

IICA
DDASRN
A1/SC-97-
02; 04

EXPERIENCIAS INTERNACIONALES EN PROTECCIÓN DE SUELOS



JÜRGEN CARLS • CARLOS REICHE
MARIO JAUREGÚI

SERIE DOCUMENTOS DE DISCUSION SOBRE
AGRICULTURA SOSTENIBLE Y RECURSOS NATURALES

IICA  BMZ / 

SERIE DOCUMENTOS DE DISCUSION SOBRE AGRICULTURA SOSTENIBLE Y RECURSOS NATURALES

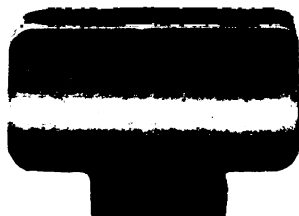
A partir de 1990, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y la Cooperación Alemana para el Desarrollo han trabajado en conjunto para apoyar a los países de América Latina y el Caribe en las áreas de la **agricultura, los recursos naturales y el desarrollo sostenible**.

Desde hace seis años, el **Proyecto IICA/GTZ** ha contribuido al fortalecimiento de la capacidad institucional del IICA para satisfacer las demandas de los países miembros en estas áreas, para lo cual ha enfatizado el desarrollo de:

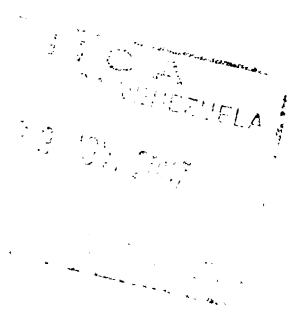
- Un marco conceptual y metodológico sobre desarrollo sostenible para el IICA.
- Un programa de capacitación para el IICA y sus contrapartes nacionales.
- Una estrategia para generar experiencia práctica ("ventanas de sostenibilidad").
- Un sistema de documentación e información.
- Un marco conceptual y metodológico para indicadores de sostenibilidad.

Aunque ya se cuenta con publicaciones sobre algunas de las experiencias pasadas, el **Proyecto IICA/GTZ** se propone ahora hacer una contribución especial a través de esta Serie, para promover los resultados de su trabajo y estimular una mayor discusión en torno a temas que aún requieren análisis y elaboración conceptual.

El IICA y la Cooperación Alemana para el Desarrollo han acordado ampliar sus actividades en el contexto de la Agenda 21. Como parte de este compromiso, se espera que esta serie de publicaciones genere en la región un mayor interés y una comprensión más profunda sobre los principios de la sostenibilidad.



IICA/7



EXPERIENCIAS INTERNACIONALES EN PROTECCIÓN DE SUELOS

**JÜRGEN CARLS, CARLOS REICHE,
MARIO JAUREGUI**

**Proyecto IICAIGTZ sobre Agricultura,
Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible**

© Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura / Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.
Setiembre, 1997.

Derechos reservados. Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del IICA y la GTZ.

Las ideas y los planteamientos contenidos en los artículos firmados son propios de los autores y no representan necesariamente el criterio del IICA y la GTZ.

El Servicio Editorial y de Idiomas del IICA fue responsable por la revisión estilística, edición y traducción de esta publicación, y la Imprenta del IICA por el diagramado, montaje, fotomecánica e impresión.

Editor encargado de la serie: Máximo Araya.
Arte de portada: Claudia Eppelin.

Carls, Jürgen

Experiencias internacionales en protección de suelos /
Jürgen Carls, Carlos Reiche, Mario Jauregui. - San José, C.R. :
Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
(IICA) : Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit
(GTZ), 1997.

viii, 41 p. ; 23 cm. - (Serie Documentos de
Discusión sobre Agricultura Sostenible y Recursos
Naturales / IICA, ISSN 1027-2623 ; no. A1/SC-97-02; no. 4)

ISBN 92-9039-325 4

1. Erosión. 2. Conservación de suelos. I. Reiche, Carlos.
II. Jauregui, Mario . III. IICA. IV. BMZ/GTZ. V. Título.
VI. Serie.

Agris
P36

Dewey
333.72

00002341 SERIE DOCUMENTOS DE DISCUSION
SOBRE AGRICULTURA SOSTENIBLE
Y RECURSOS NATURALES

ISSN-1027-2623
A1/SC-97-02

Setiembre, 1997
San José, Costa Rica

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	v
SIGLAS	vii
INTRODUCCION	1
Objetivos	1
Definición de Conceptos	1
IMPORTANCIA DE LA PROTECCION CONTRA LA EROSION	5
ASPECTOS GENERALES DE LOS SUELOS Y SUS PROBLEMAS EN PAISES EN VIAS DE DESARROLLO	9
Condiciones Marco	9
Técnicas de Protección del Suelo contra la Erosión	11
Rentabilidad de la Protección contra la Erosión	14
Estrategias de Protección contra la Erosión	17
Grupos Meta de la Protección contra la Erosión	20
EXPERIENCIAS, POSIBILIDADES Y LIMITACIONES	23
Experiencias	23
Posibilidades y Limitaciones	26
RECOMENDACIONES PARA LA COOPERACION	29
Recomendaciones Específicas para Determinados Proyectos	29
Recomendaciones Específicas para el Sector	31
Ambitos de Acción	33
Prioridades para la Investigación	35
BIBLIOGRAFIA	37

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan un agradecimiento a los colegas que tanto dentro como fuera del IICA revisaron este documento y contribuyeron con valiosos aportes a su desarrollo.

La producción de este libro no hubiera sido posible sin la importante colaboración del personal del Proyecto IICA/GTZ y del Servicio Editorial del IICA. Agradecemos especialmente a Gabriela Chaves por su apoyo en el levantado del texto, así como a Pastora Hernández por coordinar el proceso de producción.

experiencias en protección de suelos

PASOLAC	Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
P-ONG	Programa Suizo de Cooperación con Organizaciones No Gubernamentales
TAC	Comité Técnico Asesor del GCIAI
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
USAID	Agencia de los Estados Unidos de América para el Desarrollo Internacional
WASWC	Asociación Mundial para la Conservación de Suelos y Aguas

INTRODUCCION

Objetivos

Este documento tiene como objetivo destacar la importancia del recurso suelo y de su protección contra la erosión, especialmente en zonas de producción agrícola y forestal de países en vías de desarrollo de América Latina, África y Asia. En él se presentan algunas experiencias que han sido posibles gracias a la asistencia técnica inducida por la cooperación internacional bilateral, y se indican posibilidades futuras para fortalecer iniciativas derivadas de los hallazgos presentados. Además, el documento es de gran utilidad para el proceso de identificación, planificación, ejecución y evaluación de proyectos orientados a la conservación y protección de suelos. En este contexto, su propósito es ayudar a técnicos, planificadores, investigadores y decisores a aumentar su capacidad de juicio y crítica sobre diferentes categorías de problemas y soluciones, y estimularlos hacia una mayor discusión sobre el tema.

Definición de Conceptos

La definición de *fertilidad del suelo* que se usa en este documento es la más simple y aceptada de las que se encuentran en la literatura: Es la habilidad del suelo para proveer los nutrimentos esenciales para el crecimiento de las plantas (Soil Science Society of America 1987). En forma natural se han desarrollado suelos con mayor o menor grado de fertilidad, dependiendo del tipo de formación geológica sobre la que cada suelo se desarrolló (roca madre del suelo), del clima durante el proceso de formación, de los organismos que intervinieron en este proceso (incluida la vegetación), de la topografía del terreno y del tiempo de meteorización. Las características del suelo que definen su fertilidad se ven afectadas de diversas maneras, según el tipo de explotación agrícola.

El concepto de *productividad del suelo* es más amplio que el de fertilidad. Un suelo productivo es también fértil, pero un suelo fértil no es necesariamente productivo. Una definición aceptada es que un *suelo productivo* es el que tiene condiciones químicas, físicas y biológicas favorables para la producción económica de cultivos para un área particular (Soil Science Society of America 1987).

Erosión del suelo es el proceso de pérdida del suelo por la acción del agua o el viento. Este proceso puede ser natural o inducido por la acción

del hombre, y tiende a aumentar por efecto de un mayor uso de la tierra para incrementar la producción agrícola o pecuaria. Como consecuencia de la erosión, disminuyen la productividad y la fertilidad del suelo. Sin embargo, dicha disminución puede ser también un producto, entre otras causas, de la destrucción del suelo, la degradación de la materia orgánica, la descalcificación, la reducción de la estabilidad de la estructura del suelo, la saturación con agua, la salinización y el aumento de la concentración de sustancias tóxicas. Frecuentemente, cuando el ser humano interviene en el ecosistema, especialmente sobre el suelo, se dan efectos negativos que son posibles de remediar con medidas adaptadas a las condiciones del lugar y que permitirán formar nuevos ecosistemas.

En este documento, *protección contra la erosión* significa el conjunto de medidas que tienen la meta de reducir la erosión del suelo; es decir, medidas para reducir la destrucción o el desplazamiento de materiales del suelo provocado por efecto del agua, del viento o de movimientos de la tierra en forma independiente.

La literatura ha incorporado los términos de *conservación y manejo adecuado de los recursos*, mediante los cuales se pretende destacar los componentes agrícolas y biológicos, así como los movimientos de tierra producidos por actividades de ingeniería, tales como la construcción de terrazas y otras obras de conservación de suelos. De esta manera, el término *conservación* hace referencia a medidas agronómicas y de administración de aguas, las que generalmente aumentan la productividad del suelo y pueden ser ejecutadas directamente por el agricultor. Con el concepto de *manejo adecuado de los recursos* se entiende el mantenimiento y la explotación sostenibles de los principales factores naturales de producción, tales como el suelo, el agua, la vegetación y la fauna. En el presente documento el manejo adecuado se emplea como sinónimo de la protección de los recursos; por lo tanto, el término abarca un contexto más amplio y es posible que esté presente en el ámbito rural o en proyectos más amplios.

Un concepto de economía particularmente importante en relación con el tema de la erosión del suelo es el de *externalidad*: Se trata del resultado de una actividad que proporciona beneficios o impone costos, no sólo a aquellos que están involucrados en la actividad, sino también a otros, sin que los afectados paguen completamente por los beneficios (en el caso de una externalidad positiva) o reciban compensación total por los costos (cuando la externalidad es negativa). Por ejemplo, el control de la

erosión por parte de los agricultores cuyas parcelas se encuentran aguas arriba en una cuenca produce efectos beneficiosos sobre las tierras de otros agricultores situadas aguas abajo. Si éstos no pagan por esos beneficios, existe una externalidad positiva. Por el contrario, si los agricultores de las tierras más altas se dedican a explotar el bosque, los agricultores de las tierras más bajas se verán perjudicados por los sedimentos que llegan a sus campos, que resultarán en una mayor erosión en la cuenca; en este caso existe una externalidad negativa, si no hay una compensación por esos costos.

IMPORTANCIA DE LA PROTECCION CONTRA LA EROSION

La preocupación por mantener y proteger los recursos naturales es evidente, especialmente si se trata del suelo, uno de los factores claves para lograr una producción agropecuaria y forestal con una perspectiva de sostenibilidad. Así, en el enfoque de la protección del suelo contra la erosión debe reconocerse que no existe una protección perfecta, en el sentido de que la erosión sea realmente nula. Las denominadas destrucciones tolerables permiten, según sea el caso, evitar la aplicación de medidas técnicas de protección.

El Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos elaboró guías u orientaciones prácticas de las que se derivan prioridades referentes a la protección del suelo. Por ejemplo, según estas orientaciones, en los Estados Unidos es aceptable una pérdida de suelo de diez toneladas por hectárea (Stocking 1987). Naturalmente, en suelos planos el grado aceptable de erosión es menor.

El deterioro ambiental provocado por la erosión del suelo impone serios problemas a obras de infraestructura y a la sociedad en su conjunto. Por ejemplo, la colmatación de ríos, lagos, represas y puertos, la eutrofización de las aguas, la reducción del abastecimiento de agua potable y otros efectos provocan daños permanentes a la sociedad. En definitiva, el control de la erosión del suelo es un requisito básico para lograr una mayor efectividad en la producción agropecuaria y forestal. Si se continúa con el ritmo de destrucción actual de los suelos por erosión, se reducirán su productividad y fertilidad, lo que implica el uso de mayores cantidades de fertilizantes inorgánicos, herbicidas, plaguicidas y otras enmiendas.

Es claro que la erosión no se da sólo en un lugar específico, sino que es un proceso que afecta a áreas ubicadas en climas áridos, húmedos y templados. Sin embargo, la erosión y la consecuente reducción de la fertilidad del suelo alcanzan niveles extremos en las regiones tropicales, especialmente en los ecosistemas frágiles e inestables, en los cuales se dan mayores grados de deterioro si son expuestos a acciones extremadamente severas, como la deforestación, el sobrepastoreo y el sobreuso agropecuario. La función de la vegetación natural como mediadora entre el suelo y el resto del ambiente y la contribución del suelo como regulador en el balance de energía y agua son afectadas considerablemente, una vez que la misma vegetación sufre daños y se producen modificaciones físicas y químicas en las características originales del suelo.

La erosión por viento se manifiesta en suelos de regiones con estación seca. Así, los suelos arenosos de **Africa ecuatorial** y las tierras ligeras de la **sabana africana** están, en general, sujetos a erosión durante la estación seca, especialmente hacia su final, debido a los fuertes vientos. La erosión eólica, sin embargo, no se presenta solamente en las regiones secas, sino también en las regiones áridas y semiáridas, en las que la sequía natural y la escasa cobertura vegetal no permiten a las raíces ejercer una adecuada retención al suelo. La acción destructiva del viento también se manifiesta a veces, aunque con menor intensidad, en zonas moderada o permanentemente húmedas. En cualquier caso, el principal perjuicio provocado por la erosión eólica es la pérdida de fertilidad por la remoción de materia orgánica y nutrimentos que acompaña a la deflación del suelo (Ivontchik 1989).

La erosión por efecto del agua, en su forma más extrema, se presenta en lugares con elevados niveles de precipitación y especialmente donde prevalecen cultivos o actividades de producción en laderas en que no se aplican medidas de conservación de suelos. Incluso en las laderas con poco declive la erosión superficial o laminar puede acarrear todo el suelo. Toda la tierra fina (fracciones de arcilla, limo y arena) puede ser arrastrada mediante surcos y acanaladuras (erosión en surcos). La confluencia de arterias mayores de agua produce erosión por medio de zanjas más profundas y con más declive (erosión por cárcavas), las cuales pueden ramificarse, de tal manera que la superficie de la tierra queda completamente destruida e inservible para cualquier tipo de uso.

En las áreas tropicales la erosión laminar es la más común e incisiva, aunque la erosión en surcos y en cárcavas es más espectacular. Así pueden producirse pérdidas del suelo de 200 hasta 300 mg/ha/año (Lutz, Pagiola y Reiche 1994a) y, en casos extremos, de hasta 700 mg/ha/año (Derpsch *et al.* 1988).

En países africanos como **Burkina Faso** y **Etiopía** y en la región asiática del **Mar Aral**, la erosión del suelo ha aumentado tanto que amenaza la existencia del hombre en forma directa. Los efectos inducen a que la población migre a otros lugares, donde a su vez se contribuye a producir nuevamente una elevada densidad demográfica y un mayor uso sin control de los recursos naturales. La masiva cantidad de refugiados inducidos por los efectos del deterioro ambiental, incluida la devastación de los suelos, significan catástrofes cuya magnitud es hasta ahora subestimada.

En las regiones tropicales se han desarrollado diferentes sistemas de uso de la tierra, que se han adaptado a las condiciones ecológicas y geográficas y que han perdurado por siglos. En dichas regiones se ha detectado la presencia de una gran cantidad de sistemas de rotación de cultivos, en los que la protección contra la erosión es un componente integral (Richards 1985).

ASPECTOS GENERALES DE LOS SUELOS Y SUS PROBLEMAS EN PAISES EN VIAS DE DESARROLLO

Condiciones Marco

La intensidad de la erosión está determinada por varios factores; para las zonas geográficas tropicales y subtropicales se mencionan los siguientes:

- *Capacidad de las precipitaciones para provocar erosión del suelo.* En las regiones tropicales, la intensidad de las lluvias es mayor que en las zonas climáticas moderadas, hecho que constituye una causa principal de erosión.
- *Susceptibilidad de los suelos a la erosión.* Para los suelos tropicales no existen datos específicos y confiables que permitan inferir apropiadamente la magnitud del problema; sin embargo, los procesos de erosión de suelo transcurren mucho más rápido que en los climas moderados, debido principalmente a la intensidad de las lluvias, a las temperaturas elevadas y al tipo de cubierta vegetal prevaleciente.
- *Topografía de los terrenos.* Generalmente los suelos en laderas están más expuestos a la erosión.
- *Uso de la tierra.* El grado de cobertura con vegetación es relevante para la conservación de los suelos. A medida que existe más superficie cubierta con plantas o con bosques, hay mayor reducción de la energía cinética de las gotas de lluvia, cuyo impacto disminuye por la presencia de cobertura vegetal. La tala de bosques tropicales, la eliminación de cobertura vegetal y el consecuente uso inadecuado de la tierra constituyen factores que conducen a mayores grados de erosión de los suelos.

El acelerado crecimiento de la población, su densidad y su concentración en tierras frágiles conducen a una reducción de la relación tierra /hombre, producto de la cual aumenta la presión sobre el recurso suelo y disminuye la relación barbecho/cultivo, especialmente dentro de la agricultura migratoria. Además, y como consecuencia de lo anterior, se reduce el período que normalmente se asignaba para que las tierras quedaran en descanso.

A nivel individual, los derechos de propiedad de las tierras y del uso del suelo representan problemas de primer orden. Al campesino o usuario de tierras que no es propietario no le interesa conservar el suelo. Se requiere que el agricultor tenga la seguridad de que efectivamente podrá disfrutar de las ventajas socioeconómicas que generan las medidas de protección del suelo contra la erosión.

A continuación se resumen algunas diferencias regionales relacionadas con los aspectos anteriores:

- En Africa predomina normalmente la propiedad colectiva de la tierra. Por regla general, los agricultores tienen solamente derechos de uso, razón por la cual es difícil motivarlos para ejecutar medidas de protección de los recursos naturales de largo plazo.
- Por el contrario, en Asia usualmente predomina la propiedad individual sobre la tierra, hecho que estimula a los propietarios a estar mejor dispuestos para proteger el suelo con las medidas de conservación correspondientes. El uso de terrazas para la producción de arroz y hortalizas en Filipinas ilustra este aspecto.
- Por su parte, en América Latina predomina la propiedad individual de la tierra. Sin embargo, hay lugares donde aún prevalece el derecho y uso colectivos. Por ejemplo, en algunos lugares del Altiplano andino la actitud de los nativos se orienta principalmente al aprovechamiento momentáneo de los recursos naturales. Con estas condiciones se dificulta introducir medidas de largo plazo para la protección y uso de dichos recursos. Es importante destacar, sin embargo, que en algunas áreas de la misma región aún se mantiene la práctica tradicional de la civilización incaica de utilizar obras de conservación de suelos.

Hay lugares en que se dan conflictos entre agricultores y ganaderos y, en algunos casos, dichos conflictos tienen características inter-étnicas. También hay casos en que las relaciones simbióticas entre ambos grupos tienden a desaparecer o en que la relación se convierte en una competencia entre ellos. Esto dificulta la ejecución de medidas de conservación y protección de suelos. Se ha observado que estos conflictos ocurren con más frecuencia en América Latina y en Africa.

