CENTRO ECUATORIANO DE INVESTIGACION GEOGRAFICA

CEDIG

LA EROSION EN EL ECUADOR

DOCUMENTOS
DE
INVESTIGACION
Nº 6 - 1986

CENTRO ECUATORIANO DE INVESTIGACION GEOGRAFICA

DOCUMENTOS DE INVESTIGACION

No. 6 - 1986

LA EROSION EN EL ECUADOR

SUMARIO

1. La erosión actual y potencial en Ecuador: Localización, manifestaciones y causas.- G. de NONI, G. TRUJILLO.

2. Breve historia de la erosión en Ecuador.- G. de NONI.

3. Papel de las precipitaciones en la degradación de los suelos: impacto de las lluvias excepcionales del período 1982-1983. P. POURRUT.

4. Estudio cuantitativo de la erosión con fines de protección de los suelos: las parcelas de Alangasí e Ilaló. G. de NONI, J.F. NOUVELOT, G. TRUJILLO

5. Estudio de la erosión en una comunidad indígena de la Sierra ecuatoriana: manifestaciones, causas, y métodos de conservación del suelo. I. GREGOIRE, G. TRUJILLO

6. Estudio de un tipo de cangahua en Ecuador: posibilidades de mejoramiento mediante el cultivo. A. CAUJOLLE-GAZET, C. LUZURIAGA

7. Erosión eólica en el Norte de la hoya de Quito. P. ASPIAZU, M. A. de CASTRO, G. de NONI, J.F. REGALADO

8. El riesgo de erosión en la Región Amazónica. E. CUSTODE, M. VIENNOT.

9. La institucionalización de la conservación de los recursos naturales renovables en el Ecuador. E. SUAREZ RODRIGEZ.

"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 el ORSTOM (Institut Francais de Recherche Scientifique pour le Développement en Cooperation).

Consejo de Redacción de DOCUMENTOS DE INVESTIGACION

Nelson Gómez (Director del CEPEIGE)
Juan B. León V. (Coordinador del CEDIG)
Pierre Peltre (Geógrafo ORSTOM-CEDIG)
Tnte. Coronel Hernán Vargas (Director del Dpto. de Geografía del IGM).

Fotografía de la carátula: erosión en curso del suelo negro, dejando aflorar la cangahua endurecida, sobre el flanco oriental del Ilaló. (Foto tomada por: G. de NONI).

PRESENTACION

El CEDIG se complace en presentar, en este nuevo número de "Documentos de Investigación", una serie de nueve artículos sobre la erosión en el Ecuador. En ellos se trata, por una parte, de insistir sobre la grave situación que soporta el país al respecto, y por otra, de aportar con nuevos elementos de reflexión sobre las posibilidades y urgencias de adoptar actitudes y políticas encaminadas a la adecuada conservación del recurso suelo.

Ocho de éstos artículos han sido concebidos en base de los trabajos realizados por PRONAREG (Programa Nacional de Regionalización Agraria) y PRONACOS (Programa Nacional de Conservación de Suelos), dependencias del Ministerio de Agricultura y Ganadería, con la asistencia técnica de la ORSTOM (Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación).*

Expresamos un especial agradecimiento al Ing. Enrique Suárez, quien fué Director Ejecutivo de PRONAREG y encargado de la Dirección de PRONACOS. En igual forma, presentamos un sincero reconocimiento al Dr. Nelson Gómez, Director del CEPEIGE (Centro Panamericano de Estudios e Investigaciones Geográficas), quién tuvo la iniciativa de crear, a inicios de 1985, un equipo especializado en investigación geográfica. El artículo sobre erosión eólica constituye un primer aporte de este equipo sobre el tema. Finalmente, el CEDIG, está muy agradecido con Georges de Noni, geógrafo de la ORSTOM, quién ha asumido la coordinación científica de este número en su integridad.

Dr. Juan. León V.
Coordinador del CEDIG.

* **PRONACOS, a raíz de la reestructuración del MAG a fines de 1985, fue reemplazado por el Departamento de Suelos, hoy dependiente de la Dirección Nacional Agrícola, cuyo Director es el Ing. Nélson Peñafiel.**

LA EROSION ACTUAL Y POTENCIAL EN ECUADOR: LOCALIZACION, MANIFESTACIONES Y CAUSAS

Georges de NONI *
Germán TRUJILLO **

* Geógrafo Físico del Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación - ORSTOM. Misión en Ecuador - Apartado 6596 CCI - QUITO.

** Ing. Agrónomo - Departamento de Suelos, M. A. G., Quito.

Resumé:

L'Equateur a été et continue à être affecté par de nombreux processus érosifs, de telle manière que l'on peut considérer que l'érosion constitue l'un des aspects principaux de dégradation des ressources naturelles, et en particuler du sol. 50%, environ, du territoire sont concernés par ce problème. La Sierra est le siège d'une érosion, active à très active, généralisée en de nombreux endroits. Une érosión plus localisée, à caractère potentiel, mais qui se développe relativement rapidement de nos jours, affecte toute la partie occidentale de la côte, et à un moindre degré les grands axes de colonisation de la Región Amazonniene.

Resumen:

El Ecuador ha sido y sigue siendo afectado por numerosos procesos erosivos, de tal manera que se puede considerar que la erosión constituye uno de los principales aspectos de degradación de los recursos naturales, especialmente del suelo. Alrededor del 50% del territorio tiene que ver con este problema. La Sierra es el asiento de una erosión, activa a muy activa, generalizada en muchos lugares. Una erosión más localizada, de carácter potencial, pero que se desarrolla con una relativa rapidez en nuestros días, afecta a toda la parte occidental de la Costa y, en menor grado, a los grandes ejes de colonización de la Región Amazónica.

Abstract:

Ecuador has been and is yet affected by many erosive processes, therefore erosion can be considered one of the main aspects of the natural resources degradation, specially of the soil. About 50% of the territory is concerned to this problem. The Sierra region is the seat of an active to very active erosion, widespread to many sites. A more localized potential erosion, relatively quickly developped today, affects all the western part of the coast and, in minor scale, the big axes of the settlement in Oriente.

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 estuvo siempre considerado como un país eminentemente agrícola. Entre 500 a.J.C. y el siglo XVI, aproximadamente, las comunidades precoloniales "inventaron"' una agricultura bastante productiva y conservacionista, basada en el sistema de la micro-verticalidad.

Luego, los conquistadores españoles importaron e impusieron su tradición de la tierra mucho más erosiva, sustituyendo sus deseos auríferos por la explotación del "dorado" agrícola, de tal menera que el suelo agrícola ecuatoriano y en particular el de la Sierra, fue uno de los objetos principales que exacerbó la codicia de los hombres. La consecuencia directa fue acelerar la erosión sobre todo en las zonas montañosas donde, más que en otro ambiente, los elementos del medio natural (agresividad climática, pendiente, suelos, vegetación-hombre) forman parte de un ecosistema bastante frágil, cuyo equilibrio morfodinámico puede ser desestructurado fácil y rápidamente.

Desde entonces, el Ecuador ha sido y continúa siendo afectado por numerosos procesos erosivos; en la actualidad, más o menos el 50% del territorio está afectado por este problema. Aún más la erosión sigue avanzando en perjuicio del país y sobre todo de las futuras generaciones. En algunas zonas de la Sierra, una vez que el suelo arable ha desaparecido, la tierra es abandonada por los campesinos y la erosión prosigue su obra sobre el subsuelo. Los resultados cuantitativos obtenidos en parcelas de escurrimiento de 50 m2 en la Hoya de Quito (Ilaló y Alangasí)(1), permiten pronosticar que a lo largo de su vida, un campesino puede presenciar la pérdida de hasta un metro del suelo de su propiedad.

En este artículo, gran parte de nuestra argumentación se basará en una publicación realizada el año pasado por PRONACOS-PRONAREG-ORSTOM(2).

I. LOCALIZACION Y MANIFESTACIONES DE LOS PRINCIPALES PROCESOS EROSIVOS EN EL ECUADOR

El mapa de los principales procesos erosivos en el Ecuador(3), a escala 1:1.000.000, en base al cual se realizó el mapa sintético, a escala 1:4.000.000 (Figura N° 1), permite entre otras cosas diferenciar los procesos en función de diferentes tipos de intensidad: muy activa, activa, activa y potencial, y potencial. Al emplear los calificativos "muy activa y activa", se hace referencia a todos los procesos que afectan, en forma casi generalizada y de manera intensiva en la actualidad a una parte significativa de terreno. Por otra parte, no se usó la palabra potencial para indicar que la erosión no existe; al contrario, está presente pero en forma bien localizada, con el riesgo potencial de generalizarse. Al planificar las zonas erosionadas en función de su intensidad, pudo elaborarse el cuadro siguiente:

Intensidad de los procesos erosivos	Porcentajes estimados de estos en relación con la superficie del Ecuador
muy activa	1,3
activa	7,7
activa y potencial	3,1
potencial	35,8
Total	47,9

Las áreas activas y potencialmente afectadas por la erosión, ocupan alrededor de 47,9% de la superficie del país. Se puede considerar que la erosión actual corresponde a las clases de in-

1 G. de NONI - J. F. NOUVELOT - G. TRUJILLO: Estudio cuantitativo de la erosión con fines de protección de los suelos. Las parcelas de Alangasí e Ilaló (Artículo publicado en esta misma revista).

2 G. ALMEIDA, G. de NONI, J. F. NOUVELOT, G. TRUJILLO, A. WINCKELL. Los principales procesos erosivos en Ecuador con un Mapa del Ecuador a escala 1:1.000.000, PRONACOS-PRONAREG-ORSTOM, Quito, 1984. 30 p.

3 Ibid en anexo.

tensidad erosiva, muy activa y activa, y a la asociación activa y potencial, o sea el 12.1% de la superficie del país. Los 35.8% sobrantes son procesos erosivos de intensidad potencial.

Al completar esta información con la del pequeño mapa adjunto, se evidencia que la Sierra es sin duda alguna la región del país más severamente afectada por la erosión porque en ella predominan las manchas de color negro referentes a las intensidades "muy activa" y "activa". Por otra parte, la asociación "activa-potencial" (achurado vertical), se ubica en los flancos exteriores, tanto occidentales como orientales de la Sierra, en zonas en proceso de colonización agrícola. En cuanto al grado de intensidad potencial, ocupa una superficie notable porque se consideraron no solamente las zonas con presencia humana y de agricultura predominante (en achurado horizontal) sino también las áreas naturales (punteado). Por una parte, corresponde a casi todas las zonas agrícolas de la mitad occidental de la región costanera, y en menor proporción, a las de la Región Amazónica. Por otra parte, se incluyó en este grado de erosión el medio natural forestal de los flancos exteriores de la Sierra, que constituye un ecosistema morfodinámicamente muy frágil.

1.1. LOS PROCESOS EROSIVOS MUY ACTIVOS Y ACTIVOS

Es una situación erosiva muy propia de la Sierra, siendo el proceso dominante, en invierno el escurrimiento que puede actuar solo o asociado con los movimientos en masa, y en verano la erosión eólica.

El escurrimiento difuso se encuentra siempre juntamente con el escurrimiento concentrado; este último reemplazará al primero cuando aumenta la pendiente y en la medida en que las alturas pluvimétricas lo permiten.

En función de los estudios efectuados por PRONACOS-ORSTOM en parcelas experimentales, la intensidad mínima de lluvia que puede originar el escurrimiento es de 10 - 15 mm/hora. Este tipo de proceso afecta, en particular, a las vertientes que rodean las hoyas interandinas, cubiertas por una vegetación natural herbácea y arbústica, discontínua y densamente ocupadas por una agricultura de minifundio (en función de la altura = cereales, tubérculos y leguminosas). El fondo de las hoyas puede ser también erosionado por el escurrimiento cuando presenta un modelado ondulado en colinas.

Las partes superiores y las partes cóncavas 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. 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 superiores a 20%), se pasa a las formas lineales del escurrimiento concentrado: surcos, cuya profundidad es de unos centímetros, cárcavas y quebradillas que a menudo no son 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 cangagua. El escurrimiento concentrado (surcos, cárcavas, quebradillas) corta en forma de U los piroclastos por la profundización vertical y por el ensanchamiento que sufren los táludes por micro-derrumbamientos. Cuando el corte llega a la cangagua 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 las zonas con la presencia de formaciones litológicas caracterizadas por una discontinuidad textural de poca profundidad (60 - 80 cm), debido a una capa superficial arcillosa, el escurrimiento

asocia sus efectos a los de los movimientos en masa. Este tipo de dinamica se localiza en la provincia de Carchi (Bolívar, La Paz), en la parte oriental de la gran Hoya de Quito (desde Cayambe hasta Machachi) y localmente en las provincias de Cotopaxi (subida a los páramos de Zumbahua), de Chimborazo (sur de Riobamba y zonas de Alausí) y de Azuay (sureste de Cuenca). El perfil de las vertientes afectado por este proceso es irregular y la pendiente va desde 15 a 20%. Se presenta en forma de grandes gradas separadas por taludes cuyo desnivel es métrico (hasta 3 - 5 metros). La vegetación característica es natural herbácea discontínua, localmente arbustiva, y sirve de pastizal extensivo.

En verano, predomina la erosión eólica en las zonas caracterizadas, por una parte, por una cobertura piroclástica limo-arenosa, fina a muy fina, y, por otra parte, por una vegetación casi inexistente o discontínua, sea por razones climáticas, sea porque el hombre la destruye para desarrollar actividades agrícolas. Sin duda alguna, es en la región de Palmira donde los efectos eólicos son más impresionantes. A los "rebdous"(4) y "nebkas"(5) se asocian "barkhanes" que son dunas en forma de media luna de 4 a 5 metros de altura, con un ancho de 10 a 20 metros. En ciertos sitios, se puede observar la aproximación de "barkhanes" que provoca una cohesión entre ellos, dando lugar a un nuevo y gran tipo de acumulación llamada dunas transversales. Los "yardangs" (6) "rebdous", "nebkas" y pequeños "yardangs", de altura decimétrica. Se trata de zonas ubicadas en las provincias de Pichincha (desde la Mitad del Mundo hasta Tabacundo, pasando por Malchinguí y Tocachi) y de Chiemborazo (Guayo - Ilapo).

Por fin, se puede indicar la presencia local de zonas con erosión activa en la Costa, sea por escurrimiento (Pedro Carbo, Península de Santa Elena), sea por movimientos en masa (depresión Jipijapa - Portoviejo, cuenca de Chone - Eloy Alfaro y flancos encañonados del río Esmeraldas).

1.2. LOS PROCESOS EROSIVOS ACTIVOS Y POTENCIALES

Se ubican en las partes de los flancos de la cordillera de los Andes donde se localiza una actividad agrícola relativamente importante. Los procesos pueden ser activos o potenciales en función de la antigüedad de la ocupación del suelo por el hombre. Se trata de zonas tradicionales a un lado y otro de los ejes de comunicación, o de zonas en vía de colonización. En forma general, los primeros desmontes se efectúan en los sectores de débiles pendientes (terrazas, glacis, planicies), con una agricultura normalmente diversificada: bosque con arboricultura bajo sombra, pastizales y cultivos de subsistencia. Pero, al progresar hacia arriba, en zonas de pendientes mayores, se aumentan los riesgos de aceleración erosiva por procesos de carácter indiferenciado: movimientos en masa en suelos volcánicos y arcillosos; escurrimiento difuso y concentrado en suelos graníticos, arenosos y limosos; movimientos de gravedad de las pendientes más fuertes.

El diagnóstico de la situación erosiva de estas zonas es por el momento, preliminar e incompleto, por las dificultades de acceso y la escasez de informaciones fotográficas y cartográficas.

1.3. LOS PROCESOS EROSIVOS POTENCIALES

En primer lugar, se analizarán los procesos potenciales que afectan zonas ocupadas, intensiva o extensivamente, por el hombre. Son particularmente significativos en la mitad occidental de la Costa(7) y se desarrollan localmente, bajo la forma de movimientos en masa, dominantes o asociados con deslizamientos y gravedad. En general, sobre los relieves colinados con pendientes que sobrepasan raras veces el 40%, predominan los movimientos en masa. La agricultura se caracteriza por una asociación principal entre una arboricultura tropical y pastizales. Estos últimos son muy susceptibles a los movimientos en masa que se manifiestan por golpes de cuchara, roturas de desgarramiento y lupas de soliflexión, dando a las vertientes un modelado típicamente aborregado. El pisoteo del ga-

4 Acumulaciones arenosas (altura decimétrica) detenidas por la vegetación herbácea.

5 Acumulaciones arenosas (altura métrica) detenidas por la vegetación arbustiva.

6 Micro-relieves esculpidos por el viento.

7 La información referente a la Costa ha sido recopilada en el Departamento de Teledetección y Geomorfología de PRONAREG, gracias al apoyo, en particular de G. Almeida y A. Winckell.

nado se combina con los suelos arcillosos, fácilmente saturados de agua en estación lluviosa, para fomentar este tipo de dinámica. Las zonas afectadas se ubican esencialmente en las partes centrales, meridionales y orientales de las provincias de Manabí y Esmeraldas: Pedernales - Muisne, Punta Galera - Esmeraldas y Río Verde.

Cuando la topografía es más acentuada y constituída por importantes relieves arcillosos o superficies tabulares disectadas, con fuertes pendientes entre 70 y 100%, a más de los golpes de cuchara y de la solifluxión, se pueden observar deslizamientos y movimientos de gravedad. La topografía accidentada y las profundas alteraciones de las rocas constituyen factores condicionantes importantes, así como las fuertes intensidades pluviométricas. Las zonas afectadas se encuentran en el interior de las provincias de Esmeraldas y de Manabí, y también en una franja litoral correspondiendo a los alrededores de Puerto López y entre Bahía y Jama. Felizmente, en razón de la buena protección del suelo proporcionada por la cobertura vegetal forestal, la aceleración de la erosión es todavía limitada.

También en el Oriente existen estos procesos potenciales pero ocupan una superficie menor que en la región costanera. Se ubican en las zonas de colonización, actuando en forma dominante los fenómenos de empobrecimiento físico-químico de los suelos, en asociación con movimientos en masa. La región Amazónica, gracias a la protección eficaz prodigada por la vegetación arbórea densa, es una zona poco susceptible a la erosión. Sin embargo, 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 con los cultivos. No logran su propósito y son los culpables de una degradación ecológica de esta región, de consecuencias erosivas evidentes. 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 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 en forma de terracillas que pueden evolucionar lo almente como deslizamientos.

Por otra parte, se han calificado también como de erosión potencial todas las zonas cuyo medio natural, en general forestal, constituye un ecosistema muy frágil. A pesar de algunos procesos erosivos naturales bien localizados, es un medio en equilibrio. Pero una ruptura antrópica de este equilibrio podría dar lugar a la aceleración y generalización de procesos indiferenciadas (escurrimiento y/o movimientos en masa) cuyas repercusiones podrían afectar las partes bajas de las cuencas costanera y amazónica. Se ha considerado el conjunto de las zonas, sin intervención humana, que conforman los flancos occidentales y orientales de la cordillera, así como también el gran relieve tabular de la provincia de Pastaza, que se caracterizan, entre otros elementos, por sus pendientes abruptas comprendidas entre 70 y 100%.

II. LAS CAUSAS DE LA EROSION EN EL ECUADOR

En el Ecuador, como en cualquier parte del mundo, los factores de la erosión pueden ser definidos, sea como creadores, sea como condicionantes. Los factores climáticos, precipitaciones y viento, son creadores de la erosión; en tanto que las pendientes de los relieves, las formaciones superficiales y el hombre por modificar las características de la vegetación natural, son factores que condicionan la erosión. Sin embargo, cada uno de estos factores no tiene la misma importancia: en el estado actual de nuestro conocimiento erosivo en el Ecuador, se puede intentar distinguirlos dando un papel más predominante a los factores climáticos y al hombre. No obstante su participación erosiva, pueden considerarse a un nivel menor los factores pendientes y formaciones superficiales.

Sin las precipitaciones y el viento, la erosión sería casi insignificante. El factor erosivo creador más agresivo es el agua de las precipitaciones porque actúa en el país con fuertes intensidades e importantes alturas pluviométricas según las regiones, durante casi nueve meses. Durante los tres meses restantes del año, junio - julio - agosto, es el viento el que origina una erosión notable. Por otra parte, el papel condicionante del hombre es fundamental. Con sus actividades agrícolas, sustituye la vegetación natural con una cobertura vegetal, en la mayoría de los casos menos protectora para los suelos. Este proceso significativo desde hace más de 400 años, está acompañado de una serie de prácticas agrícolas que agudizan la discrepancia entre el objetivo productivo y el ideal conservacionista.

No se trata, en cambio, de negar el papel erosivo de las pendientes y de las formaciones su-

perficiales, sino solamente de hacer resaltar la importancia del clima y del hombre. Es muy evidente que cuanto más se acentúa la pendiente tanto más se aumentan los riesgos de intensificación de la erosión. Es verdad, igualmente que el Ecuador en su conjunto presenta una topografía bastante accidentada debido en primer lugar a la imponente barrera montañosa de los Andes y, a un nivel menor, a los relieves de colinas y mesas de las regiones Costanera y Amazónica. Sin embargo, la erosión no se origina sobre estas fuertes pendientes sino que encuentra allí un medio favorable para su continuación. La erosión se inicia en forma general sobre pendientes menos fuertes y con un carácter ya grave.(8). En la Sierra se da el escurrimiento difuso; comienza a partir del 10% de pendiente y rápidamente es reemplazado por el escurrimiento concentrado desde los 20%. Se pueden observar también taludes de erosión de 1 a 3 metros de alto, testigos de la obra conjunta entre el escurrimiento y los movimientos en masa, sobre pendientes de 10 a 15%. Las cuatro parcelas experimentales de escurrimiento de PRONACOS-ORSTOM, ubicados en el Valle de los Chillos, han dado resultados erosivos elevados, comprendidos entre 200 a 500 toneladas de tierra perdida por año y por hectárea, a pesar de tener pendientes no tan pronunciadas, cercanas al 25%.

Igual fenómeno puede suceder con las formaciones superficiales. Sería casi imposible establecer una escala de valor erosivo entre las formaciones en su mayor parte volcánicas, limo-arenosas de la Sierra, y aquellas arcillosas y de arenisca de la Costa y las profundas alteraciones del Oriente. En condiciones naturales casi idénticas, una formación superficial puede ser más resistente a la erosión que otra, por sus características de estructura y textura. Pero, con el impacto agrícola no conservacionista del hombre, la erosión intervendrá sobre ambas. A pesar de que podrá desarrollarse con menor intensidad sobre la primera, ya se inició el problema que es irreversible si no se toman medidas adecuadas de control. La quema de vegetación, el sobrepisoteo, el uso demasiado intensivo casi sin rotaciones de los suelos alofánicos, naturalmente bien estructurados, producen, poco a poco, la misma situación erosiva que en los suelos limo-arenosos, más frágiles, de las cuencas interandinas.

Podría también resultar problemático querer hacer una correlación sistemática entre formaciones limo-arenosas y escurrimiento o entre materiales arcillosos y movimientos en masa. Puede existir una tendencia correlativa general, pero muchas veces se introducen variaciones hasta contradictorias, debido a las características de la pluviometría y de la vegetación artificial. Por ejemplo, los profundos suelos negros y arcillosos de la zona de Portoviejo (Tosagua - Rocafuerte), están afectados por un fuerte escurrimiento en quebradas y quebradillas porque están, desde algunos años, mal cubiertos por cultivos erosivos (algodón y maíz) y sometidos a condiciones climáticas caracterizadas por fuertes intensidades (50 a 60 mm/hora durante 30 minutos) y por precipitaciones anuales débiles (apenas 500 mm/año).

A continuación, se analizará en particular el papel de los factores climáticos y del hombre.

2.1. LOS FACTORES CREADORES: PRECIPITACIONES Y VIENTO

En forma general, pueden caracterizarse las precipitaciones por su altura pluviométrica sobre intervalos de tiempo bastante largos (días, meses o años) expresada en milímetros y por su intensidad que corresponde a la altura pluviométrica caída durante tiempos relativamente cortos (desde unos minutos a varias horas), definida en milímetros por hora (mm/h). La primera de estas características está más relacionada 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, que pueden también existir en las zonas afectadas por los movimientos en masa en el caso de tener fuertes alturas e intensidades de precipitaciones. Los estudios cuantitativos realizados en la Sierra en parcelas experimentales, demuestran claramente las relaciones estrechas entre la erosión del suelo y la intensidad pluvial, al crecer sistemáticamente y de manera paralela ambos parámetros. Los resultados alcanzados hasta la fecha permitieron determinar que la intensidad máxima de precipitación durante 30 minutos es fundamental.

Sobre el mapa adjunto, se han trazado para todo el país las principales isolíneas de inten-

---

8 Ver a continuación el artículo de I. Grégoire y G. Trujillo (Capítulo referente a las pendientes).

sidad de precipitación durante 30 minutos y de frecuencia mediana(9). Se puede observar que estas isolíneas tienen una orientación norte-sur y, en cuanto a la importancia de su papel erosivo, pueden hacerse los comentarios siguientes:

● **Precipitaciones:**

● En la zona costera, las intensidades I/30 varían desde menos de 60 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 discontínua como en las zonas secas y semiáridas 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 1.000 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 los 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 el 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 2.500 mm, asegura una buena protección vegetal del suelo.

● **Viento:**

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 (Malchinguí), del Callejón Interandino.

● **Cultivos y vegetación:**

— La Sierra ha sido y sigue siendo 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 cultivos que generalmente cubren mal el suelo y por prácticas agrícolas frecuentemente inadecuadas que favorecen la pérdida de tierra.

— 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, es la de la cebada, de la papa y del haba. Más arriba de los 3.600 m, se encuentra una formación herbácea natural —la STIPA ICHU— denominada el páramo, que da, al contrario de los cultivos antes mencionados, una buena protección vegetal al suelo. Sin embargo, desde la reforma agraria, el impacto del hombre sobre este medio y consecuentemente los problemas erosivos se acentúan.

---

9 **Este estudio ha sido posible gracias al concurso de J. F. NOUVELOT, hidrólogo de la ORSTOM, y se efectuó a nivel nacional, a base de 25 estaciones pluviométricas de referencia.**

- 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, arbustiva con cactus. La actividad agrícola se encuentra bajo riego (caña de azúcar, hortalizas y frutales) cuyo mal uso, en algunas zonas, puede favorecer artificialmente el escurrimiento.

— La cobertura vegetal de la Costa es mucho más protectora para el suelo a excepción de una pequeña franja litoral, aproximadamente desde Portoviejo hasta Guayaquil, cubierta por una vegetación xerofita 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 vegetación natural arbórea.

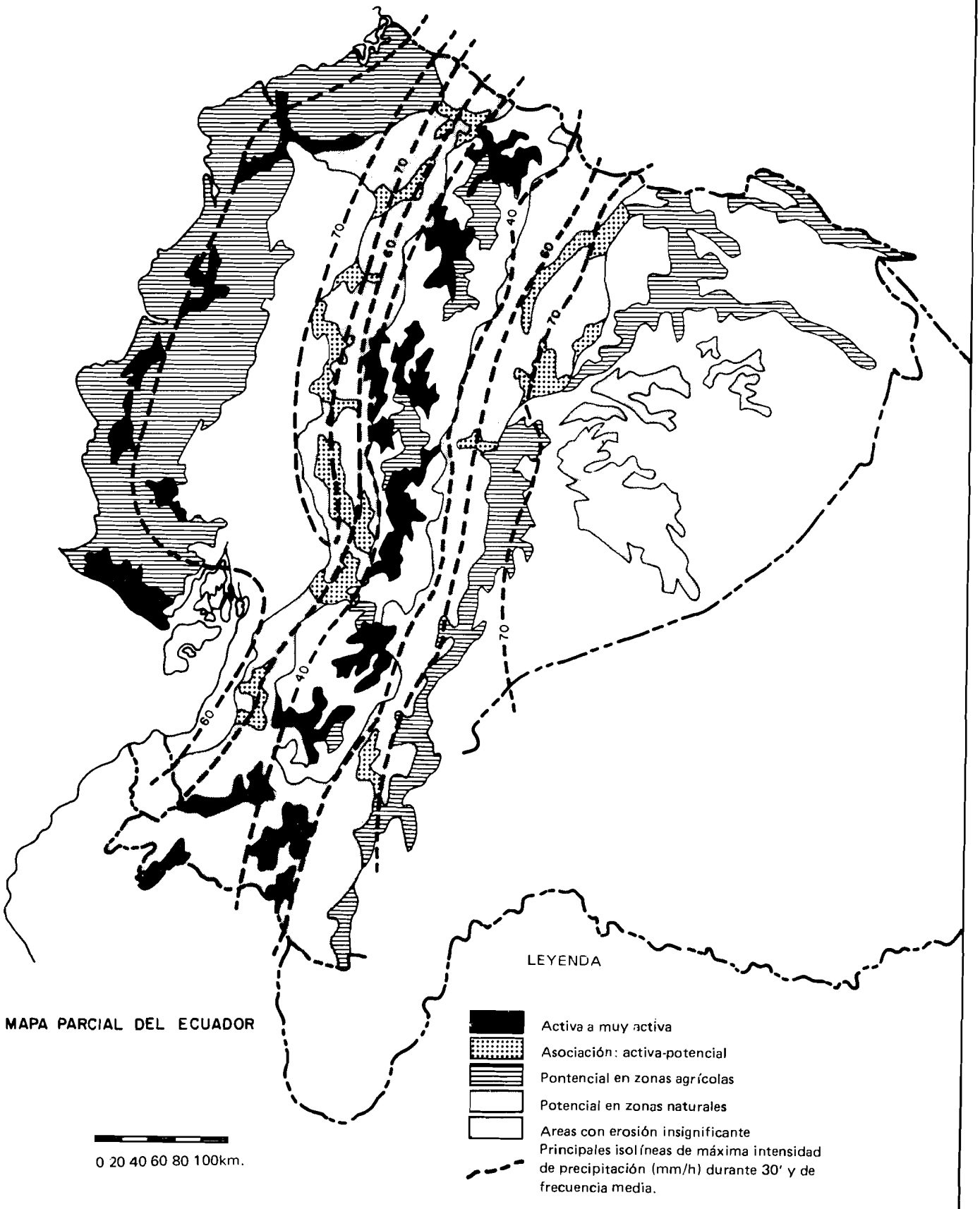
Sin embargo, zonas como la de Pedro Carbo y la parte sur de la cuenca de Chone (Tosagua - Rocafuerte) fueron objeto de otro tipo de valorización agrícola (algodón y maíz) que se traduce actualmente por una aceleración notable de la erosión.

— Son la cuenca Amazónica y los flancos exteriores de las dos cordilleras 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 tiende a acelerar la erosión de los suelos.

En cambio, se puede volver a insistir sobre la magnitud del problema erosivo a nivel nacional, presentando la Sierra el panorama más dramático y revelando progresivamente el Oriente y sobre todo la Costa, riesgos eminentes de agudizamiento de este proceso. El hombre es, sin duda alguna, el actor principal de esta situación, el culpable y la víctima. A pesar de que se inició una obra valiosa de concientización hacia la conservación de los suelos gracias a la dedicación de algunas instituciones como PRONACOS, es aún muy temprano para notar modificaciones en el campo. En las zonas de vocación agrícola tradicional, el hombre sigue empleando prácticas de cultivo generalmente inadecuadas y parece haber olvidado el sistema productivo y conservacionista de las sociedades prehispánicas. Una de las mayores evoluciones desde hace poco tiempo, es la introducción de una mecanización muy destructora de los suelos. En las zonas agrícolas nuevas, el hombre destruye irracionalmente los bosques, sustituyéndolos por pastizales sometidos a un sobrepisoteo no controlado.

Figura No. 1

PRINCIPALES ZONAS EROSIONADAS EN EL ECUADOR SEGUN SU GRADO DE INTENSIDAD



BIBLIOGRAFIA

G. ALMEIDA, G. de NONI, J. F. NOUVELOT, G. TRUJILLO, A. WINCKELL Los principales procesos erosivos en Ecuador, con un mapa del Ecuador a Escala e:1:1.000.000, PRONACOS, PRONAREG - ORSTOM - Quito 1984 - 30 p.

G. de NONI, J. F. NOUEVELOT Los principales procesos erosivos en Ecuador. PRONACOS - UNESCO Quito - 1983 - 11 p.

G. de NONI, J. F. NOUVELOT, G. TRUJILLO. Estudio cuantitativo de la erosión con fines de protección de los suelos. Las parcelas de Alangasí e Ilaló, por publicarse en Documentos de Investigación de CEDIG - Quito - 1985, 15 p., 3 fig.

Mapas de Suelos de la Sierra y del Oriente. Departamento de Edafología de PRONAREG y ORSTOM, respectivamente a Escala 1:50.000 y 1:500.000.

Mapas de uso actual y paisajes vegetales de la Sierra, Departamento de Geografía de PRONAREG y ORSTOM, a Escala 1:200.000.

Mapas morpho-pedológicos y de aptitudes agrícolas de la Costa. Departamento de Geomorfología y Teledetección de PRONAREG y ORSTOM, a Escala 1:200.000.

