

ANÁLISIS CUALITATIVO DE TRES PROCESOS DE EROSIÓN PREDOMINANTES EN LA SIERRA VOLCÁNICA DEL ECUADOR

*Por: Georges De Noni
(Geomorfólogo de la ORSTOM - Ap. 6596 CCI - Quito)*

El presente artículo tiene por objeto el análisis cualitativo de tres tipos de procesos erosivos predominantes en la Sierra volcánica del Ecuador. Los resultados deducidos de este análisis y presentados aquí, constituyen una hipótesis de investigación sobre la explicación del desencadenamiento y de la dinámica de los procesos erosivos, cuyo estudio es todavía mal conocido en Ecuador. Además, este artículo se propone, igualmente, demostrar el interés inicial de un mejor conocimiento sobre la erosión para emprender estudios relativos a la conservación de los suelos. Finalmente, es necesario indicar que este artículo ha sido concebido en el contexto de un programa de investigación más profundo que lo llevan a cabo los programas de regionalización agraria (PRONAREG) y de conservación de suelos (PRONACOS) del Ministerio de Agricultura y Ganadería, conjuntamente con el Centro de Investigación Científica y Técnica de Ultramar de Francia (ORSTOM), cuyo objetivo es el estudio de la erosión en el Ecuador, con el fin de recomendar y experimentar prácticas de conservación del suelo.

Es verdad que el Ecuador ha sido, y continúa siendo víctima de numerosos fenómenos erosivos. Sin embargo, la agresividad de la erosión presenta una intensidad variable según las condiciones naturales del país, por una parte (relieve, litología y suelos, vegetación, clima) y por otra, las características del uso actual del suelo. De las tres grandes regiones naturales del Ecuador, Sierra, Costa y Oriente, la primera es sin ninguna duda la más fuertemente afectada por la erosión.

1. EL AREA DE ESTUDIO

El área del presente estudio corresponde a la Sierra volcánica ecuatoriana. A pesar de que toda la Sierra está sometida a los efectos de la erosión, se ha escogido más particularmente las tierras volcánicas porque presentando signos erosivos de amplitud remarcable se pueden analizar diversos procesos de erosión en un medio litológicamente homogéneo. Además, es necesario recordar que los productos volcánicos fosilizan en —gran parte del territorio serrano—. El escogimiento de esta área ofrece pues, un carácter de representatividad satisfactoria para la parte andina del Ecuador.

Es verdad que la Sierra volcánica ofrece condiciones naturales y características de ocupación humana del suelo, favorables al desarrollo de la erosión.

Desde el punto de vista de las condiciones naturales, se pueden subrayar el papel predominante de los factores geomorfológicos (relieve, litología y suelos) y climáticos. El relieve se presenta montañoso y accidentado, las vertientes ocupan un mayor espacio que las zonas planas (a pesar de que estas últimas están afectadas por la erosión eólica), y sus pendientes, de fuertes a muy fuertes, contribuyen a la dinámica erosiva. La litología está constituida por productos volcánicos en que predominan los piroclastos, en su estado casi original o transformados en

suelos. Las características granulométricas de éstos les confieren una cohesión deficiente, y los vuelven frágiles y sensibles a las manifestaciones de los agentes erosivos. El medio climático es extremadamente variado, de una parte, en razón de la zonificación altitudinal y, de otra parte, por los grandes contrastes de pluviosidad a latitud igual. Los totales pluviométricos anuales son variables, de una región a otra y, en poca cantidad (entre 500 y 1.200 mm.) La vegetación está afectada por esta situación climática y su crecimiento difuso, no le permite tener un papel protector con relación a la erosión. La intensidad de las precipitaciones es también irregular. Sin embargo, algunos "chuvascos", a menudo acompañados de granizo, pueden presentar en el transcurso del año un papel erosivo significativo, con intensidades desde varias decenas hasta una centena o un poco más de milímetros de precipitación por hora. Durante la estación de "verano", el viento se manifiesta muy agresivo y contribuye a la erosión continuada.

Desde el punto de vista de las características de ocupación humana del suelo, se recordará simplemente que las vertientes de la Sierra están densamente ocupadas por una agricultura de pequeñas parcelas y ganadería extensiva de minifundio, cuyas prácticas culturales, sean tradicionales, por ejemplo el laborero en el sentido de la pendiente o, sean recientemente introducidas, por ejemplo, la utilización excesiva del tractor, favorecen, indudablemente, el desencadenamiento de la erosión.

A parte de la región de Tulcán, en la extremidad septentrional, tres tipos de erosión se hacen presentes, de una manera casi uniforme. Esto en los paisajes de la sierra volcánica ya sean en las hoyas propiamente dichas o en las vertientes que las rodean pero con una menor intensidad en las tierras altas de los páramos, pues "la colonización" recién ha comenzado allí.

- 1) En las hoyas, las vertientes interiores y tierras altas de las regiones de Quito, Cayambe, Otavalo e Ibarra, predominan los pequeños movimientos de masa asociados a la arroyada.
- 2) En Latacunga, Ambato y Riobamba es la arroyada concentrada que modela los paisajes.

Finalmente,

- 3) La erosión eólica está presente por todo lado, con una agresividad remarcable en la región de Palmira, en el extremo sur de nuestra zona de estudio.

Para obtener un mejor conocimiento de estos tres tipos de procesos, se han seleccionado tres sitios de estudio, en los cuales actúan de manera representativa. Estos tres sitios, cuyo análisis cualitativo constituye la continuación de este artículo, son los siguientes:

- Sector de Conocoto: pequeños movimientos de masa asociados a la arroyada.
- Región de Saquisilí: arroyada concentrada.
- Entre Guayllabamba y Tabacundo: erosión eólica.

