

# 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

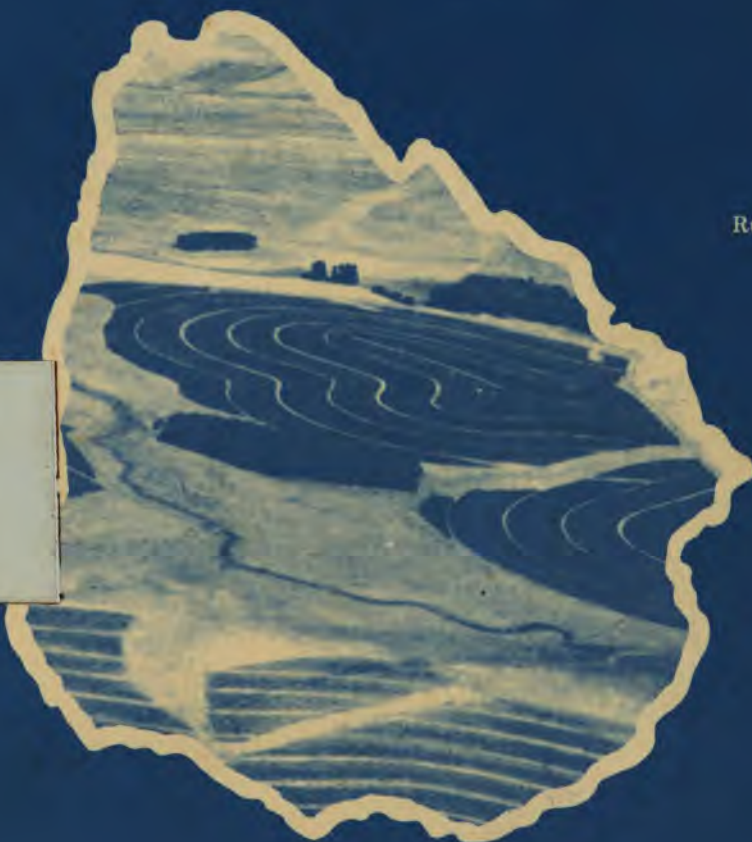
# INC

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.



## P R E S E N T A C I Ó N

*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> |
|---|-------------|
| <b>LISTA DE TABLAS Y FIGURAS</b> .....                  | 9           |
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....                               | 11          |
| <b>LA ECUACIÓN UNIVERSAL DE PÉRDIDAS DE SUELO</b> ..... | 13          |
| <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....                       | 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          |
| <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....                     | 23          |
| — Erodabilidad de suelos y límites de tolerancia .....  | 23          |
| — Riesgo de erosión de las unidades de mapeo .....      | 30          |
| — Capacidad de uso .....                                | 30          |
| <b>CONCLUSIONES</b> .....                               | 43          |
| <b>LITERATURA CITADA</b> .....                          | 45          |

\*\*\*



## LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

|   | <i>Pág.</i> |
|---|-------------|
| <b>TABLA No. 1:</b> Valores del índice $EI_{30}$ (promedios anuales) para varias localidades del país (de Rovira et al, 1982; y Pannone et al, 1983) . . .  | 16          |
| <b>TABLA No. 2:</b> Alternativas de uso de la tierra elegidas para la evaluación, y valores para el producto $C \times P$ . . . . .   | 19          |
| <b>TABLA No. 3:</b> Clasificación, índices de erodabilidad (K), y límites de tolerancia (T) para perfiles seleccionados de la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay . . . . .   | 24          |
| <b>TABLA No. 4:</b> 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          |
| <b>FIGURA No. 1:</b> Nomograma para resolver la ecuación para erodabilidad del suelo (K), modificado del de Wischmeier et al, (1971) . . . . .  | 18          |
| <b>FIGURA No. 2:</b> 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 EI<sub>30</sub>\* (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

