

LA EROSIÓN AGRÍCOLA DE LOS SUELOS EN EL ECUADOR

Georges de Noni
Marc Viennot
Germán Trujillo

En el sentido amplio de la palabra, la erosión es el mayor fenómeno exógeno que provoca la evolución de la superficie terrestre. Convencionalmente, se distinguen la erosión geológica, que proviene de eventos naturales tales como las deformaciones tectónicas, el volcanismo o los cambios climáticos, que puede desembocar al desgaste de las cordilleras montañosas; y la erosión agrícola de los suelos, o erosión acelerada, cuyas manifestaciones, menos grandiosas, se desarrollan a escala de una o varias generaciones.

El Ecuador constituye un buen ejemplo de referencia para el estudio de estos dos tipos de erosión que han marcado la historia geomorfológica del país de las siguientes dos formas:

- a la escala de los tiempos geológicos, el papel de la erosión natural ha sido uno de los fenómenos esenciales de la elaboración de los principales tipos de relieve. Sus mayores rasgos provienen de una erosión geológica antigua particularmente activa, en este medio geomorfológico de montaña caracterizado por sus desniveles, pendientes y condiciones climáticas particularmente agresivas.

Hoy en día, las manifestaciones provocadas por este tipo de erosión ya no presentan las mismas características de vigor y eficacia que durante la edificación de la formidable barrera montañosa de los Andes, pero no quiere decir que dejaron de existir, bajo formas ciertamente más discretas, pero sin embargo muy eficaces, como lo demuestran por ejemplo, la elaboración muy reciente de espectaculares incisiones en algunas formaciones volcánicas andinas, de edad histórica, o el proseguimiento del cavado de grandes quebradas de la red hidrográfica actual. Su reactivación opera muchas veces en formas particularmente espectaculares, con ocasión de algunos eventos recientes; terremotos, despertar de la actividad volcánica o fenómenos climáticos como el de "El Niño". Este aspecto ha sido analizado en los capítulos anteriores en donde se presentó la historia geológica del país y en donde se describieron los principales tipos de relieve que derivan de ella.

- los efectos de la erosión agrícola se manifiestan a expensas de los suelos cultivados por el hombre. En efecto, durante los tiempos históricos y a medida que los cultivos progresaban sobre las fuertes pendientes de los Andes, este otro tipo de erosión se iba acelerando y daba lugar a pérdidas de tierra y al empobrecimiento del suelo más o menos catastróficos según las regiones. Actualmente, la erosión de los suelos agrícolas es considerada como uno de los factores más importantes de degradación de los recursos naturales renovables.

El propósito de los comentarios que aparecerán a continuación será presentar el impacto y las consecuencias de la erosión agrícola de los suelos en el Ecuador; su importancia espacial, sus manifestaciones y sus causas principales. Porque se manifiesta en suelos cultivados, centraremos principalmente las reflexiones sobre el papel del hombre en el juego de los mecanismos naturales de la morfodinámica actual. Por fin, consagraremos un capítulo, con orientación regional, a la presentación de la erosión de los suelos en los Andes del Ecuador, en donde la importancia de los fenómenos está directamente relacionada con la presencia de la enorme barrera montañosa andina.

1. LA EROSIÓN DE LOS SUELOS EN EL ECUADOR: UN FENÓMENO ANTRÓPICO EN MEDIO AGRÍCOLA

La síntesis cartográfica, realizada conjuntamente por el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (MAG) y ORSTOM, sobre "Los principales procesos de erosión en el Ecuador" (G. Almeida, G. de Noni y al., 1983), permite apreciar que dichos procesos de degradación afectan al 50 % de la superficie del país (30 % aproximadamente en los Andes y 20 % sobre la Costa y la Amazonía).

En la Sierra, las cuencas interandinas constituyen la zona más afectada, en donde se concentra una tercera parte de las tierras erosionadas andinas, entre 1.500 m y 3.000 m, y sólo quedan muy pocos suelos arables. Las dos terceras partes restantes, caracterizadas por zonas en vía de degradación, están ubicadas sobre las altas tierras interandinas, por encima de los 3.200 m, y las faldas externas de las cordilleras, en donde se desarrolla una erosión activa a medida en que progresa el frente de colonización agrícola. En estas regiones, la cobertura edafológica todavía es casi continua pero presenta localmente signos muy claros de degradación.

Fuera de los Andes, los efectos de la erosión son tolerables. En efecto, sobre la Costa, así como en la provincia insular de Galápagos, la erosión es globalmente discreta. Las provincias de Manabí y Esmeraldas son las más afectadas: movimientos de masa discontinuos relacionados con los pastos localmente asociados a fenómenos de gravedad sobre los rebordes de las "mesas". En la Amazonía, sólo se observan manifestaciones erosivas en forma excepcional; sin embargo, la intensidad de los fenómenos químicos puede hacer temer que, a término, una erosión clásica pueda desarrollarse en este medio (ver Fig. 1).

Se puede anotar que, en el Ecuador, la erosión agrícola de los suelos no está relacionada con un tipo particular de paisaje físico, sino que se manifiesta indistintamente en los diferentes medios geográficos, según la intensidad de su utilización para los cultivos o los pastos. Para ilustrar lo dicho, analizaremos las manifestaciones de la erosión bajo diversas condiciones morfodinámicas.

1.1. BAJO CONDICIONES NATURALES NORMALES

Bajo condiciones naturales normales y sin la intervención humana, los paisajes geográficos de la zona interandina superior evolucionan bastante lentamente y las manifestaciones de la erosión se mantienen localizadas.

Los ejemplos más significativos fueron observados entre 3.500-3.600 m y 4.200 m (G. de Noni, M. Viennot, 1986). En efecto, se debe alcanzar estas altitudes para librarse de la ingerencia del hombre sobre el medio natural: en 1586, la población total del país era de 150.000 habitantes. En un siglo, entre 1780 y 1886, ésta se duplicó y pasó de 500.000 a 1'000.000 de habitantes (J. Estrada Ycaza, 1977). Desde esta fecha, en 105 años, el proceso se acelera en forma vertiginosa, la población "explosiona" durante este período, actualmente sobrepasa los 10'000.000 de habitantes (Documento preliminar del INEC, 1991).

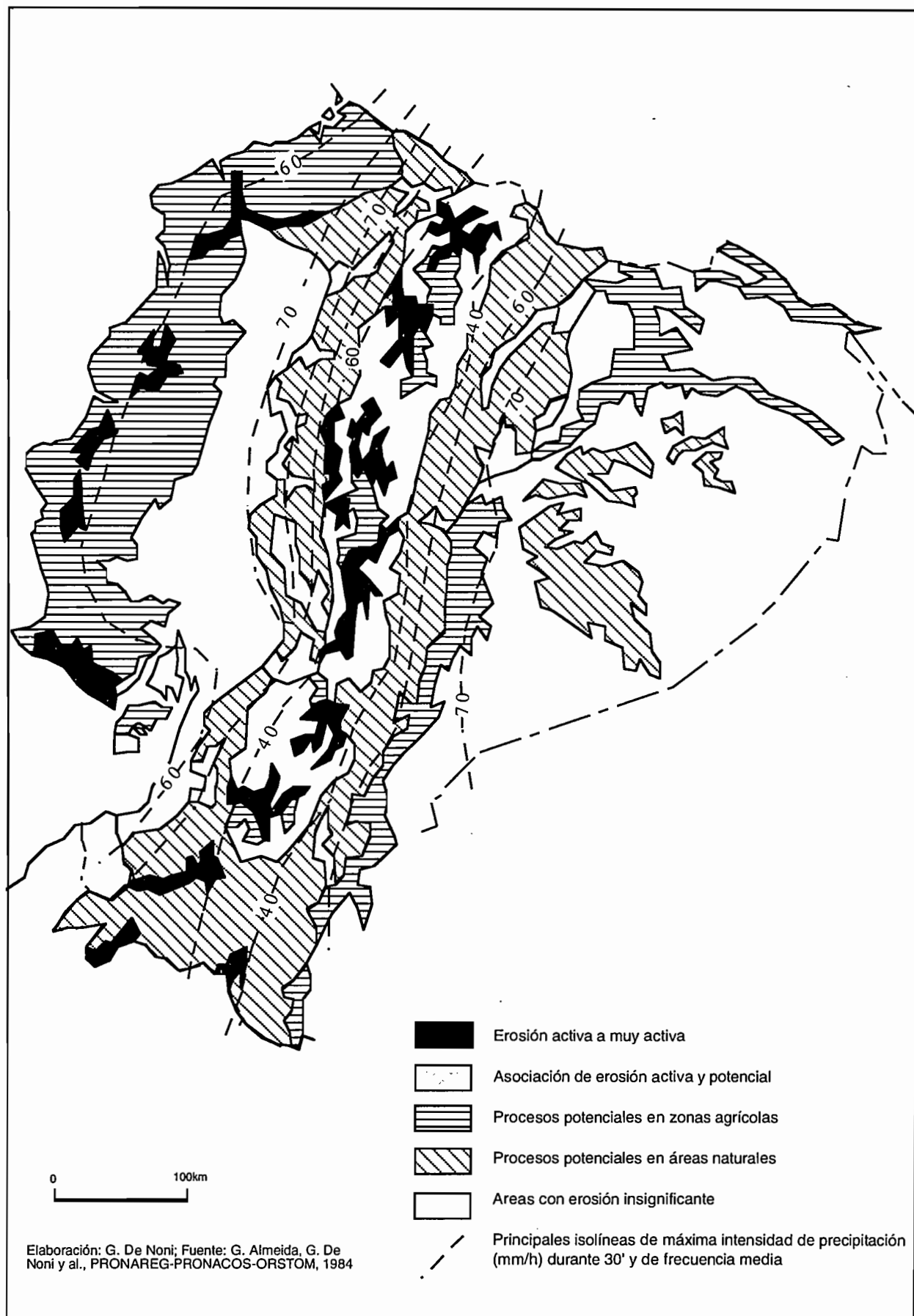
A esta altitud, el escalonamiento de la vegetación natural actual se establece de la siguiente manera:

- las formaciones arbustivas cerradas conocidas bajo el término de "matorral" o "chaparral" cubren, entre 3.600 y 3.800 m, topografías en donde la proporción de las zonas de pendientes inferiores al 20 % es baja en relación con la de las pendientes superiores al 80 %. El riesgo de heladas es fuerte de junio a agosto, durante el verano;
- las formaciones herbáceas de altitud llamadas "páramo" que se extienden entre 3.800 m y 4.200-4.400 m, deben afrontar riesgos de helada cada vez más importantes, debido a la altitud, durante todo el año. La morfología es irregular y se caracteriza por formas colinarias con pendientes del 0 al 50 % asociadas con numerosos lagos;
- a partir de 4.400 m, la vegetación desaparece.

Encima de los 4.200 m, el sistema de erosión es de tipo periglacial y sus manifestaciones son provocadas por las alternancias casi cotidianas de helada-deshielo. Los efectos del escurrimiento y del viento son secundarios. Este sistema de erosión ejerce su acción, tanto sobre el suelo y su cobertura herbácea, como sobre los afloramientos rocosos.

El suelo y la vegetación presentan una morfología original y pequeños montículos encespados decimétricos (los "thufurs"). El hinchamiento del suelo en el momento de la helada y su transformación en lodo cuando interviene el deshielo, inducen procesos de "gelifluxión" del suelo, más o menos marcados según la inclinación de la pendiente. Este tipo de dinamismo provoca el socavado de los "thufurs" y crea sobre el suelo desnudo, formas de erosión semi-circulares de algunos m² de superficie. Al pie de los afloramientos rocosos, se forman taludes de desprendimientos

Fig. 1. Zonas afectadas por procesos de erosión y grado de actividad



Elaboración: G. De Noni; Fuente: G. Almeida, G. De Noni y al., PRONAREG-PRONACOS-ORSTOM, 1984

constituidos por los "gelifracts" debitados por el hielo.

Por debajo de los 4.200 m, el número de días de hielo es menos importante y los fenómenos hídricos se vuelven preponderantes. El escurrimiento y los movimientos de masa están asociados y generan formas de erosión semi-circulares, más grandes que las anteriores, que pueden afectar superficies de algunos cientos de m². Estas se forman al contacto de fuertes rupturas de pendiente, por lo general superiores al 70 %, cuyo origen puede ser de naturaleza geológica (discontinuidad litológica entre frentes de coladas, "lahars", zócalos metamórfico o volcánico) o sencillamente topográfica, según el cavado de una quebrada al momento del deshielo de las nieves.

1.2. BAJO CONDICIONES NATURALES "ANÓMALAS"

Bajo condiciones naturales "anómalas", el precario equilibrio de este medio montañoso puede romperse fácilmente. A eventos naturales extraordinarios se asocian entonces manifestaciones espectaculares. Ahora bien, el Ecuador es la sede de tales eventos naturales "no periódicos" tales como terremotos y fenómenos climáticos como por ejemplo "El Niño". Sus consecuencias pueden ser catastróficas.

El terremoto del 5 de marzo de 1987 se caracterizó por dos sacudidas sísmicas principales, relativamente intensas, que alcanzaron respectivamente 4,5 y 6,8 en la escala de Richter. El epicentro estaba ubicado en la vertiente andina amazónica entre los volcanes Reventador y Saraurco. Algunos deslizamientos de terreno afectaron las pendientes mayores de las cuales gran parte había sido desmontada y transformada en pastos. En un primer tiempo, el escurrimiento de las aguas de los torrentes y de los ríos que atravesaban esta zona fue bloqueado en varios lugares por importantes volúmenes de tierra deslizada. Luego, estas represas naturales se rompieron bajo la presión del agua retenida río arriba, provocando violentos fenómenos de "desagüe lodoso", muy potentes, que arrasaron las terrazas principales del Río Quijos en donde estaban instalados numerosos agricultores. Las pérdidas humanas y económicas fueron considerables. El gobierno ecuatoriano había establecido el siguiente balance:

- se estimaba en más de un millar, el número de muertos y desaparecidos; en su mayoría víctimas de los deslizamientos de terreno provocados por las sacudidas sísmicas pero, sobre todo, por las crecidas lodosas consecutivas a los fenómenos de desagüe, que afectaron el sistema hidrográfico del valle del Quijos-Coca-Napo (provincia amazónica del Napo);
- aproximadamente 70.000 construcciones, de todo tipo, se vieron afectadas, entre las cuales los 2/3 estaban ubicadas en medio rural;
- cerca de 10.000 hectáreas de zonas agrícolas (cultivos y pastos) fueron asoladas y 3.000 cabezas de ganado desaparecieron;
- el oleoducto y el gasoducto fueron dañados o parcialmente destruidos sobre más de 40 km.

El costo total de estos daños se estimaba a 2 mil millones de dólares, tomando en cuenta el lucro cesante de la exportación petrolera.

"El Niño" es una corriente marítima caliente que se desplaza anualmente de Norte a Sur siguiendo el litoral ecuatoriano y peruano. Desde octubre de 1982 hasta septiembre de 1983, esta corriente permaneció en forma anormal a lo largo de la costa ecuatoriana, provocando un aumento espectacular de las alturas pluviométricas. Las consecuencias directas de estas lluvias excepcionales provocaron fenómenos de inundación que afectaron las 5 provincias litorales del país, con una intensidad más marcada y generalizada en las provincias del Guayas y El Oro (J. Acosta, A. Winckell, 1983). Los daños más importantes se registraron en las zonas agrícolas (arroz, plátano, caña de azúcar, café y cacao) y sobre los principales ejes viales.

En la montaña andina, las consecuencias de "El Niño" también fueron dramáticas pero la repartición de las zonas afectadas por este fenómeno fue más puntual y dependiente de la presencia de valles transversales que favorecían el paso de las masas de aire pacífico (G. de Noni, P. Pourrut, M. Viennot, 1987). En Chunchi, en la parte central de la Sierra, el brutal deslizamiento de una pared entera de vertiente provocó la destrucción de un tramo de la carretera panamericana (Quito-Cuenca) y la desaparición de unas cien personas que circulaban sobre este eje vial en autobús y en autos particulares. Esta vertiente, muy cultivada, se veía afectada por pequeños derrumbes, más o menos continuos, desde que había sido objeto de importantes trabajos de excavación para la carretera.

Frente a fenómenos naturales excepcionales bien circunscritos en el espacio y en el tiempo, las reacciones humanas son rápidas y eficaces. En forma prioritaria, estas acciones están orientadas hacia las familias de las víctimas y la

reconstrucción de los principales ejes viales, pero descuidan la implementación de obras de protección en las zonas frágiles. Por lo tanto, los riesgos de erosión subsisten en la perspectiva aleatoria de nuevos fenómenos naturales.

1.3. BAJO CONDICIONES ANTRÓPICAS

Desde 1974 hasta 1984, el inventario cartográfico de los recursos naturales renovables del Ecuador, realizado por ORSTOM y el Ministerio de Agricultura de este país, dió lugar a la elaboración de varios centenares de mapas temáticos: morfoedafológicos, uso actual del suelo, hidroclimáticos, etc. Este diagnóstico cartográfico permitió subrayar que la erosión es uno de los mayores problemas de degradación del medio ambiente. Un análisis más fino de estos documentos muestra en realidad que la erosión es particularmente activa a expensas de los suelos agrícolas. El mapa de los "Principales procesos de erosión en el Ecuador" (ver Fig. 1), que en parte resulta ser una síntesis cartográfica de los documentos anteriores, corrobora este aspecto. Es así como, al superponer este documento a un mapa de utilización de los suelos, se constata una identificación entre zonas erosionadas y zonas actualmente cultivadas o que lo fueron.

Aunque a veces resulta imperceptible a la observación del no-especialista, la erosión de los suelos agrícolas, es la principal calamidad que afecta las condiciones de equilibrio del medio ambiente. Sus efectos son cumulativos y regulares en el tiempo y provocan degradaciones irreversibles contra el patrimonio ecológico, así como graves pérdidas económicas. A escala de una generación, algunas modificaciones apreciables pueden intervenir sobre el modelado de las vertientes, sobre la composición físico-química de los suelos y también sobre las condiciones de vida de los agricultores.