La estructura de las unidades productivas y su capacidad de operación frecuentemente impiden la implementación de medidas para proteger los suelos. Los latifundios, por ejemplo, aunque tienen mayor capacidad y recursos que las unidades de producción pequeñas para poner en práctica medidas de conservación de suelos, son los que menos las utilizan. Esto favorece una subutilización de la tierra. Por otra parte, la falta de otras alternativas de ingresos para la población rural de los países en vías de desarrollo induce a aumentar la presión sobre los recursos naturales y esto a su vez desestimula la introducción de medidas antierosivas.

En el proceso de la protección del suelo contra la erosión aún no se considera la dinámica de cambio en las condiciones del entorno socioeconómico, ni se argumenta sobre la comparación de su rentabilidad social y ambiental. Los éxitos del manejo sostenible de la tierra se dificultan, no sólo por los aspectos negativos, sino por la insuficiente consideración de ellos. Por el contrario, con una modificación positiva de las condiciones socioeconómicas, especialmente de los usuarios de la tierra, es posible mejorar la importancia relativa de la protección de los suelos.

Técnicas de Protección del Suelo contra la Erosión

El objetivo de proteger el suelo contra la erosión es reducirla a niveles que permitan un aprovechamiento económico sostenible de la tierra. Este objetivo puede alcanzarse con las siguientes técnicas:

Planificación del uso de la tierra desde la perspectiva ecológica

En este sentido, es necesario considerar como unidad de planificación una cuenca, subcuenca o microcuenca. De nada servirá realizar acciones aisladas a nivel de finca, si en el entorno hay vecinos que utilizan prácticas inadecuadas en el uso de la tierra. El proceso de planificación del uso de la tierra comprende desde la evaluación del sitio geográfico hasta una planificación regional. Para evaluar el sitio se debe realizar una descripción ecológica del territorio por medio de cartografía, recopilación de datos climáticos y estado de la vegetación, a fin de esclarecer el potencial de productividad.

Uso de técnicas adecuadas para reducir la erosión

Se han desarrollado numerosas prácticas para conservar y proteger los suelos. A continuación se presenta un resumen de ellas:

- Reforestación de las superficies taladas.
- Siembra de plantas, especialmente leguminosas, que tienen raíces profundas y capacidad para brindar una mayor cobertura y protección al suelo, inmediatamente después del desmonte de un terreno.
- Uso de cultivos mixtos o cultivos sucesivos.
- Utilización de las técnicas de cultivo en curvas de nivel.
- Construcción de zanjas para ayudar al proceso de infiltración.
- Empleo de abonos orgánicos y abonos verdes.
- Uso del *mulching* (mantener el suelo cubierto con material vegetal) como técnica para proteger el suelo.
- Mantenimiento de tierras en barbecho verde para mantener el suelo cubierto.
- Producción con sistemas agroforestales.
- Establecimiento de un sistema de labranza mínima o labranza cero.

Con el uso de las técnicas anteriores se procura que exista mayor cobertura del suelo, pero no sólo durante un año agrícola, sino en forma permanente. En los monocultivos hay mayores riesgos de erosión, especialmente en el caso de los cultivos cuyas plantas jóvenes tienen un crecimiento más lento (por ejemplo, maíz y leguminosas de grano). Se ha observado que cultivos anuales, como algunos cereales, tubérculos y leguminosas, generan efectos negativos sobre la estructura del suelo, debido a la frecuente labranza, que favorece la erosión.

Los cultivos perennes, como por ejemplo los árboles frutales, en la mayoría de los casos pueden contribuir a evitar la erosión, incluso después de haber completado la producción de frutos. Por una parte, la som-

bra permanente que brindan contribuye indirecta y positivamente sobre la estructura del suelo; por la otra, el mayor contenido de materia orgánica que se logra con los años tiene efectos estabilizadores sobre la estructura del suelo y aumenta su capacidad para almacenar agua. En este caso, ambos aspectos reducen el proceso de erosión.

Medidas mecánicas para la conservación del suelo

Las obras de conservación de suelos denominadas mecánicas tienen la ventaja, no sólo de conducir adecuadamente las aguas pluviales, sino también de proteger el suelo de la acción del viento. Entre estas medidas se mencionan las siguientes:

- Terrazas
- Diques de tierra
- Zanjas de infiltración
- Canales y vías de desagüe
- Obstrucción de la erosión por medio de zanjas
- Siembra de árboles y cercas vivas a lo largo de las curvas de nivel.

Estas técnicas no impiden la fase inicial de la erosión, puesto que es necesario alterar o destruir la estructura del suelo para su construcción. Además, las gotas de lluvia producen efectos negativos sobre el suelo alterado inicialmente. Aunque las obras mecánicas son medidas más permanentes, son también de costo elevado, y se justifican en las laderas con un alto porcentaje de pendiente, o cuando se desee proteger un poblado, una obra de infraestructura o un área de reserva situada aguas abajo. En estos casos es recomendable que antes de introducir obras mecánicas se trate de optimar el uso de obras no mecánicas.

Estrategias integradas para la protección contra la erosión

Los sistemas integrados mejoran todo el sistema de operación y del uso de la tierra, incluida la administración de las aguas. Además de procurar un efecto de conservación del suelo, mediante su utilización se

pretende lograr un mejoramiento sostenible de toda la unidad productiva, incluida la explotación ganadera. Estos sistemas son de gran importancia para la protección contra la erosión, en especial el enfoque integrado a nivel de microcuenca.

Rentabilidad de la Protección contra la Erosión

En el nivel nacional, Pearce y Atkinson (1992) estimaron el valor monetario de las pérdidas por erosión en varios países, expresado como porcentaje del producto interno bruto (PIB) convencional de cada país. Algunos de los resultados de los daños por erosión para países en vías de desarrollo fueron 3.1% en Burkina Faso, 1.2% en Costa Rica, 0.5% en Indonesia, 2.3% en Madagascar, 4.0% en Malawi, 6.0% en Mali, 1.0% en México y 3.4% en Nigeria. Estas cifras no son despreciables, aunque debe considerarse que, por ejemplo, si en Mali se implementan medidas que reducen la erosión a niveles insignificantes no quiere decir que el PIB vaya a incrementar en un 6 por ciento. Desde luego, el control de la erosión también tiene costos que van a reducir el PIB y es necesario cuantificar hasta dónde conviene evitar el perjuicio que causa. Sin embargo, Pearce y Atkinson (1992) sugieren que muchas de las medidas de conservación involucran la remoción de distorsiones a la economía (control de precios, subsidios, derechos sobre el recurso no definidos), por lo que en muchos casos el costo de la conservación será bajo.

También en niveles de análisis inferiores al nacional, la sola posibilidad de ejecución técnica de medidas de protección contra la erosión no justifica la aplicación de estas medidas. Es necesario que haya también una trascendencia económica (Hudson 1977). La medida de protección es adoptada sólo cuando su trascendencia económica es suficientemente atractiva a los agricultores.

Desde los años treinta, en Estados Unidos y en Australia se realizan investigaciones con énfasis en la cuantificación de las pérdidas de producción por erosión. Así, en un lugar de Estados Unidos se pudo comprobar una reducción en la productividad del suelo de un 4% en un lapso de 30 años (Crosson 1985).

Estudios de caso realizados en América Central y el Caribe (Lutz, Pagiola y Reiche 1994b) muestran datos interesantes sobre la pérdida de productividad, reflejada en muchos casos en rápidas disminuciones de

rendimiento. Por ejemplo, en las fuentes de agua de **Maissade, Haití**, se estimó que el rendimiento del maíz y el sorgo bajó hasta un 60% en un período de diez años. En la región de **Tatumbla, Honduras**, el rendimiento del maíz podría bajar hasta aproximadamente un 50% en diez años si no se aplican medidas de conservación. En otros casos se considera que la disminución del rendimiento sería menor. Se estimó, por ejemplo, que el rendimiento del cultivo de café en la región de **Barva, Costa Rica**, bajará más del 10% en diez años, aunque puede que esta cifra esté sobreestimada. En la región de **Tierra Blanca, también en Costa Rica**, la baja en el rendimiento del cultivo de papa causada por erosión podría ser fácilmente compensada por pequeños incrementos en el uso de fertilizantes; de hecho, la producción de papa ha tenido un crecimiento sostenido a pesar del alto porcentaje de erosión. Los efectos de la erosión sobre el rendimiento pueden variar significativamente entre los diferentes tipos de maíz, aún dentro de una misma área, según lo muestran los datos de **El Naranjal en República Dominicana**.

Mientras que para las regiones de clima templado existen más estudios sobre este tema (Stocking 1987), son muy pocas las determinaciones empíricas sobre las consecuencias económicas de la erosión en las regiones tropicales (Stocking 1984, Lal 1985, Seckler 1987). Sin embargo, el análisis cuantitativo de la dimensión y los factores determinantes individuales de la pérdida de productividad del suelo causan dificultades. El problema radica en la complejidad del sistema suelo. El crecimiento de las plantas está determinado por múltiples factores físicos y químicos del suelo. Apenas es posible aislar la influencia de la erosión, pues se trata de un sistema interdependiente con relaciones causales recíprocas. La erosión y el crecimiento de las plantas se condicionan mutuamente. Este tipo de procesos, retroalimentados en largos lapsos de tiempo y en un sistema multicausal, hacen muy difícil el análisis y conduce fácilmente a datos dudosos (Stocking 1987).

Con estos antecedentes es comprensible que una exclusiva medición de la remoción del suelo (t/ha/año) no significará una base suficiente para estimar en forma satisfactoria la pérdida de productividad: La misma cantidad de suelo erosionado que casi no tiene efecto negativo en un suelo derivado de *loess* profundo, puede producir graves pérdidas de productividad en un suelo *oxisol* del trópico húmedo (*ferralsol*) en condiciones planas.

Desde el punto de vista económico, las consecuencias de la erosión del suelo pueden ser consideradas como costos internos y externos. Los costos internos son aquellos que se refieren al mismo terreno erosionado.

Los costos externos, por su parte, son todos aquellos que se manifiestan fuera de las áreas erosionadas. Tanto la erosión hídrica como la eólica producen externalidades mayoritariamente negativas, tales como la deposición no deseada de materiales infértiles producto de un aumento de la erosión en campos vecinos (Tisdell 1991).

Según Lutz, Pagiola y Reiche (1994b), hasta ahora los esfuerzos para examinar los beneficios económicos de la conservación del suelo han sido escasos. En muchos casos, las cifras de pérdida de suelo son simplemente comparadas contra valores de pérdida de tolerancia del suelo (valores T). En teoría estos valores T pretenden dar el grado máximo de erosión de suelo que permita mantener económica e indefinidamente un alto nivel de productividad de los cultivos (Wischmeier y Smith 1978). En la práctica estos valores se colocan en niveles que se aproximan a lo que se cree es el grado de regeneración del suelo, y prácticamente no tienen contenido económico. A pesar de que la magnitud de los costos y beneficios resultantes de la conservación afectan claramente la ejecución óptima de la conservación, los valores T generalmente son tratados como constantes. Más aún, estos valores no constituyen un método efectivo de cálculo de costos para alcanzar éste o cualquier otro objetivo.

Una aproximación común consiste en calcular el monto de pérdida de nutrientes del suelo como resultado de la erosión, de manera que estas pérdidas son frecuentemente valoradas estimando el costo de reemplazarlas (para ello típicamente se usan los precios de los fertilizantes). Repetto y Cruz (1991), por ejemplo, adoptaron este procedimiento para valorar la pérdida de suelo en Costa Rica. A pesar de que esta aproximación puede proveer un índice de daño del suelo, tiene debilidades. Primero, el impacto de pérdida de una cierta cantidad de nutrientes en la fertilidad y la productividad varía entre los diferentes suelos y cultivos; la productividad de un suelo fértil puede ser muy poco afectada por la pérdida de nutrientes, mientras que la de un suelo menos fértil puede ser dramáticamente afectada. Segundo, esta aproximación no provee una forma de calcular los costos y beneficios resultantes de prácticas correctivas.

Del otro lado del espectro, existen varias aplicaciones de técnicas dinámicas de optimación para problemas de conservación de suelos, tal como la teoría de control óptimo (Burt 1981, McConnell 1983, LaFrance 1990, Pagiola 1993). Sin embargo, a pesar de que tales técnicas han llevado a numerosas respuestas en cuanto al uso óptimo del suelo, éstas se han aplicado en su mayoría únicamente en lineamientos abstractos. De

hecho, en muchos casos no se utilizan datos numéricos para ilustrar los resultados, por lo que se queda en un nivel netamente teórico. Asimismo, estos resultados son a menudo ambiguos, a menos que se hagan suposiciones específicas sobre las propiedades de los sistemas biofísicos. Por lo tanto, no pueden ser aplicados directamente.

Las técnicas de análisis costo-beneficio ofrecen una aproximación útil, simple y relativamente fácil de analizar problemas de conservación de suelos. El método se adapta particularmente bien al análisis aplicado de situaciones específicas. El análisis costo-beneficio se desarrolló originalmente como una herramienta para examinar los beneficios económicos de los proyectos involucrados en el aprovechamiento del recurso agua. A pesar de que dejó de aplicarse durante un tiempo a los temas de recursos naturales, ha llegado a tener nuevamente un amplio uso para este propósito (Krutilla y Fischer 1975, Hufschmidt *et al.* 1983). Las variantes de este método se han utilizado para examinar varios casos de conservación, por ejemplo, en la República Dominicana (Veloz *et al.* 1985), en Mali (Bishop y Allen 1989) y en varias localidades de Kenya (Hedfors 1981, Holmberg 1985, Lindgren 1988, Pagiola 1992). Un desafío para la aplicación práctica del análisis costo-beneficio de los daños producidos por la erosión es la consideración de las externalidades.

Un caso destacable en América Latina es el del cultivo de maíz en laderas del Litoral Atlántico en Honduras, donde el sistema de abonera fue adoptado espontáneamente por más del 70% de los agricultores propietarios de tierra. Esto es consistente con el resultado de una variante del análisis beneficio-costos, en la que se expande el análisis de presupuesto parcial y el análisis incremental (CIMMYT 1987) de uno a varios períodos, con el objeto de tener en cuenta los efectos a través del tiempo: El sistema de abonera resulta más rentable que el sistema tradicional a partir del segundo año en adelante (Sain, Ponce y Borbón 1993).

Estrategias de Protección contra la Erosión

Durante la época colonial, la posibilidad de movilizar formas tradicionales de autoayuda y la intensificación del sentido de responsabilidad de la población para un manejo protector de sus recursos naturales sufrió un gran golpe, porque las administraciones de las colonias realizaron muchas actividades de interés colectivo en forma de trabajos forzados o bien con recursos humanos reclutados por la fuerza. Por este motivo, la

actitud de la población rural se vio afectada en forma permanente para emprender tareas en común. Sin embargo, a nivel regional existen marcadas diferencias.

Así, por ejemplo, la concepción de una conducción autoritaria en la difusión y la imposición de la lucha contra la erosión en **Ruanda** fue posible mientras el sistema estatal de gobierno fue eficiente y aceptado a nivel general. Desde que se introdujo el sistema multipartidario y el poder estatal disminuyó, las curvas de nivel establecidas para la lucha contra la erosión se han ido rompiendo a una velocidad asombrosa.

En **Machakos, Kenia**, existen sistemas tradicionales de ayuda recíproca, junto con organizaciones de autoayuda establecidas y promovidas por el Estado. Con el apoyo de medidas adecuadas de asesoría y adiestramiento, estos grupos pueden ser capacitados para realizar labores de protección contra la erosión, en forma responsable e independiente del servicio estatal de extensión (Zöbisch 1986).

En **Corea del Sur**, con un gobierno autoritario, se logró combatir la erosión con la ayuda de campañas de reforestación en grandes extensiones. En América Latina, por tratarse de una cultura diferente, este tipo de medidas no son fácilmente realizables. El caso de **Guaymango en El Salvador** es posiblemente una excepción, en la que se utilizaron fuertes incentivos y desincentivos institucionales junto con los económicos (Calderón *et al.* 1991): Los componentes de conservación de suelos fueron ligados a los componentes de aumento de productividad de tal forma que el agricultor no podía separarlos (Sain y Barreto 1996).

Los proyectos de desarrollo en el área rural, en los cuales los campesinos son remunerados por su participación (con **dinero o en especie**) imposibilitan un comportamiento responsable. A menudo se oyen quejas sobre la escasa iniciativa por parte de los campesinos. Esto es válido especialmente para implementar medidas de protección contra la erosión que implican movimientos de tierra mecanizados. En estos casos, la motivación de los campesinos para desarrollar actividades es la remuneración prometida y no la medida en sí misma ni el beneficio que se pueda derivar de ella.

Cuando se dan incentivos para la adopción de prácticas que conservan efectivamente el recurso, pero que no incrementan la productividad del sistema en el mediano o largo plazo, la adopción lograda no es per-

durable y se puede revertir. Por ejemplo, en **Filipinas** se observó un desuso de prácticas de control de erosión (cercas vivas) cuando terminó el período de incentivos, porque no se satisfacían los requisitos de productividad que tenían los agricultores (Fujisaka y Cenas 1993).

El concepto de *alimento por trabajo*, muy difundido en **Nigeria**, tiene solamente sentido para aquellas medidas que no producen beneficios para los habitantes a corto plazo, como es el caso de la reforestación o la plantación de grandes extensiones con cercas vivas de protección contra el viento. En **Angola** se está comenzando a desarrollar el concepto de *alimento por entrenamiento*, para involucrar a los individuos de las comunidades en la reintegración de soldados desmovilizados en actividades agropecuarias que respetan los principios del desarrollo sostenible. Así, los líderes de las comunidades tienen la oportunidad de recibir alimentos a cambio de la capacitación que brindan a los recién llegados después de muchos años de guerra.

Existe una intensa actividad de las organizaciones privadas y públicas en la implementación de proyectos de conservación de suelos en los países en desarrollo. El caso de **Honduras** ilustra cómo estos proyectos manejan el uso de incentivos para inducir la adopción de las prácticas recomendadas: Un estudio realizado por el PASOLAC y el P-ONG, con 21 instituciones que trabajan en el tema, encontró que los proyectos ya no utilizan el pago de mano de obra ni el alimento por trabajo, debido a varias razones, tales como un uso más racional de los fondos, la búsqueda de un desarrollo más autosostenido y la promoción de prácticas que necesitan menos mano de obra. El incentivo directo que utilizan todos los proyectos es la entrega de material vegetativo, lo que se justifica por la falta de disponibilidad que enfrentan los campesinos. Un incentivo indirecto utilizado por casi todos los proyectos es una mejora de la nutrición humana en torno a huertos familiares. Una gran variedad de otros incentivos, tanto directos como indirectos, es utilizada por los mismos proyectos con una frecuencia muy inferior (Zutter y Bustamante 1995).

El criterio de uso de incentivos debe ser objeto de análisis en cada situación particular. En todo caso, se estima que los incentivos de asistencia técnica, seguridad de tenencia de la tierra, educación, capacitación y organización de la comunidad son fundamentales, siendo necesario su uso para la toma de casi cualquier medida (de Camino 1988). En América Latina, por ejemplo, un hacendado podría soportar bajo determinadas circunstancias la ejecución de medidas de protección costosas y laborio-

sas, lo que generalmente no será posible para una unidad productiva de subsistencia en ninguna región del mundo.

No existen conceptos estratégicos aislados en el marco de la protección del suelo contra la erosión. El desafío es diseñar políticas e incentivos para grupos de agricultores que enfrentan circunstancias agroecológicas y socioeconómicas específicas y bien definidas (Lingard 1994).

Grupos Meta de la Protección contra la Erosión

La sola consideración del conjunto de problemas de la erosión y la protección del suelo en relación con el mantenimiento de los recursos naturales y el ambiente no conducirá a soluciones viables. El **componente humano y social** debe ser el eje central de estas consideraciones.