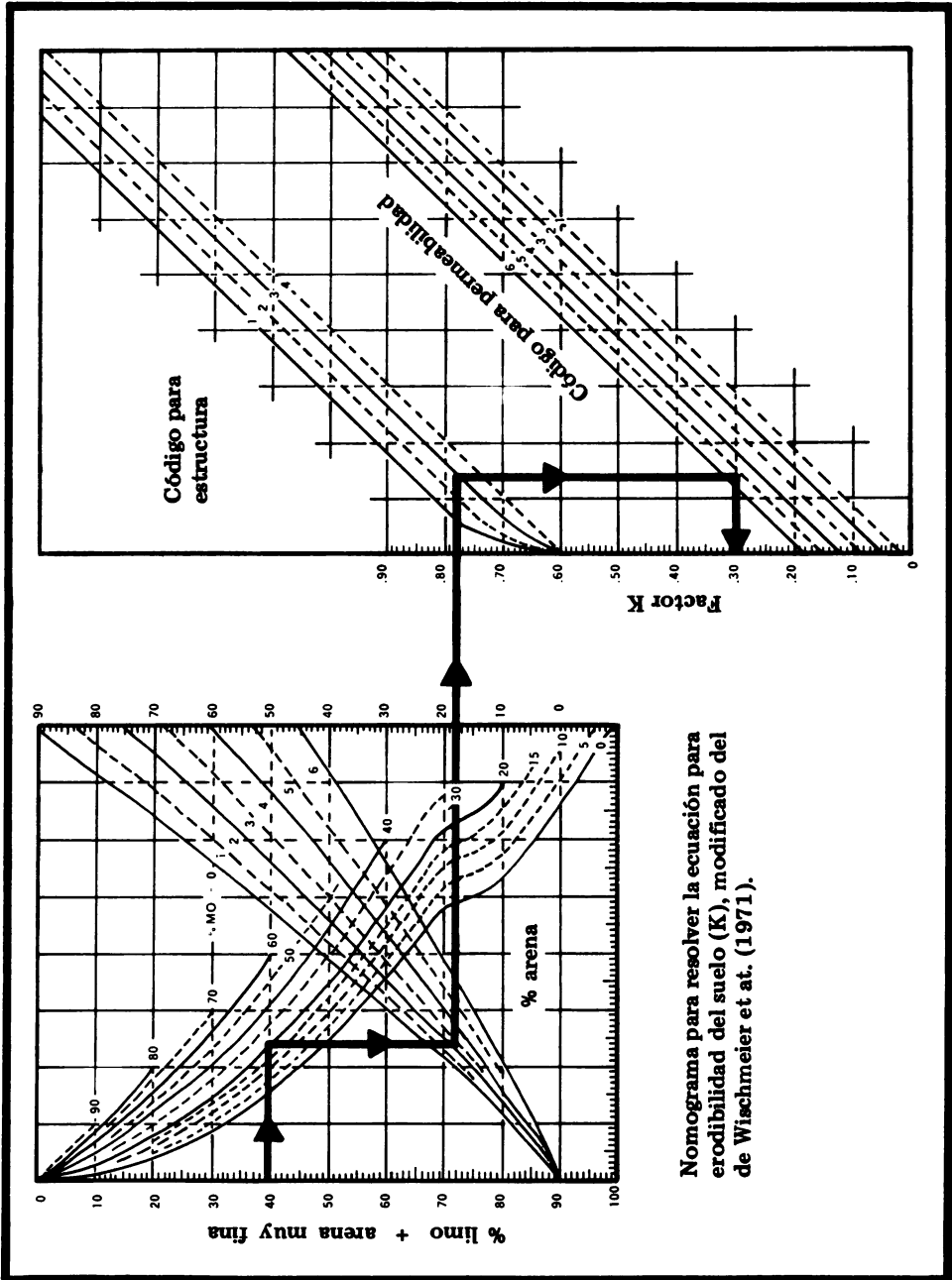
\* El índice EI<sub>30</sub> es una combinación de la energía cinética de la lluvia y de la máxima intensidad en 30 minutos (Wischmeier, 1959) que se utiliza corrientemente para evaluar el parámetro R en regiones de clima templado.

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           | <b>Agricultura tradicional</b><br>— Cultivo continuo en línea<br>— bajo nivel de fertilización<br>— residuos de cosechas eliminados<br>— laboreo convencional sin seguir contorno   | 0.52  |
| B           | <b>Cultivos continuos con manejo conservacionista</b><br>— Cultivo contínuo en línea<br>— Residuos de cosecha eliminados<br>— Laboreo en contorno con fajas buffer empastadas   | 0.23  |
| C           | <b>Cultivos continuos con manejo conservacionista y laboreo reducido</b><br>— Cultivo continuo en línea<br>— Laboreo con cincel y excéntrica o laboreo reducido similar<br>— Manejo de los residuos de cosecha: 10% de cobertura después de la siembra<br>— Operaciones en contorno y fajas buffer empastadas | 0.19  |
| D           | <b>Sistema con rotaciones</b><br>— Rotación incluyendo 4 años de mezcla leguminosa-gramínea y 2 años de cultivo en líneas<br>— Laboreo convencional sin seguir contorno   | 0.15  |
| E           | <b>Sistema con rotaciones y manejo conservacionista</b><br>— Rotación incluyendo 4 años de mezcla leguminosa-gramínea y 2 años de cultivo en líneas<br>— Laboreo convencional<br>— Operaciones en contorno y fajas buffer empastadas  | 0.07  |
| F           | <b>Pasturas Naturales</b><br>— 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 Oérico 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 Oérico Alábico Ar                | 0.30      | 7              |

