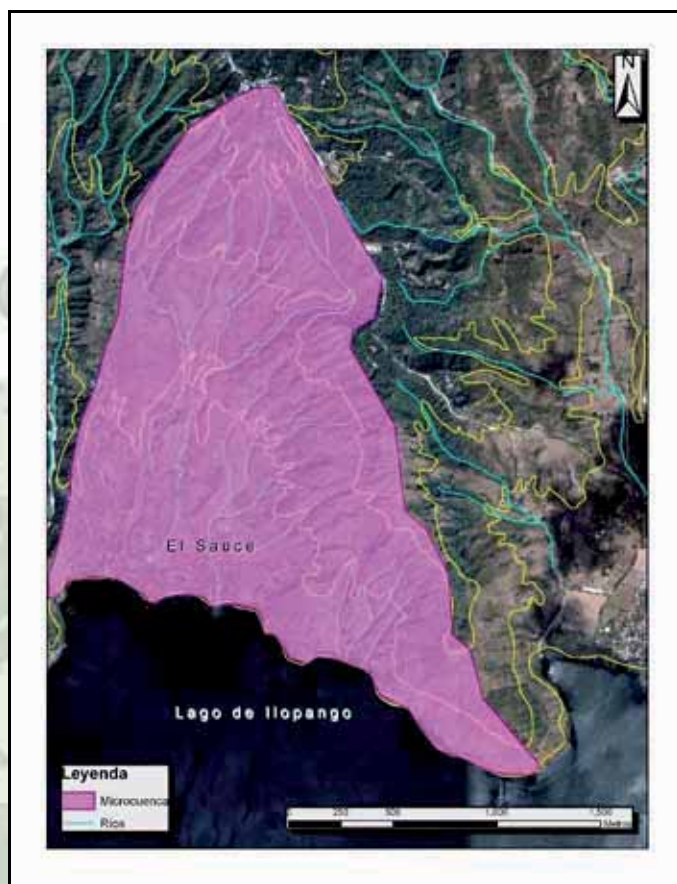


Fig. 27. Microcuenca del cantón El Sauce.

Al igual que en otras zonas inspeccionadas, se observa el deterioro de la zona alta, con una gran cantidad de deslaves. La *tierra blanca* es geotécnicamente un material muy poco competente, es decir fácilmente erosionable y por tanto presenta morfologías tipo cárcava donde cualquier pequeño flujo de agua se encaja, dando ese aspecto tan escarpado típico de la zona. Además, al estar en una caldera volcánica se observa una gran diferencia de cota entre las zonas altas y bajas, 250 metros de desnivel en apenas 2.5 Km, lo que equivale a un 10 % de pendiente media.