BREVE VISION HISTORICA DE LA EROSION EN EL ECUADOR

Georges DE NONI

(Geógrafo Físico del ORSTOM, Misión en el Ecuador, Apartado 6596 CCI - Quito).

RESUME:

La Sierra constitue, en conditions naturelles, un milieu morphodynamique en équilibre fragile. Très tôt, les sociétes préhispaniques y ont développé une utilisation "micro-verticale" des versants, relativement conservatrice et productive. La conquête espagnole puis, plus récomment, la réforme agraire, ont contribu1 à accélérer l'érosion (nouvelles activités et pratiques agricoles, relocalisation du minifundio en altitude). L'impact de l'nomme sur le milieu s'est impose, jusqu'à nos jours, comme le facteur conditionant principal d'erosion.

RESUMEN:

La Sierra constituye, en cuanto a condiciones naturales, un medio morfodinámico en frágil equilibrio. Muy pronto, las sociedades prehispánicas desarrollaron allí una utilización "micro-vertical", de relativa conservación y producción, de las pendientes. La conquista española,después la reforma agraria más recientemente, han contribuido a acelerar la erosión (nuevas activiaddes y prácticas agrícolas, reubicación del minifundio en altura). El impacto del hombre sobre el medio ha llegado a ser hasta nuestros días, el principal factor condicionante de erosión.

ABSTRACT:

The Sierra region, as for natural conditions, is a morphodynamic in breakable equilibrium environment. Very early, the prehispanic societies developped there a "micro-vertical" use of the slopes, relatively conservative and productive. The Spanish conquest later and the Agrarian Reform more recently contributed to accelerate erosion (new activities and agricultural practices, minifundium relocation in altitude). The human impact on the environment has become until now the main conditioning factor of erosion.

Es un hecho admitido casi universalmente que en la historia de los pueblos la aparición de la agricultura constituye el punto principal de inicio del progreso de las civilizaciones, que permitió la sedentarización de los grupos humanos y el desarrollo de otras actividades. Sin embargo, al conquistar nuevas tierras para la agricultura, se aumentan de manera concomitante los riesgos de aceleración antrópica de la erosión de los suelos.

La erosión ha existido siempre porque es el resultado ineluctable del contacto entre las capas superficiales de la corteza terrestre con los 3 grandes conjuntos formados por la atmósfera, la biosfera y la hidrósfera. Es un fenómeno dinámico cuya intensidad puede variar desde un ritmo normal hasta el más acelerado. Sin duda alguna, el hombre, al cambiar las características de la cobertura vegetal, en particular para fines agrícolas, puede convertirse en el principal factor de variaciones de intensidades de la erosión, en función del carácter conservacionista o erosivo de los cultivos y prácticas agrícolas empleadas.

El Ecuador y en particular la Sierra, región naturalmente muy susceptible a la erosión por sus características naturales, constituye un ejemplo significativo de este dualismo entre la agricultura conservacionista de las sociedades precoloniales y la de los españoles que importaron una agricultura muy vulnerable a la erosión. Por esta razón, se puede pensar que la grave situación erosiva actual de los suelos del país no es solamente el reflejo de una evolución normal y milenaria sino en gran parte el resultado antrópico de un pasado heredado de la época colonial, que últimamente ha sido continuado por la reforma agriaria.

I. NACIMIENTO DE UNA AGRICULTURA PRODUCTIVA Y CONSERVACIONISTA.

Durante la época precolonial, el habitante de lo que hoy es el Ecuador "inventó" y estructuró una agricultura bien adaptada a las condiciones andinas. Los períodos principales que caracterizan esta adaptación fueron:

- Entre 10.000 hasta aproximadamente 1.000 - 500 años antes de Cristo (a.d.C.), tiempo en que nace la agricultura •
- Los 2000 años que precedieron a la conquista hispánica durante los cuales se desarrolló una agricultura basada en el uso comunitario del suelo en diferentes pisos ecológicos, bastante productiva y conservacionista.

1.1. LOS PRIMEROS PASOS.

En el Ecuador, las primeras huellas de una agricultura incipiente se encuentran en las manifestaciones del modo de vida de los primeros hombres que ocuparon el suelo. Ciertas investigaciones arqueológicas, aún hipotéticas y controvertidas (1), como las llevadas a cabo en algunas zonas de la Sierra (Ilaló (2), Alangasí, Otavalo, Punín), ubican la llegada del hombre al país durante el período comprendido entre 40.000 y 25.000 a.d.C. Sin embargo, el pasado prehistórico comienza a ser más conocido a partir de 10.000 años a.d.C., época en que se multiplican en el Ecuador, como en los otros países andinos, los sitios de habitat, hecho favorecido por los cambios climáticos del fin del último período glaciar y consecuentemente también de la vegetación, que permitieron un desarrollo más satisfactorio de la vida humana.

Durante el período denominado "Precerámico" (10.000 - 4.000 a.d.C.), aparecen los sitios prehistóricos de habitat, tanto en la Sierra como en la Costa y en el Oriente (3). Es el período del cazador - recolector adaptado a la vida silvestre. Casi al mismo tiempo y en forma paulatina aparecen las primeras huellas de una agricultura incipiente, como lo hace notar Michel Portais (4). Entre 8.000 y 4.000 a.d.C. ante la escasez progresiva de los grandes animales algunas mujeres se pusieron a recolectar ciertos granos que se volvían comestibles mediante cocción. Las más intiligentes observaron entonces la fecundación de los granos, participando así en la aparición de la agricultura.

Durante el período siguiente, llamado "Formativo" (entre 4.000 y 1.000 - 500 años a.d.C), esta evolución hacia una agricultura sedentaria va confirmándose. Está marcada por un proceso sin duda difícil y titu-

1 Historia del Ecuador, Ed. Salvat, Quito 1981 - No. 53 pp. 49-55

2. Bonifaz E., Cazadores prehistóricos del Ilaló, Varela 120 Quito 1979 - 115 - p.

3. Porras P., Arqueología del Ecuador, Ed. Gallocapitán - Quito 1984 - 3ra. edic. pp, 38 - 55.

4. M. Portais, N. Gómez, y p. Deler: El manejo del Espacio en el Ecuador - etapas claves, CEDIG, Quito, 1983, p. 14.

beante, de recolección y domesticación de las plantas silvestres. Parece que la región costanera fue el lugar privilegiado de las experimentaciones agronómicas, como lo atestiguan los maravillosos restos arqueológicos de las culturas Valdivia, Machalilla y Chorrera.

En la Sierra, este período es menos conocido. Pero, esto no significa que no haya sido tan próspero como en la Costa, pues las actividades volcánicas y sísmicas de los Andes pudieron haber borrado las huellas de muchos sitios de habitat. Por ejemplo, para Cotocollao, al Norte de Quito, uno de los raros sitios serranos "del Formativo", que fue fosilizado por erupciones volcánicas del Pichincha, el Padre P. Porras (5), nota lo siguiente: "Hay evidencia del cultivo del maíz por parte de los habitantes del poblado, aunque la relativa escasez de piedras de moler y de sus respectivas manos, parecen indicar que el énfasis estaba en otro producto que acaso pudo ser la papa. No se excluye el consumo de otros tubérculos propios de la zona. . ."

En resumen, desde el "Precerámico" hasta el fin del "Formativo", nace la agricultura de los cereales, en particular del maíz, pero también de los tubérculos y de las cucurbitáceas. No se tiene información sobre la práctica de la ganadería, pero se pueden destacar posibles ensayos para domesticar a los camélidos y especialmente a las llamas. En forma general, se puede pensar que el "invento" de la agricultura en los Andes ecuatorianos no favoreció la aceleración de la erosión por las dos razones siguientes:

- La densidad de población debió ser muy débil; O. Dullfus (6) menciona un número no mayor de 10 hatantes por 100 km2 para el período entre 10.000 y 5.000 años a.d.C.
- Las prácticas agrícolas no debieron ser erosivas, pues se basaban en una agricultura primitiva que casi no afectaba a la estructura superficial del suelo, dejando la vegetación a ras del mismo.

1.2. LOS 2.000 AÑOS ANTES DE LA CONQUISTA ESPAÑOLA.

Este período (7) que se extiende desde el fin del "Formativo" hasta la conquista hispánica, se caracteriza por un desarrollo de la agricultura debido a un importante crecimiento demográfico (8). La Sierra fue el lugar privilegiado de esta evolución por la aparición de nuevos cultivos y prácticas agrícolas bien adaptadas a las condiciones topográficas y climáticas de los Andes.

Este desarrollo agrícola, muy notable en el último milenio, se basó en una estrategia espacial para dominar el medio geográfico. U. Oberem (9) la calificó de micro-verticalidad porque consiste en un control altitudinal de varios pisos ecológicos, aprovechando así la diversidad de microclimas en distancias muy cortas de la Sierra. Esta permitió a los grupos humanos, por una parte diversificar los tipos de cultivos en áreas restringidas y bajo su propio dominio, como es el caso de los pisos del maíz (2.400 m) y de la papa (por encima de 3.200 m.) y, por otra, efectuar intercambios de poca o larga distancia cuando no tenían acceso a un tipo de cultivo. J.S. Atens (10), en su estudio sobre los Caras ubicados entre los ríos Guayllabamba y Chota, hace notar que explotaron zonas ecológicas múltiples de alturas diferentes. Además, elaboró un cuadro (11) de las plantas utilizadas en la zona Cara y registradas en las fuentes del siglo XVI. La lista de plantas es impresionante y se compone de 25 especies distintas, lo que prueba la diversidad de cultivos y la importancia de los intercambios ya que de las plantas enumeradas, algunas no corresponden a los pisos ecológicos de la zona Cara.

También F. Salomón (12) atribuye a esta estrategia espacial el desarrollo regional alcanzado por los seño-

5. Op. cit., p. 95.

6. El reto del espacio andino - I.E.P. Lima - 1981 - 141 - p. 71

7. En realidad, los arqueólogos distinguen 3 períodos "desarrollo regional" (1.00-500 adC - 500 d J.C.) (integración" (500 d JC-fines del siglo XV), finalmente desde la conquista Inca hasta la llegada de los españoles en el siglo XVI

8. "Las zonas de fuerte densidad debieron haber correspondido en el siglo XV, más o menos a las zonas actuales de fuerte densidad rural". M. Portais, Op. Cit., p. 38.

9. El acceso a recursos naturales de diferentes ecologías en la Sierra ecuatoriana (siglo XVI) - Pendoneros Otavalo 1981 - pp. 45 - 72.

10. El proceso evolutivo en las sociedades complejas y la ocupación del período tardío-cara en los Andes Septentrionales del Ecuador. Pendoneros - Otavalo 1980 - 307 p.

11. Ibid p. 120

12. Los señoríos étnicos de Quito en la época de los Incas. Pendoneros, Otavalo 1980 - 322 p.

ríos o jefaturas del norte andino, que agrupaban varios ayllus o grupos de parentesco y que habían organizado intercambios entre el núcleo central situado en zona templada donde se cultivan maíz y tubérculos y las tierras cálidas de los valles occidentales provistas de ají, coca y madera.

Para establecer este sistema agrícola micro-vertical, el campesino de la época se encontró ante el problema del control de las fuertes pendientes del relieve serrano. Resolvió dominar la naturaleza con la construcción de terrazas de cultivos, que fueron una de las formas más notables de preparación del terreno. Esta práctica, realmente nueva, permitió evitar una erosión acelerada y favoreció, de manera concomitante, una mayor infiltración del agua de lluvia, lo que mantuvo una humedad más constante de los suelos. Además, las comunidades agrarias aprovecharon a menudo el trazo de las terrazas según las curvas de nivel para instalar un sistema paralelo de riego. Así se pudo lograr un control bastante satisfactorio, no solamente de las pendientes sino también del agua (13). Entre la línea equinoccial y la frontera colombiana actual, los estudios de P. Gondard y F. López (14) han permitido el reconocimiento de 47 sitios que representan más de 2.500 ha. de terrazas antiguas; 23 de estos sitios están todavía ocupados y se hallan irrigados. También en la Sierra meridional se encuentran sitios de terrazas. Personalmente, observé terrazas antiguas en las provincias de Cotopaxi y Chimborazo, siendo las más características de esta última las ubicadas en los alrededores de la Laguna de Colta y en las zonas de Punín - Flores y Alausí. Más al Sur, D. Collier y J. Murra (15) informan también sobre la presencia de terrazas, en el valle alto del Jubones.

A pesar de la buena calidad de los suelos volcánicos y de haber resuelto los problemas más importantes de control de pendientes y de agua, los campesinos de entonces no descuidaron la fertilidad de los suelos, mediante el empleo de abonos y la práctica de rotaciones. R. A. DONKIN (16), en su análisis de la agricultura prehispánica, hace referencia a la siguiente observación del cronista Cieza de León (1518-1560): "El tamaño del maíz a la cosecha en las hoyas dependía del uso del guano, transportado en la Sierra por las llamas, y donde también se usaba excrementos humanos secados y pulverizados". Otros cronistas mencionan también el uso casi corriente del abono de los camélidos. En cuanto a las rotaciones, el mismo R. A. Donkun (17) describe que en el piso de los tubérculos se cultivaba en primer lugar la papa, pero también la oca (oxalis tuberosa), el ullucu (ullucus tuberosus) y la aña (tropocalum tuberosum). Después de estos cultivos, se sembraban quinoa (chenopodium quinoa), cañahua (chonopodium pallidicaule), y se dejaba al suelo en barbecho durante 3 a 8 años.

En cambio, no evolucionaron mucho las técnicas de labranza, lo que favoreció a la conservación de una buena estructura superficial de los suelos. El trabajo, muy intensivo en mano de obra, no empleaba animales y se basaba en el uso de una herramienta casi única, denominada chaqui-taclla. Era un bastón de madera curvado, de 1 a 2 metros de largo, que se podía manipular con la fuerza de los brazos y de una pierna y que servía de manera muy rudimentaria para arar el suelo, sembrar y cosechar. Este tipo de labranza caracterizado por un laboreo superficial y un apisamiento imperfecto del suelo, estaba bien adaptado a las condiciones accidentales del relieve serrano. Además, se practicaba una especie de labranza mínima, al deshierbar muy poco el suelo, lo que limitaba más todavía la acción de la erosión.

El fin de este período está marcado por la conquista inca. Su dominación en Ecuador fue relativamente corta, apenas unos 70 años, y no trajo mayores cambios a la agricultura. Al contrario, los Incas favorecieron la expansión en la montaña ecuatoriana de los tipos de cultivos y prácticas agrícolas ya desarrollados y promocionaron principalmente la ganadería de las llamas.

---

13. En las partes planas susceptibles a inundaciones, se logró también este tipo de control con la técnica de los camellones, similar a los actuales chinampas mexicanas.

14. Inventario arqueológico preliminar de Los Andes Septentrionales del Ecuador PRONAREG-ORSTOM. Con el auspicio del Museo del Banco Central - Quito 1983 - 274 p.

15. Survey and excavation in Southern Ecuador, anthropological series of the field museum of natural history, 35, Chicago, 1943.

16. Agricultural terracing in the aboriginal New world viking fund publications in anthropology - 56 Tucson Arizona, 1979- p. 2

17. Ibid p. 13.

Durante este período, los hombres alcanzaron conocimientos agronómicos muy notables, cuyo elemento principal fue el uso micro vertical y conservacionista de diversos pisos ecológicos. Pudieron así obtener rendimientos bastante satisfactorios y bien diversificados, sin descuidar los principios fundamentales de conservación y fertilidad de los suelos, La estructuración de este sistema agrícola, muy exigente e intensivo en mano de obra, fue posible sin duda alguna gracias al carácter colectivo de la propiedad y de la fuerza de trabajo.

II. DEGRADACION DE LOS CONOCIMIENTOS AGRICOLAS PRECOLONIALES.

En nuestro siglo XX, la agricultura serrana se encuentra en crisis; el campesino de hoy parece desorganizado frente a su entorno geográfico y haber olvidado las bases del antiguo equilibrio "producción-consumo" establecido por las comunidades precoloniales, fruto de una especie de simbiosis entre las estructuras socioeconómicas e ideológicas y la naturaleza. Las relaciones actuales entre el hombre y el medio ambiente se plantean más en términos de lucha y adversidad que de adaptación conservacionista, convirtiéndose la erosión en uno de los aspectos mayores de degradación de los recursos naturales y en particular del suelo. En esta situación se puede pensar que la aceleración de este fenómeno es herencia, en gran parte, de la época colonial, lo que se ha confirmado más recientemente, desde que se inició en 1964 la reforma agraria. La Sierra continuó siendo el escenario principal de estos acontecimientos.

2.1. LA CONQUISTA ESPAÑOLA

El complejo sistema agrícola de los indígenas se destruyó con la llegada de los conquistadores. Sin querer rehacer el relato histórico de la conquista, se analizarán a continuación los 3 hechos principales que parecen haber favorecido esta especie de amnesia que sufriera el campesino en materia de manejo y conservación del suelo andino.

Hay consenso casi general entre los cronistas e historiadores, en comprobar una fuerte disminución de la población indígena a causa de la conquista española. Esta decadencia poblacional ha sido analizada para el Ecuador especialmente por LARRAIN BARROS (18). En su libro, (19) se refiere a una correspondencia entre el cronista indio Guamán Poma de Ayala y el Rey Felipe III en los siguientes términos: "Sacra católica majestad: dijo que en ese Reino se acaban los indios y se han de acabar; desde aquí a veinte años no habrá indio en este Rieno de que se sirva su corona real y defensa de nuestra Santa Fe Católica". Larrain Barros en este mismo estudio (20) emite siempre la hipótesis de que la encomienda de Otavalo pudo haber pasado de 37.600 personas en 1534 a 9.400 personas en 1549. También J.P. Deler (21) reflexionó sobre el tema y, al analizar el número de tributarios (hombres de 18 a 50 años) en las ciudades de Quito, Cuenca, Loja, Zamora, Quijos, comprobó que había pasado de 82.383 tributarios en 1557-1561 a 31.035 en 1591-1608. Los malos tratamientos a los indígenas (trabajos obligatorios o mitas, transporte de cargas pesadas, migraciones regionales) y todo una serie de epidemias traídas del viejo mundo, fueron las causas principales de este dramático descenso demográfico.

La población indígena que sobrevivió, fue sometida, a partir de la segunda mitad del siglo XVI, a un proceso bastante rápido de reagrupamiento o "reducciones". Consistió en concentrar los ayllus en un mismo lugar que se denominaron los "pueblos de indios". Los indígenas de las reducciones eran confiados a "un encomendero" encargado de evangelizarlos pero sobre todo de explotar su fuerza de trabajo y percibir sus tributos. En el Ecuador (22), se contaban 81 encomiendas en 1573 y 156 en 1591. Se puede opinar que las reducciones fueron al comienzo una estrategia exlusivamente guerrera para sujetar una población indígena dispersa y autó-

---

18. **Demografía y asentamientos indígenas en la Sierra Norte del Ecuador en el siglo XVI - Pendoneros - Otavalo - 1980 - 223 p.**

19. **Ibid. p. 29.**

20. **Ibid p. 126**

21. **Genèse de l'espace équatorien. Essai sur le territoire et la formation de l'état national-IFEA Paris - 1981 - p. 42.**

22. **M. Portais. op. cit. p. 83.**

noma, pero cuyas bases serán utilizadas posteriormente para afirmar los intereses agrícolas de los conquistadores.

Los conquistadores, ávidos de riquezas para la Corona, buscaban "el dorado". Pero después de algunos intentos en la Sierra (Cuenca-Gualaceo) y en los piedemontes andinos (Zaruma, Zamora y Macas,), frente a la escasez del metal precioso, prefirieron orientarse hacia un uso agrícola del suelo, cuya fertilidad calmó rápidamente sus deseos. Para conquistar este "nuevo dorado" agrícola, importaron una tradición de uso de suelo, radicalmente distinta de la estructurada por las comunidades precoloniales. En primer lugar, hay que mencionar la introducción de nuevos cultivos provenientes de España, tales como árboles frutales (cítricos, manzanas, durazno, albaricoque, vid), hortalizas (col, cebolla, zanahoria, arveja, lechuga, etc.) y sobre todo cereales (trigo, cebada y avena). También incrementaron en forma muy notable lo que constituyó un verdadero "choque socio-agrícola" en el campo precolonial, el uso ganadero de caballos, bovinos, porcinos y sobre todo de ovejas. Para poder desarrollar estas nuevas producciones, los conquistadores impusieron sus propias concepciones de la agricultura. Por una parte, instalaron el sistema privado de la tierra, considerándola más en su dimensión horizontal que vertical, mientras que para los indígenas era un sistema colectivo y complementario. Por otra parte, generalizaron el uso de la tracción animal, práctica extensiva en cuanto a la mano de obra y uniforme por la repetición de operaciones idénticas, en oposición a la agricultura indígena, intensiva y diversificada.

Esta nueva agricultura se implementó en las principales hoyas interandinas, alrededor de las principales ciudades, cuya expansión fue muy notable durante este período. El uso de plantas erosivas tales como trigo, cebada, avena; el arado más profundo del suelo trazando frecuentemente surcos en sentido de la pendiente; la práctica más sistemática del deshierbe y de rotaciones más cortas, entre otros factores, provocaron una aceleración de la erosión.

El mapa (23) de los principales procesos erosivos en el Ecuador nos muestra que estas zonas son las más erosionadas y que actualmente muchas han sido algunas abandonadas. Las hoyas de Quito (Chillos, Mitad del Mundo) y las de Latacunga y Riobamba, desafortunadamente constituyen ejemplos significativos. Además la ganadería, en especial la crianza de ovejas, se convirtió en uno de los elementos principales del paisaje andino, a partir de las márgenes cultivadas de las hoyas hasta los páramos. En gran parte, esta ganadería estaba en manos de los conquistadores para los obrajes textiles y localmente pertenecían a algunos grupos indígenas, desorganizados y refugiados en las zonas aisladas de altura. El sobrepisoteo no controlado sobre tierras donde hasta entonces no se había practicado ganadería y el desbroce de las partes boscosas de las vertientes, favorecieron también la aceleración de la erosión como lo atestigua, por ejemplo, la fuerte erosión eólica actual que afecta a los páramos del Chimborazo. A fines del siglo XVI, se estimaba (24) entre 1.200.000 a 2.000.000 el número de cabezas de ovejas entre Ibarra y Alausí.

En apenas algunos decenios, la baja demográfica, las reducciones de los indios, la importación de una nueva agricultura, provocaron la ruptura de los lazos ancestrales entre el indígena y su entorno geográfico y consecuentemente una degradación de los conocimientos agrícolas precoloniales. Este dominio forzado sobre el hombre, se amplió rápidamente a la tierra y se caracterizó por la formación de las haciendas, en manos de una aristocracia civil o eclesiástica, muy reducida, pero cuyo papel fue predominante durante casi 400 años, hasta 1964.

2.2. LA REFORMA AGRARIA.

De acuerdo con el censo de 1954 (25), la tenencia de la tierra se caracterizaba por el monopolio de las haciendas: las de más de 100 has. representaban el 1,16% de las explotaciones agropecuarias y eran dueñas del 63,9% de las tierras. La organización laboral de la hacienda, directamente heredada de la conquista, se basaba en la utilización de la fuerza de trabajo de los indígenas que, en cambio, usufructuaban una pequeña parte de sus tierras. El huasipunguero, ejemplo significativo de estas cargas, tenía que trabajar 4 a 6 días semanalmente en la hacienda para poder cultivar un lote de terreno.

---

23. G. Almeida, G. de Noni: Los principales procesos erosivos en el Ecuador - MAG-ORSTOM - Quito - 1984 - 30 p.

24. N. Gómez op. cit. p. 144.

25. F. Velasco - Reforma Agraria y movimiento campesino indígena de la Sierra - Ed. El Conejo - Quito 1983 p. 43.

El 11 de Julio de 1964, la Junta Militar expidió la Ley de la Reforma Agraria, reconociendo a los huasipungueros el derecho de acceder a la propiedad privada y aboliendo de esta manera las relaciones de sujeción entre la población indígena y los terratenientes. No obstante su voluntad indiscutible de querer beneficiar a los campesinos, la reforma agraria tuvo, al contrario, la tendencia de confirmar y acentuar la degradación generada por la conquista. Fue una respuesta política frente a la creciente oposición de la población campesina, pero sin los medios suficientes para difundir el asesoramiento técnico y financiero indispensable para su realización en el campo. De esta manera, no permitió al campesino, por fin libre, reconstruir el sistema agrícola precolonial. Por una parte, las tierras entregadas, eran muy pocas, de bajo potencial agrícola y ubicadas en un solo piso de altura, sistema opuesto al de la micro verticalidad; por otra parte, se insistió en el carácter privado e inalienable de estas nuevas tierras, dejando de lado el ideal colectivo precolonial.

En forma general, favoreció "una minifundización" de las zonas altas y consecuentemente un uso cada vez más intensivo del suelo sobre un medio morfodinámicamente frágil, perpetuando así la problemática erosiva en el Ecuador.

Se puede ilustrar nuestro propósito con el estudio realizado por C. Farga y J. Almeida (26) en la hacienda "La Estancia" provincia de Imbabura. Esta hacienda tenía una extensión de 1.394,36 has. En 1965 se concretó la reforma agraria con la entrega de 209,97 has. a 35 huasipungueros. La mayoría de ellos recibió lotes entre 3 y 6 has. ubicados generalmente en sitios altos y laderosos. Sin embargo, las tierras entregadas se volvieron rápidamente insuficientes para permitir la reproducción de las familias campesinas que se vieron obligadas a parcelar más sus propiedades. El agotamiento de la fertilidad y la erosión de los suelos fueron el resultado de este proceso, más acentuado todavía por la rugosidad del relieve.

Es igualmente demostrativo el ejemplo analizado por R. Santana (27) en la parroquia de Cangahua. Las tierras de los ex-huasipungueros fueron ubicadas entre 3600 y 3800 m, en sitios accidentados y de fuertes pendientes. Lo exiguo de las tierras entregadas ogligó a los campesinos a acortar los tiempos de rotación entre papa, haba, quinua, usando muy intensivamente el suelo y provocando en consecuencia una fuerte erosión irreversible. En el curso de 25 años, casi la totalidad de la capa superficial había desaparecido.

La conservación del medio ambiente y, en particular del recurso suelo, es uno de los problemas que mayor interés despierta en la actualidad, a nivel mundial. Se estima que las tierras cultivadas del globo pierden en peso un excedente de 23 billones de toneladas en relación a las nuevas tierras formadas por pedogénesis. Este fenómeno es por lo tanto de una gravedad extrema y se vuelve más agudo en algunas partes del mundo, como es el caso del Ecuador.

Algunos de estos países se adelantaron en la lucha anti-erosiva y tienen valor de ejemplo para los que han comprendido más recientemente este problema. Las prácticas conservacionistas recomendadas se basan, en forma general, en algunos principios bastante similares en los diversos países: cultivos según las curvas de nivel, terrazas de varios tipos, labranza mínima, etc.

Sin embargo, la historia del Ecuador nos enseña que las sociedades prehispánicas, entre 500 aJC y 1.000 dJC, conocieron estos principios. Parece por lo mismo que la conservación de los suelos no tiene que ser de modo sistemático, algo altamente tecnológico y basado sobre experimentaciones sofisticadas sino que puede inspirarse, de manera útil, en la experiencia histórica de las comunidades campesinas. Estudiar los diferentes tipos de cultivos y prácticas agrícolas tradicionales, y analizar las causas de su evolución, pueden aportar elementos fundamentales para reforzar la lucha anti-erosiva en beneficio de las futuras generaciones.

---

26. Campesinos y haciendas de la Sierra Norte - Pendoneros - Otavalo 1981 p. 85 a 141.

27. Campesinado indígena y el desafío de la modernidad. CAAP, Quito, 1983, p. 28.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA G, DE NONI .: Los principales procesos erosivos en el Ecuador MAG-ORSTOM, Quito 1984, 30 p. 30 p.

ANTHENS J.S.: El proceso evolutivo en las sociedades complejas y la ocupación del período tardío-cara en los Andes Septentrionales del Ecuador - Pendoneros - Otavalo - 1980 307 p.

BONIFAZ E: Cazadores prehistóricos del Ilaló, Varela 120, Quito, 1979 - 115 p.

COLLIER T, MURRA J: Survey and excavation in Souther Ecuador, outh series of the field museum of natural history, 35, Chicago, 1943.

DELER J. P.: Génese de l'espace équatorien. Essai sur le territoire et la formation de l'etat national, IFEA - Paris - 1981 - 279 p.

DOLLFUS O.: El reto del espacio andino - IEP Lima - 1981 - 141 - p.

DONKIN R.A.: Agricultural terracing in the aboriginal new world - viking fund publications in anthropology - 56 Tucson Arizona, 1979-196 p.

FARGA C., ALMEIDA J.: Campesinos y haciendas de la Sierra Norte - Pendoneros - Otavalo 1981 - 362 p.

GONDARD P, LOPEZ F: Inventario arqueológico preliminar de los Andes Septentrionales del Ecuador - PRONAREG - ORSTOM con el auspicio del Museo del Banco Central del Ecuador - Quito 1983 - 274 p.

HISTORIA DEL ECUADOR: Ed. Salvat, Quito 1981 No. 53

LARRAIN BARROS: Demografía y asentamientos indígenas en la Sierra Norte del Ecuador en el siglo XVI - Pendoneros, Otavalo 1980 - 223 p.

OBEREM U.: El acceso a recursos naturales de diferentes ecologías en la Sierra ecuatoriana (siglo XVI) como contribución a la etnohistoria ecuatoriana - Pendoneros - 1981 - 406 p.

PORRAS P.: Arqueología del Ecuador, Ed. Gallocapitán, Quito 1984 3ra. edic. 312 p.

PORTAIS M., GOMEZ N., DELER J.P.: El manejo del espacio en el Ecuador etapas claves, CEDIG-ORSTOM-Quito 1983, 239 p.

SALOMON F.: Los señoríos étinocos de Quito en la época de los Incas. Pendoneros, Otavalo 1980 - 322 p.

SANTANA R., Campesinado indígena y el desafío de la modernidad —CAAP- Quito, 1983, 209 p.

VELASCO F.: Reforma agraria y movimiento campesino indígena de la Sierra - Ed. El Conejo - Quito 1983 - 135 p.

Terrazas antiguas (en segundo plano) de la región de PUNIN-FLORES (Provincia de Chimborazo). En el primer plano, continuación del uso intensivo del suelo sin medidas conservacionistas.

El uso de la mecanización agrícola va aumentando. El tractor favorece la erosión al hacer desaparecer los linderos y el arar profundamente el suelo en sentido de la pendiente.

PAPEL DE LAS PRECIPITACIONES EN LA DEGRADACION DE LOS SUELOS. IMPACTO DE LAS LLUVIAS EXCEPCIONALES DEL PERIODO 1982 - 1983

Pierre POURRUT
Hidrólogo ORSTOM
Apartado 6596 CCI-Quito

RESUME:

Le présent document donne une idée générale des principaux mécanismes qui régissent l'erosion hydrique, et se réfère, en particulier, à l'impact sur l'érosion d'une année pluviométrique exceptionelle.

On soulignera la grande extension géographique des processus érosifs en Equateur et l'importance des hauteurs pluviométriques élévées dans le développement des mouvements en masse. Ce rôle etant mineur pour la dégradation superficielle des sols dans les zones soumises à de forts pics d'intensités.

RESUMEN:

El presente documento da una idea general de los principales mecanismos que rigen la erosión hídrica y se refiere, en particular, al impacto sobre la erosión de un año pluviométrico excepcional.

La extensión geográfica de los procesos erosivos es importante en el Ecuador y se subrayará la importancia de las alturas pluviométricas elevadas en el desarrollo de los movimientos de masa, pero cuyo papel es menor para la degradación superficial de los suelos en las zonas sujetas a fuertes picos de intensidades.

ABSTRACT:

This study gives a general idea about the erosive mechanismes which command the hydric erosion and refers, in particular, to the impact on the erosion during an exceptional pluviometric year.

The geographic extension of the erosive processes is important in Ecuador and the importance of the pluviometric heights in the mass movement development will be emphasized, but whose role is minor for the superficial soils degradation in the zones subject to strong intensity levels.

I- FACTORES RESPONSABLES DE LA DEGRADACION DE LOS SUELOS

Son múltipes los parámetros que intervienen en la degradación de los suelos, relacionándose el tipo de proceso erosivo y la magnitud del fenómeno con dos grandes clases de factores: por una parte, los factores directos, es decir el grado de agresividad de los agentes climáticos, y por otra parte, los factores condicionantes, en otras palabras el estado de debilidad previa del medio geográfico agredido.

En lo que se refiere a esta última clase de factores, es evidente que cuanto más débil se encuentra el suelo, tanto más queda expuesto a los efectos de la erosión. Sin entrar en el detalle, ya que este tema es el objeto de otras comunicaciones, cabe señalar que el grado de debilidad previa del suelo depende de varios factores naturales tales como la naturaleza del substrato y su grado de meteorización, el valor de las pendientes, el tipo y densidad de la cobertura vegetal, a los que se suman diferentes factores externos, generalmente de origen antrópico, entre los cuales pueden citarse la tala de bosques, el manejo inadecuado de la tierra y el pisoteo exagerado del ganado.