Los **grupos meta** de la protección contra la erosión son:

- Grupos directos, tales como agricultores (pequeños y grandes), horticultores y otros usuarios de la tierra en zonas rurales.
- Grupos indirectos, tales como contrapartes, extensionistas, organizaciones no gubernamentales y todas aquellas personas que se benefician con la protección de los recursos.
- Representantes de organizaciones de desarrollo.
- Todos los grupos de habitantes que son afectados por las externalidades negativas de la erosión.

Las **mujeres** deben ser consideradas como un grupo meta especial por su condición de catalizadoras y realizadoras principales de medidas de protección contra la erosión. Por lo tanto, requieren un estímulo propio concebido sobre las condiciones reales.

Hacer una referencia unilateral a grupos de **pequeños agricultores** no es realista, porque el fenómeno de la erosión no se circunscribe a parcelas pequeñas. La planificación debe hacerse en grandes unidades, tales como cuencas, subcuencas y microcuencas, tomando en cuenta el manejo de toda la unidad. Por el contrario, las medidas protectoras contra la erosión a menudo pueden o deben ser ejecutadas en pequeñas unidades y adaptadas a un sitio geográfico específico.

En este contexto, el concepto de cuenca, subcuenca o microcuenca, como unidad de planificación, es muy importante. El conocimiento del ambiente físico y socioeconómico de la cuenca y el análisis de la situación, sus antecedentes y consecuencias permiten fijar objetivos operacionales y establecer una estrategia global para el proyecto y elementos tácticos iniciales que se irán corrigiendo con la evolución del manejo de la cuenca (de Camino 1988).

El plan de manejo de una cuenca debe considerarse como un proyecto de desarrollo. Por lo tanto, su estrategia debe orientarse más hacia aspectos tales como la movilidad social o la distribución del ingreso que hacia aspectos técnicos que deben derivarse de la estrategia. En un plan de manejo de una cuenca es necesario definir los elementos estratégicos; las alternativas técnicas son los elementos tácticos que deben enmarcarse dentro de esa estrategia. Así, los elementos estratégicos y tácticos ayudarán de manera decisiva a tener un diseño eficiente de cualquier proyecto.

Un caso frecuente de trabajo con cuencas en países de América Latina ha sido la dispersión de los escasos recursos de operación en todo el territorio nacional; anualmente se construyen algunos diques y defensas en algunos puntos críticos de las microcuencas torrenciales y ocasionalmente se reforestan unas pocas hectáreas, dispersas en muchas cuencas. El resultado evidente de esta forma de acción ha sido invariablemente la pérdida de las inversiones en el cauce y la imposibilidad de que las débiles entidades de manejo de los recursos naturales puedan dar mantenimiento a tanta acción dispersa.

En el mismo contexto anterior, ha existido el enfoque a gran escala, pero con orientación sectorial, en que, por ejemplo, hay un plan agrícola, un plan de producción forestal y un plan de producción ganadera, todos ellos no integrados ni relacionados a través de un objetivo de sostenibilidad de todo el sistema a largo plazo. También el manejo de cuencas se ha encarado con planes concretos y específicos a nivel de cuencas completas. En general se ha dado mayor énfasis a los componentes de producción directa orientada a los mercados externos a la cuenca misma, tales como la producción de alimentos para las ciudades, la producción de energía hidroeléctrica y la producción de madera para los mercados nacionales. En la mayoría de estas situaciones los objetivos sociales no han sido suficientemente considerados, o han tenido un enfoque inadecuado y escasa prioridad.

experiencias en protección de suelos

En general, los enfoques económicos nacionales y regionales han sido los predominantes, pero los resultados no han sido satisfactorios. La orientación a pequeñas cuencas se debe ejercer por lo general en cuencas prioritarias, pero concentrada en las subcuencas, microcuencas o partes de ellas que presentan mayores problemas, es decir mayores costos sociales derivados de la forma actual de manejo.

EXPERIENCIAS, POSIBILIDADES Y LIMITACIONES

Experiencias

Las instituciones internacionales y donantes establecidas con objetivos relacionados con la protección de los recursos en general y con especial énfasis en el control de erosión del suelo son el Banco Mundial, el BID, la FAO, la IBSRAM, la OCDE, el PNUMA y la UNESCO. Todas estas instituciones conceden la mayor importancia, en sus respectivos principios y estrategias, a las dimensiones socioeconómicas y políticas de este problema.

En el pasado, la FAO puso en sus programas una importancia creciente en los aspectos ambientales y ha ejecutado proyectos en el campo de la protección del suelo y del agua. De los pocos trabajos que se han realizado en las estaciones experimentales agrícolas, en primer lugar se deben mencionar los realizados en el IITA en Nigeria: Se desarrollaron e investigaron métodos de labranza mínima y de cultivos en callejones. Además, se pueden mencionar ensayos realizados para una mejor labranza de la tierra en el ICRISAT y el ILCA, así como el cultivo en laderas divulgado por el CIAT.

En 1991, el Comité Técnico Asesor (TAC) del GCIAI divulgó, entre otros, un nuevo concepto sobre el manejo integrado del suelo y del agua; estos aspectos fueron descuidados en el pasado. Para esta acción se definieron estrategias específicas.

La WASWC constituye una red para todos los científicos en el área de la conservación del suelo y del agua. La IBSRAM coordina en África y Asia las redes para la cooperación con centros nacionales de investigación, las cuales se ocupan específicamente del uso sostenible de los suelos vertisoles y ácidos en zonas tropicales. En el campo de la cooperación técnica, se han implementado proyectos para la protección de los recursos por parte de Suecia (ASDI), Estados Unidos (USAID) y Holanda. La cooperación suiza (COSUDE e INTERCOOPERATION) tiene una fuerte presencia en Nicaragua y otros países latinoamericanos, con especial atención a temas de conservación de suelos.

En los últimos 20 a 30 años, los donantes arriba mencionados han intentado hacerle frente al problema de la erosión en el trópico y subtró-

pico con un considerable **aporte financiero** para la protección del suelo. Las actividades prioritarias consistieron en construcciones y limitaciones en el uso de la tierra. En la actualidad se recomiendan formas alternativas de uso de la tierra para solucionar el problema de degradación del suelo en el trópico y subtrópico. Los éxitos alcanzados hasta ahora con estas medidas son extremadamente modestos y a menudo no tienen relación con el aporte realizado.

Un **análisis de los proyectos** existentes en el **sub-Sahara** para la protección de los recursos suelo y agua revela, en la mayoría de estos proyectos, las siguientes características: Están instalados a **gran escala**, utilizan métodos complejos para la conservación del agua y el suelo, no permiten la participación de la población local o sólo en pequeña escala, establecen excesiva ayuda en alimentación como estímulo para el trabajo, planifican de arriba hacia abajo y ven solamente los beneficios de los proyectos a corto plazo (Reij 1986).

Recientemente, expertos en el campo de la **protección de los recursos naturales** han comenzado a examinar los éxitos y fracasos de este tipo de proyectos; pareciera que poco a poco se va modificando la conciencia en este sentido. Por ejemplo, para un círculo de expertos está claro que los proyectos para la protección de los recursos naturales también se pueden ejecutar en pequeña escala y que se debe dar mayor participación a la población local en estas actividades (GTZ 1988, Sain 1995, Sain y Barreto 1996).

En el trabajo de la GTZ han ganado importancia, en forma ininterrumpida, las medidas para la conservación del suelo y el agua. En 1988, 36 de un total de 333 proyectos realizados en el sector agrícola, desarrollo rural y salud, aproximadamente un 10%, tuvieron este componente. Comparativamente, en 1976 fueron sólo diez de 167 proyectos, o sea el 6%. Este porcentaje ha aumentado porque muchos proyectos se dedican hoy en forma parcial, o inclusive prioritariamente, a la protección de los recursos de suelo y agua.

Numerosas organizaciones no estatales promueven proyectos con un componente de protección del suelo. Se destacan en este aspecto la Granja Loma Linda en **Honduras**, CARE y el Programa Campesino a Campesino en **Nicaragua**, la Fundación Neotrópica en **Costa Rica**, Natura en **Panamá**, y otras. En muchos proyectos no estatales se ha puesto énfasis en un aspecto básico: lograr que la población rural tome conciencia de los

problemas y las causas de la destrucción de los recursos y brindar capacitación en métodos para su protección. En muchos casos, se ha desistido de la promoción material o financiera.

En los últimos años se ha podido observar un acercamiento creciente entre los proyectos no estatales y los de cooperación técnica. Esto también se evidencia en el incremento de la cooperación.

La República Federal de Alemania, conmocionada por los acontecimientos ocurridos en los años setentas en Sahel, comenzó a incrementar la promoción del desarrollo rural en las zonas de sequía de Africa, con prioridad en las regiones de Sahel en Africa Occidental (GTZ 1988). La principal prioridad ha sido mantener y desarrollar el sistema productivo de cultivo en regiones tropicales en forma sostenida y compatible con el ambiente. En este gran contexto, la protección contra la erosión es evidentemente un componente integral.

Así, por ejemplo, en Burkina Faso acaba de cumplir sus primeros tres años (fase de orientación) el proyecto Manejo Protector de los Recursos en la Meseta Central (PATECORE), previsto para ser ejecutado durante un lapso de diez años. Las medidas para la conservación del suelo y del agua de este proyecto condujeron en el corto plazo a un aumento promedio del rendimiento de aproximadamente un 40%. Con el mejoramiento de la capacidad de almacenamiento de agua del suelo es posible obtener cosechas, aun con pocas precipitaciones o con periodos más largos sin lluvia. La estabilización de la producción que se logró con este proyecto produjo también una equiparable estabilización de la situación social (menor migración, mayor confianza de los agricultores en sí mismos). Los resultados de este proyecto pudieron ser tan exitosos porque, por un lado, las soluciones propuestas fueron simples, ejecutables y adecuadas; por otro lado, en los años anteriores al inicio del proyecto aumentó sensiblemente la actitud de la población rural hacia la modificación del comportamiento tradicional y la aceptación de nuevas técnicas de aprovechamiento de la tierra.

A través de las experiencias obtenidas en un proyecto en Paraná, Brasil (Derpsch *et al.* 1988) quedó confirmado que la cobertura del suelo con vegetación o con restos de plantas es el factor esencial contra el proceso de erosión en una región, posibilitando de esta manera una drástica reducción de los daños. Esto significa que para lograr una protección efectiva contra la erosión se debe proteger el suelo con tantas plantas en

crecimiento o con restos de ellas y por tanto tiempo como sea posible; se deben evitar, asimismo, períodos de barbecho con suelo descubierto y hay que reducir al mínimo posible la labranza. Si se puede evitar la labranza totalmente (labranza cero), lo cual se logra con siembra directa, se eliminaría prácticamente las pérdidas de suelo. La labranza cero es el único método de cultivo que permite mantener el suelo cubierto todo el año con plantas en crecimiento y con restos de plantas.

Zöbisch (1986) pudo comprobar en sus investigaciones en el distrito de Machakos, Kenia, que debido a la disminución del área cultivable causada por el crecimiento de la población, se registró una intensificación del aprovechamiento de los terrenos cultivables y un aumento de las medidas conservacionistas del suelo. Sin embargo, en los campos de pastoreo, donde debido a la poca rentabilidad de la ganadería los terrenos son utilizados en forma sumamente extensiva, no se tomaron medidas de protección del suelo. En Java también se realizaron observaciones similares con respecto a la intensidad de la explotación económica (Wolff 1989).

Posibilidades y Limitaciones

En la mayoría de los países existen leyes creadas para el fomento e imposición de medidas de protección contra la erosión, las cuales, sin embargo, han contribuido muy poco a la solución de los problemas de la erosión, ya que por lo general no se han respetado.

Para poder efectuar inversiones en el sector agrícola, las **condiciones de propiedad de la tierra** tienen que ser claras, pues tienen una gran influencia sobre la relación del agricultor con el suelo. Así, la propiedad o derecho de uso permanente estimula el cuidado del suelo, mientras que contratos de arrendamiento a corto plazo y parcelación tienen un efecto contrario.

Muchos proyectos de protección contra la erosión tienen que luchar permanentemente con el mismo problema: la **falta de aceptación** de las medidas recomendadas para protección del suelo. Incluso una medida de protección que ha demostrado la mayor efectividad y eficiencia en las investigaciones es inútil, si no es aceptada por la mayoría del grupo meta. Por lo tanto, antes de la elaboración técnica de medidas de conservación de suelos, es imprescindible que se verifiquen y tomen en cuenta factores naturales, sociales, económicos, culturales, institucionales y políticos, los cuales influyen en la aceptación de las medidas mencionadas.

En la racionalidad de los **campesinos**, la erosión juega un papel subordinado; así, por ejemplo, agricultores de **Lesoto** se refieren a los surcos y franjas de protección en sus campos como si fueran *reductores de tierra*. Es decir, la disponibilidad de tierra es considerada prioritaria, pero no se aprecia cómo la erosión afecta negativamente esa disponibilidad de tierra y su productividad.

En el caso de los **pequeños agricultores**, el marco para tomar sus decisiones operativas es muy estrecho. Por eso, raramente se presenta la posibilidad de tomar decisiones para una ejecución a futuro y de realizar inversiones para la protección del suelo, lo que sería aprovechado por la siguiente generación. En consecuencia, las unidades productivas pequeñas muy pocas veces están en condiciones de aceptar medidas de protección del suelo que no produzcan inmediatamente un mayor ingreso (Wolff 1989).

Por lo tanto, una protección del suelo efectiva y sostenible es solamente posible si se logran desarrollar procedimientos de aprovechamiento de la tierra que también produzcan ventajas económicas a corto plazo y, al mismo tiempo, garanticen una óptima protección del suelo (Lutz, Pagiola y Reiche 1994b). Por esta razón, el **problema de liquidez** deberá ser considerado el factor más importante en la introducción de métodos de producción que permitan el mantenimiento del suelo. Así, en las regiones III y IV de **Nicaragua**, la cooperación finlandesa logró la adopción de varios sistemas agroforestales de costo relativamente bajo, mientras que la labranza conservacionista tuvo resultados dudosos cuando su adopción dependió de la compra o el alquiler de maquinaria relativamente costosa. Otros factores decisivos son las necesidades de inversión, el requerimiento de mayor trabajo y la producción mínima real o esperada inmediatamente después de realizado el cambio. Estos son los factores principales, especialmente en unidades productivas pequeñas, que hacen muy difícil que estos cambios sean realizados en forma independiente.

La puesta en práctica de medidas de protección del suelo en fincas agrícolas está **limitada** por los siguientes factores, entre otros:

- Leyes agrarias tradicionales que ya no corresponden a las nuevas condiciones de escasez de tierra.

experiencias en protección de suelos

- Falta de capital y altas tasas de interés en los países en vías de desarrollo, así como una larga e improductiva fase de desarrollo o una lenta fase de recuperación.
- Grandes requerimientos de mano de obra de los métodos tradicionales para ejecutar medidas de protección, lo que será rentable sólo en zonas de gran densidad de población y, consecuentemente, con gran intensidad en la ejecución de los trabajos y bajos costos de mano de obra.
- Gran distorsión hacia abajo de los precios de productos a nivel de finca, los que hacen aparentar la existencia de condiciones de producción extensiva y reducen la rentabilidad de la tierra.
- Conceptos de extensión agrícola elaborados con miras a mayores cosechas y maximización de las ganancias, mientras que los agricultores se esfuerzan por optimar su relación costo-beneficio y minimizar los riesgos.

De esto se desprende con toda claridad que las medidas de protección contra la erosión producirán los éxitos deseados sólo si las **condiciones marco** permiten un aprovechamiento de la tierra apto para la región y con características de conservación del suelo. Por lo tanto, la protección contra la erosión es una tarea especial de las políticas de desarrollo. Los responsables de tomar las decisiones en los países industriales y en los países menos desarrollados están obligados a modificar **las condiciones económicas mundiales** y **las condiciones marco específicas** para la protección del suelo, de tal manera que se puedan aprovechar las potencialidades existentes.

RECOMENDACIONES PARA LA COOPERACION

Recomendaciones Específicas para Determinados Proyectos

Los programas de protección del suelo solamente pueden ser efectivos si son ejecutados desde su base. La experiencia demuestra que aquellos programas que son ejecutados *desde arriba* no tendrán éxito, aún cuando sean técnicamente correctos.

Para aumentar la aceptación de las medidas de protección contra la erosión, éstas deberían ser puestas a consideración de la población rural para su selección. De esta manera, los agricultores tendrían la posibilidad de aplicar componentes individuales que se adapten a su sistema de producción, sin asumir los riesgos que implica el cambio a un nuevo sistema. En algunos medios en América Central esto se conoce como una **canasta tecnológica**, en el sentido de que los agricultores pueden ir escogiendo las tecnologías de la canasta en forma paulatina.

Asimismo, en el caso de la utilización del sistema del *mulching* y abono verde, el **eje de las recomendaciones** debería ser puesto en la posibilidad de aumentar la cosecha, aunque en una primera etapa no se mencione la problemática de la erosión y se consideren las medidas de protección como un factor secundario.

Dado que frecuentemente una gran parte del trabajo agrícola recae en las **mujeres y los niños**, ambos grupos de sujetos deberán tenerse en cuenta en las recomendaciones de técnicas de protección contra la erosión del suelo. De esa manera, las posibilidades de una **sostenibilidad ecológica** serán mayores; si además de esto se estimula, por ejemplo, el método de siembra directa de árboles por su bajo costo, es posible esperar en esta área también una sostenibilidad económica y orientada a los grupos meta.

Los éxitos obtenidos hasta ahora con **reforestaciones extensivas** son limitados, con algunas excepciones. La ejecución de medidas de reforestación en gran escala muchas veces supera la posibilidad real de los grupos meta y está expuesta a grandes riesgos, debidos a sequías, ataques de plagas, incendios y depredación por animales. Por esta razón, es preferible desarrollar acciones individuales y comunales mediante las cuales se aproveche el **potencial de autoayuda** de los grupos meta. Este tipo de

experiencias en protección de suelos

acciones implica, al mismo tiempo, un retroceso relativo en el uso de especies exóticas de árboles como eucaliptos y una concentración en los llamados árboles multi-propósito, que tienen un efecto positivo sobre el control de la erosión y al mismo tiempo suministran frutas, leña, forraje y material de construcción.

No existen hasta el presente estándares aplicables en forma general para la **cuantificación de los efectos** de la protección contra la erosión. Para poder realizar un análisis y valoración de los efectos sobre la naturaleza, el ambiente y los usuarios del suelo, primero debería ejecutarse un proyecto especial que investigue no sólo los aspectos técnicos del lugar específico, sino también los aspectos socioeconómicos. Tanto la población como las contrapartes nacionales deberían estar involucradas en ese proyecto desde el principio y en la forma más amplia posible.

Se deberán desarrollar **indicadores** cuantificables para la relación costo-beneficio de las medidas recomendadas, con miras a un sistema de monitoreo que documente la información obtenida.

A continuación se detallan los requisitos y criterios necesarios para una objetiva protección contra la erosión:

- Planificación del uso de la tierra a nivel regional o nacional, según la capacidad ecológica y con un criterio macroeconómico, tiene por lo general poco sentido, ya que las condiciones básicas no permiten su puesta en práctica. Se debe hacer hincapié en la planificación a nivel de cuenca, subcuenca o microcuenca, con principios de desarrollo aptos para el lugar y aplicables en la práctica en unidades productivas privadas (fincas).
- Desarrollo de estrategias específicas e integradas para el lugar.
- Estimación realista de la situación y planificación del programa/proyecto, la cual debe tener en cuenta las acciones de otros donantes.
- Clasificación del potencial del peligro de erosión por medio de un mapa jerarquizado de prioridades, la dedicación objetiva a la protección contra la erosión en los lugares donde sea urgentemente necesario, y la selección de microcuencas prioritarias.
- Impulso de la protección biológica contra la erosión con ayuda de árboles, arbustos y plantas con sistemas agroforestales y silvopastoriles.

