

**DETERMINACION DE LOS FACTORES R, K Y C DE UNA ECUACION DE PREDICION  
DE EROSION PARA LA PRECORDILLERA DE LA VIII REGION.  
ESTUDIO PRELIMINAR<sup>1</sup>**

**Determination of the factors R, K, and C of the universal soil loss equation  
for the Andean foothills area, VIII Region. A preliminary study**

Luis Peña Mac—Caskill<sup>2</sup>

**SUMMARY**

The universal soil-loss equation ( $A = R K L S C P$ ) is proposed for future programs on soil erosion control, in the Andean foothills of the VIII Region. This equation will provide a criterion to select alternatives of use and soil management practices which will best reduce erosion. This mathematical model has been developed in USA, to predict erosion losses for any specific combination of soil, topography, climate, cropping and management practices.

For the application of the equation in the VIII Region, it is necessary to determine local values for the R, K and C factors. This was the basic objective of this work. The research was performed in a farm located 40 km East of Chillán, on a moderately silt loam soil (Dystrandep), with slope of 11%, establishing ten 2 x 20 m plots, with sediment measure devices (1978–1981).

**INTRODUCCION**

Desde los albores de la investigación en control de erosión hídrica, surgió la inquietud por derivar modelos matemáticos, que cuantificaran el efecto de todos los factores conocidos que influyen en el proceso y permitieran la predicción de pérdidas de suelo. Los progresos logrados, a mediados de la década del 50, hacen posible el desarrollo de una ecuación que refleja la influencia de los siguientes factores (Wischmeier y Smith, 1978):

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

donde: A es la pérdida media anual en ton/ha; R es el potencial erosivo de las lluvias; K es el factor erodabilidad del suelo; L y S representan la longitud de la ladera y su pendiente; C es el factor cultivo y manejo; y P representa las prácticas complementarias de control de erosión (cultivo en contorno, terrazas, etc.).

Las medidas de control de erosión deben cumplir con la exigencia de no proteger en exceso o subdimensionar la capacidad defensiva que otorgan al terreno. Si el valor A obtenido sobrepasa el límite establecido de tolerancia, se debe modificar la rotación de cultivos o incorporar prácticas agronómicas o complementarias. La tolerancia de erosión se define como la máxima pérdida de suelo que puede soportar un terreno, sin que se afecte su potencial productivo. Se determina para cada localidad, considerando la profundidad del suelo, sus propiedades físicas, magnitud de la erosión pasada, porcentajes de pendiente, etc. Es un valor que se fija de acuerdo a criterio.

Para utilizar la ecuación en el sector de precordillera de la VIII Región, es necesario determinar valores locales para los factores R, K y C, aspecto que constituye el objetivo básico de la presente investigación. Para el resto de los factores se aplican los valores actualmente en uso en EE.UU. Este procedimiento facilitará la elaboración de planes de conservación de suelos y aguas, en las 230.000 hectáreas de trumaos de lomajes cultivables de Ñuble y Biobío (Chile, ODEPA, 1968). Aun cuando las características físicas y químicas de estos suelos le confieren una mayor ha-

<sup>1</sup> Recepción de originales: 10 de junio de 1982.

Proyecto 2.01.27 de la Dirección de Investigación, U. de Concepción, Chillán, Chile.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, U. de Concepción, Casilla 537, Chillán, Chile.

bilidad para resistir la acción erosiva de las lluvias, su manejo inapropiado, en pendientes superiores a 10°/o o en laderas más suaves pero de mayor longitud, se traduce en apreciables pérdidas de suelo, con magnitudes comprobadas de 35 ton/ha/año (Peña, 1978). En estudios exploratorios se ha determinado disminuciones cercanas al 50°/o del horizonte superficial, en pendientes de 9°/o (Peña, 1981).

