

MAP

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA

Dirección de Suelos
División Uso y Manejo del Agua

IICA

INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA

Oficina en Uruguay

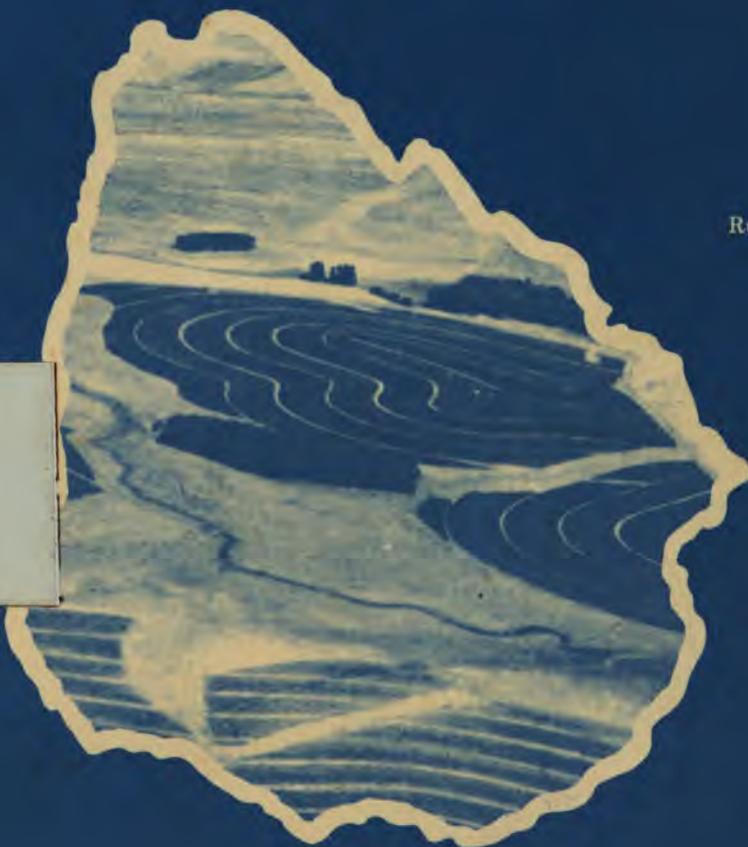
INC

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZACIÓN

Plan Preliminar de Colaboración Recíproca en Relación al Tema de Conservación de Tierras y Aguas en el Uruguay

UNA METODOLOGÍA PARA EVALUAR LA CAPACIDAD DE USO DE LAS TIERRAS

PRIMEROS RESULTADOS



Ruben Puentes

IICA
F28
24

Montevideo, Uruguay
1983

002309

002309



IICA-CIDIA

IICA
F28
24

29 JUN 1981

MAP

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA

Dirección de Suelos
División Uso y Manejo del Agua

IICA

**INSTITUTO INTERAMERICANO DE
COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA**

Oficina en Uruguay

INC

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZACIÓN

**Plan Preliminar de Colaboración Recíproca en Relación al Tema
de Conservación y Manejo de Tierras y Aguas en Uruguay.**

**UNA METODOLOGÍA PARA EVALUAR
LA CAPACIDAD DE USO DE LAS TIERRAS**

PRIMEROS RESULTADOS

RUBEN PUENTES*

* Ing. Agr. (M.Sc.), Sub-Director de la División Suelos D.S./MAP.

00006811

ABSTRACT

PUENTES, Ruben (1983)

“Una metodología para evaluar la capacidad de uso de las tierras: primeros resultados” (A methodology to evaluate land use capability: preliminary results). Plan Preliminar de Colaboración Recíproca en Conservación y Manejo de Tierras y Aguas en el Uruguay MAP - IICA Montevideo.

The Universal Soil Loss Equation (U.S.L.E.) is discussed in terms of its potential usefulness for estimating land use capability in Uruguay. K and T values for Uruguayan soils are listed. Six main land use alternatives are evaluated.

A general methodology is proposed. Dominant soils from the national reconnaissance soil survey are classified according to the procedure outlined.

Limitations of the approach are discussed.

Keywords: Uruguayan soils, Universal Soil Loss Equation, Land Use Capability, erosion, erodibility.

PRESENTACIÓN

El uso de la tierra de acuerdo a su capacidad es el primer paso hacia una agricultura racional y un requisito imprescindible en todo proyecto de sistema de producción donde se considere el mantenimiento del nivel de productividad del recurso en el largo plazo.

La elaboración de un esquema de capacidad de uso de la tierra, adecuado a las condiciones de suelo, topografía y clima y a las modalidades de uso y nivel tecnológico de cada país, es una tarea complicada sobre todo cuando la base experimental es escasa.

En esta oportunidad el Ing. Puentes presenta una evaluación de la capacidad de uso de los suelos del país a escala de reconocimiento. Específicamente, se clasifican los 120 perfiles representativos de los suelos dominantes de las Unidades de Suelos descritas en el Relevamiento de Reconocimiento hecho por la Dirección de Suelos en 1979.

La metodología utilizada en este trabajo consistió en calcular la pérdida de suelo que se produciría en cada suelo dominante al aplicar en él, cada una de seis alternativas agrícolas de potencialidad erosiva diferente. La capacidad de uso queda indicada por aquellas alternativas que resultan en una pérdida de suelo inferior a un valor tolerable prefijado para esa Unidad.

El cálculo de la pérdida de suelo por hectárea y por año fue realizado mediante la relación empírica propuesta por Wischmeier y Smith (1965) utilizándose para ello los índices de erosividad de lluvias (R) determinados por Pannone y otros para el Uruguay (1983) y los valores de erodabilidad de la tierra (K) calculados según el nomograma de Wischmeier et. al. (1971). Con respecto a los otros cuatro factores de la ecuación referida, los correspondientes a longitud de ladera (L) y pendiente (S) fueron calculados según su valor en terreno y los factores cultivo (C) y prácticas de conservación (P) fueron consolidados en su producto CP cuyo valor fue calculado —para cada una de las alternativas agrícolas ya referidas— entre 0,52 para una agricultura tradicional de alta potencialidad erosiva y 0,013 para praderas naturales con 80% de cobertura.

La Dirección del Área Sur y los Especialistas del Programa de Conservación y Manejo de Tierras y Aguas del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, se complacen en colaborar en la publicación de este trabajo que coloca a disposición de los Ingenieros Agrónomos del país, una nueva metodología para la determinación aproximada del uso más racional o capacidad de uso de los suelos de una unidad de producción agrícola, implementando con ello un elemento más para la formulación y puesta en práctica del Plan Nacional de Conservación de Suelos de Uruguay.

Emilio Montero
Director
Área Sur y Oficina IICA/Uruguay

Montevideo, Julio de 1983.

TABLA DE CONTENIDO

	<i>Pág.</i>
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS	9
INTRODUCCIÓN	11
LA ECUACIÓN UNIVERSAL DE PÉRDIDAS DE SUELO	13
MATERIALES Y MÉTODOS	15
— Los Suelos	15
— Los parámetros de la ecuación	15
— El factor lluvia	15
— El factor erodabilidad del suelo	16
— Las alternativas de uso	17
— Pérdidas tolerables	20
— Procedimiento para evaluar riesgo de erosión	20
— Procedimiento para evaluar capacidad de uso	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
— Erodabilidad de suelos y límites de tolerancia	23
— Riesgo de erosión de las unidades de mapeo	30
— Capacidad de uso	30
CONCLUSIONES	43
LITERATURA CITADA	45



LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

	<i>Pág.</i>
TABLA No. 1: Valores del índice EI_{30} (promedios anuales) para varias localidades del país (de Rovira et al, 1982; y Pannone et al, 1983) . . .	16
TABLA No. 2: Alternativas de uso de la tierra elegidas para la evaluación, y valores para el producto $C \times P$	19
TABLA No. 3: Clasificación, índices de erodabilidad (K), y límites de tolerancia (T) para perfiles seleccionados de la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay	24
TABLA No. 4: Comparación de pérdidas de suelo computadas por la Ecuación Universal y el riesgo de erosión de acuerdo a los técnicos de la D.S.	31
FIGURA No. 1: Nomograma para resolver la ecuación para erodabilidad del suelo (K), modificado del de Wischmeier et al, (1971)	18
FIGURA No. 2: Pérdidas de suelo promedio anuales (A, en ton/ha-año) para un suelo dominante de la Unidad Algorta, para el rango más común de pendientes, para seis niveles de intensidad de uso, computadas por la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo	22



UNA METODOLOGÍA PARA EVALUAR LA CAPACIDAD DE USO DE LAS TIERRAS

PRIMEROS RESULTADOS

INTRODUCCIÓN

Muchos intentos de desarrollar programas de conservación de suelos han culminado en fracasos. Aún en el mejor de los casos, como puede ser el ejemplo de los Estados Unidos, donde opera el servicio de conservación más sofisticado y con más recursos del mundo, la erosión está lejos de haber sido controlada. Simplemente se ha desacelerado su avance (Held y Clawson, 1965). Entre las causas de estos fracasos, que son múltiples y que generalmente involucran factores económicos y sociales, está también la falta de información sobre el grado en que están operando determinados procesos erosivos, efectividad de distintos manejos, y riesgo en diferentes suelos. Sin este apoyo, el programa surge con un elemento de incertidumbre que es peligroso. Y toda esta información debe ser lograda a través de proyectos de investigación de apoyo al programa de conservación.

Si bien imprescindible, un plan completo de investigación en este campo es muy costoso en dinero y en recursos humanos; además siempre son proyectos a largo plazo. En vista de las necesidades inmediatas que tenemos debemos complementarlo, y la alternativa más viable es tratar de extraer el mayor provecho posible al enorme volumen de información existente, proveniente de áreas similares a la nuestra, sobre todo en lo referente a principios generales, supuestamente de validez universal, que servirán de base para establecer algunas líneas prioritarias de investigación nacional.