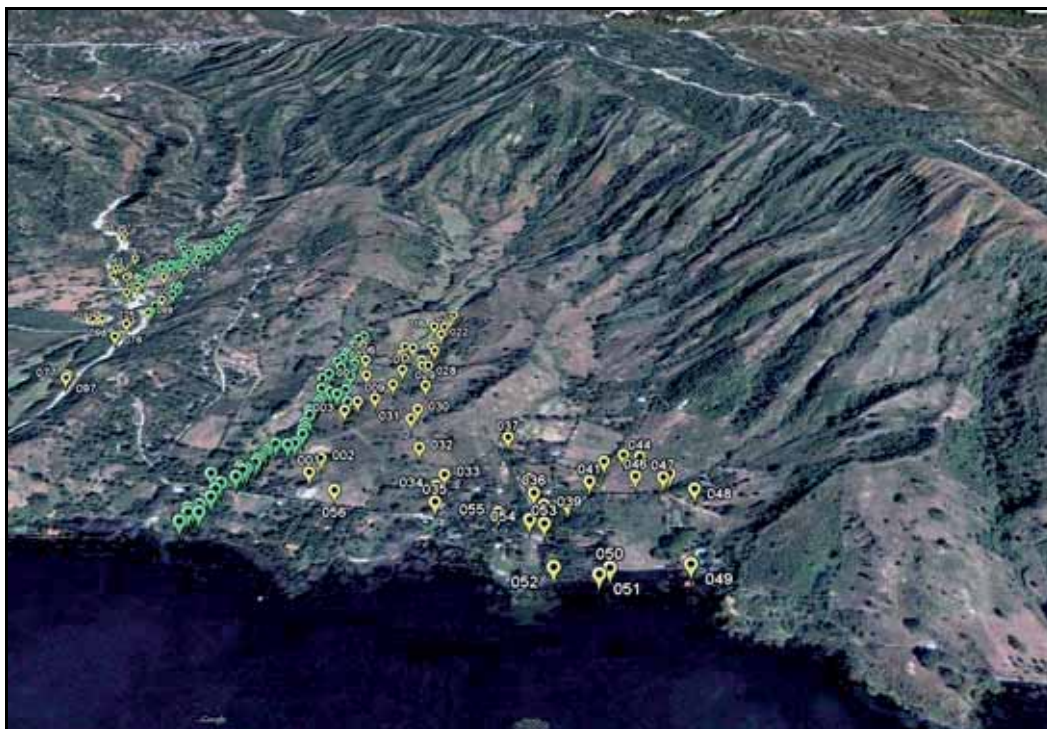


Fig. 28. Vista de la cuenca de El Sauce. En amarillo y en verde se muestran los puntos. Visitado el 25/11/09.⁹



Fig. 29. Vista aérea de El Sauce.

⁹ Vista de Google Earth de la cuenca de El Sauce. Se observan los puntos visitados en dicha comunidad. Consultado en línea el 8/12/09

La inspección a esta comunidad se realizó el día 25 de noviembre. El acceso a este cantón está inhabilitado hasta esa fecha, coincidiendo la visita con la apertura de la calle principal que viene desde el vecino Club Corinto. De manera similar a lo identificado en San Agustín, las diferentes quebradas que atraviesan la comunidad canalizaron una gran cantidad de flujo de escombros que desbordaron la capacidad de dichas quebradas. Al ser una cuenca relativamente pequeña, las quebradas son poco activas y esto contribuye a que la población se asiente en las mismas.

Cuando se produce el evento del pasado día 7 de noviembre, estas quebradas funcionaron como desagües naturales, canalizando los flujos.



Fig. 30. Vista de una de las quebradas en El Sauce.

Las quebradas fueron retrabajadas, ensanchadas y profundizadas (figura 30). Según los habitantes de la comunidad, quebradas que presentan durante la inspección dimensiones de 4 m de ancho por 4 m de profundidad, antes del evento, apenas alcanzaban 1 m de ancho y 0.5 m de profundidad.

En varias viviendas se identificaron espesores de material depositado próximos al metro (figura 31). La

zona de afectación se pudo identificar bastante bien (figura 28).



Fig. 31. Vivienda parcialmente sepultada por los materiales de la colada.