- Motivación de los grupos meta, caso por caso, por medio de subsidios o incentivos, en lugar de usarlos como una regla de aplicación general.
- Creación de fuentes de ingreso alternativo a nivel regional, que sean externas a la actividad agrícola.

Recomendaciones Específicas para el Sector

El fin primordial de la protección contra la erosión es aumentar y asegurar la sostenibilidad de la **capacidad ecológico-humana** en determinadas zonas agrícolas. Según los grupos meta específicos en cada caso individual y nivel de planificación (hogar, familia numerosa, pueblo, cooperativa), se dará prioridad a ciertos criterios específicos y otros serán relegados a segundo plano. En forma general, cinco son los objetivos de un uso adecuado de la tierra:

- Aumentar y mejorar la producción de alimentos.
- Mejorar el suministro de energía con recursos propios, en especial con leña producida en la finca.
- Reproducir y generar diferentes materias primas y herramientas para uso propio y venta; a este rubro corresponden los componentes forestales (maderas, fibras, tinturas, materias curtientes, resinas y ceras) y las medicinas para seres humanos y animales.
- Proteger y mejorar el ambiente, especialmente el suelo, el agua, la flora y la fauna.
- Promocionar el desarrollo socioeconómico sin perjuicio de los valores culturales.

Estos objetivos corresponden al sistema agrícola de un lugar específico. Una agricultura apta para un lugar busca alcanzar una productividad más alta y sostenible en condiciones de pocos insumos externos en el lugar en cuestión y, al mismo tiempo, mantener o recuperar un ecosistema equilibrado.

experiencias en protección de suelos

Los principales elementos para adecuar un sistema de producción agrícola a un lugar específico son los siguientes:

- Conformación de la vegetación (incorporación de árboles y arbustos en las parcelas de cultivo, colocación de franjas de protección contra la erosión en las laderas, división de la unidad productiva en numerosos predios pequeños por medio de cercas, conservación de las áreas forestales existentes, reforestación de los suelos erosionados).
- Sistema de cultivo mixto combinado con tierras en barbecho en forma intensiva.
- Aplicación de sustancias orgánicas como abono.
- Uso de fertilizantes inorgánicos como último paso.
- Explotación ganadera integrada.
- Mejoramiento de la mecanización.
- Manejo integrado de plagas.

La **capacitación y especialización del personal** involucrado en la protección de los recursos es un eslabón frágil en la cadena de la cooperación para el desarrollo. Comenzando con el asesor del proyecto y terminando con el personal técnico de campo, existe un déficit en el conocimiento sobre la erosión del suelo. En todos los niveles deben realizarse simultáneamente esfuerzos para fortalecer este tema.

Solamente es posible lograr una protección del suelo efectiva y sostenible, si se desarrollan procedimientos de uso del suelo que produzcan **ventajas económicas** a corto plazo para los pequeños agricultores y que aseguren, a la vez, una protección óptima del suelo.

Especialmente en los casos en que se hizo contacto con personas o grupos que tienen posibilidades de obtener ganancias a corto plazo (ganadería lechera, aves de corral, cultivo de frutales y hortalizas), se logró una rápida aceptación y **adopción de componentes del proyecto**. Estas acciones son más difíciles de ejecutar en los grupos con comportamientos tradicionales, como en las áreas de pastoreo y ganadería.

En este contexto, se debe otorgar una atención destacada a las mujeres. Tanto en la esfera doméstica como en el marco del trabajo agrícola y de la producción, tienen una influencia decisiva sobre el consumo de agua y combustible, así como sobre los prácticas de labranza del suelo.

Ambitos de Acción

Las siguientes regiones ecológicas (**grupos de sistemas ecológicos**) son las más afectadas del mundo menos desarrollado:

- Trópico húmedo.
- Regiones áridas y semiáridas.
- Zonas montañosas en el trópico y sub-trópico.

En estas regiones ecológicas existen condiciones extremadamente diferenciadas, por lo que requieren una respuesta igualmente diferenciada.

En las regiones más problemáticas de Africa y Asia se puede observar la coincidencia de una crítica situación ecológica y económica, pero también es posible notar este tipo de situaciones en América Latina, especialmente en el Altiplano andino.

Las regiones áridas, semiáridas, montañosas y tropicales húmedas de Africa, Asia y América Latina más amenazadas o afectadas por la destrucción de los recursos naturales son las siguientes:

- La región montañosa del Africa oriental.
- La región de los Himalayas.
- El bosque lluvioso en el Africa occidental.
- El bosque lluvioso en el Asia suroriental.
- La zona del Sahel.
- El Altiplano andino.
- La zona seca en el Noreste brasileño.

experiencias en protección de suelos

Las **zonas marginales**, o sea aquellas regiones que se encuentran en los límites de los terrenos sujetos a explotación agrícola, como por ejemplo la zona del Sahel, el altiplano degradado en los Himalayas y el Altiplano andino, son las más afectadas. En ellas el suelo significa el recurso más importante de la población rural y, por lo tanto, es especialmente necesario protegerlo.

Los siguientes ámbitos de **apoyo y acción** son de esencial importancia en la cooperación para el desarrollo, a fin de lograr la estabilización preventiva y curativa de los recursos:

- Apoyo a los esfuerzos nacionales e internacionales para limitar el crecimiento exponencial de la población.
- Cooperación para clasificar el potencial agrícola sobre la base de planes de aprovechamiento duraderos; esto debe estar orientado con criterios de sostenibilidad que se deben seguir desarrollando, como por ejemplo las llamadas capacidades de apoyo popular.
- Apoyo en la planificación y concepción de programas de reforma agraria, para lograr el descongestionamiento de áreas sobreexplotadas.
- Asistencia en el desarrollo de formas de cultivo adaptadas a una zona determinada, así como de sistemas de uso de la tierra y su aplicación amplia con la ayuda de instrumentos como políticas agrarias de precios, asesorías y promoción de innovaciones.
- Colaboración técnica y financiera para volver a cultivar superficies erosionadas, así como para lograr mejoras agrícolas, sobre la base de **ayuda para la auto-ayuda** de programas comunales y nacionales de protección de los recursos.
- Apoyo para un control internacional, bajo la vigilancia de las Naciones Unidas (el PNUMA, la UNESCO), para la protección de regiones amenazadas que ya no son o no parecen ser aptas para un uso agrícola y su reconversión en reservas de la biosfera, sobre la base de las obligaciones financieras internacionales, y con participación y gestión de la población local en las reservas creadas.

Prioridades para la Investigación

En los últimos veinte años se ha prestado mucha atención a la investigación en el ámbito de la erosión del suelo y se han ejecutado numerosos **programas de investigación** a nivel nacional e internacional. En la actualidad existe gran cantidad de material sobre la dimensión y amenaza de la erosión. Además de haberse elaborado un inventario de los daños ya producidos y de los sitios amenazados por erosión, se estudiaron fundamentalmente las interrelaciones científicas del proceso de erosión del suelo. En general, existe una gran cantidad de **literatura** sobre el tema de la conservación del suelo y del agua.

Los **sistemas de uso de la tierra** se destacan por su alto grado de complejidad y heterogeneidad, cuya comprensión es la clave para el desarrollo de formas de explotación sostenibles que conserven el ambiente. Por lo tanto, el eje de la investigación en el futuro deberá estar enfocado en las acciones interdisciplinarias, las que deberán desarrollar propuestas para estrategias integrales que incluyan factores esenciales de tipo ambiental, técnico y socioeconómico. En este contexto, les corresponde una importancia creciente a la investigación y al desarrollo de sistemas de producción adaptados a las condiciones de cada lugar.

Las cuestiones específicas de investigación que se plantean para una **protección integrada** contra la erosión son las siguientes:

- La sobresaliente importancia de la cobertura del suelo para combatir la erosión deberá estar presente con más fuerza que hasta ahora en la conciencia de los investigadores, extensionistas y agricultores.
- Para una valoración de la **importancia económica** de la protección contra la erosión es necesario:
 - a) Que se cuantifiquen en parcelas grandes las pérdidas promedio en los distintos tipos de suelo en que se apliquen diferentes sistemas de cultivo.
 - b) Que se efectúe un análisis de la correlación entre las pérdidas del suelo y el rendimiento de los cultivos.
 - c) Que se elaboren escalas de valoración e indicadores económicos de efectividad para la protección contra la erosión.

experiencias en protección de suelos

Las consideraciones sobre el mejoramiento del uso de la tierra deben partir de las necesidades y expectativas de las personas que viven en el lugar y de los conocimientos que tienen de su entorno. Esto significa que ante todo se deben investigar más a fondo los **conocimientos tradicionales** de la población autóctona, a los cuales se debe recurrir como punto de partida para desarrollar sistemas sostenibles de uso de la tierra y aprovechar mejor el potencial endógeno de innovación.

A nivel internacional, parece indicado un apoyo intensivo de las capacidades de investigación de instituciones como el CIAT, el CIMMYT, el IBSRAM, el ICRAF y el IIMI, entre otras. Estas instituciones trabajan en temas interdisciplinarios de la protección de recursos naturales relacionados con el aprovechamiento de los potenciales existentes para el aumento de la producción agrícola, realizan trabajos de investigación muy descentralizados y que se ejecutan en forma de redes, y apoyan la coordinación y asistencia necesaria de los procedimientos previamente establecidos en conjunto con una evaluación centralizada.

BIBLIOGRAFIA

- Bishop, J.; Allen, J. 1989. The on-site costs of soil erosion in Mali. Washington, D. C., EE.UU., World Bank. Environment working paper no. 21.
- Burt, O.R. 1981. Farm level economics of soil conservation in the Palouse area of the Northwest. *American Journal of Agricultural Economics* 63:83-92.
- Calderón, F.; Sosa, H.; Mendoza, V.; Sain, G.; Barreto, H. 1991. Adopción y difusión de la labranza de conservación en Guaymango, El Salvador: aspectos institucionales y reflexiones técnicas. In *Agricultura sostenible en las laderas centroamericanas: oportunidades de colaboración interinstitucional*. San José, C.R., IICA. p. 189-210.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 1987. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México D.F., Méx.
- Crosson, P. 1985. National costs of erosion on productivity. In *Erosion and soil productivity*. American Society of Agricultural Engineers (ed.). St. Joseph, EE.UU. p. 254-265.
- De Camino, R. 1988. Consideraciones sobre el diagnóstico y evaluación de los recursos en cuencas pequeñas. Turrialba, C.R., CATIE, Programa de Producción y Desarrollo Agropecuario Sostenido, Area de Producción Forestal y Agroforestal.
- Presentado en: Seminario del Desarrollo de Pequeñas Cuencas (1987, Santiago, R.D.).
- Derpsch, R.; Roth, C.H.; Sidiras, N.; Köpke, U. 1988. Erosionsbekämpfung in Paraná, Brasilien: Mulchsysteme, Direktsaat und konservierende Bodenbearbeitung. Frankfurt, Alemania, TZ-Verlag.
- Fujisaka, S.; Cenas, P.A. 1993. Countour hedgerow technology in the Philippines: not yet sustainable. *Indigenous Knowledge and Development Monitor* 1:14-16.

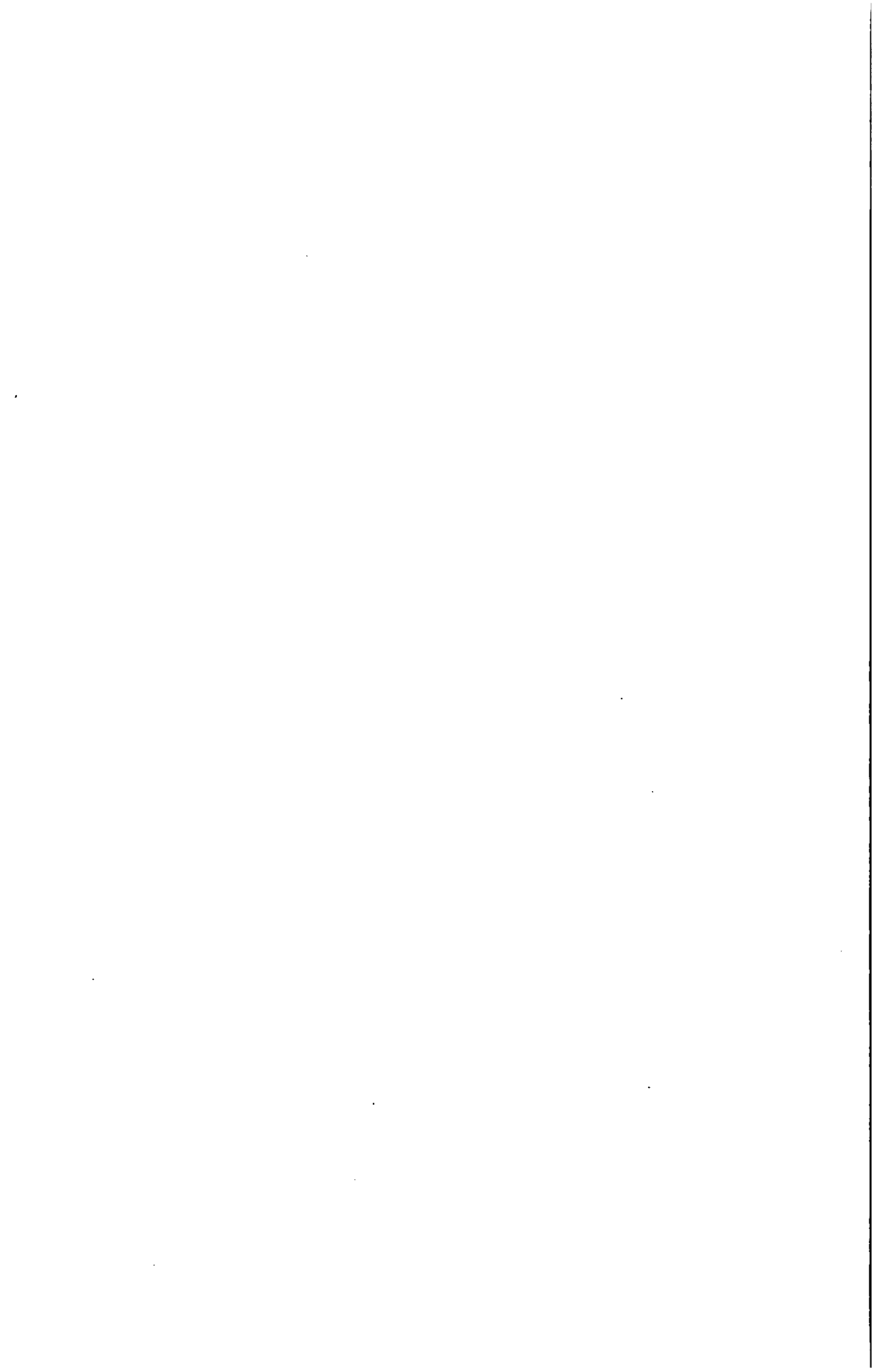
- GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit). 1988. Arbeitsunterlagen für Projekte im ländlichen Raum. Schutz der natürlichen Ressourcen Boden und Wasser in der Entwicklungszusammenarbeit. Frankfurt, Alemania, TZ-Verlag.
- Hedfors, L. 1981. Evaluation and economic appraisal of soil conservation in a pilot area. Nairobi, Kenya, Ministry of Agriculture, Soil and Water Conservation Division.
- Holmberg, G. 1985. An economical evaluation of soil conservation in Kalia sub-location, Kitui District. Nairobi, Kenya, Ministry of Agriculture and Livestock Development, Soil and Water Conservation Division.
- Hudson, N.W. 1977. Research needs for soil conservation in developing countries. In FAO Bulletin no. 33. Roma, Italia. p. 169-184.
- Hufschmidt, M.M.; James, D.E.; Meister, A.D.; Bower, B.T.; Dixon, J.A. 1983. Environment, natural systems, and development: an economic valuation guide. Baltimore, Md., EE.UU., Johns Hopkins University Press.
- Ivontchik, P. 1989. Agricultura da África Tropical. Moscú, Rusia, Editorial Mir.
- Krutilla, J.V.; Fischer, A.C. 1975. The economics of natural environments: studies in the valuation of commodity and amenity resources. Baltimore, Md., EE.UU., Johns Hopkins University Press for Resources for the Future.
- LaFrance, J.T. 1990. A dynamic optimization model of soil degradation and prices. Phoenix, Ariz., EE.UU., University of Arizona.
- Lal, R. 1985. Soil erosion and its relation to productivity in tropical soils. In Soil Erosion and Conservation. A. El-Swaify, W.C. Moldenhauer, A. Lo (eds.). Ankeny, Iowa, EE.UU., Soil Conservation Society of America. p. 237-246.
- Lindgren, B.M. 1988. Economic evaluation of a soil conservation project in Machakos District, Kenya. Uppsala, Suecia, Uppsala Sveriges Lantbruksuniversitet, International Rural Development Centre. Working paper no. 95.