2. PRIMER TIPO DE PROCESO DE EROSION, EN EL SECTOR DE CONOCOTO: PEQUEÑOS MOVIMIENTOS DE MASA ASOCIADA A LA ARROYADA.

Este primer caso de erosión se encuentra a una decena de kilómetros al sureste de Quito, sector de Conocoto, descendiendo el escarpe que separa la ciudad de Quito de la cuenca interandina, llamada en este lado "El Valle de Los Chillos". Corresponde a un pequeño interfluvio alargado y paralelo al mismo escarpamiento, y se encuentra limitado al Norte por un camino empedrado que conduce al Reservorio de Guangopolo, al Sur por la quebrada de "Yanahuaycu o Isleta", al Oeste por la autopista que une Quito con el "Valle de Los Chillos" y por último, al Oriente, por la curva de nivel de 2.600 metros. Está cubierto por una capa de hierba baja, que sirve de pasto extensivo a bovinos y ovinos.

Se ha escogido este pequeño interfluvio porque su superficie presenta signos muy claros de erosión. Esta superficie está compuesta de 9 niveles, en forma de gradas (de pendiente suave del 15% al 20%) cuyo perímetro está rodeado por abruptos de erosión con un desnivel relativo que varía de 1 a 3 metros.

Los abruptos, en este lugar, constituyen paredes verticales, con un perfil ligeramente cóncavo, y están colonizadas localmente por la vegetación. En sus bases, se encuentran frecuentemente, bloques subangulares, de 15 a 20 centímetros de espesor, provenientes de los horizontes superiores. También se han observado microderrumbes que tapan localmente, las bases de éstos, y que se forman entre fisuras oblicuas, dando la impresión de pequeños bloques fallados. Unos metros más allá de las paredes abruptas, se encuentran depósitos arenosos, de color gris, de algunos metros cuadrados de superficie y de espesor variable.

La pregunta que surge inmediatamente es, el por qué de estos abruptos, y por consecuencia de los niveles, con el fin de intentar explicar cuales fueron, el o los tipos de procesos de erosión que los originaron.

Los cortes de terreno visibles en los abruptos dejan observar invariablemente la superposición de una capa negra sobre una capa café-amarillenta de cangahua (1). Por ejemplo en el estudio del corte ubicado a lo largo del abrupto de erosión que separa el nivel 5 del 6, se ha podido realizar la siguiente descripción:

- **0 - 10 centímetros:**

Horizonte arcillo-limoso a arcillo-arenoso fino de color gris, coherente y con numerosas raíces.

- **10 - 40 centímetros:**

Horizonte arcilloso, más oscuro, friable con poliedros sub-angulares de 1 a 3 centímetros.




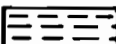


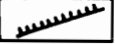






40 - 70 centímetros: cangahua superior marrón-amarillenta, ligeramente friable

(1) Formación volcánica presente en toda la Sierra volcánica, que se asemeja a un "loes" localmente endurecido, cuyo espesor varía de algunos metros a varias decenas de metros.

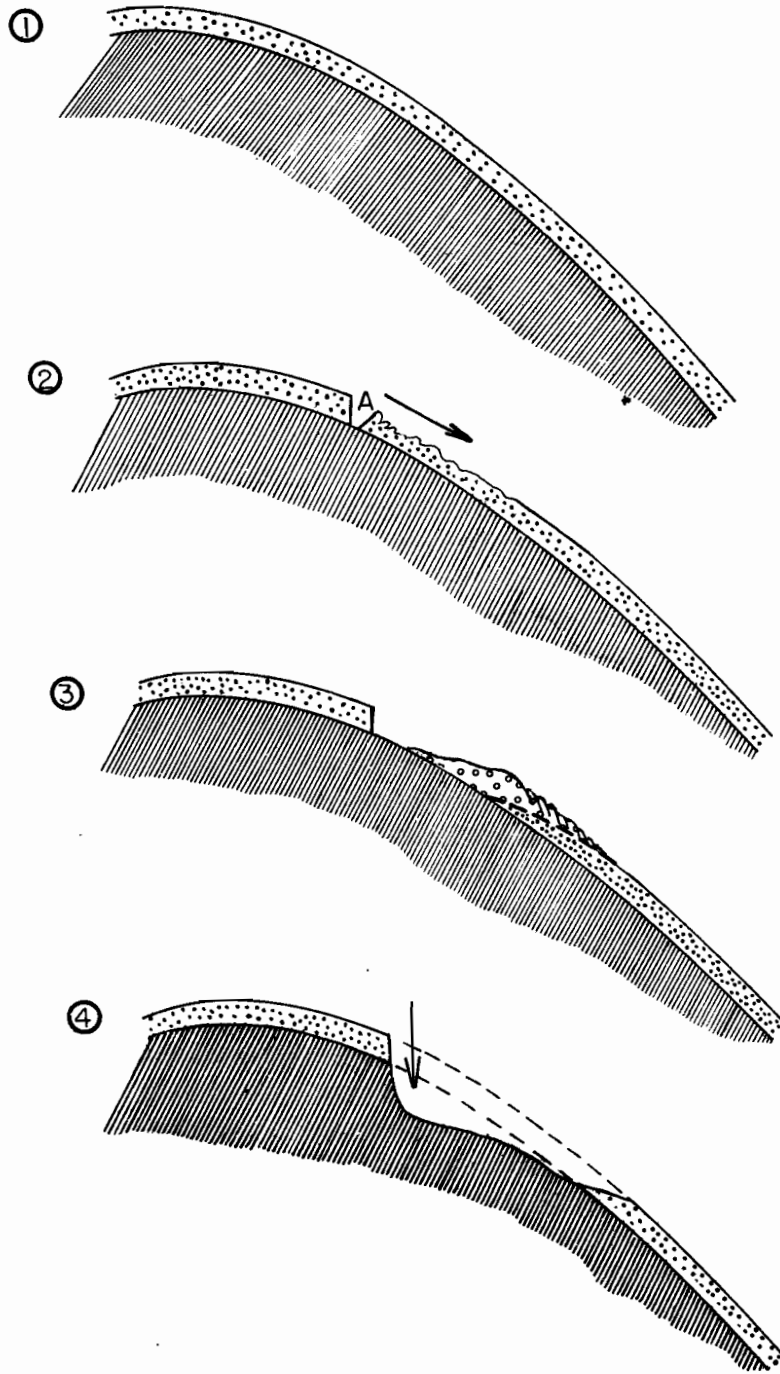


ESCALA ——— 1 : 20.000

LEYENDA:

- | | | | |
|---|--|---|--|
|  | Límite basal del interfluvio estudiado. |  | Pequeños abruptos de erosión aislados. |
|  | Superficie del interfluvio con los diferentes niveles.
(cada número corresponde a un nivel) |  | Zona de arroyada concentrada con surcos y quebradillas. |
|  | Límite de los pequeños abruptos que rodean los diferentes niveles. |  | Zona coluvio - aluvial |
|  | Pequeño abrupto de erosión, directamente en la ceniza suprayacente, en el nivel 9. |  | Principales quebradas |
|  | Zonas con cangagua aflorante meteorizada en pequeñas bolas. |  | Escarpiamiento de falla que limita la ciudad de Quito del Valle de Los Chillos |
|  | Zonas con pequeños hundimientos, en paquetes de 50 a 100 metros cuadrados. |  | Zona de contacto entre el escarpamiento de falla y el Valle de Los Chillos, aproximadamente de 20% de pendiente. |
|  | Vertiente de cangagua modeladas en pequeñas gradas decimétricas por el pisoteo del ganado. | | |

HIPOTESIS SOBRE LA EVOLUCION DE UNA PARTE DE VERTIENTE
 POR LA FORMACION DE PEQUEÑOS ABRUPTOS DE EROSION



1. Situación original de una parte de la vertiente = 40 cm .de ceniza negra - arcillosa, en punteado, que fosilizan la cangahua, en hachurado.
2. La capa de ceniza arcillosa, saturada de agua, cambia su consistencia y empieza a desplazarse sobre la vertiente (dirección de la flecha). En A, se representó la zona del cizallamiento.
3. La ceniza arcillosa desplazándose se superpone a la capa de la ceniza "in situ", formando una lupa. En trazos cortados, se representó la línea de contacto (?) entre la ceniza que se ha deslizado (pequeños círculos) y aquella que se quedó "in situ".
4. La lupa de ceniza ha desaparecido porque continuó su desplazamiento (deslizamiento asociado talvez a la arroyada ?). En la base de la zona del cizallamiento, la arroyada ha erosionado, desenterrando progresivamente la cangahua (flecha vertical). En trazos cortados, se representó los antiguos perfiles de la vertiente.

en la parte superficial del horizonte y luego dura, con pequeños revestimientos negros arcillosos y brillantes, inferiores a 0.5 centímetros.

más de 70 centímetros:

Cangagua inferior café-amarillenta, muy dura, con estructura en prismas de 10 a 15 centímetros, con numerosas connotaciones calcáreas y algunos revestimientos negros y brillantes de arcilla en las pequeñas fisuras internas.

Se ha interpretado este corte de erosión de la manera siguiente:

Los dos horizontes superiores de 0 a 40 centímetros de profundidad, corresponden a una capa de ceniza negra reciente, con granulometría arcillosa predominante, que fosiliza los horizontes subyacentes constituídos por cangagua. De manera general en los abruptos la discontinuidad entre la ceniza negra y la cangagua aparece a partir de los 20 centímetros de profundidad y la cangagua aflora sobre espesores que varían de 50 centímetros hasta más o menos 2,50 metros. Algunos cortes muestran localmente al contacto entre la ceniza y la cangagua, los restos de productos volcánicos que han precedido la erupción de la ceniza negra, bajo la forma de una línea, de aproximadamente 5 centímetros de espesor, compuesta de piedra pómez blancas y de otras piedras negras y rojas.

Considerando las características de este interfluvio relativas, por una parte, a sus formas de erosión, y por otra, a sus formaciones litológicas, se puede presentar la siguiente hipótesis explicativa (ver figura N° 1). Un cambio de consistencia de la arcilla que constituye la ceniza negra suprayacente, debido a un aumento de su contenido en agua, provoca bajo la influencia de la gravedad, el deslizamiento de esta capa a lo largo de la vertiente. Este desplazamiento se encuentra al origen de la aparición de pequeños abruptos que desnivelan la superficie del interfluvio en diferentes niveles. Sin embargo, si se quiere respetar esta hipótesis, los abruptos deberían mostrar micro desnivelaciones de unos 40 centímetros correspondientes al espesor de la capa de ceniza, y no paredes donde aparecen hasta 2.50 metros de cangagua.

Si la cangagua es visible en los cortes de los abruptos se puede considerar que la arroyada, esencialmente concentrada, la esculpió progresivamente en paredes verticales a sub-verticales, aprovechando la preexistencia de los pequeños abruptos originados por la salida de la ceniza suprayacente.

En resumen, dos tipos de procesos de erosión se asocian para remodelar este interfluvio, pequeños movimientos de masas en la capa de ceniza suprayacente y, luego arroyada concentrada en la cangagua subyacente. Este tipo de erosión es bien típico de la parte septentrional de la Sierra volcánica, desde casi todo el Valle de Los Chillos hasta la zona de Bolívar-La Paz (provincia del Carchi), incluyendo también las regiones de Cayambe, Otavalo e Ibarra.

3. 'SEGUNDO TIPO DE PROCESO DE EROSION, EN LA REGION DE SAQUISILI: ARROYADA CONCENTRADA.

Este segundo tipo fue estudiado en la región de Saquisilí (provincia de Cotopaxi), aproximadamente a 3 kilómetros al suroeste de esta ciudad. Se ha elegido para el estudio 2 vertientes correspondientes a 2 interfluvios distintos y separados por el pequeño valle de Macas. La primera vertiente, de aproximadamente 2 kilómetros de largo, se extiende hacia el Norte en la orilla izquierda del valle de Macas, entre las curvas de nivel 3120 y 3240 m. La segunda vertiente, de 3 kilómetros de largo se halla hacia el Sur, en la orilla derecha del valle de Macas, entre las curvas de nivel 3020 y 3220 m. Sus pendientes se hallan con una inclinación entre 40% y 70%, y se prolongan por una concavidad basal con 20 a 30% de pendiente, y luego por una zona todavía menos inclinada, de 10 a 15%, al contacto con el valle de Macas. Al contrario del primer caso, el uso actual del suelo se caracteriza por pequeñas parcelas donde se cultivan cebada, algo de trigo, chochos y un poco de lentejas.

