

gigantes que existen en la zona. De todos los lugares en Nicaragua donde hemos hecho reconocimientos, es en Muy Muy donde se han identificado las mayores masas inestables.

El deslizamiento abarca, al parecer, casi la totalidad de la vertiente sur de los cerros Palo Alto, el Gusano y Zompopo y estaría dividido en por lo menos cuatro grandes cuerpos definidos por las quebradas de Palo Alto, Zompopo y Guiligüá. Existen numerosos deslizamientos secundarios. Es, como lo corrobora el hecho de que parte de su pie ha sido cubierto por capas de lava, aunque la edad de las mismas no pudo determinarse. Los límites y extensión de este deslizamiento son presentados con carácter no definitivo, por la imprecisión de sus contornos y por el mencionado avanzado proceso de erosión que ha sufrido (fig. 5).

En el flanco opuesto del cerro El Caballo (vertiente suroeste hacia el Río Olama) existe otro gran deslizamiento de características similares, al que denominaremos san Pedro y donde también se han reportado signos de un fuerte actividad en sus cabeceras, incluso con destrucción de algunas casas. La naturaleza y evolución de este deslizamiento es, aparentemente, similar al anterior.

Ambos deslizamientos denotan gran actividad en sus cabeceras, donde aflora el nivel freático y donde existen grandes disturbios en el régimen hidrogeológico, que han obligado a evacuar algunas viviendas.

8.2 Morfometría

El deslizamiento de Muy Muy presenta las siguientes dimensiones (estimación preliminar a verificar) (fig. 5):

Longitud máxima: 4 kms.
Ancho promedio: 2.3 kms.
Profundidad máxima estimada: 80 - 120 ms.

El de san Pedro presenta las siguientes características (primera estimación):

Longitud máxima: 3.6 kms.
Ancho máximo: 2.8 kms.
Profundidad máxima estimada: 80 - 120 ms.

8.3 Evaluación de peligros

Las zonas de deslizamiento se hallan relativamente alejada del centro poblado principal de Muy Muy. Sobre las masas inestables sólo existen algunos ranchos o viviendas rurales. En este sentido el riesgo no es, estrictamente, muy grande, porque la cantidad y el valor de los objetos expuestos no es muy significativo, pero en términos de pérdida de capital agrícola los volúmenes pueden ser importantes.

Existe, sin embargo, cierto peligro de represamiento, aunque poco probable, del río Olama y, en menor proporción, del Guiligüá, cuyos eventuales desembalses podrían significar desarreglos en las áreas ribereñas y hasta destrucción de puentes.

Los pobladores indican daños permanentes, que los han obligado a reubicar algunas casas. La aparición creciente de zonas pantanosas y ojos de agua, el desarrollo de grandes grietas y hundimientos confirman un importante proceso de reactivación, lo que amerita que, al menos, se hagan trabajos de vigilancia. Según es de nuestro conocimiento se han hecho algunas medidas con GPS, pero los resultados son bastante relativos por falta de referencias absolutas. Sería más razonable establecer una red de control geodésico y realizar medidas periódicas con diastanciómetro.

8.4 Sobre la posibilidad de existencia de un fenómeno mayor

Tal como se indicó más arriba, algunos elementos morfológicos en la llanura y la ladera que da hacia la caldera parecen indicar la existencia de un fenómeno mayor, es decir un deslizamiento mucho más grande que el actual. Esto indicaría que durante su ya larga vida, el deslizamiento de Muy Muy sufrió un proceso erosivo que cortó su cuerpo en por lo menos dos compartimentos casi independientes. No es posible precisar en este momento si la dinámica general de esta masa inestable es única o si cada probable cuerpo actúa hoy de manera independiente. Por ello en la carta se señala el probable límite máximo del deslizamiento.

También debemos indicar que es difícil precisar si se trata de un deslizamiento único o de varios yuxtapuestos. Un análisis más profundo de las características morfométricas y geológicas de esta masa, así como datos de movimientos, permitirán conocer su naturaleza real y explicar su evolución.