En cuanto a los factores directos de origen climático, sin querer despreciar los efectos producidos por las diferencias de temperaturas o el viento, cabe destacar que en el caso particular del ECUADOR, las lluvias desempeñan un papel preponderante. Por esta razón, luego de una breve descripción del tipo de acción que ejercen las aguas originadas por las lluvias en la degradación de los suelos, se analizarán las características del período lluvioso excepcional consecutivo a El Niño 1982-1983 y se presentarán algunas consideraciones sobre su área de influencia e impacto.

II- MECANISMOS GENERALES DE LA EROSION HIDRICA

Al ser sometido a la influencia de los impulsos climáticos, principalmente pluviométricos, el suelo puede ser considerado como la zona de enlace entre aguas atmosféricas, aguas superficiales y aguas subterráneas. Todas estas aguas son los agentes fundamentales de su destrucción pero actúan en base a mecanismos distintos: liberación de la energía acumulada en las gotas de lluvia, acción del escurrimiento en la abrasión y transporte de las partículas, modificaciones físicas y/o químicas de las características iniciales del medio.

En términos generales, las aguas lluvias constituyen el punto clave de la erosión, no solamente por el efecto destructivo propio de cada evento pluviométrico, sino también porque, en gran parte, el régimen anual y distribución en el tiempo de las precipitaciones contribuyen a conformar el manto vegetal protector del suelo y condicionan la formación de las aguas superficiales y subterráneas. Sin pretender analizar detenidamente la totalidad de los diferentes modos de acción de la erosión hídrica, se presenta a continuación un breve compendio de los mecanismos más comunes.

II. 1. Acción directa de los chaparrones y chubascos

Al entrar en contacto con el suelo, la magnitud de la acción de las gotas de lluvia es directamente proporcional a la cantidad de las mismas y a su fuerza de impacto, la que depende de su diámetro y velocidad de caída. Más concretamente, estas distintas variables son traducidas por la denominada "intensidad de la lluvia", es decir la altura pluviométrica que corresponde a un determinado intervalo de tiempo, desde algunos minutos hasta varias horas, parámetros que suele medirse en milímetros por hora. En todo caso, existe una relación estrecha entre las intensidades registradas durante períodos cortos y el poder erosivo de las lluvias.

Cuando el impacto de las gotas es lo suficientemente fuerte, la textura del suelo es destruida: las partículas finas son desplazadas mientras los elementos más gruesos se aglomeran entre sí, lo que conduce a una nueva organización de las capas superficiales. Evidentemente, lo anterior implica la participación de factores propios del suelo, en particular su naturaleza (la cohesión es naturalmente menor en los suelos blandos, tipo polvos o arenas finas) y su estado inicial de humedad (el que va aumentando paulatinamente en el transcurso de una misma lluvia).

II.2. Acción de las aguas superficiales

Después de caer, parte del agua procedente de las gotas de lluvia se acumula o se propaga a la superficie

del suelo para producir un "escurrimiento difuso" constituido por una lámina de agua, sin mayor poder de arrastre aunque contenga partículas finas en suspensión. Sin embargo, en función del valor de las pendientes, densidad del manto herbáceo de cobertura y humedad previa de la capa superficial, el agua se reúne en distintos hilos de escurrimiento que, según su caudal y velocidad, son capaces de arrastrar partículas o elementos aglomerados de un tamaño determinado. El escurrimiento difuso pasa a "concentrarse" en pequeños canales de conducción cuyas dimensiones van aumentando hacia aguas abajo, escurriéndose sucesivamente en "cárcavas", "quebradillas" y "quebradas" (terminología según 1) y adquiriendo un poder erosivo cada vez más intenso.

Es así como al desmantelarse la capa conformada por los elementos aglomerados al impacto de las gotas de lluvia, las aguas logran atacar las capas inferiores más blandas, acelerándose el fenómeno y propagándose desde abajo hacia arriba según un proceso conocido como "erosión regresiva". Aguas abajo, los caudales que se escurren en quebradillas y quebradas confluyen en cauces de mayor tamaño y el flujo de crecida, así conformado, contribuye a destruir las orillas y terrazas del curso de agua.

De igual manera que en el caso de la degradación por impacto directo de las gotas de lluvia, la erosión producida por el escurrimiento está íntimamente relacionada con las intensidades de las precipitaciones. En efecto, las lluvias sólo ocasionan un escurrimiento cuando las intensidades son superiores a la capacidad de absorción del terreno, en otras palabras, durante los picos de intensidad cuyo valor total corresponde a la "lluvia eficaz" efectivamente responsable del escurrimiento. Por esta razón, no existe una estrecha relación entre las alturas pluviométricas totales y las cantidades de terreno erosionadas por escurrimiento.

II. 3. Acción de las aguas subterráneas

En la superficie o sub-superficie de algunas formaciones geológicas y suelos, merced al oxígeno del aire y al anhidrido carbónico procedente de las raíces de las plantas, el agua disuelve algunos minerales, tales como carbonatos o yeso, y actúa como un factor importante en los procesos de meteorización. Excepcionalmente, al disolver notables cantidades de sales, puede llegar a producir grandes vacíos cuyo derrumbamiento se manifiesta por "embudos de disolución". Igualmente, un fuerte "escurrimiento hipodérmico" puede arrastrar paulatinamente las partículas finas del subsuelo, hasta conformar pequeños túneles, que al desplomarse dan alineaciones de zonas hundidas cuya unión se traduce por la formación de una quebrada (fenómeno de "sufosión").

Por otra parte, en cierto tipo de material, particularmente en las formaciones arcillosas, las aguas lluvias pueden infiltrarse hasta cambiar radicalmente las características físicas de los terrenos, llegar a sus límites de plasticidad y fluidez, y de esta manera conformar grandes masas de tierra sin ninguna cohesión. También, merced a diferencias litológicas (como el contacto entre capa meteorizada y roca-madre) o zonas más débiles (como fracturas o "roturas de desgarramiento" (1), las aguas pueden filtrarse y aprovechar estos caminos privilegiados hasta aislar totalmente grandes compartimientos. En ambos casos, una pendiente favorable y cualquier desequilibrio de origen natural (fuerte pluviometría, temblor, etc. . .) o artificial (descarga del pie de la zona por tractores, sobrecarga de la cabeza con acumulación de material de terraplenes. . .), pueden provocar deslizamientos de terreno de incalculables consecuencias.

Aún más, en ciertos casos, los deslizamientos pueden obstaculizar los cauces de ríos y torrentes, convirtiéndose en represas naturales. Cuando la carga hidráulica de las aguas de escurrimiento almacenadas sobrepasa los límites de resistencia de los tapones, éstos se destruyen y generan repentinos flujos de agua, lodo y materiales sólidos, conocidos como "aluviones" en la zona interandina.

Al contrario de las acciones producidas por las precipitaciones directas y por el escurrimiento, los movimientos en masa no tienen una relación estrecha con los picos de intensidades de las lluvias pero sí están vinculados con los totales pluviométricos registrados durante intervalos de tiempo más largos.

III. AMPLITUD DE LA EROSION HIDRICA EN EL ECUADOR

III. 1. Zonas afectadas por la erosión hídrica

La publicación (1) citada en la bibliografía presenta los pormenores de los fenómenos erosivos y su extensión geográfica en el país, por lo que para mayor detalle, rogamos referirse a ella. Sin embargo, parece opor-

tuno destacar de este documento la localización y el diagnóstico de los procesos erosivos de origen hídrico.

1 **Escurrimiento difuso y concentrado muy activo:** Sólo existe en la Sierra y en la parte volcánica de ésta: provincias de Cotopaxi, Chimborazo y localmente Pichincha.

2. **Escurrimiento difuso y concentrado activo:** Afecta tanto a la Sierra como a la Costa, siendo 10-15 mm/h la intensidad mínima de lluvia que lo origina. Se localiza en el contorno de las cuencas de Latacunga e Ibarra, en Chimborazo y en la parte meridional de la Sierra (Nabón, Saraguro, Santa Isabel y Loja). En la Costa, este proceso se localiza esencialmente en dos zonas: la gran zona algodonera de Pedro Carbo y la franja Sur de la Península de Santa Elena.

3. **Escurrimiento difuso y concentrado potencial:** Sus características son semejantes al proceso anterior pero los riesgos son potenciales. En la Sierra se extiende en las cuencas de Quito, Ibarra y el Sur de esta región. En la Costa, se localiza en el extremo Sur de la franja litoral, isla Puná, parte N y NO de la Península de Santa Elena, región de Manta-Puerto Cayo, alrededores de Pedernales y Montalvo.

4. **Escurrimiento muy concentrado:** Se ubica exclusivamente en la parte volcánica de la Sierra, en particular en las cuencas de Ibarra y Quito y localmente en las de Latacunga y Riobamba.

5. **Movimientos en masa activos:** En la Sierra se localizan casi exclusivamente en la zona de Cuenca. En la Costa afectan zonas reducidas en la depresión Jipijapa-Portoviejo, la parte Norte de la cuenca de Chone-Eloy Alfaro y los flancos del valle encañonado del río Esmeraldas.

6. **Movimientos en masa potenciales;** En la Sierra se localizan esencialmente en el extremo Norte de Cuenca. En la Costa, corresponde a los relieves bajos arcillosos de las partes centrales, meridionales y orientales de las provincias de Manabí y Esmeraldas: zonas de Pedernales-Muisne, Punta Galeras-Esmeraldas, Río Verde.

7. **Asociación de movimientos en masa, deslizamientos y gravedad potenciales:** Afectan a un conjunto bastante extenso de zonas ubicadas en las provincias de Esmeraldas y Manabí, en formaciones arcillosas con pendiente fuerte a muy fuerte o superficies tabulares en vía de destrucción.

8. **Asociación de movimientos en masa y gravedad potenciales:** Se localizan en la franja costanera, en los alrededores de Puerto López y entre Bahía de Caráquez y Jama.

9. **Movimientos en masa y escurrimiento muy activos:** 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).

10. **Movimientos en masa y escurrimiento activos:** 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.

11. **Movimientos en masa y escurrimiento concentrado potenciales:** Afectan tanto la Sierra, en las zonas de pastizales y de cultivos irrigados, como la Costa, en las zonas de transición con relieves variables cubiertos con suelos arcillosos, limo-arcillosos y localmente pedregosos.

12. **Empobrecimiento físico-químico de los suelos dominante y en asociación con movimientos en masa:** Estos dos tipos de proceso afectan sobre todo al Oriente, en particular a lo largo de un eje Puyo-Baeza-Lago Agrio Coca.

Todo lo anterior demuestra de manera evidente la diversidad y la gran extensión geográfica de los procesos erosivos en el Ecuador. Más concretamente, la magnitud del fenómeno queda claramente establecida en el mapa que acompaña la publicación (1) ya citada.

III. 2. Estimación preliminar de las relaciones erosión-pluviometría en el Ecuador.

Ya que sin duda alguna el factor agua podía considerarse como fundamental en el desarrollo de la mayo-

ría de los procesos erosivos en el Ecuador, PRONACOS y PRONAREG, con ayuda de MAB-UNESCO y asesoramiento técnico de ORSTOM, procedieron a instalar una red preliminar de parcelas destinadas a recolectar el material erosionado en algunas de las zonas representativas de los procesos descritos en el capítulo anterior.

Los primeros estudios emprendidos en 1982 se concretaron en resultados expuestos en el documento (2) de la bibliografía y abarcan los procesos de erosión por escurrimiento concentrado, sobre suelos volcánicos en su estado natural o con presencia de cultivos, en las zonas de Alangasí y de Ilaló. Las principales conclusiones han sido las siguientes:

- Es muy difícil relacionar la pluviometría anual con el gasto sólido correspondiente. Es así como entre los meses de Enero y Mayo de los años 1982 y 1983, con períodos de retorno de 5 a 30 años, respectivamente, las variaciones del gasto sólido van en sentido contrario a las alturas pluviométricas totales.

- Además de tomar en cuenta algunos factores correctivos, fue posible establecer una estrecha relación entre las cantidades de suelo erosionado y las intensidades máximas en 15 minutos (Ilaló) y 30 minutos (Alangasí)

Todavía quedan pendientes trabajos que deberán emprenderse en regiones características de otros procesos erosivos, sin despreciar las zonas afectadas por movimientos en masa, constituyéndose estos estudios en el único medio adecuado para establecer un modelo de erosión que involucre todas las variables explicativas y permita tener un conocimiento cabal del fenómeno con el fin de establecer normas para la conservación de los suelos.

IV. LAS PLUVIOMETRIAS DE EL NIÑO 1982-1983. CARACTERISTICAS E IMPACTO

Como es del conocimiento de todos, lluvias excepcionales azotaron gran parte del Ecuador, entre Octubre de 1982 y Septiembre de 1983, como consecuencia directa de la ocurrencia de un fenómeno de El Niño de gran magnitud.

En un artículo anterior (3) se exponen algunas consideraciones relacionadas con la aparición y las causas de este fenómeno, sin que se pueda adelantar una explicación definitiva ya que un examen comparativo de los anteriores eventos de El Niño demuestra que pese a tener ciertas características comunes nunca se asemejan completamente. De todos modos, por el momento, las teorías explicativas más satisfactorias son las de K. WYRTKI y J. BJERKNES, cuyas tesis respectivas relacionan el fenómeno con "la respuesta dinámica del océano al aumento de la fuerza de los vientos alisios" y con "la interacción termodinámica entre océano y atmósfera, vinculada con la oscilación Sur*" (4). Estas hipótesis dan cuenta de la posibilidad de predecir el fenómeno gracias a indicadores previos: variación significativa del nivel del océano y de la profundidad de la termoclina 15°C** entre el Pacífico Oriental y el Pacífico Occidental, en el primer caso, y fuerte aumento de la diferencia entre las presiones atmosféricas observadas en el Pacífico Sureste y Australia, en el segundo caso. Sin embargo, a pesar de haber sido registradas unas pocas observaciones anómalas, estos indicadores no permitieron prever El Niño 1982-83 con la anticipación suficiente, ocurriendo el fenómeno en forma repentina e inesperada.

Aunque no sea el tema del presente documento, parece importante señalar rápidamente los factores causantes o por lo menos explicativos del fenómeno 1982-83. A partir de Enero de 1982 (5), se observó un calentamiento de las aguas océanicas de la zona ecuatorial al Este de Australia, a la longitud anormal de 180°C y, simultáneamente, se registró una fuerte anomalía de la diferencia de presiones atmosféricas entre Darwin (Australia) y Tahiti. Como consecuencia, la circulación atmosférica general se vio notablemente afectada. El desplazamiento hacia el Este del tramo ascendente de la circulación de Walker y el consiguiente aumento de presión, fueron responsables de la excepcional sequía observada en Australia e Indonesia, entre Junio y Agosto de 1982

*** Balanceo cíclico (que varía entre 2 y 7 años) de las masas atmosféricas entre las zonas de bajas presiones de las regiones tropicales y subtropicales del océano Indico y las altas presiones del océano Pacífico. Se estima mediante un índice SOI que presenta la diferencia de presión entre Darwin (Australia) y Tahiti.**

**** Superficie, con temperatura igual al 15°C, que separa las aguas calientes superficiales de la capa fría profunda.**

Al contrario, la disminución de presión registrada sobre el Pacífico Central y Oriental fue propicia para incrementar notablemente las pluviometrías.

En forma paralela, el régimen de los vientos se encontró perturbado por el establecimiento de un sistema ecuatorial de vientos que soplaban a baja altitud desde el Oeste, favoreciendo de esta manera la propagación de la onda Kelvin***, la que ocasionó el alza repentina del nivel del océano observada en el marégrafo de La Libertad (Ecuador) y originó una fuerte anomalía positiva de las temperaturas superficiales de las aguas.

Los eventos arriba mencionados tuvieron considerables repercusiones sobre las condiciones climáticas del litoral ecuatoriano. El calentamiento de las aguas oceánicas provocó el incremento en aproximadamente 3°C de las temperaturas del aire, circunstancia que aumentó la inestabilidad de la baja atmósfera, manifestándose por tempranas caídas de lluvia en la segunda quincena de Octubre, aunque la zona de convergencia intertropical ZCIT esté ubicada más al Norte. A partir de Noviembre, el desplazamiento de la ZCIT hacia la línea equinoccial, para alcanzarla en Enero y detenerse en esta posición hasta Abril, contribuyó a aumentar la humedad y la actividad convectiva de la atmósfera, lo que originó precipitaciones diarias y alturas pluviométricas mensuales considerables.

IV. 1. Estimación de la importancia de las pluviometrías consecutivas a El Niño 1982-1983.

Ya que al momento de elaborar el presente documento no se publica todavía la integralidad de los datos observados durante este período, el análisis se fundamenta en la información parcial y preliminar disponible, gentilmente proporcionada por diferentes instituciones entre las cuales deben destacarse en Instituto Nacional de Meteorología (INAMHI) y la Dirección de Aviación Civil (DAC).

Los efectos de El Niño se hacen sentir durante un año entero, entre Octubre de 1982 y Septiembre de 1983, con una magnitud diferente según las regiones del país. El objetivo es enmarcar este año excepcional en el contexto de las pluviometrías observadas antes, anualmente, mensualmente o diariamente.

Para este fin han sido seleccionadas siete estaciones pluviométricas representativas de la influencia de El Niño, ubicadas en zonas climáticas diferentes: Salinas, Machala y Manta en las zonas secas o muy secas del litoral, Guayaquil en la zona occidental de transición, Esmeraldas y Santo Domingo en la zona húmeda occidental, Quito en el callejón interandino. Para cada una de estas estaciones se presenta la comparación entre la pluviometría anual normal H (calculada para un período representativo de 15 años) y la pluviometría X correspondiente a El Niño con su respectivo período de retorno Tx calculado a base de las leyes de distribución que mejor se ajustan (generalmente GALTON y PEARSON III) a la integralidad de las series observadas. Siendo éstas de una duración relativamente corta (85 años para Quito y 65 años para Guayaquil en los mejores de los casos, observándose la menor serie en Salinas con 21 años), los valores de Tx no se dan con la precisión exacta del cálculo ya que sería totalmente ficticia, sino más bien con límites inferiores y superiores que corresponden más a la realidad. También se presentan las alturas pluviométricas y períodos de retorno de los meses más fuertes, así como algunas consideraciones sobre las precipitaciones diarias, sin que haya sido posible estimar sus frecuencias verdaderas.

SALINAS

Año H = 125,5 mm X = 2833,0 mm Tx = mayor a 500 años sin incluir X en la serie o entre 100 y 250 años al incluirlo.

Meses fuertes

Con período de retorno entre 500 y 1000 años: Mayo en el cual se registraron 734,4 mm en vez de los 0,7 mm observados como promedio anual y Junio con 501,2 mm en lugar de 0,7 mm.

Con período de retorno entre 100 y 250 años: enero con 402,2 mm en vez de los 19,7 mm normales, Abril con 606,8 mm en vez de 15,9 mm y Julio con 66,2 mm en vez de 0,3 mm.

*** **Corriente superficial de agua que se desplaza del oeste hacia el este, a lo largo de la línea equinoccial.**

Con período de retorno entre 50 y 100 años: Febrero con 198,2 mm para compararse con los 28,3 mm que corresponden a la media en 15 años.

Lluvias diarias excepcionales

Siendo 25 mm y 70 mm las lluvias diarias de frecuencia anual y decenal, respectivamente, se observó durante el período 1982-83 considerado, un total de 33 eventos superiores a la lluvia diaria anual y 8 eventos superiores a la lluvia diaria decenal, entre las cuales las lluvias del 14 de Mayo y 6 de Abril, con 222,6 mm y 157 mm, tienen probablemente un período de retorno mayor a 100 años.

MANTA

Año H = 225,8 mm X = 1835,1 mm Tx = mayor a 5000 años (excluyendo a X de la serie) entre 100 y 250 años (incluyendo a X).

Meses fuertes

Con período de retorno entre 500 y 1000 años: Mayo con 436,2 mm en vez de 4,0 mm y Julio con 267,8 mm en vez de 2,3 mm.

Con período de retorno entre 250 y 500 años: Junio con 151,7 mm en lugar de 2,3 mm.

Con período de retorno entre 100 y 250 años: Octubre con 11,8 mm en vez de 0,6 mm, Noviembre con 23,3 mm en vez de 0,6 mm, Enero con 265,8 mm en vez de 31,9 mm y Abril con 338,4 mm en vez de 26,2 mm.

Por otra parte, los meses de Diciembre, Agosto y Septiembre tienen un período de retorno comprendido entre 50 y 100 años.

Lluvias diarias excepcionales

En relación con las lluvias diarias de frecuencia anual, decenal y centenal, 14 eventos fueron superiores a la frecuencia anual y la lluvia observada el 5 de Julio (181,2 mm) tiene un período de retorno mayor a 100 años.

MACHALA

Año H = 471,0 mm X = 3184,3 mm Tx = entre 1000 y 5000 años (excluyendo a X) o entre 100 y 250 años (incluyendo a X).

Meses fuertes

Con período de retorno entre 100 y 250 años: Diciembre con 244,9 mm en vez de 14,1 mm, Enero con 513,5 mm en vez de 75,3 mm, Abril con 611,9 mm en vez de 59,6 mm, Junio con 316,7 mm en vez de 16,2 mm y Julio con 198,9 mm en vez de 11,7 mm.

Con período de retorno entre 50 y 100 años: Mayo con 359,6 mm en vez de 21,8 mm.

Lluvias diarias excepcionales

27 lluvias diarias han sido superiores a la de frecuencia anual (34 mm), 4 eventos sobrepasan la frecuencia decenal (84 mm) y la lluvia del 18 de Abril con 164,6 mm debe ser de frecuencia centenal.

GUAYAQUIL

Año H = 1015,7 mm X = 4600,4 mm Tx = superior a 5000 años (excluyendo a X) o entre 500 y 1000 años (Incluyendo a X).

Meses fuertes

El mes de Julio durante el cual se registraron 292,5 mm que deben relacionarse con el promedio usual de 0,2 mm, tiene un período de retorno comprendido entre 1000 y 5000 años.

Con un período de retorno entre 250 y 500 años, existen cuatro meses: Noviembre con 148,6 mm en vez de 0,9 mm, Mayo con 638,8 mm en vez de 57,3 mm, Junio con 612,2 mm en vez de 21,3 mm y Agosto con 19,7 mm en vez de 0,4 mm.

Por su parte Diciembre (286,8 mm) tiene un período de retorno comprendido entre 100 y 250 años mientras Marzo (833,2 mm) es de frecuencia más rara que la cincuentenal.

Lluvias diarias excepcionales

Entre las diferentes lluvias diarias, 12 fueron superiores a la de frecuencia anual (83 mm) y 2 a la de frecuencia decenal (143 mm).

ESMERALDAS

Año H = 723,3 mm X = 1569,4 mm Tx = entre 100 y 250 años (excluyendo a X) o entre 50 y 100 años (incluyendo a X).

Meses fuertes

Con 127,2 mm el mes de Noviembre tiene un período de retorno comprendido entre 250 y 500 años en relación con el promedio anual de 11,0 mm.

Por otra parte 6 meses tienen una frecuencia entre decenal y treintenal: Diciembre, Enero, Febrero, Junio, Julio y Septiembre.

Lluvias diarias excepcionales

Los totales diarios registrados el 12 de Febrero (97,5 mm) y el 24 de Marzo (83,6 mm) son los dos únicos eventos que superaron al valor anual de la lluvia diaria (65 mm).

SANTO DOMINGO

Año H = 3374,8 mm X = 5774,3 mm Tx = entre 250 y 500 años (excluyendo a X) o entre 50 y 100 años (incluyendo a X).

Meses fuertes

Octubre lleva el record con un período de retorno comprendido entre 500 y 1000 años, registrándose 507,7 mm frente a una media de 87,7 mm.

Con un período de retorno entre 250 y 500 años están los meses de Noviembre (697,8 mm en vez de 84,3 mm) y Diciembre (782,9 mm en vez de 217,5 mm).

Además, el mes de Julio, con una altura de 543,5 mm, tiene un período de retorno comprendido entre 50 y 100 años.

QUITO–OBSERVATORIO

Año H = 1181,2 mm X = 1768,3 mm Tx = de frecuencia centenal (valor calculado = 1785 mm).

Meses fuertes

A pesar de que en conjunto el período Octubre-Mayo tenga un período de retorno fuerte de aproximadamente 250 años, sólo el mes de Diciembre, con un total de 272,6 mm en lugar de 89,3 mm, tiene una frecuencia rara correspondiente a un período de retorno comprendido entre 100 y 250 años.

Después se ubican el mes de Marzo (234,4 mm frente a 136,6 mm) cuya frecuencia es aproximadamente cincuentenal y el mes de Mayo con un período de retorno entre 10 y 30 años.

Lluvias diarias excepcionales

En relación con la altura diaria de frecuencia anual (39 mm) sólo se registraron dos lluvias de aproximadamente igual magnitud: 45,7 mm el 14 de Marzo y 41,3 mm el 30 de Agosto. Este último evento no es excepcional por su altura pero sí por la época cuando ocurrió (pleno corazón de la estación seca).

IV. 2. Influencia de El Niño 1982-1983 sobre algunos procesos de erosión hídrica.

A excepción de la cuenca amazónica donde no se observaron variaciones significativas de la pluviometría, el fenómeno de El Niño hizo sentir sus efectos en las demás regiones del país, en grado variable debido al relieve contrastado y principalmente a la barrera constituida por los Andes.

A grandes rasgos, a base del breve análisis presentado en el capítulo anterior, puede decirse que El Niño 1982-83 tuvo un impacto directo y de gran magnitud en toda la franja costanera habitualmente seca, particularmente entre Manta y Arenillas. Influyó también fuertemente en toda la estribación occidental de la cordillera. Su influencia disminuyó notablemente al llegar a las zonas abrigadas del litoral septentrional, como en el caso de Esmeraldas, o en el callejón interandino donde se manifestó por la persistencia de las lluvias y por importantes totales pluviométricos anuales y mensuales, sin que las lluvias diarias y las intensidades hayan tenido un carácter excepcional.

En esta forma, la degradación de los suelos ocasionada por impacto de las gotas y por escurrimiento concentrado se circunscribió casi exclusivamente a la región costera, manifestándose por la abrasión de las capas superficiales, arrancamiento de las orillas y terrazas de los ríos con profundización de sus cauces y por inundaciones de grandes proporciones que afectaron a más de 8.500 km2 en la llanura litoral. En lo que se refiere a la región interandina, es posible adelantar que este tipo de proceso no experimentó un desarrollo excesivo ya que no hubo una variación significativa de las cantidades erosionadas medidas en parcelas durante el período Enero/Mayo de los años 1982 y 1983 (2).

A la inversa, tanto en la Sierra como en la Costa, el proceso de deslizamiento de terrenos en masa fue generalizado y alcanzó proporciones extraordinarias. Sin hablar de un sinnúmero de deslaves o derrumbes locales, cabe recordar ciertos eventos de gran magnitud con graves consecuencias económicas y epílogos a veces fatales: aluvión de la quebrada Parcayacu (Quito) y deslaves de Puengasí (Quito), La Libertad (Quito), Tandapi (provincia de Pichincha), Cerro Santa Ana (Guayaquil), Mapasingue (Guayaquil, Chunchi (provincia de Chimborazo) y La Crespa (provincia de Manabí), entre otros.

IV. CONCLUSION

Sin pretender haber expuesto un panorama complejo, el presente documento da una idea general de los principales mecanismos que rigen la erosión hídrica. Valdrá la pena recordar la gran variedad de los procesos erosivos y la gran extensión geográfica que éstos ocupan en el Ecuador.

En cuanto al período lluvioso 1982-1983 ha sido posible evaluar su carácter extraordinario. Sin embargo, el impacto que ha tenido en los procesos erosivos no se pudo apreciar sino en forma preliminar y cualitativa. Para cuantificarlo hubiera sido necesario una red amplia de parcelas de medición, ubicadas en regiones características, que permita relacionar los factores climáticos con la destrucción o los movimientos de los suelos. Su implementación en el transcurso de los próximos años sería el primer paso hacia la elaboración de las técnicas apropiadas para la conservación, la rehabilitación y el manejo de un recurso tan primordial como es el suelo.

BIBLIOGRAFIA

1. "Los principales procesos erosivos en Ecuador" - G. Almeida L., G. Trujillo Y., G de Noni, J. F. Nouvelot, A. Winckell - PRONAREG - PRONACOS - ORSTOM - Febrero 1984.

2. "Estudio cuantitativo de la erosión con fines de protección de los suelos: las parcelas de Alangasí e Ilaló" G. de Noni, J.F. Nouvelot, G. Trujillo Y. - por publicarse en el presente número de "Documentos de Investigación" CEDIG-ORSTOM.

3. "Los climas del Ecuador - Fundamentos explicativos" - P. Pourrut - Documentos de investigación No. 4 1983 - CEDIG-ORSTOM.

4. "El Niño 1982-1983 - Son impact sur le littoral équatorien" - P. Pourrut - por publicarse en los Cuadernos de Hidrología - ORSTOM

5. "1983: une année d'anomalies climatiques" - M. Desbois - Revista La Recherche No. 150 - Diciembre de 1983.

NOTA: En el texto las referencias bibliográficas se encuentran entre paréntesis. Por ejemplo, (5) se refiere al artículo de M. Desbois.

ESTUDIO CUANTITATIVO DE LA EROSION CON FINES DE PROTECCION DE LOS SUELOS: LAS PARCELAS DE ALAÑGASI E ILALO

G. de NONI(1)
J.F. NOUVELOT(1)
G. TRUJILLO(2)

Resumé:

Pour étudier les aspects quantitatifs de l'érosion hydrique, 7 parcelles de ruissellement de 50 m2 de surface ont été installées en divers lieux de la Sierra volcanique de l'Equateur. Parmi les premiers résultats obtenus on peut retenir d'une part le rôle considérable des précipitations par leurs intensités, et d'autre part l'importance des poids de terre perdue sur parcelles cultivées, qui peuvent fluctuer pour les plus volumineux entre 210 et 490 tonnes/hectare/année.

Resumen:

Para estudiar los aspectos cuantitativos de la erosión hídrica, fueron instaladas 7 parcelas de escurrimiento de 50 m2 de superficie en diversos lugares de la Sierra volcánica del Ecuador. Entre los primeros resultados obtenidos, se puede retener, por una parte, el papel considerable de las precipitaciones por sus intensidades y, por otra, la importancia de los pesos de tierra perdida sobre las parcelas cultivadas, que pueden fluctuar para los más voluminosos entre 210 y 490 toneladas/hectárea/año.

Abstract:

In order to study the quantitative aspects of the hydric erosion, 7 dripping parcels of 50 m2 were installed in different sites of the volcanic 'Sierra in Ecuador. Between. the first results, we can retain, on the one hand, the considerable role of precipitations by their intensities and, on the other hand, the importance of the lost land weights on the cultivated parcels, which can fluctuate between 210 and 490 tons/ha/year.

---

(1) **Misión ORSTOM - Apartado 6596 CCI - Quito, Ecuador**

(2) **Departamento de Conservación de Suelos - MAG, Quito.**

El PRONACOS, organismo encargado de la conservación, recuperación y fertilización de los suelos a nivel nacional no ha descartado, con justa razón, el aspecto cuantitativo de los fenómenos erosivos. Es evidente que un Programa Nacional de Conservación necesita bases científicas si se quiere evitar errores mayores que puedan tener consecuencias irremediables tanto desde el punto de vista humano como económico. Por éso, al estudio cualitativo efectuado en la Costa, en el Oriente y sobre todo en la Sierra en colaboración con el Programa Nacional de Regionalización Agraria, cuya finalidad fue la de realizar un diagnóstico general de los diferentes procesos de la erosión, se sumó un estudio más orientado hacia la cuantificación de estos fenómenos.

Una de las conclusiones más importantes del análisis cualitativo fue de recalcar el papel del hombre en la mayoría de los procesos erosivos y principalmente en el minifundio de la Sierra volcánica, ubicado generalmente sobre terrenos con fuertes pendientes. Sin embargo el hombre, como la naturaleza del suelo, la vegetación y el relieve, no es más que un factor condicionante de la degradación del suelo. Pero son las condiciones climáticas y entre ellas y sobre todo las precipitaciones atmosféricas, la causa fundamental de la erosión, tomando la palabra "fundamental" en su sentido propio. En efecto, las precipitaciones en sus acciones múltiples, impacto sobre el suelo y después escurrimiento, representan a la vez el factor destructor y el factor de transporte de las partículas de tierra. Por éso, sin duda alguna, la erosión hídrica es en el mundo, y más particularmente en el Ecuador, la forma más común y más peligrosa del fenómeno de degradación de los suelos. Es evidente que hay otros tipos de fenómenos erosivos, como la erosión eólica o la erosión hídrica por deslizamiento, pero generalmente, salvo casos particulares, son fenómenos mucho más localizados, aunque pueden ser a veces muy espectaculares.