Por supuesto, este enfoque tiene limitaciones e involucra riesgos porque nunca las condicionantes ecológicas, económicas y políticas van a ser idénticas, lo que significa que muchas de las alternativas técnicas que se ofrecen no sean soluciones para nuestro problema y debemos finalmente desarrollar nuevas alternativas, adaptadas a la región, sobre la base de aquellos principios generales de valor más universal.

Una necesidad concreta es la de establecer pérdidas por erosión para diferentes manejos y distintos suelos, como fundamento para establecer la capacidad de uso de los mismos. Estas pérdidas pueden medirse experimentalmente, o bien, predecirse con modelos.

La medición experimental clásica se ha realizado en parcelas de escurri-

miento. Es un método que requiere plazos largos y numerosas repeticiones para obtener resultados confiables: es por lo tanto, un método costoso. La recolección de datos se puede acelerar con el uso de técnicas de simulación de lluvias, más aún, se puede ir a un programa de micro-parcelas no permanentes, con un simulador de lluvia portátil, aumentando considerablemente la eficiencia de los recursos invertidos en el programa, aunque se pierda cierto grado de exactitud.

Sin embargo, aún empezando los proyectos inmediatamente, estos demorarían algún tiempo en suministrar información. Mientras tanto, y habiéndose cumplido ya una parte importante de la primera etapa concientizadora del Programa de Conservación, se hace ya imperioso profundizar en la etapa concreta de acción, evaluando y ofreciendo soluciones específicas, para lo cual, esa información referente a pérdidas relativas y a capacidad de uso es básica. Entonces cabe considerar el segundo enfoque, que no es sustitutivo sino complementario de las mediciones, y que es el de predecir las pérdidas con modelos.

Los modelos generan una cierta resistencia, ya que generalmente se piensa en ecuaciones complicadas y computadoras. Sin embargo, hay modelos de predicción muy simples, algunos que se remontan a la década de los cuarenta, cuando todavía muy poca gente manejaba el concepto de modelos como actualmente. Es cierto que hay algunos muy complicados, a pesar de lo cual no se ha logrado ninguno que reúna los atributos de exactitud, facilidad de aplicación con un mínimo de datos, capacidad para detectar variaciones provocadas por cambios en las prácticas de manejo y de aplicación universal.

Existen modelos físicos, modelos por analogía y modelos matemáticos, éstos últimos, los más usados. Entre ellos, y en términos de escala de información, están los modelos determinísticos, donde el sistema se considera bien conocido y libre de variación al azar, los modelos estocásticos, donde, por el contrario, los sub-procesos se encaran de acuerdo a una distribución probabilística, y finalmente, los modelos paramétricos, donde ciertas propiedades del suelo, de la cuenca y del clima se caracterizan numéricamente y se vinculan en una ecuación o en un sistema de ecuaciones. Son aproximaciones empíricas, formuladas generalmente por análisis de regresión múltiple, y como tales, su principal limitante es la de universalidad en su aplicación. La llamada "Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo" (Wischmeier y Smith, 1978) es, sin lugar a dudas, el modelo más usado actualmente aunque a pesar de su denominación, dista bastante de presentar carácter universal.

Antes de continuar, cabe una reflexión acerca del uso de modelos. Estos

constituyen una herramienta, no un fin en sí mismos, y por eso hay que evitar convertirse en esclavos del modelo. Constituyen un marco ideal para organizar el conocimiento, pero sus alcances cuantitativos no deben sobrevalorarse, y cuando el resultado difiere de la realidad, el modelo debe re-analizarse buscando la causa y modificarse o, eventualmente, abandonarse.

LA ECUACIÓN UNIVERSAL DE PÉRDIDAS DE SUELO

La Ecuación Universal, en principio sumamente sencilla, computa las pérdidas de suelo por erosión laminar o en pequeños surcos en base a seis factores que simplemente se multiplican:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

donde:

- A: es la pérdida de suelo computada para un determinado período de tiempo o probabilidad, por unidad de superficie.
- R: es el parámetro que representa el poder erosivo de las lluvias para una determinada región.
- K: es el factor erodabilidad del suelo, que se puede medir experimentalmente o bien estimarse en función de propiedades del perfil.
- L y S: son factores topográficos: longitud y gradiente de la pendiente.
- C: es un factor de manejo y cobertura del suelo, para condiciones específicas, y
- P: es el factor que pondera alguna práctica especial de conservación utilizada.

Otro parámetro muy importante, que si bien no aparece en la ecuación se necesita para su aplicación práctica, es la pérdida tolerable (T). Esta es el nivel máximo de erosión que permitiría mantener en forma económica y sostenida un buen nivel de productividad. Estos niveles de tolerancia no son los máximos para cada año en el sistema de producción, sino promedios anuales calculados para la duración de la rotación del sistema.

Es necesario conocer bien algunas limitaciones del modelo para no cometer errores en su aplicación. Aparte del problema de su falta de universalidad

ya comentado, hay que considerar que:

- la ecuación predice pérdidas promedio en períodos largos de tiempo, no las pérdidas de un determinado año o tormenta.
- la ecuación predice pérdidas debidas a erosión laminar o en pequeños surcos, pero es incapaz de ponderar pérdidas por erosión en cárcavas.

Entre los usos principales del modelo tenemos:

- predecir las pérdidas de suelo para una chacra o ladera, bajo determinado manejo.
- como guía para seleccionar prácticas de conservación que mantengan las pérdidas por debajo del valor T, y estimar el efecto de un cambio en el uso y manejo del suelo.
- determinar las máximas pendientes que pueden ser incorporadas a cultivos bajo un manejo determinado en un cierto suelo.
- como herramienta en extensión y en investigación.

Un programa de investigación con parcelas de escurrimiento que se propusiese cubrir todos estos aspectos es el ideal pero sería prohibitivo por su costo para los recursos que actualmente se disponen en nuestros institutos de investigación. La Ecuación Universal es una herramienta que nos da estimaciones, que consideradas con la cautela debida, resultan un soporte útil para el Programa de Conservación, a falta de datos experimentales.

La Ecuación fue creada originalmente para áreas agrícolas del centro y noreste de los Estados Unidos. Por supuesto que su transferencia a una nueva región geográfica implica ciertos riesgos, pero no necesariamente constituye un error si se evalúan correctamente las similitudes y diferencias en clima, suelo, topografía, y uso de la tierra. En áreas tropicales, por ejemplo, su valor predictivo es muy limitado, pero su aplicación en nuestro país ofrece una interesante perspectiva.

Los objetivos de este trabajo son:

1. Discutir las posibilidades y limitaciones de la Ecuación Universal de Pérdida de suelo para las condiciones de nuestro país.
2. Elaborar un esquema para la computación de los factores de la Ecuación adaptado a nuestras condiciones y disponibilidad de datos.
3. Aplicar dicho esquema para evaluar la capacidad de uso de los suelos del país a una escala de reconocimiento

MATERIALES Y MÉTODOS

Los suelos

Los suelos utilizados para la evaluación fueron 120 perfiles representativos de los suelos dominantes del Relevamiento de Reconocimiento (1:1.000.000) (D.S.F., 1979), la mayoría de los cuales coinciden con los descritos en el Apéndice*.

Los parámetros de la ecuación

De los parámetros de la Ecuación, aquellos referentes a cultivos, manejo y prácticas de conservación (C y P) se computan de acuerdo al esquema original (Wischmeier y Smith, 1978). Existen tablas, que cubren cientos de combinaciones de cultivos, secuencias, métodos de laboreo, manejo de residuos, rendimientos, etc. Mientras no se obtenga información local, parece la solución más apropiada utilizar dichas tablas. Un criterio similar se siguió para los factores topográficos (L y S) excepto para pendientes menores de 3%, en donde las pérdidas computadas según la ecuación estarían sobrevaloradas. Se procedió a corregirlas siguiendo un criterio similar al utilizado por Murphree y Mutchler (1981). En principio pues, los problemas de adaptación se centralizaron en los factores erosividad de la lluvia (R) y erodabilidad del suelo (K), que necesariamente deben ser determinados localmente.

El factor lluvia (R)

Para la evaluación del factor erosividad de la lluvia (R) para nuestras condiciones, existe un primer estudio realizado por Koolhaas (1977 y 1980) que analiza registros pluviográficos de la Estación Meteorológica de El Prado, utiliza una ecuación empírica para extrapolar los valores a otras áreas del país (Wischmeier, 1962) y produce un mapa de isoerodentas o sea líneas que unen puntos de igual erosividad de la lluvia. La metodología utilizada para analizar las bandas de pluviógrafo no se ajusta exactamente al procedimiento original descrito por Wischmeier (1959) y los índices de erosividad estarían subvalorados (Rovira et al, 1981)**.

Posteriormente se realizaron nuevas evaluaciones de este factor (Rovira et al, 1981 y 1982), y en base a estos nuevos estudios, Pannone et al (1983)

* D.S.— MAP (1982) Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay III: Descripción de las Unidades de Suelos (Apéndice).

** Esta carta de isoerodentas fue utilizada por Puentes (1981) para evaluar capacidad de uso. Los sistemas de producción que resultan de la aplicación de la Ecuación Universal en ese trabajo aparecen como poco conservacionistas en algunas áreas del país.

presentan una nueva carta de isoerodentas. Los índices obtenidos son sensiblemente mayores a los presentados por Koolhaas, y son los que se utilizan en este trabajo. (Tabla 1).

