

Servicio Geológico Nacional REPUBLICA DOMINICANA

Informe correspondiente a la evaluación técnica realizada a los Deslizamientos ocurridos en el poblado Carlos Díaz, Tamboril y a los poblados de Palo Quemado, La Cumbre de Juan Veras y al Parador Don Pedro ubicados en la Carretera Turística de Santiago – Puerto Plata.



Participantes:

Ing. Santiago Muñoz, Director Servicio Geológico
Ing. María Calzadilla, Encargada Depto. Riesgos Geológicos
Geólogo Marc Comas

Santo Domingo
24 de febrero 2009

Informe correspondiente de la Comisión Técnica del Servicio Geológico Nacional, sobre la visita de evaluación de campo realizada el día 17 de febrero del 2009 en la zona donde ocurrió el deslizamiento en el poblado de Carlos Díaz y a la Carretera Turística de Puerto Plata.

Introducción

Por mandato del Presidente de la Comisión Nacional de Emergencia mediante el memorándum con fecha 16 de febrero del 2009 se creó un Equipo Técnico con carácter de emergencia con la finalidad de elaborar un informe pormenorizado sobre la evaluación de las zonas de deslizamientos ocurridos en el poblado Carlos Díaz (Tamboril) - Amaceyes, así como, La Cumbre, Palo Quemado, La Cumbre de Juan Veras y el Parador Don Pedro, ubicados en la Carretera Turística de Puerto Plata.

La comisión estuvo integrada por:

- Subsecretaria de Obras Públicas y Comunicaciones
- Servicio Geológico Nacional de la Dirección General de Minería
- Instituto Sismológico de la UASD
- ONESVIE - CNE

El objetivo fundamental de esta visita fue la de realizar un recorrido por todas las áreas impactadas debido a la ocurrencia de los deslizamientos, para determinar aspectos tales como: la magnitud y el tipo de deslizamiento, las causas que lo generaron y las consecuencias. Con la finalidad de elaborar un Informe Técnico.

El levantamiento de información se realizó por dos vías, terrestre y aérea. La primera se ejecutó el día de la visita 17 de febrero por vía terrestre donde se acopiaron informaciones "in situ", fotografías, entrevistas, etc. La segunda se realizó el día 20 de febrero por vía aérea a bordo de un helicóptero de la Fuerza Aérea, el cual partió desde el helipuerto ubicado en la Secretaria de Estado de las Fuerzas Armadas.

El presente informe es el resultado de las evaluaciones realizadas por las entidades anteriormente señaladas y resumen los puntos de vistas de las mismas, donde se exponen las conclusiones y las recomendaciones a considerar.

1. Ubicación

El poblado de Carlos Díaz sección del municipio de Tamboril, se ubica a unos 6 km de este, en la provincia de Santiago de los Caballeros. El área afectada comprende el poblado y sus alrededores hasta las proximidades de Los Amaceyes (ver figura no 1) ocupando una superficie aproximada de 5.5 km².



Figura no 1

2. Antecedentes

Esta región históricamente ha registrado la ocurrencia de deslizamientos según datos anteriormente conocidos.

- Existe un reporte de que en el año 1981 tras la ocurrencia de una vaguada estacionaria se disparó uno de los deslizamientos provocando daños a la vía que comunica a Carlos Díaz con Los Amaceyes,
- Posteriormente en el año 2005 se produjeron lluvias intensas que activaron una vez más el deslizamiento.
- La oficina ONESVIE de Santiago de los Caballeros habían informado de los daños y afectaciones que estaban sufriendo algunas infraestructuras en el área avisando de esta forma la posible ocurrencia de un evento de esta categoría. Se reportaron daños fundamentalmente en la escuela y en algunas viviendas del área.