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

| Unidad de mapeo     | Miembro           | Suelo                                    | K         | T (ton/ha-año) |
|---------------------|-------------------|--|-----------|----------------|
| La Carolina         | LCH <sub>1</sub>  | Brunosol Éutrico Típico LAc v.           | 0.24      | 7              |
|                     | LCH <sub>2</sub>  | Vertisol Rúptico Lúvico Fr               | 0.15/0.22 | 7              |
| La Charqueada       | LCH <sub>1</sub>  | Planosol Subéutrico Ócrico Fr pa.        | 0.59      | 7              |
| Laguna Merín        | LMcJ <sub>1</sub> | Gleysol Háptico Ócrico Ar                | 0.65      | 12             |
| Lascano             | Lal <sub>1</sub>  | Planosol Subéutrico Melánico L pa.       | 0.52      | 7              |
| Las Toscas          | LTH <sub>1</sub>  | Luvisol Ócrico Abrúptico Ar r.           | 0.31      | 9              |
| Lechiguana          | Lel <sub>1</sub>  | Brunosol Éutrico Típico LAc v.           | 0.27      | 7              |
|                     | Lel <sub>2</sub>  | Vertisol Rúptico Lúvico Ac               | 0.10/0.14 | 7              |
| Libertad            | Lil <sub>1</sub>  | Brunosol Éutrico Típico LAc              | 0.31      | 7              |
| Los Mimbres         | LMI <sub>1</sub>  | Brunosol Éutrico Típico ArAc             | 0.18      | 7              |
| Manuel Oribe        | MOI <sub>1</sub>  | Brunosol Dístrico Lúvico ArFr            | 0.49      | 7              |
|                     | MOI <sub>2</sub>  | Luvisol Melánico Abrúptico Ar            | 0.30      | 7              |
| Masoller            | Mal <sub>1</sub>  | Litosol Éutrico Melánico LAc             | 0.28      | 2              |
|                     | Mal <sub>2</sub>  | Vertisol Háptico Ac mp.                  | 0.10/0.13 | 5              |
|                     | Mal <sub>3</sub>  | Brunosol Éutrico Típico LAc mp., v.      | 0.21      | 5              |
| Montecoral          | McI <sub>1</sub>  | Brunosol Subéutrico Lúvico Fr sd.        | 0.45      | 5              |
| Palleros            | PII <sub>1</sub>  | Brunosol Éutrico Típico Fr v.            | 0.26      | 7              |
|                     | PII <sub>2</sub>  | Vertisol Háptico LAc                     | 0.15/0.19 | 9              |
| Paso Coelho         | PCI <sub>1</sub>  | Vertisol Háptico LAc                     | 0.14/0.21 | 9              |
| Paso Palmar         | PPI <sub>1</sub>  | Brunosol Subéutrico Lúvico Fr            | 0.31      | 2              |
|                     | PPI <sub>2</sub>  | Vertisol Rúptico Lúvico ArAc             | 0.10/0.17 | 7              |
| Pueblo del Barro    | PBI <sub>1</sub>  | Brunosol Éutrico Típico LAc v.           | 0.28      | 7              |
| Puntas de Herrera   | PdHI <sub>1</sub> | Brunosol Subéutrico Típico Fr            | 0.45      | 5              |
| Queguay Chico       | QCH <sub>1</sub>  | Litosol Éutrico Melánico LAc             | 0.26      | 2              |
| Rincón de la Urbana | RUI <sub>1</sub>  | Vertisol Háptico LAc                     | 0.15/0.18 | 9              |