Esto es particularmente obvio en la montaña andina, en donde la utilización de los suelos sobre fuertes pendientes, es evidentemente excesiva pero indispensable. En efecto, el pequeño campesinado (o "minifundio") agobiado por una necesidad vital de producir más, nunca pudo desarrollar métodos de conservación adaptados a las condiciones del medio. Por lo general, prefiere acusar a los elementos climáticos o a la simple fatalidad para explicar la erosión, sólo raramente cuestiona sus prácticas culturales.

Por ejemplo, sobre las altas tierras densamente cultivadas de las provincias del Chimborazo y del Cotopaxi, se pueden observar algunas obras de conservación de los suelos cuya eficacia deja que desear. Se trata de pequeñas zanjas de desagüe de las aguas de escurrimiento así como barreras vivas. Por lo general las zanjas no son lo bastante profundas (20-40 cm) y su pendiente orientada en un solo sentido, tiene demasiado declive (20 a 25 %) para asegurar una derivación satisfactoria de las aguas de escurrimiento. Pasa lo mismo con las hileras vivas de "siges" (*Gynerium*) que están dispuestas en forma aleatoria frente a la pendiente dominante. Por otra parte, estas zanjas, sólo en casos demasiado escasos, están relacionadas con trabajos de labranza siguiendo las curvas de nivel que constituyen una norma elemental de defensa contra la erosión; en la mayoría de los casos, las labranzas se realizan sin orientación privilegiada.

También se puede observar un abandono o una destrucción sistemática de antiguas obras agrícolas, siendo la mayoría de tipo "terrazza" heredadas de las sociedades precolombinas, que permitían controlar en parte los efectos del escurrimiento y de la erosión. Estos vestigios relativamente numerosos en toda la Sierra (P. Gondard, F. López, 1983), están constituidos por taludes de piedras o de bloques de cenizas endurecidas. En Pimampiro (Provincia de Imbabura), los taludes son voluntariamente abatidos para dejar espacio a grandes parcelas moto-mecanizables. Cerca de Zhud (provincia de Cañar), en una zona de reciente colonización y de mediana propiedad, amplias terrazas con perfil cóncavo, testigos de la antigua civilización Cañari, aparecen bajo el "chaparral" durante los desmontes. Aquí también, estas obras son destruidas para agrandar el tamaño de los campos. En Punín y en Flores así como en Colta y Chunchi (Provincia de Chimborazo), también existen, en condiciones de pendiente ya fuerte (40-60 %) y a una altitud entre 3.200 y 3.600 m, verdaderas terrazas separadas por taludes de varios metros de alto. Una vez más, los taludes intermedios han sido abandonados y destruidos y sólo se conservan los taludes que sirven de límites de propiedad. Estos ya sólo delimitan "seudo-terrazas" excesivamente amplias y empinadas, inadaptadas a las condiciones del medio. En Ingapirca (Provincia de Cañar), que es una antigua zona de influencia incaica, algunos caminos principales están bordeados por enormes montículos de piedras bien apiladas que hubieran podido constituir, si hubieran estado juiciosamente amontonados según las curvas de nivel, magníficos cordones de piedras o gaviones.

Por fin, otros resultados obtenidos sobre parcelas de escurrimiento y sobre grandes cuencas-vertientes, que serán analizados detalladamente en la parte regional consagrada a la Sierra, confirman también que la erosión agrícola constituye efectivamente uno de los mayores rasgos de degradación de los recursos naturales renovables.

2. LOS MECANISMOS DE LA EROSIÓN DE LOS SUELOS EN EL ECUADOR: DE LA LLUVIA Y DE LOS HOMBRES

En el Ecuador, como en cualquier otra parte del mundo, los factores climáticos son creadores de la erosión; siendo su papel fundamental no solamente en la fase de destrucción del suelo, sino también en cuanto a asegurar el transporte de los sedimentos y alimentar las zonas de acumulación. Los demás factores (suelos, pendientes y cobertura vegetal) condicionan la erosión: según sus propias características, confieren al medio condiciones de susceptibilidad más o menos marcadas frente al embate de los factores climáticos.

En el caso del Ecuador, la lluvia o erosión pluvial resulta ser el factor creador primordial de la erosión. Esta genera procesos de escurrimiento que se caracterizan por la extensión de las zonas a las que afectan y por la intensidad de sus manifestaciones (ver Fig. 1). Si bien la erosión es moderada en condiciones naturales, ésta se acelera notablemente cuando interviene el hombre. En medio agrícola, el hombre es el principal factor condicionante de la erosión.

2.1. LA EROSIÓN PLUVIAL

En regla general, se pueden caracterizar las precipitaciones tanto por su intensidad, que se expresa por una altura pluviométrica caída durante un espacio de tiempo dado (desde algunos minutos hasta varias horas), definida en mm/h, como solamente por la altura pluviométrica, expresada en milímetros. La primera de estas características es responsable de los fenómenos de escurrimiento ampliamente observados en el país. Para describir la acción de la intensidad pluvial, se utiliza, en forma convencional, la noción de "agresividad climática" cuyo papel resulta ser fundamental para provocar sucesivamente los siguientes mecanismos: destructuración del suelo por el efecto puramente mecánico de la energía cinética de las gotas de lluvia ("splash"), puesta en suspensión y levantamiento de las partículas de suelo.

Frente al carácter pionero de este tipo de investigación en el Ecuador y para evidenciar la acción de la agresividad climática, nos referiremos exclusivamente a los estudios realizados por el MAG y ORSTOM sobre parcelas de escurrimiento equipadas con pluviógrafos :

- parcelas aisladas de 50 m² que funcionaron entre 1981 y 1984 (G. de Noni, J.F. Nouvelot, G. Trujillo, 1984, 86): dos parcelas en Alangasí y dos parcelas en Ilaló, zonas ubicadas en la cuenca interandina, a unos veinte kilómetros al Sur-Este de Quito, a 2.600 m de altitud;