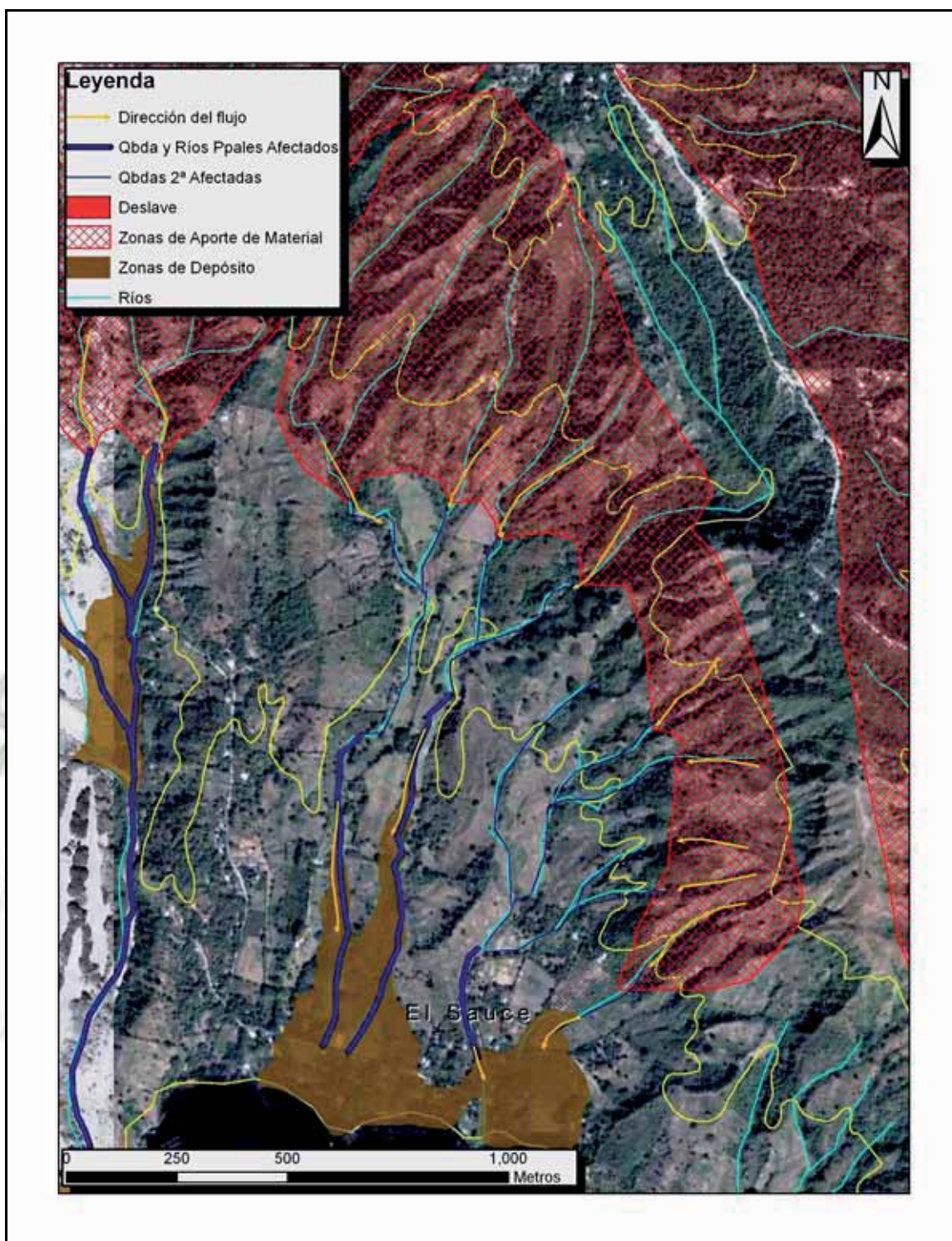


Fig. 32. Mapa de afectación del cantón El Sauce. Sobre imagen google earth¹⁰.

¹⁰ Consultado en línea el 5/12/09

En el mapa de la figura 32 se puede identificar la zona de aporte de material. Al igual que en el cantón San Agustín, no se hizo la identificación de deslaves concretos, sino que se realizó una valoración en conjunto. Las principales quebradas por las que discurrieron los diferentes flujos de escombros y la zona de depósito cartografiada en campo. El área de depósito ocupa una extensión de unos 200000 m², y considerando un espesor medio entre 25 y 30 cm, obtenemos volúmenes que oscilan entre los 50000 y los 60000 m³.

El hecho de que sea una cuenca pequeña y que tenga que centrarse la tormenta exactamente sobre el área de recarga de la cuenca para que se den eventos de este tipo no resta importancia a que la comunidad, al igual que otras muchas en los alrededores del lago, está ubicada en la planicie que se corresponde con zonas de depósito activo de abanicos aluviales. Que no sea nada habitual este suceso, y que las quebradas no lleven agua ni durante la época lluviosa, no excusa que el asentamiento esté en una zona de riesgo.

En algunos puntos, la gran cantidad de material depositado modificó la línea del lago, llegando a avanzar varios metros hacia el interior del mismo.

En el punto 14, cerca de la zona por donde se desbordó el flujo y con coordenadas 13°42'42.54"N de latitud y 89° 2'25.98"O de longitud, se midieron bloques para tener una estimación de la velocidad del flujo, dando un valor de 5.19 m/s ¹¹. Esta velocidad es considerable, teniendo en cuenta las dimensiones de la cuenca.



Fig. 33. Vista del material depositado.

¹¹ Ver nota 8.

Club Salvadoreño Corinto

El Club Salvadoreño Corinto es un club social privado destinado a actividades recreativas de ocio. Dentro de sus instalaciones destaca el campo de golf que ocupa gran parte del club, así como diferentes ranchos próximos a la orilla y un club social con piscina. Todas estas instalaciones fueron severamente dañadas por una quebrada que se desbordó en el límite entre el club y la calle que da acceso al cantón El Sauce. El lateral oriental del club esta delimitado por una quebrada que recoge gran cantidad de agua de las zonas altas y en cuyo margen izquierdo se localiza el resalte que separa esta cuenca de la del cantón el Sauce (figura 34)



Fig. 34. Vista de la cuenca de Club Salvadoreño Corinto. En amarillo y en verde se muestran los puntos. Visitado el 25 y 27/11/09.¹²

La inspección se realizó en dos días. El primer día, miércoles 25 de noviembre, se visitó la quebrada que delimita la cuenca en su zona oriental y que se desbordó aguas arriba de la calle. En la siguiente jornada de trabajo en la zona, viernes 27, se nos facilitó el acceso a las instalaciones del Club Salvadoreño Corinto.