#### Factores de la ecuación

El factor R de la ecuación representa el potencial erosivo de todas las lluvias del año. Wischmeier (1959) encontró dos parámetros, cuyo producto dió una aceptable correlación con las pérdidas de suelo, en parcelas bajo condición de barbecho continuo: la energía cinética total de una lluvia por la cantidad de lluvia, en milímetros, caída durante los 30 minutos continuados de máxima intensidad. Este producto, denominado índice de erosión, se determina con los datos de registros pluviométricos (Brito y Peña, 1980).

El valor K se obtiene midiendo la pérdida de suelo de una parcela de dimensiones estándares (22,13 m de longitud y 9°/o de pendiente), mantenida en barbecho continuo y con labranza en el sentido de la pendiente. Para estas condiciones, cada uno de los factores, L S C y P, alcanzan el valor de 1, adoptando la ecuación básica la forma  $A = R K$ . El valor K se determina dividiendo A por los índices de erosión determinados en el lugar. Este factor refleja el efecto combinado de todas las propiedades del suelo que influyen significativamente en el proceso (Wischmeier y Mannering, 1969).

Para el cálculo de L y S se emplea una ecuación parabólica, que fija los datos experimentales en la siguiente forma:

$$LS = \sqrt{f}(0,0138 + 0,0096 s + 0,00138 s^2)$$

donde f es la longitud, en metros, de la ladera y s el porcentaje de pendiente.

El factor cultivo y manejo (C) es el más difícil de evaluar, debido a las numerosas maneras en que la tierra puede ser cultivada y manejada y también por otras consideraciones, tales como la rapidez del crecimiento y el volumen de la vegetación a lo largo del período de vida del cultivo. Las rotaciones se pueden modificar, aumentando el número de cultivos o repitiendo algunos de ellos, o variando sus secuencias. También se puede quemar o enterrar el rastrojo del cultivo anterior, dejando parte sobre la superficie, e incorporar diversos niveles de fertilización. Todas estas diferentes condiciones de manejo y sus combinaciones pueden tener influencia en la magnitud de las pérdidas de suelo.

El factor C mide el efecto combinado de la cobertura y el manejo. La erosión que ocurre en un terreno determinado, mantenido en barbecho continuo, se computa por el producto de cuatro factores: R, K L y S. El mismo terreno bajo un cultivo experimentará menor erosión. La magnitud de la disminución dependerá de la combinación de coberturas, secuencias de cultivos y prácticas de manejo agronómico que se adopten.

## MATERIALES Y METODOS

Las mediciones de R, K y C se realizaron en el predio "Las Cruces", a 40 km al oriente de Chillán, durante los años 1978 a 1981.

#### Determinación del Factor R

Para el cálculo de R se siguió el procedimiento desarrollado por Wischmeier (Brito y Peña, 1980). El método se basa en la determinación de la energía cinética total de una lluvia y su producto por la cantidad de milímetros de agua que caen durante 30 minutos continuados de máxima intensidad.

La energía de cada lluvia se obtiene aplicando una ecuación de regresión a segmentos uniformes de la curva de intensidad del registro del pluviógrafo:

$$Y = 1,214 + 0,887 \text{ Log } X, \text{ donde}$$

$$Y = (\text{kg m/m}^2) \text{ mm de lluvia}$$

$$X = \text{mm/hr}$$

Se efectúa luego el producto del valor Y, con la cantidad de mm de agua efectivamente caídos en cada período considerado del registro. La suma de estos productos representa el valor de la energía cinética total de la lluvia, y su producto con los mm caídos en los 30 minutos de máxima intensidad, es el valor del índice de erosión de la lluvia que se estudia. Para disponer de cifras más cómodas de manejar, se dividen por 100. La suma de los índices de erosión en un año es el valor R.

El método considera como lluvias erosivas aquellas mayores de 12,5 mm y como lluvia individual, las separadas por un lapso mínimo de 6 horas.