8.5 Otros deslizamientos vecinos

La carta de inestabilidades correspondiente a esta zona consigna otros cinco grandes deslizamientos, de los cuales sólo se han señalado sus contornos aproximados, sin mayores detalles. Se denomina provisionalmente a estos como los deslizamientos de Hato Nuevo, El Escondido, Coinpasagua, Buena Vista y san Miguel-Los Ramos. Cabe destacar que existen muchos otros deslizamientos en esta zona, por lo que un trabajo de inventario más minucioso debe ser realizado más adelante, como parte de un programa nacional de inventario, evaluación y prevención de deslizamientos.

8.6 Recomendaciones

- La recomendación general se refiere a realizar trabajos de vigilancia simple de estas masas inestables, mediante una red geodésica y medidas con distanciómetro, por la posibilidad de que pueda provocar eventuales represamientos y desembalses que podrían llegar hasta el río Olama.
- Igualmente sería recomendable orientar a los agricultores del lugar sobre la utilidad de realizar trabajos de drenaje extendido y de consolidar las quebradas de evacuación.
- Respecto a las viviendas o ranchos ubicados en las zonas de fuerte reactivación, la mejor alternativa sería su reubicación en las cercanías de la cresta del cerro Palo Alto, por detrás de los nichos de arranque, aunque ello crearía problemas de aprovisionamiento de agua.

9. REGIÓN DE YALÍ-JINOTEGA-MATAGALPA

La región de Yalí-Matagalpa-Jinotega muestra una alta incidencia de grandes deslizamientos cuyo grado actividad es variado; muchos de ellos han iniciado procesos de aceleración (fig. 6-7). En la presente misión sólo se hicieron observaciones de identificación, por lo que las cartas adjuntas sólo tienen un carácter de inventario preliminar y parcial, pudiendo servir de base para posteriores trabajos más exhaustivos. La ruta Matagalpa-Jinotega merece especial atención por su importancia, y por la magnitud de las inestabilidades concurrentes. En el caso de Matagalpa, esta ciudad está amenazada por varios deslizamientos mayores, así como por eventuales desembalses de ocurrir aceleraciones catastróficas de otros deslizamientos existentes en la cuenca superior y en los tributarios del río Grande de Matagalpa.

En Yalí, nuestras observaciones se han circunscrito al cerro Colorado, donde, de manera preliminar, se han identificado cuatro deslizamientos que ponen en serio peligro la carretera de Estelí. Existen muchos otros fenómenos similares en esta cuenca.

9.1 Naturaleza de los fenómenos

Aun cuando no se han efectuado observaciones cercanas, se pudo apreciar que se trata de fenómenos de gran magnitud en términos de superficie y volumen. Otra vez estamos frente a fenómenos lentos y permanentes, a grandes deslizamientos subestabilizados y, tal vez, algunos en fase de aceleración.

En la ruta a Jinotega existen, además, algunos deslizamientos superficiales, sobre todo en terrenos agrícolas. En los alrededores de la ciudad misma de Jinotega se observa problemas de derrumbes localizados y casos de *Blockslide* (hincamiento de bloques).

Al sureste del poblado de san Ramón, en la ruta a Matiguás, en el cerro el Naranjo, existen dos deslizamientos rocosos, uno de los cuales, el de la vertiente sur, ha provocado un fenómeno rápido que pone en peligro la carretera. En general, en este valle de san Ramón, existen decenas de deslizamientos que es necesario inventariar y estudiar más en detalle.

9.2 Evaluación de peligros

La visita realizada no permite hacer una evaluación general de peligros, aunque por lo menos dos deslizamientos están siendo urbanizados en la ciudad de Matagalpa (cerro el Calvario y Punta Arenas), lo cual involucra un incremento del nivel de peligro y demanda una evaluación más exhaustiva, pues las construcciones y la habilitación de calles pueden crear frentes de inestabilidad que aceleren la actividad de deslizamientos secundarios u originen derrumbes localizados.

En la carretera Matagalpa-Jinotega existen varios deslizamientos que se han reactivado o acelerado de modo importante y que han destruido o amenazan varios tramos de la ruta, así como unas cuantas viviendas.

En Yalí, la ruta es el elemento más expuesto a destrucción parcial.

En la ciudad de Jinotega han habido hasta dos flujos de escombros al oeste y subsiste este tipo de amenaza sobre el cementerio y los nuevos barrios que se asientan en la parte noroeste de la ciudad.

