



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

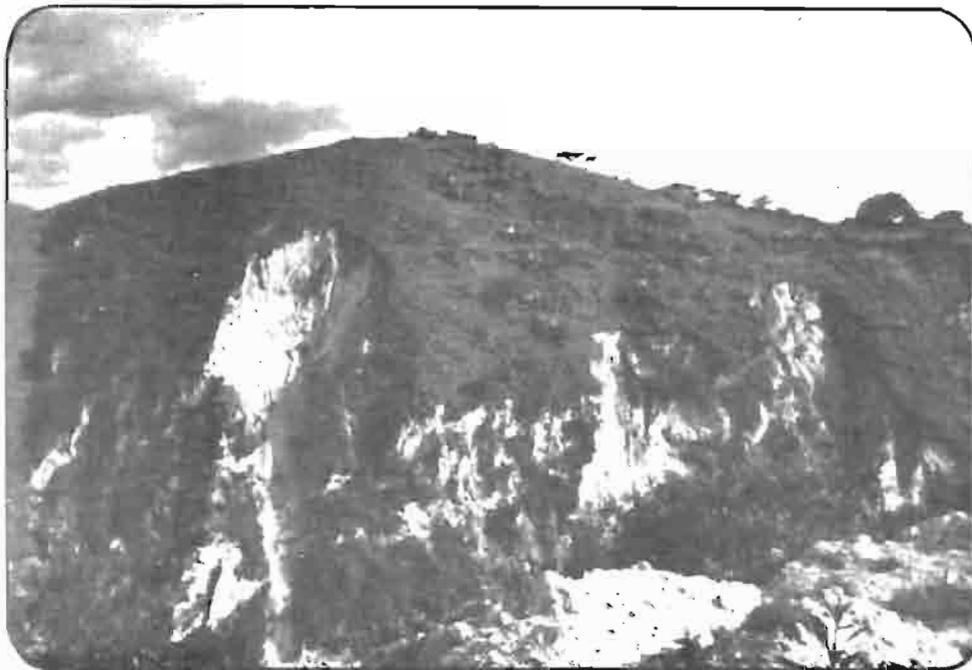
PROGRAMA NACIONAL DE REGIONALIZACION AGRARIA

" PRONAREG "

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVACION DE SUELOS

" PRONACOS "

"LOS PRINCIPALES PROCESOS EROSIVOS EN ECUADOR"



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE MER
ACUERDO MAG-ORSTOM
ORSTOM — Francia



Quito, Febrero 1984.

**LOS PRINCIPALES PROCESOS EROSIVOS EN ECUADOR:
MAPA A ESCALA 1/1000.000, Y SU LEYENDA EXPLICATIVA**

REALIZACION DEL MAPA Y DE LA LEYENDA EXPLICATIVA

- Ing. Agr. Guillermo Almeida L.
Departamento de Geomorfología y Teledetección del PRONAREG.
- Ing. Agr. Germán Trujillo Y.
Departamento de Conservación de Suelos del PRONACOS.

PROYECCION CARTOGRAFICA

- Fotointérprete Patricio de la Torre S.
Departamento de Geomorfología y Teledetección del PRONAREG.
- Fotointérprete Jaime Miranda R.
Departamento de Cartografía y Publicaciones del PRONAREG.

PUBLICACION

- Programa Nacional de Conservación de Suelos (PRONACOS)

TRABAJOS DE MECANOGRAFIA

- Señorita Zoila Ayala G.
Secretaria de la Jefatura Técnica del PRONACOS.

ASESORAMIENTO TECNICO (ORSTOM)

- Georges de Noni
- Jean Francois Nouvelot
- Alain Winckell.

P R E S E N T A C I O N

El Programa Nacional de Conservación de Suelos (PRONACOS), tiene a bien difundir el presente trabajo, el mismo que ha sido factible llevarlo a cabo conjuntamente con el Programa Nacional de Regionalización Agraria (PRONAREG) y la ORSTOM, en base al inventario cartográfico de los recursos naturales renovables que lo vienen realizando éstas dos últimas instituciones.

Cabalmente la creación del Programa Nacional de Conservación de Suelos, en Noviembre de 1981, nos permitió ver la necesidad de contar con un estudio de los factores y formas de erosión en la Sierra volcánica del Ecuador, mediante un análisis cualitativo y cuantitativo de los procesos erosivos existentes; y es así como para este último aspecto procedimos a la implementación de siete parcelas de escorrentía, las mismas que se encuentran ubicadas en diferentes medios edáficos y ecológicos de las Provincias de Pichincha y Cotopaxi.

Este trabajo, que es el primero que se realiza en nuestro país, nos permitió determinar la necesidad de contar con un estudio previo a la erosión, el cual posteriormente en base de proyectos pilotos experimentales, ensayar y recomendar diferentes medidas de conservación de suelos aplicables a nuestro medio. Para llevar a cabo este trabajo de investigación aplicada, ha sido necesario elaborar un proyecto de cooperación técnica entre el PRONACOS, PRONAREG y la ORSTOM de Francia, a más de la ayuda del Programa MAB de la UNESCO.

ING. OSWALDO GUEVARA GUEVARA.

LEYENDA EXPLICATIVA

El estudio de la erosión es una etapa de trabajo indispensable para la implementación de una política de conservación de los suelos. Con esta óptica, se ha elaborado un programa de investigación aplicada con la participación de dos entidades del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador: el Programa Nacional de Conservación de Suelos (PRONACOS), el Programa Nacional de Regionalización Agraria (PRONAREG), y con la asistencia técnica del Centro de Investigación Científica y Técnica de Ultramar de Francia (ORSTOM). Este programa se ha iniciado con la realización del mapa de los principales procesos erosivos en Ecuador. La elaboración de este mapa permite alcanzar los tres objetivos siguientes:

- Delimitar las zonas actualmente erosionadas y aquellas susceptibles a la erosión para visualizar su distribución geográfica sobre el territorio nacional.
- Determinar en cada zona los diferentes tipos de procesos erosivos predominantes.
- Seleccionar las zonas en las cuales la lucha anti-erosiva es prioritaria.

El Ecuador se caracteriza por una gran variedad y riqueza de sus recursos naturales renovables y en particular del recurso suelo. Por esta razón, el Ecuador está considerado como un país eminentemente agrícola. Sin embargo, esta actividad se encuentra en peligro ya que la degradación de los suelos, y consecuentemente del potencial agrícola, constituye uno de los problemas importantes de la agricultura ecuatoriana.

En verdad, el Ecuador ha sido y continúa siendo afectado por numerosos fenómenos erosivos, pues ofrece condiciones naturales y de ocupación de su suelo favorables al desarrollo de la erosión.

I. LAS FUENTES UTILIZADAS

Para tener una visión global sobre la erosión en Ecuador, ha sido necesario recurrir a toda la información que con este fin existe en el seno de PRONAREG. Este Programa, con la colaboración de ORSTOM, ha establecido desde 1974 métodos y técnicas altamente científicos que han permitido inventariar los recursos naturales físicos, humanos y económicos del país.

Los documentos existentes en el PRONAREG y que han sido debidamente consultados son de tipo cartográfico, dentro de los cuales tenemos los siguientes:

- Los mapas de suelos de la Sierra y del Oriente, realizados por el Departamento de Edafología de PRONAREG, a escala 1:50.000 en la Sierra y a 1:500.000 en el Oriente. Sus leyendas han sido elaboradas utilizando el sistema de clasificación de suelos de los Estados Unidos ("Soil Taxonomy" del U.S.D.A). Estos mapas reagrupan los suelos de características similares, e indican para cada uno de ellos informaciones sobre su régimen de humedad y de temperatura, y los principales factores limitantes al aprovechamiento agrícola tales como las pendientes en la Sierra y el exceso de agua en el Oriente.

Además, para algunas áreas de la Sierra, existen mapas de erosión donde están indicados los riesgos erosivos y sobre todo recomendaciones relativas a la protección de los suelos.

- Los mapas de utilización actual del suelo y paisajes vegetales de la Sierra, realizados por el Departamento de Geografía de PRONAREG. Estos mapas muestran por un lado, los diferentes tipos de vegetación natural y artificial, y por otro lado, los diferentes sistemas de tenencia de la tierra en grandes propiedades (haciendas) y pequeñas explotaciones agrícolas (minifundios), la división climática, las zonas irrigadas, y entre otras las zonas erosionadas o en proceso de erosión.

Estos mapas dan como resultado que la erosión sea uno de los cuatro factores fundamentales en que se basa la comprensión de la utilización actual del suelo en la Sierra, conjuntamente con la estructura agraria, el clima y el riego.

- Los mapas de aptitudes agrícolas de la Costa, realizados por el Departamento de Geomorfología y Teledetección de PRONAREG. En la Costa existen también mapas de suelos, a escala 1:200.000 y además mapas geomorfológicos a la misma escala. Sin embargo para nuestro fin, nos hemos interesado en el mapa de aptitudes agrícolas porque sintetiza en conjunto las informaciones contenidas en los mapas anteriormente citados. Este mapa es muy valioso porque recomienda el uso agrícola que se debería dar a las tierras, precisando los factores limitantes del mismo, como es el caso de la erosión. Este documento permite visualizar las zonas actualmente erosionadas y aquellas susceptibles a la erosión.