Tabla 1

**VALORES DEL ÍNDICE EI₃₀* (PROMEDIOS ANUALES)
PARA VARIAS LOCALIDADES DEL PAÍS
(DE ROVIRA ET AL, 1982 Y PANNONE ET AL. 1983)**

Montevideo	Rivera	P. de los Toros	
382	930	610	
Estanzuela	B. Unión	Paysandú	T. y Tres
525	642	709	466

El factor erodabilidad del suelo (K)

En cuanto a la erodabilidad del suelo, se investigó como se obtuvieron los valores K para los suelos de Estados Unidos. Los primeros índices se lograron experimentalmente, pero fueron solamente siete suelos. Luego se evaluaron otros 23 tipos, y sobre esta base experimental se asignaron subjetivamente valores K para cientos de series.

Paralelamente se investigó la relación del K experimental con ciertas propiedades del suelo, y se llegó a establecer una ecuación y un nomograma (Fig. 1) para resolver K en función de 4 propiedades básicas que explican más del 90% de la variación medida de K en una serie amplia de suelos (Wischmeier et al, 1971).

Estas propiedades son:

- distribución del tamaño de partículas del horizonte superficial
- porcentaje de materia orgánica
- su estructura
- la permeabilidad del perfil

Este esquema original de Wischmeier et al (1971) que es el que se utiliza actualmente en USA, fue llevado al sistema métrico, y tentativamente modificado (Puentes, 1981) para adaptarlo a las condiciones de suelos del país

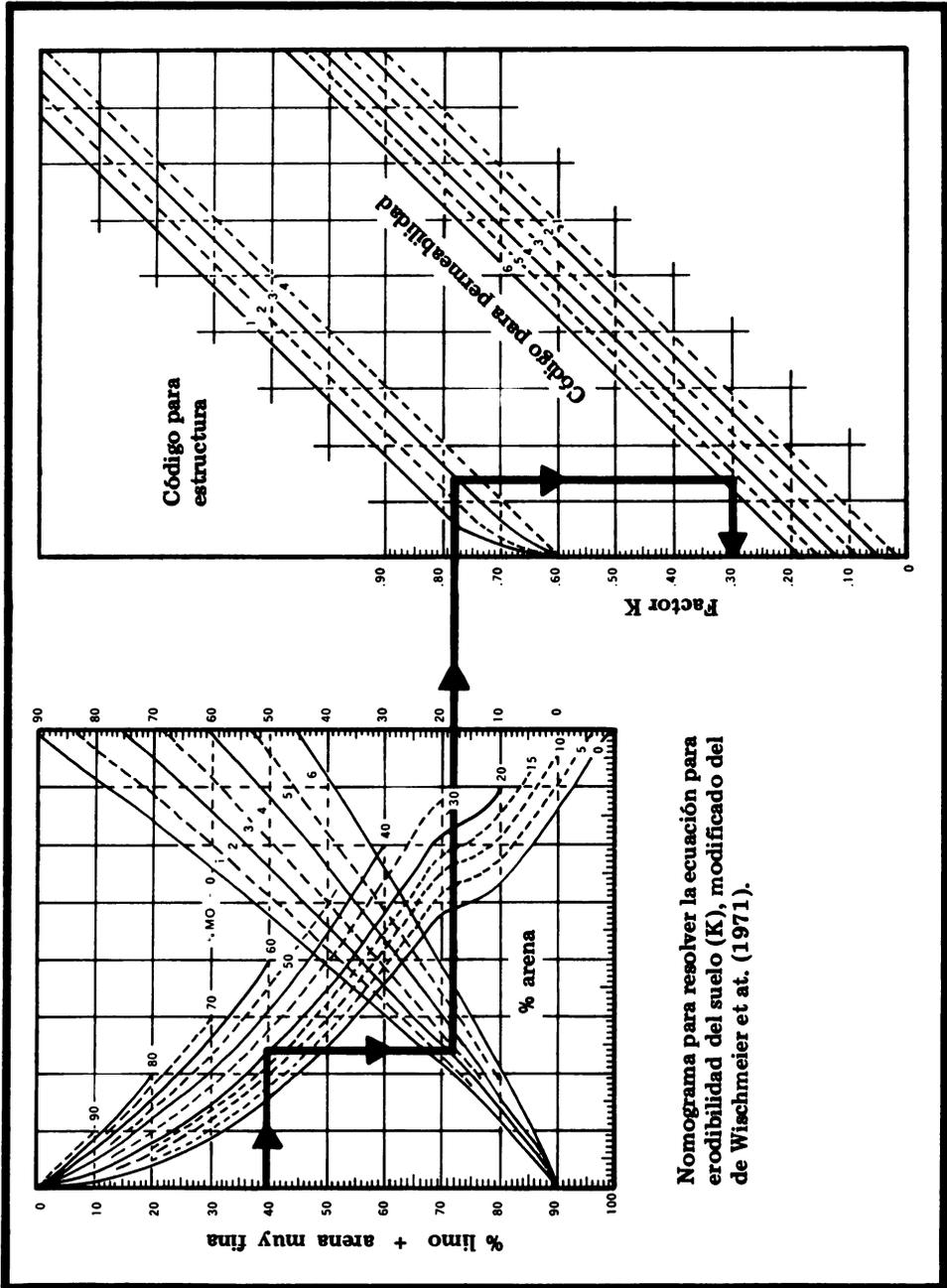
* El índice EI₃₀ es una combinación de la energía cinética de la lluvia y de la máxima intensidad en 30 minutos (Wischmeier, 1959) que se utiliza corrientemente para evaluar el parámetro R en regiones de clima templado.

y a nuestra disponibilidad de datos. Las modificaciones propuestas incluyen:

1. Aumentar de 4 a 6% el límite máximo de materia orgánica que influiría favorablemente en la resistencia a la erosión;
2. Utilizar datos de estabilidad estructural disponibles (Cayssials y Bak, 1974) en lugar de usar simplemente una codificación a partir del tipo y tamaño de los agregados; y
3. Para el caso particular de los Vertisoles, modificar el código original de permeabilidad, utilizando un factor variable en función del contenido de humedad del suelo, estimado groseramente de acuerdo a la época del año.

Las alternativas de uso

Se evaluaron seis alternativas tratando de cubrir un rango amplio de intensidades de uso de la tierra, desde cultivos continuos, con laboreo tradicional en un extremo, hasta campos naturales en el otro. Se incluyen además cultivos en contorno con fajas empastadas, laboreo reducido y rotaciones cultivos-pasturas. El cultivo elegido fue soja pues sería intermedio en cuanto a protección del suelo entre trigo y maíz. Para cada alternativa de uso se computaron los factores C y P de acuerdo a la metodología original (Wischmeier y Smith, 1978) y a la distribución mensual del poder erosivo de lluvias en el país (Rovira et al, 1981) (Tabla 2).



Nomograma para resolver la ecuación para erodibilidad del suelo (K), modificado del de Wischmeier et al. (1971).

Figura 1.— La flecha indica como obtener el valor K para un suelo con 40% de limo + arena muy fina, 20% de arena fina o más gruesa, 3% de materia orgánica, estabilidad estructural media a baja en el horizonte superficial, y lenta permeabilidad.

Tabla 2

**ALTERNATIVAS DE USO DE LA TIERRA
ELEGIDAS PARA LA EVALUACIÓN Y VALORES
PARA EL PRODUCTO C x P**

Alternativa	Descripción	C x P
A	Agricultura tradicional — Cultivo continuo en línea — bajo nivel de fertilización — residuos de cosechas eliminados — laboreo convencional sin seguir contorno	0.52
B	Cultivos continuos con manejo conservacionista — Cultivo contínuo en línea — Residuos de cosecha eliminados — Laboreo en contorno con fajas buffer empastadas	0.23
C	Cultivos continuos con manejo conservacionista y laboreo reducido — Cultivo continuo en línea — Laboreo con cincel y excéntrica o laboreo reducido similar — Manejo de los residuos de cosecha: 10% de cobertura después de la siembra — Operaciones en contorno y fajas buffer empastadas	0.19
D	Sistema con rotaciones — Rotación incluyendo 4 años de mezcla leguminosa-gramínea y 2 años de cultivo en líneas — Laboreo convencional sin seguir contorno	0.15
E	Sistema con rotaciones y manejo conservacionista — Rotación incluyendo 4 años de mezcla leguminosa-gramínea y 2 años de cultivo en líneas — Laboreo convencional — Operaciones en contorno y fajas buffer empastadas	0.07
F	Pasturas Naturales — 80% de cobertura	0.013

Pérdidas Tolerables (T)

El criterio utilizado para asignar las máximas pérdidas por erosión tolerables se basa en el usado corrientemente por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (Logan, 1977), adaptado a las condiciones de suelos de nuestro país (Puentes, 1981). Las pérdidas tolerables varían entre 2 y 12 ton/Há-año, en base a:

- conservar una profundidad adecuada de suelo productivo
- evitar el desarrollo incipiente de cárcavas
- evitar pérdidas de nutrientes vía escurrimiento

Procedimiento para evaluar riesgo de erosión

Usando la Ecuación Universal, se determinó para cada suelo un rango de pérdidas (E) en condiciones extremas de manejo: tierra mantenida en barbecho desnudo continuo (C = 1) con laboreo en el sentido de la pendiente (P = 1), donde:

$$E = R \times K \times L \times S$$

Los valores E para cada suelo comprenden un rango de pérdidas (en ton/Há-año) ya que en cada caso se tomó el rango más común de pendientes en que ese suelo ocurre (rango en valor S).

Los valores E representarían una estimación del riesgo de erosión de la tierra (comprendiendo clima, suelo y topografía), el cual aparece como muy conveniente para establecer comparaciones relativas entre diferentes unidades de mapeo en cualquier levantamiento.