- Lingard, J. 1994. The economic context of soil science. In Soil science and sustainable land management in the tropics. K. Syers, D.L. Rimmer (eds.). Cambridge, Reino Unido, CAB International, British Society of Soil Science. p. 258-267.
- Lutz, E.; Pagiola, S.; Reiche, C. 1994a. The costs and benefits of soil conservation: the farmers viewpoint. The World Bank Research Observer 9(2):273-295.
- _____; Pagiola, S.; Reiche, C. 1994b. Economic and institutional analyses of soil conservation projects in Central America and the Caribbean. Washington, D.C., EE.UU., World Bank. Environment paper no. 8.
- McConnell, K.E. 1983. An economic model of soil conservation. American Journal of Agricultural Economics 65:83-89.
- Pagiola, S. 1992. Quantifying the returns to soil conservation in Kenya.
- Presentado en: Annual Meeting of the Soil and Water Conservation Society (Baltimore, Md., EE.UU).
- _____. 1993. Soil conservation and the sustainability of agricultural production. Ph.D. diss. Stanford, Calif., EE.UU., Stanford University, Food Research Institute.
- Pearce, D.W.; Atkinson, G. 1992. Are national economies sustainable? Measuring sustainable development. Londres, Reino Unido, Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, University College.
- Reij, C. 1986. Soil and water conservation in sub-Sahara - issues and options. Amsterdam, Holanda, Free University of Amsterdam, African Division of IFAD.
- Repetto, R.; Cruz, W. 1991. Accounts overdue: natural resource depreciation in Costa Rica. Washington, D.C., EE.UU., World Resources Institute.
- Richards, P. 1985. Indigenous agricultural revolution. Londres, Reino Unido, Hutchinson.

experiencias en protección de suelos

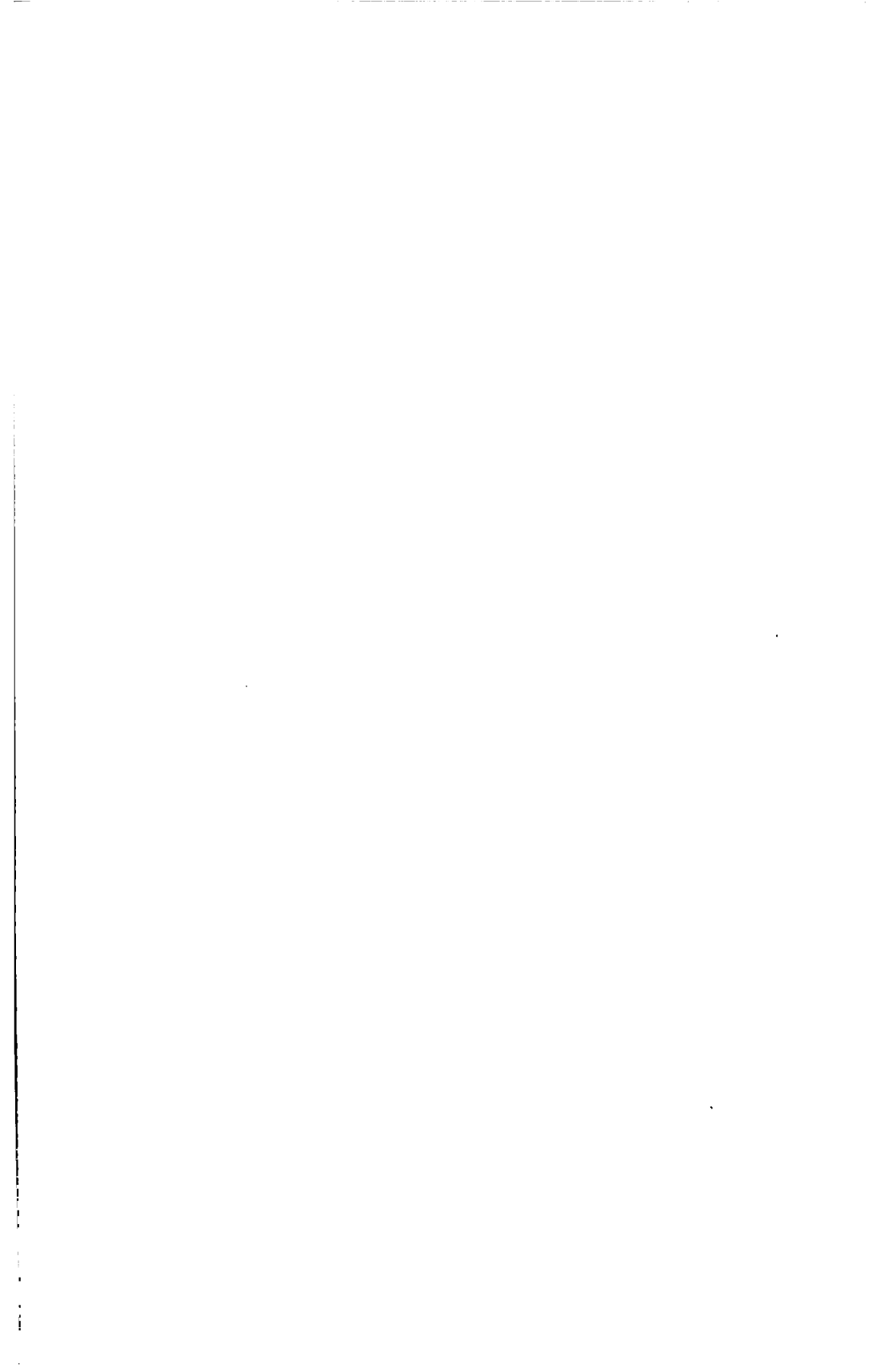
- Sain, G.E. 1995. Tecnologías para conservación o productividad: sustitutas o complementarias? Tegucigalpa, Hond., CIMMYT. In Reunión Anual del PCCMCA (41, 1995).
- _____.; Barreto, H.J. 1996. The adoption of soil conservation technology in El Salvador: linking productivity and conservation. *Journal of Soil and Water Conservation* 51(4):313-321.
- _____.; Ponce, I.; Borbón, E. 1993. Rentabilidad del sistema de abonera en el litoral atlántico de Honduras. *Síntesis de Resultados Experimentales del Programa Regional de Maíz* 4:146-156.
- Seckler, D. 1987. Issues in the economic evaluation of soil and water conservation programmes. In *Land degradation and society*. P. Blaikie, H. Brookfield (eds.). Londres, Reino Unido, N. Y., EE.UU. Methuen. p. 84-96.
- Soil Science Society of America. 1987. Glossary of soil science terms. Madison, Wis., EE.UU.
- Stocking, M. 1984. Erosion and soil productivity: a review. Roma, Italia, FAO, Land and Water Development Division, Soil Conservation Programme. Consultants working paper no. 1.
- _____. 1987. Measuring land degradation. In *Land degradation and society*. P. Blaikie, H. Brookfield (eds.). Londres, Reino Unido, N.Y., EE.UU., Methuen. p. 49-63.
- Tisdell, C.A. 1991. Economics of environmental conservation. Economics for environmental and ecological management. Amsterdam, Holanda, Elsevier.
- Veloz, A.; Southgate, D.; Hitzhusen, F.; MacGregor, R. 1985. The economics of erosion control in a subtropical watershed: a Dominican case. *Land Economics* 61(1):145-155.
- Wischmeier, W.H.; Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. *Agriculture Handbook* 537. Washington, D.C., EE.UU., United States Department of Agriculture.

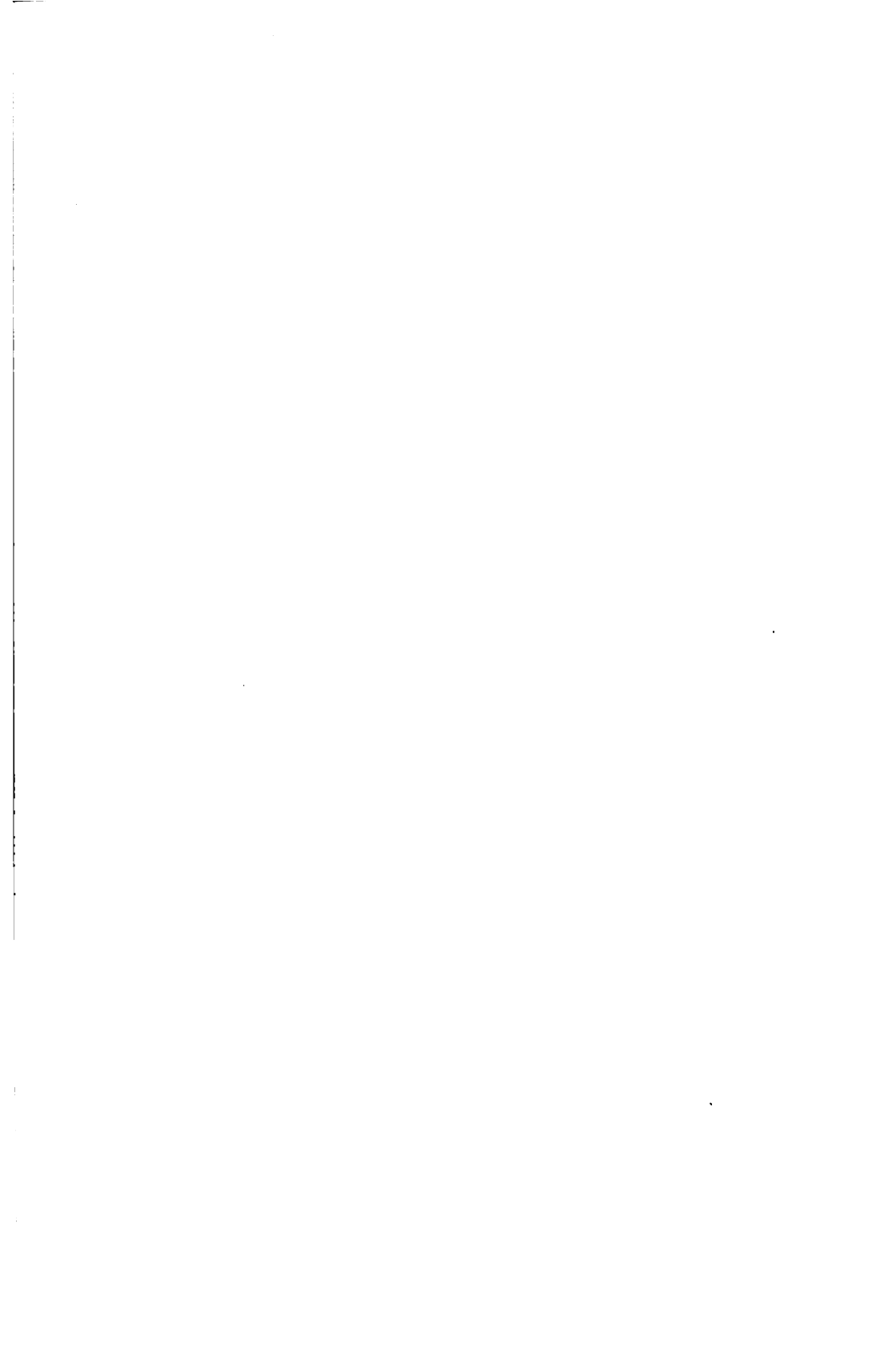
- Wolff, P. 1989. Bodendegradation in den Tropen und Subtropen - Anmerkungen eines Kulturtechnikers. Berlín y Hamburgo, Alemania, Verlag Paul Parey.
- Zöbisch, M.A. 1986. Die Bedeutung der Selbsthilfe für die Durchführung erdbautechnischer Erosionsschutzmaßnahmen dargestellt am Beispiel des Machakos-Distriktes in Kenia. Der Tropenlandwirt, Beiheft 28:64-73. Witzhausen, Alemania.
- Zutter, J.P.; Bustamante, B. 1995. Estudio sobre incentivos en la conservación de suelos. Tegucigalpa, Hond., PASOLAC/P-ONG/Intercooperación.



**Esta edición se terminó de imprimir
en la Sede Central del IICA
en Coronado, San José, Costa Rica,
en el mes de setiembre de 1997,
con un tiraje de 1200 ejemplares.**







This book was printed at IICA
Headquarters in Coronado,
San Jose, Costa Rica in september 1997
with a press run of 1200 copies.



Wolff, P. 1989. Bodendegradation in den Tropen und Subtropen - Anmerkungen eines Kulturtechnikers. Berlin and Hamburg, Germany, Verlag Paul Parey.

Zöbisch, M.A. 1986. Die Bedeutung der Selbsthilfe für die Durchführung erdbautechnischer Erosionsschutzmaßnahmen dargestellt am Beispiel des Machakos-Distriktes in Kenia. Der Tropenlandwirt, Beiheft 28:64-73, Witzenhhausen, Germany.

Zutter, J.P.; Bustamante, B. 1995. Estudio sobre incentivos en la conservación de suelos. Tegucigalpa, Hond., PASOLAC/P-NGO, Interooperation.

Sain, G.E. 1995. Tecnologías para conservación o productividad: sustitutas o complementarias? Tegucigalpa, Hond., CIMMYT. In Annual FCCMCA Meeting (41, 1995).

_____: Barreto, H.J. 1996. The adoption of soil conservation technology in El Salvador: linking productivity and conservation. Journal of Soil and Water Conservation 51(4):313-321.

_____: Ponce, I.; Borbón, E. 1993. Rentabilidad del sistema de abo-nera en el litoral atlántico de Honduras. Síntesis de Resultados Experimentales del Programa Regional de Maíz 4:146-156.

Seckler, D. 1987. Issues in the economic evaluation of soil and water conservation programmes. In Land degradation and society. F. Blaikie, H. Brookfield (eds.). London, U. K., New York, USA, Methuen, p.84-96.

Soil Science Society of America. 1987. Glossary of soil science terms. Madison, Wis., USA.

Stocking, M. 1984. Erosion and soil productivity: a review. Rome, Italy, FAO, Land and Water Development Division, Soil Conservation Programme. Consultants working paper no. 1

_____: 1987. Measuring land degradation. In Land degradation and society. F. Blaikie, H. Brookfield (eds.). London, U. K., New York, USA, Methuen, p. 49-63.

Tisdell, C.A. 1991. Economics of environmental conservation. Amsterdam, Holland, Elsevier.

Veloz, A.; Southgate, D.; Hitzhusen, F.; MacGregor, R. 1985. The economics of erosion control in a subtropical watershed: a Dominican case. Land Economics 61(1):145-155.

Wischmeier, W.H.; Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Agriculture Handbook 537. Washington, D.C., USA, United States Department of Agriculture.

- Lingard, J. 1994. The economic context of soil science. In Soil science and sustainable land management in the tropics. K. Syers, D.L. Rimmer (eds.). Cambridge, U. K., CAB International, British Society of Soil Science, p. 258-267.
- Lutz, E.; Pagiola, S.; Reiche, C. 1994a. The costs and benefits of soil conservation: the farmer's viewpoint. The World Bank Research Observer 9(2):273-295.
- _____; Pagiola, S.; Reiche, C. 1994b. Economic and institutional analyses of soil conservation projects in Central America and the Caribbean. Washington, D.C., USA, World Bank. Environment paper no. 8.
- McConnell, K.E. 1983. An economic model of soil conservation. American Journal of Agricultural Economics 65:83-89.
- Pagiola, S. 1992. Quantifying the returns to soil conservation in Kenya. Presented at: Annual Meeting of the Soil and Water Conservation Society (Baltimore, Md., USA).
- _____. 1993. Soil conservation and the sustainability of agricultural production. Ph.D. diss., Stanford, Calif., USA, Stanford University, Food Research Institute.
- Pearce, D.W.; Atkinson, G. 1992. Are national economies sustainable? Measuring sustainable development. London, U. K., Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, University College.
- Reij, C. 1986. Soil and water conservation in sub-Saharan: issues and options. Amsterdam, Holland, Free University of Amsterdam, African Division of IFAD.
- Repetto, R.; Cruz, W. 1991. Accounts overdue: natural resource depletion in Costa Rica. Washington, D.C., USA, World Resources Institute.
- Richards, P. 1985. Indigenous agricultural revolution. London, U. K., Hutchinson.

GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit). 1988. Arbeitsunterlagen für Projekte im ländlichen Raum. Schutz der natürlichen Ressourcen Boden und Wasser in der Entwicklungszusammenarbeit. Frankfurt, Germany, TZ-Verlag.

Hedfors, L. 1981. Evaluation and economic appraisal of soil conservation in a pilot area. Nairobi, Kenya, Ministry of Agriculture, Soil and Water Conservation Division.

Holmberg, G. 1985. An economical evaluation of soil conservation in Kalia Sub-location, Kitui District. Nairobi, Kenya, Ministry of Agriculture and Livestock Development, Soil and Water Conservation Division.

Hudson, N.W. 1977. Research needs for soil conservation in developing countries. In FAO Bulletin No. 33. Rome, Italy, p. 169-184.

Hufschmidt, M.M.; James, D.E.; Meister, A.D.; Bower, B.T.; Dixon, J.A. 1983. Environment, natural systems, and development: an economic valuation guide. Baltimore, Md., USA, Johns Hopkins University Press.

Ivontchik, P. 1989. Agricultura da Africa Tropical. Moscow, Russia, Editorial Mir.

Krutilla, J.V.; Fischer, A.C. 1975. The economics of natural environments: studies in the valuation of commodity and amenity resources. Baltimore, Md., USA, Johns Hopkins University Press for Resources for the Future.

LaFrance, J.T. 1990. A dynamic optimization model of soil degradation and prices. Phoenix, Ariz., USA, University of Arizona.

Lal, R. 1985. Soil erosion and its relation to productivity in tropical soils. In Soil Erosion and Conservation. A. El-Swaify, W.C. Moldenhauer, A. Lo (eds.). Ankeny, Iowa, USA, Soil Conservation Society of America. p. 237-246.

Lindgren, B.M. 1988. Economic evaluation of a soil conservation project in Machakos District, Kenya. Uppsala, Sweden, Uppsala Sveriges Lantbruksuniversitet, International Rural Development Centre. Working paper no. 95.

- Lingard, J. 1994. The economic context of soil science. In Soil science and sustainable land management in the tropics. K. Syers, D.L. Rimmer (eds.). Cambridge, U. K., CAB International, British Society of Soil Science, p. 258-267.
- Lutz, E.; Pagiola, S.; Reiche, C. 1994a. The costs and benefits of soil conservation: the farmer's viewpoint. The World Bank Research Observer 9(2):273-295.
- _____.; Pagiola, S.; Reiche, C. 1994b. Economic and institutional analyses of soil conservation projects in Central America and the Caribbean. Washington, D.C., USA, World Bank. Environment paper no. 8.
- McConnell, K.E. 1983. An economic model of soil conservation. American Journal of Agricultural Economics 65:83-89.
- Pagiola, S. 1992. Quantifying the returns to soil conservation in Kenya. Presented at: Annual Meeting of the Soil and Water Conservation Society (Baltimore, Md., USA).
- _____. 1993. Soil conservation and the sustainability of agricultural production. Ph.D. diss., Stanford, Calif., USA, Stanford University, Food Research Institute.
- Pearce, D.W.; Atkinson, G. 1992. Are national economies sustainable? Measuring sustainable development. London, U. K., Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, University College.
- Reij, C. 1986. Soil and water conservation in sub-Saharan: issues and options. Amsterdam, Holland, Free University of Amsterdam, African Division of IFAD.
- Repetto, R.; Cruz, W. 1991. Accounts overdue: natural resource depreciation in Costa Rica. Washington, D.C., USA, World Resources Institute.
- Richards, P. 1985. Indigenous agricultural revolution. London, U. K., Hutchinson.

GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit). 1988. Arbeitsunterlagen für Projekte im ländlichen Raum. Schutz der natürlichen Ressourcen Boden und Wasser in der Entwicklungszusammenarbeit. Frankfurt, Germany, TZ-Verlag.

Hedfors, L. 1981. Evaluation and economic appraisal of soil conservation in a pilot area. Nairobi, Kenya, Ministry of Agriculture, Soil and Water Conservation Division.

Holmberg, G. 1985. An economical evaluation of soil conservation in Kalia Sub-location, Kitui District. Nairobi, Kenya, Ministry of Agriculture and Livestock Development, Soil and Water Conservation Division.

Hudson, N.W. 1977. Research needs for soil conservation in developing countries. In FAO Bulletin No. 33. Rome, Italy. p. 169-184.

Hutschmidt, M.M.; James, D.E.; Meister, A.D.; Bower, B.T.; Dixon, J.A. 1983. Environment, natural systems, and development: an economic valuation guide. Baltimore, Md., USA, Johns Hopkins University Press.

Ivontchik, P. 1989. Agricultura da Africa Tropical. Moscow, Russia, Editorial Mir.

Krutilla, J.V.; Fischer, A.C. 1975. The economics of natural environments: studies in the valuation of commodity and amenity resources. Baltimore, Md., USA, Johns Hopkins University Press for Resources for the Future.

LaFrance, J.T. 1990. A dynamic optimization model of soil degradation and prices. Phoenix, Ariz., USA, University of Arizona.

Lal, R. 1985. Soil erosion and its relation to productivity in tropical soils. In Soil Erosion and Conservation. A. El-Swaify, W.C. Moldenhauer, A. Lo (eds.). Ankeny, Iowa, USA, Soil Conservation Society of America. p. 237-246.

Lindgren, B.M. 1988. Economic evaluation of a soil conservation project in Machakos District, Kenya. Uppsala, Sweden, Uppsala Sveriges Lantbruksuniversitet, International Rural Development Centre. Working paper no. 95.

BIBLIOGRAPHY

Bishop, J.; Allen, J. 1989. The on-site costs of soil erosion in Mali. Washington, D.C., USA, World Bank. Environment working paper no. 21.

Burt, O.R. 1981. Farm-level economics of soil conservation in the Palouse area of the Northwest. American Journal of Agricultural Economics 63:83-92.

Calderón, F.; Sosa, H.; Mendoza, V.; Sain, G.; Barreto, H. 1991. Adopción y difusión de la labranza de conservación en Guaymango, El Salvador: aspectos institucionales y reflexiones técnicas. In Agricultura sostenible en las laderas centroamericanas: oportunidades de colaboración interinstitucional. San Jose, C.R., IICA. p. 189-210.

CIMMYT (International Maize and Wheat Improvement Center). 1987. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. Completely revised edition. Mexico D.F., Mex.