Estas vertientes se caracterizan por su morfología activamente remodelada por la arroyada difusa y concentrada. Antes de estudiar las formas de erosión predominantes, vamos a analizar las formaciones litológicas sobre las cuales actúa esta arroyada.

En el campo, las dos vertientes escogidas presentan un color mezclado con una alternancia entre zonas café-amarillentas y zonas blancas a blanco-grisáceas. Las zonas café-amarillentas corresponden a la cangagua muy dura y revestida por numerosas concreciones calcáreas. Las zonas blancas a blanco-grisáceas, corresponden a los testigos dispersos de una cobertura piroclástica sobre cangagua. Por ejemplo, en el extremo sur de la segunda vertiente, el estudio de un corte ha dado la siguiente descripción:

De 0 a 5 cm.:

Cenizas volcánicas muy finas, polvorientas de color blanco-grisáceo.

De 5 a 40 cm.:

Cenizas volcánicas un poco más gruesas con arena fina, y pequeñas piedras pómez blanquecinas.

De 40 a 45 cm.:

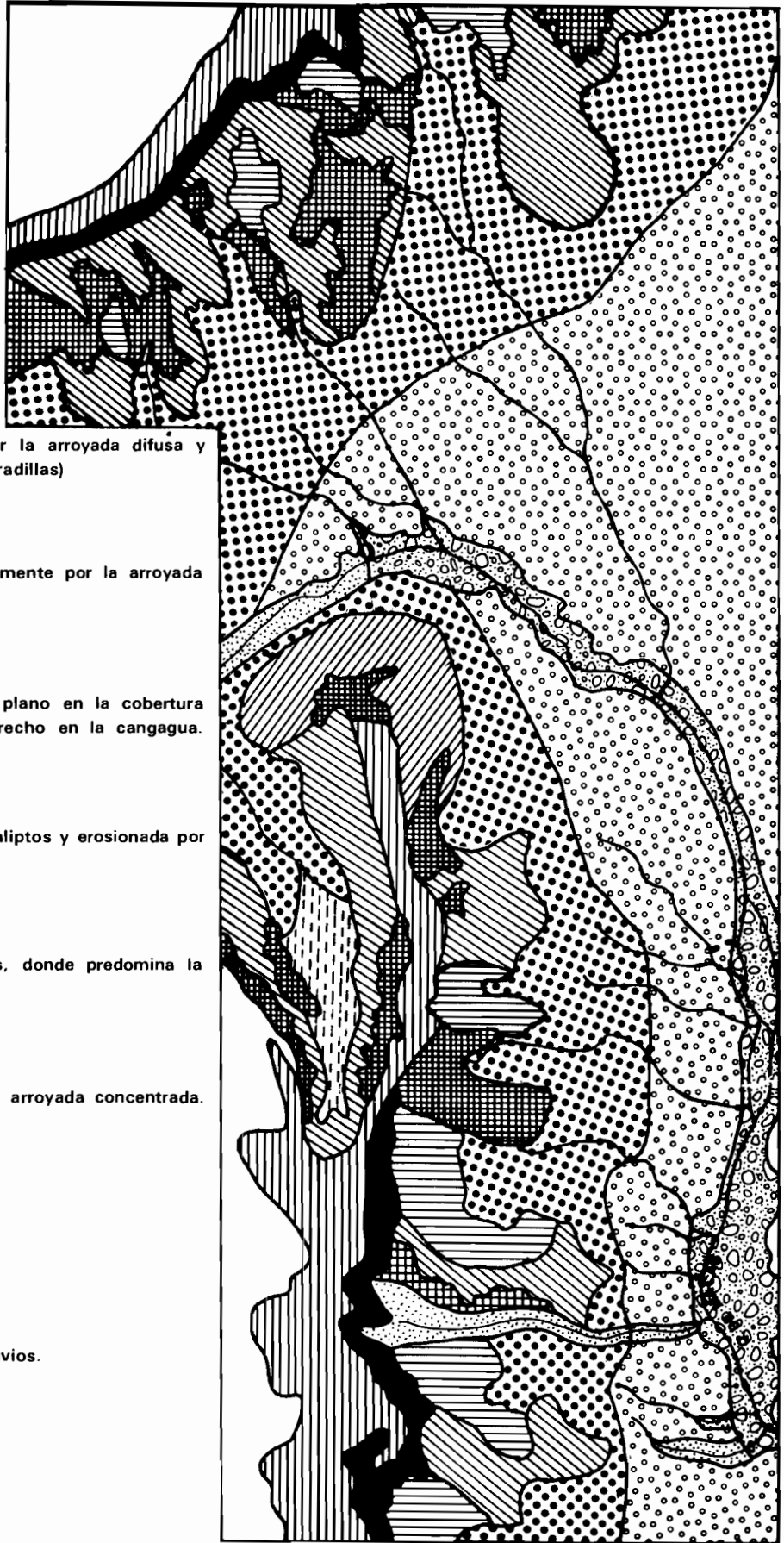
Piedras pómez milimétricas que ocupan menos del 50% de la capa, en una matriz grisácea de arena fina.

De 45 a 60 cm.:


Piedras pómez blanquecinas, que ocupan más o menos el 80% de la capa, de





ESCALA ——— 1:20.000





LEYENDA:


 Cangagua afectada ligeramente por la arroyada difusa y concentrada (algunos surcos y quebradillas)

 Cangagua aflorante afectada activamente por la arroyada concentrada.

 Surcos y quebradillas, con fondo plano en la cobertura piroclástica y en forma de U estrecho en la cangagua.


 Parte de vertiente cubierta por eucaliptos y erosionada por una red de surcos en la cangagua.


 Concavidad basal de las vertientes, donde predomina la arroyada difusa.

 Partes de la concavidad basal con arroyada concentrada.

 Acumulaciones arenosas eólicas.

 Superficies planas de los dos interfluvios.

 Zona coluvio - aluvial.

 Zona aluvial, con bloques y cantos rodados del Valle de Macas.

 Principales quebradas.

forma sub-angular, de 1 a 5 cm. de espesor con granos de biotita automorfa. El resto de la capa está compuesta por pequeños minerales negros, rojos y por algunos cuarzos.