Procedimiento para evaluar la capacidad de uso de la tierra

El primer requisito de todo sistema de conservación es la utilización de la tierra de acuerdo a su capacidad de uso, de ahí que sea de suma utilidad el establecer criterios para determinar la máxima intensidad de uso a que puede someterse la tierra (para mantener las pérdidas por erosión por debajo de los niveles T) - Con este objetivo, nuevamente se utiliza la Ecuación Universal. Para ello ahora se introducen factores de manejo, cultivos y cobertura vegetal (C) y prácticas de conservación (P).

El procedimiento consiste en computar para cada unidad, las pérdidas de suelo (A) en el rango más común de pendientes y para las seis alternativas de manejo elegidas.

FIGURA 2. Pérdidas de suelo promedio anuales (A, en ton/ha-año) para un suelo dominante de la unidad Algorta, para el rango más común de pendientes, para seis niveles de intensidad de uso, computadas por la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo. La región sombreada indica las pérdidas tolerables ($A < T$).

Suelo: Argisol Dístrico Melánico Ar h.
 R promedio: 700
 K: 0.20
 Rango común de pendientes: 3 - 5 %
 T: 7 ton/ha-año

Alternativa de uso	Pendientes (%)					
	1	2	3	4	5	6
A			30	47	70	
B	A > T		13	21	31	
C			11	17	25	
D			9	13	20	
E			4	6	9	
F	A < T		0.7	1.2	1.7	
E = R x K x L x S			57.4	89.6	134.4	

$$A = E \times C \times P$$

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

Se utilizan los factores C y P estimados para cada una de las seis alternativas seleccionadas (Tabla 2.) Los valores A obtenidos (en ton/ha-año) se comparan con los valores de tolerancia (T) establecidos para cada suelo (Figura 2). El rango de alternativas o intensidad de uso recomendable para mantener la erosión por debajo de los límites tolerables, estaría dado por aquellos valores de A menores que T.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Erodabilidad de suelos (K) y límites de tolerancia (T)

La Tabla 3 muestra los valores para erodabilidad (K) de los perfiles seleccionados, de acuerdo al nomograma. También incluye los límites de tolerancia (T) establecidos de acuerdo a las pautas previamente discutidas.

Los valores para el factor K varían entre 0.01 y 0.88, lo que muestra la gran variabilidad que existe en susceptibilidad a la erosión para los suelos de nuestro país. Exclusivamente para los Vertisoles y por la influencia del agrietamiento en el escurrimiento, se listan dos valores, que representarían la erodabilidad durante períodos con suelo seco, teóricamente en el verano (el K menor) y para períodos con suelo húmedo, teóricamente en el invierno (el K mayor). La validez de los K asignados a los Vertisoles se discute en la próxima sección.

Los valores K listados podrían ser usados como una aproximación de la erodabilidad de un miembro representativo (un solo perfil) de las unidades taxonómicas y de mapeo seleccionadas. Sin embargo, es importante establecer que, tanto al nivel de unidad taxonómica elegida (familia) como al nivel de unidad de mapeo de la carta analizada (asociación de familias), se admite - y, de hecho existe- considerable variabilidad en diversas propiedades del suelo, muchas de las cuales tienen capital influencia en la erodabilidad. Tal es el caso de la distribución del tamaño de partículas en el horizonte superficial. Esto implica un rango de valores K para cada miembro, y el valor K listado en la Tabla 3 simplemente está dentro de ese rango, pero ni siquiera puede ser tomado como la media. Podría sí ser usado a falta de datos analíticos, para suelos similares, pero cuando estos datos están disponibles, deberán usarse para computar un valor K más confiable por medio del nomograma.

Otra aclaración es que los valores K listados corresponden, en su gran mayoría a condiciones de campo natural. El laboreo del suelo hace aumentar la susceptibilidad a la erosión al provocar un descenso en el contenido de materia orgánica y una disminución de la estabilidad estructural. Esto debe tenerse en cuenta para evaluar el factor K para suelos de chacras viejas. Hemos aplicado el nomograma para el mismo suelo en condición vírgen y degradado, haciendo variar el contenido de materia orgánica y el código de estructura de acuerdo a datos analíticos: los resultados indican que el factor K para suelo de chacra vieja fácilmente puede superar en un 40% al valor K para el suelo vírgen.

Tabla 3

CLASIFICACIÓN, ÍNDICES DE ERODABILIDAD (K), Y LÍMITES DE TOLERANCIA (T)
 PARA PERFILES SELECCIONADOS DE LA CARTA DE
 RECONOCIMIENTO DE SUELOS DEL URUGUAY
 ESCALA 1:1.000.000.

Unidad de mapeo	Miembro	Suelo	K	T (ton/ha-año)
Alferez	AF11	Brunsol Subéutrico Lúvico L	0.54	7
	AF12	Argisol Subéutrico Melánico Abrúptico L	0.48	7
Algorta	AI11	Argisol Dístico Melánico Abrúptico Ar h.	0.20	7
	AI12	Planosol Dístico Ocrico Ar h.	0.32	7
Andresito	An11	Brunsol Subéutrico Háptico ArFrGv s., r.	0.23	2/5
Angostura	Ag11	Arenosol Ocrico	0.09	12
	Ag12	Planosol Dístico Ocrico ArFr	0.52	7
Aparicio Saravia	AS11	Luvisol Ocrico Abrúptico Ar r.	0.52	7
	AS12	Acrisol Umbrico Típico ArFr r.	0.52	7
Arapey	Ay11	Vertisol Háptico Ac	0.10/0.13	12
Arroyo Blanco	AB11	Brunsol Subéutrico Típico Fr mp.	0.53	7
Arroyo Hospital	AH11	Brunsol Subéutrico Lúvico Fr	0.44	7
	AH12	Brunsol Subéutrico Háptico LAc s.	0.35	2
Bacacúa	BA11	Brunsol Subéutrico Lúvico Ar	0.35	5
Balneario Jaureguiberry	BJ11	Arenosol Ocrico	0.01	12
Bañado de Farrapos	BF11	Gleysol Lúvico Melánico Abrúptico LAc v.	0.31	9
Bañado del Oro	BO11	Argisol Subéutrico Melánico Abrúptico Fr h.	0.44	7
	BO12	Planosol Subéutrico Fr h.	0.44	7
Baygorria	By11	Brunsol Eútrico Típico LAc v.	0.21	7
	By12	Brunsol Eútrico Típico ArAc	0.22	7

Unidad de mapeo	Miembro	Suelo	K	T (ton/ha-año)
Baygorria	By13	Vertisol Rúptico Típico ArAc	0.13/0.19	7
	By14	Vertisol Háptico Ac	0.10/0.13	9
Bellaco	Bcl1	Vertisol Rúptico Típico Ac	0.09/0.15	7
	Bcl2	Vertisol Rúptico Lúvico ArAc	0.10/0.17	7
Bequeló	Bql1	Brunosol Eútrico Típico Fr v.	0.18	7
Blanquillo	Bll1	Brunosol Subéutrico Típico Fr v.	0.50	7
	Bll2	Argisol Subéutrico Melánico Abrúptico Fr	0.49	7
Cañada Nieto	CnNI1	Brunosol Subéutrico Típico ArFr	0.34	7
Capilla de Farruco	CFI1	Litosol Dístico Melánico ArFr	0.28	2
	Cal1	Litosol Dístico Umbrico Ar	0.35	2
Carpintería	Cpl1	Brunosol Eútrico Típico ArAc	0.21	7
	Cpl2	Vertisol Rúptico Lúvico ArAc	0.13/0.16	7
Cebollatí	Cbl1	Fluvisol Heterotextural Melánico LAc	0.26	12
	Cbl2	Gleysol Lúvico Melánico Abrúptico LAc	0.50	9
Cerro Chato	CCh1	Brunosol Subéutrico Típico Fr mp.	0.26	2
	CCh2	Brunosol Subéutrico Háptico ArFr s.	0.53	2
Chapicuy	Ch1	Brunosol Subéutrico Típico Ar r.	0.24	7
	Ch2	Argisol Subéutrico Oerico Abrúptico Ar	0.33	7
Colonia Palma	CP1	Brunosol Subéutrico Lúvico ArFr h	0.23	7
	CP2	Argisol Subéutrico Melánico Típico Fr v.	0.36	7
Constitución	CU1	Inceptisol Óerico ArFr pd.	0.39	2
	CU2	Argisol Dístico Melánico Típico Ar pd.	0.21	7
Cuaró	Cul1	Brunosol Eútrico Típico LAc v.	0.21	7
	Cul2	Vertisol Háptico Ac	0.10/0.13	7
	Cul3	Planosol Eútrico Melánico LAc v., h.	0.45	7
Cuchilla Caraguatá	CCal1	Brunosol Eútrico Háptico LAc mp.	0.21	2
	CCal2	Brunosol Subéutrico Lúvico LAc	0.44	7
Cuchilla Corrales	CCol1	Luvisol Óerico Alábico Ar	0.30	7