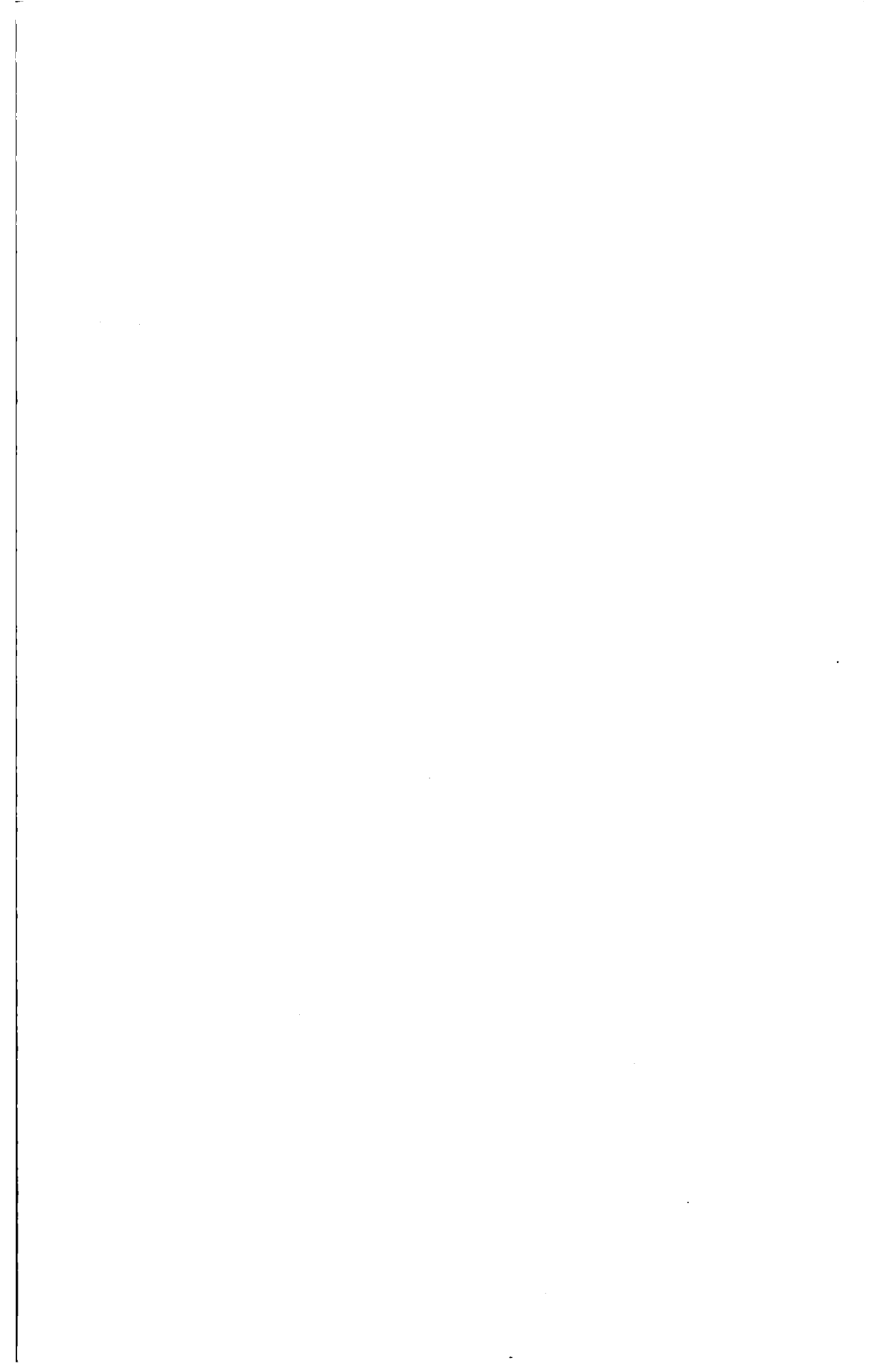
Crosson, F. 1985. National costs of erosion on productivity. In Erosion and soil productivity. American Society of Agricultural Engineers (ed.). St. Joseph, USA. p. 254-265.

de Camino, R. 1988. Consideraciones sobre el diagnóstico y evaluación de los recursos en cuencas pequeñas. Turrilba, C.R., CATIE, Program for Sustainable Agricultural Production and Development, Area on Forestry and Agroforestry Production.

Presented at: Seminar on Development of Small Watersheds (1987, Santiago, Dominican Republic).

Derpsch, R.; Roth, C.H.; Sidiras, N.; Köpke, U. 1988. Erosionsbekämpfung in Paraná, Brasilien: Mulchsysteme, Direktsaat und konservierende Bodenbearbeitung. Frankfurt, Germany, TZ-Verlag.

Fujisaka, S.; Cenas, P.A. 1993. Contour hedgerow technology in the Philippines: not yet sustainable. Indigenous Knowledge and Development Monitor 1:14-16.



At the international level, such institutions as CIAT, CIMMYT, IBSRAM, ICRAF and IIMI should offer intensive support based on their considerable research capacity. These institutions focus on inter-disciplinary issues of natural resource protection, finding ways to make better use of existing potential and thus boost agricultural production. Research projects in these institutions are very decentralized and often take place through networks. The institutions themselves provide necessary coordination and assistance, following procedures established in advance, and perform centralized project evaluation.

Any plans for improving land use should start with the needs and expectations of the people living in the area and their knowledge of their own environment. Above all, this signals the need for more in-depth research of the traditional knowledge of native peoples. All studies should turn to these people as a point of departure for developing sustainable land-use systems and making better use of the endogenous potential for innovation.

(c) to develop valuation scales and economic indicators of the effectiveness of erosion control

(b) to perform an analysis of correlations between soil loss and crop yield;

(a) on large plots, to quantify average losses in various types of soil where different cropping systems are practiced;

— Studies are needed for attaching a monetary figure to the economic impact of erosion control:

— Researchers, extension agents and farmers must never lose sight of the importance of soil cover to fight erosion.

Many specific topics related to integrated erosion control still require more research:

An understanding of land-use systems, which are remarkably complex and heterogeneous, is key to developing sustainable production methods that will conserve the environment. Therefore, research in the future should revolve around interdisciplinary actions leading to proposals for integrated strategies that provide for all essential environmental, technical and socioeconomic factors. Research and development of production systems tailored to the specific conditions of each site are becoming increasingly important.

Over the past twenty years, much attention has focused on research of soil erosion, and many national and international research programs have been carried out. A great deal of material is now available on the dimensions and hazards of erosion. Studies have produced an inventory of damage already wreaked and of sites under threat because of erosion. Science has also examined inter-relationships in the soil erosion process. As a result of all this, a great deal of literature now exists on the subject of soil and water conservation.

Research Priorities

- Support for an international monitoring process, with oversight from the United Nations (UNEP, UNESCO) to protect threatened regions that are or appear to be no longer useful for agriculture, reconverting them into biosphere reserves through international financial obligations, and ensuring that local populations have participation and initiative in the newly created reserves.
- Technical and financial support to re-introduce crops on eroded surfaces, and to make agricultural improvements, by promoting self-help in community and national programs for resource protection.
- Support to develop cropping methods appropriate for a given zone, and to develop and broadly introduce land-use systems with the help of such instruments as farm-price policies, advisory assistance and promotion of innovations.
- Assistance in planning and conceiving agrarian reform programs, to ease congestion of over-farmed areas.

Highly differentiated conditions found in these ecological regions demand a similarly differentiated response.

Critical ecological conditions converge with economic crisis in the most problem-ridden regions of Africa and Asia; such situations can also be found in Latin America, especially in the Andean highlands.

The following arid, semi-arid, mountainous and humid tropical regions of Africa, Asia and Latin America are most threatened or affected by the destruction of natural resources:

- The mountains of eastern Africa.

- The Himalayan region.

- The rainforest of western Africa.

- The rainforest of southeast Asia.

- The Sahel.

- The Andean highlands.

- The drylands of northeastern Brazil.

Marginal zones, the most severely affected, are those areas that lie at the edge of agricultural lands, including the Sahel, the degraded highlands of the Himalayas, and the Andean highlands. Soil is the most important resource available to the rural population of these regions, and it must be protected.

Development cooperation projects need to offer support and action in the following spheres if they are to prevent degradation and lead to stabilization or even rehabilitation of resources:

- Support for national and international efforts to rein in the growth of a population which is expanding exponentially.

- Support in classifying agricultural potential, based on plans for long-term land use; this should always be guided by criteria of sustainability, and research on such criteria needs to continue; one example is known as grass-roots support potential.

- Humid tropics.
- Arid and semi-arid regions.
- Mountainous zones in the tropics and sub-tropics.

The following ecological regions (groups of ecological systems) are most affected in the less-developed world:

Spheres of Action

Special attention needs to focus on women. In the domestic realm, in the farm fields, and as producers, they have a decisive voice in the consumption of water and fuel, and on soil tillage practices.

Project components were adopted quickly when contact was made with individuals or groups likely to obtain short-term gains (dairy farmers, poultry breeders, fruit and vegetable producers). This type of work is more difficult among groups with traditional behaviors, such as those living in grazing and livestock areas.

Effective, sustainable soil protection can be achieved only by developing procedures that will allow small-scale farmers to earn short-term economic benefit, while at the same time ensuring optimal soil protection.

The weak link in cooperation for development is the lack of general and specialized training for personnel involved in protecting resources. Knowledge about soil erosion is inadequate across the board, from project advisor to technical personnel. Efforts need to be made simultaneously, all levels, to strengthen this area.

- Fertilizing with organic substances.
- Application of inorganic fertilizers only as a final step.
- Integrated livestock production.
- Improved mechanization.
- Integrated pest management.

- Intensive production combining mixed cropping systems with fallow land.
 - The right combination of vegetation (including trees and shrubs on the plots, placing erosion control lines on hillsides, planting hedgerows to divide the production unit into numerous small plots, preserving existing forest areas, reforestation eroded soils).
 - The following factors need to be present for adapting an agricultural production system to a specific place:
 - These objectives need to be tailored to the agricultural system of a specific place. Site-appropriate agriculture should achieve higher, more sustainable productivity, even when few external inputs are available, while at the same time maintaining or restoring balance in the ecosystem.
 - Promoting socioeconomic development without undermining cultural values.
 - Protecting and improving the environment, especially soil, water, flora and fauna.
 - Reproducing and generating different raw materials and tools for use on the farm and for sale. This category includes forest components such as wood, fiber, dyes, tanning agents, resins, waxes, and medicines for humans and animals.
 - Boosting the energy supply using local resources, especially fuelwood produced on the farm.
 - Increasing and improving food production.
- The essential purpose of erosion control is to ensure the continued existence and even bring about an increase in the human and environmental potential of given agricultural zones. Depending on the specific target groups in each individual case and on the level at which planning is done (household, extended family, village, cooperative), certain specific criteria are assigned high priority, while others are relegated to a lower rank. Generally, the objectives of appropriate land use can be classified into the following five groups:

Specific Recommendations for the Sector

begin with a special project to explore the technical details of specific sites and local socioeconomic conditions; then the impact of the measures on nature, the environment and users of the land could be analyzed and assessed. Both the population and national counterparts should be involved in this project as broadly as possible from the very beginning. Quantifiable indicators of the cost-benefit ratio of recommended measures should be developed, so that a monitoring system can be set up to document the information obtained.

A number of requirements and criteria need to be incorporated into objectively effective erosion control:

- It makes little sense to conduct land-use planning at the regional or national levels, based on environmental potential and using macro-economic criteria, as such plans are usually impossible to implement on the ground. Instead, planning should stress the watershed, sub-watershed or micro-watershed, using development principles suited to the site and applicable in practice on private production units (farms).

- Effective protection requires development of site-specific, integrated strategies.

- The present situation needs to be assessed realistically, and the actions of other donors need to be considered in planning the program or project.

- Potential erosion risk needs to be classified using a map that ranks zones by priority. Objective decisions can then be made to concentrate erosion prevention activities in places where they are most urgently needed. High-priority micro-watersheds should be selected.

- Biological protection against erosion should be encouraged, with the use of trees, shrubs, and plants in agroforestry and agro-pastoral systems.

- Although subsidies or incentives can be offered as motivation to target groups, such measures should be decided on a case-by-case basis and not become the general rule.

- Alternative off-farm sources of income need to be created at the regional level.

RECOMMENDATIONS FOR COOPERATION

Specific Project Recommendations

Soil protection programs can be effective only if they are carried out at the grass roots. Experience has shown that programs do not succeed if they are implemented from the *top down*, even when they are technically unimpeachable.

Erosion control measures are more likely to be accepted if the rural population is allowed to consider the options and choose for themselves. Farmers can then apply whichever individual components are best suited to their own production systems, without assuming the risk of changing to an entirely new system. In some parts of Central America, this is known as a *technological basket* from which farmers can pick out separate technologies at their own pace.

Recommendations for mulching and green manure systems should be based on the promise of boosting harvests. In the early stages, problems of erosion do not even need to be mentioned, and protection measures can be seen as secondary.

Women and children carry much of the load in agricultural work. These two groups need to be considered whenever new techniques are recommended for protecting the soil from erosion. This will maximize the possibility of achieving environmental sustainability. Economic sustainability can also be expected, for example, if direct planting of trees is encouraged among target groups as a low-cost measure.

With few exceptions, extensive reforestation projects have achieved little success to date. In most cases, large-scale reforestation far outweighs the real possibilities of target groups and is very vulnerable to risks of drought, pest attack, fire and depredation by animals. Instead, individual and collective actions should build on the potential for self-help so typical of these target groups. It should be understood that such an approach may require a step backward in the use of exotic tree species such as eucalyptus, in favor of concentration on so-called multipurpose trees that are more effective for erosion control and also supply fruits, fuel, forage and building materials.

No generally applicable standards have yet been developed for quantifying the effect of erosion control. The process would have to



It is thus easy to conclude that erosion-protection measures will produce the desired success only if surrounding conditions facilitate land uses that are appropriate for the region and that conserve soil. Erosion control is therefore a specialized arena of development policy. If existing potential is to be tapped, decision-makers in both industrial and less-developed countries must shoulder the responsibility of building new world economic conditions and improving the specific framework for soil protection.

- Agricultural extension activities revolve around maximized harvests and earnings; farmers, however, are more interested in optimizing the cost-benefit ratio and minimizing risks.
- Because of heavy downward pressure on farmgate commodity prices, land profitability is low, and conditions would appear to favor extensive production methods.
- Traditional methods for implementing protection measures require large contingents of labor; this would be profitable only in zones where high population density favors intensive implementation of projects and low labor costs.
- Developing countries are plagued by capital shortages and high interest rates, coupled with a lengthy, unproductive development phase or a return that is slow to be realized.
- Traditional agrarian laws are not applicable under today's conditions of land scarcity.

forces:
The use of soil-protection measures on farms is limited by many

agroforestry systems, while conservationist tillage methods, which required the purchase or rental of relatively costly machinery, encountered very little acceptance. Other key factors are required investments, need for more labor, and the possibility of real or anticipated production improvements immediately following change. Because of these factors, production changes cannot easily be introduced independently, especially on small production units.

Potentials and Constraints

Most countries have enacted laws to encourage and enforce erosion-control measures. Because these measures are often ignored, however, they have contributed very little to solving problems of erosion.

Before investments in agriculture can be made, land tenure needs to be clearly established, as it is a defining factor in the relationship between farmer and land. If farmers can claim ownership, or at least interest for life, they are motivated to take care of the soil, while short-term lease contracts and sharecropping have the opposite effect.

Many erosion protection projects constantly battle the same problem: farmer reluctance to accept recommended soil-protection measures. No matter how effective and efficient a measure has proven to be in research, it is useless until it has been accepted by a majority of the target group. Before technical studies begin on soil conservation measures, certain natural, social, economic, cultural, institutional and political factors need to be reviewed and taken into account, as they will determine whether measures are ultimately accepted.

In the mind-set of peasant farmers, erosion is of secondary importance. Farmers in Lesotho, for example, regard soil-protection furrows and strips in their fields as *unsurers of land*. Their top priority is land availability, and they do not see erosion as a negative factor in the availability and productivity of their land.

Small-scale farmers make operating decisions within a very narrow framework. Rarely are they in a position to make decisions for action in the future, or to invest in soil protection, knowing that there will be no payoff at least until the next generation. Small production units are rarely equipped to adopt soil-protection measures that do not produce an immediate improvement in income (Wolff 1989).

Therefore, effective, sustainable soil protection can be possible only if new land-use methods produce a short-term economic benefit, and at the same time provide optimum soil protection (Lutz, Pagola and Reiche 1994b). For this reason, liquidity should be understood as the most important factor in introducing production methods that will protect the soil. As a case in point, Finn cooperation in Regions III and IV of Nicaragua succeeded in inducing adoption of several relatively low-cost

Zobisch's (1986) research in the district of Machakos, Kenya, found that as population growth encroached on arable land, remaining cropland was used more intensively and soil conservation measures were practiced more widely. No soil protection measures were taken, however, in grazing fields used for extensive, low-profit livestock production. Similar observations of the intensity of economic land use were made in Java (Wolff 1989).

Experiences garnered in a project in Parana, Brazil (Derpsch et al. 1988) confirmed that erosion can be controlled effectively if the soil is covered with vegetation or plant residues, and damage can thus be reduced drastically. Thus, effective erosion control demands that the soil be protected with as many growing plants or plant residues, and for as much time, as possible. Fallow periods of bare soil should be avoided, and tillage needs to be reduced to the absolute minimum necessary. If tillage can be avoided altogether (zero tillage), through direct planting, nearly all soil loss disappears. Zero tillage is the only cropping method that can keep the soil covered with growing plants and plant residues, all year round.

A project in Burkina Faso, Protective Management of Resources in the Central Plateau (PATECORE), slated for ten-year duration, has just completed its first three years of activity (the orientation phase). The project's soil and water conservation measures raised crop yields by an average 40 percent. A soil that has good water-holding capacity can produce harvests even with very little rainfall or during prolonged drought. By stabilizing production, the project wrought an equivalent stabilization in the social situation (less migration, greater self-confidence among farmers). There are several explanations for the great success of this project. In the first place, proposed solutions were simple, practical and appropriate. In the second place, for a few years before the project even began, the rural population had begun to display changed attitudes about modifying traditional behaviors and accepting new land-use techniques.

The Federal Republic of Germany, moved by events in the Sahel in the 1970s, began to promote rural development more intensively in African drought zones, focusing especially on the Sahel regions in Western Africa (GTZ 1988). The top priority was and is to maintain and develop crop production systems in tropical regions that are sustainable and compatible with the environment. In this broad context, protection from erosion is clearly an integral component.

alternative forms of land use. Such measures have achieved only modest success so far, and are often unrelated to whatever visible progress is achieved.

An analysis of soil and water resource protection projects in Sub-Saharan Africa revealed a number of common features in most cases. They are generally large-scale projects using complex methods of soil and water conservation. The local population has little opportunity to take part, and then usually to a small degree. The projects hold out excessive food aid as an incentive for participation, practice top-down planning, and weigh project benefits only over the short term (Reij 1986).

More recently, experts in natural resource protection have been taking a closer look at the successes and failures of these projects. It would appear that a new awareness is gradually taking hold in several ways. For example, one circle of experts sees very clearly that projects for natural resource protection can also be carried out on a small scale, and that the local population needs to play a much more active role in such activities (GTZ 1988, Sain 1995, Sain and Barreto 1996).

In the work of GTZ, measures for soil and water conservation have been steadily gaining importance. In 1988, the conservation component could be found in 36 of a total of 333 projects in agriculture, rural development and health, or approximately 10 percent. This shows a marked increase from 1976, when only 10 of the 167 projects, or six percent, had this component. The percentage has continued to rise, and today many projects are devoted partially or primarily to soil and water protection.