Toda esta información cartográfica temática fue utilizada con adaptaciones, o sin modificaciones. Por fin, es importante recalcar la ayuda tan valiosa que nos proporcionó, también la utilización de los datos preliminares recolectados sobre las parcelas de escurrimiento, que viene llevando a cabo como una de sus primeras acciones el PRONACOS y ORSTOM. Esta información constituyó un aporte básico para determinar el trazo de las isolíneas de intensidades de precipitaciones (ver Capítulo II).

La leyenda del mapa fue concebida en función de las características de los procesos erosivos (intensidad, procesos dominantes y/o asociados y formas de erosión) por

una parte, y por otra, de las características del medio geográfico (formaciones superficiales, topografía y pendientes y cobertura vegetal). Igualmente se tomó en cuenta el papel fundamental de las precipitaciones particularmente de su intensidad en la dinámica erosiva, la cual está representada en el mapa mediante líneas azules que simbolizan diferentes clases de intensidades en mm/hora durante 30 minutos y que se han superpuesto en las unidades del mapa.

II. LOS FACTORES DE LA EROSION EN ECUADOR

Los agentes climáticos como las precipitaciones y el viento son los factores que crean la erosión. La orografía, las características de las formaciones superficiales y los diferentes tipos de cobertura vegetal, a pesar de tener a veces un papel determinante, son solamente factores condicionantes.

1. Los factores creadores: precipitaciones y viento.

En Ecuador, el factor climático más agresivo y peligroso es la lluvia. Su acción es múltiple, actúa como agente destructor del suelo e igualmente como factor de transporte de las partículas de suelo. Los procesos observados son diversos:

En la Sierra, el papel del agua se caracteriza sobre todo por un desarrollo del escurrimiento que puede ir de difuso a muy concentrado, mientras que en la Costa y en ciertos lugares del Oriente, el agua penetra más profundamente a lo largo del perfil de los suelos y el escurrimiento está acompañado por movimientos en masa de los terrenos.

En forma general, se puede caracterizar las precipitaciones por su altura pluviométrica sobre intervalos de tiempo bastante largos (días, meses o años), expresada en milímetros, y por intensidad que corresponde a la altura pluviométrica caída durante tiempos relativamente cortos (desde unos minutos a varias horas), definida en milímetros por hora. La primera de estas características está más correlacionada con los movimientos en masa que necesitan una acumulación de agua suficiente en el suelo. La segunda representa el agente erosivo preponderante de los procesos de escurrimiento que muchas veces son más generalizados que los anteriores.

Los estudios cuantitativos realizados en la Sierra en parcelas experimentales demuestran claramente las relaciones estrechas entre la erosión del suelo y la intensidad pluvial.

Utilizando los datos pluviográficos de 24 estaciones distribuidas en todo el Ecuador, así como los datos pluviométricos de 25 estaciones equipadas únicamente con un pluviómetro, se pudo determinar para todo el país, isolíneas de máxima intensidad de precipitaciones, en mm/h, durante 30 minutos y de frecuencia mediana; a este valor le llamaremos I / 30.

Las 25 estaciones pluviométricas fueron utilizadas como estaciones de apoyo, pasando de la altura pluviométrica diaria a la intensidad en 30 minutos utilizando una fórmula de tipo:

$$I = 24^{-(\alpha+1)} \cdot t^\alpha \cdot H$$

Siendo: I, la intensidad en mm/h.,
t, el intervalo de tiempo en horas que corresponde a I (en este caso 30 minutos o 0.5 hora),
H, la altura pluviométrica diaria (24 horas), en mm.,
 α , un parámetro de ajuste.

Se puede observar que las isolíneas tienen una orientación Norte-Sur.

- En la zona costera las intensidades $I / 30$, varían de más de 40 mm/h., a más de 70 mm/h., con una gradiente positiva Oeste-Este. Son intensidades que podemos calificar de medias a fuertes. Sobre los suelos arcillosos, cuando la protección vegetal es suficientemente buena y las alturas pluviométricas anuales superiores a 800 mm., se observan sobre todo movimientos en masa.

Si la cobertura vegetal es discontinua como en las zonas secas y semi-áridas o en las zonas cultivadas, la erosión por escurrimiento puede tornarse predominante. Este último proceso es el único en terrenos más arenosos.

- En las estribaciones occidentales de la cordillera a partir de una altitud ubicada entre 500 y 1000 metros, se nota una inversión de la gradiente Oeste-Este de las intensidades que pasan de más de 70 mm/h., a menos de 40 mm/h. Fuera de las zonas colonizadas por el hombre, la protección vegetal del suelo es buena porque la pluviosidad es suficiente.
- En el callejón interandino las intensidades $I / 30$ son generalmente inferiores a 40 mm/h., siendo los valores más fuertes observados en la zona Norte ubicada entre Quito y la frontera con Colombia, y en la región Sur situada entre Loja y la frontera con Perú. Algunos núcleos como la zona de Ambato, la parte Sur de la cuenca de Riobamba y el valle de Santa Isabel, se caracterizan por valores inferiores a 20 mm/h. A pesar de estos valores bastante bajos, el manejo del suelo por el hombre puede acarrear una degradación importante de este recurso vital.
- En las estribaciones orientales de la cordillera tenemos una situación absolutamente simétrica a la observada al Oeste, con una gradiente positiva Oeste-Este y valores que varían de más de 40 mm/h., a 70 mm/h. También aquí, las únicas regiones en peligro son las zonas de colonización.

- La región Amazónica baja (altitud inferior a 400 metros) se caracteriza por una gran homogeneidad en la distribución espacial de las intensidades I / 30 que en todas partes son superiores a los 70 mm/h. Se trata de valores bastante fuertes. Sin embargo, la pluviosidad anual siempre superior a los 2.500mm, asegura una buena protección vegetal del suelo.

En lo que concierne al viento, no se dispone por el momento de datos cuantitativos, sino solamente de observaciones cualitativas de campo. Tiene un papel apreciable, sobre todo en verano en la parte central (Palmira, Cebadas) y Norte (Malchingui) del callejón interandino.

2. Los factores condicionantes: pendientes y formaciones superficiales, cobertura vegetal.

- 2.1. Pendientes y formaciones superficiales

El Ecuador, en su conjunto, presenta una gran diversidad de relieves con una topografía bastante accidentada, que favorece la dinámica erosiva.

- El mayor accidente orográfico del país está constituido por la cordillera de los Andes que atraviesa el país de Norte a Sur. Esta barrera montañosa, cuyo ancho varía de 100 a 200 km, se caracteriza por la presencia de dos cordilleras paralelas con vertientes, externas e internas, abruptas generalmente superiores al 70%. Su parte central está ocupada por una sucesión de cuencas de topografía irregular cuyas pendientes van de suaves a localmente fuertes (0-50%).

- En la Costa se pueden distinguir dos partes, que presentan globalmente una superficie equivalente, y que dividen esta región según una orientación meridiana:

La parte occidental y nor-occidental, presenta relieves altos y moderados constituidos por una morfología predominante de colinas y mesas. Las pendientes varían de medianas a fuertes (25-70%). En esta parte, se encuentran los problemas erosivos mayores de la Costa.

La otra parte se extiende al pie de los Andes, desde Santo Domingo hasta la frontera con Perú. Se trata de una gran planicie, localmente disectada, donde predominan pendientes suaves (0-12%). Esta parte está considerada como una zona con erosión muy localizada y/o insignificante.

- En la cuenca Amazónica, se extiende un mar de colinas en forma de "media-naranja" con pendientes suaves a moderadas (12-40%).

Estas colinas están sustituidas en una parte de la provincia de Pastaza por un relieve tabular con pendientes moderadas a fuertes (25-70%), y localmente en la provincia de Napo por llanuras aluviales (0-5%).

En cuanto a las formaciones superficiales, estas presentan características estructurales y granulométricas particulares según las tres grandes regiones del país:

- En el callejón interandino predominan los materiales volcánicos. Son constituidos en la parte Norte y Central de la Sierra por formaciones arenosas a limo-arcillosas de origen piroclástico. Al Sur, los materiales volcánicos se vuelven rocosos, y aparecen también afloramientos graníticos y metamórficos. En forma general, estas formaciones son sensibles al escurrimiento, asociándose localmente pequeños movimientos en masa. En verano, el viento arrastra las partículas finas a muy finas de los productos piroclásticos.
- En la parte occidental y nor-occidental de la Costa, predominan formaciones arcillosas y areniscas de origen sedimentario. Estas presentan una vulnerabilidad a los movimientos en masa (deslizamientos y gravedad).
- Las formaciones superficiales de la cuenca Amazónica son de origen sedimentario, muy arcillosas como producto de la meteorización. Al igual que las precedentes son sensibles a los movimientos en masa, pero sobre todo a la compactación.
- Por fin, en los flancos exteriores de las dos cordilleras, las pendientes son tan pronunciadas que las formaciones superficiales tienen un papel secundario.