Unidad de mapeo	Miembro	Suelo	K	T (ton/ha-año)
Cuchilla de Corralito	CCI ₁	Brunosol Subéutrico Lúvico Ar	0.30	7
	CCI ₂	Vertisol Rúptico Lúvico ArAc	0.10/0.17	7
Cuchilla de Haedo	CHPTI ₁	Litosol Éutrico Melánico Fr ms.	0.23	2
Cuchilla Mangueras	CMI ₁	Acrisol Órico Alábico Ar	0.30	7
	CMI ₂	Argisol Déstrico Melánico Abruptico FrAr	0.52	7
Cuchilla Santa Ana	CSAI ₁	Litosol Éutrico Melánico Fr r.	0.40	2
Curtina	CxI ₁	Litosol Éutrico Melánico	0.28	2
	CxI ₂	Vertisol Háptico Ac mp.	0.10/0.13	5
	CxI ₃	Brunosol Éutrico Típico LAc mp., v.	0.21	5
Ecilda Paullier	BPLBI ₁	Brunosol Éutrico Típico Fr	0.23	7
El Ceibo	ECl ₁	Solometz L pa.	0.76	5
	ECl ₂	Solometz Solodizado Órico L pa.	0.88	5
El Palmito	EPI ₁	Brunosol Éutrico Típico LAc	0.26	7
Espinillar	Epl ₁	Brunosol Éutrico Típico Fr	0.26	7
Fraile Muerto	FMI ₁	Brunosol Éutrico Típico LAc v.	0.28	7
Fray Bentos	FBI ₁	Brunosol Éutrico Típico LAc	0.26	7
India Muerta	IMul ₁	Gleysol Háptico Melánico LAc	0.52	12
Isla Mala	IMI ₁	Brunosol Éutrico Lúvico Fr	0.34	7
	IMI ₂	Brunosol Éutrico Típico Fr	0.24	7
	IMI ₃	Vertisol Rúptico Lúvico Fr	0.15/0.22	7
Islas del Uruguay	IUI ₁	Fluvisol Isotextural Órico L	0.36	12
Itapebí-Tres Árboles	ITAI ₁	Brunosol Éutrico Típico LAc v.	0.21	7
	ITAI ₂	Vertisol Háptico Ac	0.10/0.13	7
José Pedro Varela	JPVI ₁	Brunosol Subéutrico Lúvico L	0.43	7
	JPVI ₂	Argisol Subéutrico Melánico Abruptico Fr	0.40	7
Kiyú	KyI ₁	Brunosol Subéutrico Típico LAc	0.31	7
	KyI ₂	Planosol Subéutrico Melánico LAc	0.35	7

Unidad de mapeo	Miembro	Suelo	K	T (ton/ha-año)
La Carolina	LCH ₁	Brunosol Éutrico Típico LAc v.	0.24	7
	LCH ₂	Vertisol Rúptico Lúvico Fr	0.15/0.22	7
La Charqueada	LCH ₁	Planosol Subéutrico Ócrico Fr pa.	0.59	7
Laguna Merín	LMcJ ₁	Gleysol Háptico Ócrico Ar	0.65	12
Lascano	Lal ₁	Planosol Subéutrico Melánico L pa.	0.52	7
Las Toscas	LTH ₁	Luvisol Ócrico Abrúptico Ar r.	0.31	9
Lechiguana	Lel ₁	Brunosol Éutrico Típico LAc v.	0.27	7
	Lel ₂	Vertisol Rúptico Lúvico Ac	0.10/0.14	7
Libertad	Lil ₁	Brunosol Éutrico Típico LAc	0.31	7
Los Mimbres	LMI ₁	Brunosol Éutrico Típico ArAc	0.18	7
Manuel Oribe	MOI ₁	Brunosol Dístrico Lúvico ArFr	0.49	7
	MOI ₂	Luvisol Melánico Abrúptico Ar	0.30	7
Masoller	Mal ₁	Litosol Éutrico Melánico LAc	0.28	2
	Mal ₂	Vertisol Háptico Ac mp.	0.10/0.13	5
	Mal ₃	Brunosol Éutrico Típico LAc mp., v.	0.21	5
Montecoral	McI ₁	Brunosol Subéutrico Lúvico Fr sd.	0.45	5
Palleros	PII ₁	Brunosol Éutrico Típico Fr v.	0.26	7
	PII ₂	Vertisol Háptico LAc	0.15/0.19	9
Paso Coelho	PCI ₁	Vertisol Háptico LAc	0.14/0.21	9
Paso Palmar	PPI ₁	Brunosol Subéutrico Lúvico Fr	0.31	2
	PPI ₂	Vertisol Rúptico Lúvico ArAc	0.10/0.17	7
Pueblo del Barro	PBI ₁	Brunosol Éutrico Típico LAc v.	0.28	7
Puntas de Herrera	PdHI ₁	Brunosol Subéutrico Típico Fr	0.45	5
Queguay Chico	QCH ₁	Litosol Éutrico Melánico LAc	0.26	2
Rincón de la Urbana	RUI ₁	Vertisol Háptico LAc	0.15/0.18	9
	RUI ₂	Argisol Subéutrico Melánico Abrúptico Fr	0.45	7

Unidad de mapeo	Miembro	Suelo	K	T (ton/ha-año)
Rincón de Ramírez	RR11	Solonetz L pa.	0.76	5
	RR12	Solonetz Lolodizado Ócrico L pa.	0.77	5
	RR13	Solod Ócrico L pa.	0.79	5
Rincón de Zamora	RZ11	Brunosol Subéutrico Típico Fr	0.39	7
	RZ12	Brunosol Dístrico Lúvico ArFr	0.54	7
Río Branco	RBI1	Planosol Dístrico Ócrico ArFr	0.49	5
Río Tacuarembó	RT11	Gleysol Lúvico Melánico Típico Fr pa.	0.44	9
	RT12	Planosol Dístrico Melánico Ar	0.40	7
Risso	Ril1	Brunosol Éutrico Típico Fr	0.22	7
	Ril2	Vertisol Rúptico Típico LAc	0.14/0.17	7
Rivera	RvJ1	Acrisol Ócrico Típico Ar r.	0.22	9
Salto	StI1	Argisol Dístrico Ócrico Ar	0.15	7
San Carlos	SCI1	Argisol Subéutrico Melánico Fr	0.56	5
San Gabriel-Guaycurú	SGGI1	Brunosol Subéutrico Háptico Fr s.	0.44	5
San Jacinto	SJcI1	Brunosol Éutrico LAc	0.27	7
	SJcI2	Vertisol Rúptico Lúvico LAc	0.22/0.26	7
San Jorge	SJl1	Argisol Dístrico Ócrico Abrúptico Ar	0.23	7
San Luis	SLI1	Gleysol Lúvico Melánico Típico L pa.	0.50	9
San Manuel	SMI1	Brunosol Éutrico Típico Fr	0.18	5
San Ramón	SRI1	Planosol Éutrico Melánico LAc	0.40	7
Santa Clara	SCI1	Brunosol Subéutrico Háptico FrGv mp.	0.21	2
Sarandí de Tejera	SdTI1	Brunosol Subéutrico Típico Fr	0.26	7
	SdTY2	Litosol Subéutrico Melánico FrGv	0.31	2
Sierra de Aiguá	SAGI1	Litosol Subéutrico Melánico ArFrGv	0.31	2
Sierra de Ánimas	SAI1	Inceptisol Umbrico Fr mp., pd.	0.36	2
Sierra Polanco	SPI1	Brunosol Subéutrico Háptico Fr s.	0.53	2
	SPI2	Brunosol Subéutrico Típico Fr	0.23	2

Unidad de mapeo	Miembro	Suelo	K	T (ton/ha-año)
Sierra de Mahorna	SMh1	Brunosol Subéutrico Háptico ArGv	0.21	2
	Ta1	Luvisol Ócrico Abrúptico Ar	0.38	9
	Ta2	Acrisol Ócrico Abrúptico Ar	0.34	7
Tala-Rodríguez	TaRd1	Brunosol Éutrico Típico LAC	0.27	7
	TaRd2	Vertisol Rúptico Lávico LAC	0.22/0.24	7
	Tol1	Brunosol Éutrico Típico LAC	0.39	7
Tres Bocas	TBl1	Argisol Dístico Ócrico Ar	0.15	7
	TCl1	Luvisol Ócrico Típico Ar	0.39	9
Tres Cerros	TCl2	Acrisol Ócrico Típico Ar	0.22	9
	TIl1	Luvisol Ócrico Típico Ar r.	0.51	7
Tres Puentes	TPl1	Brunosol Subéutrico Háptico Fr s.	0.41	2
	TPl2	Brunosol Subéutrico Típico Fr	0.48	5
Trinidad	Tr1	Brunosol Éutrico Típico ArAc v.	0.23	7
	Tr2	Vertisol Rúptico Lávico ArAc	0.17/0.21	7
Valle Aiguá	VA1	Brunosol Subéutrico Típico LAC	0.39	5
	VF1	Brunosol Éutrico Típico LAC	0.24	7
Valle Fuentes	Ve1	Argisol Subéutrico Melánico Fr h.	0.50	7
	Ve2	Planosol Dístico Ócrico Fr. h.	0.52	7
Villa Soriano	VSl1	Gleysol Háptico Melánico LAC pa.	0.50	9
	VSl2	Fluvisol Heterotextural Melánico h.	0.26	9
	VSl3	Vertisol Háptico LAC h.	0.10./0.13	9
Yí	Yil1	Inceptisol Ócrico Gv s.	0.31	2
	Yil2	Brunosol Dístico Lávico ArFr	0.37	7
Young	Ygl1	Brunosol Éutrico Típico Fr	0.19	7
	Zpl1	Luvisol Melánico Albico Ar	0.48	7
Zapallar	Zal1	Brunosol Subéutrico Típico LAC	0.40	5
	Zal2	Argisol Eutrico Melánico L	0.50	7

Riesgo de erosión de las unidades de mapeo

La Tabla 4 muestra los rangos en valores E computados por la Ecuación Universal, para las unidades de mapeo que aparecen ordenadas de acuerdo a una estimación de dicho riesgo (en cuatro categorías) realizada por los técnicos de suelos de la D.S. (DSF, 1979).