En suma Esta región es la más amenazada por fenómenos de inestabilidad y el nivel de riesgo es de moderado o medio, y puede seguir aumentando en el futuro, a medida que se desarrollen las ciudades mencionadas y las redes de caminos.

9.3 Recomendaciones

- Esta región debía ser objeto de estudios detallados así como de un programa de auscultación que permita desarrollar un plan general de prevención y de gestión urbana y territorial.
- En vista de que se debe reconstruir los tramos dañados de la carretera, es recomendable que la restauración se haga mediante el procedimiento de reconstruir plataformas bien comentadas drenadas, y no por medio de realizar nuevos cortes de talud hacia adentro, lo cual favorecería mayores inestabilidades.

- En Matagalpa existen barrios, como los ya mencionados, que requieren mayor atención. En todo caso, se debe detener o controlar el proceso de densificación o de nuevas habilitaciones y establecer un plan director de desarrollo urbano, tras una evaluación detallada de peligros.
- En Jinotega debe restringirse el crecimiento de la ciudad hacia las faldas del macizo ubicado al oeste (lado del cementerio) y evitar la ocupación de las riberas del río que pasa por allí.

10. ESTELÍ-CUCAMONGA

10.1 Derrumbes de Cucamonga

La bajada de Cucamonga sufrió sobre todo procesos de derrumbe. Las masas caídas provocaron la obstrucción temporal de la ruta. En el tramo de la carretera Estelí-Ocotal comprendido entre las progresivas 169 y 171.5 se contabilizó hasta un total de diecisiete derrumbes con frentes mayores a los cinco metros, de los cuales el más grande y peligroso es el situado en la curva próxima a la progresiva 171. Debe precisarse que todos son casos de derrumbe y no de deslizamientos, como se afirma en algunos reportes.

10.2 Volumetría

La masa derrumbada en este punto (km 171) tiene aproximadamente veinticinco metros de largo por una altura de unos cuarenta metros. El volumen desprendido fue, por tanto, de unos 3000 m³ de material volcánico ácido a intermedio. Algunos bloques individuales tienen diámetros adscritos superiores a los 3 metros. Cabe indicar que existen evidencias de que en estas laderas se producen con cierta frecuencia caídas de bloques y derrumbes localizados. La zona es propicia para ello, por la fuerte fracturación de la roca.

Los demás derrumbes detectados tienen volúmenes inferiores a los 200 m³.

10.3 Peligro residual

En este derrumbe (fig. 8), y en menor proporción en los alrededores, subsiste un alto peligro de caída de bloques y derrumbes secundarios. Existen bloques de roca prácticamente "colgados" o en equilibrio precario sobre la carretera.

El tráfico automotor por este tramo es elevado, por lo que el peligro subsecuente es también relativamente alto. Como ejemplo ilustrativo de esta situación mencionamos que durante la visita del día 12 de diciembre, sólo entre 13.40 y las 14.00 hs., pudimos contar un total de 38 vehículos, entre ellos cuatro ómnibus de transporte público. Es decir que el ritmo de tránsito puede ser de un vehículo cada treinta segundos en promedio, si el lapso de muestreo que tomamos en esa oportunidad es realmente representativo. Igualmente hubo cinco volquetes y dos grandes remolques que representan pesos y vibraciones considerables que pueden desestabilizar más los bloques desprendidos de roca.

10.4 Recomendaciones

- Urge un trabajo de desquinche o limpieza de todos los frentes de derrumbe, en especial en los derrumbes situados entre las progresivas 170 y 171. Esto implica desprender o provocar artificialmente la caída de los bloques de roca. Por cuestiones de seguridad, deberá iniciarse esta tarea desde la parte superior hacia abajo.

- En vista de la fuerte facturación de estas rocas y su fuerte pendiente sería aconsejable realizar trabajos de estabilización usando gunita. Otra alternativa es instalar mallas clavadas que cubran todo el frente de ruptura. No hay espacio suficiente como para excavar zanjas de amortiguación, mientras que el margen para reacomodar la pendiente mediante descarga de cabeceras y gradines es muy restringido.
- Mejorar la señalización vial y de peligros en este tramo. Los conductores de vehículos y los mismos transeúntes -hasta que no se tomen las medidas de seguridad adecuadas-, deben ser instruidos en el sentido de no pasar muy pegados al flanco interno de la montaña o de detenerse a distancia prudencial en el caso de advertirse surgencias de polvo o ruidos, los que generalmente preceden a un derrumbe. Hay espacio suficiente en el borde externo de este tramo, frente al derrumbe, como para hacer un pequeño desvío de la carretera.