Para emprender en el estudio de las relaciones entre la erosión hídrica y los diferentes factores condicionantes que la provocan, se escogió un cierto número de zonas en las cuales la problemática relacionada con la erosión era bastante angustiosa. En cada una de estas regiones ubicadas en la sierra volcánica, se instalaron una o varias parcelas experimentales.

1.- ¿Qué tipo de parcelas utilizar?

Se debe aclarar que nunca se pensó en hacer un estudio científico de carácter fundamental sobre las lluvias o el escurrimiento en sus relaciones con la erosión. Sin embargo, aunque se pueda encontrar en la literatura científica valiosos estudios sobre este tema, no hay que olvidar que las conclusiones y los resultados dados se aplican a regiones física y climáticamente bien definidas. Por ejemplo, los trabajos de Wischmeier fueron realizados en las llanuras de Norteamérica con metodologías y resultados adaptados a estas zonas o a zonas semejantes. Sería muy peligroso querer extrapolar estos resultados a otras zonas bastante diferentes. Deseábamos, ante todo, respetar las condiciones físicas de las zonas y las prácticas de cultivo de los campesinos. Las parcelas fueron instaladas en minifundios donde los problemas erosivos son muy agudos.

Hay que recalcar que esta instalación no fue siempre fácil por ser cada campo un capital de primera importancia para el pequeño agricultor, incluso cuando se trata de un área de solamente 50 m2, más todavía porque, cuando fue posible, se pidió también un área de referencia sin cultivos.

Cada parcela tiene un área de 50 m2, con un largo de 10,6 m, y está equipada con un pluviógrafo diario o semanal y con un tanque de 2 m3 para recolectar los sedimentos y el agua de escurrimiento. Es verdad que se puede discutir sobre la representatividad de parcelas de 50 m2. La elección de esta área obedece a varias limitaciones prácticas y socio-económicas, por ejemplo, de la dificultad para conseguir del pequeño campesino un área de experimentación, como ya queda dicho. Físicamente se puede pensar que, en semejantes condiciones físico-climáticas, la erosión aumenta en el mismo sentido que el largo de la parcela. Por otra parte, la delimitación artificial de un área acarrea necesariamente perturbaciones en el escurrimiento. Nosotros pensamos que lo fundamental para un estudio a nivel regional o nacional es tener una herramienta de medidas homogénea para poder comparar los diferentes resultados.

Sabemos muy bien que los datos recolectados sobre una parcela de 50 m2 serán diferentes de los resultados de una parcela de 1.000 m2, los cuales no pueden ser extrapolados a una pequeña cuenca hidrográfica de unos kilómetros cuadrados, etc. Generalmente, la erosión especifica (en toneladas/km2, por ejemplo) para una zona físico-climática homogénea, disminuye cuando aumenta el área. Por éso se debe tener mucho cuidado en la extrapolación de los datos en proyectos específicos. Utilizar, por ejemplo, directamente los resultados de las mediciones hechas en pequeñas parcelas para calcular la sedimentación en grandes represas, representa un gran error, porque pueden sacarse conclusiones completamente fuera de la realidad.

La solución ideal para poder responder a las preocupaciones del conservacionista, sería hacer un estudio en áreas del mismo tamaño y de la misma forma que los campos de los campesinos. Por lo demás, ésa debe ser la metodología que ha de utilizarse en los proyectos pilotos que se llevarán a cabo en los próximos años. Será necesario instalar fosas de recolección, canales, vertederos, limnígrafos, pluviógrafos, etc. Queremos insistir, finalmente, sobre la importancia de los estudios puntuales en la calibración de los modelos matemáticos de escurrimiento. Es muy común la utilización de simuladores de lluvias de pequeña área, hasta de 1 m_2, incluso para el análisis de los fenómenos de erosión relacionados con las intensidades de la lluvia y el escurrimiento.

2.- Ubicación de las parcelas

Como se ha dicho anteriormente, todas las parcelas fueron instaladas en la sierra volcánica en zonas particularmente críticas.

Representan cinco casos diferentes:

a.- Erosión por escurrimiento concentrado, localmente sobre un horizonte superficial limo-arcilloso de color negro y más generalizado sobre una cangagua (ceniza volcánica endurecida por un cemento calcáreo y silicoso).

Dos parcelas en la región de ALANGASI(1): una con cultivos de maíz sobre el horizonte negro con pendiente de 26% y otra donde predomina la cangagua, con una pendiente de 28%.

b.- Así mismo erosión por escurrimiento concentrado que se desarrolla sobre un suelo areno-limoso a arenoso de textura fina y de una profundidad que varía de 60 a 80 cm; más abajo se encuentra la cangagua.

Dos parcelas en la zona de Ilaló(1) una igualmente con cultivos de maíz sobre el suelo arenoso y con pendiente de 33% y otra sobre una cangagua más granular y rica en carbonato de calcio que en Alangasí, con una pendiente de 27%.

c y d.- Erosión por escurrimiento concentrado sobre suelos arenosos finos a gruesos, con presencia de numerosas piedras pómez.

— Una parcela ubicada en el área de la mitad del mundo, más precisamente en la entrada sur del pueblo de Calacalí, con una pendiente del 41% y sembrada de maíz, representativa de la situación erosiva sobre este tipo de suelo en el Callejón Interandino.

— Otra parcela sobre las altas tierras de la provincia de Cotopaxi en Zumbahua, para analizar este mismo proceso en el piso superior de la actividad agrícola en la Sierra (3.200 m de altura), con pendiente del 42% y sembrada de cebada.

e.- Erosión relacionada con la actividad humana en relación con el uso excesivo del agua de riego. Para estos fines se instaló una parcela en la parte noreste de la cuenca de Quito, en Ascázubi, donde el suelo se caracteriza por un horizonte superficial limo-arcilloso a limoso de poco espesor sobre la cangagua, y con una pendiente del 21%.

Se puede observar que siempre se respetó la pendiente de las vertientes donde están instalados los campos.

3.- Metodología adoptada

No queremos insistir (2) mucho en los detalles de la metodología utilizada. Sin embargo, debemos recalcar en la necesidad de tener un personal muy dedicado y minucioso, tanto para las tareas

---

1 Estos 2 sitios se encuentran a una decena de Km. al sureste de Quito en la cuenca interandina propiamente dicha, llamado "El valle de los Chillos".

2 Para más detalles, referirse al estudio siguiente: G. de NONI - J.F. NOUVELOT - G. TRUJILLO: Metodología para el estudio cuantitativo de la erosión en parcelas de 50 m^2, PRONACOS-ORSTOM, Quito, 1982, 6p.

de campo y para las observaciones, medidas de laboratorio, depuraciones, como para los cálculos efectuados en el laboratorio.

La solución ideal sería, como veremos más adelante en la interpretación de los resultados, hacer recolecciones de los sedimentos después de cada lluvia significativa. Desgraciadamente, este trabajo esencialmente manual y fastidioso necesita bastante tiempo, porque se trata de vaciar los tanques recolectores del agua y de los sedimentos acumulados y medir los volúmenes respectivos.

Se envía después al laboratorio una muestra representativa de los sedimentos para calcular el peso seco correspondiente. A veces, es necesario tomar adicionalmente una muestra de los sedimentos en suspensión.

Por fin, hay que depurar los registros de los pluviógrafos para conocer no solamente las alturas pluviométricas sino también las intensidades de las lluvias.

4.- Resultados obtenidos

Las mediciones y las observaciones en las siete parcelas se iniciaron en diciembre de 1981. Hasta la fecha, la depuración completa de todos los datos ha sido concluída en dos de ellas: la parcela sin cultivo de ALANGASI y la parcela de maíz en ILALO.

Los cuadros números 1 y 2 son un resumen de todos los resultados obtenidos.

CUADRO N° 1

ALANGASI: Parcela N° 1

N°	Fecha recolección	Ie mm	P mm	h %	n	Pe mm	I_5	I_{15}	I_{30}	I_{60}	Ps kg.
1	22-12-81	36.4	67.9	53.6	4	11.8	53.8	53.8	53.8	31.4	101.2
2	14-01-82	37.1	(85)	(44)	11	9.5	25.2	25.2	18.0	12.0	40.2
3	8-02-82	8.0	(40)	(20)	8	14.1	19.9	19.9	18.2	11.6	6.1
4	5-03-82	8.1	66.5	12.1	18	(7)	26.0	26.0	18.4	10.4	12.3
5	17-03-82	38.1	(100)	(38)	8	(15)	81.8	81.8	81.8	47.0	238.8
6	23-03-82	37.4	49.1	76.2	9	7.0	84.0	59.2	33.7	18.3	71.6
7	24-03-82	15.5	23.5	70.0	1	0	68.0	68.0	39.0	19.8	15.0
8	5-04-82	29.2	67.0	43.6	9	12.0	80.4	39.5	16.0	8.1	51.6
9	12-04-82	22.3	41.1	54.3	2	3.2	17.7	17.7	12.2	6.3	6.5
	19-04-82	13.4			4						20.0
10	1-05-82	3.8	31.7	12.0	8	0	8.8	8.8 8.6	5.4	1.12	
	26-05-82	37.1			12		31.6	31.6	31.6	15.8	51.6
	1-06-82	37.2			3		17.4	16.0	10.6	7.4	17.7
11	15-06-82	26.7	27.2	(98.0)	1	0	53.7	53.7	53.7	40.7	52.4
12	25-06-82	15.2	27.7	54.9	2	0	47.8	47.8	47.8	25.0	47.7
13	21-09-82	38.3	112.6	34.0	18	23.9	42.9	42.9	42.9	29.0	91.6
	15-10-82										(57.0)
14	5-11-82	34.1	(145)	(23)	29	123.0	58.5	58.5	41.0	23.7	163.5
	24-11-82				9		51.8	51.8	35.5	22.3	20.5
	28-12-82	39.7			31		46.2	42.0	42.0	22.3	20.9
15	12-01-83	11.0	(40)	(28)	6	10.0	29.0	29.0	17.3	9.3	15.8
16	26-01-83	25.8	60.6	42.6	6	4.2	39.1	39.1	39.1	28.0	78.5
17	3-02-83	23.5	65.5	35.9	7	12.0	41.4	27.8	16.6	12.3	14.2
18	9-02-83	38.8	109.6	35.4	7	32.2	48.8	48.8	48.8	30.8	68.2
19	24-02-83	8.0	37.5	21.4	4	10.8	32.4	16.2	15.2	9.4	5.3
20	31-03-83	38.4	107.2	35.8	14	(40)	44.0	44.0	25.4	15.9	87.9
21	14-04-83	9.9	90.2	11.0	14	7.0	16.8	16.8	12.2	7.9	3.2
	27-04-83	36.4	69.0	52.8	14	18.0	36.4	36.4	21.4	20.5	(44)
22	6-05-83	33.4	46.3	72.1	9	6.3	36.4	36.4	28.2	21.5	25.6
23	31-05-83	38.4	116.0	33.1	14	(44)	54.0	25.2	23.3	23.3	84.1

Los valores entre paréntesis son solamente estimaciones.

Cuadro Nº 2

ILALO: Parcela Nº 2

Nº	Fecha Recolección	Ie mm	P mm	K_T%	n	Pe mm	I_5	I_{15}	I_{30}	I_{60}	PS Kg
1*	29-12-81										
2	15-01-82	1.17	136.8	0.8	16	32.2	32.0	32.0	23.8	22.7	3.4
3	8-02-82	0.04	33.4	0.1	13	0	39.4	30.2	22.0	14.3	0.77
4	5-03-82				18	37.9	41.0	41.0	37.4	20.3	67.3
5	24-03-82	8.15	65.1	12.5	14	3.4	48.0	36.0	30.9	20.4	22.1
6	5-04-82	6.1	41.0	14.9	13	2.0	33.7	30.2	24.5	16.6	14.6
7	13-04-82	15.3	67.5	22.7	13	0	37.2	27.3	17.2	10.5	9.1
8	28-05-82	9.85	163.5	6.0	33	19.3	46.8	38.9	34.8	17.5	35.2
9	22-09-82	18.9	188.8	10.0	16	93.0	98.0	90.0	62.8	33.2	1.365.2
10	10-11-82	30.7	256.5	12.0	24	104.6	91.8	70.0	40.8	29.0	588.4
11	14-12-82	29.4	299.2	9.8	28	84.3	79.6	64.0	50.0	38.7	321.7
12	12-01-83	31.0	141.7	21.9	19	18.9	38.1	38.1	24.3	17.3	24.7
13	11-02-83	11.1	171.9	6.5	20	25.7	78.0	41.6	39.0	22.2	17.3
14	18-03-83	38.4	122.7	31.3	13	5.7	48.8	41.6	25.0	16.5	99.0
	31-03-83		104.2		6	9.0					73.4
15	15-04-83	39.8	121.8	31.8	20	12.2	57.1	56.5	37.7	23.8	72.2
16	27-04-83	0	15.6	0	9	0	13.2	8.0	7.0	4.5	0
17	31-05-83		136.6		34	16.3	38.8	26.6	19.8	17.2	103.9

* **Se eliminó la muestra Nº 1, por tener datos de campo incompletos.**

Tenemos en las diferentes columnas:

1) Número del evento cuando se dispone de todos los datos.

2) Fecha de recolección.

3) Lámina escurrida, en mm: Ie.

4) Altura pluviométrica, en mm: P

5) Coeficiente de escurrimiento total, en %: KT = Ie/P x 100

6) Número de lluvias observadas entre dos recolecciones: n

7) Altura pluviométrica erosiva residual, en mm: Pe

8) Intensidad máxima, en mm/h, en 5 minutos: (I_5)

9) Intensidad máxima, en mm/h, en 15 minutos: (I_{15})

10) Intensidad máxima, en mm/h, en 30 minutos: (I_{30})

11) Intensidad máxima, en mm/h, en 60 minutos: (I_{60})

12) Peso de sedimentos, en Kg:Ps

Los valores entre paréntesis son simples estimaciones, más o menos precisas.

4.1.- Datos globales

Durante el año 1982, la erosión en ambas parcelas fue:

Para ALANGASI: 1.050 Kg por 50 m2, o sea 210 T/ha/año o 21.000 T/Km2/año.

Parcela de escurrimiento de 50 m2 de superficie.

Eso corresponde a una capa teórica de tierra perdida de 14 mm/año.

Coeficiente de escurrimiento: $K_T = 35\%$

Para ILALO: 2.400 Kg por 50 m2, o sea 480 T/ha/año o 48.000 T/Km2/año.

Es decir, una capa teórica de tierra perdida de 33 mm/año.

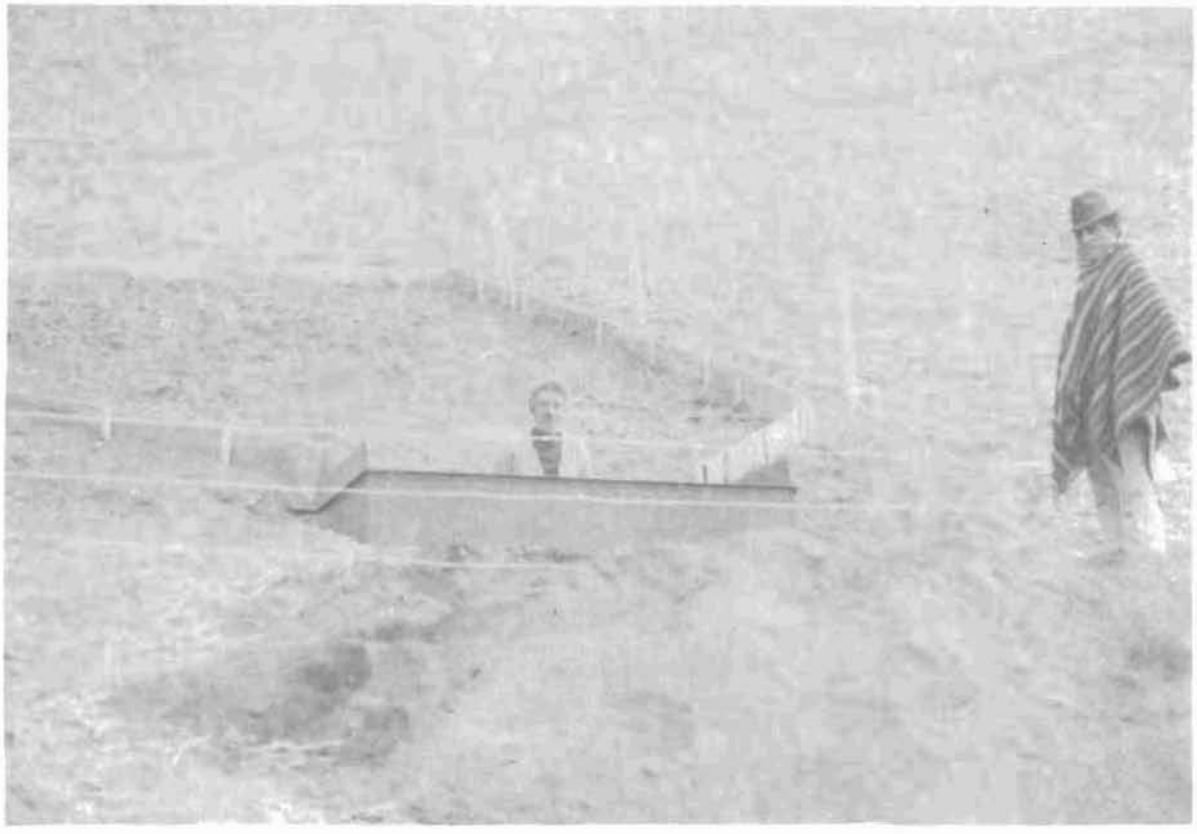
Coeficiente de escurrimiento: $K_T = 10.5\%$

Debemos considerar que en QUITO-Observatorio, la altura pluviométrica del año 1982 tiene una frecuencia de 0.03, es decir un período de retorno de 30 años. Sin embargo, es muy difícil relacionar la irregularidad inter-anual de la altura pluviométrica, con el gasto sólido anual, sabiendo que la erosión se halla más correlacionada con los picos de intensidades de lluvia que con las alturas pluviométricas totales. Así, tomando el período enero a mayo para los años 1982 y 1983 tenemos:

	1982	1983
ALANGASI	530 Kg	415 Kg
ILALO	350 Kg	155 Kg

Es decir que, comparando las dos estaciones, las variaciones del gasto sólido van en sentido contrario pues el total pluviométrico del mismo período tiene una frecuencia de 0.22 (T = 4.6 años) para el año 1982, y una frecuencia de 0.034 (T = 29 años) para el año 1983. Esto demuestra muy bien que no existe ninguna relación entre estas variables.

En cambio, generalmente, la erosión es más fuerte en la primera parte de los períodos lluviosos que en la segunda. La explicación de este fenómeno puede ser de varios tipos: diferencia a lo largo del año de la cohesión de la capa superficial del suelo, lluvias más intensas o vegetación menos densa según las épocas del año. Para verificar esta última hipótesis, habría que hacer un estudio estadístico de las máximas intensidades de lluvia durante el transcurso del año. Se trata de un trabajo bastante largo que necesitaría medios de procesamiento y de cálculo adecuados.



Tanque de recolección de 2m3, con sedimentos.

En el manejo del suelo por el campesino, es fundamental conocer estas épocas de mayor riesgo de erosión a fin de tomar eventualmente medidas adecuadas que traten de cambiar, si fuere necesario, ciertas malas costumbres.

4.2.- Estudio paramétrico

No se trata sino de un estudio por correlaciones múltiples cuya metodología es bien conocida. Sin embargo, para visualizar y sobre todo interpretar mejor los datos y los resultados obtenidos, se utilizó también el método llamado de "desviaciones residuales".

Este trabajo ha sido realizado para ambas parcelas, pero insistiremos a título de ejemplo, particularmente sobre los resultados y las conclusiones sacadas de la parcela, sembrada de maíz, en la región de ILALO.

El mecanismo de la erosión del suelo en su superficie comprende dos fases:

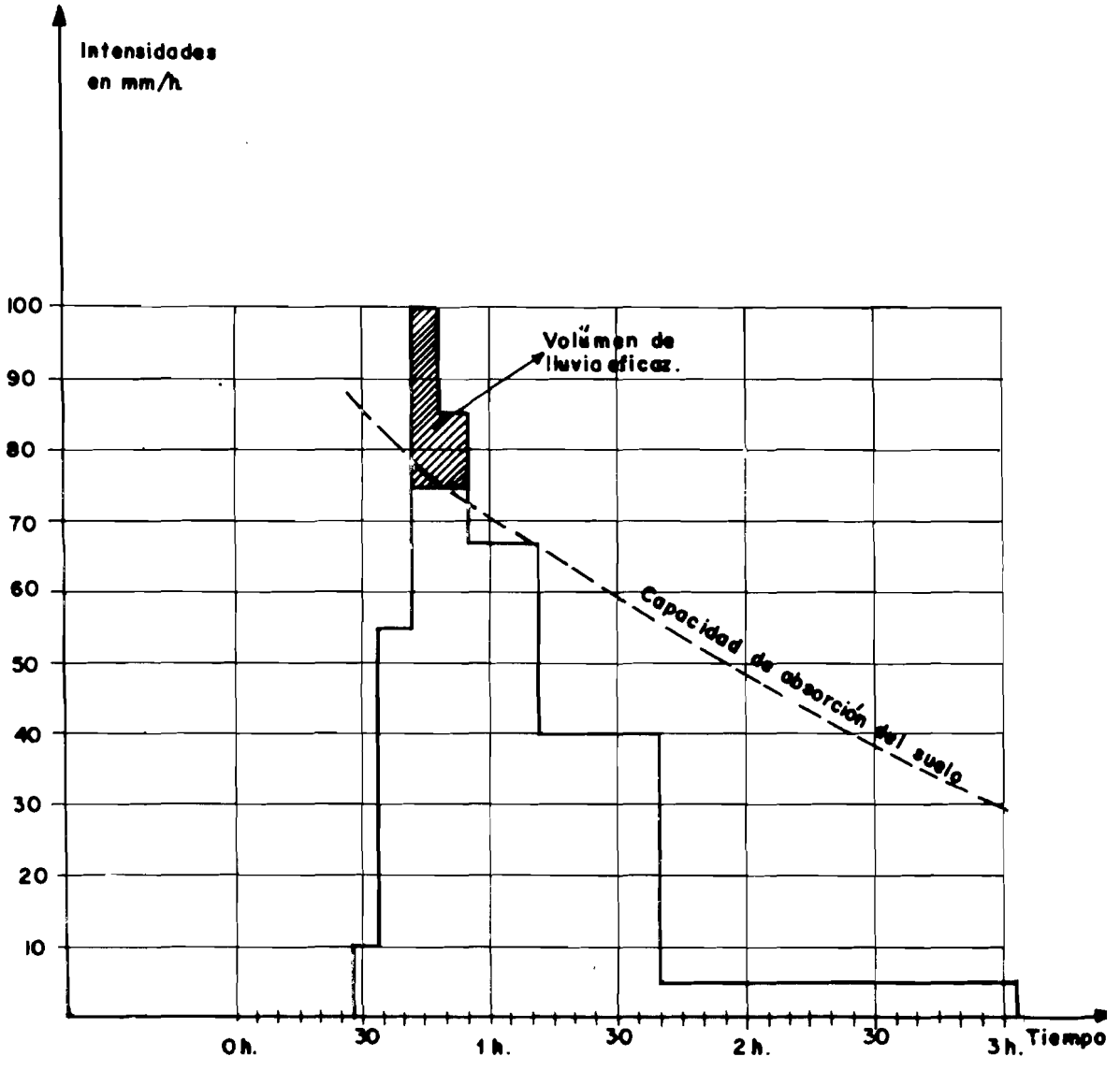
— Una fase de acción de las precipitaciones,

— Una fase de acción del escurrimiento.

Ambas fases se hallan relacionadas muy estrechamente con las intensidades de las lluvias.

Es evidente que el impacto de las gotas sobre el suelo será, tanto más fuerte como la velocidad de caída y la cantidad de las mismas. Hay ecuaciones que permiten calcular el peso de tierra desplazado por el impacto de las lluvias durante cierto intervalo de tiempo; en ellas entran la velocidad de caída, el diámetro de las gotas y la intensidad de la precipitación. Entra también un factor que depende de la naturaleza del suelo. Los suelos de partículas sueltas como arena, por ejemplo, tienen poca cohesión; en cambio los suelos arcillosos tienen una muy buena cohesión y mejor resistencia a la erosión. Eso explica, por lo menos parcialmente, la diferencia de erosión que se observa entre ILALO y ALANGASI.

Gráfico No. 1
HIETOGRAMA



En cuanto al escurrimiento, son solamente los picos de intensidad los que lo provocan. En el gráfico N° 1 se muestra la parte sombreada con trazos: es la que puede ocasionar escurrimiento. Es la lluvia eficaz de los hidrólogos, es decir la lluvia que cae sobre la tierra con una intensidad superior a la capacidad de absorción del suelo. Evidentemente, esta capacidad depende de las condiciones iniciales de humedad del suelo al inicio de la precipitación. Va después disminuyendo durante todo el tiempo que se prolonga la lluvia, siguiendo una ecuación de la forma:

$$\log Ca = at + b$$

Siendo, Ca: la capacidad de absorción
t : el tiempo
a, b: constante de ajuste.

Tomando en cuenta estas condiciones, se escogió como primer factor explicativo del gasto sólido la intensidad máxima (Im) de las precipitaciones observadas entre dos recolecciones. Es evidente que el análisis sería mucho más fácil si se tuviera una recolección después de cada lluvia.

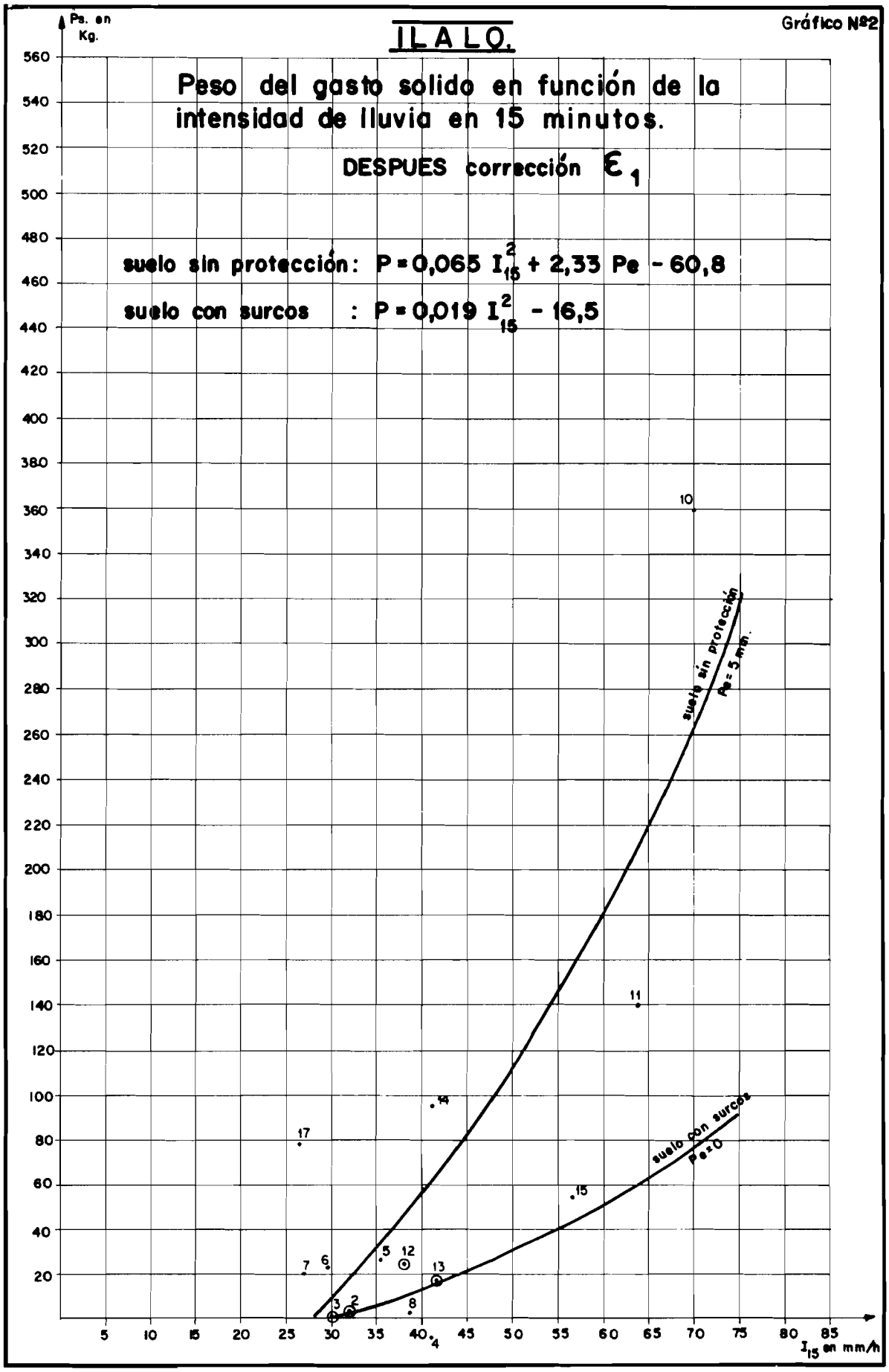
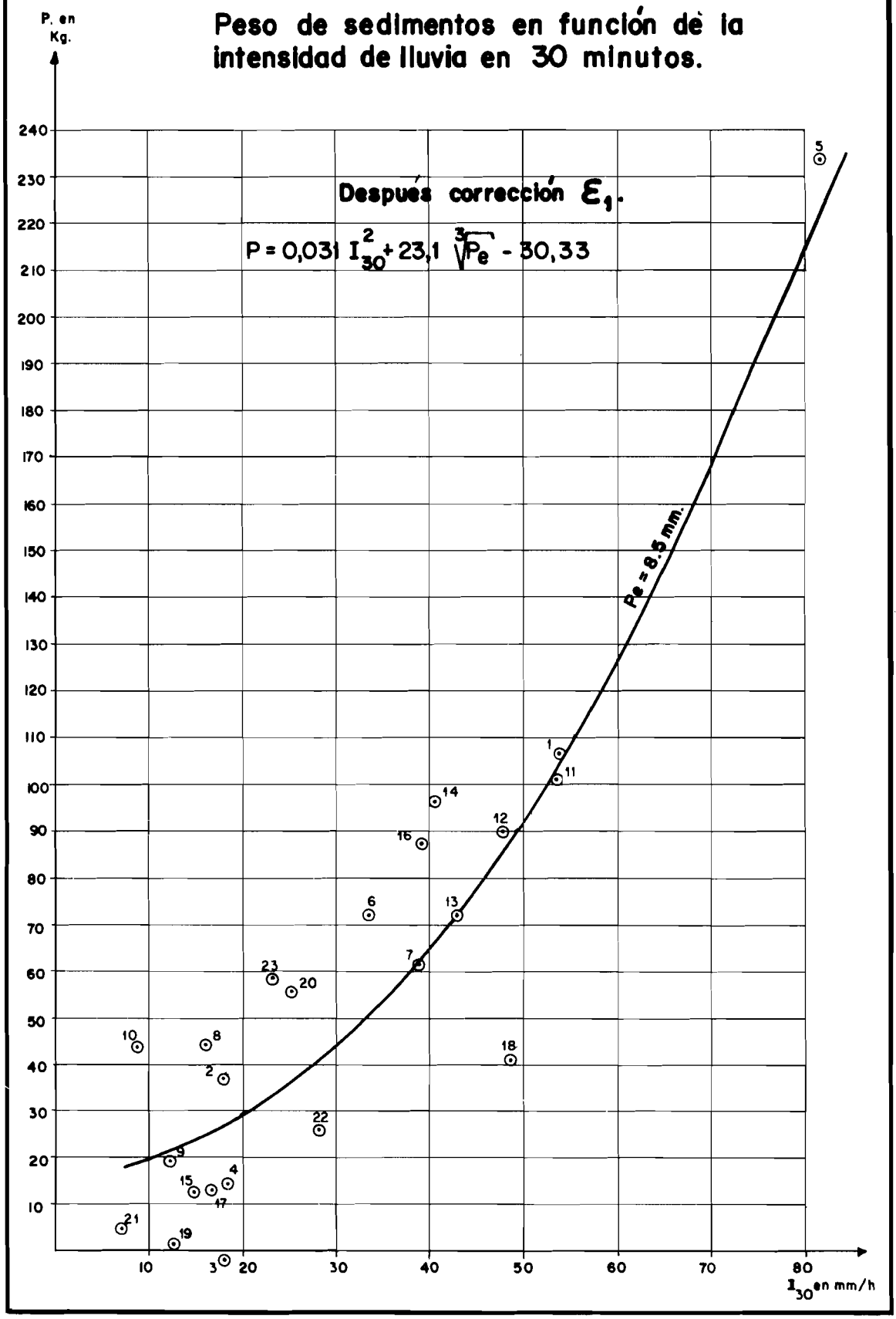


Gráfico Nº2
ILALO.
Peso del gasto solido en función de la intensidad de lluvia en 15 minutos.
DESPUES corrección ε_1
suelo sin protección: $P = 0{,}065\ I_{15}^2 + 2{,}33\ Pe - 60{,}8$
suelo con surcos : $P = 0{,}019\ I_{15}^2 - 16{,}5$
Ps. en Kg.
I_{15} en mm/h
suelo sin protección
Pe = 5 mm.
suelo con surcos
Pe = 0

ALANGASI.