#### Determinación del Factor K

El valor K, determinado en este estudio para un suelo de la serie Santa Bárbara (Cineritic Mesic Typical Dystrandept), se midió directamente en parcelas de 2 x 20 m y 11°/o de pendiente. En el extremo inferior de cada parcela se instaló un dispositivo para medir el arrastre de suelo.

Durante cuatro años se mantuvo dos parcelas en barbecho continuo y con labranza en el sentido de la pendiente. En cada temporada se efectuó alrededor de ocho muestreos de los sedimentos acumulados en las secciones de cada medidor. La suma de los valores calculados a lo largo del año, se expresaron en ton/ha y se ajustaron para la condición de parcela estándar del método. Estas pérdidas de suelo (A) se dividieron por los valores de R, determinados en el sitio de la experiencia, de acuerdo a la ecuación básica, que expresa el valor de K en función de A/R.

Con antecedentes de análisis físicos y químicos de muestras de suelo del sector de la experiencia, se comprobó una ecuación empírica para determinar K (Wischmeier, Johnson y Cross, 1971):

$$100 K = 2,1 M^{1,14} (10^{-4}) (12-a) + 3,25 (b-2) + 2,5 (c-3)$$

en que: K es el factor erodabilidad del suelo; M el parámetro del tamaño de partículas, que es igual al producto de la suma del porcentaje de limo más arena muy fina (0,05–0,10 mm), por la cantidad de 100, menos el porcentaje de arcilla; a es el porcentaje de materia orgánica; b el código de la estructura del suelo (1 granular muy fino; 2 granular fino; 3 granular medio a grueso; 4 masiva, laminar o de bloque); c el código de clase de permeabilidad (1 rápida; 2 moderada a rápida; 3 moderada; 4 moderada a lenta; 5 lenta; 6 muy lenta).

#### Determinación del Factor C

Durante cuatro años se emplearon ocho parcelas de escurrimiento en la determinación de valores C, para cereal y raps, bajo diversas modalidades de manejo.

Las determinaciones de este factor se realizaron comparando las pérdidas de suelo para diferentes cultivos y métodos de manejo, con las pérdidas en parcelas mantenidas en barbecho continuo. En Resultados y Discusión, el Cuadro 3 resume estas relaciones y el Cuadro 4 presenta valores ajustados de C, para la aplicación de la ecuación en la precordillera de la VIII Región.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Factor R

Los índices de erosión (I.E.), cuyos porcentajes de distribución se muestran en el Cuadro 1, corresponden a promedios mensuales de los años 1978, 1979 y 1980.

El valor promedio anual de R, para los tres años considerados, es de 334. Como el cálculo es empírico, las unidades de la escala de valores resultan irrelevantes y pueden considerarse sólo como números (Hudson, 1971). Su aplicación se puede hacer a gran parte del sector de precordillera de la VIII Región.

Al incluir un mayor número de años de observaciones pluviométricas, el valor R experimentará algunas variaciones.

### Factor K

En el Cuadro 2 se presenta valores anuales de pérdida de suelo. También se incluye valores de índices de erosión y erodabilidad (K).

El factor erodabilidad (K) para la serie Santa Bárbara, se determinó considerando el promedio calculado para los años 1980 y 1981, de acuerdo a las condiciones establecidas para derivar este valor.

CUADRO 1. Distribución de índices de erosión en la zona de precordillera de Ñuble, como promedio de los años 1978, 1979 y 1980<sup>1</sup>

TABLE 1. Monthly distribution of the erosion indexes for a foothill area of Ñuble. Averages for 1978, 1979 and 1980

Meses	I.E. Mensual	I.E. Acum.	% Parcial	% Acum.
Enero	2,15	2,15	0,64	0,64
Febrero	21,18	23,33	6,33	6,97
Marzo	3,29	26,62	0,98	7,95
Abril	29,80	56,42	8,91	16,86
Mayo	55,70	112,12	16,66	33,52
Junio	27,93	140,05	8,35	41,87
Julio	94,71	234,76	28,32	70,19
Agosto	25,17	259,93	7,53	77,72
Septiembre	21,10	281,03	6,31	84,03
Octubre	4,17	285,20	1,25	85,28
Noviembre	36,71	321,91	10,98	96,26
Diciembre	12,46	334,37	3,73	100,00

<sup>1</sup> Predio "Las Cruces", 40 km al suroriente de Chillán. Pluviógrafo W.C. Mod. P-522, de registro trimestral de 12,5 mm. Lecturas de intensidades en períodos de 30 minutos.