Se puede apreciar muy buena correspondencia. Además, a medida que vamos hacia las tierras de más alto riesgo estimado por los técnicos, el rango de pérdidas computado por la Ecuación se hace más amplio, y en especial, aumentan significativamente los valores máximos de ese rango. Esta correspondencia entre estimaciones teóricas en base al modelo y evidencia observacional no debe desecharse como elemento de apoyo a la validez del modelo para nuestras condiciones. En definitiva, la computación del valor E por medio de la Ecuación Universal ofrece una buena perspectiva para evaluar "riesgo de erosión" en levantamientos de suelos.

Un punto aún no solucionado, a pesar de las modificaciones introducidas en el nomograma, es la situación de los Vertisoles. Los valores E obtenidos son bajos, aún con los K calculados para el caso de suelo húmedo. Esto no concuerda con la observación de la erosión histórica de estos suelos (Terzaghi y Sganga, 1982). Si bien este alto grado de erosión actual puede ser debido a un uso más intensivo a lo largo de los años (por ser los suelos más fértiles), no debe descartarse la posibilidad de una resistencia a la erosión menor a la computada (y generalmente aceptada). La causa puede estar en su particular estado de agregación: agregados muy estables pero pequeños, que podrían ser transportados como tales. Se necesitarían pruebas de campo para determinar si los factores K asignados a los Vertisoles por el nomograma están subvalorados.

Capacidad de uso

El procedimiento de comparar las pérdidas de suelos para las seis alternativas de manejo (A) con las pérdidas tolerables (T) fue aplicado para cada uno de los 120 suelos estudiados. Por razones de espacio, es imposible presentar aquí en forma detallada los resultados obtenidos en cada caso.

Las tierras del país fueron clasificadas en siete grados de riesgo, de acuerdo a la máxima intensidad de uso permisible, determinada usando la Ecuación Universal como instrumento de predicción de las pérdidas para las diferentes alternativas de uso. Para lograr más homogeneidad, se separaron once grupos de tierras, aunque de cualquier manera, éstos distan de ser homogéneos en lo referente a prácticas de manejo específicas.

Debe quedar claramente establecido que este agrupamiento es el resultado de la aplicación de un modelo matemático a una situación específica. El resultado debe manejarse con las precauciones que esta metodología implica.

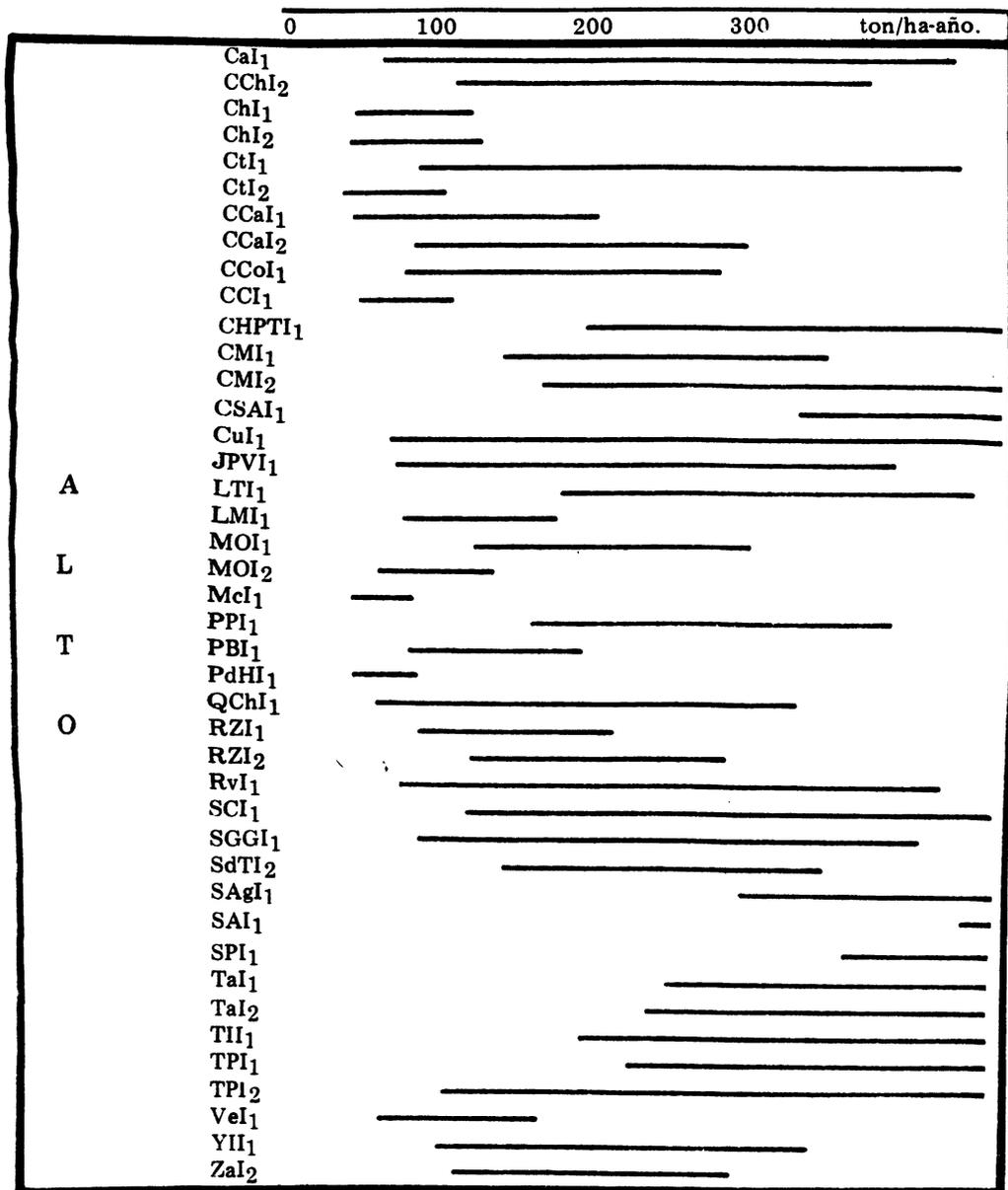
Tabla 4

COMPARACIÓN DE PÉRDIDAS DE SUELO COMPUTADAS POR
LA ECUACIÓN UNIVERSAL Y EL RIESGO DE EROSIÓN
DE ACUERDO A LOS TÉCNICOS DE LA D.S.

Riesgo de erosión	Rango de pérdidas computadas $E = R \times K \times L \times S$				
	0	100	200	300	ton/ha-año.
N	BFI ₁	—			
	ECI ₁	—			
	ECI ₂	—			
U	IMI ₁	—			
	LChI ₁	—			
	LMcI ₁	—			
L	LaI ₁	—			
	RRI ₁	—			
	RRI ₂	—			
O	RTI ₁	—			
	SLI ₁	—			
	SRI ₁	—			
B	AgI ₂	—			
	ByI ₂	—			
	ByI ₃	—			
	BcI ₁	—			
	CChI ₁	—			
	CuI ₃	—	—		
A	EPI ₁	—	—		
	FBI ₁	—	—		
	ITAI ₁	—	—		
J	ITAI ₂	—	—		
	KyI ₁	—	—		
O	KyI ₂	—			
	LCI ₂	—	—		
	LeI ₂	—	—		
	LiI ₁	—	—		
	PII ₂	—	—		
	RUI ₁	—	—		

continúa Tabla 4

		0	100	200	300	ton/ha-año.
B A J O	RUI ₂	_____				
	RBI ₁	_____				
	RTI ₂	_____				
	RiI ₂	_____				
	VFI ₁	_____				
	Vel ₂	_____				
M E D I O	Afi ₁	_____	_____			
	Afi ₂	_____	_____			
	AII ₁	_____				
	AII ₂	_____	_____			
	ABI ₁	_____	_____	_____		
	BqI ₁	_____	_____			
	CpI ₁	_____				
	CpI ₂	_____	_____	_____		
	CCI ₂	_____				
	EPLBI ₁	_____				
	EPI ₁	_____	_____			
	FMI ₁	_____	_____			
	LCI ₁	_____				
	LeI ₁	_____	_____	_____		
	PII ₁	_____	_____			
	RiI ₁	_____				
	SJoI ₁	_____	_____			
SMI ₁	_____	_____				
SdTI ₁	_____	_____				
TIRdI ₁	_____					
TIRdI ₂	_____	_____				
ToI ₁	_____	_____	_____			
TBI ₁	_____					
TrI ₁	_____	_____				
TrI ₂	_____					
Vel ₁	_____	_____	_____			
Ygl ₁	_____	_____				
ZaI ₂	_____	_____				
A L T O	AnI ₁	_____	_____	_____		
	AgI ₁	_____				
	AnI ₁	_____	_____	_____		
	AgI ₁	_____				
	ASI ₁	_____	_____	_____		
	ASI ₂	_____	_____	_____		
	AHI ₁	_____	_____	_____	_____	
	BaI ₁	_____	_____	_____	_____	
	BOI ₁	_____	_____	_____	_____	
	BII ₁	_____	_____	_____	_____	
BII ₂	_____	_____	_____	_____		
CnNI ₁	_____	_____	_____			
CPI ₁	_____	_____	_____	_____		



1. TIERRAS CON MUY BAJO RIESGO DE EROSIÓN BAJO USO AGRÍCOLA

GRUPO I

En la mayor parte de estas tierras, el riesgo de erosión hídrica no constituye una limitante al uso agrícola, aunque en la generalidad de los casos, otros problemas están condicionando su aprovechamiento, fundamentalmente drenaje, alcalinidad, riesgo de degradación de la estructura, fertilidad, riesgo de erosión eólica, etc.

Son en general tierras bajas, prácticamente planas, y los suelos más comunes son Gleysoles, Planosoles, Fluvisoles, Suelos Halomórficos, Arenosoles y algunos Vertisoles. La topografía determina el bajo riesgo, ya que la erodabilidad del suelo (K) puede ser alta. En estos casos, coincide en general con un alto riesgo de degradación de la estructura.