11. PANTASMA

Existe una situación de alarma en Pantasma, frente a una presumible amenaza del cerro Los Limones, donde los pobladores reportan grietas, puntos de agua, ruidos y movimientos. Por las condiciones climáticas imperantes durante la misión no se pudo hacer una visita directa a dicho cerro. La observación realizada a distancia, ha permitido detectar la existencia de un gran deslizamiento posiblemente en fase de aceleración.

A título provisional puede decirse que el peligro en esta zona es relativamente bajo, pues la masa inestable está alejada de los pueblos de la llanura (tres a cuatro kilómetros) y las condiciones de drenaje permiten prever una dispersión de eventuales flujos.

Por ello, como recomendación general, aparte de un reconocimiento detallado y un monitoreo geodésico precautorio, es indispensable calmar a la población e indicarle que el grado de peligro no es el que ellos temen. Un reconocimiento más preciso se hace necesario, para definir la necesidad de realizar trabajos de monitoreo o tomar otras acciones preventivas.

12. ISLA DE OMETEPE

La isla de Ometepe ha sido objeto de algunos estudios geológicos y de riesgos. Se ha consultado los trabajos de Darce et al. (1979) y de B. Van Wyck de Vries (1996). Como se sabe, la isla está constituida por los volcanes Concepción y Madera, edificados dentro de una gran caldera actualmente subacuática, y unidos por el istmo de Istián.

La duración prevista de cinco días para la misión en esta isla tuvo que ser recortada, debido a las demandas de hacer inspecciones en otras zonas del país. Así mismo, las condiciones climáticas y de acceso durante los días de visita, al igual que el accidente sufrido por la camioneta de INETER el tercer día de la misión, no han permitido realizar las observaciones necesarias como para efectuar una evaluación extendida de peligros o de identificar la mayoría de las potenciales fuentes de amenaza.

12.1 Naturaleza genérica de los fenómenos

Las evidencias geológicas y geomorfológicas muestran que la isla ha sufrido, de manera continua, a problemas de derrumbes y flujos de lodo y de detritos. La ocurrencia de deslizamientos es, por el contrario, muy escasa y limitada.

12.2 Evaluación de peligros

Los volcanes de la isla de Ometepe presentan una particularidad con respecto a los peligros de inestabilidad, por cuanto, por un lado, hay zonas inestables evidentes o claramente susceptibles de provocar deslizamientos, derrumbes y coladas (zonas de falla, conos aluvio-columbales) y, por otro lado, las zonas aparentemente estables presentan una especie de peligro oculto, definido por la naturaleza estratigráfica de los volcanes, es decir por la sucesión de capas de lávicas intercaladas por capas cineríticas poco consolidadas.

Mientras que las zonas de falla, donde la roca muestra fuerte facturación, y los conos aluvio-columbales representan una fuente evidente de peligro de derrumbes que pueden degenerar en *debris flow*, las zonas estables deben ser consideradas con un nivel igual o incluso mayor de peligro. Es revelador que uno de los flujos de derrubios causados por el huracán Mitch, se haya producido a lo largo de una cárcava reciente abierta en un flanco que morfológicamente no muestra ningún signo de inestabilidad.

Hasta donde se ha podido confrontar, la carta de peligros de flujos elaborada por el CERG es válida, por lo que puede tomarse como referencia para elaborar un plan de prevención.

12.3 Sobre la prevención de peligros ocultos

La mencionada intercalación de capas rígidas y muebles y su peligro inferido representan un grave problema, que obliga a diseñar una estrategia de prevención que combine adecuadamente medidas de observación continua y trabajos de mitigación.

12.4 Recomendaciones

En vista de que realizar trabajos de estabilización o consolidación en los frentes de derrumbe es prácticamente imposible, a nivel de trabajos preventivos la alternativa más viable sería la de construir disipadores escalonados en las quebradas existentes y, hasta donde sea posible, ensanchar los cauces de evacuación o construir otros nuevos (aprovechando depresiones naturales) para derivar flujos hacia zonas despobladas.