La baja cifra de K se debe al elevado contenido de materia orgánica de este suelo, con promedio de 9,8<sup>o</sup>/o en el sitio de la experiencia. Además, influyen la distribución del tamaño de partículas, la estructura granular fina y la permeabilidad que exhibe el perfil. Estas propiedades confieren al suelo un mayor grado de defensa contra la destrucción de los agregados. El buen drenaje interno del perfil disminuye apreciablemente el volumen del escurrimiento superficial.

El factor K se determinó, también, mediante la expresión empírica:

$$100 K = 2,1 M^{1,14} (10^{-4}) (12-a + 3,25 (b-2) + 2,5 (c-3))$$

Para ello se realizaron diversos análisis físicos y químicos y una descripción del perfil en el lugar del ensayo. Sus resultados fueron los siguientes: materia orgánica 9,8<sup>o</sup>/o(a); textura franco limosa, con 14,5<sup>o</sup>/o de arena mayor de 0,100 mm, 63,5<sup>o</sup>/o de limo más arena fina (0,050–0,100 mm) y 22<sup>o</sup>/o de arcilla; estructura granular fina 2(b) y permeabilidad moderada 3(c).

**CUADRO 2. Pérdidas de suelo en parcelas mantenidas en barbecho continuo; índices de erosión y valor K de la serie Santa Bárbara ("Las Cruces")**

**TABLE 2. Soil losses in plots under continuous fallow; erosion indexes and K values for the Santa Bárbara soil series**

	A Ñ O S			
	1978	1979	1980	1981
PERDIDAS DE SUELO <sup>1</sup> EN ton/ha (A)	32,26	22,44	34,91	34,28
INDICES DE EROSION <sup>2</sup> (R)	303,0	296,0	311,6	303,5
VALORES K <sup>3</sup> (A/R)	0,08	0,06	0,09	0,09

<sup>1</sup> Promedio de dos repeticiones, en parcelas de 20 m y 11<sup>o</sup>/o de pendiente.

<sup>2</sup> Corresponden al período en que se realizó las mediciones de pérdida de suelo en cada año.

<sup>3</sup> Obtenidos dividiendo las pérdidas de suelo por los índices de erosión respectivos. Además, se dividieron por 1,282, para llevarlos a la condición de parcela estándar, de 22,13 m y 9<sup>o</sup>/o de pendiente.

$$K = \frac{34.227,03 \times 0,00022}{100} \times 1,292 = 0,097$$

El valor entregado por la ecuación se multiplicó por 1,292, para expresar K en unidades del sistema métrico (ton/ha por unidad de índice de erosión). Resultó ser un 7,78<sup>o</sup>/o mayor que el valor K determinado por medición directa. Si se considera lo engorroso y caro que resulta este último procedimiento, la pequeña diferencia obtenida con la ecuación empírica justifica su uso, por lo menos en suelos derivados de cenizas volcánicas.

#### Factor C

Los valores de C, que figuran en el Cuadro 3, se calcularon para cuatro períodos del desarrollo de los cultivos, en las diferentes alternativas que se estudiaron durante cuatro años:

- CS (cama de semillas), desde la siembra hasta que el cultivo alcanza una cobertura de 10<sup>o</sup>/o.
- Período 1 (establecimiento), desde el fin del período anterior hasta que el cultivo desarrolla un 50<sup>o</sup>/o de cobertura.