¹² Vista de Google Earth de la cuenca del Club Salvadoreño Corinto. Se observan los puntos visitados en dicha comunidad. Consultado en línea el 8/12/09

Las dimensión de la cuenca es de unos 7.5 Km², y es importante destacar que la zona ocupada por el campo de golf es una de las zonas llanas más extensas de la costa del lago de Ilopango.

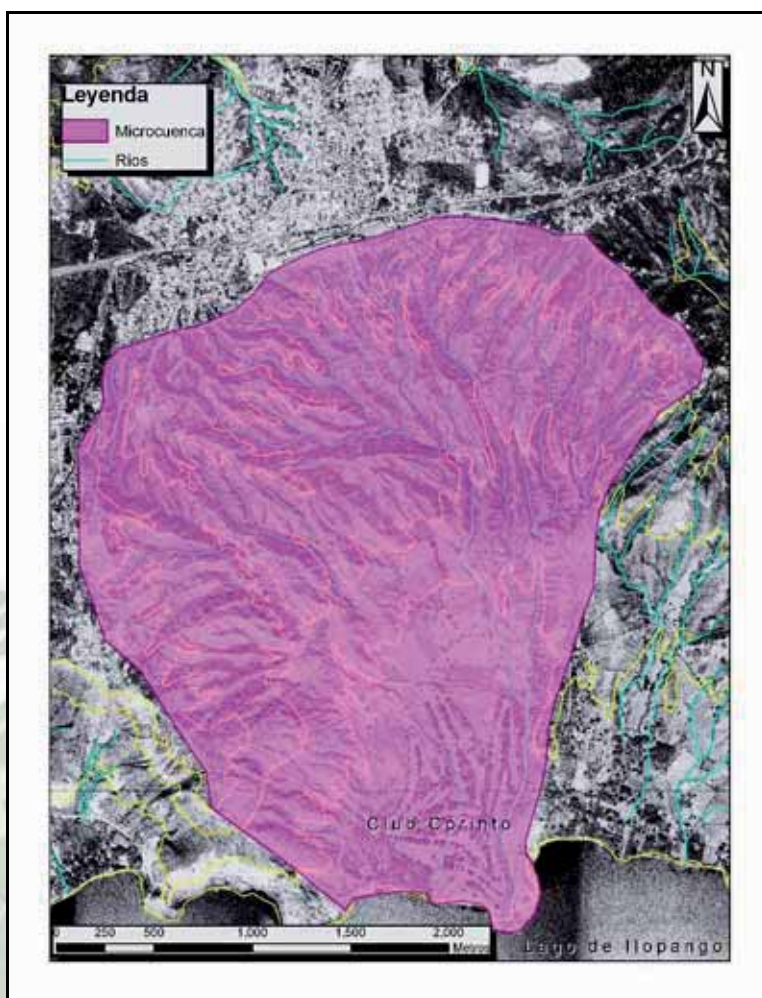


Fig. 35. Microcuenca del Club Salvadoreño Corinto.¹³

La quebrada de la zona oriental se encajó varios metros, y en la zona aguas arriba de la calle se desbordó formando una zona de depósito de unos 75000 m². En esta zona se destaca cómo se encajaron las quebradas en el orden de varios metros. La quebrada principal tiene un ancho de 20 metros y canalizó gran cantidad de material. En la zona final, cerca de la desembocadura, se identifican puntos donde rebalsó inundando parte del Club Corinto. El otro lateral de la quebrada es un escarpe por el que no hay posibilidad de desbordamiento. Varias viviendas fueron severamente dañadas por el paso del flujo de escombros y por el consiguiente aumento de las dimensiones de la quebrada (figura 36). Esta vivienda está en ubicada en el punto 57, con coordenadas 13°42'58.08"N y 89° 2'45.36"O.

¹³ Imagen de la microcuenca del Club Corinto sobre ortofoto del año 2000.



Fig. 36. Imagen de vivienda afectada por la quebrada en las proximidades de la calle al Cantón El Sauce.



Fig. 37. Vista hacia aguas arriba de la quebrada en la zona de desembocadura.

Apreciar en la figura 37, como el margen izquierdo (derecho en la fotografía) presenta un talud mayor que el derecho, y que fue por éste último por donde se observan los puntos de desbordamiento del flujo.

En las siguientes imágenes se pueden ver tanto el impacto sobre el Club Corinto como el estado de la quebrada de la parte oriental de la cuenca.



Fig. 38. Vista aérea del Club Salvadoreño Corinto.