2.2. La cobertura vegetal y el uso actual

La Sierra es la región del país donde la presión del hombre sobre la tierra es la más fuerte. La actividad agrícola es predominante y se caracteriza por una parte por la existencia de cultivos que no dan un buen recubrimiento al suelo, y por otra por la utilización de prácticas agrícolas, bastante inadecuadas, que favorecen la pérdida de tierra cultivable.

- En función de los pisos altitudinales se puede distinguir la siguiente zonificación vegetal.

- . La zona comprendida entre 3.000 y 3.600 m sobre el nivel del mar, está dedicada principalmente a cultivos de papa, cevada y haba. Más arriba de los 3.600 m, se encuentra una formación herbácea natural denominada " páramo ", en donde la especie predominante es la paja (Stipa ichu) que da, al contrario de los cultivos antes mencionados, una buena protección vegetal al suelo.
- . La zona ubicada entre 2.400 y 3.000 metros sobre el nivel del mar es la más densamente poblada. Es el dominio del cultivo de maíz muy vulnerable a los procesos de escurrimiento. En esta zona se encuentran también pastizales naturales y artificiales, localmente sensibles a los movimientos en masa.
- . La zona inferior a los 2.400 metros sobre el nivel del mar se caracteriza por formaciones vegetales naturales, arbórea con ceibos y arbustiva con cactus. La actividad agrícola se encuentra bajo riego (caña de azúcar, hortalizas y frutales).
- La cobertura vegetal de la Costa es mucho más protectora para el suelo a excepción de una pequeña franja del litoral, aproximadamente desde Portoviejo hasta Guayaquil, cubierta por una vegetación xerofítica de escasa a muy escasa.

Sobre las tierras costaneras predomina la siguiente cobertura vegetal:

- . Los pastizales bien repartidos en toda esta región,
- . La arboricultura tropical (cacao, café, banano, palma africana),
- . La policultura de subsistencia: maíz, yuca.....etc.,
- . La vegetación natural arbórea.
- La cuenca Amazónica y los flancos exteriores de las dos cordilleras son los que presentan la cobertura vegetal más densa y protectora del suelo. Sin embargo, este hecho se ha visto perturbado desde hace una década más o menos, por un proceso de colonización agrícola que constituye el inicio del proceso de erosión de los suelos.

En forma general, si se puede considerar que la vegetación natural protege bien al suelo, a contrario se recalcará el papel del hombre en el Ecuador, como un factor condicionante de la erosión porque modifica las características de la cobertura vegetal, empleando pocas prácticas anti-erosivas.

- En las zonas de vocación agrícola tradicional, el hombre emplea prácticas agrícolas generalmente inadecuadas, y aún más con la introducción de maquinaria agrícola sobre los suelos en topografía accidentada acelera los fenómenos erosivos.
- En las zonas agrícolas nuevas, el hombre destruye irracionalmente los bosques, sustituyéndolos por pastizales que están generalmente sobrepastoreados y ubicados en zonas inaptas para esta actividad.

III. LOCALIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LOS PRINCIPALES PROCESOS EROSIVOS ACTUALES Y POTENCIALES.

Tal como lo evidencia el mapa de los principales procesos erosivos del Ecuador, la Sierra es sin duda alguna la región del país más severamente afectada por la erosión. El grado "muy activo" de erosión se halla presente sólo en la Sierra y el grado "activo" ocupa una superficie mucho más importante que en el resto del país. Por el contrario, la intensidad "potencial" es aquí más reducida ya que concierne, en general y localmente, las tierras altas de la Sierra hacia donde se extiende progresivamente el límite de la frontera agrícola.

En la Sierra, a excepción de la zona de Cuenca, el proceso erosivo dominante consiste en el escurrimiento que actúa sólo o asociado con el viento y los movimientos en masa.

En la Costa, la intensidad erosiva predominante es de carácter potencial y se refiere a los movimientos en masa. Es notoria la superficie afectada, pues concierne a toda la mitad occidental de la región.

En caso del Oriente es más particular, ya que la erosión afecta especialmente a las zonas de colonización.

Para el siguiente comentario de los diferentes tipos de procesos, se seguirá el orden de la leyenda, y para cada tipo de proceso se indicarán, en forma general, las precauciones de emergencia para frenar la erosión, válidas tanto para la Sierra como para la Costa.

1. Eólico dominante

La erosión eólica es particularmente espectacular en la Sierra. Sus efectos se manifiestan en la parte volcánica de esta región, a expensas de cenizas de granulometría arenosa fina a areno-limosa. En la Costa, existe también la erosión eólica, en las arenas de origen marino de las playas y acumulaciones litorales, pero su localización es más puntual que en la Sierra.



FOTO 1.- Pequeñas acumulaciones de arena (Rebdous y Nebkas) contra la vegetación en la zona de Guayllabamba-Tabacundo.



FOTO 2.- Yardangs originados por la corrosión eólica en la provincia de Chimborazo (zona de Hualipite, 3.800m).

1.1. Eólico muy activo (punteado)

En la Sierra, este tipo de proceso está relativamente bien representado en la provincia de Chimborazo, y se concentra en la parte Norte de la cuenca de Quito. Aquí, la dirección dominante del viento parece ser E-NE (?). Por sus remolinos ascendientes y/o su resoplido laminar a ras del suelo, afecta tanto las topografías planas de las cuencas como las vertientes que las rodean e incluso las tierras altas de los páramos (3.500 m).

En las zonas de Malchinguí y de Guano - Ilapo, el modelado eólico se caracteriza por las formas de acumulaciones arenosas siguientes: "arrugas", "reb-dous" y "nebkas". Las arrugas son ondulaciones delgadas de arena cuya altura es de alrededor de 1 centímetro, y forman pequeños pliegues en la superficie del suelo. Los "reb-dous" (altura decimétrica) y las "nebkas" (altura métrica) son términos árabes que designan acumulaciones arenosas detenidas por vegetación herbácea y arbustiva (chilcas), respectivamente. Se observan localmente los "yardangs" (término de origen turco), cuya altura es decimétrica y consisten en micro-relieves esculpidos por el viento. Sin embargo, en la región de Palmira los efectos eólicos son los más impresionantes. A los "reb-dous" y "nebkas" se asocian los "barkhanes" que son dunas en forma de media luna de 4 a 5 metros de altura, con un ancho de 10 a 20 m. En ciertos sitios, se puede observar la aproximación de los "barkhanes" provocando una cohesión entre ellos, dando lugar a un nuevo tipo de acumulación llamada dunas transversales; que son grandes pliegues cuya longitud de onda alcanza varias decenas de metros. Los "yardangs" son aquí, igualmente, desmesurados en relación a otras zonas y pueden llegar hasta 1.5 m de altura.

En la Costa, los vientos son de origen marino y transportan la arena a corta distancia. La depositan en forma de dunas, reb-dous y nebkas, en las partes altas que dominan el litoral contra una vegetación constituida por arbustos, cactus y plantas rostreras (salicornias). Estas formas de acumulación progresan hacia el interior a velocidades a veces importantes, como sucede entre Posorja y Playas, donde invaden todas las construcciones ligadas a la actividad turística de los balnearios.

Tanto en la Sierra como en la Costa, los efectos de la erosión eólica son más intensos cuando la cobertura vegetal es inexistente o discontinua, sea por razones climáticas o sea cuando el hombre la destruye y para desarrollar actividades agrícolas.

1.2. Eólico potencial (v)

Este tipo de proceso sólo afecta a la Sierra. Se lo puede observar en las cuencas de Ibarra (Chota), de Quito (Mitad del Mundo, el Quinche, Puembo), en la parte central y meridional de la cuenca de Latacunga y al Sur de la cuenca de Riobamba. El modelado eólico se caracteriza por formas de acumulaciones arenosas mínimas y localizadas, en proceso de formación: "arrugas", "rebdous" y algunas "nebkas".

Conciérne: , esencialmente, dos tipos de zonas:

- Zonas agrícolas donde el suelo ha sido abandonado al descubierto y fragmentado por las labranzas, constituyendo de esta manera una "represa fácil del viento".
- Zonas de vegetación arbustiva (chilcas) y arbórea: (eucaliptos) que por una parte, no constituyen un freno válido para el transporte eólico y, por otra parte, se hallan ubicadas, a menudo, en la dirección del viento.

Precaución de emergencia contra el eólico:

Preveer la plantación de especies vegetales adecuadas a fin de proteger las zonas de ablación y detener las formas de acumulación.

2. Asociación: Esgurrimiento concentrado y removilización eólica

Este tipo de erosión, activo o potencial, es específico de la Sierra.