A 60 cm.:

Cangagua café-amarillenta, ligeramente húmeda.

En general, esta estratificación se encuentra en casi todos los cortes, variando ligeramente el espesor de las capas. En el corte analizado arriba, las diferentes capas comprendidas entre 0 y 60 centímetros de profundidad, corresponden a la cobertura piroclástica suprayacente. A partir de los 60 centímetros, se encuentra la cangagua cuyo espesor, muy importante, puede alcanzar 200 a 300 metros, aproximadamente.

Los aspectos morfográficos y morfométricos de las formas de erosión se diferencian en función de estas dos formaciones litológicas. En las áreas donde se conservó la cobertura piroclástica suprayacente, se han observado numerosos surcos, de 20 centímetros de ancho por una profundidad que varía de 10 centímetros a 20 centímetros. Conforme se va haciendo más fuerte la vertiente, los surcos presentan trazos rectilíneos y paralelos entre ellos como si se hubiera "arañado" ligeramente la superficie del suelo. En otros lugares menos accidentados y cultivados, se llega a perder localmente, la continuidad de sus trazos por la obra del laboreo. Cuando la incisión es más importante y profunda, se observan formas de quebradillas con paredes subverticales y en un fondo plano modelado sea en la cobertura piroclástica o sea en la cangagua.

Este último caso es lo más frecuente. En efecto, la tendencia general de la erosión en la formación de estas quebradillas es la de arrastrar los materiales sueltos superficiales con una cierta rapidez y alcanzar la cangagua. En esta, la obra se vuelve más lenta y se forman pequeños surcos de 10 a 20 centímetros de profundidad, que presentan un perfil transversal en forma de U y un perfil longitudinal en micro-cascadas centimétricas. Sin embargo, cuando la pendiente aumenta y sobrepasa el 50%, la cangagua puede ser igualmente erosionada hasta un metro de profundidad (ver figura N° 2). A pesar de que el escurrimiento está canalizado en la cangagua, las paredes de las quebradillas continúan derrumbándose por gravedad o causa de la incoherencia del material piroclástico.

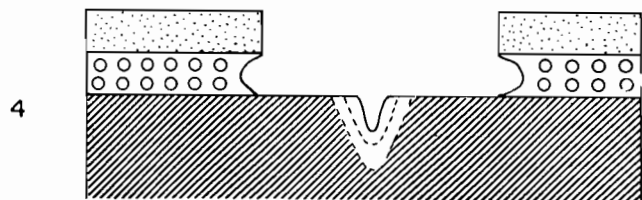
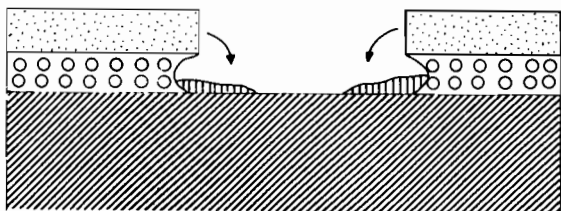
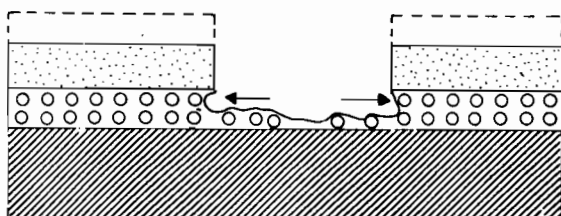
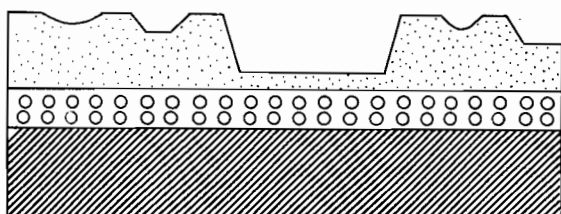
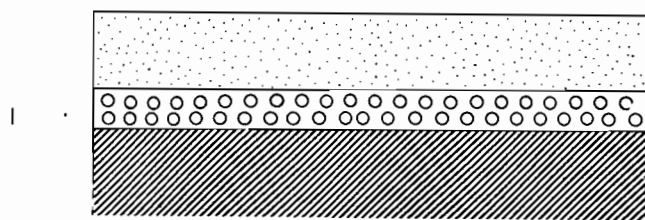
En forma general, la evolución de estas quebradillas se realiza en dos sentidos. Verticalmente, la dinámica erosiva encuentra rápidamente un factor limitante con la dureza de la cangagua.

Lateralmente, la dinámica erosiva sigue actuando más eficazmente a favor de la fragilidad de la cobertura piroclástica, desapareciendo progresivamente esta última, y dejando aparecer en superficie e irreversiblemente la cangagua.

En la cangagua aflorante, se encuentran igualmente las formas de la arroyada concentrada. Se tratan de sitios con pendiente fuerte, o correspondientes a puntos de concentración de las aguas de escurrimiento. La forma de erosión predominante es también de quebradilla. Unas presentan un ancho de 50 centímetros con una profundidad de 20 a 50 centímetros y otras de 50 centímetros a un metro de ancho por 1 a 2 metros de profundidad. Estas quebradillas se caracterizan por su perfil longitudinal en forma de cascadas y un perfil transversal en forma de U.

CROQUIS SOBRE LA EVOLUCION DE LOS TERRENOS DE SAQUISILI SOMETIDOS A LA ARROYADA

FIGURA N° 4



LEYENDA DE LA FIGURA N° 4

1. Situación original de una porción de terreno: cobertura piroclástica de 60 cm. de espesor (40 cm. de cenizas pulverulentas en punteado y 20 cm. de piedras pómez con arena en círculos) que fosiliza la cangagua, en hachurado.
2. Apertura de pequeños surcos y de una quebradilla bajo la acción de la arroyada concentrada sobre la cobertura piroclástica. Se nota que la escabadura de estas formas de erosión se realiza con fondos planos a causa de la poca consistencia del material suprayacente.
3. En trazos cortados, se representó una parte de la cobertura piroclástica que desapareció bajo la acción de la arroyada. Se observa que la quebradilla sigue su dinámica de profundización y flaja a la capa de piedras pómez y arena. Sobre esta última capa, totalmente incoherente, la escabadura realiza en forma lineal pero también lateral (según la dirección de la flecha).
4. Continuando la escabadura en el fondo de la quebradilla se encuentra la capa dura de cangagua. Además, se puede apreciar que la capa de piedras pómez y arena no puede soportar el peso de la ceniza suprayacente a causa de la acción lateral de la escabadura. Se producen pues micro-derrumbes (dirección de las flechas que se depositan sobre la cangagua (hachurado vertical)

Por fin, se puede mencionar la existencia de la arroyada difusa, pero actúa localmente, en las 2 vertientes, en porciones de terreno de pendiente suave a moderada (por debajo de los 20 a 30% aproximadamente). Su papel es mucho menos espectacular que el de la arroyada concentrada, y se limita al transporte lento de pequeñas piedras.