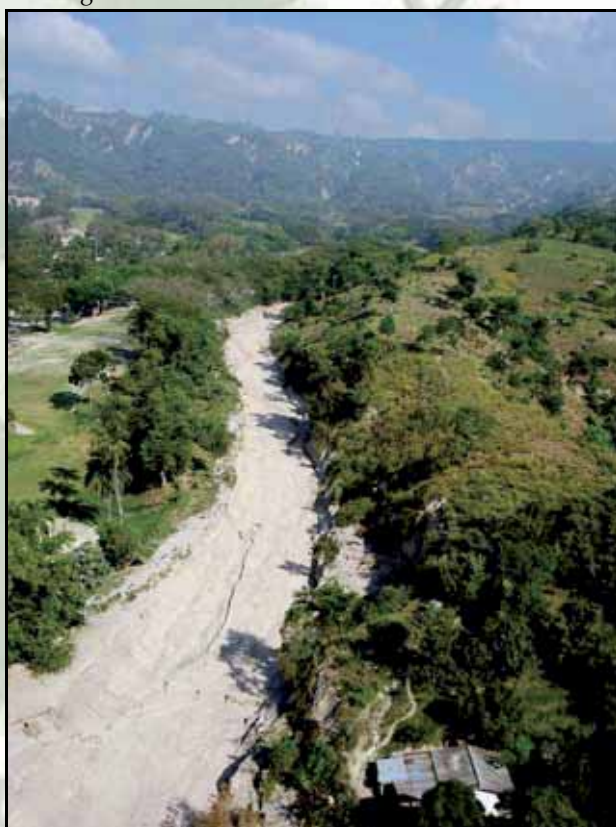


Fig. 39. Vista aérea de la quebrada oriental de la cuenca del Club Salvadoreño Corinto.

La quebrada que atraviesa el Club fue desviada de su cauce natural y reconducida por otro lado. La violencia del evento destruyó las estructuras ejecutadas para el desvío de la quebrada y el impacto del flujo arrasó parte del campo de golf, identificándose dos cauces por donde se canaliza. Además, en las proximidades de la casa principal del club, otra quebrada de dimensiones más pequeñas también se desbordó anegando la piscina. Al igual que la quebrada del lado oriental, la energía de la corriente retrabajó el cauce de la quebrada dejándolo irreconocible para los habitantes del lugar.



Fig. 40. Quebrada principal de la zona del Club Corinto. Véase la erosión producida por la corriente. Y el caudal normal que fluye en ese punto.

Cuando se realizó la inspección del cantón La Palma, el día 23 de noviembre, se evaluó la parte de la cresta de esta zona y se llegó hasta el límite de la cuenca de ese sector con la microcuenca del Club Salvadoreño Corinto, pudiéndose caracterizar dos deslaves que acabaron aportando material a la zona de depósito del Club en su flanco poniente. En el mapa de la figura 39, se puede ver la zona de aporte de material, las dimensiones de los dos deslaves citados, designados como ILO.1-05 e ILO.1-06 (ver anexo I).