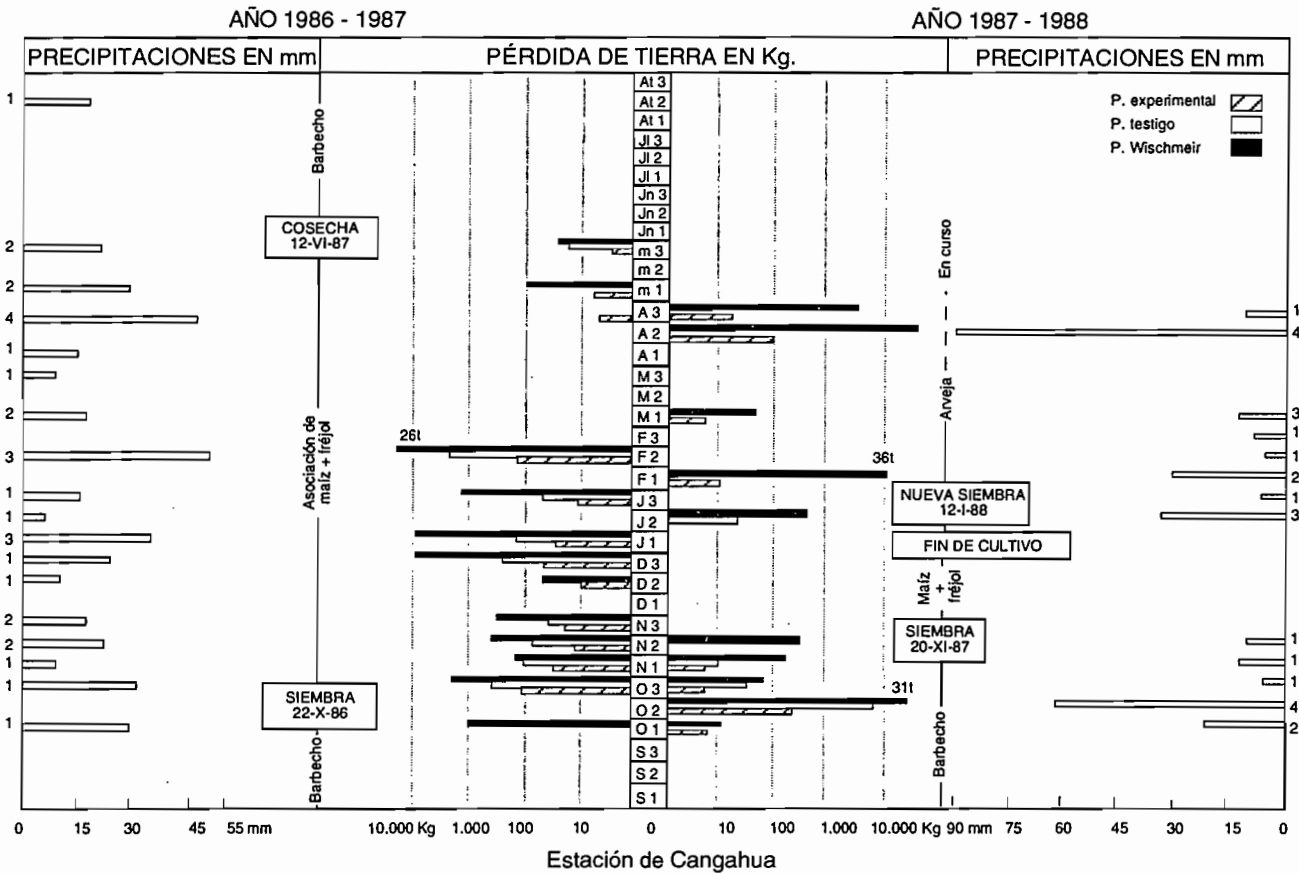
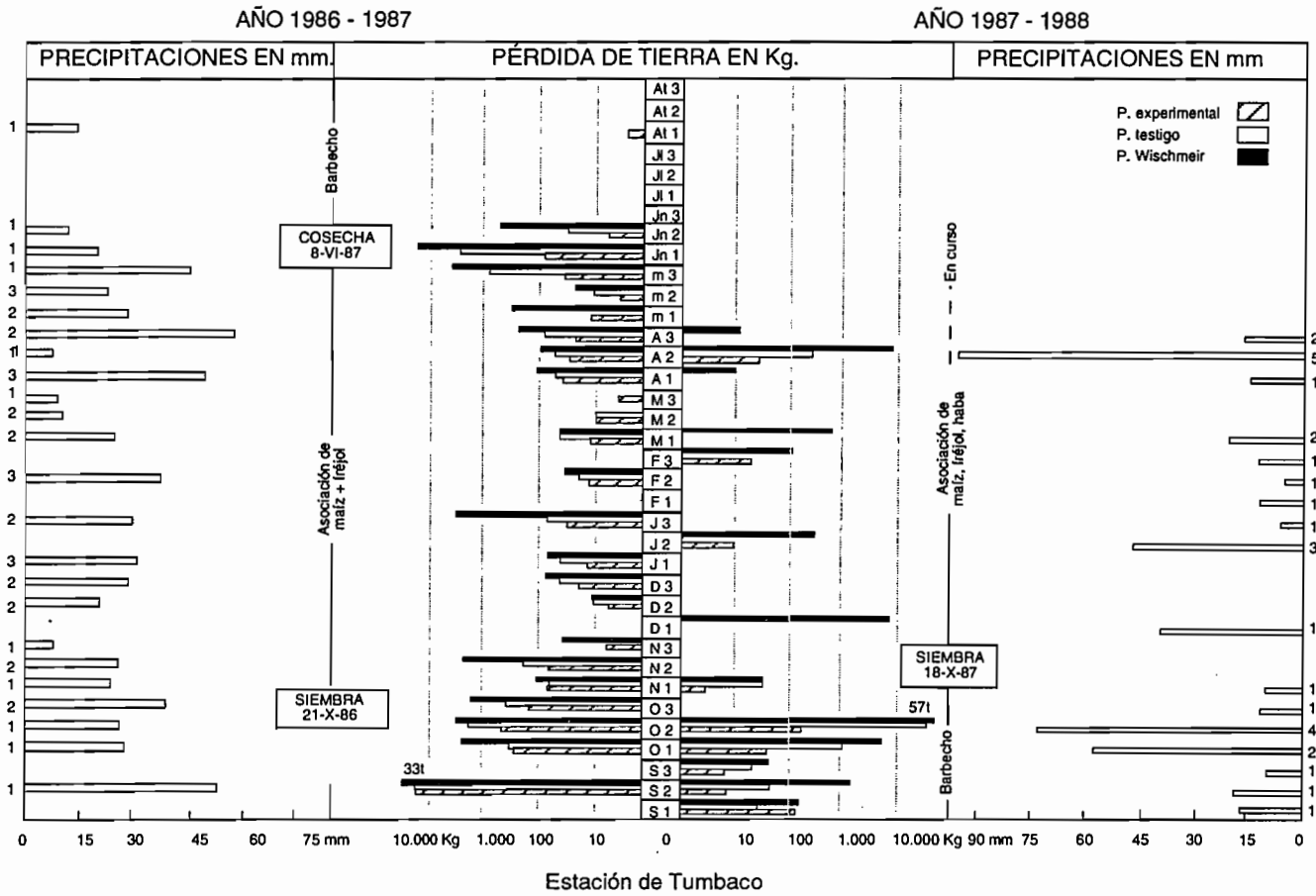
- parcelas de 100 y 1.000 m² reagrupadas en estaciones (G. de Noni, G. Trujillo, M. Viennot, 1986, 87, 88). instaladas desde 1986: 2 estaciones en la cuenca interandina (Tumbaco y Cangahua), respectivamente a 2.600 y 2.800 m de altitud y 2 estaciones sobre las vertientes de la cordillera a 3.300 m de altitud (Mojanda y Riobamba).

Sin importar cuál sea el piso altitudinal, el régimen de las precipitaciones es de tipo ecuatorial de altura, con dos estaciones húmedas y dos estaciones secas, con alturas pluviométricas que varían de 800 a 2.000 mm.

La interpretación de los resultados obtenidos sobre las parcelas de 50 m² evidenció que las relaciones son más estrechas entre la erosión hídrica del suelo y la intensidad pluvial, que con la pluviometría anual (F. Fournier, 1960). Por ejemplo, durante el invierno 82-83, el fenómeno climático de "El Niño" dió lugar a alturas pluviométricas excepcionales (G. de Noni, P. Pourrut, M. Viennot, 1987); sin embargo, las pérdidas de tierra no aumentaron sistemáticamente. Así, en la parcela de Alangasí, las variaciones de los pesos de tierra para este período no son proporcionales a las alturas pluviométricas observadas. En efecto, de diciembre del 81 a mayo del 82, para un período de cultivo caracterizado por una altura pluviométrica habitual para esta zona (620 mm), la erosión fue de 630 Kg para 50 m²; de diciembre del 82 a mayo del 83, el total pluviométrico se eleva a 760 mm debido al fenómeno de "El Niño" y las pérdidas de tierra sólo fueron de 450 Kg. Para este tipo de parcela y de medio, se evidenció una excelente correlación entre las intensidades máximas en mm/h durante 15 a 30 minutos (IM15 y IM30) y las pérdidas de tierra.

Se pueden hacer las mismas acotaciones para las estaciones instaladas desde 1986. Estas están formadas por varios tipos de parcelas: parcelas testigos cultivadas según las normas locales de 100 m² de superficie, parcelas desnudas sin vegetación ni cultivo (manejadas según el protocolo establecido por Wischmeier en los USA) de 100 m² de superficie también y parcelas mejoradas con métodos de conservación de 1.000 m² de superficie. En el Cuadro 1 y Fig 2, se catalogaron los datos de pesos de tierra perdidos en t/ha y la pluviometría total en mm para los años 86-87 y 87-88 y para el período que va desde septiembre hasta fines de abril

Fig. 2. Prácticas agrícolas y pérdidas de tierra entre 1986 y 1988



Cuadro 1. Pérdidas de tierra y pluviometría sobre parcelas testigos y "Wischmeier" de 100m² para el período 1986-88

Año 1986-87			
Estaciones	Pluviometría anual en mm	Parcela testigo	Parcela Wischmeier
Tumbaco	478	3,0	12,9
Cangahua	366	3,8	56,0
Mojanda	588	1,2	5,9
Riobamba	537	1,4	56,9

Año 1987-88			
Estaciones	Pluviometría anual en mm	Parcela testigo	Parcela Wischmeier
Tumbaco	457	42.2	82.8
Cangahua	308	6.7	83.6
Mojanda	547	0.5	96.9
Riobamba	532	52.2	189.7

Estos resultados confirman que, en el caso de erosión por escurrimiento, las únicas alturas de lluvias no explican las pérdidas en tierra. En efecto, se puede anotar que si bien las variaciones interanuales de las alturas pluviométricas son inferiores al 20 %, las pérdidas en tierra varían en proporciones considerables: de 2 a 15 veces. Para explicar esta situación, es necesario recurrir a las intensidades pluviométricas. Calculando los coeficientes de correlación para los años 86-87 y 87-89, anotamos que son las intensidades (IM15 y IM30) las que mejor se ajustan a las pérdidas en tierra. Por ejemplo, para las parcelas "Wischmeier" de las estaciones de Tumbaco y Cangahua, los coeficientes de correlación calculados para el período 86-88 son los siguientes:

Cuadro 2. Coeficientes de correlación para las parcelas de 100 m² de tipo "Wischmeier" (1986-1988).

Estaciones	Lluvia / erosión	Intensidad máxima / erosión		
		IM15	IM30	IM60
Cangahua	0.55	0.71	0.66	0.6
Tumbaco	0.55	0.92	0.86	0.67

Por razones puramente técnicas de facilidad de interpretación de los pluviogramas, (resulta prácticamente imposible determinar un período de tiempo de 15 mm sobre pluviógrafos de rotación semanal muy numerosos en el país), se retuvo el IM30 para trazar en el mapa general de la erosión (ver Fig. 1) las isóneas correspondientes a este valor. Esta opción corresponde perfectamente a las conclusiones de los trabajos realizados por W.H. Wischmeier y D. Smith (1981) y E. Roose (1980).

En la cuenca interandina, el IM30 varía de 20 a 40 mm/h. En las faldas externas de la cordillera y hasta una altitud de 500 a 1.000 m, los valores observados son ligeramente superiores, del orden de 40 mm/h. Debajo de los 500-1.000 m, se vuelven más elevados y pueden alcanzar 70 mm/h. En la Costa, los valores del IM30 fluctúan entre 40 y 70 mm/h y en la Amazonía, éstos sobrepasan frecuentemente este límite. Por regla general, en estos últimos casos de medio tropical perhúmedo, la cobertura vegetal asegura una buena protección de los suelos contra la erosión pluvial, sea cual fuera la agresividad climática.