Para concluir con este segundo tipo de proceso, se puede emitir las hipótesis siguientes. En forma general, la arroyada requiere para su desarrollo gravedad, o sea una pendiente con buena inclinación y un material fácilmente transportable (evidentemente el agua de lluvia constituye su "elemento motor" indispensable). Nuestra zona de estudio reúne estas condiciones, que son las siguientes:

- Las vertientes estudiadas presentan fuertes pendientes comprendidas entre 40 y 70 %
- La cobertura piroclástica suprayacente se comporta como una capa muy activa con respecto a la arroyada.

4. TERCER TIPO DE PROCESO DE EROSION, ENTRE LAS ZONAS DE GUAYLLABAMBA Y CAYAMBE, EROSION Y ACUMULACIONES EOLICAS.

El área de estudio tiene una superficie de unos 15 kilómetros cuadrados aproximadamente, y se encuentra entre las zonas de Guayllabamba y Cayambe, más precisamente al pie de la vertiente oriental del volcán Mojanda. Está limitada al Norte por el pueblo de Tocachi, al Sur por la garganta del río Pisque, al Oeste por la quebrada Cochasquí y al Este por la quebrada Piman. Su morfología es la de un plano inclinado de superficie plana, de 15 a 20 % de pendiente, que se encuentra entre las curvas de nivel 2.500 - 2.600 metros y 2.940 metros. La utilización actual del suelo se caracteriza por explotaciones agrícolas muy pequeñas rodeadas de hileras de cabuyos y pencos, donde predomina el cultivo del maíz y secundariamente la papa, chocho, las lentejas y las arvejas. Además, existen algunos sectores, no cultivados, que sirven de campos de pastoreo a una ganadería extensiva, de cabras y ovejas. En estas, se encuentra un poco de vegetación natural herbácea y sobre todo arbustos donde predominan las "chilcas", (Baccharis Polyanta). Toda esta zona se caracteriza por la presencia de vientos, relativamente fuertes y constantes, sobre todo, en la estación de verano, provenientes del Este.

Se ha seleccionado esta zona por su dinámica eólica. Como en los casos anteriores, vamos a analizar primeramente las formaciones litológicas predominantes, y luego las formas de erosión y acumulaciones. Para conocer mejor la repartición estratigráfica de las capas, se ha estudiado el corte siguiente, que se encuentra a lo largo de la carretera que une Guayllabamba con Tabacundo:

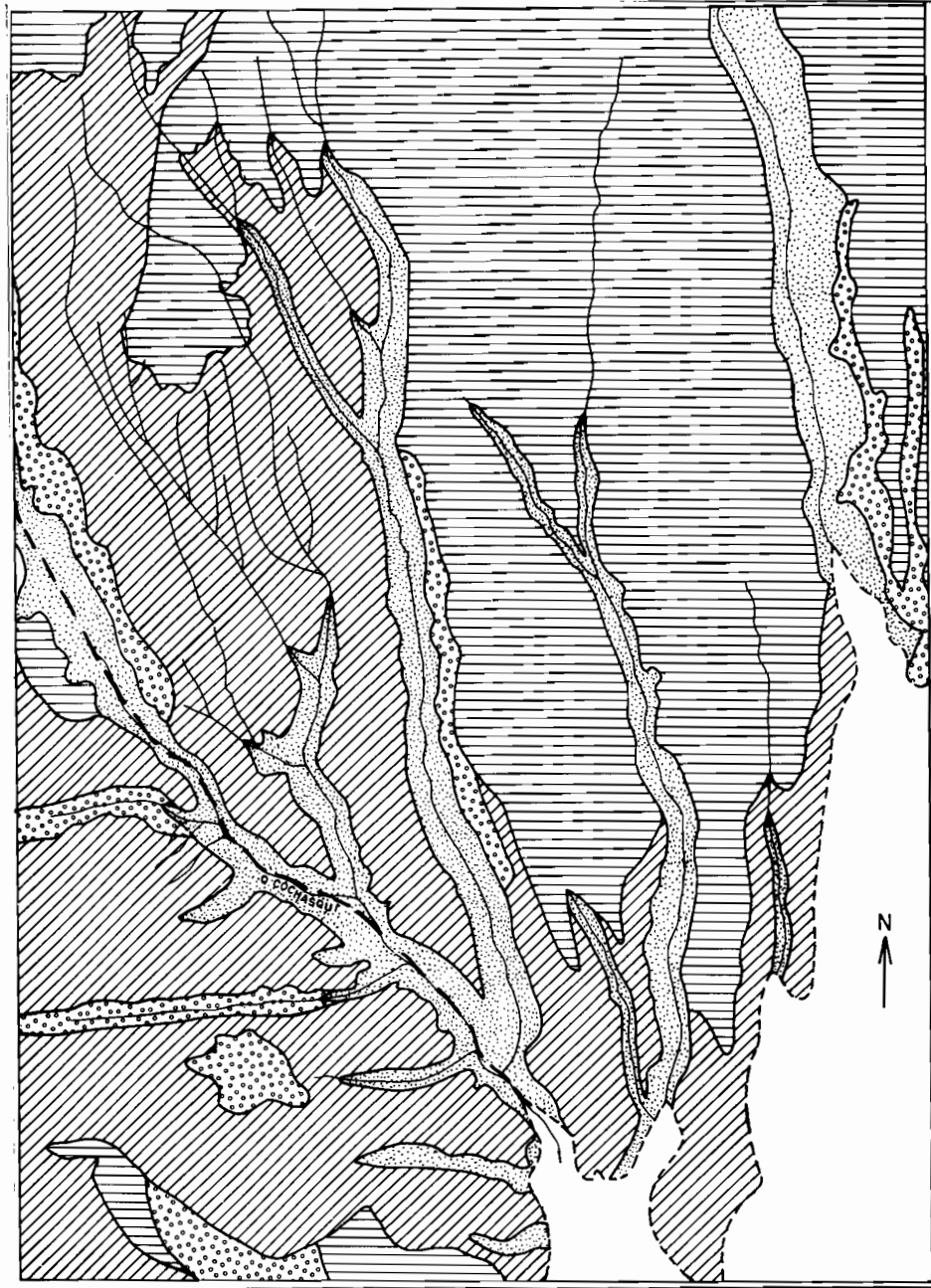
De 0 a 3 metros:

Material arenoso de color gris a blanco-grisáceo, muy fino.

De 3 a 5 metros:

Ceniza arenosa, fina de color gris, con una delgada estratificación y ligeramente

- CROQUIS GEOMORFOLOGICO N° 5



LEYENDA:

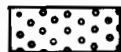


Principales quebradas.

ESCALA ——— 1:31.666



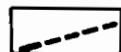
Acumulaciones arenosas, de 0.20 a 0.50 cm. de espesor, con formas de REBDOUS.



Acumulaciones arenosas, superiores a 1 metro de espesor, con formas de NEBKAS.



Cangagua aflorante.



Esta línea cortada trazada en la quebrada Cochasqui separa el plan inclinado, al Norte, de una morfología de colinas grandes al Sur.

cementada en algunos sitios.

De 5 a 8 metros:

Cangagua café-amarillenta, dura con numerosos revestimientos calcáreos en toda la capa.

Por lo tanto, las dos capas arenosas suprayacentes a la cangagua, son productos arenosos de naturaleza piroclástica, pero que no están más "in situ". En efecto, la capa que se encuentra entre 3 y 5 metros de profundidad, proviene efectivamente de una erupción volcánica, pero sus constituyentes arenosos presentan una delgada estratificación porque han sido transportadas por la arroyada a lo largo del plano inclinado. Luego, esta arena ha sido llevada por el viento a distancias cortas, creándose acumulaciones de arena muy fina, y suave al tacto. Este proceso ha dado origen a la formación de la otra capa, que se encuentra entre 0 y 3 metros de profundidad.

El viento, aprovechando la presencia de estas dos capas arenosas, ha creado formas de acumulación y de ablación.

En esta zona del estudio, la arena migra fácilmente en la superficie del plano inclinado. Sin embargo, cuando existe vegetación la arena es atrapada por esta última. Mientras más desarrollada es la vegetación la acumulación arenosa es más potente. Aquí, la formación de las "Nebkas" (1) está en relación directa con la presencia de los arbustos de tipo "chilca". Alcanzan hasta un metro o más de alto, por 5 a 8 metros de largo.

Las "rebdous" (2) se encuentran, frecuentemente, en esta zona. Alcanzan algunos centímetros de alto, y se forman al abrigo de una agrupación de vegetación herbácea, o de una hilera de cabuyos y pencos.

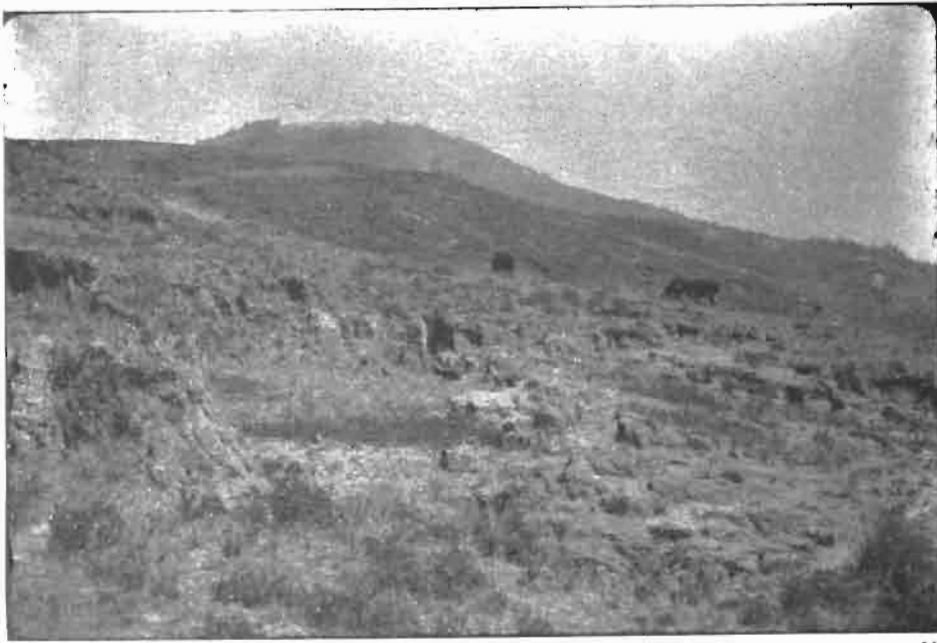
Antes de transportar y acumular el viento ejerce su papel de corrosión.

En esta zona los "yardands" (3) presentan un desnivel relativo, entre surcos y aristas, que varía de 50 centímetros hasta un metro de alto.

(1) Las "NABKAS", término de origen árabe, son pequeñas dunas, cuya formación se debe a la presencia de arbustos.

(2) Las "REBDOUS", término de origen árabe, indica pequeñas acumulaciones arenosas, cuya formación se debe a la presencia de matas de hierba.

(3) Los "YARDANGS", término de origen turco, indica pequeños relieves, esculpidos en forma de aristas inestables y surcos formados por el viento.



- Abruptos de erosión en el sector de Conocoto.



- Arroyada concentrada en la región de Saquisilí



- Pequeñas acumulaciones de arena, contra la vegetación, en la zona de Guayllabamba - Tabacundo.