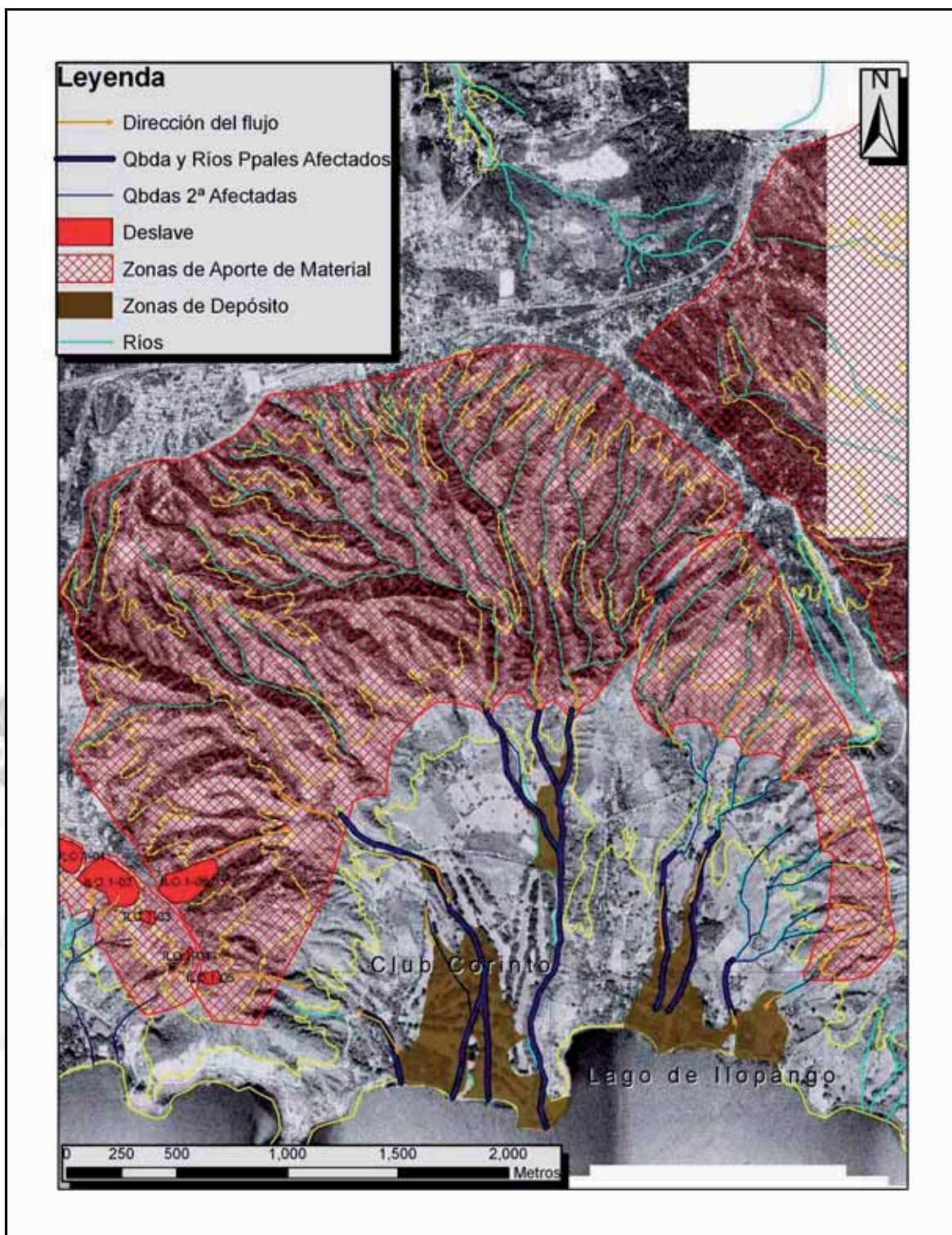


Fig. 41. Mapa de afectación de la zona del Club Salvadoreño Corinto. Sobre ortofoto¹⁴.

¹⁴ Ortofoto año 2000.

La zona de depósito cartografiada en campo presenta unas dimensiones de 350000 m² aproximadamente. En el mapa se puede ver cómo esta única zona de depósito tiene diferentes puntos de aporte. La quebrada oriental en su parte próxima a su desembocadura, la quebrada principal que incide desde el límite norte y discurre por el eje del Club y se bifurca antes de llegar al lago, la pequeña quebrada lateral que recoge aguas de un escarpe cercano y que azolvó la piscina del Club y por último en el lado poniente una quebrada que recoge el aporte de material del deslave identificado en la zona de cresta aledaña.

Como en casos anteriores, se pueden medir puntos con espesores próximos al metro e incluso en algunas zonas superiores, pero en conjunto y para calcular el volumen depositado se puede tomar un valor medio de 25 a 30 cm. Ya que, si bien es cierto, que existen estas zonas de mayor espesor de depósito en las cercanías de los cauces por donde circuló el flujo (figura 42), las zonas donde se esparció abarcando gran cantidad de terreno son muy planas y no hay evidencias de grandes espesores. Por tanto el volumen estimado varía entre 87500 y 105000 m³.



Fig. 42. Vista del área de depósito en la zona central.

Como se puede apreciar en la figura 43, que se corresponde con el punto 51 con coordenadas 13°42'18.36"N de latitud y 89° 3'0.90"O de longitud, varias infraestructuras del Club quedaron enterradas por el material depositado, y durante la inspección los trabajadores estaban procediendo a la remoción del material en diferentes lugares.



Fig. 43. Infraestructuras dañadas en el interior del club.

En una de las quebradas que se une con la quebrada de la zona oriental, en el punto 66, $13^{\circ}42'36.49''\text{N}$ y $89^{\circ}2'54.54''\text{O}$, se localizan dos bloques de grandes dimensiones. Para tener valores fiables de velocidad se considera necesario medir al menos 5 bloques, pero para tener una idea aproximada podemos hacer el cálculo para el bloque de mayor tamaño ($3.0 \times 2.44 \times 1.8$ m) y nos da una velocidad estimada para este punto de 8.04 m/s.¹⁵

Los daños sufridos en las instalaciones del Club Salvadoreño Corinto y de viviendas cercanas son evidentes en las imágenes que se muestran. Utilizar las zonas de depósito de abanico aluvial para fines recreativos no es la mejor opción, pero es una posibilidad de uso más conservadora que permitir asentamientos humanos. Obviamente, hay que estar dispuesto a asumir el riesgo de construir estos centros recreativos en zonas de depósito activas y estar dispuesto a reconstruirlos después de eventos de características similares a los acontecidos.