- Período 2 (desarrollo), desde el fin del período anterior hasta que desarrolla un 75<sup>o</sup>/o de cobertura.
- Período 3 (madurez), desde el fin del período anterior hasta la cosecha.

En la presente experiencia no se consideraron los períodos de rastrojo o residuos y de barbecho terronudo, porque durante los meses que corresponden a dichos períodos, no se producen lluvias intensas.

En el Cuadro 4 se entregan valores de C, ajustados de acuerdo a la distribución en el año de los índices de erosión calculados para el sector de la experiencia. Esta forma de presentar los valores de C, facilita el uso de la ecuación.

No fue posible cubrir un mayor número de alternativas, debido al corto número de parcelas de escurrimiento disponibles. Por otro lado, cada una de las alternativas sólo se estudió durante un año. Se requerirán más años de investigaciones para ajustar los antecedentes ya recogidos, e incorporar al estudio otros aspectos no considerados.

**CUADRO 3. Relaciones de pérdidas de suelo de cereales y raps con los valores correspondientes en barbecho continuo, en un suelo Santa Bárbara ("Las Cruces")**

**TABLE 3. Relations between soil losses under cereals and rapeseed with losses of the same soil under continuous fallow. Soil series Santa Bárbara**

SECUENCIA DE CULTIVOS Y TIPO DE MANEJO	PERIODOS DEL CULTIVO <sup>1</sup>			
	CS	1	2	3
CEREAL después de cereal o raps; labr. conv. <sup>2</sup> y quema res. <sup>3</sup>	0,87	0,36	0,20	0,10
CEREAL después cereal o raps; labr. conv.; se entierra res. y altas dosis fertiliz. y semilla	0,41	0,20	0,18	0,10
CEREAL con manejo <sup>4</sup> res. con 1 ton/ha sobre sup. después de sembrar	0,164	0,127	0,027	0,006
CEREAL con manejo res., con 2 ton/ha sobre superficie después de sembrar	0,064	0,061	0,012	0,006
RAPS después cereal, labr. conv. se quema res.	0,307	0,684	0,020	0,015
RAPS después cereal; labr. conv. se entierra res. <sup>5</sup> (200 kg/ha res. sobre sup.)	0,200	0,577	0,015	0,010

<sup>1</sup> CS = siembra a 10% cobertura del suelo por la vegetación; 1 = con 10 a 50% de cobertura; 2 = con 50 a 75% de cobertura; 3 = desde 75% de cobertura hasta cosecha.

<sup>2</sup> Labranza convencional.

<sup>3</sup> Residuos.

<sup>4</sup> Técnica de labranza que permite dejar en la superficie una parte de los rastrojos del cultivo anterior. Exige el empleo de equipos especiales.

<sup>5</sup> Se entierra la mayor parte, dejando una mínima cobertura de 200 kg/ha del rastrojo sobre la superficie. No se requiere el uso de equipos especiales.

**CUADRO 4. Valores ajustados del efecto combinado de cobertura y manejo (Factor C), válidos para trumao de la VIII Región**

**TABLE 4. Adjusted values for the combined effect of soil cover and management (C Factor), applicable to "trumao" soils, VIII Region**

Nº Línea	Cultivos y prácticas agronómicas de manejo	Valor C ajustado para precord. VIII Región <sup>1</sup>
1	CEREAL, después cereal o raps. Se quema rastrojo y labranza convencional	0,33
2	CEREAL, después pradera muy rala. Labranza convencional	0,29
3	CEREAL, después cereal o raps. Se entierra rastrojo y labr. convencional	0,27
4	CEREAL, después pradera <sup>2</sup> . Se entierra residuo y labr. convencional	0,22
5	CEREAL, después cereal o raps. Se entierra parcialmente rastrojo dejando 200 kg/ha en superf. Labr. convenc.	0,20
6	CEREAL, después cereal o raps. Se entierra parcialmente rastrojo, dejando 200 kg/ha en superf. Alta fertilización y dosis de semillas	0,18
7	CEREAL, con manejo rastrojos de cosecha. Se deja 1 ton/ha de res. en superf.	0,08