Gráfico Nº3



Como se puede ver en los cuadros números 1 y 2, tenemos generalmente entre dos recolecciones varias lluvias, hasta varias decenas de lluvias. Para paliar este inconveniente, fue necesario tomar un segundo factor explicativo que hemos llamado "lluvias erosivas residuales: Pe". Se trata del total pluviométrico de todas las precipitaciones que cayeron entre dos recolecciones con una intensidad superior a cierto límite. Es decir, las lluvias cuya intensidad fue teóricamente apta para ocasionar erosión, sin tomar en cuenta la lluvia de mayor intensidad que ya entra como primera variable explicativa.

Se hicieron varias pruebas para escoger el Im que proporciona el mejor ajuste. Para la parcela de ILALO, las intensidades máximas fueron en 15 minutos: I_{15}, mientras que para la parcela de ALANGASI se obtuvo un mejor coeficiente de correlación con I_{30}.

Esta diferencia proviene, probablemente, sólo del hecho de que en ILALO tenemos un pluviómetro diario con escala de tiempo de 16 mm/hora, mientras que en ALANGASI se utiliza un pluviómetro semanal con escala de tiempo de 2.25 mm/hora. Es decir, que este último aparato no permite determinar con mucha precisión las intensidades en intervalos de tiempo de 5 o 15 minutos.

Siendo los Im diferentes para estas dos parcelas, se escogieron también para el cálculo de Pe, límites de intensidades diferentes: 10 mm/h para ALANGASI y 20 mm/h para ILALO.

Los gráficos números 2 y 3 muestran los datos observados Ps = f (Im) después de las correcciones (regresiones lineales $\mathcal{E}_1$):

— para ILALO $\Delta P = 2.33\ PE - 11.5$

— para ALANGASI: $\Delta P = 23.1\ \sqrt[3]{Pe} - 47$

— **Para la parcela de ILALO** fue necesario dividir los datos en dos muestras:

- Una primera muestra representativa de la parcela de maíz trabajada con surcos y camellones (del 10 de diciembre de 1981 al 5 de marzo de 1982 y del 29 de noviembre de 1982 al 10 de marzo de 1983), nos dio:

$$Ps = 0.019\, I^2_{15} - 16{,}5 \qquad (1)$$

con Ps en Kg y I_{15} en mm/hora.

- una segunda muestra representativa de la misma parcela de maíz sin ningún mantenimiento (la lluvia borró surcos y camellones, y el campesino no volvió a rehacerlos):

$$Ps = 0.065\, I^2_{15} + 3{,}33\ Pe - 60.8 \qquad (2)$$

con las mismas unidades que la ecuación anterior para Ps e I_{15}, siendo Pe calculada en mm. coeficiente de correlación: R = 0.94 con 10 valores.

Se puede así observar que con surcos la parcela tiene una erosión tres veces menor a la erosión que se puede medir cuando éstos han sido borrados por la lluvia.

De igual forma, el coeficiente de escurrimiento pasa de 3.5% a más del 13% cuando la protección del suelo desaparece.

En el gráfico N° 2 se puede ver que el evento N° 12, a pesar de pertenecer al muestreo N° 1 (parcela con surcos), se ubica en el límite inferior del muestreo N° 2. Esta es la consecuencia de que los surcos fueron abiertos por una lluvia de intensidad máxima de solamente 38 mm/h (I_{15}) si se considera que las más fuertes pueden alcanzar hasta 90 mm/h.

El mantenimiento de los campos por los campesinos parece, por lo tanto fundamental para su protección. Es aún más verdad si se considera que el maíz (cultivo tradicional de la zona) nunca da una buena cobertura vegetal sobre todo cuando las cañas están, como en las zonas estudiadas, muy distantes entre ellas.

Las ecuaciones propuestas permiten evaluar con una precisión satisfactoria (coeficiente de correlación múltiple: R = 0.94) el peso de sedimentos que podría llevar una precipitación de intensidad máxima definida de antemano (en este caso Pe = 0). Utilizando estas ecuaciones, se pudo evaluar el peso teórico de tierra erosionada entre el 28 de mayo y el 22 de septiembre de 1982. Se calculó un total de 1.397 Kg, cuando el valor calculado a partir de los datos de campo era 1.365 Kg. Se debe recalcar que este último valor no fue tomado en cuenta en el muestreo que sirvió a la elaboración de la fórmula (2). En efecto, en la segunda quincena de septiembre, se observaron tres veces, lluvias cuya intensidad máxima en 15 minutos alcanzó 90 mm/h. Fue necesario descartar estos eventos, absolutamente excepcionales, que cambiaban completamente el muestreo y consecuentemente los resultados.

Como hemos visto anteriormente, el año 1982-1983 ha sido pluviométricamente excepcional. Para saber lo que pasaría en un año promedio, sería necesario hacer un estudio estadístico de las intensidades superiores al límite de 20 mm/h escogido y ver cuántas veces por año se supera este valor para una frecuencia de 0.5. Para hacer este trabajo en buenas condiciones se necesitarían los datos de una estación pluviométrica de la red nacional, representativa de la zona estudiada, y el uso de una computadora.

— **Para la parcela de ALANGASI** tenemos una sola ecuación:

$$Ps = 0{,}031\ I^2_{30} + 23{,}1\ \sqrt[3]{Pe} - 30.33$$

con R = 0.94 (muestreo de 23 valores).

Después de la corrección, (puntos N° 7, 11 y 12 del gráfico 3), se puede observar que estos puntos se ubican muy cerca de la curva representativa de la ecuación adoptada. Esta curva no necesita ninguna corrección, únicamente cuando Pe = 8.5 mm.

Una tentativa para incluir un segundo factor de corrección (tercera variable explicativa) nos dio resultados más satisfactorios. Se trataba de un índice de humedad del suelo de la forma:

$$I_h = Pa\ e^{-Kt}$$

Siendo: Pa, la altura pluviométrica de la precipitación anterior,

t, el tiempo, en días, separando la lluvia estudiada de la lluvia anterior,

K, un factor función de las características físico-edafológicas de la parcela.

Se escogió: $e^{-K} = 0.70$

No se utilizó este factor en el estudio de la parcela de ILALO porque hemos pensado que el manejo del suelo por el hombre cambiaba completamente las condiciones naturales y que ajustar en este caso un índice de humedad del suelo completamente empírico, no tenía sentido.

4.3.- Primeras conclusiones del estudio

A pesar de tener datos incompletos y resultados parciales, pensamos que pueden sacarse conclusiones importantes:

1.- Son solamente los picos de intensidades en intervalos de tiempos relativamente cortos los que provocan la erosión por escurrimiento. Se debe buscar la mejor protección posible, sea con una cobertura vegetal, sea con un manejo adecuado del suelo.

2.- A lo largo de su vida, el campesino, en los minifundios estudiados, puede ver desaparecer o por lo menos desplazarse, un espesor de suelo de un metro más o menos.

3.- El manejo del suelo por el hombre tiene un papel fundamental. Los surcos tienen que ser hechos con cuidado al inicio de la época lluviosa y bien mantenidos. Además, en las zonas secas, es un medio para guardar la humedad. En regiones más lluviosas se podría poner la semilla más sobre la loma del camellón.

En la zona estudiada se pudo comprobar que las cañas estaban muy distantes; además, durante

el crecimiento de la planta, el campesino corta ciertas hojas, lo cual disminuye todavía más la protección que ya naturalmente no es muy buena. Después de la cosecha, las cañas son cortadas y sirven de alimento para los animales, dejando una vez más el suelo sin protección. Dejar por lo menos una parte de los resíduos vegetales sería, tal vez, una buena medida.

4.- Los resultados obtenidos permiten no solamente calcular el gasto sólido para zonas físico-climáticas y prácticas agrícolas bien definidas, sino también conocer los volúmenes de agua escurrida. Estos últimos datos podrían servir, si fuera necesario, para el cálculo de canales de drenaje.

5.- Una vez depurados todos los datos disponibles de las diferentes parcelas, será posible emprender un trabajo de síntesis en el que la pendiente, las características del suelo y la cobertura vegetal entrarán igualmente como variables explicativas del fenómeno de erosión. Será posible, entonces, proponer otras recomendaciones a base de un modelo de erosión más amplio.

BIBLIOGRAFIA

G. DE NONI, J. F. NOUVELOT: Los principales procesos erosivos en Ecuador. Seminario PRONACOS-UNESCO, Quito, 1983, 11 p.

G. DE NONI, J. F. NOUVELOT, G. TRUJILLO: Estudio cuantitativo de la erosión con fines de protección de los suelos: las parcelas de Alangasí e Ilaló. Seminario PRONACOS-UNESCO, Quito, 1983, 7 gráficos, 16 p.

F. FOURNIER: Climat et érosion. Les relations entre l'érosion du sol par l'eau et 'les précipitations atmosphériques, Paris, P.U.R., 1960, 201 p.

F. FOURNIER: Conservation des sols. Conseil de l'Eurpe, 1972, 206 p.

E. ROOSE: Erosion et ruissellement en Afrique de l' Ouest. Vigt années de mesures en petites parcelles expérimentales. Paris, ORSTOM 1977, 108 p.

E. ROOSE: Dynamique actuelle des sols ferrollitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique Occidentale. Paris, ORSTOM, 1981, 569 p.

W.H. WISCHMEIER, D SMITH: Predicting raifall conservation planning. Washinton, 1981, 51 p.

*ESTUDIO DE LA EROSION EN UNA COMUNIDAD INDIGENA DE LA SIERRA ECUATORIANA: MANIFESTACIONES, CAUSAS Y METODOS DE CONSERVACION DEL SUELO

Isabelle GREGOIRE
Germán TRUJILLO

Centro Nacional de Estudios Agronómicos de las Regiones Cálidas (CNEARC) Montpellier - Francia.

Ing. Agrónomo, Departamento de Conservación de Suelos de PRONACOS — MAG - Quito.

RESUME

La présente étude s'est délourée dans une petite commune rurale indigène située près de Quito.

La description fine des phénomènes érosifs, l'analyse des facteurs créateurs et de ceux du millieu physique qui conditionnent l'erosion, ont permis de proposer des mesures antiérosives pratiques qui tiennent compte des réalités physiques et humaines.

RESUMEN:

El presente estudio se desarrolló en una pequeña comuna rural indígena cerca de Quito.

La descripción detallada de los fenómenos erosivos, el análisis de los factores creadores y de los del medio físico que condicionan la erosión, han permitido proponer medidas antierosivas que tienen en cuenta las realidades físicas y humanas.

ABSTRACT:

This study was developped in a small indigenous community near to Quito.

The erosive phenomena detailed description, the analysis of the creative and environnmental factors conditioning erosion, have permitted to propose some antierosive measures acquainted to the physic and human realities.

---

* **Al igual que el precedente artículo, este trabajo ha sido elaborado en el marco de un curso de especialización (6 meses) realizedo en el seno de PRONAREG - PRONACOS con la asistencia técnica de la ORSTOM. Agradecemos por su apoyo al Ing. E. SUAREZ, Director ejecutivo de PRONAREG, Encargado de PRONACOS, a G. de NONI y M. VIENNOT, Asesores de la ORSTOM.**

La erosión es un antiguo problema que se ha vuelto muy importante en muchos países del mundo, entre ellos el Ecuador.

En efecto, el Ecuador ha sido y sigue siendo un país fuertemente afectado por la erosión, pues casi la mitad del territorio (1) sufre de una erosión activa o potencial. La activa ocupa actualmente en superficie casi el 15% de las tierras y está localizada sobre todo en las zonas agrícolas de la Sierra.

Se ha realizado el presente estudio en un pueblo de la Sierra, San Juan de Chuzpiaco, ubicado a 20 km al Sur-Este de Quito, en la falda oriental del Ilaló, y que se encuentra en un avanzado proceso de erosión. Actualmehte, la mayoría (90%) del suelo de la zona de estudio, corresponde a una formación llamada cangahua material mineral estéril en este estado.

En estas pocas páginas, vamos a presentar el problema erosivo con sus principales manifestaciones e intentar una explicación sobre sus causas, con el fin de proponer algunos métodos de conservación de los suelos.

I Las manifestaciones de la erosión

La manifestación más frecuente y devastadora en esta zona, es el escurrimiento, que actúa solo o conjuntamente con los deslizamientos.

I. 1. El escurrimiento difuso.

El escurrimiento difuso es la manifestación más frecuente de erosión en San Juan de Chuzpiaco.

Se caracteriza por la formación de una lámina de agua, incapaz de perforar la superficie del suelo y más o menos espesa según la capacidad de absorción del mismo, la cual depende en parte de la tasa de saturación del suelo. La progresión de esta lámina de agua no es idéntica en todos los puntos de la superficie afectada debido a los obstáculos constituidos por diferentes objetos (piedras, hierba. . .). En razón de la presencia de los surcos, la lámina de agua es frenada y tiende a actuar por escalones sucesivos. El agua se acumula en los surcos, aplana el fondo de éstos dándoles una forma de U en vez de la forma en V original. En general, los sedimentos de textura limosa y arenosa, finos a gruesos, se depositan en los surcos que llegan a taparse, facilitando de esta manera el paso del agua de escurrimiento, de una línea de surcos a otra. Este tipo de dinámica provoca un rastreamiento generalizado del suelo de la parcela, llegando a un relieve monótono donde ya no aparecen los surcos. El suelo tiene una apariencia jaspeada, por la diferencia de su color, debido al transporte y desplazamiento de partículas.

Sobre la cangahua sin suelo o parcialmente cubierta, pueden obervarse los dos siguientes tipos de manifestaciones erosivas:

- Un micro-relieve en cavidades de forma hexagonal cuyo perímetro está constituido por costras blancas y calcáreas,

- Un modelo aborregado, debido a micro-ondulaciones, también de forma hexagonal, rodeadas de pequeñas zanjas.

En realidad, estos dos tipos corresponden a dos momentos de la evolución de la cangahua bajo la acción del escurrimiento difuso que saca del suelo las costras calcáreas, resultando "micro-ondulado" el aspecto actual. En general, el escurrimiento difuso provoca una erosión, de débil a media.

I.2. El escurrimiento concentrado

El escurrimiento concentrado provoca un modelado que se localiza en la superficie del suelo por incisión lineal, haciendo aparecer entonces una micro-topografía accidentada. Este tipo de escurrimiento se caracteriza

1 G. de NONI - J.F. NOUVELET: Los principales procesos erosivos en Ecuador - Seminario MAG - UNESCO - Quito, 1973, 11 p.

por una aptitud de los chorros para cortar el suelo. Es más o menos intensa según el tamaño, la forma y el número de zanjas y quebradillas.

El escurrimiento concentrado afecta principalmente a las tierras cultivadas y excepcionalmente a las zonas de cangahua. En efecto, este material duro es poco sensible a la incisión. En parcelas cultivadas, las manifestaciones típicas de este escurrimiento son las siguientes:

Intensidad del escurrimiento	forma y tamaño de las zanjas	tamaño de los objetos desplazados	Obsservaciones
débil a mediano asociado a veces a esc. difuso	En V o fondo plano ancho: 10-20 cm hondo: 1 cm	inferiores a 1 cm	solo los lomos están cortados
medio a fuerte	forma en U ancho: 5-15 cm hondo: 3-7 cm	inferiores a 3 cm	lomos y surcos están cortados, los lomos más que los surcos anastomasados cada 30 a 40 cm.
fuerte a muy fuerte	forma en U ancho: 5-20 cm hondo: 15-20 cm	inferiores a 5 cm	lomos y surcos cortados con la misma intensidad

El transporte de tierra por este tipo de escurrimiento es muy importante. El escurrimiento concentrado deposita al pie de las parcelas gran cantidad de tierra bajo forma de micro-conos de deyección.

I.3. Los deslizamientos

Los deslizamientos se caracterizan por la formación de taludes semicirculares que, en la zona, no sobrepasan 1 metro de altura. Estas formas resultan de la caída de una parte del suelo en el sentido de la pendiente.

En la actualidad, en la región estudiada, los deslizamientos son poco frecuentes. Sin embargo, muchos taludes de dimensiones más notables, observados en las partes de cangahua dura, permiten pensar que este tipo de erosión ha sido muy importante.

Luego de la descripción de las diferentes manifestaciones de la erosión, comprobamos que el fenómeno más peligroso para las zonas cultivables es el escurrimiento concentrado.

Esto nos lleva a preguntarnos ¿cuáles pueden ser las causas de esta erosión, cuáles son los factores involucrados?

II. Las causas de la erosión

Los factores climáticos como el viento y las lluvias son creadores de erosión. Estos pueden existir junto con otros factores condicionadores de erosión, que son el relieve, las formaciones superficiales, la cobertura vegetal, las prácticas agrícolas y las cacracterísticas del medio que rodea la parcela.

II. 1. Los factores creadores de erosión

II. 1. 1 El viento

No tomamos en cuenta este factor por no haber observado formas notables características de la acción del viento.

II.1. 2 Las precipitaciones

El mecanismo de erosión comprende dos fases: primero una acción de las lluvias y luego una acción del escurrimiento.

La altura de las precipitaciones no constituye un elemento decisivo en la iniciación de la erosión. Sin embargo, la intensidad de las lluvias parece ser el parámetro principal de la erosión hídrica. Esta actúa saturando momentánemente la porosidad del suelo y, por la energía disipada por las gotas de lluvia, destruye su estructura superficial. El impacto de las gotas de lluvia provoca una separación de las partículas del suelo, "afecto splash", que saltan y al recaer en el suelo son desplazadas bajo la acción del escurrimiento. Se ha podido obtener una buena relación (2) entre el peso de los sedimentos recogidos y la intensidad máxima de las lluvias durante 15 o 30 minutos. Las intensidades más fuertes se encuentran de setiembre a diciembre., lo que explica en parte por qué la erosión es más fuerte durante este período.

II. 2. Los factores que condicionan la erosión

II.2.1. Los factores del medio físico

II. 2.1.1. Las pendientes

Las pendientes en esta zona no son tan fuertes ya que la mayoría del área de estudio tiene una pendiente superior al 15% y un tercio de la misma tiene una pendiente superior de 35%.

Hemos podido comprobar que la intensidad de la erosión aumenta con la inclinación y la longitud de la pendiente. Sin embatgo, este tipo de topografía constituye un medio propicio a la erosión.

Por lo tanto, pueden observarse escurrimientos concentrados en todas las parcelas cultivadas, siendo las únicas que no han sufrido daños aquellas cuya pendiente no sobrepasa un 2 o 3%. Parecería, sin embargo, según observación de las formas de erosión de varias parcelas, que más allá de una pendiente de 35%, la intensidad del escurrimiento concentrado ya no aumenta.

II.2.1.2. Los suelos

Existen dos tipos de suelos cultvables en San Juan de Chuzpiaco: el suelo negro, tipo molisol, cuyo perfil puede ser completo o no, y la cangahua dura que ha sido ablandada por el hombre. Algunas características de estos suelos van a permitirnos conocer su susceptibilidad a la erosión.

La textura

La textura de los horizontes superficiales del molisol y de la cangahua ablandada, es bastante arenosa, lo que les da una alta sensibilidad a la incisión y por lo tanto al escurrimiento concentrado. Cuando la textura es más arcillosa, caso observado cuando el horizonte arcilloso del moliso está descubierto, la sensibilidad a la incisión parece menos fuerte pero las formas de erosión son más persistentes.

La estabilidad estructural

Un test, el de Vilensky, nos permitió comprobar que los horizontes superficiales del molisol y de la canggahua ablandada tienen una estabilidad estructural más bien débil, mientras que la de los horizontes arcillosos de suelo negro es mucho más elevada. Los agregados de los suelos, teniendo una estabilidad estructural débil, son más sensibles a la acción de las gotas de lluvia y son destruidos más fácilmente. De igual manera, pudimos observar que la estabilidad estructural aumenta con el contenido de arcilla.

Por lo tanto, de manera general, la mayoría de los suelos tiene una débil resistencia a la erosión por su

---

2 G. de NONI - J. F. NOUVELOT - G. TRUJILLO . **Estudio cuantitativo de la erosión con fines de protección de los suelos = las parcelas de Alangasí e Ilaló (artículo publicado en esta revista).**

poca estabilidad estructural.

El contenido en materia orgánica

El contenido en materia orgánica de los suelos es baja, se ubica entre 0,3 y 1% y en su mayoría tiene un porcentaje de 0,6% aproximadamente.

Este bajo contenido de materia orgánica no permite una mejor estabilidad estructural. Pudimos observar una buena correlación entre la tasa de materia orgánica y la estabilidad estructural. Asimismo, no permite un aumento de la permeabilidad del suelo ni un buen desarrollo de las plantas, lo que contribuye a incrementar los riesgos de erosión.

La profundidad del suelo

Los suelos de la zona son poco profundos, sobrepasan excepcionalmente 50 cm y se sitúan entre 15 y 30 cm. Este débil espesor del suelo provoca una escasa reserva de agua en el mismo. Durante las lluvias, se llega muy rápidamente a la saturación provocando un exceso de agua favorable al escurrimiento. Además, bajo el suelo, que sea un molisol o cangahua ablandada, existe un material compacto, la cangahua endurecida cuya débil permeabilidad no permite que se aumente la reserva en agua del suelo.

Podemos decir, por lo tanto, que las características de los suelos de la zona estudiada demuestran una gran sensibilidad a la erosión.

El estudio de las pendientes y de los suelos nos permite calificar el medio físico como propicio a la erosión.

II.2.2. Los factores que dependen del medio humano

La actividad agrícola, tipos y técnicas de cultivo, tienen numerosas consecuencias que constituyen factores muy condicionantes de la erosión.

II.2.2.1. La cobertura vegetal

En esta zona, el maíz es un monocultivo. Sembrado a fines de setiembre y principios de octubre, es cosechado de junio a agosto. El suelo está cubierto por follaje apenas en un 50% durante gran parte de su ciclo. Además, pudimos comprobar que, en época de lluvias, durante las más fuertes intensidades del año, es decir de septiembre a diciembre, el suelo no está cubierto o lo está sólo parcialmente, lo que puede provocar graves riesgos de erosión por escurrimiento durante este período. El maíz aparece, por lo mismo, como una planta que cubre lentamente y bastante mal el suelo.

Asimismo, la arquitectura de la planta es importante. El maíz es una planta embudo y la lluvia que cae sobre ella se concentra a lo largo del tallo, terminando al pié de la misma, lo que provoca;

- primeramente, una excavación del pie de maíz,
- luego, la formación de una pequeña zanja, que corta el lomo.

El maíz es, por lo tanto en las condiciones de cultivo una planta que favorece la erosión. Esto aumenta por falta de fertilidad del suelo, lo que provoca un mal desarrollo del maíz. Así las parcelas mal cubiertas se ven fácil y fuertemente afectadas por la acción de las gotas de lluvia.

A parte del maíz, son cultivadas pocas plantas, excepcionalmente el trigo y la cebada que, al contrario, cubren mejor el suelo. Algunos campesinos utilizan a veces un cultivo de verano, como arvejas o lentejas, cultivo limitado por la falta de agua y por el costo de las semillas. Sin embargo, este cultivo aparece como beneficioso porque cubre todavía el suelo al principio de la estación de lluvias.

Podemos concluir que una mala cobertura del suelo en general y particularmente al principio de la esta-

ción lluviosa contribuye a aumentar los riesgos de la erosión.

II.2.2.2. Las técnicas de cultivos

Dos operaciones pueden ser realizadas antes de la siembra del maíz: una que puede calificarse de deshierbe y otra de seudo-arado (por el poco espesor del suelo trabajado).

Estas dos operaciones tienen la desventaja de trabajar el suelo en poca profundidad. Esto no favorece un aumento de la permeabilidad al agua y al aire así como la constitución de una reserva de agua en profundidad. La parte del suelo que no ha sido trabajada presenta el riesgo de aplanarse, volverse más compacta, más coherente y, de este modo, menos permeable. Notamos, por otra parte, que la cangahua ablandada disminuye su permeabilidad con la profundidad.

— Las labores de surcos y siembra

Estas dos operaciones se estudian al mismo tiempo porque se efectúan simultáneamente.

— Los surcos

La orientación y la altura de los surcos son importantes en la medida en que les permiten o no constituir un obstáculo para el escurrimiento.

La orientación del surco es a veces nefasta. Esto sucede cuando es efectuado en el sentido de la pendiente. En efecto, el agua ocupa sin problema los surcos, los cava y favorece de este modo el escurrimiento concentrado. Esta situación es provocada cuando una parcela se encuentra sometida a pendientes de direcciones diferentes, sin que el campesino pueda reconocer siempre la pendiente más pronunciada.

La altura de los surcos parece insuficiente a menudo para convertirse en un obstáculo eficaz en el paso del agua. La distancia entre la cima y el fondo del surco es de alrededor de 20-25 cm. Los surcos se encuentran a menudo repletos de tierra acumulada, por lo cual esta distancia se reduce más todavía y el agua concentrada tiende a desbordarse formando zanjas.

A pesar de sus defectos, es más aconsejable un cultivo con surcos que sin ellos. Sin embargo, hay que evitar sistemáticamente realizar su trazo en el sentido de la pendiente, lo que favorecería sin duda y de manera notable la erosión.

En cuanto a la siembra, no se la analizará en forma detallada porque no tiene una acción degradante para el suelo.

El mantenimiento del cultivo

Una de las operaciones de mantenimiento del cultivo, no es satisfactoria. Se trata del trabajo de aporque, que consiste en volver a colocar la tierra al pie del maíz, en el mes de enero. El inconveniente de esta práctica reside en el hecho de que los campesinos colocan la tierra solamente al pie del maíz sin reconstituir toda la línea del surco. Se crea entonces una depresión entre cada planta, que es ocupada rápidamente por el agua de escurrimiento.

El uso de los residuos de cultivo

Después del paso de los animales, los residuos de cultivo son enterrados por los agricultores. En esta condiciones, esos resíduos se degradan de mala manera y aportan muy poco material orgánico capaz de mejorar la estructura del suelo.

La rotación de los cultivos

Esta práctica se encuentra muy poco difundida en San Juan de Chuzpiaco. El maíz se cultiva casi como monocultivo y el resultado de este hecho es la acentuación del caracter degradante de esta planta.

El barbecho es poco práctico en razón de la falta de superficies cultivables. Cuando es realizado, su efecto es también nefasto, considerando la pobreza del suelo, pues no permite el desarrollo satisfactorio de una vegetación natural, espontánea y protectora.

II. 2.2.3. El medio circundante a la parcela

En el caso particular de San Juan de Chuzpiaco, cabe señalar este importante factor.

Las parcelas se presentan a menudo como islotes dispersos en medio de la cangahua endurecida, desnuda o parcialmente cubierta. Todas las parcelas situadas por debajo de una zona de cangahua desnuda, son afectadas por el escurrimiento concentrado que aparece a partir del primer metro, salvo en el caso de una pendiente inferior al 5%. Al contrario, existen a veces, hacia arriba de las parcelas, un pequeño canal o cercas de cabuya. En estos dos casos si el canal tiene una profundidad o una anchura suficiente, el inicio del escurrimiento concentrado puede retardarse bastante.

Así, el medio que circunda la parcela puede, en casos determinados, aumentar el riesgo de erosión.

La revisión de las causas de la erosión nos permite considerar que la cobertura vegetal es primordial para asegurar la conservación del agua y del suelo. Una cobertura vegetal deficiente es la razón básica para el desencadenamiento de la eorisión. En segundo lugar, intervienen las técnicas de cultivo y el medio circundante a la parcela. Las formaciones superficiales juegan también un papel en la medida en que permiten o no un buen desarrollo de las plantas y ofrecen una resistencia más o menos grande a la agresividad de las precipitaciones. Por fin, se notó que la erosión no necesita pendientes tan pronunciadas para desarrollarse.

En el caso de San Juan de Chuzpiaco, la mayor parte de estos factores propician la erosión. El hombre tiene una gran responsabilidad en la pérdida del capital suelo. Los campesinos no se percatan de su intervención en el desencadenamiento de la erosión, culpan a las lluvias y jamás cuestionan sus prácticas.

Actualmente, dado el estado de degradación avanzada de esta región, la gente se va; pero algunos jóvenes desean quedarse y para ellos, es necesario encontrar soluciones que les permitan vivir en las tierras que quedan y en la cangahua que deberán revalorizar. De esta manera, nos hemos visto en la necesidad de considerar algunos métodos de conservación del suelo.

III Los métodos de conservación del suelo

Los métodos de conservación del suelo que nosotros proponemos se circunscriben al nivel de la explotación agrícola. Los trabajos a gran escala son irrealizables en San Juan de Chuzpiaco por la gran dispersión de las tierras cultivables.

III. 1. Un mejoramiento de la cobertura vegetal

Es necesario, primero, obtener una cobertura del suelo al principio de la estación lluviosa. Para ésto, sugerimos la práctica de un cultivo de verano, que tiene la ventaja de no ser nuevo para los campesinos (arvejas, por ejemplo) Podría asegurarse el éxito de este cultivo con la construcción de un pozo en cada explotación, que permita la irrigación.

Sería necesario utilizar también un corral más adaptado. Sabemos ahora que el trigo y la cebada son plantas menos erosivas que el maíz, y sería recomendable que se sustituyera, parcial o totalmente, al maíz con trigo y cebada.

Igualmente, se debería pensar en el establecimiento de una rotación que permitiera, manteniendo el maíz, introducir el trigo, la cebada, la papa y el barbecho. Podemos proponer las siguientes rotaciones: —maíz-trigo - cebada - maíz - barbecho mejorado por la irrigación con el fin de que el suelo se cubra de inmediato.

El mejoramiento de la cobertura vegetal puede también llevarse a cabo mediante asociaciones de cultivos. Las asociaciones maíz - haba, maíz - calabaza, existen ya. Proponemos una asociación obligatoria ya que el ha-

ba aporta con nitrógeno y la calabaza disminuye la deficiencia de cobertura del maíz. Otro tipo de asociación sería necesario; se trata de la creación de franjas de hierba en una parcela de cereales a fin de frenar la progresión del agua de escurrimiento; la distancia de las franjas variará en función de la pendiente.

III. 2. Un mejoramiento de las técnicas de cultivo

Mejoramiento de la estructura por adición de materia orgánica

Esto podría realizarse quizá en ciertas regiones del Ecuador, pero en San Juan de Chuzpiaco falta la materia orgánica y no es posible actuar respecto a este factor.

El trabajo del suelo

Se necesitaría un trabajo del suelo en profundidad para aumentar la macroporosidad del suelo, pero es difícil considerar esta posibilidad tomando en cuenta el caracter manual del trabajo.

Los surcos

Pensamos, en primer lugar, que deberían hacerse los surcos antes de la estación de las lluvias. Aconsejamos, luego, que se los haga según las curvas de nivel cuando el relieve es marcado (35 cm entre la cima del surco y el fondo del surco). Si el relieve es menos marcado, el surco podría ser oblicuo. Una inclinación de 1 a 3% permitiría evacuar el agua no absorbida por el suelo hacia un desagüe constituido por un canal a lo largo de la parcela. No habrá riesgos de formación de quebradas o quebradillas a partir del desagüe porque éste sería cavado en la cangahua, material poco sensible a la incisión lineal.

El mantenimiento del cultivo.

Cuando el campesino vuelve a colocar la tierra al pie del maíz, en enero, debería reconstituir todo el surco y efectuar esta operación varias veces durante el ciclo, sobre todo a su comienzo. Esto permitiría borrar de manera continua las huellas de la erosión.

El empajado

Como el suelo se encuentra desnudo desde la cosecha hasta la nueva siembra, sería positivo protegerlo con los residuos de cultivos. El campesino debería disponer de paja del corral recogido en el suelo para constituir un "mulch" que le protegerá contra el impacto de las gotas de lluvia.

III. 3. Ordenamiento hacia arriba de la parcela

Hay que evitar a toda costa las zonas desnudas o mal cubiertas más arriba de las parcelas. Sería necesario, entonces, o dejar crecer la hierba si el substrato está constituido por un suelo friable, o prever ordenamientos particulares. Estos serían: la cerca de cabuyos, el muro, el canal de desviación para el agua, todos ellos situados justamente antes de la parcela.

III. 4. Ordenamiento de la parcela

El sistema considerado permite limitar la longitud de la pendiente y evacuar el agua del escurrimiento. Así, es necesario construir zanjas de desviación que tendrían una inclinación de 1 a 3%, una profundidad igual a la del suelo, más unos 20 cm en la cangahua. El agua se evacuaría por un desagüe lateral a la parcela, del mismo tipo del descrito anteriormente. El espaciamiento de las zanjas se hará en función de la pendiente. Cuando ésta es superior al 15%, las zanjas se aproximan demasiado y en este caso es mejor utilizar el método de las franjas de hierba, más fácil de realizar.