Este tipo de tierras son dominantes en las unidades:

Cebollatí	La Charqueada
India Muerta	Río Tacuarembó
Laguna Merín	El Ceibo
Lascano	Arapey
San Luis	Bañado de Farrapos
Villa Soriano	Islas del Uruguay
Río Branco	Balneario Jaureguiberry
Rincón de Ramírez	
San Ramón	

Incluiría también parcialmente áreas de la unidad Angostura (Arenosoles).

2. TIERRAS CON BAJO RIESGO DE EROSIÓN BAJO USO AGRÍCOLA

GRUPO II

En este grupo, una proporción significativa de las tierras permitiría un uso bajo agricultura tradicional (similar a la establecida en la alternativa de uso A), al menos en las pendientes más suaves del paisaje (1 - 2%), las cuales son frecuentes.

En estas áreas, de acuerdo al modelo, un sistema de cultivos continuos no generaría pérdidas por encima de los niveles de tolerancia. Más aún, la aplicación de medidas específicas de conservación, como cultivo en contorno y/o laboreo reducido (alternativas B y C) posibilitaría los cultivos continuos en pendientes mayores (hasta 3%), sin pérdidas de suelo significativas. Sin embargo, por ser tierras muy productivas, con escasas limitaciones adicionales, y no muy abundantes en el país, sería apropiado un manejo cuidadoso para evitar problemas de degradación estructural, disminución acentuada de la materia orgánica, etc.

Las categorías de suelo más comunes son Brunosoles Eutricos profundos y Vertisoles, en pendientes moderadas o más suaves, y algunos Argisoles y Planosoles en pendientes suaves. Son comunes en las unidades:

Espinillar
Kiyú
Libertad

Bellaco
Cuaró
Valle Fuentes

3. TIERRAS CON RIESGO DE EROSIÓN MODERADO BAJO USO AGRÍCOLA

GRUPO III

Este grupo presenta una buena proporción de tierras con topografía suave y/o suelos con erodabilidad baja, por lo que serían posibles sistemas de producción con cultivos continuos, siempre que se realicen con laboreo reducido y/o en contorno (como en las alternativas B y C). Esta sería la máxima intensidad de uso para las áreas con pendientes menores de 2%, que son significativas. Para pendientes mayores, entre 2 y 3%, que son las predominantes, sería necesario incluir algún tipo de rotación con pasturas para mantener las pérdidas por debajo de los valores T asignados.

Los suelos más comunes son Vertisoles, con erodabilidad relativamente baja de acuerdo al modelo (valores K entre 0.10 y 0.20) y Brunosoles Eutricos profundos con erodabilidad media (K entre 0.20 y 0.25). Las pendientes oscilan entre 1 y 5%. Como una buena proporción de estos suelos presenta altos contenidos de arcilla desde la superficie, una limitante adicional para su uso agrícola sería la dificultad para el laboreo.

Las unidades donde predomina este grupo de tierras son:

Risso
Itapebí — Tres Árboles
Baygorria

Parcialmente aparecen también en:

Masoller
Curtina

GRUPO IV

Este grupo es el más significativo ya que reúne el mayor porcentaje de las tierras agrícolas del país.

El sistema de producción más adecuado, desde el punto de vista del control de la erosión, deberá incluir rotaciones cultivos-pasturas (como los contemplados en las alternativas de uso D y E) si se quieren mantener las pérdidas por debajo de los límites tolerables. Este uso es el apropiado para la mayor parte de la región, con pendientes entre 2 y 5%, que son las predominantes. Una mayor precisión en cuanto a la intensidad de uso recomendada podrá obtenerse evaluando dos tipos de rotaciones de diferente duración.

En áreas localizadas, con topografía más suave, podría aceptarse un sistema de cultivos continuo siempre que se realice con trabajos en contorno y/o técnicas de laboreo reducido (como en las alternativas B y C).

Los suelos más comunes son Brunosoles Eutricos profundos, con valores de erodabilidad (K) medios a moderadamente altos (entre 0.18 y 0.45) y Vertisoles con erodabilidad baja o media (K entre 0.10 y 0.25).

Las regiones del país que incluyen este tipo de tierras están comprendidas en las unidades:

Tala-Rodríguez
Carpintería
San Jacinto
La Carolina
Young
Paso Coelho

Trinidad
Ecilda Paullier — Las Brujas
Colonia Palma

Aparecen también ocupando parcialmente las unidades:

Isla Mala	Curtina
Palleros	Masoller
Rincón de la Urbana	Paso Palmar
Lechiguana	Fray Bentos
Cuchilla de Corralito	Bequeló

Ciertas áreas de estas unidades exhiben grados altos de erosión actual (Ej. Tala-Rodríguez) lo que obliga a un manejo especial de dichas regiones (disminuir la capacidad de uso aquí asignada, por lo menos durante una etapa de acondicionamiento de la tierra).

4. TIERRAS CON RIESGO DE EROSIÓN MODERADAMENTE ALTO BAJO USO AGRÍCOLA

GRUPO V

Comprende un conjunto de tierras donde el riesgo de erosión constituye una limitante seria para el uso agrícola, y donde el sistema de producción más adecuado para mantener las pérdidas por debajo de los límites tolerables debe basarse en rotaciones cultivos-pasturas con medidas adicionales de protección como cultivos en contorno, laboreo reducido y/o manejo de los residuos de cosechas (como en la alternativa E).

El grupo es muy heterogéneo y una mayor precisión en cuanto a la máxima intensidad de uso permisible tendría que incluir la evaluación de rotaciones de diferente duración. La heterogeneidad en cuanto a características de los suelos implica a su vez que sean diversos los problemas de manejo y sus soluciones.

En general, los cultivos pueden realizarse en las áreas de topografía más suave (hasta 3 - 4%); las áreas más fuertes deberían permanecer bajo pasturas permanentes o cultivadas sólo ocasionalmente.

El grupo engloba Brunosoles Eutricos y Subéutricos de las unidades:

Toledo
Fraile Muerto

y parcialmente, de las unidades:

Cuchilla del Corralito
Lechiguana
Palleros
Bequeló
Isla Mala

Fray Bentos
Bacacúa

GRUPO VI

Comprende un conjunto de tierras con problemas de nivel similar al del grupo V, y cuya capacidad de uso sería también comparable, aunque el manejo específico será distinto debido a las particularidades de los suelos. El uso forestal ofrece interesante perspectiva.

Engloba Planosoles y Argisoles Dístricos, de texturas arenosas en superficie e índices de erodabilidad bajos o medios (K entre 0.15 y 0.33), dominantes en las unidades:

Algorta
San Jorge
Salto

Tres Bocas
Chapicuy

También se podrían incluir en el grupo los Planosoles de:

Angostura
Constitución

5. TIERRAS CON RIESGO DE EROSIÓN ALTO BAJO USO AGRÍCOLA

GRUPO VII

Este grupo está constituido por Argisoles y Planosoles, de texturas medias en superficie; con índices de erodabilidad altos (K entre 0.40 y 0.51) dominantes en las unidades:

Bañado del Oro
Vergara

y parcialmente en:

Rincón de la Urbana
Zapicán

Solamente podrían adecuarse a sistemas de producción que incluyan cultivos en los casos de topografía más suave (pendientes menores de 2%), y siempre incluyendo rotaciones con pasturas y prácticas específicas de conservación (cultivo en contorno, laboreo reducido, manejo de los residuos, etc.).

Las áreas de pendientes más acentuadas (mayores de 2 - 3%), que son las predominantes, deberían mantenerse bajo cobertura vegetal permanente, o con cultivos ocasionales, excepto que se adopten medidas especiales para controlar el escurrimiento superficial, no contempladas en las alternativas evaluadas en este trabajo.

GRUPO VIII

Este grupo de tierras se adaptaría a una intensidad de uso similar a la del grupo VII, con sistemas con rotaciones y medidas especiales de conservación únicamente en las áreas más suaves del paisaje (pendientes menores de 2%), que no son las dominantes, mientras que el mayor porcentaje de tierras debería permanecer bajo vegetación permanente.

Incluye fundamentalmente Brunosoles Subéutricos (algunos Eutricos), dominantes en las unidades:

Valle Aiguá	Puntas de Herrera
Montecoral	El Palmito
Cañada Nieto	San Manuel
Los Mimbres	

y parcialmente en:

Alferez	Yi
José Pedro Varela	Sarandí de Tejera
Pueblo del Barro	
Andresito	

Aún cuando estas tierras se utilicen en pasturas, debería observarse la intensidad del pastoreo y el mantenimiento de una buena cobertura vegetal, sobre todo en aquellas zonas donde aparecen evidencias de erosión actual en campos naturales (Puntas de Herrera, Yi y Montecoral por ejemplo).

La presencia de altos porcentajes de sodio en el complejo de intercambio (mayores al 10%) es causal de niveles T bajos en algunos suelos del grupo (San Manuel y Montecoral por ejemplo).

6. TIERRAS CON RIESGO DE EROSIÓN MUY ALTO BAJO USO AGRÍCOLA

GRUPO IX

En este grupo, el relieve es bastante fuerte (rangos de pendiente comunes entre 4 y 12%) y los suelos, fundamentalmente Luvisoles y Acrisoles de texturas arenosas, presentan índices de erodabilidad medios a altos (K entre 0.22 y 0.52). Las áreas aptas para sistemas de producción que incluyan cultivos anuales son muy restringidas (zonas localizadas de pendientes suaves) y habría que realizar una agricultura poco intensiva, incluyendo rotaciones y manejo muy cuidadoso (como el de la alternativa E).