**CONT. CUADRO 4. Valores ajustados del efecto combinado de cobertura y manejo (Factor C),  
válidos para trumaos de la VIII Región**

Nº Línea	Cultivos y prácticas agronómicas de manejo	Valor C ajustado para precord. VIII Región <sup>1</sup>
8	CEREAL, con manejo rastrojos de cosecha. Se deja 2 ton/ha de res. en superf.	0,039
9	CEREAL <sup>3</sup> , siembra directa a través de residuos (cero—labranza)	0,019
10	RAPS, después cereal. Se quema rastrojo y labranza convencional	0,36
11	RAPS, después pradera muy rara. Labr. convencional	0,31
12	RAPS, después cereal. Se entierra rastrojo y labranza convencional	0,29
13	RAPS, después pradera <sup>2</sup> . Se entierra residuos y labranza convencional	0,24
14	RAPS, después cereal. Se entierra parcialmente el residuo, dejando 200 kg/ha en superficie	0,22
15	RAPS, después cereal. Se entierra parcialm. rastrojo, dejando 200 kg/ha en superf. Alta fert. y dosis semilla	0,20
16	RAPS <sup>4</sup> , con manejo rastrojos. Se deja 1 ton/ha sobre el suelo	0,087
17	RAPS <sup>4</sup> , con manejo rastrojos. Se dejan 2 ton/ha sobre el suelo	0,042
18	RAPS, siembra directa a través residuos (cero—labranza)	0,020
19	PRADERA NATURAL <sup>5</sup> , en reg. condiciones (2—4 ton/ha m.s.)	0,015
20	PRADERA NATURAL <sup>5</sup> , en buenas condiciones (4—6 ton/ha m.s.)	0,010
21	PRADERA ESTABLECIDA <sup>5</sup> MIXTA, en reg. condic. (4—6 ton/ha m.s.)	0,006
22	PRADERA ESTABLECIDA <sup>5</sup> MIXTA, en buenas condic. (6—11 ton/ha m.s.)	0,004

<sup>1</sup> Valores calculados con las relaciones de pérdidas de suelo del Cuadro 3, ajustándolos a la distribución promedio de los índices de erosión de los años 1978, 79 y 80. Para cada situación, se multiplicó los valores C del Cuadro 3, por el porcentaje de I.E. correspondiente a cada período. Las sumas de los productos para los cuatro períodos contemplados, constituyen los valores que figuran en este cuadro.

<sup>2</sup> Los valores ajustados de C para cereal y raps después de pradera, se calcularon aplicando a los valores locales obtenidos en "Las Cruces", los factores para efecto residual de praderas del Handbook 537 (Wischmeier y Smith, 1978).

<sup>3</sup> Se aplicó al cereal una relación obtenida de los datos para raps en "Las Cruces".

<sup>4</sup> Se calculó sobre la base de relaciones con los datos establecidos para cereal en esta modalidad de manejo.

<sup>5</sup> Los valores se tomaron del Handbook 537, por no existir información local.

Los valores de C se ajustaron con los promedios de distribución de índices de erosión, de los años 1978, 1979 y 1980. Cada vez que fue posible, se promediaron valores de C para tratamientos testigos. En este caso, se modificaron también los restantes tratamientos de cada experiencia anual, pero manteniendo prácticamente igual la proporcionalidad con el testigo. Esto explica las variaciones de los valores estimados por la ecuación, con respecto a las cifras de pérdidas de suelo medidas en las parcelas. Por ejemplo, en

1977 se midió una pérdida de suelo de 35,04 ton/ha/año, en trigo con manejo convencional (quema del rastrojo y dosis bajas de fertilizantes). Para igual tratamiento en avena, en 1978, se determinó una erosión de 24,71 ton/ha/año. Para estas condiciones de cultivo y manejo, la ecuación predice una pérdida de suelo de 28,41 ton/ha/año. Estos cálculos se efectuaron considerando una pendiente de 11<sup>o</sup>/o y una longitud de 100 m.