En conclusión, podemos afirmar que, a más de los factores lluvia y pendiente no modificables, el factor humano, mediante el sistema de explotación, la elección de los cultivos y las técnicas de cultivo, influye enormemente en el desencadenamiento e intensificación de la erosión, tanto sobre suelo negro como sobre cangahua

valorizada.

Hemos comprobado que todos los métodos de conservación del suelo considerados son relativamente simples y perfectamente realizables a nivel de los campesinos, aunque algunos requieren mucho trabajo (construcción de las zanjas de desviación. . .). Otros métodos, aunque sencillos, encontrarán más obstáculos en su realización. La modificación del sistema de explotación, la instalación de franjas herbáceas, el empajado. . . , chocarán contra las costumbres, los problemas financieros y el aprendizaje de un mayor número de técnicas. Sin embargo, el único medio de acción se encuentra en manos de los campesinos, a los que hay que sensibilizar.

BIBLIOGRAFIA SUMARIA

CTFT: Conservation du sol, au sud du Sahara - 2da. Ed. Paris - 1974 - 296 p.

G. DE NONI: Análisis cualitativo de tres procesos de erosión en la Sierra Volcánica del Ecuador - CEDIG No. 2 Quito - 1982 - p. 39 a 54.

G. DE NONI – J.F. NOUVELOT: Los principales procesos erosivos en el Ecuador. Seminario MAG - UNESCO Quito - 1983 11 p.

G. DE NONI – J. F. NOUVELOT - G. TRUJILLO. Estudio cuantitativo de la erosión con fines de protección de los suelos. Las parcelas de Alangasí e Ilaló - a publicarse en Documento de Investigación - CEDIG - Quito 1986.

MAG – UNESCO: Seminario "Políticas sobre la conservación de los recursos renovables, en particular del recurso suelo" - Quito 1983.

NAHAL I: Principios de conservation du sol - Masson - Paris 1975 - 143 p.

*ESTUDIO DE UN TIPO DE CANGAHUA EN EL ECUADOR. POSIBILIDADES DE MEJORAMIENTO MEDIANTE EL CULTIVO

Alain CAUJOLLE - GAZET *
Carlos LUZURIAGA **

* Centro Nacional de Estudios Agronómicos de las regiones cálidas - CNEARC - MONTPELLIER - Francia.

** Ing. Agrónomo, Jefe del Laboratorio de Suelos de PRONAREG - MAG - Quito.

Resumé:

La cangahua est une formation indure quasi stérile qui couvre 35% de la Sierra volcanique.

L'étude des propriétés physiques et chimiques d'une cangahua, et la mise au point de tésts simples ont permis de la comparer à d'autres cangahuas cultivées et ameublies selon différentes modalités. Une amélioration durable des propriétés de la cangagua est possible par un apport d'engrais organique.

Resumen:

La cangahua es una formación endurecida casi estéril que cubre el 35% de la Sierra volcánica.

El estudio de las propiedades físicas y químicas de un tipo de cangahua y la implementación de tests sencillos, han permitido compararla con otras cangahuas cultivadas y trabajadas según diversas modalidades. Un mejoramiento durable de las propiedades de la cangahua es posible con un aporte de abono orgánico.

Abstract:

Cangahua is a hardy and almost sterile formation covering the 35% of the volcanic Sierra.

The study of the physic and chemical proporties of one type of cangahua and a system of simple tests, have allowed to compare it to another cangahuas cultivated in different ways. A durable improvement of cangahua properties is possible with an organic fertilizer contribution.

---

* El presente artículo ha sido elaborado en el marco de un curso de especialización (6 meses) y en el seno de PRONAREG-PRONACOS, con la asistencia técnica de la ORSTOM. Agradecemos por el apoyo brindado, al Ing. E. SUAREZ, Director Ejecutivo de PRONAREG y Encargado de PRONACOS, a G. DE NONI y a M. VIENNOT, Asesores de la ORSTOM.

La erosión de los suelos es un fenómeno extremadamente acentuado en el Ecuador y particularmente en la Sierra, zona montañosa del país.

Se puede observar que en grandes extensiones la capa arable ha sufrido de erosión, de tal manera que aflora en superficie un material de origen volcánico endurecido, denominado cangagua. Se puede calcular que aproximadamente un 35% de las tierras de la Sierra está constituido por cangagua, que aflora a la superficie o que se encuentra a menos de un metro de profundidad.

Este substrato, aunque impropio en este estado para la agricultura, puede ser mejorado, luego de su ablandamiento, en ciertas zonas de la Sierra donde el crecimiento demográfico obliga al hombre a cultivar en condiciones extremas para poder sobrevivir.

Desgraciadamente, la cangagua ablandada presenta una fuerte propensión a la erosión y su mejoramiento sólo se logrará siguiendo cierto número de normas conservacionistas.

En un primer paso, mediante tests y análisis, se intentará caracterizar un tipo de cangagua. Luego, a partir de la observación y de ensayos de cultivos, se tratará de proporcionar algunas recomendaciones para el mejoramiento y la rehabilitación de la cangagua.

1. ESTUDIO DE UN TIPO DE CANGAGUA:

El presente estudio se apoya en dos grandes polos de investigación:

— Por una parte, el trabajo de campo que incluye esencialmente:

- la observación,
- la implementación y el seguimiento de parcelas experimentales de arveja,
- la realización de tests edafológicos.

— Por otra parte, cierto número de análisis en el Laboratorio de Suelos del MAG en Tumbaco:

- análisis y tests físicos,
- análisis químicos.

1.1. Descripción de la cangagua

Cangagua es un término autóctono que abarca toda una gama de materiales de origen volcánico que se han endurecido. Para nuestro análisis se ha elegido un solo tipo: aquel que se ha encontrado con mayor frecuencia en el lugar de estudio, la vertiente oriental del volcán Ilaló, particularmente en la pequeña comunidad de San Juan de Chuzpiaco, ubicada a 20 km al sureste de Quito.

Aspecto: La cangagua estudiada es de color café claro a amarillento.

En primera instancia, sus principales características son su dureza y escasa cobertura vegetal. A menudo, se nota en su superficie una red de malla exagonal de costras blanquecinas que reaccionan fuertemente al ácido clorhídrico, indicando la presencia de una gran cantidad de material calcáreo.

La vegetación natural

Se encuentra únicamente una vegetación muy rala que ha crecido en la superficie de la cangagua:

— en superficie, pequeños líquenes que forman una película contínua y grisácea;

— en superficie, se encuentra también un musgo de dimensiones muy reducidas (especie no identificada);

— en los lugares donde las acumulaciones de tierra han permitido el enraizamiento de una semilla, crecen gramíneas y pequeños arbustos de las que la más común es una Rosácea (Margyrocarpus setosus);

— en ciertas zonas se encuentran Hontociones de Eucaliptos.

Erosión: En el caso de la cangagua dura, las manifestaciones de los deslizamientos y de la erosión eólica son muy raras en la zona de estudio. Las principales formas de erosión se describen a continuación.

- **Escurrimiento difuso**

Es la forma de erosión más frecuente. Da como resultado un modelado suave y monótono a la cangagua. Los elementos finos han sido barridos por las láminas de agua. La textura de los elementos transportados es predominantemente arenosa.

- **Escurrimiento concentrado:**

Sus manifestaciones son muy raras en la cangagua dura, pero en caso de pendientes fuertes (30-35%) o de confluencia de dos líneas de pendiente aparecen las quebradillas.

- **Asociación escurrimiento difuso-concentrado:**

A veces los escurrimientos difuso y concentrado se encuentran asociados y sus efectos provocan un micro-relieve aborregado de la cangagua. Estos dos tipos de procesos se asocian, por lo menos a partir del 15% de pendiente, para provocar la excavación de las costras calcáreas mencionadas anteriormente, y cuya profundidad en la cangagua es solamente de algunos centímetros.

- **Balance de la erosión:**

El MAG, en colaboración con ORSTOM, implementó en 1981 una parcela experimental equipada de un tanque de sedimentación y de un pluviógrafo en el sitio de nuestro estudio. Para una pendiente de 27% los pesos de sedimentos fueron de:

288,24 Kg/50 m2 en 1982, o sea 57,7 T/Ha.
49,50 Kg/50 m2 en 1983, o sea 9,90 T/Ha.

A pesar de que estos datos no pueden ser considerados como generales, muestran, sin embargo, que la erosión de la cangagua dura existe y puede alcanzar valores importantes.

1.2. Tests de campo en cangagua

Los tests de campo se han efectuado a partir de dos sitios significativos de la zona estudiada.

- **Permeabilidad**

El test de PORCHET da los siguientes resultados:

— para la estación 1: el coeficiente de permeabilidad K se eleva a $4{,}48.10^{-6}$ m/s, o sea 1,61 cm/h.

— para la estación 2: $1{,}35.10^{-6}$ m/s, o sea 4,86 cm/h.

Según el autor francés DUCHAUFOUR, estos valores son bajos y evidencian un medio poco permeable.

- **Densidad aparente**

La determinación de la densidad aparente se ha realizado mediante el método del cilindro. Las medidas efectuadas en la estación 2 dan el siguiente resultado:

Densidad aparente = Da = 1,77 g/cm3.

Podemos considerar este valor como alto ya que el valor promedio de densidad aparente para suelos derivados de cenizas volcánicas, no endurecidos o cementados, varía de 0,5 a 1 g/cm3. Este criterio evidencia la compactación que ha sufrido el suelo al formarse la cangagua.

1.3. Análisis físicos:

- **Granulometría:**

Como los elementos finos de la cangagua se disgregan muy poco o nada con el tratamiento de dispersión clásico, se realizó antes de la determinación de la granulometría, una exposición de las muestras a un emisor de ultrasonido.

Las medidas se efectuaron a partir de muestras recogidas en diferentes profundidades. La granulometría promedio es de:

arcillas : 16,3%
limos : 55,3%
arenas : 28,3%

La granulometría no sufre mayor variación en las diferentes capas del perfil. La composición de la cangagua parece homogénea.

- **Densidad real**

Las muestras fueron tratadas según el método del Pycnómetro. Obtenemos una densidad real promedio Dr igual a : Dr = 2,397 g/cm3.

Este valor es bastante bajo en relación a las cifras citadas para el promedio de los suelos que se sitúan alrededor de 2,6. La cangagua lo cual no es sorprendente tratándose de un producto volcánico, es un material relativamente liviano en el cual posiblemente predominan los vidrios volcánicos.

- **Porosidad:**

De los resultados de la densidad aparente y de la densidad real, se deduce la porosidad mediante la relación: porosidad % = 1 - Da/Dr . 100

Encontramos un resultado de 26.2%, valor extremadamente bajo. Parece que el volumen de los poros gruesos es mínimo frente a la micro-porosidad. Esta característica hace de la cangagua un medio asfixiante e impermeable, impropio para la vida tanto microbiana como pluricelular. Se entiende también que, además de los problemas de resistencia a la penetración, las raíces de los vegetales sólo pueden absorber muy poca agua y elementos nutritivos.

- **Humedad y capacidad de retención:**

Los resultados pF metro a pF3 muestran una baja capacidad de retención de agua en la cangagua, ya que llegamos a un valor de 17,6%.

1.4. Análisis químicos:

1.4.1. Los resultados:

El cuadro que sigue expresa las características químicas promedias de la cangagua en un perfil de la estación 2.

Profundidad (cm)	15	30	45	60	100	140	180	250
pH	8,9	8,6	8,7	8,9	8,7	8,7	8,7	8,2
Carbón orgánico %	0,17	0,12	–	0,09	0,11	0,11	0,11	0,11
materia orgánica %	0,29	0,20	–	0,15	0,19	0,19	0,19	0,19
nitrógeno total %	0,01	0,01	–	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
c/N	15	12	–	9	11	11	11	11
Capacidad intercambio catiónico (meg/100g)	24,6	25,9	24,3	25,1	25,3	23,7	19,3	21,7
Tasa de saturación	73,7	71,0	71,5	70,2	53,7	66,8	64,8	66,1
Aluminio	–	–	–	–	–	–	–	–

El examen de este cuadro demuestra que, salvo los 30 primeros centímetros de la superficie, la cangagua presenta características químicas homogéneas:

— un pH muy básico (insoportable para muchas plantas),

— gran pobreza de carbón y materias orgánicas, lo cual significa que la vida microbiana de la cangagua debe ser muy reducida.

— una capacidad de intercambio catiónico muy elevada, así como una tasa de saturación del complejo absorbente.

Se ha probado también, mediante un análisis más riguroso, que el complejo órgano-mineral se encuentra saturado en más del 95% por iones de calcio. La presencia de numerosas costras calcáreas nos conduce al estudio más preciso de la importancia de este elemento en la cangagua. Para ello, hemos realizado los tests de penetrabilidad y de calcimetría: en cada lugar se tomaron muestras con el fin de pasarlas por el calcímetro.

Al final de estas experimentaciones, concluímos que la cangagua es bastante rica en material calcáreo (17 a 20% en las costras y de 3 a 16% en el resto del perfil). El material calcáreo está distribuido de modo aleatorio en las tres dimensiones del espacio.

Concluímos igualmente que el material calcáreo es, por lo menos en parte, responsable del endurecimiento de la cangagua, ya que los experimentos muestran significativamente que existe una correlación positiva entre la tasa de material calcáreo y la dureza.

1.5. Intento de definición de la cangagua

El intento de definición expresado a continuación se refiere a un solo tipo de cangagua, encontrado en la vertiente oriental del volcán Ilaló.

Esta cangagua es un material café amarillento, resultante de cenizas volcánicas endurecidas, capaz de volver a endurarse después de un ablandamiento mediante la intervención de uno o varios cementos de los cuales uno es calcáreo. Su riqueza en calcio lo convierte en un substrato básico (pH de 8,7), y la tasa de saturación del complejo es muy eleada (de alrededor del 70%). El material calcáreo se distribuye aleatoriamente en la masa, salvo en la superficie donde pueden aflorar costras ricas en carbonatos más o menos dispuestos en exágonos. Su compactación creciente lo convierte en un medio asfixiante, con poca capacidad de retención e impropio en este estado para la implantación de vegetales.

2. ESTUDIO DE LA GANGAGUA ABLANDADA

Hemos visto en las páginas precedentes, apoyándonos en los resultados de test y análisis, que la cangagua dura es totalmente impropia para el cultivo. Pero en ciertas regiones de la Sierra, tal como en la zona estudiada, se encuentran numerosos habitantes que cultivan una parcela de cangagua después de haberla ablandado. Se puede clasificar en dos tipos de cangagua cultivada según el tipo de ablandamiento, manual o mecánico.

El ablandamiento manual consiste en romper la capa superficial de la cangagua con un azadón, luego se disminuyen los trozos obtenidos en pequeñas partes, golpeándolos con un garrote. Es un trabajo largo y difícil.

El procedimiento mecánico consiste en remover la cangagua con una máquina subsoladora enganchada a un tractor potente (120 caballos); luego se afina el trabajo mediante el paso de arado y de rastrillo. Es evidente que, en el caso de la Sierra donde los ingresos son bajos, este procedimiento es muy limitado.

Se encontraron diferentes casos de ablandamiento de la cangagua. Para cada caso, se instalaron las siguientes estaciones:

— A: Ablandamiento manual rústico.
— B: Ablandamiento manual fino.
— C: Ablandamiento mecánico.

En cada una de estas estaciones se efectuaron análisis y tests, y se implementaron parcelas experimentales de arvejas, con el fin de comprobar si la fertilización química, al igual que los aportes de materia orgánica, son o no útiles para la cangagua. Los aportes de abono consistían en una fertilización de tipo 60-80-100 en forma de úrea, superfosfato y cloruro de potasio. Los resultados se encuentran en el cuadro que sigue:

	Estación A	Estación B			Estación C	
		Faceta 1		Faceta 2		
con/sin abono	Sin	sin	con	con	sin	con
cifra promedio de semilla/vaina	cosecha nula	5.02	4,99	4,54	4,30	4,50
peso promedio seco de una semilla (g)		0,052	0,069	0,100	0,070	0,074
peso promedio seco de semillas de una vaina (g)		0,261	0,344	0,454	0,301	0,333

A continuación, se analizará el comportamiento de la cangagua ablandada, según estas diferentes modalidades.

2.1. Características físicas:

— Permeabilidad: se ha verificado (estación A) que un ablandamiento muy somero en el cual quedan muchos bloques de cangagua dura, no permite al agua humedecer la superficie sino que la deja circular hasta la capa dura no trabajada. El fracaso total del cultivo de la estación A se debe a esta propiedad, ya que las semillas no pudieron soportar el "stress" hídrico de la parcela.

Por lo contrario, un trabajo mucho más fino, tal como pudimos observar en la estación C, luego de un tratamiento mecánico muestra una permeabilidad disminuida en profundidad. El ablandamiento manual al cual fue sometida la estación B, brinda la permeabilidad más homogénea y satisfactoria.

Un buen ablandamiento de cangagua no debe realizarse ni muy grueso ni muy fino para alcanzar un mejoramiento en el material.

– Densidad aparente y porosidad: La evidencia consiste en que el ablandamiento ocasiona el aumento en fuertes proporciones, de la porosidad por baja de la densidad aparente. Los resultados muestran que la materia orgánica hace que la cangagua no vuelva a endurecerse.

- La porosidad baja alrededor de 4 puntos por mes, en la estación A donde la tasa de materias orgánicas es sólo de 0,42%
- Baja en un 0,2 de punto en la estación B, con una tasa de materias orgánicas de 1,02%

— Estabilidad estructural: Para caracterizar la estabilidad estructural de la cangagua, escogimos un método cuyos resultados no tienen ningún valor absoluto pero que pueden ser comparados. La experimentación consiste en dejar caer algunas gotas de agua desde cierta altura sobre trozos de cangagua. El experimento termina cuando todos los fragmentos de los trozos pasan a través de un tamiz de 2 mm. En estas condiciones, los trozos de las diversas muestras deben presentar un tamaño similar.

Cuadro de los resultados:

	ESTACION A	ESTACION B	ESTACION C
Número de gotas	27,1	43,3	35,1
Tasa de materias orgánicas (%)	0,42	1,02	0,61

Una correlación lineal entre la tasa de materias orgánicas y la cifra de gotas, nos da un coeficiente de + 0,983, resultado altamente significativo. Parece que la estabilidad estructural de la cangagua puede mejorarse ampliamente mediante un enriquecimiento en materias orgánicas.

— Humedad a la capacidad de retención: Una regresión lineal entre las medidas de la humedad a la capacidad de retención y la tasa de materias orgánicas nos da un coeficiente de correlación muy elevado: + 0.996. Este resultado es altamente significativo y traduce el hecho, bien conocido, de que la materia orgánica flocula las arcillas, y mejora así la estructura del suelo y su microporosidad.

2.2. Características químicas:

Nos hemos preocupado de las propiedades del complejo absorbente pues, a parte de los problemas de cementación, pensamos que su estado es importante para el mejoramiento de la cangagua. Los diferentes análisis de correlación no muestran de manera categórica que el enriquecimiento en materia orgánica se acompañe de un aumento de la capacidad de intercambio catiónico, quizá por falta de elemento para una investigación estadística confiable.

En cambio, se ve claramente que el efecto orgánico se traduce por una saturación del complejo en bases intercambiables y ésto, sin aportar cationes metálicos sino permitiendo una fijación privilegiada en relación a los iones H+.

2.3. Comparación de los cultivos

	ESTACION A		ESTACION C	
Con/sin abono	sin	con	sin	con
rendimiento	100	111	100	133
tasa de materias orgánicas (%)		0,61		1,02

Parece, según este cuadro que la eficacia de los abonos químicos se incrementa con el aumento de la tasa de materias orgánicas. En otras palabras, pensamos que no es rentable aplicar abonos caros en general, si no se espera alcanzar un buen contenido de materias orgánicas. Según nuestros datos, el nivel de 1% parece aceptable, pero es necesario confirmar este resultado con otros experimentos.

4. POSIBILIDADES DE MEJORAMIENTO DE LA CANGAGUA MEDIANTE EL CULTIVO

El ablandamiento de la cangagua y su cultivo demandan tal cantidad de trabajo que sólo se consigue su mejoramiento a base de cierto número de normas destinadas a rentabilizar este esfuerzo.

4.1. Ordenamientos con miras a la conservación de los suelos

— Elección de la parcela: Tal como se ha podido comprobar en las estaciones estudiadas, el ablandamiento vuelve la cangagua extremadamente sensible a la erosión por escurrimiento. Como la pendiente es un factor favorable a la erosión, el agricultor deberá elegir una parcela con un desnivel moderado: 20% como máximo en cultivo manual y 15% en cultivo mecánico.

En la Sierra, en el flanco de los volcanes, es frecuente ver campos cuadrangulares cuya longitud está en el eje de la pendiente. Desde luego, por comodidad, los agricultores se ven tentados a trabajar en el sentido de la pendiente, hecho cargado de consecuencias. En particular, un arado paralelo a la línea de la pendiente se ve irremediablemente seguido por graves manifestaciones de erosión. En la medida de lo posible, aconsejamos disponer la parcela de tal modo que su eje mayor se encuentre perpendicular a la pendiente.

— Forma de ablandamiento: Hemos comprobado que el ablandamiento manual, si deja muchos trozos gruesos, disminuye sensiblemente la reserva de agua de la parcela, hecho grave para las plantas. A la inversa, un trabajo muy fino presenta una mayor sensibilidad de erosión.

Un término medio justo consistiría en la práctica de un ablandamiento fino, incorporando arena a la cangagua. El resultado de ésto sería la disminución de la cohesión y el endurecimiento retardado, manteniendo una permeabilidad aceptable.

— Ordenamientos anti-erosivos: En el caso en que la parcela se encuentre hacia abajo de una zona de cangagua dura, es indispensable cavar un canal hacia arriba del campo, para detener y canalizar el agua de escurrimiento.

Ciertas observaciones nos llevan a pensar que intentar una reforestación con **Eucaliptus**, de esta zona situada más arriba no serviría de nada. Estos árboles se desarrollan muy poco en cangagua dura para reblandecer el material, regenerar un medio tan permeable y limitar el coeficiente de escurrimiento. En cambio, se puede prever una cerca de **Eucaliptus** alrededor de la parcela para que juegue el papel de rompeviento, que reduzca la erosión eólica y la evapotranspiración.

4.2. Manejo de los cultivos

La materia orgánica:

Hemos visto anteriormente los múltiples efectos mejoradores que la materia orgánica ejerce sobre las propiedades físicas y químicas de la cangagua. Pensamos, finalmente, que una valorización de la cangagua exige un mejoramiento de su estabilidad estructural. Luego, el aporte masivo de materia orgánica es el único medio de conseguirlo. Desgraciadamente, la fertilización orgánica tal como es practicada actualmente en la zona, no permite a las parcelas alcanzar el nivel deseado. Como el exceso de biomasa no consumida es muy limitado en la región, es inconcebible imaginar la creación de pequeñas unidades de compuesto. Desde luego, creemos que la solución se encuentra en la investigación de un sistema de cultivo. La implantación de un pastizal temporal sería un buen comienzo en la valorización de la cangagua.

Los modos de cultivo:

Al cabo de algunos años de pastizal temporal, se puede considerar el cultivo de la parcela, a condición de tomar en cuenta las normas siguientes:

- Trabajar en curvas de nivel, en todas las operaciones que cambiar el micro-relieve de superficie.

- Asegurar una cobertura del suelo en el momento del reinicio de las lluvias. Las lluvias (mediados de septiembre) tienen un efecto erosivo desastroso sobre la cangagua ablanda, y mal cubierta por la vegetación. El efecto se ve disminuido si la parcela tiene surcos para la siembra del maíz, pero sigue siendo grave si dichos surcos no son lo suficientemente altos. Por lo contrario, ningún fenómeno erosivo se manifiesta en parcelas que durante la estación seca se cultivan con arveja.

- Efectuar surcos lo suficientemente altos para el cultivo de maíz. En efecto, es muy frecuente encontrar surcos destruidos, a partir de los cuales nacen quebradillas debido al escurrimiento concentrado.

Los abonos químicos:

Tomando en cuenta el alto costo de los abonos y por el hecho de que la cangagua no restituye los cationes del complejo de modo satisfactorio en razón de la fuerte presión de calcio existente, hemos pensado —como en el caso de la materia orgánica—, que una rotación razonable de los cultivos debe solucionar los problemas de pérdidas minerales.

Riego:

Cada vez que ésto sea posible, hay que regar las parcelas de cangagua ablandada. El acceso al irego ofrecería a los agricultores una diversidad de posibilidades. En principio, podría pensarse en nuevos cultivos (en particular frutas y legumbres). Este aspecto adquiere mucha importancia en una región donde la alimentación se basa exclusivamente en el maíz y carece de ciertos alimentos esenciales.

Además, es claro que, en un substrato tan hidrófobo como la cangagua, el riego permitiría incrementar sensiblemente los rendimientos.

Propuesta para una rotación:

Tomando en cuenta las recomendaciones que preceden, presentamos aquí un ejemplo de rotación:

- año 0: ablandamiento, instalación de un pastizal temporal
- año 1-3: pastizal con pastoreo al sogueo.
- año 4: cultivo: papa.
- año 5: maíz, luego legumbre (arveja)
- año 6: maíz, luego legumbre (lenteja).
- año 7: trigo más legumbre.
- año 8: cebada más legumbre.
- año 9-12: barbecho pasturado.

CONCLUSION

Una valorización exitosa de la cangagua mediante el cultivo, sólo es posible al superar numerosos contratiempos, en particular, el de la integración de un sistema de pastizal en una región donde los hombres son tradicionalmente más bien cultivadores que ganaderos.

En este país, presa de la erosión activa y potencial, es necesario comprobar que a menudo los sistemas de cultivo y aún de explotación no se hallan adaptados al medio. Así, existe un contraste impresionante entre los pequeños agricultores que se ven obligados a forzar a la naturaleza para arrancarle exiguos ingresos y las mejores tierras de planicies que se han reservado a la ganadería bovina.

* * * * *

BIBLIOGRAFIA SUMARIA

COLMET - DAAGE F., CUCALON F., DELAUNE M., GAUTHEYROU J. et M., MOREAU B.- Caracteristiques de quelques sols d'Equateur dérivés de cendres volcaniques 1 - 2 - 3 partie - ORSTOM, vol. V., Nº 1 - París 1967.

DE NONI G., NOUVELOT J. F., TRUJILLO G: Erosión y conservación en la Sierra Volcánica Ecuatoriana. El ejemplo de las parcelas de Alangasí. Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo. Quito - 1984 - p. 34 - 53.

DE NONI G., DERRUAU M.- La Geomorfología de los piroclastos en los Andes del Ecuador - CEDIG, Nº 1, Quito, 1982 - p. 21, 32.

PRONACOS - UNESCO.- Seminario sobre políticas de conservación de los recursos naturales renovables en particular del recurso suelo - Quito, 1984.

SAUER W.- Geología del Ecuador - Ministerio de Educación - Quito, 1966 - 383 p.

EROSION EOLICA EN EL NORTE DE LA HOYA DE QUITO

P. Azpiazu*
M.A. de Castro*
G. de NONI**
J.F. Regalado**

Resumé:

L'action du vent constitue le processus d'érosion prédominant pendant les 3 mois annuels de la saison séche, en particulier dans la Sierra. La zone de Guayllabamba, située au Nord de Quito, a été choisie pour l'étude parce qu' elle présente une situation érosive significative. Après avoir cartographié les manifestations éoliennes qui en résultent,on a procédé à l'étude comparative et dans le temps, depuis 1936, de 2 cas localisés dans cette zone. L'évolution des formes d'érosion n'a pas été notable au cours des 50 dernières années parce qu' un grand nombre d'activités agricoles ont été abandonnées. Cependant et bien que modérée, l'érosion éolienne persiste, et on continue à noter l'absence de méthodes de conservation.

Resumen:

La acción del viento constituye el proceso de erosión predominante durante los 3 meses del año en la estación seca, particularmente en la Sierra. La zona de Guayllabamba, situada al Norte de Quito, ha sido escogida para el estudio porque presenta una situación erosiva de significación. Después de haber cartografiado las manifestaciones eólicas que se desprenden, se ha procedido al estudio comparativo y en el tiempo, desde 1936, de 2 casos localizados en esta zona. La evolución de las formas de erosión no ha sido notable en el curso de los últimos 50 años porque un gran número de actividades agrícolas ha sido abandonado. Sin embargo y bien que moderada, la erosión eólica persiste y se sigue notando la ausencia de métodos de conservación.

Abstract:

The wind action is the erosive processe predominant during the dry 3 months of the year, specially in the Sierra region. The Guayllabamba zone, close to Quito, was choosen for this study because it presents a significant erosive situation. After mapping the eolic manifestations, a comparative study was realized, since 1936, of two cases in this zone. The erosive ways evolution was not considerable during last 50 years because a great deal of agricultural activities has been left. Nevertheless, a moderate eolic erosion and the absense of conservative practices persist.

---

* Centro Panamericano de Estudios e Investigaciones Geográficas (CEPEIGE), apartado 4173, Quito, Ecuador.

** ORSTOM - Apartado 6596 - CCI, Quito - Ecuador

Si bien la erosión hídrica es la más palpable en el Ecuador porque actúa alrededor de 9 meses al año, no es menos despreciable la acción del viento que, durante los 3 meses restantes de notable sequía, afecta a las tierras mal provistas de cobertura vegetal y, en particular, a las zonas agrícolas cuyo suelo se encuentra casi sin cultivos durante este período.

Además, para las regiones que, a más de presentar esta situación erosiva en verano, tienen un déficit en cuanto a las alturas pluviométricas anuales, el papel del viento puede volverse más contínuo en gran parte del año y consecuentemente perjudicar en mayor grado a las actividades agrícolas. Así pues, la erosión eólica aprovecha de estas condiciones naturales pero también del papel del hombre que tiene alta responsabilidad en la evolución de este proceso al poder modificar las características, de densidad por unidad de superficie, de la vegetación.

Al igual que para los procesos de escurrimiento, asociados o no con los movimientos en masa, la Sierra es el escenario principal de la erosión eólica. Entre las zonas más afectadas por la acción del viento, se encuentra Palmira en la provincia de Chimborazo y en menor grado la parte Norte de la Hoya de Quito. Sin embargo, se escogió esta última zona para el presente estudio porque, si bien los volúmenes del material desplazados por el viento no son equiparables con los de Palmira, la erosión eólica afecta, entre otras, áreas dedicadas a la agricultura. Por otra parte, se puede pensar que esta zona podría ser en un futuro cercano, frente al crecimiento urbano actual de Quito, más necesaria para el aprovisionamiento agrícola de la ciudad.

I. EL AREA DE ESTUDIO

El área afectada por la acción del viento en la parte Norte de la Hoya de Quito, se encuentra entre los 1.500 y 2.800 metros sobre el nivel del mar y abarca una superficie aproximada de 600 km2. (ver fig. 1) (1). Comprende parte de los sistemas hidrográficos de los ríos Guayllabamba y Pisque. Presenta la forma general de un triángulo cuya punta principal está orientada hacia el Sur, situado más o menos a nivel del Pueblo de Pifo. El lado Occidental toma desde ese punto una dirección N - NW hasta la zona de Chavezpamba y pasa por los pueblos de Calderón y San Antonio de Pichincha. El lado Oriental tiene un trazo más meridiano, cortando los pueblos de El Quinche y Ascázubi hasta un poco antes de Cayambe. Por fin, el lado Norte corresponde en su mayoría a las estribaciones del Nudo de Mojanda.

Como lo demuestra la figura 1, la dinámica eólica puede actuar, sea de manera predominante, generalizada (color negro) o puntual (punteado), sea en asociación con el escurrimiento (tramado vertical y cortado), sea conjuntamente con el escurrimiento y la gravedad (tramado horizontal). En las topografías planas hasta ligeramente inclinadas (20%), muy expuestas al viento, el material es fácilmente transportado y forma acumulaciones contra la vegetación que hace de barrera. Mientras más desarrollada es la vegetación, más potentes son las acumulaciones. En estas condiciones, predomina la erosión eólica. El modelado eólico significativo de esta zona se caracteriza de la siguiente forma: "arrugas", "rebdons" y "nebkas".

Las arrugas son ondulaciones delgadas cuya altura es de alrededor de un centímetro y forman pequeños pliegues en la superficie del suelo. Los "rebdous" (altura decimétrica) y las "nebkas" (altura métrica) son términos árabes que designan acumulaciones detenidas por vegetación herbácea y arbustiva (chilcas), respectivamente. También se observan localmente los "yardangs" (término de origen turco), que tienen una altura decimétrica y consisten en micro relieves esculpidos por el viento.

---

1. Esta figura ha sido realizada a base de la interpretación de fotografías áreas (E. 1:60.000 del año 1978) y de trabajos de campo.

Cuando aumenta la pendiente, entre 20 a 50% de inclinación, situación caracterizada a lo largo de todo el perímetro de la figura 1, el escurrimiento concentrado viene a colaborar con el viento, de manera generalizada o puntual, para degradar los suelos; provoca incisiones lineales bajo la forma de una red de surcos y hasta profundas quebradillas y presenta un perfil transversal típico en U cuando se desarrolla sobre formaciones piroclásticas blandas (arena - piedras pómez). Cuando su corte llega al subsuelo más duro, de tipo cangagua, el perfil tiene la forma de una V.