|                     | RUI <sub>2</sub>  | 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           | RB11    | Planosol Dístrico Ócrico ArFr         | 0.49      | 5              |
|                      | RT11    | Gleysol Lúvico Melánico Típico Fr pa. | 0.44      | 9              |
| Río Tacuarembó       | RT12    | Planosol Dístrico Melánico Ar         | 0.40      | 7              |
|                      | Ril1    | Brunosol Éutrico Típico Fr            | 0.22      | 7              |
| Risso                | Ril2    | Vertisol Rúptico Típico LAc           | 0.14/0.17 | 7              |
|                      | Rv11    | Acrisol Ócrico Típico Ar r.           | 0.22      | 9              |
| Salto                | St11    | Argisol Dístrico Ócrico Ar            | 0.15      | 7              |
|                      | SCI1    | Argisol Subéutrico Melánico Fr        | 0.56      | 5              |
| San Gabriel-Guaycurú | SGG11   | Brunosol Subéutrico Háptico Fr s.     | 0.44      | 5              |
|                      | SJc11   | Brunosol Éutrico LAc                  | 0.27      | 7              |
| San Jacinto          | SJc12   | Vertisol Rúptico Lúvico LAc           | 0.22/0.26 | 7              |
|                      | SJ11    | Argisol Dístrico Ócrico Abrúptico Ar  | 0.23      | 7              |
| San Jorge            | SL11    | Gleysol Lúvico Melánico Típico L pa.  | 0.50      | 9              |
|                      | SM11    | Brunosol Éutrico Típico Fr            | 0.18      | 5              |
| San Ramón            | SRI1    | Planosol Éutrico Melánico LAc         | 0.40      | 7              |
|                      | SCI1    | Brunosol Subéutrico Háptico FrGv mp.  | 0.21      | 2              |
| Santa Clara          | SdTI1   | Brunosol Subéutrico Típico Fr         | 0.26      | 7              |
|                      | SdTY2   | Litosol Subéutrico Melánico FrGv      | 0.31      | 2              |
| Sierra de Aiguá      | SAG11   | Litosol Subéutrico Melánico ArFrGv    | 0.31      | 2              |
|                      | SAI1    | Inceptisol Umbrico Fr mp., pd.        | 0.36      | 2              |
| Sierra de Ánimas     | 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              |
|                   | TCl2    | Acrisol Ócrico Típico Ar            | 0.22       | 9              |
| Tres Islas        | TIl1    | Luvisol Ócrico Típico Ar r.         | 0.51       | 7              |
|                   | TPl1    | Brunosol Subéutrico Háptico Fr s.   | 0.41       | 2              |
| Tres Puentes      | TPl2    | Brunosol Subéutrico Típico Fr       | 0.48       | 5              |
|                   | Tr1     | Brunosol Éutrico Típico ArAc v.     | 0.23       | 7              |
| Trinidad          | Tr2     | Vertisol Rúptico Lávico ArAc        | 0.17/0.21  | 7              |
|                   | VA1     | Brunosol Subéutrico Típico LAc      | 0.39       | 5              |
| Valle Aiguá       | 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.