## CONCLUSIONES

La predicción de erosión mediante la ecuación  $A = R K L S C P$ , es la mejor estimación disponible a la fecha. Sus resultados son más confiables para suelos de texturas medias, en longitudes de laderas inferiores a 120 m, pendientes entre 3 a 18°/o y sistemas de cultivo y manejo que correspondan a los probados en las parcelas de escurrimiento. Mientras más se excedan los límites mencionados, mayor será la probabilidad de introducir errores. Las comprobaciones de predicción con mediciones directas han sido excelentes.

Esto debe entenderse para un sistema basado en 22 años de observaciones pluviométricas. Los registros de un menor número de años están sujetos a errores

mayores de predicción, debido a los efectos cíclicos y a fluctuaciones de las variables no controladas, cuyos efectos están promediados en muchos años en los valores de los factores de la ecuación (Wischmeier y Smith, 1978). A la luz de estas ideas generales, es prudente considerar la presente investigación como un trabajo preliminar, mientras no se reiteren los estudios realizados y se amplíen a otros aspectos, como la influencia del efecto residual de las praderas, el efecto de diferentes niveles de fertilidad y de residuos, otros métodos de labranza de conservación de suelo, etc.

En el Apéndice de esta publicación, se describe un ejemplo del procedimiento a seguir en la aplicación de la ecuación.

## RESUMEN

La ecuación universal de predicción de pérdidas de suelos ( $A = R K L S C P$ ) estima la magnitud de la erosión para cualquier combinación específica de cultivos, prácticas de manejo, suelo, topografía y potencial erosivo de las lluvias. Su aplicación hace necesario la determinación de valores locales para los factores R, K y C, aspecto que constituyó el objetivo de la presente investigación.

Se efectuaron mediciones directas de R, K y C, en un trumao de la serie Santa Bárbara, a 40 km al oriente

de Chillán. Se emplearon 10 parcelas de escurrimiento, durante un lapso de cuatro años (1978–1981). Se obtuvo un valor R promedio de 334. El valor K fue de 0,09, para su medición directa. Se estudiaron valores de C para cultivos de cereales y raps, bajo diversas condiciones de manejo.

Se requerirán más años de estudio para ajustar los antecedentes recogidos y ampliar las investigaciones a otros aspectos no considerados.

## LITERATURA CITADA

- BRITO, J. y PEÑA, L. 1980. Determinación del factor R de la ecuación universal de predicción de erosión hídrica en la provincia de Ñuble. *Agricultura Técnica (Chile)* 40(4): 152–156.
- CHILE, OFICINA DE PLANIFICACION AGRICOLA (ODEPA). 1968. Plan de desarrollo agropecuario. Santiago, Chile, Ministerio de Agricultura, Oficina de Planificación Agrícola.
- HUDSON, N. 1971. Soil conservation. Cornell University Press, Ithaca, New York. 320 p.
- PEÑA, L. 1981. Control de erosión en trumaos mediante modificaciones en el manejo de los cultivos. *Ciencia e Investigación Agraria* 8(2): 123–128.
- PEÑA, L. 1978. Control de erosión mediante dos niveles de densidad de paja en un trumao de lomaje. *Agricultura Técnica (Chile)* 38(2): 49–53.
- WISCHMEIER, W.H. 1959. A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 23: 246–249.
- WISCHMEIER, W.H. and MANNERING, J.V. 1969. Relation of soil properties to its erodability. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 33: 131–137.
- WISCHMEIER, W.H.; JOHNSON, C.B.; and CROSS, B.V. 1971. A soil erodability monograph for farmland and construction sites. *Journal of Soil and Water Conservation (September-October)*: 189–193.
- WISCHMEIER, W.H. and SMITH, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses to conservation planning. U.S. Department of Agriculture, *Agriculture Handbook* N° 537. 58 p.