En las pendientes superiores al 50% y que corresponden en general a los flancos de las principales quebradas, con las acciones del viento y del escurrimiento, aún más concentrado, se observan las manifestaciones de la gravedad. Se trata de golpes de cuchara y derrumbes, de tamaño hasta hectométrico.

Se mapeó también las áreas con erosión puntual porque representan un medio cuyo equilibrio morfodinámico puede alterarse fácilmente al cambiar las características de la cobertura vegetal y de la estructura superficial del suelo. Se trata de los dos tipos de áreas, que son:

— Areas que han sufrido poco el impacto del hombre y presentan en la actualidad una cobertura vegetal bastante satisfactoria. Localmente, se puede observar erosión eólica en puntos donde la agricultura es inadecuada.

— Areas que fueron sometidas a una fuerte erosión eólica. El suelo ha desaparecido casi completamente y ha quedado el subsuelo duro de tipo cangagua, recolonizado por una vegetación que sirve solamente para pastoreo extensivo. Sin embargo, al querer recuperar estas áreas para la agricultura, por ejemplo ablandando la cangagua sin medidas conservacionistas, la acción del viento podría volverse nuevamente dramática.

En forma general, la parte Norte de la Hoya de Quito reúne cuatro condiciones principales favorables al desarrollo eólico, que son las siguientes:

— En primer lugar, la zona se caracteriza por la agresividad del viento. No se dispone por el momento de datos cuantitativos satisfactorios sobre el viento. Sin embargo, las observaciones cualitativas de campo —descripciones de las formas de acumulación y discusiones con los campesinos— permiten afirmar que los vientos son bastante violentos, en particular de junio hasta septiembre, y que son también bastante regulares; soplan con una dirección predominante NE - E, proveniente desde el volcán Cayambe.

— El suelo se caracteriza por su textura blanda y arenosa, muy susceptible al viento. Se trata de suelos derivados de materiales volcánicos, finos a muy finos, que contienen a veces pequeños fragmentos de piedra pómez; son pobres en materia orgánica y se los denomina "psamment". Un corte de terreno significativo a lo largo de la carretera Guayllabamba - Tabacundo, ha dado la siguiente descripción:

- De 0 a 1 metro: material arenoso de color gris a blanco grisáceo, muy fino, con presencia discontínua de una estratificación entrecruzada, atestiguando las acciones sucesivas de deflación y acumulación del viento.

- De 1 a 4 metros: material también arenoso, más gris, localmente cementado, con una tendencia a la estratificación horizontal, notándose allí el papel más importante del escurrimiento.

- Más de 4 metros: cangagua dura, café-amarillenta, con numerosos revestimientos blancos calcáreos.

— El relieve se parece a un gran plano ligeramente inclinado, muy expuesto a los vientos por no presentar mayores irregularidades. Es de tipo "glacis - terraza", con pendientes no mayores a 20%, y constituye una zona de transición, casi contínua, entre las dos principales quebradas de Pisque y Guayllabamba y las primeras estribaciones de la cordillera, tanto del lado occidental como oriental.

— Finalmente quedan por mencionarse las características del clima y sus consecuencias directas sobre la vegetación. Es de tipo semi-árido, se caracteriza por sus pocas lluvias (alrededor de 500 mm/año) y por la presencia de una estación seca bastante larga, de junio hasta septiembre, que puede extenderse más. La helofonía es elevada y del orden de 2/8 de cielo cubierto por nubes. Estas características sumadas a los efectos desecantes de los vientos hacen aumentar la evapotranspiración en perjuicio del crecimiento vegetal. Resulta que, aproximadamente 40% de la zona de estudio se encuentran sin laboreo agrícola y mal cubiertos por una vegetación herbácea rala,

con lagunos arbustos y espinas de tipo xerofítico. El resto de la superficie es cultivada y predomina el maíz planta no muy exigente para su crecimiento.

II. ESTUDIO COMPARATIVO DE DOS CASOS

Para determinar la agresividad y evolución del proceso erosivo provocado por el viento, se tomaron dos áreas representativas en cuanto a su dinámica eólica, pero con diferente uso del suelo.

Han sido analizadas en tres fechas diferentes: 1936, 1956 y 1978 con el fin de determinar los cambios que se han dado dentro de cada una de las áreas, y las diferencias y analogías entre los dos casos seleccionados. (Ver figuras 2 y 3).

El primer caso está ubicado entre las quebradas de Angumba y Seca, limitado al Norte por la carretera Guayllabamba-Tabacundo y al Sur por el río Pisque. Abarca una extensión de 28 km2., aproximadamente de los cuales la mayoría están distribuídos en parcelas menores a 5 ha. dedicadas a cultivos.

Abarca una extensión de 28 km2., aproximadamente, de los cuales la mayoría están distribuídos en parcelas menores a 5 ha. dedicadas a cultivos.

El segundo caso está comprendido entre las quebradas Tocachi y Seca, limitada al Norte por la carretera Guayllabamba-Tabacundo y al Sur por el río Pisque. Abarca una extensión de 18 km2 aproximadamente, de los cuales la mayoría está ocupada por vegetación rala herbácea y arbustiva de tipo xerofítico, utilizada para pastoreo extensivo.

Por el año 1936, ya se dieron en el área problemas relacionados con los efectos provocados por el viento. La erosión eólica actúa ligeramente en los interfluvios, donde se encuentran cultivos de cereales y maíz. La erosión es más agresiva en los flancos de las quebradas, especialmente en el Pisque, por lo que las tierras aledañas no han podido ser utilizadas en labores agrícolas.

El uso del suelo es diferente entre los dos casos presentados. En el primero, las parcelas son de varios tamaños con predominio de las menores de 5 ha., lo que determinaría la existencia de cercas, generalmente vegetación arbustiva, pencos, etc., para delimitar los linderos, de acuerdo a las costumbres del sector.

En el segundo caso, predominan las parcelas grandes, aparentemente sin cercas, en las que se encuentran acumulaciones arenosas. En cambio, en las parcelas medianas y pequeñas, menores a 5 ha., que constituyen una cuarta parte del área, los efectos del viento no son notables.

En 1956 después de 20 años, en el primer caso, las tierras afectadas son aproximadamente las mismas, con un ligero aumento del grado de erosión en las áreas sin linderos y en parcelas mayores a 5 ha. Algunas de las parcelas grandes han sido divididas, pero la distribución de la tierra, con predominio de parcelas menores de 5 ha., básicamente no cambia.

En el segundo caso, la erosión ha afectado con más fuerza los terrenos sin linderos y se nota una disminución de los cultivos, dando paso al abandono de la tierra. Las parcelas menores a 5 ha no muestran cambios significativos por el efecto de la acción eólica.

Para 1978, en el primer caso, la acción del viento parece haberse controlado, ya que las áreas afectadas prácticamente no ha cambiado. Una de las causas podría ser el aumento de las parcelas menores de 5 ha., que conlleva generalmente la creación de cercas vivas y otra podría ser el aumento de la forestación en las parcelas grandes, en perjuicio de la agricultura. Este cambio no se ha dado básicamente con el fin de poner barreras al viento sino para sustituir a la agricultura la explotación de la madera.

En el segundo caso, el grado de erosión disminuye considerablemente. La vegetación natura de tipo xerofítico, ha recolonizado la cangagua y algunas acumulaciones arenosas, cubriendo los terrenos que antaño fueron analizados para el cultivo de cereales. A la fecha, estas tierras están abandonadas casi sin suelo, y se utilizan para pastoreo extensivo.

Desde 1936 hasta 1978, las parcelas menores de 5 ha., delimitadas con cercas, no denotan cambios notables provocados por la acción del viento. En las parcelas grandes que no han sido divididas, el viento ha erosionado más profundamente la tierra, provocando su empobrecimiento hasta dejar afloramientos de cangagua.

EROSION EOLICA
NORTE DE LA HOYA DE QUITO

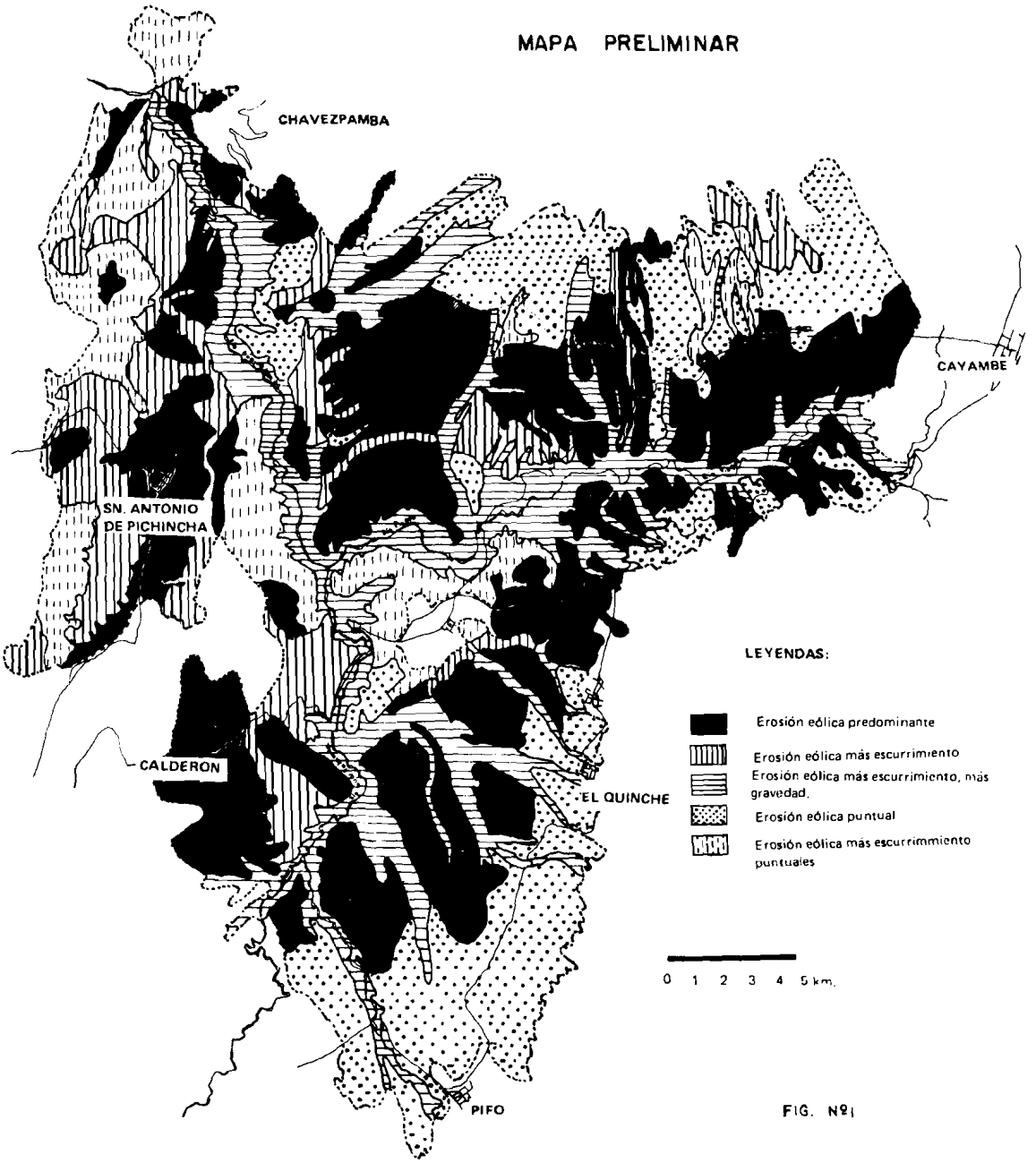


FIG. Nº1

Al sustituir a los cultivos por bosques, los propietarios de las parcelas, inconscientemente han creado barreras que mitigan la acción del viento. Sin embargo los efectos de esta forestación no son muy notables porque no se la realizó con fines conservacionistas, al no haber considerado una disposición óptima de los árboles para que constituyan una barrera real y efectiva contra el viento.

La evolución de la erosión eólica ha sido moderada en los últimos 40 años, lo que significa que no se dan niveles catastróficos, pero el problema persiste afectando a los actuales y futuros campesinos del Sector. En la actualidad, las acumulaciones arenosas se encuentran en los flancos de las quebradas o en las cercas de las parcelas.

En conclusión, se puede decir que hasta la presente fecha no existen obras de conservación para prevenir la acción erosiva del viento; sin embargo, durante los últimos 40 años, la evolución de la erosión ha sido moderada. En verdad, este hecho no debe ilusionarnos por tres razones principales:

— En muchas áreas, el suelo ya ha desaparecido y queda solamente la cangagua dura, poco susceptible al viento en este estado.

— Algunos campesinos han preferido dedicar sus terrenos a la reforestación en vez de seguir luchando contra el viento.

— En las tierras agrícolas que sufren más los efectos del viento, las pequeñas parcelas, menores de 5 ha y cercadas, se conservan mejor. Este tipo de parcela estaba ya formado en 1936 y su permanencia ha permitido indirectamente frenar la acción del viento. En cambio, para las parcelas cuya superficie se ha aumentado, la erosión eólica actúa más agresivamente.

La dinámica eólica ha provocado, por lo menos desde 1936, el abandono agrícola de las tierras. A pesar de que parece moderada, sigue siendo persistente e irreversible. Por lo tanto, es indispensable mejorar la conservación de las áreas agrícolas actuales, lo que representaría un beneficio directo para el campesino y convertirla el sector en un área más para el aprovisionamiento agrícola de Quito.

FOTOINTERPRETACION DE LA EROSION EOLICA EN DOS CASOS

LEYENDA

Acumulaciones eólicas.

Erosión eólica + escurrimiento

Zonas agrícolas con linderos:

Parcelas pequeñas ($<$1 ha):
1 con erosión eólica ligera

con erosión eólica fuerte

Parcelas medianas (1 - 5 ha):
2 con erosión eólica ligera

con erosión eólica fuerte

Parcelas grandes ($>$ 5 ha):
3 con erosión eólica ligera

con erosión eólica fuerte

Parcelas pequeñas + medianas:

con erosión eólica fuerte

Zonas agrícolas sin linderos:

con erosión eólica ligera

con erosión eólica fuerte

Vegetación natural:

vegetación arbórea

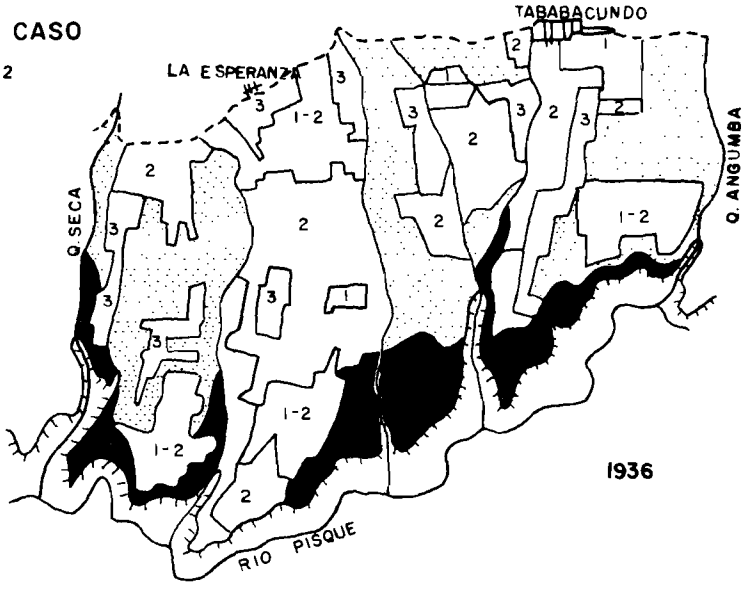
vegetación herbácea y arbustiva

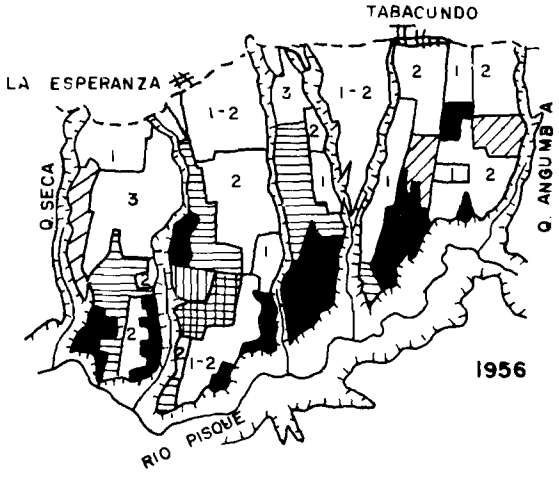
P Principales quebradas radas

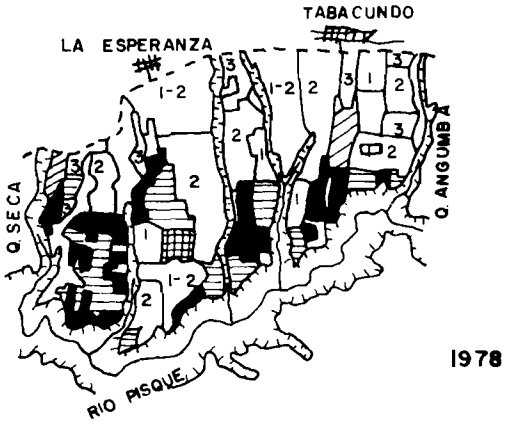
* **NOTA: Cualquiera sea la fecha y el caso, las zonas agrícolas son cultivadas con cereales, con predominio de maíz.**

PRIMER CASO

Figura No. 2

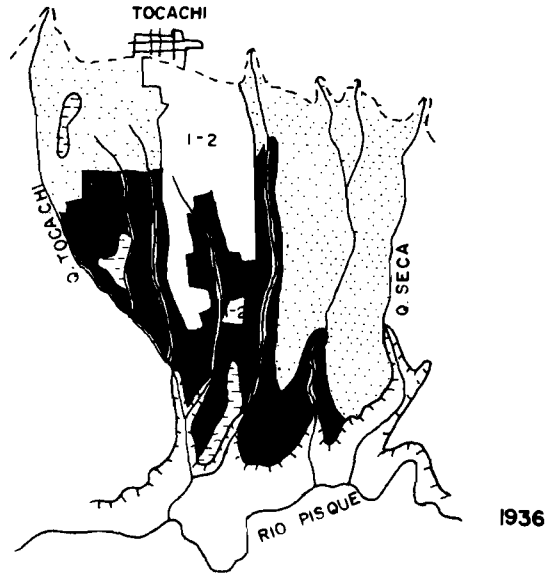


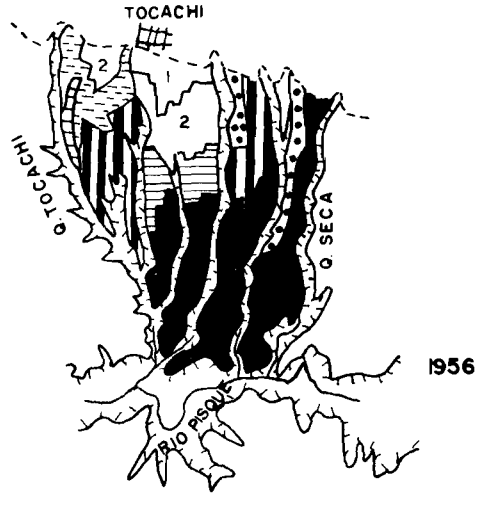


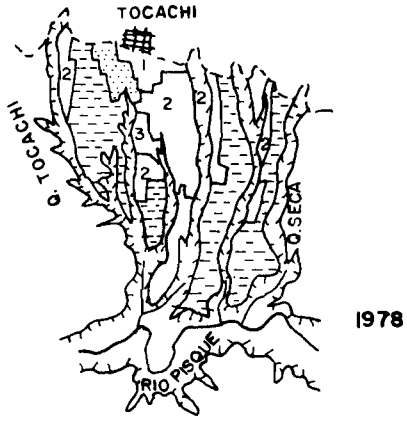


SEGUNDO CASO

Figura N. 3







EL RIESGO DE EROSION EN LA REGION AMAZONICA

Edmundo CUSTODE*
Marc VIENNOT**

* **Ingeniero Agrónomo Edafólogo.- Departamento de Edafología del PRONAREG - MAG. Eloy Alfaro y Amazonas.- Quito - Ecuador.**

** **Edafólogo ORSTOM.- Misión en el Ecuador.- Apartado Post. 6596 CCI. Quito.**

Resumé:

L'analyse des principaux facteurs de l'érosion ainsi que d'autres types d'informations ont permis de conclure qu'il existe un risque potentiel et aigu d'érosion aussi bien sur les versants andins que dans le bassin, si on ne procède pas à une utilisation adéquate des sols de ces zones.

Resumen:

El análisis de los principales factores de la erosión así como de otros tipos de información, ha permitido llegar a la conclusión que existe un riesgo potencial y agudo de erosión, tanto en las pendientes andinas como en la parte del valle, si no se procede a una adecuada utilización de los suelos en estas zonas.

Abstract:

The analysis of the main erosive factors and other kind of information have permitted to conclude that there is a potential and sharp risk of erosion in the andean slopes and in the bassin, if an adequate soil use in these zones is not established.

Esta publicación fue extractada de una conferencia pronunciada en el Seminario "Políticas sobre conservación de los recursos renovables en particular del recurso suelo". - Quito 11 - 15 de julio de 1983, organizado por PRONACOS con la ayuda de la UNESCO.

I.- Introducción

Las regiones cubiertas por selva tropical densa gozan de una sólida reputación de estabilidad frente a las agresiones climáticas; los fenómenos de la erosión son raros y de poca importancia mientras se mantengan las condiciones naturales. Cuando estas condiciones se modifican, la erosión se manifiesta en forma severa y puede adquirir un aspecto catastrófico.

Hasta 1968, en la región amazónica ecuatoriana, casi no existía intervención humana por su difícil penetración, a excepción de algunos grupos indígenas que tenían prácticas agrícolas conservacionistas y grupos pequeños de colonos. Los indígenas se localizaban en las principales zonas aluviales de la cuenca amazónica, mientras que los colonos ocupaban principalmente el piedemonte de la cordillera de las orillas de numerosos ríos, iniciándose ya profundas modificaciones del medio.

A partir de 1968, empieza una entrada masiva de colonos impulsada por la voluntad del Gobierno del Ecuador de ocupar racionalmente su territorio y favorecida además por la apertura de nuevas vías realizadas para la explotación petrolera. Esta moderna colonización se efectuó en función de estas vías, importando prácticas agrícolas extrañas al medio.

En pocos años aparecen en el Oriente fenómenos que prueban que el equilibrio natural ha sido perturbado: cargas sólidas en los pequeños ríos, movimientos en masa, acumulaciones de arena, pequeñas quebradas de erosión. Además de estas manifestaciones físicas de la erosión, hemos comprobado en algunas zonas disminuciones rápidas y severas de rendimiento en los cultivos.

Estas observaciones nos han conducido a valorar y examinar los riesgos de erosión en la Región Oriental.

La Amazonía Ecuatoriana ocupa una superficie aproximada de 130.000 km2., es decir 46% del Ecuador. Se subdivide en cuatro provincias: Napo, Pastaza, Morona y Zamora. Se extiende desde la cima de la cordillera oriental con una altura media de 4.500 m. hasta el límite impuesto por el Protocolo de Río de Janeiro, bajo los 300 m. en las tres provincias del norte. (ver figura N° 1).

REGION AMAZONICA ECUATORIANA

Figura 1

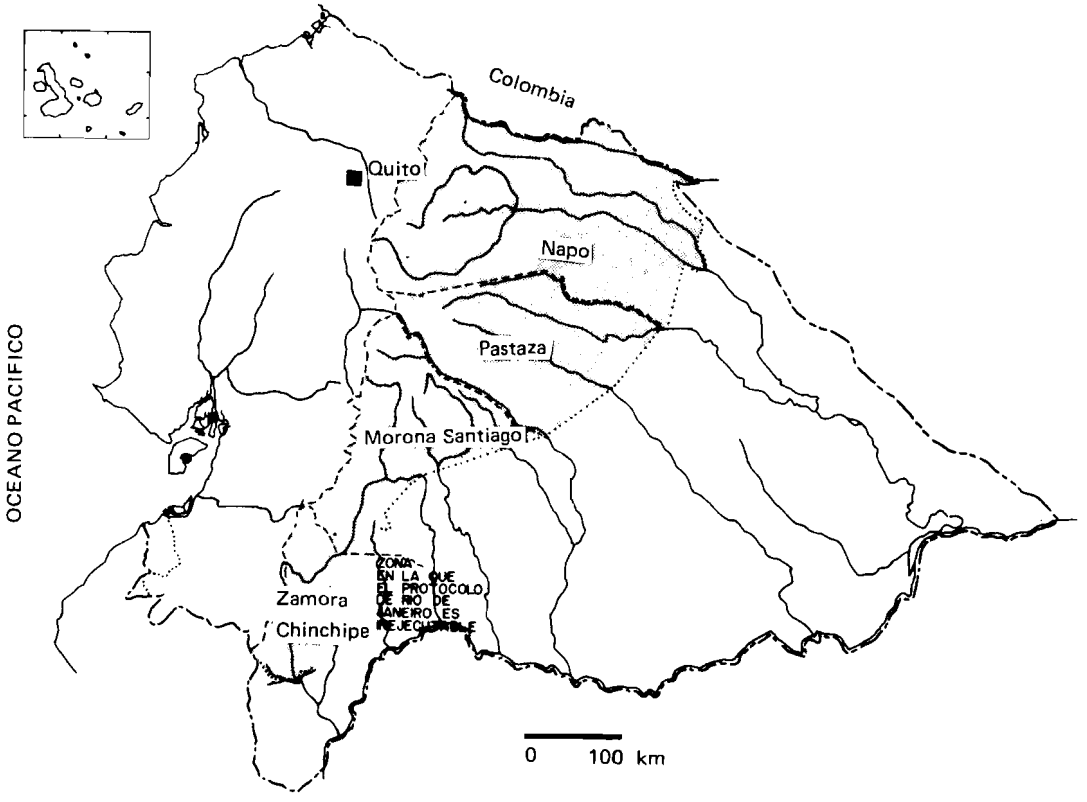


Figura 2

AGRESIVIDAD CLIMATICA EN ALGUNAS ESTACIONES DE LA AMAZONIA

Estación	IM 30 en mm/h	Altura m.	Ubicación	Tot. med. anual mm.	No. años obs.
Puyo	72,7	1000	Pastaza - Al pie de la vertiente oriental de la cordillera	4412	8
Limoncocha	75,o	310	Napo - A orillas del río Napo, al centro de la Amazonía ecuatoriana	3244	8
Tiputini	77,2	270	Napo - A orillas del río Napo al extremo oriental de la Amazonía ecuatoriana	2503	7

II.- La erosión

La ecuación de Wishmieir permite cuantificar las pérdidas de suelos ocasionadas por la erosión normal, de la siguiente manera:

$$A = f\ (R, K, SL, C, Pn)$$

En la cual:

A = pérdida de suelos.
R = Indice de agresividad de la precipitación.
K = Coeficiente de erodabilidad del suelo.
SL = Indice de topografía en el que intervienen la longitud, la intensidad y la forma de la pendiente.
C = Coeficiente de la influencia de la cobertura vegetal y de las técnicas de cultivo.
Pn = Coeficiente que define las técnicas de control de la erosión.

Esta fórmula puede ser expresada de otra manera:

A = Está en función de las características de la precipitación, forma del paisaje, características del suelo, cobertura vegetal y técnicas antierosivas.

En esta ecuación los factores paisaje, suelos, cobertura vegetal y técnicas antierosivas, pueden ser definidas como la resistencia del medio a la erosión, mientras que el factor R es el elemento activo que induce la erosión.

La Precipitación (Factor R)

J. F. NOUVELOT y G. DE NONI verificaron que en el Ecuador la mejor correlación entre la erosión habitual observada en algunas parcelas experimentales y las diferentes características de las precipitaciones obtenidas a partir de IM_{30} (P = 0,5), o dicho en otras palabras, intensidad máxima de la precipitación en mm/h durante 30' de probabilidad 0,5, es la misma que puede ocurrir una vez cada dos años.

En el Oriente tenemos los siguientes valores expresados en la figura Nº 2. Estos valores en la Región Amazónica están entre los más altos del Ecuador y únicamente en la vertiente externa de la cordillera occidental es posible encontrar valores comparables a éstos; citaremos como ejemplo a Santo Domingo de los Colorados: 78 mm/h durante 30'. En comparación a los valores marginales encontrados en algunas publicaciones, se trata de cifras medias, en especial si se toma en cuenta el volumen anual de precipitación.

Los valores dados en la figura Nº 2 pueden ser extrapolados a la totalidad de la Región Amazónica Ecuatoriana, a excepción de las regiones situadas sobre los 2.000 m., en las que se comprueba un decrecimiento de los volúmenes anuales de precipitación, siendo el número de días de lluvia igual o superior.

No tenemos ningún dato concerniente a las provincias meridionales: Zamora y el sur de Morona. Por deducción, creemos que en estas zonas muy montañosas los valores de IM_{30} no serán superiores a 50 mm/h.

Características de los suelos (factor K)

La cartografía morfo-edafológica del Oriente, realizada entre 1976 y 1981 por E. CUSTODE y M. SOURDAT, basada en el estudio de las fotografías aéreas y de imágenes Landsat, dió como resultado un cierto número de paisajes homogéneos que fueron delimitados y a los cuales corresponden tipos de suelos predominantes.

Tanto en las leyendas como en las memorias técnicas, se han definido las características de los principales tipos de suelos observados en los paisajes y las recomendaciones sobre su uso y manejo.

De Oeste a Este pueden observarse las siguientes unidades: (ver figuras 6 y 7).

a) Vertiente andina alta de modelado glaciar o nival.

Los suelos fueron clasificados como Orthents y Psamments en la taxonomía en uso.

Se desarrollan a partir del material volcánico grueso con un alto contenido de vidrios.

Tienen las características siguientes:

— Poco evolucionados y poco profundos.

— Texturas gruesas.

— Pedregosidad elevada.

— Alto contenido de bases de cambio.

b) Vertiente andina de modelado volcánico

Los suelos observados fueron clasificados como Orthents e Hydrandepts y son:

— de color pardo a pardo amarillento,

— de textura franco a franco-limosa,

— sueltos y friables,

— muy tixotrópicos con alto contenido de materiales amorfos, reaccionan al NaF y tienen una alta capacidad de retención de agua (150%)

— ricos en materia orgánica,

— ácidos, (pH de 5 hasta 6),

— muy desturados (5%), una capacidad de cambio de 20 a 40 meg/100 g.

CORTE ESQUEMATICO DE LA REGION AMAZONICA ECUATORIANA

Provincia de Napo Dirección O - E

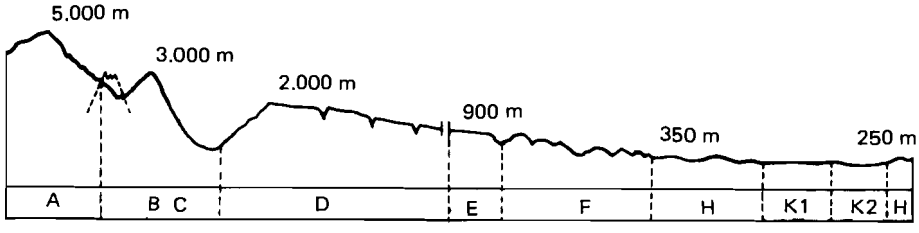


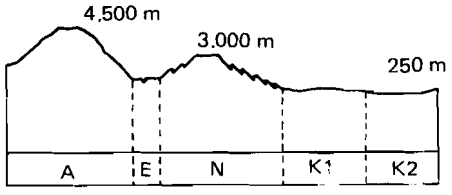
Figura 3

Uiid.	Suelos	Fisiografía	Unid.	Suelos	Fisiografía
A	Poco desarrollados o ya erosionados	Modelado glaciar disectado por erosión linear	F	Suelos profundos muy arcillosos y pobres	Mesas, cuestas y relieves residuales, muy disectados
B	Capas profundas de ceniza, suelos perhúmedos	Topografía muy irregular, pendientes fuertes	H	Arcillosos, compactos, sobre bre depósitos meteorizados	Colinas redondeadas con intervalos a menudo pantanosos
C	Suelos profundos sobre ceniza, perhúmedos, esponjosos	Disección irregular sobre materiales diversos	K1	Profundos sobre material volcánico, bastantes ricos	Superficies de explayamiento formadas por migración de ríos
D	Profundos sobre ceniza o superficiales en mat. antiguos	Relieves estructurales y derivados en mat. del cretáceo	K2	Orgánicos inundados sobre arcillas gleysadas	Areas deprimidas y meandros antiguos
E	Profundos sobre materiales volcánicos, perhúmedos	Mesas y relieves derivados en material detrítico			

CORTE ESQUEMATICO DE LA REGION AMAZONICA ECUATORIANA

Provincia de Morona **Dirección O - E**

Figura 4



Unid.	Suelos	Fisiografía
A	Poco desarrollados o ya erosionados	Modelado glaciar disectado por erosión linear
E	Suelos profundos sobre materiales volcánicos, perhúmedos	Mesas y relieves derivados en material detrítico
N	Poco o muy desarrollallados sobre material sedimentario arcilloso y lixiviados	Topografía accidentada con pendientes fuertes, chevrones
K1	Profundos, arcillosos sobre depósitos meteorizados antiguos sin ceniza	Llanuras de esparcimiento, superficie ondulada
K2	Orgánicos, sobre arcillas gleysadas	Areas deprimidas

c) Vertiente andina alta - zona disectada en rocas graníticas, metamórficas o sedimentarias.