La construcción de obras de mitigación, como gaviones, o canalizar quebradas para que no afecte a zonas concretas se han demostrado insuficientes para eventos de la intensidad del ocurrido. Nos puede servir para inviernos normales, pero la zona de la caldera de Ilopango, con pendientes tan elevadas y tiempos de concentración tan cortos, es habitual que se den fenómenos de alta intensidad y energía, y que estas medidas no sean capaces de redirigir los flujos o detener las avenidas.

La zona de estudio ha de verse en su conjunto, incluyendo los resultados de los otros grupos que abarcan la totalidad del lago, y hacer una propuesta de manejo conjunto, regulando las zonas preferentes habitacionales y las de recreación, como el caso del Club Corinto.

¹⁵ Ver nota 8.

Cantón Apancino

Entre Dolores Apulo y el Club Corinto se distingue una ensenada, delimitada por una línea de cresta muy bien definida, con un escarpe vertical de casi 100 metros y a una distancia de 1.2 Km del lago, con una extensión de apenas 1.7 Km². Sobre la cresta se encuentra el Cantón La Palma, 300 metros por encima del nivel del lago, y en la parte baja encontramos pequeñas comunidades y algunas canteras que explotan los niveles dacíticos existentes. El Cantón Apancino como tal no existe, pero es el nombre con el que conoce a este sector sus habitantes, y por eso se ha considerado respetarlo. Prácticamente la totalidad de la cuenca pertenece al Municipio de San Martín, departamento de San Salvador. Se realizaron dos inspecciones, la primera en la zona de cresta, en el cantón La Palma, que sirvió para tener una idea general de la problemática y la segunda por las zonas bajas.



Fig. 44. Vista de la cuenca del Cantón Apancino. En amarillo los puntos visitados el día 27/11/09 y morado los del día 23/11/09.¹⁶

¹⁶ Vista de Google Earth de la cuenca del cantón Apancino. Consultado en línea el 8/12/09

Los escarpes verticales de la zona de cresta se observan perfectamente y se puede distinguir diferentes zonas de ruptura claramente delimitadas. Algunas alcanzan más de 1 Km de perímetro de rotura, como es el caso del deslave designado como ILO.1-01.



Fig. 45. Vista del escarpe desde el Cantón La Palma. Se observa una primera zona casi vertical de aproximadamente 100 metros de caída.



Fig. 46. Detalle del estado del escarpe.

Los deslizamientos resultantes fueron bastante superficiales, pero aún así se movilizó una gran cantidad de material. Todo este material se canalizó por diferentes quebradas. Al no concentrarse en una sola, se dividió en volúmenes más pequeños y, por tanto, la afectación fue menor, aunque evidente en los cruces de las quebradas con las calle en la zona baja. Existen grandes probabilidades de que el escarpe avance en dirección a las viviendas que están más próximas al mismo en el cantón La Palma. En algunos puntos se identifican grietas paralelas al talud resultante.



Fig. 47. Detalle de las grietas observadas.

Desde el parteaguas se puede observar el estado de las cuencas vecinas, tanto la gran cantidad de deslaves ocurridos como algunas zonas de depósito, como en el caso del Club Corinto.



Fig. 48. Vista del club Corinto desde la zona de cresta.



Fig. 49. Vista de la zona media repleta de deslaves.

En la figura 50 se representa la cuenca del cantón Apancino. En este mapa se puede ver claramente la zona de aporte y los deslaves. En este caso, con un escarpe tan vertical, y con el acceso por el cantón La Palma, se puede caracterizar algunos deslaves, aunque las medidas de ancho y espesor también tienen que ser estimadas. Se puede discutir si el deslave ILO.1-01 es un único deslave o son varios. Es probable que sean varios, pero sobre el terreno no se identifica una línea que los separe, sino más bien da la sensación de que una vez iniciado un movimiento, este contribuyó a que se produjeran en las zonas vecinas, y poco a poco se fueron uniendo hasta conformar un deslave de grandes dimensiones.

