



UNIVERSIDAD NACIONAL
"CAMPUS OMAR DENGÓ"
Heredia, Costa Rica

-19-

2º ETAPA Y FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACION 822066
"ANÁLISIS DE METODOLOGÍAS EN LA PREVENCIÓN DE DESASTRES
NATURALES, EL CASO DE CIUDAD COLÓN Y PURISCAL"

5. MARCO TEÓRICO:

En vista de que el fenómeno a tratar, presenta denominaciones técnicas y locales diferentes, se hace necesario enmarcar los alcances y criterios a utilizar acá. Popularmente es común escuchar términos como peladero, barranco, desbarumbo etc. para referirse a deslizamientos. También en informes técnicos, se incurre de continuo en imprecisiones cuando califican procesos que involucren desplazamientos de tierras. En la literatura tradicional francesa sobre geografía física (1) dada la amplitud de los temas a tratar se omite el entrar en detalles sobre las formas tipos y comportamientos que estos asumen. Otros autores los distinguen de los derrumbes en base a la velocidad de caída de los materiales (2). También es frecuente hallarlos agrupados bajo el título de procesos de remoción o remoción en masa. Incluso en algunas ocasiones, en las labores de campo, se hace difícil reconstruir y definir lo sucedido en un periodo o en un instante. Es común no hallar materiales en la base pues el desprendimiento de terrenos algunas veces es precedido por erosión carcaval o a la inversa. Por lo anteriormente señalado resultaba imprescindible contar con un criterio preciso acerca de cómo reconocer y distinguir el fenómeno conocido como deslizamiento. David Varnes, un geólogo norteamericano, que ha investigado y escrito extensamente sobre el tema desde 1958, propone un concepto que aquí retomaremos, no solo por la trayectoria del autor sino porque es empleada en prestigiosas publicaciones. Para Varnes, un deslizamiento es "el descenso y movimiento externo de los materiales formadores de la pendiente, compuesto de rocas naturales, suelo, rellenos artificiales o por combinación de éstos. Esta masa en movimiento puede proceder de alguno de los tres principales tipos de deslizamiento: caído, deslizado y fluído, o por sus combinaciones (3).

Así mismo adoptaremos nomenclaturas empleadas en el Simposio Internacional sobre Deslizamientos, realizado en Toronto, Canadá en setiembre de 1984. Señalan qué peligro y riesgo son usados en forma intercambiada en muchos reportes de procesos geológicos. Por lo tanto, "peligros por deslizamientos" se refiere a la posibilidad de ocurrencia de potenciales daños por deslizamientos dentro de un periodo de tiempo y en una área dada; mientras que "riesgo de deslizamientos" significa un esperado número de vidas perdidas, personas heridas, daños a la propiedad, interrupción de la actividad económica debido al futuro deslizamiento (4).



UNIVERSIDAD NACIONAL
"CAMPUS OMAR DENGO"
Heredia, Costa Rica

-20-

Analizadas las técnicas, métodos o metodologías resumi_das atrás, enmarcaremos nuestra investigación dentro de los lineamientos que desarrollan los artículos, precedentes, que en cierto modo constituyen una versión más refinada de los procedimientos examinados, además de que sintetizan los objetivos específicos propuestos para la primera etapa del trabajo (1984) a saber:

- a. Realizar un examen de los procedimientos o metodologías aplicables al estudio de los deslizamientos en nuestro país, y
- b. Efectuar una identificación geográfica detallada de los sectores afectados por deslizamientos y erosión severa que se localizan en el sector montañoso al SE, de la ciudad capital.