En el resto, o sea la mayor parte del área, las tierras deberían mantenerse bajo vegetación permanente o con cultivos ocasionales, salvo que se adopten medidas especiales para el control del escurrimiento (terrazas, etc.) no contempladas en este trabajo, pero que se justificarían en cultivos especiales.

La forestación es un uso alternativo adecuado.

Este tipo de tierras es común en las unidades:

Tacuarembó	Rivera
Tres Islas	Zapallar
Las Toscas	Aparicio Saravia
Cuchilla Corrales	

Parcialmente también ocurren en las unidades:

Manuel Oribe
Cuchilla Mangueras
Tres Cerros

La muy baja fertilidad es una limitante adicional al uso. La presencia ocasional de aluminio intercambiable en el subsuelo es causal de niveles T bajos en algunos suelos del grupo.

GRUPO X

El grupo engloba un conjunto de tierras donde la capacidad de uso sería similar a la del grupo IX, aunque los suelos son de diferentes características. La energía del relieve es moderada a fuerte (pendientes más comunes

entre 4 y 6%), pero los suelos, fundamentalmente Brunosoles Subéutricos y Dístricos de texturas medias, presentan índices de erodabilidad altos (valores K de hasta 0.55).

Incluye áreas comprendidas en las unidades:

Blanquillo
Arroyo Blanco
Rincón de Zamora
San Carlos

y áreas parcialmente incluidas en:

Zapicán	Arroyo Hospital
Pueblo del Barro	Manuel Oribe
Cuchilla Caragatá	José Pedro Varela
Cuchilla Mangueras	Alferez

Algunas áreas pueden presentar grados de erosión actual significativos (como en la unidad San Carlos).

7. TIERRAS DONDE EL USO PARA CULTIVOS ESTÁ LIMITADO

GRUPO XI

La mayor proporción de las tierras de este grupo no permiten los cultivos por el alto riesgo de erosión, debido a pérdidas tolerables bajas (valores T de 2 ton/ha), topografía fuerte, o una combinación de ambos factores. Por lo general, el uso agrícola también está limitado por otros elementos, tales como superficialidad de los suelos, pedregosidad, rocosidad, etc. Estas tierras necesariamente deben permanecer bajo pasturas permanentes; sin embargo, si la cobertura vegetal no es la adecuada, pueden producirse pérdidas de suelo por encima de las tolerables aún bajo uso pastoril, por lo que el control del pastoreo es fundamental.

Los suelos más comunes son Brunosoles Subéutricos superficiales o moderadamente profundos, Litosoles e Inceptisoles. Predominan en las siguientes unidades:

Sierra Polanco	Cerro Chato
San Gabriel-Guaycurú	Capilla Farruco
Sierra Mahoma	Cuchilla Santa Ana
Santa Clara	Cuchilla de Haedo

Carapé
Queguay Chico
Sierra de Aiguá

Sierra de Ánimas
Tres Puentes

También aparecen parcialmente en:

Yi
Sarandí de Tejera
Andresito
Constitución
Cuchilla Caraguatá
Arroyo Hospital

Bacacué
Tres Cerros
Paso Palmar
Zapicán
Masoller
Curtina

CONCLUSIONES

Este agrupamiento, que es sumamente general, muestra claramente la diversidad de condiciones y la imperiosa necesidad de reconocer el suelo, su riesgo de erosión y otras limitantes al uso como paso previo e imprescindible para elaborar planes de conservación adaptados a las condiciones de cada predio. Insistimos en que la primera etapa es determinar la capacidad de uso de la tierra, y que ninguna medida de conservación de apoyo (por ejemplo, fajas empastadas, terrazas, etc.) será efectiva si la tierra se está usando por encima de lo adecuado a su capacidad. Más aún, muchas veces esas medidas específicas pueden no ser necesarias y simplemente aumentar el costo de producción.

Este agrupamiento, es además, el resultado de la aplicación de un modelo matemático a una situación real. Si bien, en general, hay coincidencia con estimaciones subjetivas y observaciones de campo, en algunos suelos, también existen contradicciones. Es por eso que es conveniente insistir en las limitaciones que están implícitas en el uso de estas metodologías, ya adelantadas en la Introducción.

Por otra parte, el esquema utilizado compara pérdidas de suelo computadas (A) con pérdidas de suelo permitidas (T). Cualquier cambio en los niveles T de tolerancia tendrá un efecto mucho mayor en los resultados que los errores al computar el factor K, el efecto de la pendiente, etc. Los valores T vienen a determinar el nivel de conservación que se intenta mantener, de ahí que su establecimiento sea un punto crítico. Para ello se consideraron características del suelo como profundidad del horizonte A, tipo de material en el subsuelo, etc. o sea sólo factores físicos. Ese nivel de control de erosión dictado únicamente por factores físicos, se ha tomado como el nivel deseado desde el punto de vista del agricultor y de la sociedad. Sin embargo, no se han analizado los costos necesarios para lograr ese nivel de conservación ni los beneficios reales a obtener.

El nivel óptimo de conservación desde el punto de vista integral, considerando factores económicos (o sea el T óptimo) puede diferir de este T técnico, establecido puramente en base a factores físicos. De ahí que sea necesario no sólo chequear la validez predictiva del modelo, sino también un análisis económico para evaluar la viabilidad de sus resultados.

En conservación de suelos, una alternativa técnica que tenga baja probabilidad de ser adoptada en la práctica no puede considerarse como una solución.

Quienes trabajan en conservación siempre se enfrentan ante la disyuntiva entre el plan agronómico ideal y aquella estrategia que tiene las mayores probabilidades de adopción.

El uso de la Ecuación Universal puede ser una herramienta útil para aproximarnos a la alternativa técnica más adecuada. Pero como el objetivo final es ver aplicadas en el campo algunas de esas prácticas conservacionistas, debe prestarse especial atención a ciertos elementos específicos de cada explotación y de cada productor, fundamentalmente aquellos que involucran factores económicos, como por ejemplo, un análisis costo/beneficios, la renta actual, la tenencia de la tierra, las tasas de descuento elegidas para el análisis, las preferencias en el tiempo, etc, todos estos elementos determinantes en la toma de decisiones.

LITERATURA CITADA

CAYSSIALS, R. y BAK, H. (1974) Estabilidad estructural de algunos suelos del Uruguay, DSF-MAP (Repertorio mimeografiado).

Dirección de Suelos y Fertilizantes (1979) Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay III: Descripción de las unidades de suelos. DSF-MAP. Montevideo.

HELD, R. y CLAWSON, M. (1965) Soil conservation in perspective. J. Hopkins. Princetown.

KLINGEBIEL A. Y MONTGOMERY P.H. (1961) Land Capability Classification. Soil Conservation Service. Handbook No. 210. Washington D.C.

KOOLHAAHS, M. (1977) La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Bol. No. 130. Montevideo.

(1980) La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo. Revista de la A.I.A. Segunda época 14:3-9. Montevideo.

LOGAN, T.J. (1977) Establishing soil loss and sediment yield limits for agricultural lands. En: Soil Erosion and sedimentation. Proc. of the Nat. Symposium on Soil Erosion and sedimentation by water. ASAE. p. 56-58. Chicago, Illinois.

MURPHREE, C.E. y MUTCHLER, C. (1981) Verification of the slope factor in the Universal Soil Loss Equation for low slopes. J. of Soil and Water Cons. 36 (5): 300-302.

PANNONE J., GARCÍA F. y ROVIRA L. (1983) Índice de erosividad de lluvias en Uruguay. (Factor R de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo). MAP-IICA-INC- Publicación del Plan Preliminar de Colaboración Recíproca en Relación al tema de Conservación y Manejo de Tierras y Aguas en el Uruguay.

PUNTES, R. (1981) A framework for the use of the Universal Soil Loss Equation in Uruguay. MSc. Thesis. Texas A & M University. College Station, Texas.

ROVIRA, L, CORSI, W., GARCÍA, F., HOFSTADTER, R. (1981) Intensidades máximas y erosividad de lluvias en el área de influencia de la Estación Agroclimática "La Estanzuela". MAP-IICA-INC.- Publicación del Plan Preliminar de Colaboración Recíproca en Relación al Tema de Conservación y Manejo de Tierras y Aguas en el Uruguay.

(1982) Erosividad de lluvias en las zonas de influencia de las Estaciones Agroclimáticas "La Estanzuela", Paysandú, Bella Unión y Treinta y Tres. MAP-IICA-INC. Publicación del Plan Preliminar de Colaboración Recíproca en Relación al Tema de Conservación y Manejo de Tierras y Aguas en el Uruguay.

TERZAGHI, A. y SGANGA, J. C. (1982) Características físicas de los principales suelos agrícolas de Canelones-Montevideo. Su interpretación agronómica. I: Susceptibilidad a la erosión. MAP-DS. Bol. Tec. No. 8 - Montevideo.

WISCHMEIER, W. (1957) A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. Soil Sc. Soc. Am. Proc. 23: 246-249

- _____ (1962) Rainfall erosion potential. Agr. Eng. 43: 212-215
- _____, JOHNSON, C. y CROSS, B. (1971) A soil erodability nomograph for farmland and construction sites. J. of Soil and Water Cons. 26: 189-193.
- _____ y SMITH, D. D. (1978) Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. Agr. Handbook No. 537. Washington D.S.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Frank Calhoun, profesor de Texas A & M University, por su invaluable colaboración y orientación.

A la Sra. Elena A. de Galípolo y Srta. Jacqueline Perdomo, de la D.S. - MAP. por el mecanografiado del manuscrito original.



**Esta Obra se terminó de
imprimir en la I.E.
en el mes de octubre de 1983.**

Tiraje 500 Ejemplares