2.1. Esgurrimiento concentrado y removilización eólica activos (EV sobre fondo gris)

Esta asociación ocupa una superficie importante en la provincia de Cotopaxi (Zumbahua) y en la provincia de Chimborazo (base septentrional del volcán Chimborazo, sectores que rodean las zonas de Riobamba y Palmira). Se localiza por encima de las cuencas (a partir de 3.000 m) en las vertientes que las bordean y en las tierras altas cubiertas de una vegetación discontinua, o cultivos de papas, cereales y habas. A esta altura, el medio morfoclimático es más contrastado y es esto lo que provoca la asociación entre los procesos originados por el esgurrimiento y el viento en los suelos arenosos.

Durante el período lluvioso (octubre-noviembre y febrero-marzo y a bril) domina el escurrimiento concentrado, el cual se halla favorecido; en general por las labores culturales efectuadas en el sentido de la pendiente. Las formas de erosión originadas por este tipo de procesos se analizarán, más detalladamente, en el numeral 3 consagrado al escurrimiento. En el período seco (junio-julio y agosto) el escurrimiento es reemplazado por la erosión eólica donde dominan las formas de tipo "arruga" y "rebdo".

2.2. Escurrimiento concentrado y removilización eólica potencial (ev)

Esta asociación potencial se encuentra en la parte Sureste de la cuenca de Quito y, en particular, nuevamente, en las provincias de Cotopaxi y Chimborazo.

Aunque al inicio presenta una dinámica de formación localizada, esta asociación alcanza una velocidad erosiva notoria en las partes superiores de las vertientes internas de las cordilleras y en las zonas de páramo, hacia donde se extiende la actividad agrícola.

Precauciones de emergencia contra la asociación: eólica-escurrimiento.

Ver las precauciones enumeradas al final de los numerales 1 y 3.

3. Escurrimiento difuso y concentrado dominante

Las zonas afectadas por el escurrimiento se extiende a lo largo de la Sierra. Por el contrario, en la Costa sus efectos se encuentran mucho más localizados y son menos intensos.

3.1. Escurrimiento difuso y concentrado muy activo (rayado vertical).

Sólo existe en la Sierra y en la parte volcánica de esta última: provincia de Cotopaxi, Chimborazo y localmente, Pichincha.

Este tipo de proceso actúa en las vertientes que bordean las cuencas intra-andinas, donde existen las mayores pendientes: 50-100% en promedio, e incluso más en determinados lugares. El suelo ha desaparecido casi completamente y como consecuencia, la actividad agrícola es muy dispersa. Estas vertientes corresponden, actualmente, a una vieja ceniza volcánica endurecida y estéril, de color café-amarillento llamada "cangahua". Sobre esta cangahua crece una vegetación natural herbácea y arbustiva, poco protectora del suelo contra la erosión. En algunas porciones de vertiente se ha plantado eucaliptos, que tampoco constituyen una protección adecuada contra la erosión.

El escurrimiento concentrado es más intenso que el escurrimiento difuso. Se caracteriza por tener formas lineales, pequeños "talwegs" con escorrentía intermitente, y dan la impresión de que la superficie de la vertiente ha sido "arañada".

Se distinguen las "cárcavas" y las "quebradillas" cuya profundidad varía respectivamente desde un decímetro a un metro, e incluso existen algunas "quebradas" de varios metros de profundidad. En la cangahua dura domina la profundización vertical y estas formas lineales presentan un perfil transversal generalmente en V.

La situación erosiva, muy activa, de estas vertientes es significativa: actualmente es irreversible por cuanto el suelo ha desaparecido y las vertientes han sido abandonadas a los efectos de la erosión. Es necesario tomar medidas energéticas y urgentes en los casos en los cuales este tipo de proceso tenga por el momento una intensidad de activa a potencial.

3.2. Escurrimiento difuso y concentrado activo: (E sobre el fondo gris).

Afecta tanto a la Sierra como a la Costa. En la Sierra, el escurrimiento difuso se encuentra siempre asociado al escurrimiento concentrado, este último releva al primero cuando aumenta la pendiente y en la medida que las alturas pluviométricas lo permitan. En función de los estudios efectuados en parcelas, la intensidad mínima de lluvia que puede originar el escurrimiento es de 10-15 mm/h. Este tipo de proceso se localiza, de un modo puntual, en el contorno de las cuencas de Latacunga e Ibarra y, en particular, en Chimborazo y la parte meridional de la Sierra (Nabón, Saraguro, Santa Isabel y Loja). Como en el caso anterior, los relieves afectados por el escurrimiento son las vertientes que rodean las cuencas, pero sobre pendientes menos pronunciadas (10-70%). Están cubiertos por una vegetación natural herbácea y arbustiva discontinua y densamente ocupados por una pequeña agricultura. (en función de la altura: cereales, tubérculos y leguminosas).

El fondo de las cuencas puede ser afectado también por el escurrimiento cuando presentan un modelado ondulado en colinas.

Las partes superiores y las partes concavas de las vertientes serranas están afectadas por el escurrimiento difuso, desde alrededor del 10% hasta el 20% de pendientes. Los efectos morfogenéticos del escurrimiento difuso son difíciles de precisar ya que son casi imperceptibles a la observación. Actúan en forma de hilos de agua que tienen una tendencia a anastomosarse y que, como no pueden rasgar la superficie del suelo, se contentan con "barrerla". Por ejemplo, en las tierras negras de la provincia de Chimborazo, comprendidas entre el volcán del mismo nombre y la cuenca de Riobamba, estos efectos se traducen por un aclaramiento imperceptible del color del suelo, debido a la aparición de zonas blanquecinas que dan un color de mármol al paisaje.



FOTO 3.- Efectos del escurrimiento difuso en el Valle de los Chillos con la presencia, localmente de pequeñas áreas sin vegetación.



FOTO 4.- Esgurrimiento concentrado y muy concentrado -quebradas, quebradillas y surcos en la vertiente occidental de la hoya de Latazunga.

Localmente, se pueden observar concentraciones de piedras que los hilos de agua no han podido movilizar. Sin embargo, este tipo de escurrimiento es digno de tomarse en cuenta ya que significa que la erosión ha comenzado. Cuando los hilos de agua logran rasgar la superficie del suelo (pendientes > al 20%), se pasa a las formas lineales del escurrimiento concentrado: surcos, cuya profundidad es de unos centímetros, cárcavas y quebradillas. Los trabajos de labranza hacen desaparecer, en forma momentánea, los surcos; por el contrario, las cárcavas y las quebradillas no son, a menudo, recuperables para el cultivo dada su profundidad.

En función de la resistencia del suelo (cohesión y granulometría), las formas del escurrimiento concentrado pueden presentar un perfil transversal en U o en V.

En la Sierra volcánica desde la cuenca de Tulcán hasta la de Alausí, los cortes del terreno evidencian formaciones piroclásticas (cenizas polvorientas, arenas, piedras pómez) que fosilizan la cangahua. El escurrimiento concentrado (surcos, cárcavas, quebradillas) corta en forma de U los piroclastos: por una parte, por la profundización vertical, y por otra el ensanchamiento que sufren los taludes por micro-derrumbamientos.

Cuando el corte llega a la cangahua más dura, la profundización vertical es predominante y el perfil transversal es en V.

En el Sur del país, desde Santa Isabel hasta Loja y Macará, aunque el material ya no sea de origen volcánico, se observa el mismo tipo de dinámica en función de la resistencia de las formaciones litológicas: rocas volcano-sedimentarias y cristalinas coherentes de la cordillera y rocas sedimentarias detríticas más blandas de las cuencas.

En la Costa, aunque el escurrimiento difuso esté igualmente asociado al "concentrado", reviste una importancia particular. Estos procesos se localizan esencialmente en dos tipos de zonas:

- la gran zona algodonera de Pedro Carbo.
- toda la franja Sur de la Península de Santa Elena.

Estas zonas se caracterizan por relieves generalmente suaves (pendientes inferiores al 40%) y por formaciones superficiales similares, predominantemente arenosas a limosas, localmente con un fuerte porcentaje de gravas y piedras al Sur.

Estas formaciones, sin coherencia interna, se hallan expuestas desde la iniciación de la estación de lluvias a un fuerte escurrimiento difuso que se traduce por una desaparición de las capas blandas de las superficies de las colinas, y por la formación de acumulaciones de tierra en las zonas bajas, y en los interfluvios.

En ciertos casos extremos, aguaceros muy violentos o suelos particularmente descubiertos, se observa una concentración de la escorrentía y la formación de quebradillas y cárcavas.

Tanto en la Sierra como en la Costa, estos procesos se ven favorecidos por una parte por la existencia de una cobertura vegetal (herbácea y arbustiva) insuficiente y, por otra por las prácticas agrícolas de los campesinos, que dejan el suelo labrado al descubierto en espera de la época de siembra: algodón en la Costa, cereales, tubérculos y leguminosas en la Sierra.

3.3. Ecurrimiento difuso y concentrado potencial (e)

Estas zonas poseen características similares a las precedentes, pero los fenómenos erosivos presentan un riesgo potencial.