SEGUNDA ETAPA (1985)

6. OBJETIVOS:

-Elaboración de mapa preliminar de Riesgos, escala 1:50.000

-Redacción y comentario de variables físicas y humanas que generan el riesgo

PROCEDIMIENTO:

7. METODOLOGIA E INFORMACION TECNICA SOBRE LA FOTOINTERPRETACION:

En concordancia con el objetivo b) se recopilaron en un principio 33 fotografías pancromáticas en blanco y negro, obtenidas en el Instituto Geográfico Nacional. Estas fotos son del año 1974 y tienen escala 1:30.000, cubriendo el sector SW y SE de las hojas Abra y Río Grande respectivamente, con una cobertura longitudinal desde las inmediaciones de Escazú hasta San Pedro de Turubares. Abarcan a lo ancho sectores aledaños a la margen sur del Río Virilla, prolongándose hacia áreas cercanas al valor latitudinal de partida de dichas hojas (aprox. 9° 50' L.N.)

La resolución de estas fotografías es, naturalmente no apta para la identifica-



UNIVERSIDAD NACIONAL
"CAMPUS OMAR DENGO"
Heredia, Costa Rica

-21-

ción del uso del suelo ni para individualizar deslizamientos pequeños. Más tarde, se obtuvieron 14 fotos del año 1983, a escala 1:20.000 en las que si fue posible ubicar áreas con deslizamientos, además de que se elaboró en base a éstas el dibujo preliminar de un mapa de uso del suelo coloreado a mano. Como es usual en estos casos, se delimitaron áreas útiles por detalle y puntos de paso, con su ubicación en el mapa 1:50.000 mediante las líneas de vuelo correspondientes (Ver mapa #1).

Los deslizamientos identificados fueron visitados casi en su totalidad, salvo algunos, por lo inaccesibles que se tornan en el periodo lluvioso. Se actualizó la información fotográfica, mapeando los aparecidos desde la fecha de toma y asignándole a cada uno su símbolo geomorfológico. Se identificaron además rasgos de erosión carcaval, divisorias de aguas mayores y menores, usos diversos y sectores de potrero con serias alteraciones superficiales en zonas de fuerte pendiente dedicados a la ganadería extensiva. Dicha interpretación fue realizada con este-reoscopio de espejos Zeiss Standard # 2 con magnificación de 6.

Las fotos 1:20.000 nos dieron detalle, pero lamentablemente no cubrían toda el área de interés, razón por la que se hicieron ajustes de manera que las zonas no cubiertas a 1:20.000 se completaran con fotografías 1:30.000. Con esta última escala no realizamos mapa de uso del suelo, no solo por lo incompatible de esa escala, sino por su antigüedad (1974). Además no estaba comprendido dentro del proyecto ejecutar detallada comprobación del uso del suelo. Con ayuda de éstas situaciones deslizamientos a lo largo de la Carretera a Turribares, desde Piedades de Bar**ba**coas de Puriscal y realizamos un levantamiento general de uso en sectores adyacentes a la vía. De todas formas esta situación no es determinante pues es notorio el predominio de la actividad ganadera. Con base en las experiencias efectuadas en otros países (EE.UU., Nepal, etc.) el apoyo cartográfico está fundamentado en documentos con escalas muy apropiadas (1:10.000 - 1:24.000) pues permiten la colocación y el dibujo del fenómeno a representar sin que ello demerite la precisión del mapa. En nuestro caso, y pese a ingentes esfuerzos no fue posible hallar levantamientos cartográficos del área con una escala aceptable.

Se pensó en ampliar al doble la hoja 1:50.000 pero ello exageraría la generalización del relieve y el peso de las convenciones. Al final se adoptó esta escala porque la mayoría de mapas temáticos con que trabajamos la poseen. El mapa de uso del suelo, obtenido de las fotos 1:20.000 se redujo en fotocopidora a la mitad buscando cuadrar en la forma más aproximada sus trazos con la escala general del trabajo. Como es lógico, tal procedimiento es metodológico y las deducciones sobre el uso y otras variables, se efectúan orientándose por planimetría y rasgos físicos.