Many nongovernmental organizations are promoting projects that encourage soil protection. Particularly noteworthy are the Loma Linda Farm in Honduras, CARE and the Farmer-to-Farmer Program in Nicaragua, the Neotrópica Foundation in Costa Rica, Natura in Panama, and the like. Nongovernmental projects have particularly emphasized one basic feature: bringing the rural population to a new awareness of the problems and causes of resource destruction, and teaching them methods of protecting resources. Many projects refrain from offering material or financial incentives.

Recent years have witnessed closer contact and more cooperation between nongovernmental projects and technical cooperation projects.

EXPERIENCES, POTENTIALS AND CONSTRAINTS

Experiences

A broad range of international and donor institutions have set objectives for protecting resources in general, with particular emphasis on controlling soil erosion. Chief among them are FAO, IBSRAM, IDB, OECD, UNEP, UNESCO and the World Bank. All these institutions have set forth principles and strategies that give overriding attention to the socioeconomic and political dimensions of this problem.

FAO has ascribed ever-greater importance to environmental concerns over the years, and has conducted many soil and water protection projects. A few studies on this subject have also taken place in agricultural experiment stations, primarily those of IITA in Nigeria, where minimum tillage and alley-cropping methods were developed and studied. ICRISAT and ILCA also carried out trials on better land tilling methods, and CITA did much to disseminate hillside farming techniques.

In 1991, the Technical Advisory Committee (TAC) of CGIAR published a new concept of integrated soil and water management, incorporating ideas that had been neglected in the past. It also developed specific strategies for this purpose.

WASWC is a network that brings together all scientists working in soil and water conservation. IBSRAM is active in Africa and Asia, coordinating networks for cooperation with national research centers, and focusing specifically on sustainable use of vertisols and acid soils in tropical zones. Technical cooperation projects for resource protection have been carried out by Sweden (ASDI), the United States (USAID) and Holland. Swiss cooperation agencies (COSUDE and INTERCOOPERA-TION) are very visible in Nicaragua and other countries of Latin America, with special emphasis on soil conservation issues.

Over the past 20 to 30 years, these donors have injected major financial resources into soil protection projects to address the problem of erosion in the tropics and subtropics. Top priority was placed on constructions and on limiting land use. Today, the problem of soil degradation in the tropics and subtropics is frequently tackled by recommending

National and regional economic approaches have generally predominated, with less than satisfactory results. The focus on small watersheds is good; but it needs to center on watersheds of highest priority, and then concentrate on those sub-watersheds, micro-watersheds or smaller areas where problems are most critical and current management methods are exacting a high social cost.

Another related tendency has been to adopt a large-scale approach with a sectoral orientation. An agricultural plan, a forestry production plan, and a livestock production plan may all exist side by side, lacking any integration and failing to unite under the shared objective of long-term sustainability for the whole system. Watershed management exercises have tended to develop concrete, specific plans for an entire watershed, with an emphasis on direct production for markets outside the watershed itself, such as food for cities, hydro-electrical energy, and timber for national markets. In most such situations, the social objectives have received insufficient consideration, have been approached inappropriately, or are given low priority.

In all too many watershed programs in the countries of Latin America, limited working resources are spread thinly throughout the nation. Every year, several dikes and protection works are built at certain critical points of flood basins, and occasionally, a few hectares, scattered over many catchment basins, are reforested. The inevitable result of such an approach has been that investments in watersheds are wasted, and typically weak natural resource management entities are unable to provide maintenance to activities that are so disperse.

The watershed management plan should be seen as a development project. This means that the strategy is oriented toward such concerns as social mobility or income distribution; technical considerations are then derived from this strategy. The first step in developing a watershed management plan is to define strategic issues; technical options, then, become tactical points in the framework of this strategy. The strategic and tactical elements together determine whether the design of a project is effective.

In this context, the concept of watershed (or sub-watershed or micro-watershed) as a planning unit is very important. With a clear knowledge of the physical and socioeconomic environment in the watershed, and an analysis of present conditions, how they came about, and what their consequences are, working objectives can be set. A general strategy can then be established for the project, and initial tactical approaches can be determined, with the understanding that they will undergo constant correction as watershed management unfolds (de Camino 1988).

It is unrealistic to look exclusively at groups of small-scale farmers, because the phenomenon of erosion is not limited to small plots. The planning unit should be wider (watersheds, sub-watersheds and microwatersheds), and needs to be managed as an integrated whole. The implementation of erosion control measures, by contrast, can or should be carried out on small units and adapted to a specific geographic site.

Women should be viewed as a special target group because of their role as catalysts and primary agents of erosion control. They need to be the focus of specific incentives based on real conditions.

- All groups of local residents who are affected by the negative externalities of erosion.
 - Representatives of development organizations.
 - Indirect groups, such as counterparts, extension agents, nongovernmental organizations, and everyone who benefits from resource protection.
 - Direct groups, such as small- and large-scale farmers, truck gardeners, and other users of the land in rural zones.
- Erosion protection activities should target the following groups:

In order to find workable solutions, it is not enough to focus only on problems of erosion and soil protection, and their impact on natural resources and the environment. Rather, the human and social component needs to be at the core.

Target Groups for Erosion Control

for the population, such as reforestation or the introduction of long lines of hedges as windbreaks. Angola is beginning to experiment with the concept of *food for training* to involve community members in projects for integrating demobilized soldiers into agricultural activities based on the principles of sustainable development. Community leaders are offered food in exchange for training people newly arrived after many years of war.

Both private and public organizations have stepped up efforts to implement soil conservation projects in developing countries. A project in Honduras clearly illustrates the use of incentives for inducing farmers to adopt recommended practices. PASOLAC and P-NGO undertook a study of 21 institutions involved in this area, and found that payment-for-labor and food-for-work schemes had fallen out of use. Several reasons were given, including the need for greater austerity in the use of funds, a desire for more self-sustaining development, and the use of practices that are less labor intensive. All the projects offered a direct incentive: provision of planting material, as a response to supply shortages facing local farmers. Nearly all the projects held out an indirect incentive as well: improved human nutrition through family gardens. In addition, the projects had developed a broad spectrum of incentives, both direct and indirect, that were used much less frequently (Zutter and Bustamante 1995).

The criteria for selecting incentives need to be examined specifically for each different situation, although certain incentives are essential: technical assistance, secure land tenure, education, training and community organization. If these are not present, few measures will succeed (de Camino 1988). In Latin America, for example, a large landowner, under the right circumstances, can implement costly, laborious protection measures which would generally be inaccessible for subsistence producers in any region of the world.

Strategic approaches to erosion control cannot operate in isolation. The challenge is to design policies and incentives for groups of farmers faced with specific, well-defined agro-ecological and socioeconomic circumstances (Lingard 1994).

For example, Rwanda successfully enforced a broad-based fight against erosion using an authoritarian form of leadership, so long as the government system was efficient and generally accepted. With the introduction of a multiparty system, the government began to lose power, and now erosion-control contour lines are being breached at an astonishing rate.

Machakos, Kenya has traditional mutual-aid systems, along with self-help organizations established and promoted by the government. If these groups are targeted for appropriate advisory assistance and training measures, they can begin to take responsibility for their own erosion-control activities, independently of the government extension service (Zöbisch 1986).

Under an authoritarian government, **South Korea** fought erosion with the help of reforestation campaigns over vast stretches of land. The Latin American culture, by contrast, does not easily embrace such measures. The case of **Guaymango in El Salvador** is perhaps an exception, as it combined compelling institutional and economic incentives and disincentives (Calderon et al. 1991). Soil conservation components were linked inextricably to productivity-boosting measures, preventing farmers from separating the two (Sain and Barreto 1996).

Rural development projects that offer farmers compensation (in cash or in kind) in exchange for participation preclude any attempt at responsible behavior. Complaints about the lack of initiative among farmers are commonly voiced. It is a valid concern, especially in the case of erosion-control measures that involve mechanized earthmoving. The only motivation farmers have for taking part in such activities is the promised paycheck, not the measure for its own sake, or any anticipated benefit. Some projects offer incentives for farmers who adopt practices that effectively conserve resources. However, if measures do not boost the system's productivity over the medium or long term, the adoption does not last and may be reversed. For example, in the **Philippines**, farmers dropped erosion control practices (hedgerows) when the incentive period ended, because their productivity requirements were not being met (Fujisaka and Cenas 1993).

The concept of *food for work*, which has spread widely in **Nigeria**, makes sense only for measures that do not produce short-term benefits

most part only in the form of abstract guidelines. In many cases, results are not expressed in numerical data, and outcome is therefore strictly theoretical. Moreover, the results are often ambiguous unless specific assumptions are made about the properties of biophysical systems. Therefore, they cannot be applied directly.

Cost-benefit analysis offers a useful approximation that is relatively easy to apply to analysis of soil conservation problems. The method adapts particularly well to applied analysis of specific situations. Cost-benefit analysis was originally developed for analysis of the economic return on projects for improving the use of water resources. It later fell out of use in natural resource studies, but has recently been rediscovered and is being broadly applied for this purpose (Krutilla and Fischer 1975, Hufschmidt et al. 1983). Several conservation cases have been analyzed with the use of different variations on the method, including the Dominican Republic (Veloz et al. 1985), Mali (Bishop and Allen 1989), and in various locations around Kenya (Hedfors 1981, Holmberg 1985, Lindgren 1988, Pagiola 1992). Externality assessment poses a particular challenge in applying cost-benefit analysis to erosion damage.

An especially noteworthy case in Latin America is that of hillside maize farming on the Atlantic coast of Honduras, where over 70 percent of land-owning farmers spontaneously adopted composting methods. This case is fully consistent with predictions obtained using a variation on benefit-cost analysis, that starts with partial-budget analysis and incremental analysis (CIMMYT 1987) and extends them across several periods, in order to account for effects over time. Only after the second year did the composting system prove more profitable than the traditional system (Sain, Ponce and Borbon 1993).

Erosion Control Strategies

The colonial era cut short any possibility of mobilizing traditional forms of self-help or engendering a keen sense of responsibility for protecting natural resources among the general population. Colonial administrations undertook large-scale public-interest activities based on various forms of forced labor. The rural population developed a passive attitude toward any involvement in collective projects, that has survived to this day. Even so, sharp differences can be found from one region to another.

At the other end of the spectrum, dynamic optimization techniques can be applied to soil conservation problems in several different ways. One example is the optimal control theory (Burt 1981, McConnell 1983, LaFrance 1990, Pagola 1993). While such techniques have provided many answers regarding optimal soil use, they have been applied for the

A common form of approximation is to calculate how much nutrient loss has occurred in the soil because of erosion. A value is often attached to such losses by estimating the cost of replacement (usually based on fertilizer prices). Repetto and Cruz (1991), for example, used this procedure to assess the value of soil loss in Costa Rica. Such an approximation can provide a useful index of soil damage, but it has several drawbacks. First, the loss of a given amount of nutrients does not produce the same impact on fertility and productivity in all soils and crops; the productivity of a fertile soil may be only slightly altered by nutrient loss, whereas a less fertile soil may be dramatically affected by the very same loss. Second, this approximation does not provide a means of calculating costs and benefits of corrective practices.

According to Lutz, Pagola and Reiche (1994b), very few efforts have been made to measure the economic benefits of soil conservation. Many studies simply compare soil loss figures to the values of tolerance loss in the soil (T values). In theory, these T values give the maximum degree of soil erosion under which crop productivity can be sustained at high levels, economically and indefinitely (Wischmeier and Smith 1978). In practice, these values have little or no economic content; they are set at levels believed to approximate the degree of soil regeneration. Resulting T values are generally treated as constants, despite the fact that full implementation of conservation measures is clearly dependent on the total costs and benefits involved. In any case, these values are not an effective method for calculating what it will cost to attain this or any other objective.

From the economic standpoint, soil erosion can exact both internal and external costs. Losses felt on the eroded land itself are referred to as internal costs, while external costs are expressed outside of eroded areas. Water erosion and wind erosion produce externalities that are mostly negative, such as unwanted deposition of infertile materials resulting from increased erosion in neighboring fields (Tisdell 1991).

erosion; the very same amount of erosion may wreak major damage on productivity in flat oxisol soils in the humid tropics (terrasol).

Farmers will adopt protection measures only if the economic benefits are sufficiently compelling.

Since the 1930s, research in the United States and Australia has focused on quantifying erosion-related production losses. One site in the United States, for example, was shown to have lost four percent of its soil productivity over 30 years (Crosson 1985).

Case studies in Central America and the Caribbean (Lutz, Fagiola and Reiche 1994b) provide interesting data on productivity loss, often felt as rapid declines in crop yield. For example, at the source of water in **Maisade, Haiti**, corn and sorghum yields fell by up to 60 percent over 10 years. The region of **Tatumbla, Honduras** may suffer declines of up to 50 percent in corn yields over 10 years if conservation measures are not taken. Other cases can anticipate less dramatic yield losses. For example, coffee yield in the region of **Barva, Costa Rica** is expected to fall by over 10 percent over 10 years, although this figure may be overstated. In the region of **Tierra Blanca, Costa Rica**, erosion damage to potato yields could easily be offset by small increases in the use of fertilizers. In fact, potato production has shown sustained growth despite high degrees of erosion. Different types of corn may experience highly varying degrees of erosion damage, even within a single area, according to data from **El Naranjal in the Dominican Republic**.

While this subject has been studied extensively in temperate zones (Stocking 1987), very few empirical measurements of the economic consequences of erosion in tropical regions are available (Stocking 1984, Lal 1985, Seckler 1987). Indeed, the magnitude and individual causal factors of soil productivity loss are very difficult to analyze quantitatively because of the highly complex nature of soil systems. Plant growth is the result of many physical and chemical factors in the soil. The specific influence of erosion cannot be isolated easily in this interdependent system of reciprocal causal relationships. Erosion and plant growth interact closely. Such a multi-causal system, characterized by mutual feedback among different processes over long periods of time, are very difficult to analyze and can yield questionable data (Stocking 1987).

Against such a backdrop, it is easy to see why simple measurements of soil removal (t/ha/year) cannot provide a useful foundation for estimating productivity loss with any accuracy. A deep loess soil may experience little or no productivity loss from a particular amount of soil

At a more local level of analysis, the prospect of a technically perfect erosion control project is not, in and of itself, enough to justify implementation, in the absence of a powerful economic motive (Hudson 1977).

National-level analysis by Pearce and Atkinson (1992) attached a monetary value to erosion losses in a number of countries, expressed as a percent of each country's conventional gross domestic product (GDP). A sampling of these erosion damage figures for developing countries includes: Burkina Faso, 3.1 percent; Costa Rica, 1.2 percent; Indonesia, 0.5 percent; Madagascar, 2.3 percent; Malawi, 4.0 percent; Mali, 6.0 percent; Mexico, 1.0 percent; and Nigeria, 3.4 percent. These figures are considerable, but they should be understood in their full context. Specifically, if Mali should take measures for reducing erosion to negligible levels, the GDP would not rise by six percent. The costs of erosion control detract from GDP, and current degrees of erosion damage need to be balanced against the costs of prevention. However, Pearce and Atkinson (1992) suggest that many conservation measures involve eliminating economic distortions such as price controls, subsidies and undefined duties on resources; in such cases, the cost of conservation would be low.

Profitability of Erosion Control

The purpose of integrated systems is to improve overall land use, including water management. Much more than soil conservation, they seek to bring sustainable improvements to the entire production unit, including livestock rearing. The integrated approach in microwatersheds is particularly important for erosion control.

Integrated strategies for erosion control

These measures do not prevent erosion from starting, as their very construction disturbs or destroys the soil structure; the resulting disturbed soil is subject to the negative impact of raindrops. Mechanical structures offer permanent protection, but are very costly. They are justified for steeply sloping hillsides or for protecting a downstream village, intra-structure project, or reserve area. Even in such cases, before mechanical structures are introduced, it is best to find ways of maximizing the use of non-mechanical measures.

- Organic fertilizers and green manure.
- Mulching (covering the soil with plant matter) for soil protection.
- Leaving the land in green fallow to keep the soil covered.
- Agroforestry production systems.
- Minimum tillage or no-till systems.

The goal of these techniques is to maximize soil cover, not only during a single crop year, but all the time. Monocropping systems pose greater risks of erosion, especially in the case of slow-growth crops such as corn and grain legumes. Annual crops, including some grains, tubers and legumes, have also been observed to exert a negative impact on soil structure because they require frequent tilling, which encourages erosion.

In most cases, perennial crops such as fruit trees can help prevent erosion even after they no longer produce fruit. First of all, their permanent shade cover makes a direct, positive contribution to soil structure. In addition, by depositing large amounts of organic matter over the years, they stabilize soil structure and boost water-storage capacity. Both processes reduce erosion.

Mechanical soil conservation measures

"Mechanical" soil conservation offers twofold benefits: it carries rain water away safely, and it protects soil from the effects of wind. Measures include:

- Terracing
- Earth embankments
- Seepage ditches
- Drainage ditches and canals
- Diversion ditches
- Contour tree lines and hedgerows.

- Ditch construction to facilitate percolation.
 - Contour cropping.
 - Mixed crops or relay cropping.
 - Introducing plants, especially legumes, that have deep roots and can provide better cover and protection for the soil, immediately after a site is cleared.
 - Reforesting logged areas.
- Many practices have been developed for conserving and protecting the soil. They can be summarized as follows:

Appropriate erosion control techniques

The planning unit should be a watershed, sub-watershed or micro-watershed. Isolated actions at the farm level will accomplish nothing if neighbors in the same environment are using inappropriate land-use practices. The planning process covers the full gamut from assessment of the geographic site to regional planning. Site assessment includes an ecological description of the land using maps, climatic data, and studies of existing vegetation, so that productivity potential can be identified clearly.

Land-use planning with an environmental perspective

The purpose of soil protection measures is to control erosion so that the land can sustain economic use. The following methods are useful for meeting this objective:

Soil Erosion Control Methods

environment; nor has social benefit been weighed against environmental profitability. Sustainable land management schemes struggle to succeed, not only because of their inherent drawbacks, but because human factors have not received sufficient attention. In fact, if socioeconomic conditions improve, especially among users of the land, soil protection is more likely to prosper.

In the whole process of protecting the soil from erosion, there has not yet been any discussion of the dynamics of change in the socioeconomic

Another factor that can interfere with efforts to implement soil protection measures is the structure and operating capacity of production units. For example, large estates, with their abundant capacity and resources, are much better equipped than small production units to undertake soil conservation measures, but they are the least inclined to adopt such measures, and the land remains underused. At the same time, the rural population in developing countries, faced with a shortage of other sources of income, exerts ever-greater pressure on natural resources, which in turn discourages the introduction of measures to counteract soil erosion.

Some areas are riven by overt conflict between farmers and ranchers, at times with ethnic undertones. In other cases, traditionally symbiotic relations between the two groups are beginning to vanish, or even give way to competition. It is difficult in such circumstances to carry out soil conservation and protection measures. These conflicts seem to be most common in Latin America and Africa.

Individual land ownership also predominates in Latin America, although collective ownership and use can still be found in some areas. For example, native farmers in some parts of the Andean highlands are still oriented primarily toward temporary use of natural resources. Measures for long-term soil protection and use are difficult to introduce under such conditions. In other areas of the same region, however, Inca traditions of soil conservation continue to live on.

Farmers in Asia, by contrast, generally own their land. As owners, they are more willing to take conservation measures to protect their soil. A clear example is the construction and use of terraces for rice and vegetable production in the Philippines.

In Africa, collective land ownership is the norm. As a general rule, farmers have usufruct rights only, and are not easily persuaded to introduce natural resource protection measures with an emphasis on the long term.