En la montaña andina, pese a que los valores promedios del IM15 o del IM30 sean menos elevados, éstos pueden estar sometidos a variaciones excepcionales, difíciles de prever (presencia frecuente de granizo a principios de aguacero), y provocar así una fuerte erosión. Por ejemplo, sobre la parcela de 50 m² de Ilalo, la erosión sobrepasa las 400 t/ha/año en el 82; un IM30 de 90 mm/h dió lugar a una recolección de 1.365 kg para 50m² y otro de 70 mm/h fue responsable de 590 kg de tierra perdida.

La observación sobre parcelas muestra perfectamente que la mayor parte de la erosión está constituida por algunos eventos climáticos excepcionales que relacionan fuertes intensidades y un mínimo de tiempo, en este

proceso, los pequeños eventos son poco importantes. En el siguiente Cuadro 3 (1986-88), se puede constatar, que sobre un total de unas cuarenta lluvias erosivas por año y por estación, son las cinco lluvias más erosivas las responsables de una gran parte de la erosión:

Cuadro 3. Relación en % entre las 5 lluvias más erosivas y los pesos totales de tierra perdidos por año sobre las parcelas testigo y "Wischmeier" de 100 m² (1986-1988)

	Tumbaco		Cangahua		Mojanda		Riobamba	
	Testigo	Wisch.	Testigo	Wisch.	Testigo	Wisch.	Testigo	Wisch.
1986-87	90	85	90	94	67	78	55	83
1987-88	99	88	99	94	52	97	88	61

2.2. LA EROSIÓN ANTRÓPICA

Las actividades agrícolas son las que más intensamente condicionan la degradación del medio natural, de tal manera que la erosión de los suelos en el Ecuador puede ser considerada más como un hecho de civilización que como un fenómeno natural. Para entender mejor las razones de esta situación, aparece indispensable realizar una breve reseña histórica centrada sobre los tres eventos siguientes que han marcado fuertemente la evolución social del pequeño campesinado (B. De Noni, G. De Noni, M. Viennot, 1990).

En primer lugar, tenemos que mencionar las consecuencias históricas de la conquista española; en particular la baja generalizada de la población indígena provocada por los conflictos guerreros y el cambio de estilo de vida de los autóctonos, impuesto por el establecimiento del sistema de la "encomienda", que desembocará más tarde en la formación de la "hacienda". Para valorizar los suelos de este nuevo mundo, los conquistadores importaron nuevos cultivos provenientes de España como por ejemplo: árboles frutales (cítricos, manzanas, duraznos, albaricoques), la vid, los cultivos de hortaliza (coles, cebollas, zanahorias, alverjas, lechugas, etc...) y, sobre todo, cereales (trigo, cebada, avena). También desarrollaron la ganadería de animales desconocidos hasta entonces: caballos, bovinos, porcinos y ovinos. Para enfrentar el desarrollo de esta nueva agricultura, introdujeron sus propias concepciones sobre el hombre y el manejo del suelo. Los españoles generalizaron la utilización de la tracción animal con labranzas profundas, práctica que se opone radicalmente a la de los indígenas que sólo deshierbarban en forma muy tosca sus tierras y sembraban a ras del suelo.

En segundo lugar, no se pueden omitir las consecuencias de la reforma agraria que contribuyó a acelerar la destrucción del campesinado local marginándolo, todavía más, hacia tierras con condiciones ecológicas difíciles. Al formular la ley de la reforma agraria, el 11 de julio de 1964, la junta militar de la época reconoció a los "huasipungueros" (campesinos sometidos a una especie de vasallaje), el derecho a acceder a la propiedad privada. Pese a que esta ley había sido concebida teóricamente en beneficio de estos campesinos, provocó no solamente un aislamiento del hombre en relación con su medio original, sino también una ruptura de las relaciones con una asistencia agrícola indispensable, tanto técnica como financiera. En realidad se trataba de una respuesta política frente a una creciente oposición campesina. Una gran parte de las tierras otorgadas a los campesinos sólo presentaban un escaso potencial agrícola y se encontraba localizada en un sólo piso ecológico: por lo general sobre las altas tierras serranas y localmente en las faldas externas de la cordillera. Estas zonas, con un equilibrio precario, fueron sometidas a un proceso de "minifundización" con una utilización del suelo cada vez más intensiva.

Por fin, los efectos del "boom" demográfico, ya mencionado, particularmente durante este siglo en donde interviene el momento cumbre de este fenómeno. La población se multiplica por 10 y sobrepasa los 10'000.000 de habitantes. De ello resulta una redistribución espacial de la población rural y la extensión de la frontera agrícola en zonas en donde condiciones físicas extremas vuelven muy delicada la valorización de la naturaleza por el hombre.

3. LA EROSIÓN DE LOS SUELOS EN LA SIERRA VOLCÁNICA ECUATORIANA

La montaña andina constituye un medio muy propicio para las manifestaciones erosivas, ya que existe una relación entre la inclinación de la pendiente, la velocidad del escurrimiento, el caudal del escurrimiento y la intensidad de la erosión. Esta relación se ve exacerbada por el impacto del hombre sobre el medio. Es común observar en la Sierra, desde la provincia del Carchi hasta la de Loja, la yuxtaposición de paisajes distintos cuyo común denominador se debe a las manifestaciones de la erosión: paisajes abandonados porque el suelo arable ha desaparecido, paisajes cultivados en donde el aclaramiento de los colores del suelo y la formación de zanjas y

torrenteras muestran una erosión en pleno desarrollo, paisajes verdes con pastos en donde, pese a la buena protección vegetal, se pueden observar huellas de degradación causadas por el sobre-pisoteo de los animales.

3.1. UNA SITUACIÓN EROSIVA ALARMANTE

Los principales tipos de relieve

La Sierra constituye, por lo tanto, el ejemplo de referencia, sean cuales fueren los paisajes que la componen. Su ancho varía de 100 a 200 km. Las dos cordilleras paralelas que la dividen están conformadas por vertientes cuyas pendientes son superiores al 50 %. Entre estas dos cordilleras, se encuentra la cuenca interandina que está estructurada por una sucesión de cuencas de hundimiento con topografía irregular (pendientes del 10 al 50 %). En el detalle, se pueden distinguir los siguientes tres principales tipos de paisaje:

* La zona de la cuenca interandina puede dividirse en dos sub-zonas :

. La primera se encuentra por debajo del nivel general del piso de la cuenca, a una altitud inferior a los 2.400 m. Se trata de una área deprimida y relativamente plana (pendientes del 0 al 20 %), cubierta por una vegetación xerófila, discontinua, arbustiva de cactus y espinos. La población reagrupada en pequeños pueblos practica el cultivo irrigado: caña de azúcar, árboles frutales y legumbres. Las huellas de erosión se manifiestan en todas partes, tanto en las zonas más protegidas por la vegetación xerófila como en las zonas irrigadas en donde el manejo del agua es insuficiente.

. La segunda, comprendida entre los 2.400 y los 3.200 m de altitud, corresponde a la cuenca interandina propiamente dicha en donde se pueden distinguir:

/ la parte plana, con pendientes inferiores al 10 %, en donde están establecidas la mayor parte de las grandes propiedades (haciendas). Es el ámbito del maíz así como de los pastos naturales y artificiales. La erosión es insignificante;

/ una densa red de profundos valles y de "cañones", testigos de una activa erosión regresiva natural, y caracterizada por la presencia de fuertes pendientes que sobrepasan el 100 %. Sólo existe una escasa agricultura sobre suelos con poca profundidad;

/ al subir, al entrar en contacto con la zona montañosa, según los casos, se extienden tanto "glacis"-terrazas como conos de deyección. En las pendientes inferiores al 25 %, se desarrolla una próspera ganadería en el marco de grandes o medianas explotaciones : "haciendas o fincas". Las pequeñas explotaciones de tipo "minifundio" (superficies cultivadas de 5 ha en algunas áreas), en donde está reagrupado el habitat indígena, empieza a aparecer así como la erosión.

* A partir de los 3.200 m y más arriba, empiezan las altas tierras andinas en donde se cultivan hasta los 3.800 m la papa, la cebolla, el haba, la cebada, la quínoa y el chocho, reemplazado por una ganadería extensiva de ovinos y de caprinos, a veces de llamas, que alcanza los 4.400 m. Es un mundo en plena mutación en donde se relocalizó, hace unos veinte años, una actividad agrícola cuya influencia es cada día más marcada. Esta evolución se ve acompañada por un deterioro de las formaciones vegetales naturales, que habían asegurado, hasta entonces, una buena protección de los suelos.

* En las faldas externas, la morfología es parecida a la de la zona anterior pese a que las pendientes sean todavía más fuertes (más del 70 %). La implantación humana es reciente y la erosión, pese a ser activa, es localizada. Debido a la permanente humedad, la vegetación es mucho más densa y se enriquece por los aportes de dos mundos vegetales; al bajar, las praderas y los cultivos temperados son reemplazados progresivamente por los cultivos tropicales.