- En la Sierra, se localizan en las cuencas de Quito, Ibarra y en todo el sur de esta región. Hay que concentrar la atención, de un modo particular, en los sectores donde se practica una agricultura, ya sea tradicional o mecanizada, en el sentido de la pendiente. Hay que señalar, igualmente, el papel depredador de la ganadería ovina y caprina, cuyos rebaños son apreciables y que dejan el suelo sin protección vegetal.
- En lo que concierne a la Costa, la principal causa para la existencia de estos riesgos se debe a la cantidad insuficiente de precipitaciones, cuya consecuencia es una cobertura vegetal que no proporciona una buena protección a los suelos.

Estas zonas potenciales se localizan en la parte subdesértica y desértica de la Península, así también en zonas más húmedas tales como: extremo Sur de la parte costera, Isla Purá, parte N y NW de la Península de Santa Elena, región de Manta-Puerto Cayo, alrededor de Pedernales y de Montalvo.

Precauciones de emergencia contra el escurrimiento difuso y concentrado

Es aconsejable mejorar la cobertura vegetal del suelo, mediante:

- la utilización de plantas de cobertura destinadas a proteger el suelo descubierta, en particular cuando está sembrado de maíz y algodón.
- la protección de la vegetación natural, regulando el pastoreo extensivo de cabras, ovejas y bovinos.

4. El escurrimiento muy concentrado (rayado horizontal)

Se ubica exclusivamente en la parte volcánica de la Sierra y más exactamente: en

particular en las cuencas de Ibarra y de Quito, y de una forma más localizada en las cuencas de Latacunga y Riobamba. La forma característica de este escurrimiento concentrado es la quebrada con paredes cubiertas de vegetación, perfil transversal en V, varias decenas de metros de profundidad y una esorrentía muy intermitente. De hecho, se trata de una erosión geológica cuyos efectos morfogenéticos han terminado (fin del terciario-cuaternario?). Por esta razón fue citado, entre paréntesis, en la columna "muy activo" de la leyenda: actuales o posados. En el estado actual de nuestros conocimientos, nos es difícil precisar una causa para esta erosión geológica: tectónica tardía, deshielo de las nieves por erupciones volcánicas y/o calentamiento climático. Sin embargo, este tipo de escurrimiento ha sido representado porque se trata de una forma de erosión que ocupa una superficie apreciable a escala de toda la Sierra.

5. Movimientos en masa dominantes

No son muy representativos de la situación erosiva de la Sierra. Esta dinámica es más típica de la Costa.

5.1. Movimientos en masa activos (M sobre fondo gris)

- En la Sierra se localizan exclusivamente en la zona de Cuenca sobre relieves colinados y suelos arcillosos cubiertos de pastizales. El perfil topográfico de las vertientes es irregular a causa de las lupas y de los nichos de soliflucción.
- En la Costa afectan a zonas muy poco extendidas como la depresión Jijapa-Portoviejo, la parte Norte de la cuenca de Chone-Eloy Alfaro y los flancos del valle encañonados del río Esmeraldas. Todas estas regiones tienen en común relieves bastante fuertes (pendientes $\geq 40\%$) desarrollados en un substrato arcilloso y recubiertos de suelos muy arcillosos profundos, ubicándose en zonas climáticas más húmedas que las anteriores, sobre todo en la parte Norte de la Costa.

Así, en el transcurso de la estación lluviosa o después de lluvias intensas, estos suelos saturados de agua pueden sobrepasar el límite de plasticidad, luego el de liquidez y fluir sobre las vertientes. Las formas que abundan son: "vertientes aborregadas", simples golpes de cuchara, roturas por desgarramiento, lupas de soliflucción, etc., algunas de las cuales pueden alcanzar dimensiones hectométricas como en la zona de Chone-Eloy Alfaro.

Estos fenómenos presentan una actividad creciente en todas las zonas cubiertas por pastizales donde el pisoteo de los bovinos en las pendientes, a veces pronunciadas, favorecen el desencadenamiento y acentúa la amplitud de los fenómenos. No es raro encontrar localmente verdaderos deslizamientos de vertientes enteras a nivel del contacto rocas-formaciones superficiales.

5.2. Movimientos en masa potenciales (m)

- En la Sierra son aún muy reducidos. Corresponden a una sola zona situada en el extremo Norte de la ciudad de Cuenca.
- En la Costa se localizan esencialmente en los relieves bajos arcillosos de las partes centrales, meridionales y orientales de las Provincias de Manabí y Esmeraldas: zonas de Pedernales-Muisne, Punta Galera-Esmeraldas, Río Verde.

Estas zonas presentan características muy similares a la categoría precedente y se hallan afectadas por el mismo tipo de fenómenos ya sea muy localizados, ya sea poco activos.

Existen varias razones:

- las pendientes menos pronunciadas sobrepasan raramente el 40%;
- con excepción de la parte Sur y Sureste de la provincia de Esmeraldas, éstas se sitúan en las regiones menos húmedas de la categoría precedente;
- la cobertura vegetal brinda aún una buena protección. Se trata localmente del bosque tropical húmedo en la parte Norte de la Costa, pero sobre todo de una asociación de arboricultura tropical (café, cacao bajo sombra, cítricos, banano), pastizales y cultivos diversos de subsistencia con predominancia de maíz.

En cuanto a este tema, cabe anotar que algunos de estos sectores, hasta hoy poco afectados, son objeto de una valorización agrícola reciente: algodón en el contorno Sur de la cuenca de Chone y cultivos diversos en la cuenca de Jipijapa. Cuando el suelo está al descubierto, como es el caso del algodón y del maíz al inicio de la estación lluviosa, las escorrentías superficiales concentradas sustituyen aún a los movimientos en masa; formándose entonces, las quebradas y quebradillas de dimensiones métricas.

Precauciones de emergencia contra los movimientos en masa .

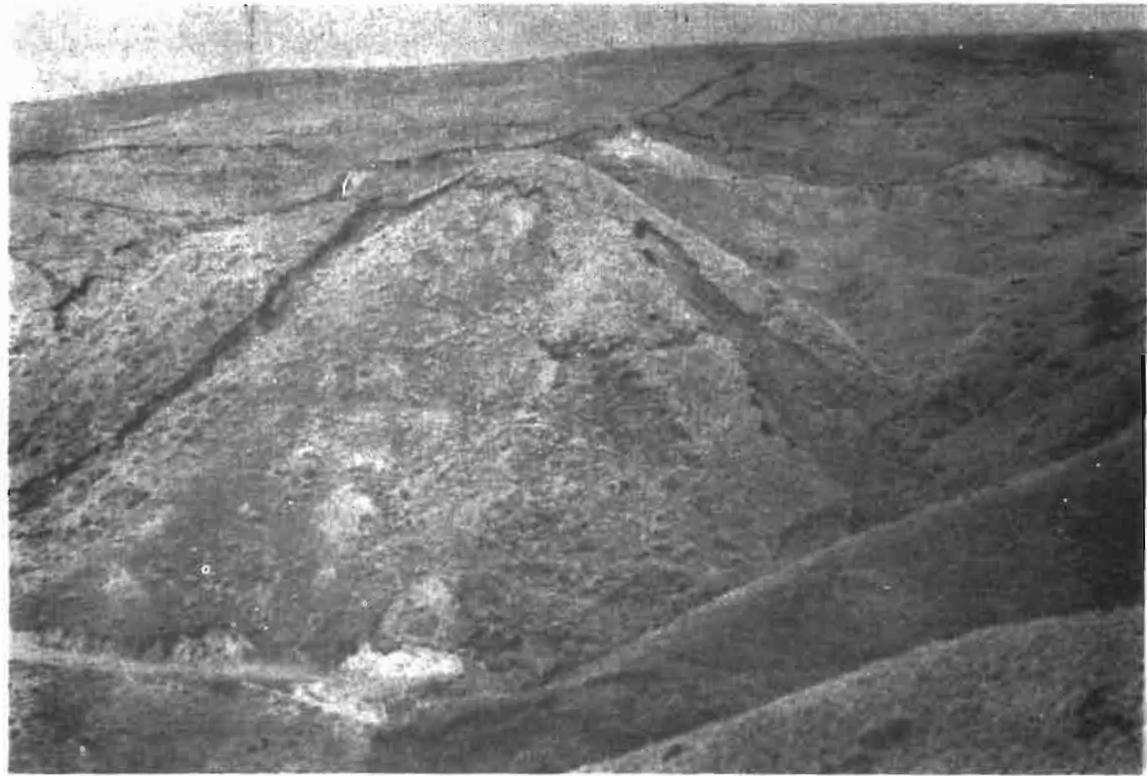


FOTO 5.- Movimientos en masa por deslizamientos y gravedad en los páramos de Guangaje y Zumbahua.



FOTO 6.- Vertientes irregulares con lupas y nichos de soliflución en la zona de Cuenca.

Velar para no provocar el desencadenamiento o la exageración de estos movimientos, sobre todo en la estación lluviosa, cuando las vertientes arcillosas saturadas de agua son particularmente inestables; Así:

- manteniendo una cobertura vegetal adecuada,
- vigilando la carga de ganado por hectárea,
- favoreciendo la esorrentía pluvial de las aguas antes que su infiltración.