3. Desarrollo de la investigación

La realización del recorrido de campo estuvo apoyada con el levantamiento de información desde varios puntos de observación, los cuales fueron georreferenciados con un GPS para determinar con precisión el posicionamiento de los mismos. Se tomaron un total de 11 puntos, cuyas coordenadas se muestran en la siguiente Tabla:

Tabla

N Punto	UTM X	UTM Y	Altitud	Descripción
1	E 0334633	N 2159363	653	Limite occidental del deslizamiento. Intersección con la carretera de acceso a la población.
2	E 0334785	N 2159380		Escuela de Carlos Díaz.
3	E 0334866	N 2159382	656	Borde occidental de la zona arqueada.
4	E 0334855	N 2159819	706	Limite occidental de la parte superior del escarpe.
5	E 0334782	N 2159919	722	Camino superior occidental de Carlos Díaz.
6	E 0335485	N 2158769	653	Extremo oriental de Carlos Díaz.
7	E 0336351	N 2158461		Amaceyes. Limite oriental a la zona desalojada. Punto de control militar.
8	E 0334884	N 2159515		Punto en el lado izquierdo del deslizamiento.
9	E 0334668	N 2159547		Entrada del camino que cruza el deslizamiento.
10	E 0334868	N 2160007		Extremo izquierdo del deslizamiento.
11	E 0335525	N 2158960		Deslizamiento en Carlos Díaz, al otro lado del deslizamiento principal.

A continuación se realiza una descripción breve de los aspectos geológicos y geomorfológicos que fueron observados en el sitio.

3.1 Geología del área

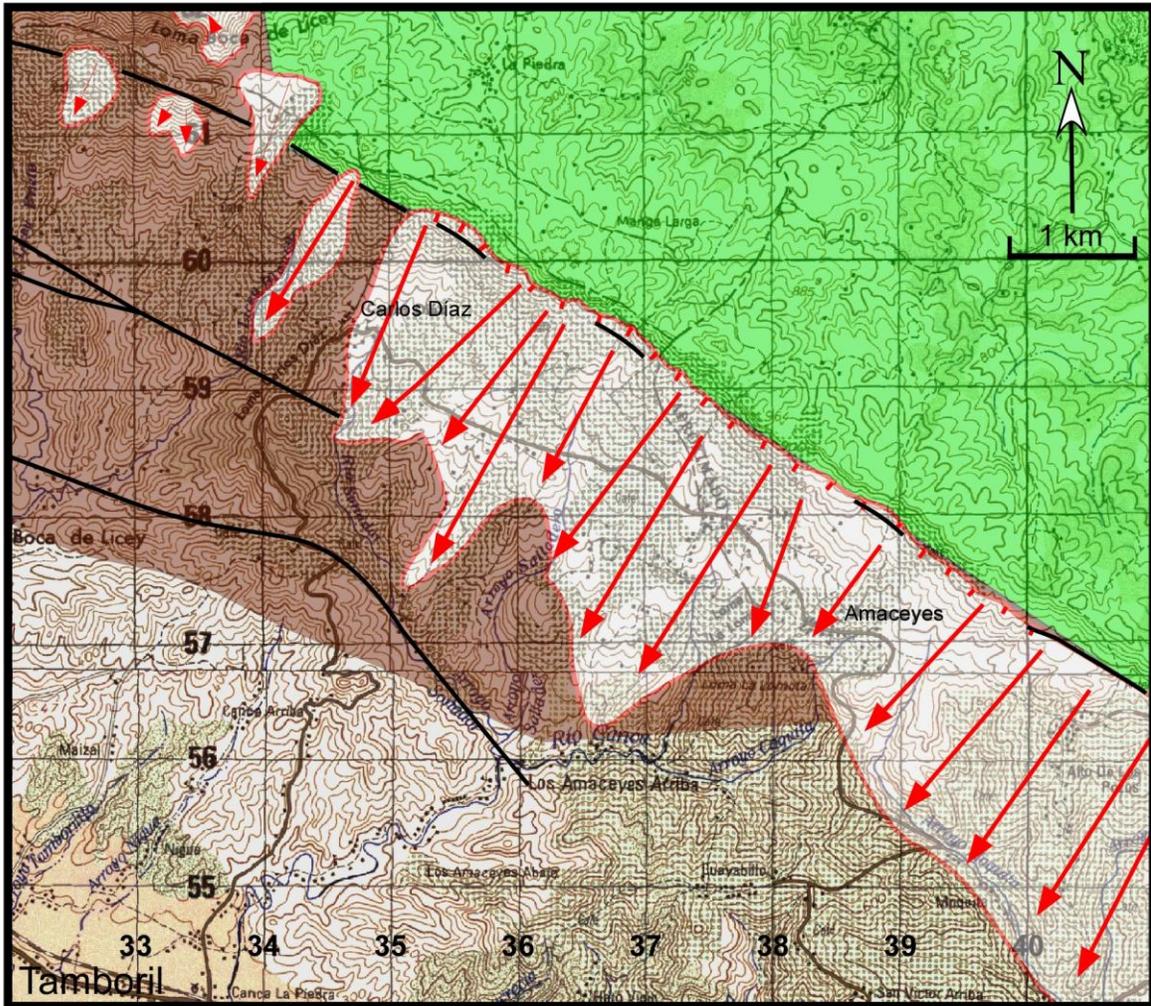
Los aspectos geológicos revisten gran importancia ante el análisis de eventos de esta magnitud, ya que constituyen uno de los factores condicionantes intrínsecos, nos describen los diferentes tipos de litologías, su posicionamiento espacial así como, las estructuras (fallas, diaclasas, etc.) que presentan un comportamiento dinámico. Durante el recorrido se pudo observar la siguiente situación:

Existen en el área tres formaciones geológicas que desempeñan un rol importante en cuanto a la propagación del evento ya que la naturaleza de la litología, su posición y las estructuras que la acompañan constituyen elemento detonador de dicho evento. Las litologías presentes (ver figura no 2) son:

- Formación Villa Trina representada por calizas micríticas y calizas arrecifales se localizan en la parte superior del deslizamiento y aparecen totalmente cubiertas de vegetación. Se ubican como una especie de casquete en la parte superior de la elevación. Estas calizas se encuentran afectadas por el proceso de disolución con abundantes oquedades lo que facilita que durante la precipitación se facilite la infiltración de las aguas (ver foto no 1).

Carlos Díaz - Amaceyes

Mapa geológico



LEYENDA

-  Calizas porosas (Formación Villa Trina)
-  Arcillas y areniscas (Formación La Toca)
-  Deslizamientos. Coluvión (bloques, cantos, gravas y arcillas de origen carbonatado-terígeno)
-  Cicatriz de deslizamiento (escarpe)
-  Falla

Figura no 2



Foto no 1 Vista parcial de la corona del deslizamiento con la flecha roja se señala el casquete de calizas de la Fm Villa Trina.

- Depósitos coluviales constituidos por Bloques, cantos, gravas y arcillas de origen gravitacional formados a expensa de la desintegración mecánica de las calizas. Estos depósitos se caracterizan porque se acumulan a lo largo del talud donde logran un equilibrio temporal relativo, el cual se puede ver afectado por la llegada de eventos hidrometeorológicos súbitos. (ver foto no 2) Estos depósitos descansan encima de la Fm La Toca.



- Formación La Toca la cual está conformada por una alternancia rítmica de areniscas y arcillas. Sobre esta formación descansan los depósitos coluviales y prácticamente se puede considerar que esta secuencia sirvió de rampa para el desplazamiento del material movilizado aguas abajo. En la foto no 3 se puede observar las areniscas que afloran a través del Talud.



Foto no 3 En la foto se puede observar como afloran las arcillas grises las cuales facilitan el movimiento del material.

3.2 Geomorfología

El área se ubica en el flanco sur de la Cordillera Septentrional, en medio de un sistema de montañas con alturas medias cuyas cotas fluctúan entre los 500 – 700 metros. Los valores más altos de cotas se localizan a los 900 metros de altura en las calizas arrecifales.

La pendiente resulta muy variada dada las características morfológicas del área donde el gradiente aumenta considerablemente hacia las partes altas donde se encuentran las calizas y



los depósitos coluviales movilizados. Observando la foto no 4 se pueden ver:

A - área de las calizas con gradiente muy alto

B – material movilizado

C – lengua del deslizamiento

D – relieve colinoso con cotas entre 450 – 500 metros.

3.3 Tectónica

El área del deslizamiento que se ubica en la porción central de la Cordillera Septentrional está comprendida entre la Zona de Falla Septentrional (ZFS) y la Zona de Falla Camu (ZFC). la Zona de Falla Septentrional (ZFS) está constituida por 3 o 4 ramales que se unen por muchas fallas secundarias asociadas. Entre estos ramales, el principal está localizado a lo largo del límite meridional de la Cordillera Septentrional, donde existe un escarpe de forma recta que se considera producido por un movimiento transcurrente activo.