UNIVERSIDAD NACIONAL
"Campus Omar Dengo"
HEREDIA, COSTA RICA

-22-

El mapa final de riesgo es entonces, un documento a escala 1:50.000, al cual se le han adaptado y ajustado informaciones provenientes de otras fuentes. Los límites y el área cubierta en los mapas están básicamente determinados por el mapa de uso del suelo, obtenido a partir de fotos aéreas 1:20.000. Aunque éstas no lo contemplan, se anexa el tramo de carretera entre Villa Colón y Quebrada Honda ya que es una área fuertemente afectada por deslizamientos (Ver mapa # 2). Luego, mediante la superposición de mapas, se realizan interrelaciones y comentarios que tendrán como finalidad el trazar un mapa de categorías de riesgo.

En el mapa de uso del suelo, se representa una franja al sur que corre longitudinalmente a este límite. No se desestimó su fotointerpretación aunque se halle fuera de la zona en estudio, que en todos los mapas aparece hasta el valor 466 de la coordenada rectangular latitudinal. En dicho mapa (uso del suelo) aparece escrito este valor, como referencia limítrofe. Dicha franja se agrega para no romper la continuidad de fuertes relieves que se extienden por el sur. También se anexan dos agregados al mapa original recopilados inicialmente a escala 1:20.000 y 1:50.000. El primero corresponde a un par estereoscópico que comprende un tramo de la carretera (Ciudad Colón-Quitirrisí, que quedaba fuera de las líneas de vuelo trabajadas primero (28963, 962.) El segundo, una copia del trazado de la carretera Barbacoas-San Pablo, tomada de la hoja topográfica Río Grande. En ambos casos dichos trazos fueron ampliados mediante el Zoom-Transfer y ajustados al norte y oeste respectivamente.

Con respecto al mapa de la red hidrográfica, debe señalarse que por ser hecho en base a la hoja topográfica 1:50.000 el número de cauces a medir se generaliza demasiado. Razón por la cual, se marcaron los trazos no impresos siguiendo los valles con ayuda de las curvas de nivel, y se redondearon las cifras en la longitud de los cauces a fin de comprender todos aquellos lechos que por lo elevado de la escala no alcanzaron a ser representados.

Se incluye además, un resumen y análisis del deslizamiento de Tapezco, que se ubica hacia el este. Por su tamaño y peligrosidad merece referencia aparte, aunque este se encuentre fuera del sector en estudio. (Véase apéndice)

También se adjunta en el Apéndice información sismológica del área obtenida a través del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica. De su análisis se concluye que en este sector la variable sísmica no es significativamente generadora de deslizamientos.



UNIVERSIDAD NACIONAL
"Campus Omar Dengo"
HEREDIA, COSTA RICA

-23-

8. CARACTERIZACION FISICA DEL AREA:

8.1 UBICACION Y LOCALIZACION:

El sector escogido para este tipo de investigación se halla localizado en las hojas topográficas Abra y Río Grande 1:50.000 editadas por IGN. Ocupa la porción SW de la primera y SE de la segunda, con una superficie aprox. de 133 km cuadrados. Su altitud fluctúa entre los 500 y 1300 mts. snm. caracterizándose por poseer un relieve muy quebrado con desniveles acentuados por km cuadrado de superficie.

La delimitación del área está condicionada por la existencia de líneas de vuelo a escala adecuada, razón por la que no puede describirse límites en concordancia con accidentes naturales.

Dentro de los considerandos que median para la escogencia de esta área están el abarcar un sector montañoso selecto, que representa una divisoria de aguas regional al SW de la Depresión Intermontana Central (Río Grande de Tárcoles-Río San José-Río Turribares), en donde tradicionalmente se han venido produciendo problemas severos por erosión y deslizamientos. Posee además una cobertura aérea reciente a baja escala y representa un importante sector de paso, pues está recorrida por una carretera de 43 km de extensión, que enlaza a Santiago de Puriscal y comunidades circunvecinas con el centro del país.