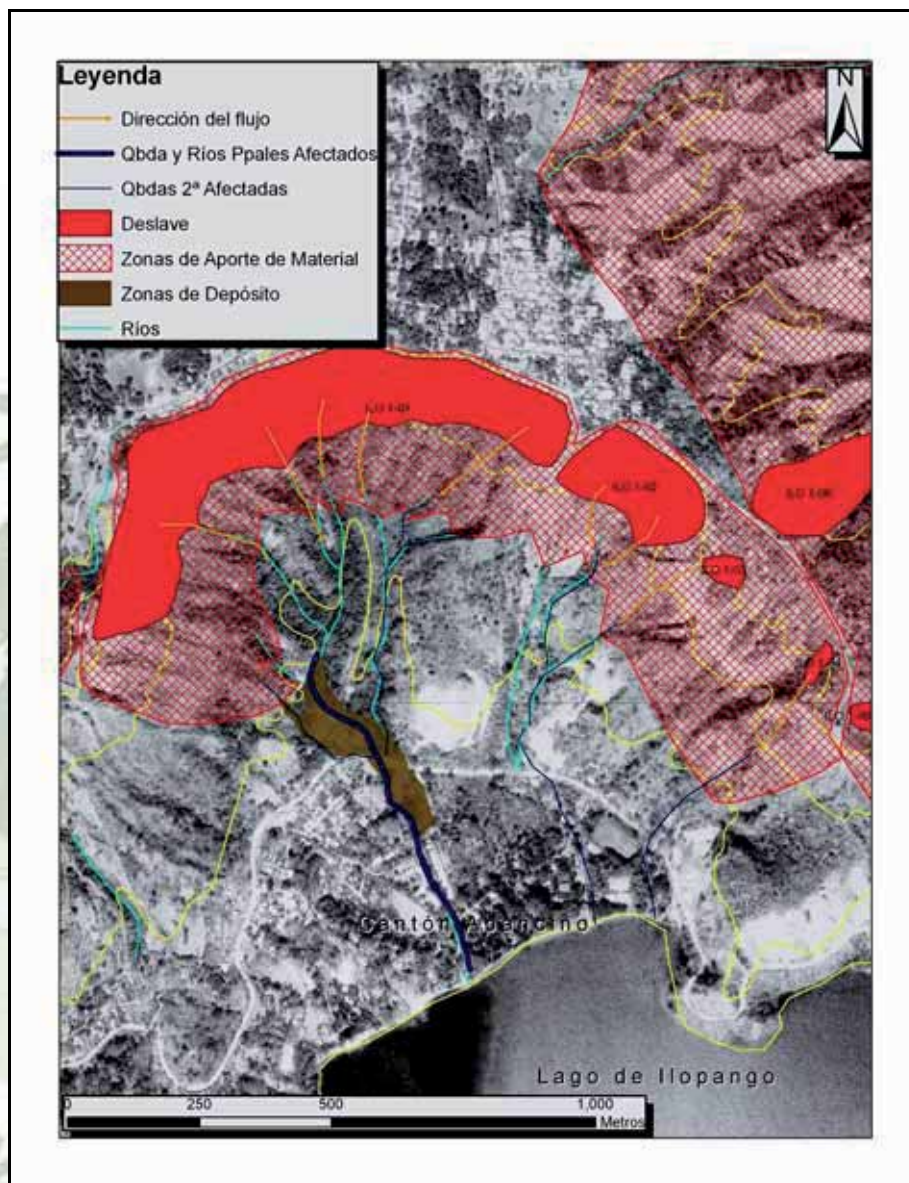


Fig. 50. Mapa de afectación de la zona del Cantón Apancino. Sobre ortofoto¹⁷.

¹⁷ Ortofoto año 2000.

Para el caso concreto del deslave ILO.1-01, se estima un espesor medio que puede variar entre los 50 y 60 cm. En las zonas más deprimidas, inicio de vaguadas y quebradas de la zona baja, el espesor movilizado se puede considerar métrico, pero en otras zonas de mayor resalte topográfico es de apenas unos centímetros. Si lo consideramos como un único deslave el ancho de la superficie de rotura medido sobre la cresta es de 1.3 Km. Y el largo, o desnivel observado varía entre los 100 y 125 metros. A partir de estos valores obtenemos un volumen de entre 65000 a 97500 m³. Para el volumen del resto de deslaves medidos en este sector ver el anexo I. En casi todos los deslaves evaluados, el material deslizado es suelo, árboles y cultivos.

La vista del escarpe desde la zona baja se puede observar en la figura 51. En esta imagen se diferencia el resalte que separa claramente el deslave ILO.1-01 y donde empieza el denominado ILO.1-02.



Fig. 51. Vista del escarpe desde la zona baja.

No se pudo identificar una zona concreta de depósito en este sector. Pero si se logró inspeccionar algunas quebradas afectadas por los diferentes flujos. En una de ellas, en el