La Zona de Falla Río Grande (ZFRG) está constituida por un sistema de fallas con planos entre los 115° y 140° que cruzan con un ángulo agudo las fallas, Septentrional y Camu, orientadas E-O. La mayor deformación asociada a la actividad de esta falla afecta a los depósitos sedimentarios clásticos de la Formación La Toca. Los pliegues están orientados paralelamente a la dirección de los ejes de los mayores pliegues, NO-SE. Las fallas menores perpendiculares tienen una dirección media O-NO. Los pliegues de la Formación Villa Trina representada por rocas carbonatadas indican un evento de formación de pliegues anticlinales con eje NO-SE.

La orientación de los pliegues principales en echelon de los pliegues menores y fallas (mayores y menores) (ver fotos no 5 y no 6), es compatible con el tipo de deformación consiguiente de los regímenes tectónicos transpresivos.



Foto no 5



Foto no 6

3.4 Deslizamiento

Antecedente

El día 10 de febrero debido a la llegada de un frente frío en la región norte se produjeron lluvias estacionarias por un período de tiempo de una semana. Esta situación meteorológica trajo como consecuencia la sobresaturación del suelo por aguas, las cuales sumadas a las características de las litologías presentes en el área dispararon un deslizamiento de gran magnitud que afectó de manera considerable al poblado Carlos Díaz extendiéndose hacia el este hasta Los Amaceyes.

En el área se habían registrado daños en varias infraestructuras del poblado, fundamentalmente en las viviendas y en la escuela presentándose agrietamiento, hundimientos y entrada de agua por el piso de varias viviendas que fueron tomadas en cuenta por la oficina de ONESVIE de Santiago constituyendo así, informaciones precursoras que dieron paso a la evaluación periódica por parte la oficina anteriormente mencionada.

Causas

El evento se ubica dentro del fenómeno de Inestabilidad de laderas que se da por la rotura de los materiales en las laderas, ocurre cuando la fuerza de gravedad excede el esfuerzo de la roca o suelo que conforman la ladera, es decir, ocurren cambios en el equilibrio de las fuerzas de resistencia al corte y motrices. Los factores que contribuyen a crear esta situación son múltiples, en el caso del deslizamiento resultaron condicionantes los siguientes factores:

- La geología del área sugiere la presencia de secuencias estratigráficas que se combinan en el medio, en la parte alta del sistema montañoso afloran las calizas las cuales se encuentran afectadas por la carstificación formando un relieve tipo cónico con abundantes oquedades. Estas calizas se encuentran meteorizadas y han generado material desintegrado con una componente carbonatada importante que se ubica al pie de las calizas y se deposita como coluviones en la ladera (ver figura no 3).

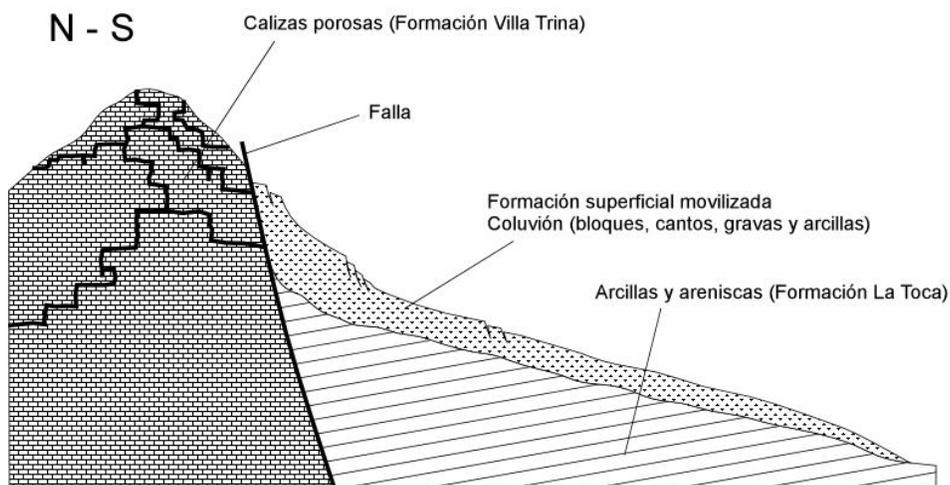


Figura no 3

Estas coluviones están constituidas por bloques, cantos, gravas y arcillas que se convierten en un material susceptible a la movilización por su capacidad de disgregación. Otro elemento a considerar es la presencia de diaclasas y fracturas importantes que indican los efectos de la tectónica regional donde las fallas tienen una dirección media O-NO, y la abundante presencia de pliegues en echelon (escalonados) que predominan en esta región.