6. Asociación: movimientos en masa, deslizamientos y gravedad potenciales (mgd)

Afectan a un conjunto bastante extenso de zonas ubicadas en las provincias de Esmeraldas y Manabí, constituyen relieves arcillosos de pendientes fuertes a muy fuertes ($>70\%$) o superficies tabulares más o menos disectadas, o sea en vía de destrucción.

En razón de la buena protección del suelo proporcionada por una cobertura vegetal forestal o una arboricultura potencial (café, cacao, cítricos, banano, a menudo bajo sombra), los fenómenos pueden ser considerados únicamente como potenciales. Las únicas zonas actualmente afectadas son los pastizales y las zonas de cultivos, pero de manera muy localizada.

Los fenómenos observados comunmente son típicos de los movimientos en masa superficiales y profundos: golpes de cuchara, roturas de desgarramientos, lupas de solifluxión, a los cuales, en razón de las pendientes más fuertes, se asocian los movimientos típicos de gravedad: derrumbes, deslizamientos en planchas, etc., que se producen al contacto roca-madre/alteración del suelo. Estos pueden producirse todo el año, pues son zonas donde reina una humedad constante, son más numerosos y activos durante la estación lluviosa que favorece luego un escurrimiento concentrado cuyo punto de partida son las múltiples roturas ocasionadas por los movimientos en masa.

Precauciones de emergencia contra la asociación de los movimientos en masa, de los deslizamientos y de la gravedad.

Idénticas a aquellas enumeradas en el numeral 5, con la prohibición total de deforestación en pendientes superiores al 70%.

7. Asociación movimientos en masa y gravedad potenciales (mg)

Esta categoría agrupa zonas bastante heterogéneas caracterizadas sobre todo por relieves pronunciados y pendientes superiores al 70% - 100%. Los suelos también son heterogéneos ya que las profundas alteraciones arcillosas a limo-arcillosas lindan con suelos pedregosos y afloramientos rocosos.

La pendiente, factor unificador, explica el origen de la gravedad de todos los movimientos observados actualmente, desprendimientos, derrumbes, etc., los cuales se hallan asociados, evidentemente, a fenómenos de otro origen: movimientos en masa y escurrimiento, pero casi siempre los primeros constituyen el punto de partida del proceso morfodinámico actual.

Felizmente estas zonas, de un potencial agrícola débil o nulo, en razón de las pendientes, se benefician por una protección forestal que impide el desarrollo catastrófico de los procesos. Estos últimos solo se producen en una franja costera, en regiones más secas con una cobertura forestal discontinua (alrededores de Puerto López y entre Bahía de Caráquez y Jama), donde se puede llegar a una transformación irreversible de ciertos sectores (Suroeste de Manta).

Precauciones de emergencia contra la asociación de los movimientos en masa y de gravedad.

Prohibición absoluta de desmontar y, de ser posible, reiniciar la reforestación de las zonas más afectadas ya que sólo la cobertura forestal aporta una protección satisfactoria.

8. Asociación: movimientos en masa y escurrimiento

Esta asociación puede ser muy activa, activa y potencial en la Sierra. En la Costa es únicamente potencial.

8.1. Movimientos en masa y escurrimiento muy activos (rayado inclinado)

Se localizan en la provincia de Carchi (Bolívar, La Paz), en la parte oriental de la gran cuenca de Quito (desde Cayambe hasta Machachi) y localmente en la provincia de Chimborazo (Sur de Riobamba y zonas de Alausí).

El perfil de las vertientes afectado por este proceso es irregular y la pendiente va desde 15 a 20 % . Se presentan en forma de grandes gradas, cuyo desnivel es métrico (hasta 3-5 metros). Las formas lineales del escurrimiento han provocado, en la actualidad, una erosión fuerte de estas gradas. La vegetación característica es natural herbácea discontinua, localmente arbustiva y, sirve de pastizal extensivo.

Esta forma de erosión se desarrolla a causa de formaciones litológicas caracterizadas por una discontinuidad textural de poca profundidad (60-80cm) entre una formación superficial arcillosa, susceptible a los movimientos en masa, que se encuentra sobre una formación con insuficiencia en arcilla y sensible al escurrimiento. Por ejemplo en la Sierra volcánica, una ceniza negra arcillosa fosiliza la cangahua. Esta ceniza se ve afectada por los movimientos en masa

que tiene como consecuencia la formación de abruptos de erosión por cizallamiento en la superficie de las vertientes, y cuya desnivelación relativa aumenta progresivamente por efecto del escurrimiento.

Esta asociación muy activa de procesos se caracteriza, actualmente, por la predominancia del escurrimiento sobre los movimientos en masa. Los suelos arcillosos tienden a desaparecer progresivamente.

8.2. Movimientos en masa y escurrimiento activos (ME sobre fondo gris)

Localmente se los encuentra en la provincia de Cotopaxi (subida a los páramos de Zumbahua) y de una manera más generalizada en el Sureste de la ciudad de Cuenca alternando con los movimientos en masa predominantes.

Las zonas afectadas por estos tipos de procesos presentan características muy similares a aquellas analizadas anteriormente. La intensidad de la erosión es allí un poco menos activa y el perfil de estas vertientes menos irregular. Los abruptos de erosión presentan, en general, desnivelaciones centimétricas, hasta métricas localmente. El escurrimiento ya no predomina. En general, las vertientes están ocupadas por pastizales (naturales y artificiales) y por cultivos irrigados.

8.3. Movimientos en masa y escurrimiento concentrado potenciales (me)

En esta categoría se incluyen tanto la Sierra como la Costa.

- En la Sierra, los riesgos localizados engendrados por estos procesos son particularmente sensibles en las zonas de pastizales y de cultivos irrigados. La sobrecarga animal y la saturación del suelo por abuso del agua de irrigación favorecen el cizallamiento de la capa arcillosa superficial en las vertientes y el inicio de los efectos del escurrimiento.
- En la Costa, se trata de una zona típica de transición en la cual los relieves son muy variables y se hallan cubiertos de suelos limo-arcillosos y arcillosos, localmente pedregosos. Una de las características importantes proviene de su localización a menudo intermedia entre las zonas húmedas con cobertura nubosa importante y las zonas secas de vegetación discontinua. Se encuentran los dos grupos de fenómenos erosivos siguientes, de igual importancia:
 - Movimientos en masa superficiales (tipo clase 5) que se manifiestan por medio de golpes de cuchara, vertientes irregulares y lupas de soliflucción. Son frecuentemente poco erosivos, muy localizados y se producen a menudo durante la estación lluviosa.



FOTO 7.- Taludes de erosión originados por los efectos conjuntos de los movimientos en masa con el escurrimiento en las afueras de Quito.



FOTO 8.- Inicio del proceso de empobrecimiento físico-químico de los suelos en la región amazónica con la tala de la selva.

Escurrimiento difuso y luego concentrado (clase 3) que ocasiona sobre todo una erosión superficial en láminas, luego en surcos y cárcavas nacientes y de pequeña dimensión. Son mayormente activos en las zonas con cobertura vegetal discontinua y al inicio de la estación lluviosa antes que la cobertura se reinstale.

Precauciones de emergencia contra la asociación de los movimientos en masa y del escurrimiento.

Proporcionar una buena protección al suelo, ya sea mediante el respeto a la cobertura vegetal natural, o gracias a una agricultura apropiada para evitar tanto el escurrimiento al inicio de la estación lluviosa, como los movimientos en masa posteriores.

9. Empobrecimiento físico-químico de los suelos dominante (og) y en asociación con los movimientos en masa (ogm).

Estos dos tipos de procesos afectan sobre todo al Oriente. Considerando la problemática erosiva particular de esta región, su análisis se ha agrupado en este mismo numeral.

La región Amazónica, en sus condiciones naturales, es una zona poco susceptible a la erosión. Aunque las alturas pluviométricas y las intensidades de las precipitaciones sean elevadas, la vegetación arbórea densa constituye una pantalla eficaz contra la erosión.

Las gotas de lluvia son interceptadas por las hojas de los árboles, sucesivamente a diferentes alturas. Su energía cinética disminuye considerablemente y tiene menos vigor para atacar al suelo.

La zona más vulnerable es sin ninguna duda el gran relieve tabular (mesa) de la provincia de Pastaza, que se abre en abanico desde Puyo en dirección hacia el Este, correspondiendo más o menos la curva de nivel de los 250-300 m.s.n.m.

La cornisa que la bordean y los lugares de su superficie más disectados, menos protegidos por la vegetación, son sensibles a los movimientos en masa por deslizamientos y gravedad. Esta dinámica erosiva es similar a aquella de las mesas de la Costa (ver numeral 6).

Sin embargo, la situación erosiva del Oriente es muy diferente cuando la selva ha sido reemplazada por la agricultura. Desde hace más de 10 años, los colonos tratan de sustituir la selva por los cultivos. No logran su propósito y son los culpables de una degradación ecológica de esta región, de consecuencias erosivas evidentes. Esta erosión amazónica es un fenómeno relativamente reciente y por esto, lo hemos ubicado en la leyenda en la mitad de las columnas "activo" y "potencial".