8.2 Importancia del tema:

La relevancia de un estudio como el que aquí se desarrolla puede comentarse desde muy diversos ángulos. Desde el punto de vista metodológico, se revisan y comentan actualizados estudios realizados en latitudes donde el perfeccionamiento tecnológico y la experiencia, han contribuido al refinamiento de los métodos de análisis. Tal modalidad de investigación es pionera en el país, por cuanto el tratamiento detallado del fenómeno de deslizamientos no ha sido estudiado particularizando sus características. En un país donde Arscott (1978) (5) calcula que un tercio de su superficie experimenta erosión extrema y otro tercio, formas más sutiles de erosión y anegación; enfoques diversos de fenómenos asociados enriquecen la temática.

Este trabajo aporta además un mapa de categorías de riesgos por deslizamientos, en el que se delimitan sectores que a través de la superposición de información y experiencia de campo, configuran territorios potencialmente propensos a deslizamientos. Así, la investigación trasciende el plano físico y fenoménico para integrar la variable ocupación humana del espacio, y como esas transformaciones en



concomitancia con variables físicas calificadas, tornan inseguro y riesgoso su hábitat. Dada la degradación de los recursos naturales en esta área; el tema muestra además, una de las facetas que por lo sorpresiva no es de continuo considerada y cuyos efectos negativos de preverse resultan a la postre menos cuantiosos.

8.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Es bien conocido que el cantón de Puriscal es una de las áreas que han experimentado un deterioro acelerado de los recursos naturales renovables (6). La configuración accidentada del terreno, unido a las prácticas históricas del uso del recurso suelo, han propiciado una degradación intolerable de amplios sectores.

Anterior al proceso de colonización los suelos y otros recursos del país no soportaban el embate generalizado que actualmente reciben. Los estragos originados en calamidades naturales se subsanaban por procesos normales biológicos y químicos a través de los años (7). Pero el avance y establecimiento de núcleos de colonos originó una conversión masiva de bosques naturales a usos inapropiados, estimándose que de la tierra rural en uso actual (aprox. 60% del país) casi toda la que se halla situada en regiones encarpadas y accidentadas, presenta algún grado de erosión, remontándose estos efectos a los últimos treinta años (8).

El agravamiento del fenómeno erosivo en el área como consecuencia de condiciones físicas calificadas y usos no aptos, fomenta la aparición de formas espectaculares de remoción, que por sus características revisten un alto grado de peligrosidad. Tales movimientos difíciles de pronosticar por la gama de factores que los accionan y su carácter repentino, representan una de las más graves o inestimables consecuencias de lo que se inició como una simple rotura y volteo del bosque. A vuelta de unos pocos años, estos terrenos no son capaces de sostener viablemente actividad productiva alguna.

A estos efectos desestabilizadores del suelo, deben agregarse los producidos por la construcción de carreteras y caminos de penetración que en el caso que nos ocupa, dan poco énfasis al diseño de medidas de protección contra la acción descontrolada de las aguas pluviales.



UNIVERSIDAD NACIONAL

"Campus Omar Dengo"