- El aspecto hidrogeológico relevante es la capacidad de infiltración que tienen las calizas porosas, las cuales durante la vaguada dispararon la recarga hacia el sustrato afectando la superficie de rotura del deslizamiento y propiciando la movilización de la coluvión, de hecho el deslizamiento se desplaza encima del cauce ecológico del río Sonador afectando el escurrimiento superficial, ya que cubrió en su totalidad al mismo y en estos momentos los flujos son subterráneos.
- La geomorfología esta representada por una topografía relieve de montaña con pendientes variadas resultando muy alta para el casquete de calizas y medias a bajas en la medida que se desplaza el material hacia el valle.
- El clima como factor fue clave en la evolución de este deslizamiento pues resultó ser el factor detonante al ocurrir las precipitaciones por varios días.

Tipo de movimiento

El deslizamiento por la naturaleza del tipo de movimiento se puede considerar complejo, pues se trata de un deslizamiento grande donde aparecen mecanismos combinados debido a una larga evolución que va de movimientos primarios y reactivaciones hasta episodios de aceleración (ver figura no 4).

Caracterización

- Por el grado de actividad se puede considerar **Activo**, ya que presenta movimientos primarios y reactivaciones.
- Por la velocidad de propagación de los materiales se considera **rápido** $>1.5 \text{ m/día}$ a **5 m/seg.**

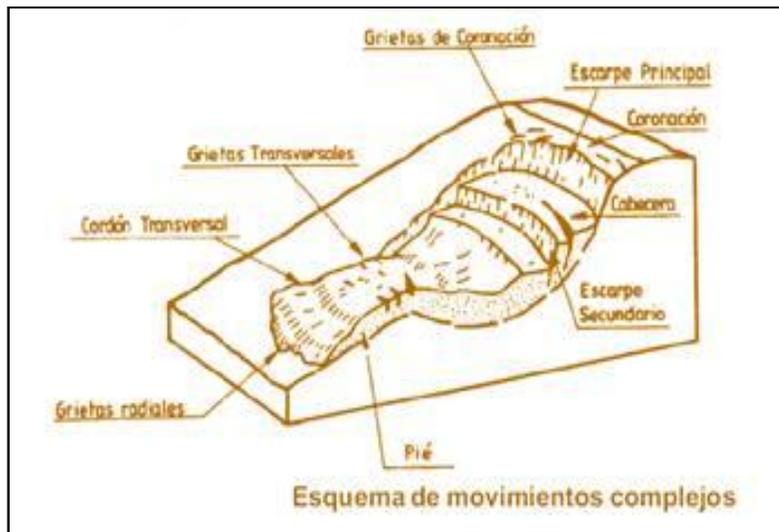


Figura no 4

- Por la profundidad de la superficie de rotura **semiprofundo entre 2 – 10 m.**
- Por el mecanismo de movilización es **complejo**

El deslizamiento ocupa una superficie de 5.5 km² y movilizó un volumen estimado entre 24 – 30 millones de m³.

3.5 Mapa Preliminar de Amenaza por Deslizamiento



Foto no 7

A continuación se presenta una zonificación del grado de amenaza por deslizamiento en la zona de Carlos Díaz – Amaceyes. Dicho mapa (ver figura no 5) es fruto de la evaluación realizada en la zona mencionada a raíz de la situación de emergencia resultante de los deslizamientos producidos los días 10 y 12 de febrero de 2009, y hay que considerarlo un resultado preliminar que oriente a las autoridades pertinentes para una respuesta rápida y eficiente a dicha situación. Para obtener un mapa de amenazas con resultados válidos a medio y largo plazo se requiere un estudio de mayor envergadura, que incluya una campaña de campo exhaustiva y un estudio minucioso de todos los factores que favorecen la inestabilidad en la zona involucrada.