En el campo (a lo largo del eje Puyo-Baeza-Lago Agrio-Coca), la erosión se traduce por un empobrecimiento físico-químico de los suelos arcillosos, debido a los fenómenos de oxi-reducción en los primeros centímetros de los perfiles.

El principal agente es el pisoteo del ganado que deja pequeñas huellas centimétricas del tamaño de sus cascos, reteniendo el agua y asfixiando el suelo. Este tipo de proceso (og) domina en las superficies planas. En las colinas, cuyas pendientes pueden llegar al 40%, el empobrecimiento físico-químico de los suelos se asocia a los movimientos en masa (ogm) en forma de terracillas que pueden evolucionar localmente como deslizamientos.

Precauciones de emergencia contra el empobrecimiento físico-químico de los suelos, dominante y en asociación con los movimientos en masa.

En este caso, es imperativo:

- Conservar la cobertura vegetal de los árboles más altos,
- evitar la sobrecarga animal,
- favorecer el drenaje de los suelos.

10. Procesos indiferenciados.

Pueden ser activos o potenciales, sin embargo, estas dos unidades no se caracterizan verdaderamente por fenómenos erosivos homogéneos, ya que se trata en primer lugar de simples delimitaciones de carácter fisiográfico o geográfico regional. En efecto, en lo que se refiere a los flancos exteriores de la Sierra (entre 500-1000m y 4000-4500 m.s.n.m.) los conocimientos son aún fragmentados, debido a:

- Las dificultades de acceso,
- la ausencia de ordenamiento agrícola,
- las coberturas cartográficas y fotográficas incompletas.

Por estas razones hemos preferido distinguir en este conjunto solamente dos unidades:

- Para "activo" (c sobre fondo gris), se citan las partes de los flancos de la Cordillera donde se localiza una actividad agrícola importante. Se trata de zonas tradicionales a un lado y otro de los ejes de comunicación, o también zonas en vía de colonización. La agricultura es allí normalmente diversificada: bosque con arboricultura bajo sombra, pastizales y cultivos de subsistencia.

A menudo, los primeros desmontes se efectúan en los sectores de débiles pendientes (terrazas, glacia, planicies) pero progresan rápidamente hacia zonas más desfavorecidas y de pendientes más fuertes. Los riesgos son entonces grandes y los fenómenos se desencadenan rápidamente: movimientos en masa

en suelos volcánicos, arcillosos, escurrimiento difuso y concentrado en suelos arenosos y limosos de origen granítico, movimientos de gravedad de las pendientes más fuertes.

- Para "potencial" (pequeños círculos), se trata del medio natural forestal, el climax, que aún no ha sido tocado por el hombre. Los relieves son muy fuertes (en general pendientes abruptas $> 70-100\%$) y los suelos profundos (dominados esencialmente de cenizas volcánicas en la parte Norte, que alternan con afloramientos rocosos).

Es un medio en equilibrio, pero muy frágil. .. Una ruptura de este equilibrio (desmonte exagerado, fuertes precipitaciones como durante el invierno 82-83) tiene consecuencias catastróficas sobre las vertientes inestables, como deslizamientos de las tierras, erosión lineal, etc....., y repercusiones hasta la parte baja de la planicie costera de la cual constituyen las cuencas vertientes.

Globalmente se trata de zonas poco afectadas.

Precauciones de emergencia en los flancos exteriores de las dos cordilleras.

Los problemas son diversos y necesitan estudios puntuales y localizados. En una primera aproximación, es necesario:

- Mantener la cobertura vegetal en las pendientes mayores al 70%.
- Desmontar con circunspección las otras zonas, cuyo equilibrio es a veces muy inestable.

En conclusión, recalcaremos que el hecho de contar con una visión de conjunto de la erosión en un país es un paso inicial indispensable, antes de definir políticas de conservación de los suelos.

En el Ecuador y en la Sierra en particular, el problema erosivo (actual y potencial) reviste una amplitud tal, que era urgente tener un conocimiento de éste a nivel de todo el país. Este objetivo ha sido alcanzado y se ha concretizado por la realización de un mapa a escala 1:1'000.000, de los principales procesos erosivos en el Ecuador.

Ahora, se abre una nueva etapa de trabajo, utilizando este mapa con el fin de determinar políticas y prioridades nacionales en materia de conservación de suelos. Esta determinación se efectuará, particularmente, mediante la selección de proyectos pilotos en los que se realizarán investigaciones y experimentaciones sobre la erosión y las prácticas de conservación de suelos, que lo llevarán a cabo el Programa Nacional de Conservación de Suelos, la ORSTOM, y el Programa Nacional de Regionalización Agraria.

SUPERFICIES Y PORCENTAJES ESTIMADOS OCUPADOS POR CADA CLASE DE INTENSIDAD DE LOS PROCESOS EROSIVOS EN RELACION CON LA SUPERFICIE DEL ECUADOR

PROCESOS	EROSIVOS	INTENSIDAD DE LOS PROCESOS					
		Muy activos		Activos		Potenciales	
		Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Dominantes	Asociados						
Eólico	Sin	540	0.21			525	0.20
Escorrimento concentrado	Removilización eólica			850	0.33	1190	0.46
Escorrimento difuso y concentrado	Sin	400	0.16	4140	1.61	8980	3.48
Escorrimento muy concentrado		2010	0.78				
Movimientos en Masa					2670	1.04	5600
	Deslizamientos y gravedad					17080	6.60
	Gravedad					9710	3.77
	Escorrimento	380	0.15	520	0.20	5040	1.95
Empobrecimiento físico-químico de los suelos	Sin					4200 Km ² * 1.62 %	
	Movimientos en masa					3840 Km ² * 1.48 %	
Procesos indiferenciados en los flancos externos de la Sierra				11620	4.52	44260	17.17

* Asociación activos y potenciales

CUADRO RESUMIDO

Intensidad de los procesos	Superficies (Km ²) estimadas afectadas por procesos erosivos	Porcentajes estimados en relación a superficie total afectada por procesos erosivos	Porcentajes estimados en relación con la superficie del Ecuador
Muy Activos	3330	2.7	1.3
Activos	19800	16.0	7.7
Activos y potenciales	92385	6.5	3.1
Potenciales	8040	74.8	35.8
T O T A L	123555	100	47.9

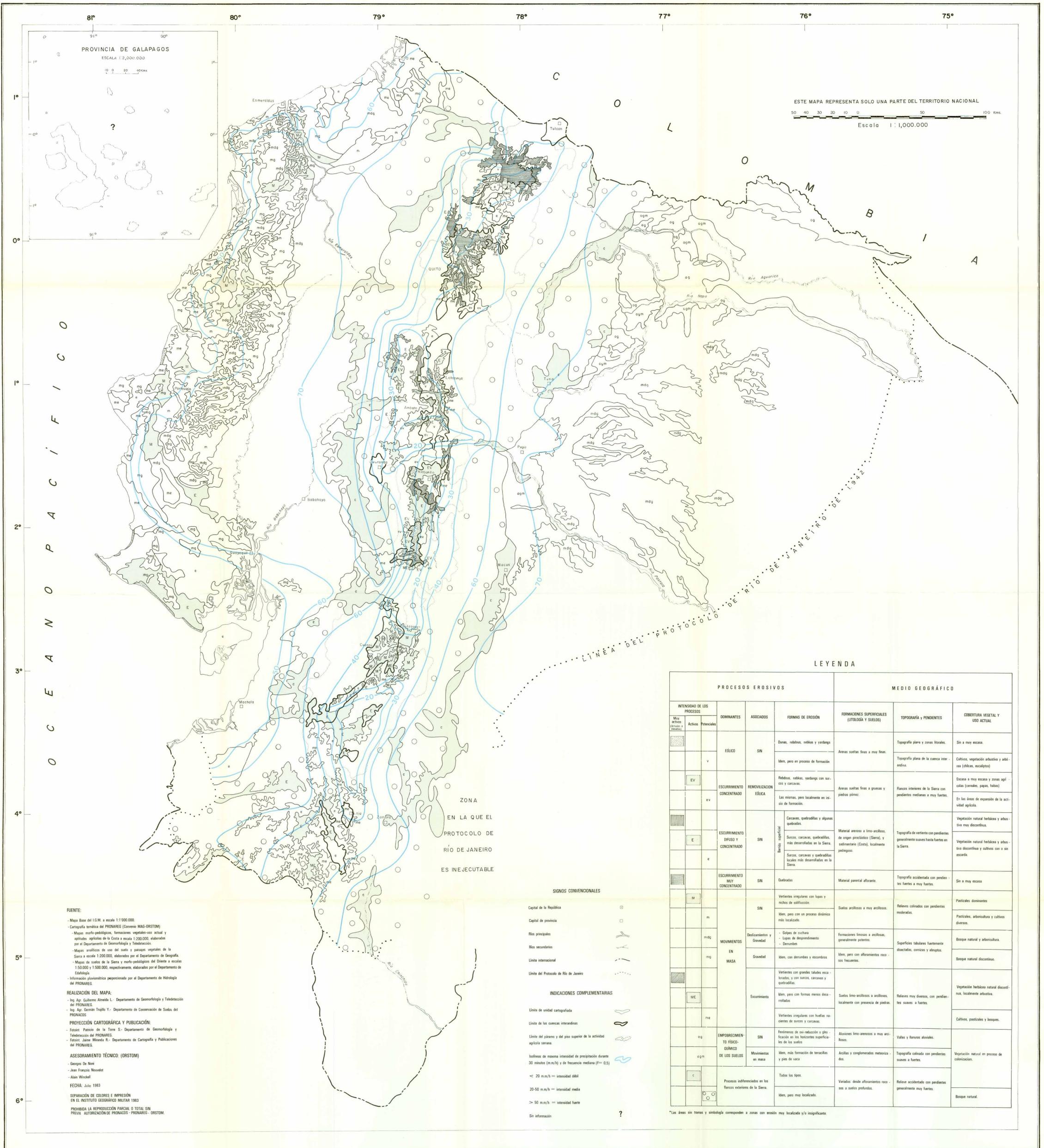
NOTA: Las áreas afectadas y que pueden ser afectadas por la erosión, corresponden al 47.9% de la superficie del país. Se puede considerar que la erosión actual corresponde a las clases de intensidad erosiva, muy activos, activos, y a la asociación activos y potenciales, o sea al 12.1% de la superficie del país que se ubican ante todo en las zonas agrícolas de la Sierra. Los 35.8% sobrantes son, pues, potenciales y se encuentran, esencialmente, en la Costa y en los flancos exteriores de la Sierra.