Los suelos son Hydrandepts (ver los anteriormente descritos) y Dystrandepts sobre los 2.000 m. de altura.

El basamento está compuesto de rocas metamórficas graníticas o sedimentarias recubiertas por depósitos de ceniza.

Los Dystrandepts son suelos que tienen las siguientes características:

— profundos,

— con horizontes orgánicos, profundos de color negro, con dominio de horizontes minerales amarillentos,

— de textura aparentemente limosa (franco-limosa) con una alta capacidad de retención de humedad),

— pH ácido,

— capacidad de intercambio de 30 meg/100 g y una saturación de 20%.

d) Vertiente andina - relieves estructurales.

Los suelos son Dystrandepts, similares a los anteriormente descritos.

Se desarrollan a partir de sedimentos del cretáceo (areniscas, lutitas meteorizadas y a veces calizas) recubiertos por ceniza volcánica.

e) Piedemonte andino cercano.

Estos suelos se originan en depósitos detríticos de conos de deyección disectados en forma de mesas, que recibieron una capa de ceniza volcánica fina.

Los suelos son Hydrandepts, cuyas propiedades son semejantes a los ya descritos.

f) Piedemonte andino lejano

Son constituídos de los mismos sedimentos gruesos muy meteorizados de conos de deyección, pero no tienen cobertura de ceniza en razón de la distancia de los sitios de emisión y de la importancia de la disección.

Los suelos son Oxic Dystropepts con las características siguientes:

— profundos, arcillosos,

— de color pardo rojizo obscuro,

— el pH es ácido,

— la capacidad de intercambio puede ser alta (menor de 18 meg%100g) pero la tasa de saturación es de 15% y además poseen una alta tasa de aluminio tóxico.

h) Colinas de suelos rojos de la Cuenca Amazónica.

Los suelos derivan de sedimentos meteorizados del cretáceo; sedimentos dispuestos en bancos de cualquier espesor, constituídos por margas, areniscas y arena con cantos rodados.

Los suelos son Dystropepts y tienen características muy variables que dependen del tipo de mineral que entrañan: la capacidad de intercambio y la tasa de saturación son bajas en los suelos con Kaolinita, en tanto que estas son más altas en los que tienen montmorillonita.

K1.- Llanuras de explayamiento

El suelo deriva de materiales de origen volcánico depositado en zonas posiblemente deprimidas, planas, a veces entalladas por quebradas; los suelos observados fueron cartografiados como Vitrandepts los más arenosos y Dystrandepts los más frecuentes, son:

— profundos,

— de textura franco-limosa,

— sueltos y altamente hidratados,

— ligeramente ácidos con una tasa de saturación media baja (alrededor del 40%) y con las otras características similares a los anteriormente descritos.

K2.- Pantanos.

Los suelos se forman a partir de materiales aluviales finos, mezclados con gran cantidad de materia orgánica apenas descompuesta, de tipo turba; clasificados como Typic Tropofibrist.

Se trata de suelos de profundidad variable, generalmente muy gleysados y con la napa freática superficial la mayoría de textura variable.

N.- Zonas montañosas de la cordillera al sur del Ecuador.

Los suelos se desarrollan a partir de materiales graníticos metamórficos o sedimentarios sin cobertura de ceniza.

Los suelos fueron definidos como Orthents, Typic Dystropepts rojos, Haplorthox, cuyas ca-

racterísticas son muy variables, pero se nota una tendencia a la baja de capacidad de intercambio (hasta 0,5 meg) y una tasa de saturación inferior al 35%. El pH nunca es superior a 6.

Considerando las características de los suelos que conforman su resistencia a la acción directa de la lluvia y al escurrimiento, más especialmente al estado de la estructura, la capacidad de intercambio y el contenido de materia orgánica, pueden clasificarse en el siguiente orden, según su susceptibilidad a la erosión:

Orthents	xxxx	más erosionables
Psamments	xxxx	
Haplorthox	xxx	
Dystropepts	xx	
Hydrandepts	xx	
Dystrandepts	x	
Tropofibrists	x	menos o no erosionables

El paisaje (factores S y L)

En función de su forma, el largo y la inclinación de las vertientes, es posible cuantificar los riesgos de erosión para cada una de las unidades fisiográficas ya definidas en el mapa morfo-edafológico citado anteriormente.

Notamos que para las zonas montañosas la ecuación de Wishmeier sobrevalora las pérdidas de suelo, pues considera únicamente la erosión habitual resultante del escurrimiento laminar, sin tomar en cuenta las pérdidas ocasionadas por los movimientos en masa o los deslizamientos que pueden ser importantes.

Así en las unidades morfo-edafológicas tendremos:

A Pendientes muy fuertes	Erosión importante
B C Pendientes fuertes	Erosión importante
D Pendientes suaves Quebradas profundas	Erosión moderada Erosión extremadamente activa
E Pendientes nulas a leves	Erosión muy leve
F Quebradas profundas	Erosión muy activa
H Parte convexa Pendientes Parte cóncava	Erosión leve a media Erosión moderada Acumulación
Ka Planicie	Erosión a acumulación muy leves
Kb Planicie y depósito	Ninguna erosión, más bien una acumulación
N Pendientes fuertes, casi sin zonas planas	Erosión muy activa en las vertientes.

La cobertura vegetal (factor c) y el control de la erosión (factor Pn)

En condiciones regulares y aún con fuertes pendientes, la selva natural asegura una excelente protección del suelo (a pesar de eso en las provincias de Morona y de Zamora se comprueba que, cuando la pendiente sobrepasa el 70%, la selva no alcanza a asegurar este papel).

Después de dos o tres años, la vegetación que vuelve a instalarse luego de la deforestación y del período de cultivo, tiene casi siempre un rol igual o superior al de la vegetación primitiva.

La cubierta vegetal desempeña un papel triple:

— absorbe la energía de las gotas de lluvia,

— fija el suelo por sus raíces,

— frena el escurrimiento.

La brusca desaparición de la vegetación ocasiona una mayor incidencia de las alternativas climáticas, dejando el suelo sometido a los efectos de la lluvia, cuyo impacto directo provoca la destrucción de los agregados y su arrastre por la escorrentía superficial, lo que aumenta el riesgo potencial, más todavía cuando se utilizan tractores pesados para desmontar o cultivar. La deforestación acelera la humificación de la materia orgánica que no puede ser reemplazada, lo que tiene como consecuencia, además de su efecto en la fertilidad, efectos físicos:

— incremento de la densidad aparente, de la compacidad.

— disminución de la permeabilidad, de la porosidad y de la aereación.

Si la selva se reemplaza por otros cultivos arbóreos o arbustivos, por ejemplo palma africana, café, cacao, caucho, etc., el daño ocasionado a los suelos es mínimo, pues este nuevo medio reproduce más o menos las condiciones de una selva natural (intercepción de las gotas, freno del escurrimiento, restitución de la hojarasca).

Con los cultivos ya sean anuales o perennes, el peligro de erosión es muy significativo al inicio del ciclo de cultivo cuando el suelo queda desprotegido de su cubierta. La temporada crítica depende del tipo de cultivo y de la calidad del suelo. Es evidente que los cultivos limpios o de escarda prolongan o agudizan la temporada crítica.

III.- Conclusiones:

Actualmente hay poca erosión en la llanura amazónica pero es posible encontrar ejemplos de erosión activa y de desgaste en las zonas antiguas de colonización, por ejemplo en Zamora, Puyo, Tena y Baeza, etc.

Los países andinos poseen suelos originados en materiales volcánicos que les confieren propiedades muy especiales y superiores a las que se encuentran en otras áreas tropicales donde predominan los oxisoles. Lamentablemente, los suelos volcánicos del Oriente ecuatoriano se sitúan en áreas con modelados muy entallados, particularmente susceptibles a la erosión. Las llanuras de esparcimiento y las terrazas aluviales poseen también suelos volcánicos muy fértiles con leve erosión potencial, pero desgraciadamente son de poca extensión.

Los relieves de mesas disectadas y de colinas abarcan la superficie más extensa de la región amazónica ecuatoriana y se encuentran por debajo de los 600 metros. Los suelos correspondientes a estos relieves no poseen características deseables para un uso agropecuario porque son muy susceptibles a la erosión, tanto física como química.

La ocupación humana en la región amazónica se ha incrementado en forma muy rápida. A pesar de no tener datos actualizados hasta la fecha (encuestas, fotografías aéreas...) a que remitirnos, se puede estimar que la colonización actual, ocupa aproximadamente el 20% de la Región Amazónica ecuatoriana, del cual la mitad ha sido deforestada.

Las áreas de colonización más antiguas son las de los valles del Nangaritza, del Upano, y de la región de Puyo - Tena. Aquí, el desmonte es casi total, permitiendo apreciar los efectos causados por la erosión (compactación esencialmente, movimientos en masa localmente).

Esta situación tiene que servir de ejemplo para áreas de colonización más recientes como es el caso del Napo. Además, es en esta provincia donde la tasa de crecimiento de la colonización

es la más fuerte. En el Napo, existían 30.000 habitantes en 1968, 62.000 habitantes en 1974, estimándose para 1983 cerca de 120.000 habitantes.

Por el momento, a nivel de toda la región amazónica, la colonización está instalada sobre los mejores suelos, los cuales representan riesgos menores de erosión. Sin embargo, si el proceso acelerado de colonización sigue utilizando las mismas prácticas de manejo de los suelos, es de temer que se extienda a zonas en las cuales los riesgos de erosión son más intensos (mesas, y en el resto de las colinas y vertientes de la cordillera).

PRONAREG - INCRAE - ORSTOM han tomado, conjuntamente, en cuenta esta problemática. Estas tres instituciones están desarrollando investigaciones tendientes a conseguir datos sobre los diferentes usos en la amazonía ecuatoriana y sus consecuencias en las características físico-químicas de los suelos, correlacionándolas con los rendimientos en los cultivos. Estos estudios serán de mucha importancia para el país puesto que los datos que actualmente se poseen no permiten dar respuestas a las inquietudes planteadas por los colonos.

DOCUMENTOS CONSULTADOS

E. CUSTODE, M. SOURDAT, 1980.- Problemática del manejo integral y estudio morfo-pedológico de la región amazónica ecuatoriana, 17p., multigo, Quito, PRONAREG - ORSTOM.

E. Custode, M. Sourdat, 1984-1985.- Mapas morfo-edofológicos, Mapa Napo, Pastaza, Morona y Zamora, Quito.- PRONAREG - ORSTOM.

G. de NONI, J. F. NOUVELOT, 1983.- Los principales procesos erosivos en el Ecuador en memorias del seminario "Políticas sobre conservación, etc...) 11 p. multigo, Quito, MAG, CONACYT, UNESCO.

LA INSTITUCIONALIZACION DE LA CONSERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES EN EL ECUADOR

Ing. Enrique SUAREZ RODRIGUEZ

Director Ejecutivo de PRONAREG - MAG.- Quito.

Resumé:

Face au dilemme: augmenter la production et préserver les ressources du milieu naturel, la création d'un "Fondo Nacional de Conservación de los Recursos Naturales Renovables" à caractère interinstitutionnel paraît être la solution la mieux adaptée.

Resumen:

Frente al dilema: aumentar la producción o preservar los recursos del medio natural, la creación de un "Fondo Nacional de Conservación de los Recursos Naturales Renovables" con carácter interinstitucional parece ser la solución más adecuada.

Abstract:

Face to the dilemma of the production increase or the natural resources preservation, the establishing of a "Fondo Nacional de Conservación de los Recursos Naturales Renovables" with an interinstituional organization seems to be the most adequate solution.

El agricultor para atender las exigencias cada vez más crecientes de bienes alimenticios y materia prima para la agroindustria, se ve forzado a sacrificar el equilibrio ecológico y a comprender el contenido de la ecuación **Sociedad = Individuo = Naturaleza.**

Es necesario determinar el concepto integrado de recurso natural renovable. Cuando se trata de incorporar un recurso natural renovable a la economía, hay que considerar su conexión espacial con los demás recursos, con todas sus implicaciones. No se puede explotar un recurso dado, sin antes considerar los que están asociados al mismo. Dicha expansión puede realizarse, tanto por la conquista de áreas aún inexploradas, como por la mejor utilización de las áreas ya ocupadas. En estos casos, no se trata de recurrir a un recurso aislado, sino a los recursos existentes en el área, lo que implica su interpretación integrada.

Esta conceptualización está sustentando la definición de que la conservación de los recursos naturales renovables debe realizarse de manera integrada, por cuanto el recurso suelo es el principal que engloba los demás recursos biofísicos y socioeconómicos.

Los conocimientos existentes en materia de recursos naturales renovables, conjuntamente con el conocimiento tecnológico para su explotación económica, constituyen lo que se puede llamar "oferta" de recursos y podríamos decir que, en cuanto a inventario y evaluación de los mismos, el PRONAREG-ORSTOM prácticamente los tiene terminados, para dar respuesta a la "demanda" de recursos para la formulación de la etapa de prefactibilidad de los proyectos de desarrollo agropecuario, forestal y agroindustrial.

En otros términos, ya dispone el país de una investigación de recursos naturales renovables y socioeconómicos como pre-requisito para la administración, manejo y conservación de los mismos.

Uno de los obstáculos en la planificación de la explotación de los recursos naturales renovables, ha sido la falta de compatibilidad entre la "oferta" y la "demanda" de investigaciones. Hay dos grupos de profesionales: por un lado, los científicos que razonan en términos de oferta; y, por otro, los economistas planificadores que lo hacen en términos de demanda. Generalmente, los científicos hacen de sus investigaciones un objetivo y no un instrumento de desarrollo.

Es necesario que los científicos, por lo menos los dirigentes de la actividad científica, tengan un mínimo de conocimientos económicos y que los economistas tengan una noción de los problemas relacionados con la investigación.

Entre el científico y el que va a utilizar los resultados de las investigaciones, debe existir alguien que sea capaz de arbitrar cual es el nivel mínimo de conocimientos necesarios para una actuación dentro de un grado de riesgo aceptable.

Las necesidades en materia de alimentación, vestuario y vivienda, contribuyen a determinar la demanda interna de bienes agrícolas y a establecer las metas nacionales de abastecimiento y producción de esos bienes.

Estas necesidades, incuestionablemente, tienen que ser captadas y jerarquizadas por distintas Organizaciones Políticas y de fuerzas sociales: Partidos, Organizaciones de Empresarios, de trabajadores, de consumidores, y Organizaciones de Funcionarios de la Administración Pública.

Uno de los cambios necesarios en la organización de la Administración Pública, agropecuaria y forestal, es otorgarle coherencia, eficiencia y un nivel aceptable de riesgo, en lo cual la conservación de los recursos naturales renovables es la alternativa y la prioridad frente a las contingencias naturales.

La toma de decisiones orientadas al desarrollo "agrícola", considerando efectos futuros, debe realizarse bajo una óptica conservacionista a mediano y largo plazo, con una perspectiva de largo alcance, mediante la creación de una infraestructura de obras de conservación de los recursos naturales renovables de carácter integrado, conservando la fertilidad de los suelos, en todo el espacio geográfico del medio rural.

Los planes de desarrollo deben plantear el desarrollo del sector primario bajo un marco global conservacionista de los recursos, que vaya institucionalizándose y aplicándose a las realidades físicas y socioeconómicas, mediante los objetivos, estrategias y los instrumentos del plan, como son las políticas, programas y proyectos, organización de la Administración Pública y financiamiento como el crédito, con un gran contenido conservacionista. Hay que tener en cuenta que el factor limitante esencial para la aplicación de las obras de conservación es el hombre, insuficientemente formado, informado y abierto, ya sea agricultor o técnico. El hombre es un recurso natural renovable inteligente, llamado a administrar de

manera racional los demás recursos.

Si nos ponemos a hablar de producción frente a conservación, ¿cuál es el camino que debemos llevar? El país necesita producir alimentos pero, al mismo tiempo, necesita conservar el suelo. Todos los sistemas que adoptemos, deben encontrar un punto de perfecto equilibrio entre la producción y la conservación.

Ante esta problemática de producir y conservar, el Ministerio de Agricultura y Ganadería ha creado el Programa Nacional de Conservación de Suelos, a fin de hacer frente al problema erosivo que aflige al país.

El PRONACOS es esencialmente de ejecución en el campo; no es más que la prolongación del PRONAREG, por cuanto previamente era indispensable realizar la investigación, inventario y evaluación del recurso suelo, de manera integrada con los demás recursos naturales renovables, humanos y económicos, para que PRONACOS, a base de este conocimiento real, sea el encargado de administrar el recurso de manera integrada con los demás.

Por lo expuesto, la conservación de los recursos naturales renovables no depende solamente del Ingeniero Agrónomo, ni sólo de los profesionales del PRONACOS, PRONAREG, PRONAF, INIAP o INERHI, u otro tipo de instituciones que tengan que ver con el problema; la conservación depende de la acción mancomunada, coordinada, sistemática y sin egoísmos institucionales, del sector agrícola y no agrícola, privado y público, urbano y rural, por cuanto la conservación de los recursos es una causa nacional. Es decir, esta problemática debe ser encarada en forma interinstitucional o a través de una sola institución. En el primer caso, parece que la coordinación no funciona, ya que nos pertenecemos al contexto histórico del subdesarrollo, donde los hombres somos individualistas y las instituciones también, a pesar de existir por Decreto la Comisión Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas encargada de realizar esta coordinación.

En el segundo caso, lo más conveniente para cumplir este propósito, es la creación de una sola institución que englobe todas las actividades que tienen que ver con esta problemática; una sola, que por su naturaleza sea fuerte, técnica y financieramente capaz, que permita realizar estudios básicos, promoción, incentivos, dirección y coordinación a nivel nacional, de la conservación del suelo y el agua en forma integrada con los demás recursos naturales renovables, donde se amalgamen todas aquellas unidades técnicas, o que en alguna medida realice conservación de recursos y sea la que administre un FONDO NACIONAL DE CONSERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES.

Este criterio se debe a que, en la ejecución de sus acciones, el PRONACOS ha identificado una serie de limitaciones que bloquean su actividad; así tenemos en lo **social**: el minifundio, monocultivo y baja capacidad de inversión, la renta de la tierra con un enfoque de máximas utilidades y sin mantenimiento (agotamiento del suelo), la desocupación y subocupación agrícola y falta de una legislación adecuada a la protección del suelo. Y, en lo **técnico**, desconocimiento de la mecánica de la erosión, falta de capacitación en este campo de coordinación institucional, falta de continuidad de los esfuerzos, limitación en el apoyo financiero y en el enfoque a los programas y la investigación unilateral de los elementos que componen los sistemas ecológicos, lo que da como resultado la aplicación de soluciones parciales.

A través del Instituto Nacional de Conservación Integrada de los Recursos Naturales Renovables (INACIR) cuya creación se propone, se estimularía con una asistencia técnica y financiera una adopción de prácticas conservacionistas para el control de la erosión y una restauración y mejoramiento de las condiciones del suelo, a base de un análisis específico y asistencia técnica adecuada, incluyendo la promoción de una amplia campaña educativa.

Se estima que los **objetivos** de este Instituto serían los siguientes:

1. Disciplinar la ocupación y uso del suelo, orientados a la conservación, preservación y restauración de los recursos naturales.

2. Aumentar el potencial productivo del suelo.

3. Elevar la renta del sector agropecuario y forestal así como el nivel de vida del medio rural, a través de la racionalización del uso de los factores de la producción,bajo una óptica conservacionista.

Para el nivel operativo del (Instituto) son indispensables los instrumentos de crédito, de asistencia técnica y de investigación aplicada.

En cuanto a crédito, el bajo nivel de la tasa beneficio/costo del punto de vista privado, aliada a la ausencia de líneas de crédito adecuadas, constituye el principal obstáculo a la adopción de prácticas conservacionistas.

Es necesario prever una línea de crédito especial que ha de ser tomada por los productores, contemplando el financiamiento de las siguientes prácticas:

a. Localización y construcción de terrazas.

b. Nivelación de terreno y construcción de una estructura de control de cárcavas.

c. Otras prácticas con fines conservacionistas, técnicamente indispensables como subsolación, zanjas de desviación del agua, reforestación, sembrar y plantar en curvas de nivel, barreras vivas y subdivisión de potreros para evitar la sobrecarga animal.

d. Plan simple o proyecto conservacionista.

e. Prácticas mecánicas.

— Edáficas.
— Vegetativas

f. Campaña educativa e inductora a nivel nacional.

Dentro del marco legal, se siente la necesidad de amparo a una declaración de regiones y zonas prioritarias para la aplicación obligatoria de los planes o proyectos de protección del suelo y del combate de la erosión. Los productores de tierras localizadas en estos espacios geográficos, tendrían un plazo de seis meses para dar inicio efectivamente a los trabajos de conservación y, de dos años para concluirlos, contados desde la suscripción de esta disposición.

Considérase plan o proyecto de protección del suelo y de combate a la erosión, a un conjunto de medidas que conducen a la racionalización del uso del suelo y empleo de tecnología adecuada, hacia la recuperación de su capacidad productiva y a su preservación.

Los productores estarían obligados a cumplir las siguientes disposiciones:

Escoger el área para determinado cultivo en conformidad con su capacidad de uso y las prácticas de conservación más convenientes a las realidades locales, recomendadas oficialmente, siguiendo criterios definidos en los planes o proyectos mencionados.

Otro instrumento legal que hace viable el macro objetivo de los planes de desarrollo, es el crecimiento y desarrollo del sector agropecuario y forestal. El alcance de tal objetivo está fundamentalmente asociado al aprovechamiento del recurso suelo, bajo un adecuado concepto conservacionista. Tomando en cuenta que el suelo constituye un factor primordial del proceso de producción "agrícola", su conservación presenta dimensiones que trascienden a un enfoque puramente físico, debiendo caracterizarse por un concepto más amplio, que contemple todo el contexto del desarrollo económico y social. Por lo tanto, la conservación del suelo debe ser entendida como una actividad que venga a promover la reorganización de su uso y el empleo de tecnología para su manejo, orientadas a su preservación y a la recuperación de su capacidad productiva.

Los efectos sociales provocados por la erosión, son igualmente drásticos. Del empobrecimiento del suelo resulta una disminución de la renta del agricultor, que se ve forzado a cambiar de actividad. El proceso implica generalmente una disminución de mano de obra, que va a marginalizarse en su propio medio rural o a trasladarse a los centros urbanos causando problemas ampliamente conocidos.

Haya que atacar el problema a través del establecimiento de un sistema de prioridades, definido a partir del grado de escorrentía del fenómeno, del punto de vista físico socio-económico.

Deben existir "comisiones de conservación de suelos y aguas" a nivel de las diferentes regiones y zonas del país, a fin de ayudar a resolver los problemas existentes, mediantes una promoción oportuna.

Las modalidades de organización y de fuentes de recursos deben caracterizar a este Instituto a través de sus tasas o impuestos propios, a semejanza de tantas instituciones que se nutren financieramente de esta manera. La tasa o impuesto mencionado se aplicaría a la propiedad rural sujeta a

compra y/o venta y provendría de otras fuentes que los expertos podrían señalar con el propósito de constituir un FONDO NACIONAL DE CONSERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES.

Este "fondo" servirá para costear a los agricultores los gastos en prácticas conservacionistas que efectuarían en respuesta a la responsabilidad y al interés que tiene la sociedad ecuatoriana por conservar el patrimonio nacional que es el "suelo".

Esa reposición sería hecha bajo la forma de incentivos financieros o crediticios especiales y de subsidios a la implantación de prácticas conservacionistas de interés colectivo; también puede haber premios para los mejores agricultores en los concursos de conservación de suelos para estudios e investigaciones básicos realizados por instituciones extrañas al Instituto y para actividades similares que tengan relación directa con la conservación de suelos del país.

Es oportuno señalar las funciones más relevantes que tendría el mencionado Instituto:

1. Organizar y orientar en todo el país las actividades de conservación del suelo, del agua y de los demás recursos.

2. Promover y vigilar en todo el país el uso racional del suelo, del agua, de las formaciones forestales y las explotaciones agrícolas, silvícolas y pecuarias.

3. Coordinar y promover las investigaciones y experimentaciones básicas sobre erosión y demás factores de degradamiento del suelo, sobre las prácticas conservacionistas destinadas a ser controladas.

4. Coordinar y promover los estudios básicos sobre los aspectos económicos y sociales de conservación de suelos y de los demás recursos.

5. Promover la concientización de la sociedad sobre los problemas de la erosión y la degradación acelerada de la productividad del suelo, así como de los problemas de explotación predatoria de los recursos naturales renovables en general.

6. Promover en las instituciones de educación la inclusión de conceptos y principios conservacionistas en los currículos, materias y cursos, con conocimientos generales a diferentes grados o niveles.

7. Promover con el Banco Nacional de Fomento el establecimiento de líneas especiales de crédito para los proyectos y prácticas de conservación de suelos y el condicionamiento del crédito rural a la ejecución de un mínimo de prácticas conservacionistas.

8.- Promover junto con las entidades regionales, Consejos Provinciales y Municipales, que de alguna forma presten asistencia a los agricultores, una asistencia condicionada a un mínimo de prácticas conservacionistas.

9. Promover con el IERAC que el proceso de Reforma Agraria se sustente sobre una infraestructura conservacionista.

10. Promover una asistencia técnica y financiera en colaboración con las instituciones de desarrollo regional, para la implantación de Distritos Demostrativos de Conservación de Suelos, en cuencas hidrográficas representativas.

11. Promover, en colaboración con los órganos de Desarrollo Regional y las asociaciones gremiales de agricultores, una acción cooperativa de agricultores en beneficio de la implantación de planes integrados de conservación de suelos, inclusive, dando a los denominados "Distritos de Conservación del Suelo" la autoridad para el establecimiento de normas y reglamentos limitadores de las explotaciones abusivas del suelo y compulsores de la obligatoriedad de la aplicación de un mínimo de prácticas conservacionistas.

12. Promover conjuntamente con las entidades nacionales y regionales, la zonificación de los tipos de uso y explotación del suelo en función de la capacidad natural de uso del suelo, de modo que se eviten cargas de uso y degradación acelerada del suelo y demás recursos naturales renovables, por presiones excesivas de interés desarrollista.

13. Procurar establecer, a través de una legislación apropiada, prohibiciones y penas legales contra la

adopción de ciertas prácticas del uso del suelo de probado carácter predatorio a su integridad productiva.

El Instituto Nacional de Conservación Integrada de los Recursos Naturales Renovables (INACIR) tendría sus directrices, su política de trabajo, especialmente de la administración del FONDO NACIONAL DE CONSERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES, democráticamente supervisado por un Consejo Superior, presidido por el señor Ministro de Agricultura y Ganadería, como Secretario el Director del Instituto, e integrado por tres destacados especialistas, nombrados por el señor Presidente de la República y más dirigentes de las siguientes Instituciones:

— CONADE
— SEDRI
— INERHI
— INIAP
— IERAC
— PRONAF
— Comisión Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas
— Banco Nacional de Fomento
— División de Desarrollo Campesino
— Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo
— Representación de Organizaciones Gremiales.

El mencionado Instituto sería pequeño a nivel central, pero a nivel operativo, o sea en el campo, estaría representado por un buen número de profesionales y técnicos.

Con la creación de este Instituto con los respectivos recursos, sería posible conservar los recursos naturales renovables, para evitar de esta manera, que se vuelvan insoportables las condiciones de vida de las futuras generaciones. Ellas exigen justicia y humanidad.

Se hace necesaria la creación de la Subsecretaría del Medio Ambiente en el Ministerio de Agricultura y Ganadería, por cuanto en esta forma, los intereses conservacionistas estarían representados en el poder político que toma sus decisiones al respecto en base a decisiones técnicas.

EL MAL USO DEL SUELO: ENRIQUECE A LOS PADRES, EMPOBRECE A LOS HIJOS Y HACE MISERABLES A LOS NIETOS.

* * * * *

EL CEDIG

Creado en 1980, de carácter eminentemente científico, el Centro Ecuatoriano de Investigación Geográfica tiene como función estudiar, sintetizar y difundir todos los aspectos esenciales de la Geografía ecuatoriana, tanto en su contenido humano como físico.

Adscrito a la Sección Nacional del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), es el ejecutor del Convenio de Cooperación con el Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación (ORSTOM), destinado a elaborar la GEOGRAFIA BASICA DEL ECUADOR.

Sus Publicaciones:

Revistas "Documentos de Investigación"	**Precios en sucres**
Números publicados:	
No1, Geomorfología (agotado)	
No. 2, Geografía Aplicada	104,oo
No. 3, Región Amazónica (agotado)	
No. 4, Los Climas del Ecuador	130,oo
No. 5, Quito, aspectos geográficos de su Dinamismo	300,oo
No. 6, La Erosión en el Ecuador	300,oo
Serie Demográfica de la Población:	
No. 1-2, Demografía en el Ecuador: una bibliografía Poblaciones de las parroquias, Ecuador 1950-1982	200,oo
En preparación:	
Mapa de distribución de la población 1982 - Ecuador	
Migraciones	
Fecundidad y Mortalidad	
Estructura de la Población	
Geografía Básica del Ecuador	
Tomo I Geografía Histórica (publicado)	650,oo
Tomo II Geografía de la Población (en preparación)	
Tomo III Geografía Urbana (en preparación)	
Tomo IV Geografía Física (en preparación)	
Tomo V Geografía Agraria (en preparación)	

SOLICITUD DE SUSCRIPCION

Nombre: . . . . . .

Dirección: . . . . . .

Ciudad: . . . . . País: . . . . . .

Incluyo un cheque, a nombre del IPGH, por 1000 sucres (Ecuador) ☐ o por 10 dólares (extranjero) ☐ para la suscripción de cuatro números de DOCUMENTOS DE INVESTIGACION, a partir del No. . . . .

PEDIDO DE UN NUMERO

Nombre: . . . . . .

Dirección: . . . . . .

Ciudad: . . . . . País: . . . . . .

Incluyo un cheque, a nombre del IPGH, por sucres (Ecuador) ☐ o por 3 dólares U.S. (extranjero) ☐ correspondiente al presente número 6 de DOCUMENTOS DE INVESTIGACION, lo cual me da derecho a recibir el No. 7.

Toda correspondencia relativa a las publicaciones debe dirigirse a:

All mail concerning the publications must be addressed to:

Toute correspondance relative aux publications devra être envoyée à:

CEDIG - IPGH - APARTADO No. 3898 - QUITO - ECUADOR

Agradecemos Canje

Exhange solicited

Nous souhaitons l'échange

DOCUMENTOS DE INVESTIGACION

I. P. G. H.
(Sección Nacional)

Números publicados

No. 1, Geomorfología
No. 2, Geografía Aplicada
No. 3, Región Amazónica
No. 4, Los Climas del Ecuador
No. 5, Quito, aspectos geográficos de su dinamismo
No. 6, La Erosión en el Ecuador

Serie "Demografía y Geografía de la Población"

No. 1-2 Demografía en el Ecuador: una bibliografía
Poblaciones de las Parroquias. Ecuador 1950-1982
No. 3 Mapa de distribución de la Población - 1982 - Ecuador

SUMARIO

1 La erosión actual y potencial en Ecuador: Localización, manifestaciones y causas.- G. de NONI, G. TRUJILLO.

2. Breve historia de la erosión en Ecuador.- G. de NONI.

3. Papel de las precipitaciones en la degradación de los suelos: impacto de las lluvias excepcionales del período 1982-1983. P. POURRUT.

4. Estudio cuantitativo de la erosión con fines de protección de los suelos: las parcelas de Alangasí e Ilaló. G. de NONI, J.F. NOUVELOT, G. TRUJILLO

5. Estudio de la erosión en una comunidad indígena de la Sierra ecuatoriana: manifestaciones, causas, y métodos de conservación del suelo. I. GREGOIRE, G. TRUJILLO

6. Estudio de un tipo de cangahua en Ecuador: posibilidades de mejoramiento mediante el cultivo. A. CAUJOLLE-GAZET, C. LUZURIAGA

7. Erosión eólica en el Norte de la hoya de Quito. P. ASPIAZU, M. A. de CASTRO, G. de NONI, J.F. REGALADO

8. El riesgo de erosión en la Región Amazónica. E. CUSTODE, M. VIENNOT.

9. La institucionalización de la conservación de los recursos naturales renovables en el Ecuador. E. SUAREZ RODRIGUEZ.

ORSTOM
(Francia)