Los procesos predominantes de erosión

Durante el período de cultivo, es decir 9 meses del año de septiembre a mayo, la erosión pluvial y antrópica provoca las siguientes manifestaciones.

El escurrimiento difuso y concentrado: es el tipo de proceso más generalizado a lo largo de la cuenca interandina, sea cual fuere el origen geológico de los suelos : formaciones piroclásticas del Norte y de gran parte del centro de la Sierra y materiales volcánico-sedimentarios de la provincia de Loja, al Sur. Los paisajes sometidos a estos procesos representan suelos poco espesos con horizontes truncados y arañados por formas de erosión en zanjas, torrenteras y barrancos. (ver Fig. 3).

Los estudios realizados sobre parcelas han mostrado que la intensidad mínima de lluvia necesaria para generar este tipo de proceso es del orden de 10-15 mm/h, es decir unas cuarenta lluvias erosiva en promedio por año. A partir

de 10-20 % de pendiente y en la medida en que las alturas pluviométricas lo permitan, los efectos del escurrimiento concentrado se vuelven exclusivos y se expresan en forma espectacular sobre las vertientes. Según las condiciones de cohesión y de granulometría del material, los barrancos y las torrenteras presentan perfiles transversales en forma de U, o de V. Rápidamente, estas formas lineales evolucionan en "bad-lands".

El escurrimiento asociado a pequeños movimientos de masa: este proceso es significativo de los suelos que presentan una discontinuidad textural a poca profundidad. Por ejemplo, en la parte norte (Provincias de Carchi y Pichincha) y central (Provincia de Chimborazo) de la Sierra, existe una ceniza volcánica arcillosa de color negro que fosiliza otro tipo de ceniza muy endurecida, limo-arcillosa ("cangahua"). El deslizamiento de la ceniza arcillosa sobre la "cangahua" provoca la formación de pequeños abruptos de erosión. Estos últimos evolucionan muy rápidamente hasta alcanzar un desnivel del orden de los 3 a 5 metros, gracias a la acción complementaria del escurrimiento. Este tipo de proceso asociado empieza a manifestarse a partir de 15-20 % de pendiente. (ver Fig. 4).

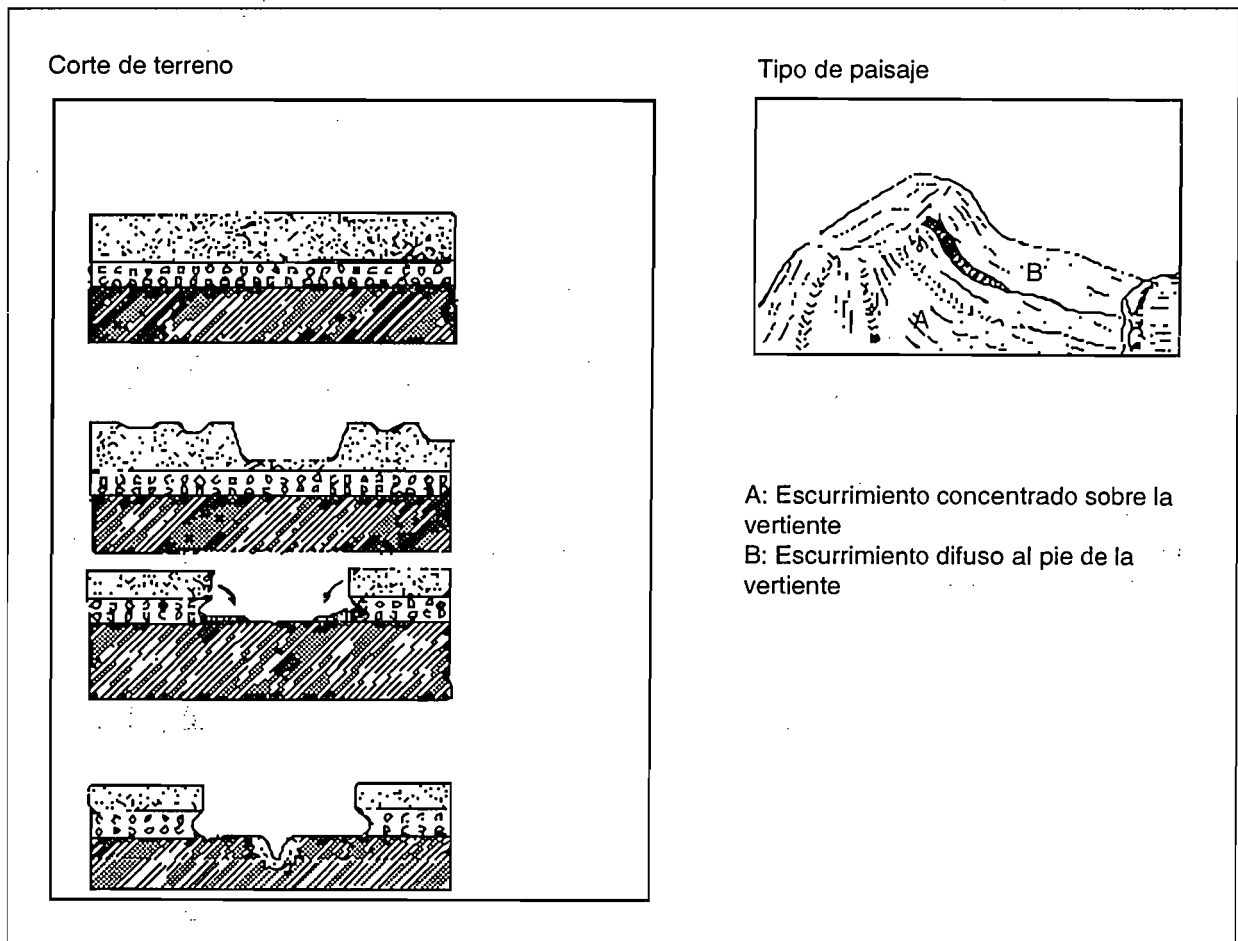
Los movimientos en masa. Están localizados en la cuenca de Cuenca, en forma más precisa al Sur de ésta, en la zona de Cumbe. La erosión se manifiesta aquí por lupas y nichos de soliflución que se desarrollan sobre relieves colinarios y sobre suelos arcillosos no volcánicos, de color rosa y rojo. El perfil topográfico de las vertientes es irregular y el aspecto de conjunto del paisaje es aborregado.

Los datos en cifras sobre la erosión.

Las parcelas de escurrimiento.

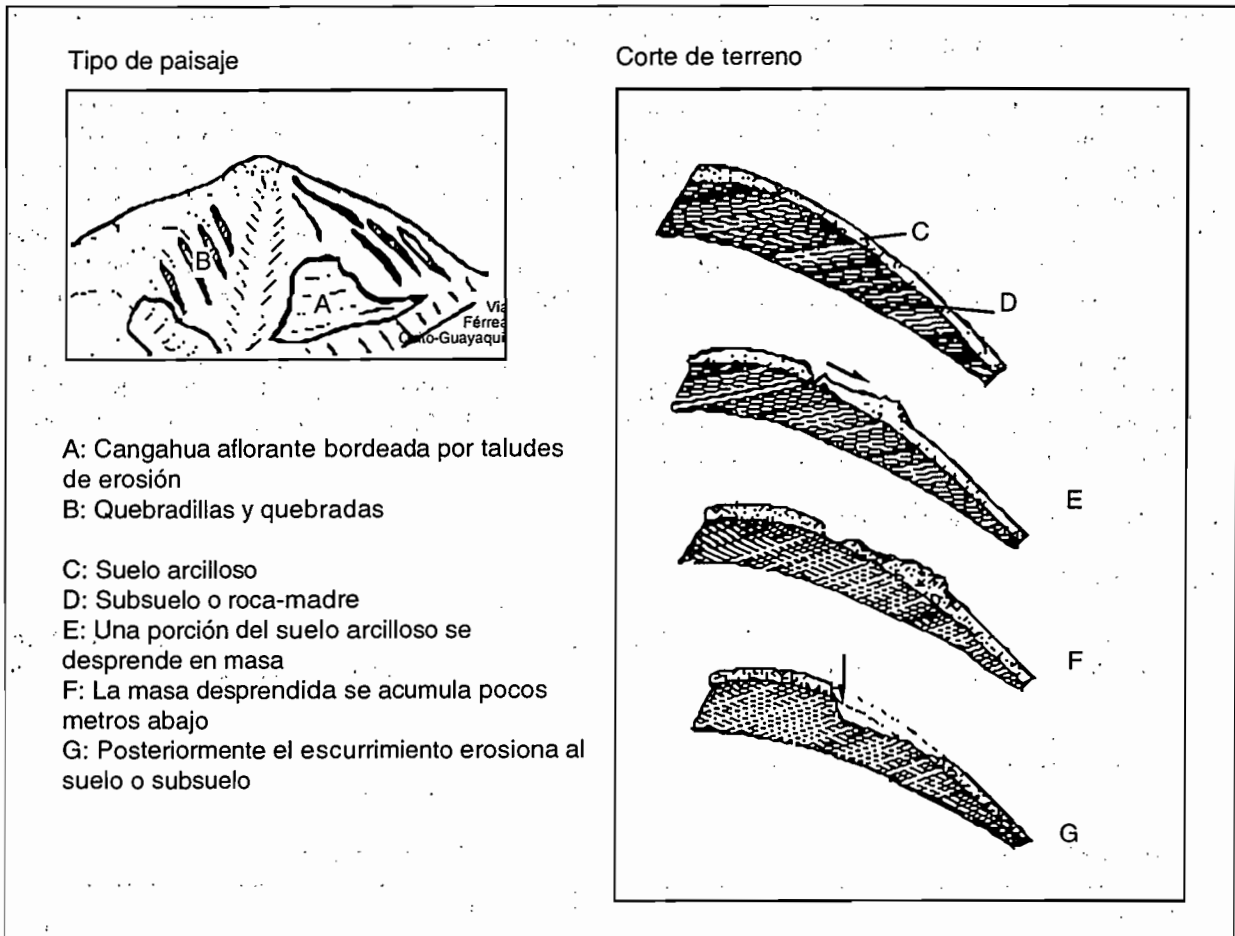
En el Ecuador, fue durante el decenio de los años 70 cuando el Instituto Nacional de Investigaciones Agro-nómicas (INIAP), dependiente administrativamente del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), lanzó un