Factores considerados

Para lograr dicha zonificación han sido tenidos en cuenta una serie de factores. El más importante y evidente es la delimitación de la zona (ver foto no 7) que fue afectada por deslizamientos durante los eventos del 10 y 12 de febrero.

Esta delimitación ha sido posible gracias a la visita de campo del 17 de febrero y al reconocimiento en helicóptero del 20 de febrero. La visita de campo permitió hacer una evaluación *in situ* de la situación, reconociendo los diferentes grados de afectación del terreno según la zona,

pero fue limitada a las áreas visitadas. Por contra, el reconocimiento aéreo permitió una visión general del área afectada, pero sin observar las evidencias de movimiento más sutiles, como pequeñas grietas en el terreno o los edificios. De esta forma se ha podido cartografiar el área afectada por movimientos severos, así como delimitar la zona afectada por movimientos menores en las diferentes vías de acceso que fueron recorridas durante la visita.

El segundo factor en orden de importancia que ha sido tenido en cuenta son los condicionantes geológicos que favorecieron la movilización del terreno. La presencia de diferentes áreas con sedimentos movilizados en antiguos deslizamientos (coluviones) indican por una parte la susceptibilidad al movimiento del terreno previa al deslizamiento y, por otra parte, el hecho de que el terreno haya sido movilizado en el pasado aumenta su propia inestabilidad intrínseca. La Formación La Toca (arcillas y areniscas poco consolidadas), ya de por sí inestable, en la zona que está en contacto con la Formación Villa Trina (calizas porosas) ha sido considerado como de elevada susceptibilidad a los deslizamientos. La misma Formación Villa Trina, por contra, presenta una susceptibilidad muy baja a que se produzcan deslizamientos en ella, por las mismas características mecánicas de las calizas. La presencia de fallas en el área ha sido valorada también como factor condicionante de deslizamientos, concretamente cuando afectan materiales inestables en zonas de cierta pendiente.

Otro factor tenido en cuenta, no menos importante que el anterior, ha sido el topográfico. Como ya se ha mencionado anteriormente, las pendientes elevadas favorecen la inestabilidad del terreno, y por ello han sido tenidas en cuenta en la zonificación de las zonas amenazadas. Por otra parte, los fondos de valle han sido considerados como posibles zonas de canalización de flujos de materiales más allá de las propias zonas de influencia de los deslizamientos, ya sea en el mismo proceso de deslizamiento, o en episodios de lluvias intensas posteriores. Cabe señalar los deslizamientos de los días 10 y 12 de febrero obturaron el cauce del río Sonador en su parte alta, incorporando gran cantidad de material que puede ser movilizado en un futuro episodio lluvioso intenso.

Zonificación de la peligrosidad

El mapa resultante abarca una superficie de 8 x 9 km (72 km²) y presenta una zonificación de la peligrosidad con las características que se mencionan a continuación:

Peligrosidad alta (color rojo). Con una superficie total de 11,5 km², comprende las siguientes áreas:

-Área movilizada en los eventos recientes de los días 10 y 12 de febrero.

-Áreas que podrían mobilizarse de forma inminente como resultado de la inestabilidad provocada por los deslizamientos recientes.

Peligrosidad media (color naranja). Con una superficie total de 19,75 km², comprende las siguientes áreas:

-Áreas con una elevada susceptibilidad a deslizamientos, pero que no presenta indicios de haber sido movilizada en los eventos recientes de los días 10 y 12 de febrero. Puede verse afectada en caso de que las condiciones climáticas favorezcan el medio.

-Cauces con probable afectación de llegada de materiales desplazados en caso de que en los próximos meses se produjeran precipitaciones importantes en las zonas afectadas.