13. INSPECCIONES EN BOACO Y REGIÓN DE CARAZO

El día 21 de diciembre se hizo un vuelo de reconocimiento a las regiones de Boaco y Carazo, en compañía de representantes de INETER, Defensa civil y dos ingenieros de la Universidad autónoma de México.

La ciudad de Boaco está amenazada por varios deslizamientos cuya exacta delimitación y caracterización debería hacerse en un futuro próximo y los cuales han sufrido evidentemente procesos de reactivación durante el Mitch. Algunos barrios nuevos se están edificando sobre deslizamientos lentos, por lo que urge realizar un plan director en función a este tipo de peligros de inestabilidad.

En lo referente a la colina del Faro, aun cuando tanto la torre como el reservorio están fundados sobre roca, es necesario hacer una evaluación de las condiciones del nivel de fundación y, sobre todo, impedir que se sigan realizando cortes en el talud inferior para construir o ampliar viviendas, pues con ello se están creando frentes de inestabilidad que, a mediano plazo, pueden amenazar las edificaciones de la colina.

El pueblo vecino de **Tecolostote** está ubicado al parecer al pie de un cono coluvial que podría estar sufriendo un actividad tipo deslizamiento. Una vez precisada la naturaleza geodinámica real de este fenómeno, se recomienda restringir el desarrollo del pueblo en dirección de la colina. En general el espacio de expansión del pueblo es restringido, pues, en el otro extremo está limitado por una franja inundable.

En las elevaciones ubicadas al sur de santa Teresa de Carazo existen algunos deslizamientos latentes, que posiblemente también se han reactivado. Lo visto desde el aire no permite hacer mayores precisiones, pero, aparentemente, el peligro real no es muy elevado. Como en los casos anteriores, se hace necesario realizar reconocimientos de campo y evaluaciones más precisas más adelante.

14. EL CASO DEL VERTEDERO DE EXCEDENCIAS DE LA PRESA DE APANÁS

Al pasar por este embalse en el camino Jinotega-Pantasma, se advirtió que el vertedero de excedencias fue destruido parcialmente y su base está fuertemente erosionada, formándose una serie de cascadas, las cuales, a su vez, provocan un proceso de erosión regresiva que puede llegar hasta el borde del dique y producir daños o ruptura. Las consecuencias de una eventual ruptura serían enormes no sólo en el aspecto energético sino por las destrucción que causaría el desembalse aguas abajo en dirección a Matagalpa.

Es urgente reparar esta estructura y rediseñarla, pues se ve que la estructura dañada era bastante precaria. Al parecer las cimentaciones de los disipadores eran poco resistentes, y no contaban con contrafuertes. Se ha visto que en algunos escalones se puso un simple recubrimiento de mortero, lo cual explica en gran medida la relativa facilidad con que se dio el proceso de erosión de la base de la estructura, asentada sobre tobas y arcillas. De otro lado, el dique presenta signos de deformación, por lo que requiere un estudio detallado para prever su reforzamiento.

Cabe recordar que durante la estadía en Nicaragua del Ing. Christophe Bonnard, éste había propuesto participar en una misión o visita de inspección a dicha presa, acción que fue rechazada por parte de Defensa civil.

15. SOBRE EL CURSO INTRODUCTORIO AL ANÁLISIS DE TERRENOS INESTABLES

Entre el 19 y el 21 de diciembre se llevó a cabo, en Montelimar; el suscrito dictó el curso mencionado, con una duración de unas diez horas de teoría y una jornada de campo. La iniciativa fue de François Münger, de AGUASAN-COSUDE. En el curso participaron casi treinta profesionales pertenecientes de ENACAL, AGUASAN e INETER.

El curso sirvió para dar a conocer los principios y rudimentos prácticos para la identificación y evaluación de problemas de inestabilidad. La práctica de campo se realizó en la zona de Esquipulas, lo cual permitió combinar una visita guiada con observaciones sobre el estado de los deslizamientos en esta región. La experiencia sirve de base para profundizar posteriores acciones de formación de cuadros especializados locales, condición indispensable para llevar adelante políticas de prevención eficaces.

Se distribuyó una copia nuestra, editada por PROEPTI del Perú, proyecto de estudio y prevención de desastres por terrenos inestables, también sostenido por el Cuerpo Suizo de Socorro.