Several regional variations on this theme include:

experiences in soil protection

GENERAL CONSIDERATIONS ON SOIL AND SOIL-RELATED PROBLEMS IN DEVELOPING COUNTRIES

General Framework

Several factors play a role in determining the intensity of erosion. In tropical and subtropical zones, the most important are:

- *The potential of precipitation to erode soil (erosiveness).* Rainfall intensity is greater in tropical regions than in moderate climates, and this is a major cause of erosion.

- *The erodibility of soils.* Specific, reliable data are not available to gauge accurately the magnitude of the problem in tropical soils. However, soil erosion phenomena unfold much more rapidly in the tropics than in moderate climates, due primarily to the intensity of rainfall, high temperatures and prevailing types of plant cover.

- *Topography of the land.* Hillside soils are generally more exposed to erosion.

- *Land use.* The extent of plant cover is important for soil conservation. If more of the surface is covered with plants or forests, the impact of falling raindrops is absorbed by plant cover, and the resulting kinetic energy is diminished. Major contributing factors to high rates of soil erosion include the felling of tropical forests, elimination of plant cover and subsequent inappropriate land use.

The land/person ratio plummets with rapid demographic growth, high population density and concentration of human groups on fragile land. This exerts greater pressure on soil resources, and the fallow/crop ratio begins to decline, especially in areas of shifting agriculture. Finally, the time customarily allotted for the land to rest begins to shrink.

At the individual level, land ownership rights and land use rights are issues of highest priority. Tenant farmers and others who work land not their own are not interested in conserving soil. Farmers need to have certainty that they will be able to reap the socioeconomic benefits of introducing erosion control measures.

of the dry season, when winds are especially fierce. Wind erosion is not limited to very dry regions, but can also be found in arid and semi-arid zones subject to natural drought, where sparse plant cover prevents roots from holding the soil. The destructive action of wind is sometimes seen, although with lesser intensity, in moderately or permanently humid zones. The main damage caused by wind erosion, along with soil loss, is depletion of fertility due to the removal of organic matter and nutrients (Ivontchik 1989).

Water erosion, in its most extreme manifestations, can be found in places with high rates of precipitation, especially where hillside crops or production activities predominate, and soil conservation measures are lacking. Even gentle slopes can lose all their soil to surface or sheet erosion. In such cases, all the fine particles (clay, silt and sand fragments) flow into rivulets and streams (rill erosion). As these channels converge, gullies may become deeper, steeper and more erosive (gully erosion), and branch out until the surface of the land is completely destroyed and becomes useless.

In tropical areas, sheet erosion is common and insidious, but gully erosion and rill erosion are more spectacular. Soil loss can range up to 200 to 300 mg/ha/year (Lutz, Pagola and Reiche 1994a), and in extreme cases, 700 mg/ha/year (Derpsch et al. 1988).

Soil erosion has become so acute in such places as Burkina Faso and Ethiopia in Africa and the Aral Sea region in Asia, that human existence itself is now at risk. As the effects spread, out-migration swells. Population density intensifies in receiving areas, and leads to heavy, uncontrolled use of natural resources. Mass movements of refugees, pushed out by the effects of environmental degradation including soil destruction, presage catastrophes of a magnitude that has not yet been fully anticipated.

Tropical regions have developed highly diverse land-use systems, well adapted to local environmental and geographic conditions; some have endured for centuries. Surveys have found many different crop rotation systems in the tropics, and an integral component of these systems is protection against erosion (Richards 1985).

THE IMPORTANCE OF EROSION CONTROL

The need to maintain and protect natural resources is self-evident. This is particularly true for soil, one of the most critical resources for achieving agricultural and forest production with a view to sustainability. The whole discussion of protecting soil from erosion should recognize, first of all, that there is no perfect protection regime under which erosion would be truly negligible. To a greater or lesser degree, the adoption of so-called tolerable levels of destruction provides a way to avoid taking technical erosion control measures.

The United States Soil Conservation Service has prepared practical guidelines for determining soil protection priorities. For example, according to these guidelines, 10 tons of soil loss per hectare is considered acceptable in the United States (Stocking 1987). Naturally, the acceptable level of erosion is lowest on flat terrain.

The environmental decay caused by soil erosion places heavy strains on infrastructure and on society as a whole. The entire community suffers permanent loss when rivers, lakes, dams and ports are silted up, bodies of water become eutrophic, and the supply of drinking water diminishes. There is no question that soil erosion control is a basic prerequisite for effective agricultural and forest production. If present rates of erosion damage continue, soil productivity and soil fertility will decline, necessitating greater use of inorganic fertilizers, herbicides, pesticides and other compensatory measures.

Clearly, erosion is not limited to any one site; it is a process that plagues arid, moist and temperate climates alike. However, erosion and the resulting loss of soil fertility register extreme levels in tropical regions. In particular, fragile, unstable ecosystems are vulnerable to acute breakdown if exposed to severe interventions such as deforestation, overgrazing and agricultural overuse. Natural vegetation serves as mediator between the soil and the rest of the environment, and soil is useful in regulating the energy-water balance; these functions are sharply curtailed if the vegetation itself is damaged and physical and chemical changes take place in the original characteristics of the soil.

Wind erosion is common in regions that experience a dry season. For example, the sandy soils of Equatorial Africa and the light soils of the African savannah particularly feel the effects of erosion toward the end

livestock production. Both productivity and fertility can fall prey to erosion. However, soil productivity is also sensitive to soil destruction, degradation of organic matter, decalcification, destabilization of the soil structure, waterlogging, salinization and greater concentration of toxic substances. Human intervention in the ecosystem, especially on the soil, often brings negative consequences that can be remedied with site-specific measures that will facilitate the formation of new ecosystems.

In this document, *erosion control* means the whole gamut of measures intended to reduce soil erosion. These are measures to counteract the destruction or displacement of soil materials caused by the effect of water, wind or earth movements.

The literature has added the terms *resource conservation* and *appropriate resource management*, to distinguish agricultural and biological components from engineering and earth-moving projects, such as building of terraces and other soil conservation structures. The term *conservation* is used for agronomic and water management measures, which tend to improve soil productivity and can be implemented directly by the farmer. *Appropriate resource management* measures are geared toward sustainable maintenance and use of the principal natural factors of production—soil, water, vegetation and fauna. For the purposes of this document, appropriate resource management will be understood as synonymous with resource protection, thus covering a wide range of measures that may be found in exclusively rural settings or in broad-based projects.

A economic concept that is particularly important for understanding soil erosion is the *externality*, resulting from any activity that produces benefits or exacts costs, both to those directly involved in the activity, and to outside parties. These outside parties may not pay the full cost of benefits they receive (in the case of a positive externality) or be fully compensated for costs they have incurred (when the externality is negative). For example, erosion control measures by upstream farmers in a watershed may improve the land of downstream farmers. If the latter do not pay for these benefits, they have received a positive externality. By contrast, if an upland farmer decides to log the forest, lowland farmers will find their fields clogged with sediment resulting from erosion in the unprotected watershed. Unless they are compensated for the resulting costs, they will have experienced a negative externality.

THE IMPORTANCE OF EROSION CONTROL

The need to maintain and protect natural resources is self-evident. This is particularly true for soil, one of the most critical resources for achieving agricultural and forest production with a view to sustainability. The whole discussion of protecting soil from erosion should recognize, first of all, that there is no perfect protection regime under which erosion would be truly negligible. To a greater or lesser degree, the adoption of so-called tolerable levels of destruction provides a way to avoid taking technical erosion control measures.

The United States Soil Conservation Service has prepared practical guidelines for determining soil protection priorities. For example, according to these guidelines, 10 tons of soil loss per hectare is considered acceptable in the United States (Stocking 1987). Naturally, the acceptable level of erosion is lowest on flat terrain.

The environmental decay caused by soil erosion places heavy strains on infrastructure and on society as a whole. The entire community suffers permanent loss when rivers, lakes, dams and ports are silted up, bodies of water become eutrophic, and the supply of drinking water diminishes. There is no question that soil erosion control is a basic prerequisite for effective agricultural and forest production. If present rates of erosion damage continue, soil productivity and soil fertility will decline, necessitating greater use of inorganic fertilizers, herbicides, pesticides and other compensatory measures.

Clearly, erosion is not limited to any one site; it is a process that places arid, moist and temperate climates alike. However, erosion and the resulting loss of soil fertility register extreme levels in tropical regions. In particular, fragile, unstable ecosystems are vulnerable to acute breakdown if exposed to severe interventions such as deforestation, overgrazing and agricultural overuse. Natural vegetation serves as mediator between the soil and the rest of the environment, and soil is useful in regulating the energy-water balance; these functions are sharply curtailed if the vegetation itself is damaged and physical and chemical changes take place in the original characteristics of the soil.

Wind erosion is common in regions that experience a dry season. For example, the sandy soils of Equatorial Africa and the light soils of the African savannah particularly feel the effects of erosion toward the end

A economic concept that is particularly important for understanding soil erosion is the *externality*, resulting from any activity that produces benefits or exacts costs, both to those directly involved in the activity, and to outside parties. These outside parties may not pay the full cost of benefits they receive (in the case of a positive externality) or be fully compensated for costs they have incurred (when the externality is negative). For example, erosion control measures by upstream farmers in a watershed may improve the land of downstream farmers. If the latter do not pay for these benefits, they have received a positive externality. By contrast, if an upland farmer decides to log the forest, lowland farmers will find their fields clogged with sediment resulting from erosion in the unprotected watershed. Unless they are compensated for the resulting costs, they will have experienced a negative externality.

The literature has added the terms *resource conservation* and *appropriate resource management*, to distinguish agricultural and biological components from engineering and earth-moving projects, such as building of terraces and other soil conservation structures. The term *conservation* is used for agronomic and water management measures, which tend to improve soil productivity and can be implemented directly by the farmer. *Appropriate resource management* measures are geared toward sustainable maintenance and use of the principal natural factors of production—soil, water, vegetation and fauna. For the purposes of this document, appropriate resource management will be understood as synonymous with resource protection, thus covering a wide range of measures that may be found in exclusively rural settings or in broad-based projects.

In this document, *erosion control* means the whole gamut of measures intended to reduce soil erosion. These are measures to counteract the destruction or displacement of soil materials caused by the effect of water, wind or earth movements.

Both productivity and fertility can fall prey to erosion. However, soil productivity is also sensitive to soil destruction, degradation of organic matter, decalcification, destablization of the soil structure, waterlogging, salinization and greater concentration of toxic substances. Human intervention in the ecosystem, especially on the soil, often brings negative consequences that can be remedied with site-specific measures that will facilitate the formation of new ecosystems.

Soil erosion is the process of soil loss due to the action of water or wind. This process may be either natural or induced by human activity, and tends to increase when land use is intensified to boost agricultural or

Soil productivity is a broader concept than soil fertility. A productive soil is certainly fertile, but a fertile soil is not necessarily productive. One accepted definition states that *productive soil* possesses chemical, physical and biological conditions that are favorable for the economic production of crops in a particular area (Soil Science Society of America 1987).

This document will use the simplest, most widely accepted definition of *soil fertility* found in the literature: the ability of the soil to provide essential nutrients for plant growth (Soil Science Society of America 1987). Through natural processes, the soil has developed greater or lesser degrees of fertility, depending on the type of geological formation underlying each soil (the soil bedrock), climatic conditions during the process of formation, organisms involved in the process (including vegetation), the topography of the land, and the duration of the weathering process. Soil characteristics that determine fertility are also affected in different ways by the type of agricultural operation involved.

Definitions

This document will focus entirely on soil resources and on the importance of protecting them from erosion, especially in agricultural and forestry production zones of developing countries in Latin America, Africa and Asia. It will examine several current experiences resulting from technical assistance that grew out of bilateral international cooperation. It also outlines possibilities for strengthening current initiatives in the future, on the basis of findings described herein. The document will be useful in the process of identifying, planning, carrying out and evaluating projects for conserving and protecting soil. Thus, its purpose is to help technical specialists, planners, researchers and decision-makers develop a better basis for judgment and bring a greater critical capacity to bear on different types of problems and solutions, and encourage them to discuss the issue much more.

Objectives

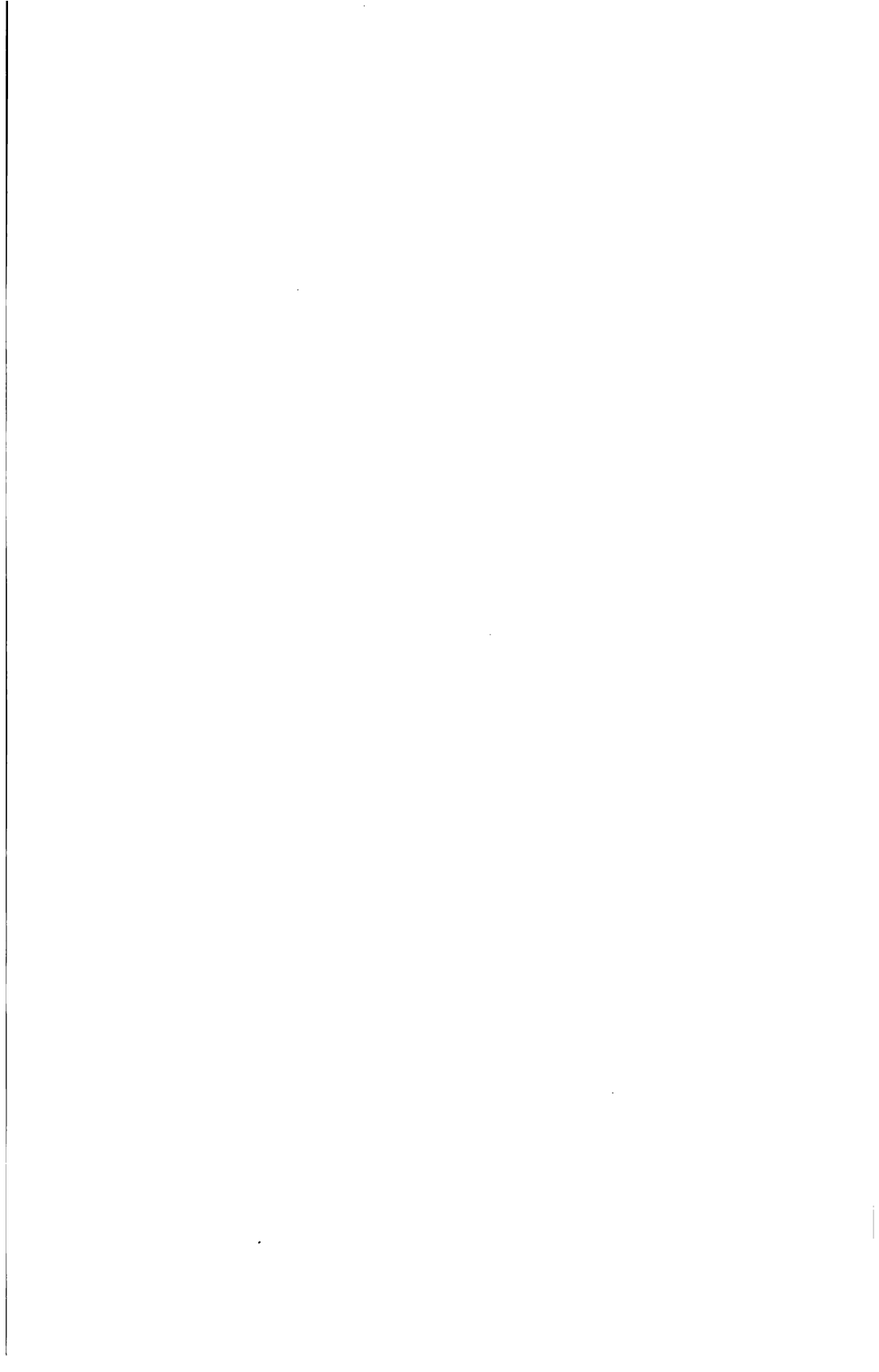
INTRODUCTION

experiences in soil protection

P-NGO	Swiss Program for Cooperation with Nongovernmental Organizations
TAC	Technical Advisory Committee (CGIAR)
UNEP	United Nations Environment Program
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
USAID	United States Agency for International Development
WASWC	World Association for Soil and Water Conservation

PASOLAC	Program for Sustainable Hillside Farming in Central America
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
ILCA	International Livestock Center for Africa
ITA	International Institute for Tropical Agriculture
IMI	International Irrigation Management Institute
IICA	Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture
ICRISAT	International Crop Research Institute for the Semi-arid Tropics
ICRAF	International Council for Research in Agroforestry
IBSRAM	International Board for Soil Research and Management
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit
FAO	United Nations Food and Agriculture Organization
COSUDE	Swiss Development Cooperation
CIMMYT	International Maize and Wheat Improvement Center
CIAT	International Center for Tropical Agriculture
CGIAR	Consultative Group on International Agricultural Research
CARE	Cooperative for American Relief Everywhere
ASDI	Swedish International Development Agency

ACRONYMS



This publication would not have been possible without the important collaboration of the IICA/GTZ Project staff and IICA's Editorial Service. Special thanks go to Gabriela Chaves for her support in typesetting the text and to Pastora Hernández for coordinating the production of this document.

The authors would like to thank those colleagues who inside and outside of IICA reviewed this document and contributed to its development.

ACKNOWLEDGMENTS



CONTENTS

ACKNOWLEDGMENTS	v
ACRONYMS	vii
INTRODUCTION	1
Objectives	1
Definitions	1
THE IMPORTANCE OF EROSION CONTROL	3
GENERAL CONSIDERATIONS ON SOIL AND SOIL-RELATED PROBLEMS IN DEVELOPING COUNTRIES	5
General Framework	5
Soil Erosion Control Methods	7
Profitability of Erosion Control	9
Erosion Control Strategies	12
Target Groups for Erosion Control	14
EXPERIENCES, POTENTIALS AND CONSTRAINTS	17
Experiences	17
Potentials and Constraints	20
RECOMMENDATIONS FOR COOPERATION	23
Specific Project Recommendations	23
Specific Recommendations for the Sector	25
Spheres of Action	26
Research Priorities	28
BIBLIOGRAPHY	31

© Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture (IICA) / Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.
September, 1997.

All rights reserved. Reproduction of this book, in whole or in part, is prohibited without the express authorization of IICA and GTZ.

The ideas and interpretations expressed in signed articles must be attributed to the authors, and do not necessarily reflect those of IICA and/or GTZ.

IICA's Editorial and Language Services Unit was responsible for the stylistic revision, editing and translation of this publication, and IICA's Print Shop for its layout and printing.

Series editor: Maximo Araya.
Cover art: Claudia Eppelin.

Carls, Jürgen
International experiences in soil protection / Jürgen Carls, Carlos Reiche, Mario Jauregui. - San Jose, C.R. : Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture (IICA) : Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), 1997.
viii, 35 p. : 23 cm. - (Discussion Papers Series on Sustainable Agriculture and Natural Resources / IICA, ISSN 1027-2623 ; no. A1/SC-97-02; no. 4)
ISBN 92-9039-325 4
1. Erosion. 2. Conservación de suelos. I. Reiche, Carlos. II. Jauregui, Mario. III. IICA. IV. BMZ/GTZ. V. Título. VI. Serie.
Agtris P36
Dewey 333.72

DISCUSSION PAPERS SERIES
ON SUSTAINABLE AGRICULTURE
AND NATURAL RESOURCES

ISSN-1027-2623
A1/SC-97-02

September, 1997
San Jose, Costa Rica

**IICA/GTZ Project on Agriculture,
Natural Resources and Sustainable Development**

**JÜRGEN CARLS, CARLOS REICHE,
MARIO JAUREGUI**

**INTERNATIONAL EXPERIENCES
IN SOIL PROTECTION**



IICA

4