Peligrosidad baja (color amarillo). Con una superficie total de 22,75 km², comprende las siguientes áreas:

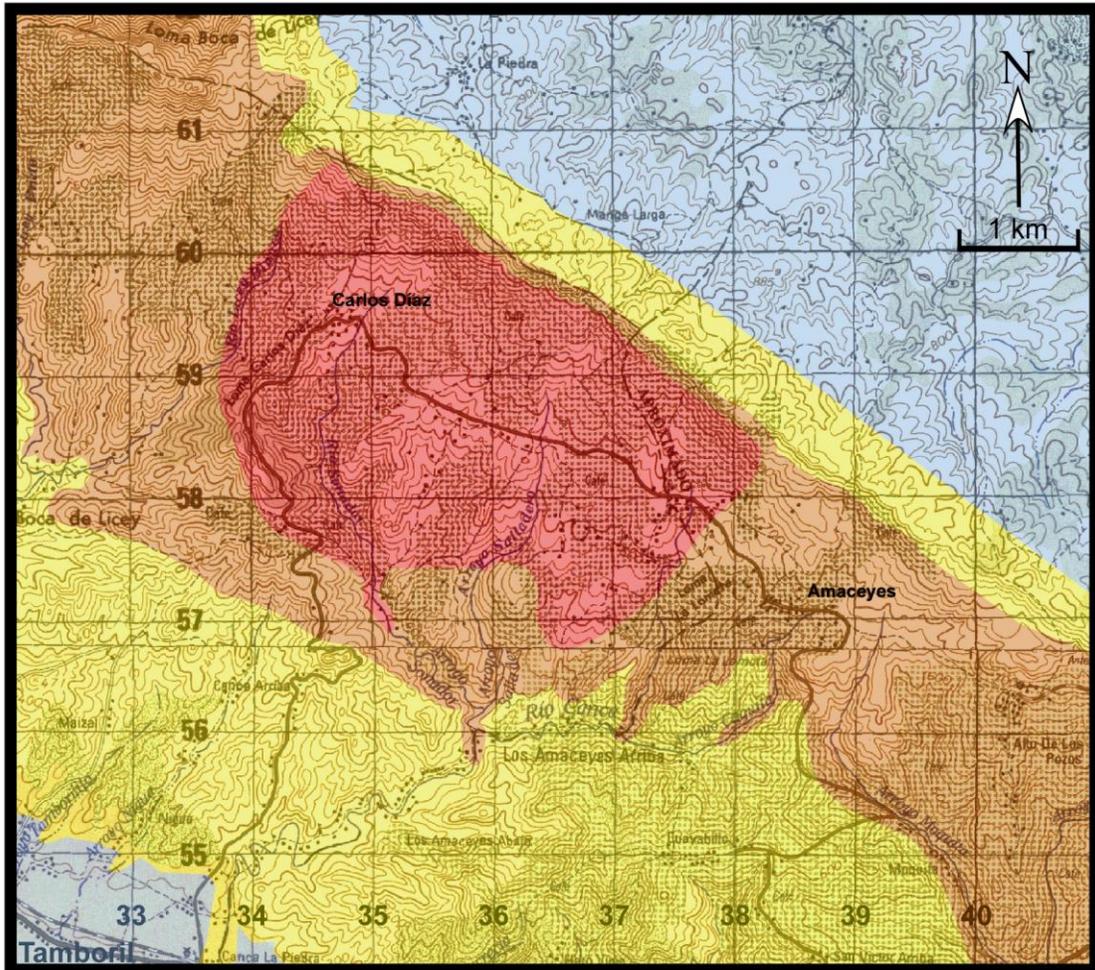
- Áreas con una cierta susceptibilidad a deslizamientos.

-Cauces con posible afectación de llegada de materiales desplazados en caso de que en los próximos meses se produjeran precipitaciones muy importantes en las zonas afectadas.

Peligrosidad muy baja (color azul). Con una superficie total de 18 km², comprende las áreas con susceptibilidad prácticamente nula a deslizamientos. Cabe señalar que esa área, fuera de la delimitada en Tamboril, está asentada sobre roca caliza donde puntualmente se pueden producir hundimientos por el colapso de cuevas. Aún así, la probabilidad de ocurrencia de dichos hundimientos es mucho menor que los deslizamientos estudiados, y siguen unos procesos totalmente diferentes, por lo que son necesarios estudios de naturaleza muy diferente al presente informe.