I N D I C E

PAGINA

INTRODUCCION	4
I. LAS FUENTES UTILIZADAS	4
II. LOS FACTORES DE LA EROSION EN ECUADOR	6
1. Los factores creadores: precipitaciones y viento	6
2. Los factores condicionantes: pendientes, formaciones superficiales y cobertura vegetal	8
III. LOCALIZACION Y DIAGNOSTICO DE LOS PRINCIPALES PROCESOS EROSIVOS ACTUALES Y POTENCIALES	11
1. Eólico dominante	11
2. Asociación: escurrimiento concentrado y removilización eólico	14
3. Escurrimiento difuso y concentrado dominante	15
4. Escurrimiento muy concentrado	19
5. Movimientos en masa dominantes	20
6. Asociación: movimientos en masa, deslizamientos y gravedad potenciales	23
7. Asociación: movimientos en masa y gravedad potenciales	23
8. Asociación: movimientos en masa y escurrimiento	24
9. Asociación: empobrecimiento físico-químico y movimientos en masa	27
10. Procesos indiferenciados	28
CONCLUSION	29
Cuadros Síntesis	30

MAPA PRELIMINAR



FUENTE:
- Mapa Base del I.G.M. a escala 1:1.000.000.
- Cartografía temática del PRONAREG (Convênio MAG-ORSTOM).
- Mapas morfopedológicos, formaciones vegetales-uso actual y aptitudes agrícolas de la Costa a escala 1:200.000, elaborados por el Departamento de Geomorfología y Teledetección.
- Mapas analticos de uso del suelo y paisajes vegetales de la Sierra a escala 1:200.000, elaborados por el Departamento de Geografía.
- Mapas de suelos de la Sierra y morfopedológicos del Oriente a escalas 1:50.000 y 1:500.000, respectivamente, elaborados por el Departamento de Edafología.
- Información pluviométrica proporcionada por el Departamento de Hidrología del PRONAREG.

REALIZACIÓN DEL MAPA:
- Ing. Agr. Guillermo Almeida L. - Departamento de Geomorfología y Teledetección del PRONAREG.
- Ing. Agr. Germán Trujillo Y. - Departamento de Conservación de Suelos del PRONAREG.

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA Y PUBLICACIÓN:
- Fotom. Pantoja de la Torre S. - Departamento de Geomorfología y Teledetección del PRONAREG.
- Fotom. Jaime Miranda R. - Departamento de Cartografía y Publicaciones del PRONAREG.

ASESORAMIENTO TÉCNICO: (ORSTOM)
- Georges De Noni
- Jean François Nouvelot
- Alain Winckel

FECHA: Julio 1983

SEPARACIÓN DE COLORES E IMPRESIÓN
EN EL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR 1983

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN
PREVIA AUTORIZACIÓN DE PRONACOS - PRONAREG - ORSTOM.

SIGNOS CONVENCIONALES

Capital de la República □
Capital de provincia □
Ríos principales —
Ríos secundarios —
Límite internacional —
Límite del Protocolo de Río de Janeiro - - -

INDICACIONES COMPLEMENTARIAS

Límite de unidad cartografiada —
Límite de las comarcas interandinas —
Límite del páramo y del piso superior de la actividad agrícola serana —
Isohietas de máxima intensidad de precipitación durante 30 minutos (m.m/h) y de frecuencia mediana (F=0,5)
< 20 m.m/h — intensidad débil
20-50 m.m/h — intensidad media
> 50 m.m/h — intensidad fuerte
Sin información ?

PROCESOS EROSIVOS				MEDIO GEOGRÁFICO			
INTENSIDAD DE LOS PROCESOS	DOMINANTES	ASOCIADOS	FORMAS DE EROSIÓN	FORMACIONES SUPERFICIALES (LITOLOGÍA Y SUELOS)	TOPOGRAFÍA Y PENDIENTES	COBERTURA VEGETAL Y USO ACTUAL	
Muy activos (frecuente o frecuente)	Activos Potenciales						
		EÓLICO	SIN	Dunas, rebédos, neblinas y yardangs. Idem, pero en proceso de formación.	Arenas sueltas finas a muy finas. Topografía plana y zonas litorales. Topografía plana de la cuenca interandina.	Sin a muy escasa. Cultivos, vegetación arbustiva y arbórea (chichas, escabellitos).	
EV	ESCURRIMIENTO CONCENTRADO	REMOVILIZACIÓN EÓLICA	Rebédos, neblinas, vándings con surcos y carcavas. Las mismas, pero localmente en inicio de formación.	Arenas sueltas finas a gruesas y piedras pómez.	Flancos interiores de la Sierra con pendientes medianas a muy fuertes.	Escasa a muy escasa y zonas agrícolas (cornales, papas, habas). En las áreas de expansión de la actividad agrícola.	
E	ESCURRIMIENTO DIFUSO Y CONCENTRADO	SIN	Carcavas, quebradillas y algunos quebradillos. Surcos, carcavas, quebradillas, ríos desarrollados en la Sierra. Surcos, carcavas y quebradillas locales más desarrollados en la Sierra.	Material arenoso a limo-arcilloso, de origen proclástico (Sierra), y sedimentario (Costa), localmente pedregoso.	Topografía de vertiente con pendientes generalmente suaves hasta fuertes en la Sierra.	Vegetación natural herbácea y arbustiva muy discontinua. Vegetación natural herbácea y arbustiva discontinua y cultivos con o sin escarda.	
M	ESCURRIMIENTO MUY CONCENTRADO	SIN	Quebradas	Material parental aflorante.	Topografía accidentada con pendientes fuertes a muy fuertes.	Sin a muy escasa.	
m		SIN	Vertientes irregulares con lujos y nichos de asfiliación. Idem, pero con un proceso dinámico más localizado.	Suelos arcillosos a muy arcillosos.	Relieves colinales con pendientes moderadas.	Panticales dominantes. Panticales, arboricultura y cultivos diversos.	
mdg		MOVIMIENTOS EN MASA	Deslizamientos y Gredadas Gravedad	- Golpes de cochera - Lupes de deslizamiento - Derumbos Idem, con derrumbes y escombros.	Formaciones limosas a arcillosas, generalmente potentes. Superficies tabulares fuertemente disectadas, conizas y abruptos.	Boque natural y arboricultura. Boque natural discontinuo.	
ME			Escurremientos	Idem, pero con formas menos desarrolladas. Vertientes irregulares con huellas recientes de sacos y carcavas.	Suelos limo-arcillosos a arcillosos, localmente con presencia de piedras. Relieves muy diversos, con pendientes suaves a fuertes.	Vegetación herbácea natural discontinua, localmente arbustiva. Cultivos, panticales y boques.	
og		EMPOBRECIMIENTO FÍSICO-QUÍMICO DE LOS SUELOS	SIN	Fenómenos de oxidación y gley-fuación en los horizontes superficiales de los suelos. Movimientos en masa	Aluviones limo-arenosos a muy arcillosos. Arcillas y conglomerados metecóricos.	Valles y banazas aluviales. Topografía colinales con pendientes suaves a fuertes.	Vegetación natural en proceso de colonización.
c			Procesos indiferenciados en los flancos exteriores de la Sierra. Idem, pero muy localizada.	Todos los tipos.	Verticales desde afloramientos recientes a suelos profundos.	Relieve accidentado con pendientes generalmente muy fuertes. Boque natural.	

* Las áreas sin temas y simbología corresponden a zonas con erosión muy localizada y/o insignificante.