CONCLUSION

A continuación daremos un mayor énfasis al presente estudio orientando esta conclusión hacia los peligros de la erosión para la vida del hombre, y para la conservación de los suelos.

En el primer tipo de proceso de erosión, se analizará formas de erosión originadas por pequeños movimientos de masa asociados a la arroyada. La hipótesis explicativa primera de éstas es el deslizamiento de la capa de ceniza suprayacente. Este desplazamiento puede ser de origen natural, pero también antrópico, provocándose sea por el pisoteo o sea por una irrigación excesiva de las tierras. En forma general en la Sierra volcánica septentrional, estas formas de erosión se encuentran en las zonas agrícolas donde predomina la ganadería o los cultivos con regadío. Para este último caso un uso más racional del agua es el único remedio aconsejable para limitar la degradación de las tierras. En las zonas ganaderas, extensivas o intensivas, sería aconsejable aplicar la delimitación de áreas de potreros para evitar el dañino pisoteo del ganado.

Por fin, a más de las áreas agropecuarias, se puede mencionar el caso especial de la zona situada entre Guayllabamba y Machachi, donde posiblemente se prolongará la ciudad de Quito, y por lo cual, se deberá tomar en cuenta la propensión de las tierras a la erosión, al diseñar y construir cualquier obra de infraestructura.

El segundo tipo de proceso de erosión presenta condiciones naturales muy favorables al desencadenamiento y desarrollo de la erosión por las características accidentadas de su relieve, y la fragilidad de la cobertura piroclástica suprayacente. Además, las vertientes están densamente ocupadas por pequeñas parcelas, cuyo laborero se realiza, esencialmente, en el sentido de la pendiente, creándose así caminos privilegiados para el escurrimiento del agua de arroyada. Habrá que reducir el papel erosivo de las condiciones naturales y de ciertas prácticas culturales, recomendando un laboreo de las tierras según las curvas de nivel. Pero mucho mejor, sería el realizar bandas de césped de 2 a 5 metros de ancho, dispuestas cada 10 a 20 metros, según las curvas de nivel, para frenar los efectos de la arroyada. Cuando el laborero se efectúa directamente en la cangagua, se puede proceder también en la construcción de terrazas escalonadas a lo largo de la vertiente.

El último tipo de proceso de erosión, debido a la fuerza del viento, es también preocupante. Cuando ocurren tempestades de arena, los agricultores la sacan de planta en planta. Cuando el fenómeno ha sido más grave, tienen que abandonar los cultivos. Sin embargo, la manera para luchar contra esta calamidad es bien conocida y consiste en frenar la velocidad del viento. La medida aconsejable es la de colocar cortinas rompevientos, sean inertes (muretes de piedras, empalizadas), o sean vivas (barreras de árboles o arbustos)

Para terminar, conviene tomar en cuenta las prácticas tradicionales para luchar contra estos flagelos en cada lugar mencionado y aplicarlas más eficazmente con los medios modernos que se disponen.

BIBLIOGRAFIA

ACTES DU SYMPOSIUM SUR LES VERSANTS EN PAYS MEDITERRANEENS: Aix en Provence, C.E.G.E.R.M., vol. V, 1975, p. 155 - 198.

COLLOQUE SUR L'EROSION AGRICOLE DES SOLS EN MILIEU TEMPERE NON MEDITERRANEEN: Strasbourg, 20 - 23 Septembre 1978, 251 p.

FOURNIER (F): Climat et erosion. Les relations entre L'erosion du sol por L'cau et les précipitations atmosphériques, Paris, P.U.F., 1960, 201 p.

FOURNIER (F): Conservación de suelos - Madrid, Ediciones Mundi Prensa, 1975, 254 p.

LE CARPENTIER (c) et al: La erosión de tierras en Colombia, con mapa de procesos dinámicos. Bogotá, Ministerio de Agricultura, 1977, 56 p.

NAHAL (I): Principes de conservation du sol - Paris, Masson, 1975, 143 p.

POUQUET (J): L'érosion, Paris, P. U. F., 1951, 128 p. (que-sais-je? N° 491).

ROOSE (E): Erosion et Ruissellement en Afrique de L'ouest. 20 ans de mesures en petites parcelles expérimentales Paris, ORSTOM, 1977, 108 p.

TRICART (J): Précis de Géomorphologie - Tome 2, Géomorphologie dynamique générale - Paris, SEDES, 1977, 345 p.

VOGT (H) et al: Une Méthode cartographique pour déterminer la sensibilité des terrains a L'erosion - Exemple du vignoble alsacien - Paris, C. R. Acad. Sc, t 287, 1978, série D 801 - 804.

NOTA:

Además, para tener un mejor conocimiento del medio físico y humano de la Sierra volcánica, se utilizarán los documentos cartográficos realizados por los departamentos de Geografía y Edafología de PRONAREG del Ministerio de Agricultura del Ecuador.

CENTRO ECUATORIANO DE INVESTIGACION GEOGRAFICA



**GEOGRAFIA
APLICADA**

**DOCUMENTOS
DE
INVESTIGACION**

Nº 2 - 1982

I P G H
(Sección Nacional)

O R S T O M
(Francia)

Centro ecuatoriano de investigación geográfica



DOCUMENTOS DE INVESTIGACION

Nº 2 - 1982

GEOGRAFIA APLICADA

JOSE RODRIGUEZ ROJAS:

**Los asentamientos humanos
en las Islas Galápagos**

GEORGES DE NONI:

**Análisis cualitativo de tres procesos
de erosión en la Sierra Volcánica
del Ecuador**

**"DOCUMENTOS DE INVESTIGACION" es una publicación del
CENTRO ECUATORIANO DE INVESTIGACION GEOGRAFICA,
creado en el marco del Acuerdo de Cooperación Científica
entre la Sección Nacional del INSTITUTO PANAMERICANO
DE GEOGRAFIA E HISTORIA y la OFFICE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE MER de Francia.**



SUMARIO

- JOSE RODRIGUEZ ROJAS: Los asentamientos humanos en las Islas Galápagos.

- GEORGES DE NONI: Análisis cualitativo de tres procesos de erosión en la Sierra Volcánica del Ecuador.