Carlos Díaz - Amaceyes

Mapa Preliminar de Amenaza por Deslizamiento



LEYENDA

- | | |
|--|---|
|  Peligrosidad alta |  Peligrosidad baja |
|  Peligrosidad media |  Peligrosidad muy baja |

Figura no 5

Conclusiones

Se concluye lo siguiente:

1. Se trata de un deslizamiento activo, que por sus características se puede considerar del tipo complejo, con una velocidad de propagación rápida >1.5 m/día a 5 m/seg. El área del deslizamiento comprende una superficie de 5.5 km² movilizándolo un volumen aproximado de unos 24 – 30 millones de m³.
2. La lengua del deslizamiento se emplaza encima del Río Sonador lo que ha cambiado la dinámica de las aguas superficiales pasando las mismas a un escurrimiento parcial subterráneo.
3. Los fondos de valles pueden actuar como canales por donde discurren los materiales movilizables en caso de que estos presenten un comportamiento de tipo flujo debido a una inclusión de agua.
4. El área roja delimitada en el mapa de amenazas representa el área de amenaza actual, donde se activó el deslizamiento con movimientos de gran magnitud, el cual se extiende hacia el oeste hasta la pequeña cuenca correspondiente al río Licey Blanco. Hacia el sur se extiende por el cauce del Río Sonador hasta la confluencia con el Arroyo Saltadero, hacia el este hasta las proximidades del Río Canca y Loma La Lometa. Esta área cubre una superficie aproximada de 11.5 km².
5. El área naranja delimitada en el mapa de amenaza representa un área de amenaza potencial, pues se encuentra dentro de un polígono que ha presentado evidencias de movimientos de alta a media susceptibilidad. Esta área cubre una superficie aproximada de 19.75 km².
6. El área amarilla delimitada en el mapa de amenaza representa las áreas cuya potencialidad es baja, pero que no deben ser excluidas del análisis, pues los factores condicionantes que actúan para que ocurran estos fenómenos se manifiestan en menor grado, pero pueden activarse en condiciones eventuales hidrometeorológicas. Esta área cubre una superficie aproximada de 22.75 km².

7. El área azul delimitada en el mapa de amenaza representa las áreas de muy baja potencialidad, que se localizan en la parte alta correspondiente a las calizas que afloran en la región y las partes bajas en Tamboril que no han sido afectadas, pero en que pudiera activarse otro tipo de movimiento. Esta área cubre una superficie aproximada de 18 km².

Recomendaciones

Según el mapa preliminar de amenazas por deslizamiento se dan las siguientes recomendaciones:

- Se debe proceder a la evacuación inmediata y a la prohibición de construcción de cualquier tipo de infraestructuras en las áreas sombreadas en color rojo, pues pueden verse movilizadas de forma inminente.
- Debe realizarse de inmediato un estudio detallado del área sombreada en color naranja para evaluar las posibles soluciones a la problemática de los deslizamientos y proceder a un monitoreo constante de los posibles movimientos que en ella se puedan producir.
- Debe realizarse un estudio detallado del área sombreada en color amarillo para evaluar su potencial susceptibilidad a deslizamientos y proceder a un monitoreo de los posibles movimientos que en ella se puedan producir.
- Debe mantenerse a la expectativa por la ocurrencia de flujos de sedimentos en los cauces afectados en caso de que se produzcan precipitaciones importantes, y que puedan afectar viviendas e infraestructuras situadas en las inmediaciones de los cauces más debajo de Carlos Díaz y Amaceyes.
- Debe procederse al estudio a nivel regional del grado de amenaza por deslizamientos que incluyan una campaña de campo exhaustiva y un estudio minucioso que comprenda un análisis a nivel geológico, geomorfológico, hidrogeológico, geotécnico, tectónico y sísmico, para generar un mapa de amenazas a deslizamientos en la zona. Dicho mapa, debe complementarse con un estudio de la vulnerabilidad para acabar generando un mapa de riesgos de deslizamientos de la zona.
- Las viviendas afectadas por los deslizamientos ocurridas en la zona de La Cumbre de Juan Veras y parada Den Pedro deben ser desalojadas y no permitir la construcción de nuevas infraestructuras en la zona.
- Los deslizamientos regionales mencionados afectan la carretera turística Santiago – Puerto Plata, por lo que debe realizarse un estudio detallado para la reubicación de diferentes tramos de dicha carretera.