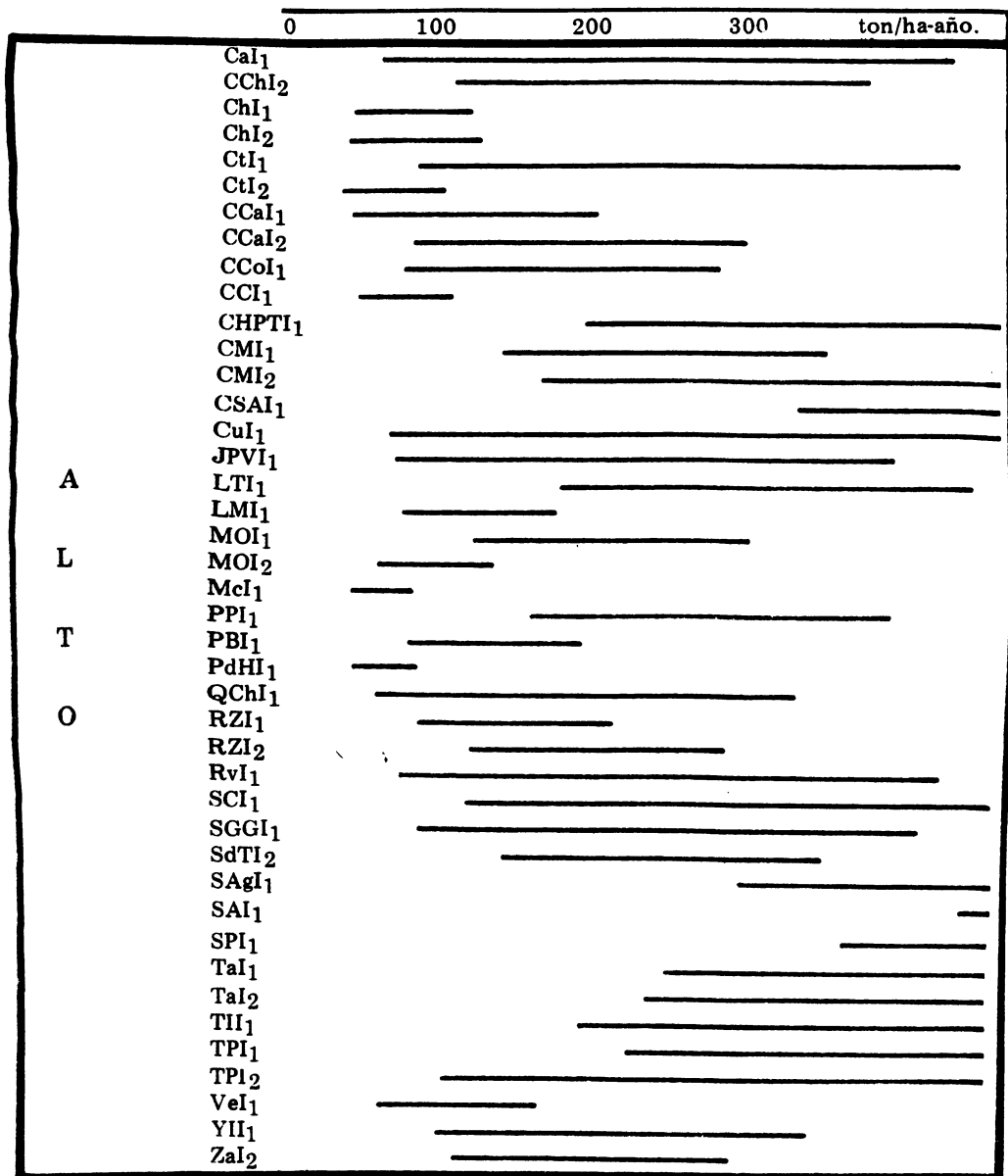
Tabla 4

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 <sub>1</sub>  | —   |     |     |             |
|                   | ECI <sub>1</sub>  | —   |     |     |             |
|                   | ECI <sub>2</sub>  | —   |     |     |             |
| U                 | IMI <sub>1</sub>  | —   |     |     |             |
|                   | LChI <sub>1</sub>   | —   |     |     |             |
|                   | LMcI <sub>1</sub>   | —   |     |     |             |
| L                 | LaI <sub>1</sub>  | —   |     |     |             |
|                   | RRI <sub>1</sub>  | —   |     |     |             |
|                   | RRI <sub>2</sub>  | —   |     |     |             |
| O                 | RTI <sub>1</sub>  | —   |     |     |             |
|                   | SLI <sub>1</sub>  | —   |     |     |             |
|                   | SRI <sub>1</sub>  | —   |     |     |             |
| B                 | AgI <sub>2</sub>  | —   |     |     |             |
|                   | ByI <sub>2</sub>  | —   |     |     |             |
|                   | ByI <sub>3</sub>  | —   |     |     |             |
|                   | BcI <sub>1</sub>  | —   |     |     |             |
|                   | CChI <sub>1</sub>   | —   |     |     |             |
|                   | CuI <sub>3</sub>  | —   | —   |     |             |
| A                 | EPI <sub>1</sub>  | —   |     |     |             |
|                   | FBI <sub>1</sub>  | —   | —   |     |             |
|                   | ITAI <sub>1</sub>   | —   | —   |     |             |
| J                 | ITAI <sub>2</sub>   | —   | —   |     |             |
|                   | KyI <sub>1</sub>  | —   | —   |     |             |
| O                 | KyI <sub>2</sub>  | —   |     |     |             |
|                   | LCI <sub>2</sub>  | —   | —   |     |             |
|                   | LeI <sub>2</sub>  | —   | —   |     |             |
|                   | LiI <sub>1</sub>  | —   | —   |     |             |
|                   | PII <sub>2</sub>  | —   | —   |     |             |
|                   | RUI <sub>1</sub>  | —   | —   |     |             |

continúa Tabla 4

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



## 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**