Fig. 3. Escurrimiento concentrado y difuso



A: Escurrimiento concentrado sobre la vertiente
 B: Escurrimiento difuso al pie de la vertiente

Fig. 4. Asociación de escurrimiento y movimiento en masa



Elaboración: G. De Noni

programa de medidas de la erosión de los suelos agrícolas. Los estudios fueron llevados a cabo en la estación experimental "Santa Catalina" del INIAP, ubicada a 3.140 m de altitud y sobre 14 % de pendiente. Las observaciones fueron realizadas sobre cuatro pequeñas parcelas coalescentes de 50 m² (25 m X 2 m) y llevadas a cabo según el protocolo de Wischmeier que permite establecer una previsión en cifras de los riesgos de erosión que corren las superficies que se proponen cultivar. Desde agosto de 1978 a agosto de 1979, los resultados (R. Flores, 1979) mostraron que las pérdidas en tierra podían alcanzar 120 t/ha/año.

A partir de 1981, el MAG y ORSTOM tomaron la posta de estos estudios instalando sucesivamente parcelas de escurrimiento de 50 y 100 m², citadas anteriormente en referencia en el párrafo sobre la erosión pluvial. Los suelos estudiados provienen todos de proyecciones volcánicas y se desarrollaron sobre la "cangahua": son limo-arcillosos en las estaciones de Alangasi y Mojanda; limo-arenosos en las demás parcelas. Los datos obtenidos, catalogados en los siguientes cuadros, permitieron confirmar los del INIAP (Cuadro 4 y 5).

Cuadro 4. Pérdidas acumuladas en tierra sobre las parcelas de 50 m² para el periodo 1981-84 (Alangasi e Ilaló).

Estaciones	Pendientes	81-82	82-83	83-84	Pérdidas en tierra
Alangasi	26%	Maíz	Pasto	Barbecho	62 t/ha
	28%	Vegetación natural discontinua			314 t/ha
Ilaló	33%	Maíz	Maíz	Maíz	631 t/ha
	30%	Sin cultivo: suelo desnudo endurecido (cangahua)			71 t/ha

Cuadro 5. Pérdidas en tierra sobre las parcelas de 100 m² para el período 1986-88 (Tumbaco, Cangahua, Mojanda, Riobamba)

Estaciones	Pendientes	Lluvia en mm		Cultivos		Pérdidas en tierra			
		86-87	87-88	Parcela testigo		Parcela trad.		Parcela Wisch.	
				86-87	87-88	86-87	87-88	86-87	87-88
Tumbaco	20%	478	457	Maíz+habas	Maíz	3.6	42.2	35.6	82.8
Cangahua	20%	366	308	Maíz		3.8	6.8	6.1	83.6
Mojanda	40%	588	547	Cebada	Papa	1.2	0.5	6.1	96.9
Riobamba	20%	537	532	Papa	Cebada+haba	1.6	52.2	66.5	189.7

De la lectura de estos datos, se puede constatar que las pérdidas en tierra son considerables. También se puede subrayar la irregularidad interanual de las manifestaciones erosivas. Por ejemplo, en Alangasí e Ilaló, para el período acumulado 1981-84, los pesos de pérdida en tierra han sido de 314 y 631 t/ha, pero 204 y 421 t/ha se perdieron respectivamente durante el único año de 1982.

Para las parcelas de 100 m², los resultados muestran variaciones considerables, difíciles de explicar. Así, durante el año de 1987-88, hubo, en las parcelas tradicionales, 11 veces más tierra perdida en Tumbaco y 32 veces más en Mojanda que durante el período 1986-87. ¡En el mismo período, la parcela "Wischmeier" de Mojanda acusa 16 veces más erosión!

Sobre cuencas vertientes

Gracias a medidas periódicas de cargas sólidas (materia en suspensión y carga de fondo) en las aguas de los principales ríos, se puede obtener un buen conocimiento de las pérdidas en tierra y pérdidas químicas a escala de una cuenca vertiente. En el Ecuador, es INECEL (Instituto Ecuatoriano de Electrificación), encargado de las implementaciones hidroeléctricas, el que procede a estas operaciones según un protocolo que proporciona una buena representación de la realidad.

Utilizando los resultados de las estaciones (ubicadas en la desembocadura de la llanura costanera o en la parte plana de la cuenca amazónica), que controlan 11 cuencas vertientes de la Sierra (o sea cerca de 41.000 km², representando alrededor del 50 % de la superficie de esta región), llegamos a la conclusión de que las pérdidas en tierra son del orden de 100'000.000 t por año, siendo la carga promedio de 1g/l (1kg/m³). Según las cuencas vertientes, estas pérdidas en tierra van desde 250-300 t/km² para los ríos Cañar, Jubones y Catamayo a 3.760 t/km² para el río Chimbo en Bucay. El promedio representaría pérdidas del orden de 1.000 t/km² por año, o sea 10 t/ha.

El gran complejo hidroeléctrico de Paute dió lugar a estudios de aluvionamiento que permiten precisar estas pérdidas en tierra, globalmente, estas son de 489 10*6 t/año es decir 944t/km²/año. La cuenca tiene una superficie de 5.286 km² y se subdivide en 15 sub-cuencas de 60 a 1.200 km² en donde las pérdidas anuales van desde 715 hasta 2.500 t/km². En las cuencas más pequeñas, los valores máximos medidos alcanzan 5.000 a 6.000 t/km². Las sub-cuencas más críticas (Gualaceo, Jadán y Burgay) corresponden a zonas en donde el número de habitantes por hectárea productiva es elevado (80 a 110). Más que la superficie de la cuenca, es la superficie de cultivos anuales ponderada por la pendiente la que determina la cantidad de pérdida de tierra.

Estos datos no pueden ser comparados con los resultados obtenidos sobre parcelas: en estos últimos, los resultados sólo son indicadores puntuales de degradación correspondiente a una pequeña zona de estudio, algunas decenas o centenas de m² caracterizados por condiciones físicas y humanas locales, y no representativas de grandes superficies regionales. La situación es muy diferente a escala de la cuenca vertiente en donde la erosión es estudiada en condiciones regionales, por lo general las superficies de las cuencas vertientes varían de algunos km² a varios cientos de km² y, en este sentido, son más representativas de los diferentes medios naturales y cultivados.

En forma global, si se comparan los resultados obtenidos respectivamente sobre parcelas (de 200 a 600 t/ha/año) y sobre grandes cuencas vertientes (valores promedios de 1.000 t/km² y máximas de 5.000 a 6.000 t/km² es decir entre 10 y 50 a 60 t/ha/año) con los datos de otras regiones del mundo confrontadas con graves problemas de erosión (China, U.S.A. o India: FAO, 1980 y F. Fournier, 1960), el Ecuador se ubica entre los países con fuerte erosión.

3.2. EL DIFÍCIL MANEJO DE LA EROSIÓN

Una acción de este tipo puede parecer como un reto si se considera las condiciones extremas de ocupación del medio y las características particulares de este último. Sin embargo, algunas pruebas realizadas sobre la última generación de parcelas proporcionan informaciones alentadoras y dejan prever la posibilidad de frenar los excesos de la erosión.

Sobre las parcelas experimentales de 1.000 m², hemos instalado, para probar su valor anti-erosivo, unas micro-represas permeables bajo la forma de franjas enyerbadas o cultivadas y tapias, dispuestas según las curvas de nivel, a estas obras asociamos una labranza perpendicular a la pendiente. Este sistema constituye un buen freno contra la erosión porque deja pasar una parte del agua de escurrimiento cargada con partículas finas, permitiendo así evitar los peligros de una acumulación lodosa detrás de las obras; además, necesita poco trabajo de mantenimiento por parte de los campesinos. Por fin, favorece la infiltración del agua en el suelo lo que no es despreciable para las zonas de la cuenca interandina confrontadas a problemas de déficit hídrico durante el año de cultivo. La distancia entre las obras ha sido fijada en forma empírica en 12 metros.