HEREDIA, COSTA RICA

-25-

9. CARACTERISTICAS GEOLOGICAS Y GEOMORFOLOGICAS

9.1 FORMACION AGUACATE:

El basamento del área está constituido fundamentalmente por tres grandes formaciones (9). Abarcando la porción S y SW de la hoja topográfica Río Grande se ubican materiales volcánicos del Terciario profundamente meteorizados pertenecientes a la Formación Aguacate (10). Posee como componentes litológicos, coladas de basalto y andesita, aglomerados y tobas estratificadas, cortadas por diques (11). El sustrato rocoso y el relieve abrupto, evidencian la predominancia de fuertes pendientes, que en este caso son mayores del 35%. Ello a su vez define la presencia de interfluvios muy angostos, pues en las cimas estos no superan los 100 metros de anchura. Los ríos son cortos, con longitudes en cauces de primer orden, que no exceden en su mayoría los 100 metros de longitud; su profusa distribución y número de tributarios menores, configuran una densidad media de drenaje por km^2 (7.5 kms de cauce por km^2 de superficie) (Veáse mapa # 3) (12). Un patrón de drenaje de textura fina o un patrón en el cual las corrientes individuales y los tributarios están poco espaciados (13), muestra para este sector que existen con importancia local sitios con buena porosidad secundaria por fisuración pero que regionalmente se les debe considerar de permeabilidad muy baja, lo que incluso determina una condición de barrera para este aspecto con relación a otras formaciones. Aunque la media pluviométrica anual es de 2.4 mts. (14) con lluvias desde abril a noviembre y máximas precipitaciones en octubre (15) (Veáse mapa # 4); en términos generales las condiciones físicas de estos materiales, así como sus propiedades estratigráficas, no se prestan al desarrollo de grandes sistemas acuíferos subterráneos (16). Ello es determinante en los caracteres que le imprimen al relieve las aguas de escorrentía superficiales, pues es establecido su carácter divisorio se deduce que las fuertes pendientes que limitan ambas vertientes además de favorecer una alta y rápida eliminación de aguas, intensifican la erosión en materiales que como producto de la meteorización, están muy fracturados y diaclasados (17). (Mapa 5).

A ello debe agregarse la ausencia en cobertura forestal a raíz de la transformación de terrenos marginales a usos de ganadería extensiva. Es determinante que el efecto mecánico de compactación (18) causado por el ganado en el horizonte superior del suelo, aunado a terrenos escabrosos y lluvias intensas, han propiciado una variable de erosión que tiene efectos visibles y espectaculares en el paisaje (19). El agua no escurre de manera uniforme por la superficies sino que concen



UNIVERSIDAD NACIONAL

"Campus Omar Dengo"

HEREDIA, COSTA RICA

-26-

tra su capacidad erosiva en las terracetas originadas por el paso y peso del ganado. Estas fisuras en el suelo se entallan verticalmente generando la aparición de cárcavas y fomentando por infiltración, litología y pendientes, desestabilización y desplazamiento de materiales ladera abajo (20).

El modelado actual del paisaje con un predominio de suelos lavados e incosist^{en}tes por la erosión y deslizamientos, constituyen los rasgos relevantes del sector y cuyo origen ha sido el resultado de la combinación de las caracterís^{ti}cas litológicas de la formación, del régimen de precipitaciones y de las acci^ones del hombre.

9.2 FORMACION TERRABA:

El segundo gran componente litológico en extensión dentro del sector en estudio lo son también materiales sedimentarios del terciario, pertenecientes a la Formación Terraba (21) Esta unidad se encuentra en una posición intermedia entre las tres que dominan el área y que al igual que la anterior, es de gran extensión, ubicándose las localidades tipo al SW del país. Está constituida por lutitas, limolitas y areniscas. Mantiene rasgos similares en cuanto a pendientes con la unidad anterior, pues predominan rangos de pendientes mayores a 45%. Es un sector abrupto con acentuados contrastes en altitudes, que van de los 540 a 1860 metros en un trecho de 12 kms. Los ríos cortos y torrentosos vierten sus aguas en la sección que representa gran parte de la vertiente norte de la divisoria definida por la formación anterior, cuyas aguas son colectadas por el río Virilla.

Uno de los principales tipos de roca que forman esta unidad, son las areniscas que en este caso, se hallan asociadas a estratos de lutitas, lo cual evidencia que su depósito inicial fue cercano a la costa y a lo largo de los frentes costeros (22). Como las lutitas son un tipo de arenisca, centramos el análisis en la lutitas y limolitas como unidades líticas típicas de esta formación (23).

Las lutitas son un tipo de roca formada por la consolidación de sedimentos o posiblemente por la cementación de materiales arcillosos depositados en lugares profundos del mar y en aguas tranquilas. Rara vez están cementados. En muchos casos representan tan solo materiales muy compactos que se parten en laminas más o menos paralelas a la estratigrafía (24) y que han sido oprimidos por cargas pesadas de otras rocas sobrepuestas sobre ellas (25). La litificación de depósitos de granos finos, se lleva a cabo por el proceso de "compacción" (26).