## APENDICE

Ejemplo de aplicación de la ecuación universal de predicción de pérdidas de suelos:

Se estudia la adopción de una rotación de cultivos y de prácticas de manejo en un predio de precordillera de Ñuble.

Antecedentes: Suelo de la serie Santa Bárbara, con valores  $K = 0,09$ ;  $R = 334$ ; pendiente ( $S$ ) =  $14^{\circ}$ ; longitud de ladera ( $L$ ) = 120 m. Tolerancia de erosión estimada en 7 ton/ha/año. Rotación de cultivos: trigo—raps—2 años pradera natural. Manejo convencional, quemando los rastrojos.

**Cálculos:**  $LS = \sqrt{f} (0,0138 + 0,096s + 0,00138s^2)$

donde  $f$  = longitud de la ladera y  $s$  = porcentaje de pendiente. Reemplazando valores, se tiene  $LS = 4,59$ .

Erosión potencial:

$$A = R K L S = 334 \times 0,09 \times 4,59 = 138 \text{ ton/ha/año}$$

Las pérdidas de suelos para un manejo convencional en la zona, se obtienen multiplicando la erosión potencial por el valor  $C$  promedio de la rotación:

Trigo (línea 2, Cuadro 4)	0,29
Raps (línea 10, Cuadro 4)	
se quema al rastrojo	0,36
Pradera natural (línea 19, Cuadro 4) 0,015 x 2 años	0,03
Valor promedio de la rotación	$0,68/4 = 0,17$

$A = 138 \times 0,17 = 23,5$  ton/ha/año, pérdida que excede a la tolerancia establecida de 7 ton/ha/año.

La práctica de manejo de residuos, dejando 1 ton/ha de residuos sobre la superficie, disminuye el valor  $C$  promedio de la rotación:

Trigo (línea 7, Cuadro 4)	0,08
---------------------------	------

Raps (línea 16, Cuadro 4)	0,087
Pradera natural (línea 19, Cuadro 4) 0,015 x 2	0,03
Promedio de la rotación	$0,197/4 = 0,0493$

$A = 138 \times 0,0493 = 6,8$  ton/ha, como promedio anual de la rotación, lo que significa una alternativa aceptable.

Se supone ahora que el agricultor no desea esta solución, que implica un cambio radical de sus métodos de labranza y sólo accede al empleo de prácticas mecánicas. El cultivo en contorno no resulta aconsejable, debido a la pendiente muy elevada y a la longitud de la ladera. Si se adoptan terrazas de drenaje, el espaciamiento horizontal para la pendiente y tipo de suelo del ejemplo, resulta de 21,8 m. Esta cifra representa la nueva longitud efectiva de ladera  $y$ , en consecuencia, se debe calcular un nuevo valor para  $LS = 21,8$  ( $0,0138 + 0,0096s + 0,00138s^2 = 1,95$ ). El factor  $P$  para terraza en  $14^{\circ}$  de pendiente, se obtiene del Cuadro 15 del Handbook 537 (Wischmeier y Smith, 1978), con un valor de 0,7.

$$A = R K L S C P = 334 \times 0,09 \times 1,95 \times 0,17 \times 0,7 = 7,0 \text{ ton/ha/año}$$

Se puede buscar otras alternativas, que reúnan las condiciones de control efectivo de la erosión a un costo razonable y que resulten atractivas al agricultor.

Este procedimiento para la búsqueda de prácticas que proporcionan adecuada protección, otorga un sólido respaldo científico al técnico de terreno, a través de informaciones muy precisas acerca del comportamiento de todas las prácticas factibles de adoptarse, en una situación determinada.