Para determinar el tipo de material por utilizar para la construcción de estas pequeñas obras, nos inspiramos en los métodos que utilizan los campesinos para rodear sus propiedades. Se distinguen los 3 principales tipos de materiales siguientes: las tapias con terrones de tierra, con bloques de ceniza volcánica endurecida ("cangahua") y en forma más sencilla, las franjas encespadas con pasto o un cultivo (quínoa o chocho). La erosión medida y los métodos probados están reagrupados en el cuadro 6.

Cuadro 6. Pérdidas en tierra sobre las parcelas mejoradas de 1.000 m² para el período 1986-88

Estaciones	Pendientes	Prec. en mm		Cultivos 86-88	Erosión t/ha		Métodos de conservación
		86-87	87-88		86-87	87-88	
Tumbaco	20%	478	457	Maíz	1.2	0.4	Franjas encespadas con 3 tipos de pastos.
Cangahua	20%	366	308	Maíz	0.4	0.3	Tapias de cangahua.
Mojanda	40%	588	547	Cebada y luego papa	0.3	0.2	Tapias en terrones de tierra +camellón de quinoa
Riobamba	20%	537	532	Papa y luego cebada	0.5	7.6	Franjas encespadas + assoc. cebada + haba.

Se puede constatar que la erosión es escasa y puede ser frenada a bajo costo, la asociación del camellón según las curvas de niveles con obras sencillas de conservación la hace disminuir notablemente. En efecto, es sistemáticamente sobre las parcelas sobre las cuales se experimentan los métodos de protección, sea cual fueren las estaciones, que los pesos de tierra perdidos son los más bajos; estos últimos son en promedio entre 6 y 20 veces más bajos que en las parcelas tradicionales. ¡En Tumbaco, la relación de los pesos de tierra entre parcelas experimentales y tradicionales sobrepasan los 100 ! Por fin, los rendimientos obtenidos en condiciones similares a las de la parcela testigo también parecen mejores por ejemplo, en Mojanda, la cosecha de papas ha sido de 4,3 t/ha en la parcela tradicional y de 7,6 t/ha en la parcela experimental.

4. CONCLUSIÓN

La Sierra ecuatoriana constituye una entidad geográfica en donde las manifestaciones de la erosión agrícola marcan el conjunto de los paisajes.

Sus huellas más espectaculares aparecen en la superficie de la casi totalidad de los suelos agrícolas interandinos, en donde se acompaña de graves consecuencias sobre el medio ambiente físico, la conservación de los recursos, y de un impacto particularmente negativo sobre las actividades agrícolas. Estos procesos están directamente relacionados con la presencia de una población rural densa, que aparece como el principal responsable de su advenimiento y de su mantenimiento. Su reciente aumento demográfico así como el consecutivo crecimiento de sus necesidades alimenticias le condujeron a practicar una agricultura más intensiva, sin métodos de protección adaptados y en definitiva mucho más agresiva en contra de los recursos naturales renovables.

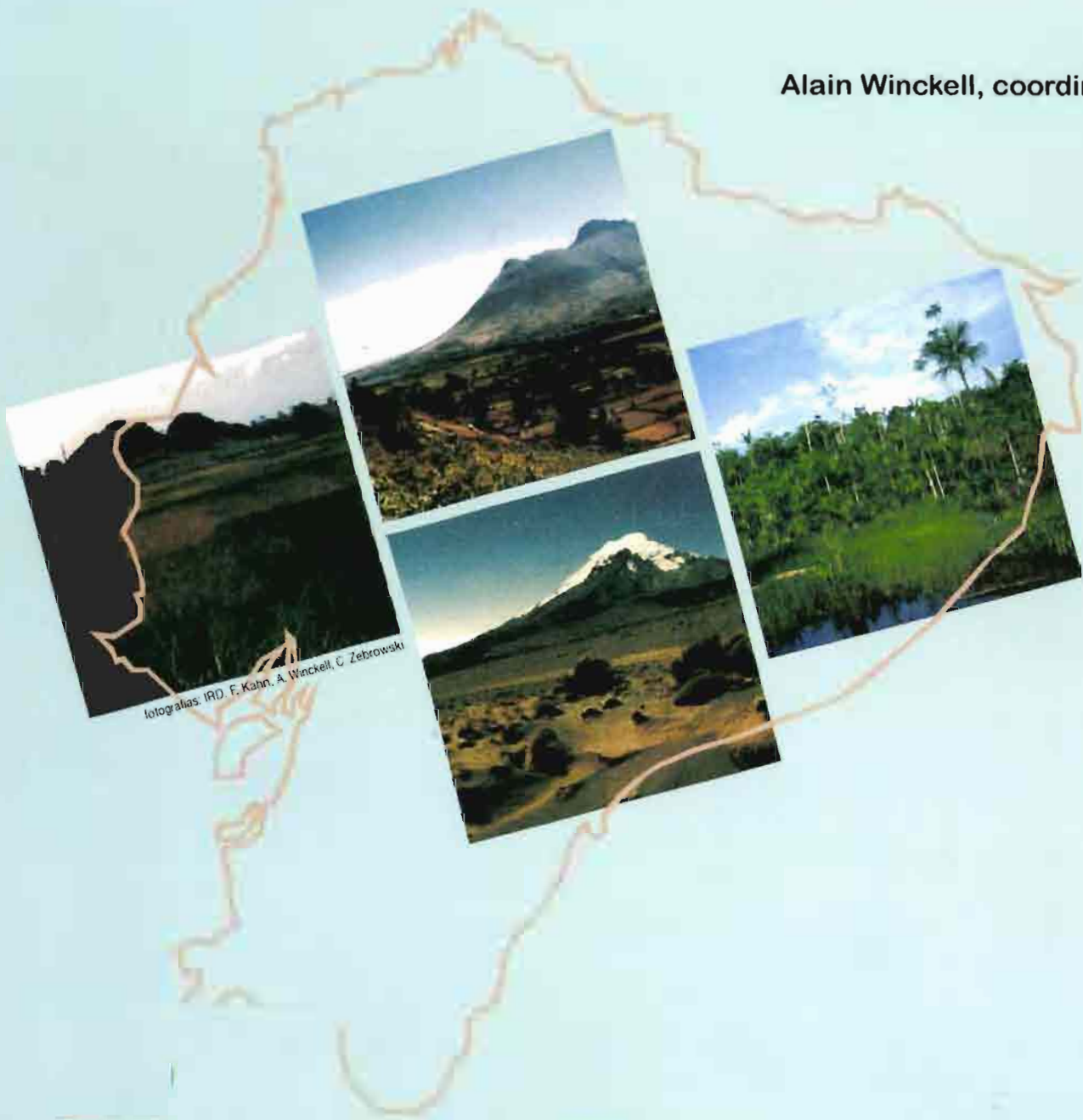
Los estudios realizados hasta entonces muestran que la lucha en contra de la erosión agrícola o agronómica puede ser constituida por un conjunto de medidas poco molestosas y adaptadas al medio físico y humano; pero que estas medidas no protegen de los fenómenos excepcionales todavía mal conocidos.

Pese a ser alentadores, estos resultados sólo son preliminares y experimentales y sólo se limitan, por el momento, estrictamente a la reducción de las pérdidas de tierra. Este objetivo no bastará por sí solo si no está comprendido en un sistema de optimización de la producción agrícola que integraría, además de la conservación, el riego, la fertilización, etc.

LOS PAISAJES NATURALES DEL ECUADOR

Volumen 1 - Las condiciones generales del medio natural

Alain Winckell, coordinador



Instituto Panamericano
de Geografía e Historia



Instituto Geográfico
Militar



Institut de recherche
pour le développement

GEOGRAFÍA BÁSICA DEL ECUADOR
TOMO IV GEOGRAFÍA FÍSICA
VOLUMEN I

LAS CONDICIONES DEL MEDIO NATURAL

Autores : Alain Winckell
René Marocco
Thierry Winter
Charles Huttel
Pierre Pourrut
Claude Zebrowski
Michel Sourdat

IPGH Instituto Panamericano de Geografía e Historia (Sección Ecuador)
IRD *Institut de Recherche pour le Développement (ex-ORSTOM)*
IGM Instituto Geográfico Militar



Publicación del Centro Ecuatoriano de Investigación Geográfica, en el marco del acuerdo de Cooperación Científica entre el Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Sección Nacional del Ecuador, y el Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación

Impreso en los talleres gráficos del IGM del Ecuador

- Textos:

Traducción y revisión : O. de Chávez, A. Armendáriz, M. Luna, C. Simon,
C. Zebrowski, J. León, F. López

Diagramación en Macintosh™: Darwin. Montalvo

- Cartografía :

Programas Carto 2D, Canvas y Adobe Illustrator.

Realización: D. Montalvo

-Separación de colores

Pantone Impresiones

Este libro fue elaborado en 1992 a partir de los conocimientos que se tenía en esa época sobre la geografía y las ciencias asociadas, relativas al medio físico del Ecuador

© 1997 Derechos de la primera edición :

ISBN-9978-92-165-6

-- IPGH (Sección Ecuador), apartado 17-01-3898, Quito, Ecuador

ORSTOM (Francia), 213, rue La Fayette - 75480 Paris cedex.

QUITO - ECUADOR

Las opiniones expresadas en este libro son de responsabilidad exclusiva de sus autores y no constituyen necesariamente criterio atribuible a las entidades auspiciantes.