UNIVERSIDAD NACIONAL
"Campus Omar Dengo"

HEREDIA, COSTA RICA

-27-

En éste, los granos de arcilla y limo sufren con mucha mayor rapidez que las fracciones gruesas, los efectos compactantes que originan las presiones de sedimentos suprayacentes, calculándose que depósitos de partículas del tamaño de arcilla, sepultadas a profundidad de 1000 metros, han sido compactados en alrededor de un 60% de su volumen original (27).

Las características que desarrolla el patrón de drenaje en estos materiales están íntimamente asociadas con el carácter de impermeabilidad que presentan las arcillas. La cohesividad de granos pequeños (0.004 mm) (28), fuertemente unidos, imposibilita la penetración del agua, lo que causa que sobre ellas se produzca un 100% de escurrimiento superficial. Es por ello que desde el punto de vista hidrogeológico, la composición rocosa de esta unidad no permite la formación de acuíferos y se le considere como una barrera regional en este aspecto (29). Con tan altos porcentajes de escorrentía y características de erodabilidad, se desarrollan patrones de drenaje de estructura fina (30) o sea, que las corrientes individuales y los tributarios están poco espaciados. Sobre estos materiales de composición muy uniforme, la forma dendrítica es la red de avenamiento que por excelencia se desarrolla, ya que este indica roca resistente y horizontal, normalmente sedimentaria, sin afloramientos del zócalo que sobresalgan para desviar los cursos fluviales (31).

Al igual que la unidad precedente, los usos del suelo no están en concordancia con las limitaciones propias del relieve, pues las fuertes pendientes y su susceptibilidad a la erosión, no permiten usos que alteren la cohesividad y estructura de los suelos. Sin embargo, el área refleja una fuerte alteración por el predominio de la ganadería extensiva en sectores que por su fragilidad, no soportan esta ocupación (32)



9.5 FORMACION PACACUA :

La tercera Unidad que se ubica en el sector es conocida, como Formación Pacacua. Esta se remonta al Terciario y está conformada por materiales sedimentarios tales como conglomerados, areniscas y lutitas tufáceas (33). Ocupa el sector este y sur del cuadrante de Ciudad Colón, prolongándose por el este hasta las vecindades de San Felipe de Alajuelita, con interrupciones locales de aluviones del Cuaternario, sobre los cuales se asientan los poblados de Santa Ana y Escazú. Constituye junto con la Formación Terraba, el límite norte del sector en estudio y conforma no solo el término del relieve denominado por fuertes pendientes, sino que marca la transición hacia áreas más planas compuestas por materiales volcánicos de la Formación Tiribí.

Fisiográficamente esta sección de serranías, mantiene rasgos muy similares con las descritas atrás. Es decir, prevalecen relieves muy ondulados con pendientes de más del 25%. Las divisorias son angostas y la densidad de la red de drenaje va de media a alta (34). El diverso número de quebradas que la drenan, discurren por lechos cortos y profundos valles; que se convierten en verdaderos torrentes en el periodo lluvioso que va de abril a noviembre (35).

De acuerdo a su conformación litológica, estos sustratos no favorecen la infiltración de aguas pluviales y los consecuentes depósitos de aguas subterráneas. Se considera que su permeabilidad es muy baja y que ocasionalmente pueden hallarse materiales del orden de 1 litro por segundo; por lo que de forma tajante se afirma que el agua freática casi no existe en las áreas de lutitas arcillosas (36).

En los sectores como los que se analizan, en donde las lutitas se hallan mezcladas con otras rocas, tales como areniscas, las últimas se constituyen en secciones aisladas en donde es viable el sostener algún cultivo. Pero, generalmente, estas tierras son descartadas debido a su bajo valor agrícola por problemas originados en la baja calidad de los suelos, como resultado de la erosión y del alto grado de escorrentía (37).

* Citas 38 y 39. en páginas 36 y 37.