

Determinación del factor "R" de la ecuación universal de predicción de erosión hídrica en la provincia de Ñuble¹

Jorge Brito O.² y Luis Peña McC.³

INTRODUCCION

El problema de la erosión hídrica en suelos cultivados, plantea la necesidad de seleccionar prácticas que permitan obtener el uso más provechoso de la tierra, junto con propender a su mejor conservación. Para facilitar este tipo de decisiones, se ha desarrollado en EE.UU. un modelo matemático que predice las pérdidas de erosión para cualquiera combinación específica de suelo, topografía, clima, cultivo y prácticas de manejo.

La ecuación universal de predicción de erosión expresa las pérdidas de suelo promedio anual, en función de los siguientes factores (Wischmeier y Smith, 1965): $A = R K L S C P$ donde:

- A es el promedio anual de pérdidas de suelo en ton/ha predicha la ecuación.
- R es el factor capacidad erosiva de las lluvias.
- K es el factor erodabilidad del suelo.
- L,S son los factores longitud y grado de pendiente,
- C es el factor cultivo.

P es el factor de prácticas de conservación (terrazas, cultivo en contorno y cultivo en fajas).

Si el valor A obtenido sobrepasa el límite establecido de tolerancia, se puede disminuir variando o cambiando la rotación de cultivo, o bien, adoptando otras técnicas de manejo del cultivo o introduciendo prácticas complementarias de control de erosión. Para su aplicación se hace necesario determinar valores locales para los factores R, K y C.

La causa fundamental de la erosión es la lluvia que impacta sobre la superficie del suelo (Ellison, 1944, citado por Bayer, Gardner y Gardner, 1973). La magnitud de la erosión, por lo tanto, dependerá de una combinación del poder de la lluvia, que proporciona la energía necesaria para producir erosión, y de la habilidad del suelo para resistirla (Hudson, 1971). Expresado en términos matemáticos, la erosión hídrica es función de:

$$\text{Erosión} = f(\text{erosividad})(\text{erodabilidad})$$

La erosividad se define como la habilidad potencial de la lluvia para producir erosión, y la erodabilidad, como la susceptibilidad del suelo a erosionarse (Hudson, 1971).

El objetivo básico del presente estudio fue iniciar la determinación del factor R (potencial erosivo de las lluvias) para el sector de Chillán y precordillera de la provincia de Ñuble. Los valores obtenidos se ajustarán posteriormente con las nuevas determinaciones que se efectúen.

Wischmeier (1959) encontró dos paráme-

¹Recepción originales: 29 de agosto de 1980.

Este trabajo se realizó con el patrocinio de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Concepción (Proyecto 2.01.27). Trabajo presentado a las XXX Jornadas Agronómicas, 23-27/VII/79, Valparaíso.

²Ingeniero Agrónomo, Fundación GRATE, Casilla 460, Talca, Chile.

³Ing. Agrónomo, Departamento de Suelos, Universidad de Concepción, Casilla 537 Chillán, Chile.

tros de las lluvias que dieron aceptable correlación con la erosión de un suelo en barbecho desnudo; el producto de la energía cinética total de una lluvia, por la cantidad de agua en milímetros caída durante los 30 minutos continuados de máxima intensidad. Este producto se denomina índice de erosión (IE). Para determinar la energía cinética de las lluvias, obtuvo la siguiente ecuación de regresión:

$$Y = 1.214 + 0.887 \text{ Log } X$$

donde:

$$Y = \frac{\text{Kg m}}{\text{m}^2} \text{ por mm de lluvia}$$

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

El cálculo de IE se hace con pluviogramas, analizando cada lluvia en forma individual. Mientras mayor sea el número de años de registro, mejor será la precisión de las predicciones de la ecuación.

MATERIALES Y METODOS

Las determinaciones de índices de erosión (IE), analizando los registros pluviográficos de la estación agrometeorológica de la Escuela de Agronomía, en Chillán (36° 34' latitud sur, 72° 06' longitud oeste), se realizan para las precipitaciones ocurridas los años 1977 y 1978. Para la zona de precordillera de Ñuble (36° 48' latitud sur, 71° 51' longitud oeste), sólo se consideró la precipitación del año 1978, por no existir informaciones de años anteriores. En Chillán se utilizó un pluviógrafo marca Wilh

Lambrecht K.G., tipo 1507, con registro diario de 10 mm, pudiéndose obtener intensidades hasta períodos de 10 minutos. En el sector de precordillera (144 m.s.n.m.) se instaló un pluviógrafo de la Weathermeasure Corporation, Modelo P-522, de registro trimestral de 12,5 mm, que hizo posible determinar intensidades para períodos de 30 minutos.

El análisis del índice de erosión se hizo considerando cada evento en forma individual. El cálculo se realizó en unidades métricas, de acuerdo al siguiente procedimiento:

- El registro del pluviógrafo se divide en incrementos de tiempo constante.
- Se determina la intensidad para los incrementos de tiempo, expresándose en mm/hr (x).
- Se calcula la energía para cada intensidad de incremento de tiempo, empleando la expresión $Y = 1.214 + 0.887 \text{ Log } X$.
- Se realiza el producto del valor de Y por la cantidad de mm de agua efectivamente caídos en cada período considerado (h).
- Con la suma de los productos del punto anterior, se obtiene el valor de la energía cinética total del evento (E).
- El valor de máxima intensidad en 30 minutos se selecciona del registro, expresándose este valor en mm/hr (I).
- El producto de $E \times I$ dividido por 100, representa el potencial erosivo (índice IE) de la lluvia.
- La sumatoria de todos los valores IE durante un año, corresponde al valor del factor R de la ecuación universal de predicción de erosión hídrica.

En el Cuadro 1 se muestra un ejemplo del cálculo de la energía de una lluvia.

Cuadro 1. Cálculo de la energía de la lluvia en un pluviógrafo de registro trimestral de 12,5 mm.

Hora	Minutos	Milímetros (h)	mm/hr (x)	Y	E (Y x h)
19,30	30	10,50	21,00	2,39	25,095
20,00	30	1,40	2,80	1,61	2,254
20,30	30	1,00	2,00	1,48	1,480

$$E = 28,829$$

$$I = 10,5 \text{ mm (19,10 a 19,30 hrs)} = 21,0 \text{ mm/hr}$$

$$IE = \frac{21,0 \times 28,829}{100} = 6,054$$

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 2 se presentan los valores de precipitación total ocurridos en las zonas de Chillán y precordillera. El 70,85% de las precipitaciones registradas en Chillán se conside-

raron erosivas y en el sector de precordillera, un 93,86% del total medido tuvo tal carácter. La metodología desarrollada por Wischmeier considera como lluvias erosivas aquéllas mayores de 12,5 mm.

Cuadro 2. Distribución de la precipitación total y precipitación considerada para el cálculo del IE, en las zonas en estudio.

Meses	Chillán		Precordillera de Ñuble	
	pp total ¹ mm	pp erosiva ² mm	pp total ³ mm	pp erosiva ² mm
Enero	5,85	0,00	0,00	0,00
Febrero	1,10	0,00	0,00	0,00
Marzo	16,50	0,00	0,00	0,00
Abril	18,10	0,00	0,00	0,00
Mayo	154,50	93,20	180,75	169,95
Junio	174,30	118,60	159,75	127,75
Julio	349,45	293,75	469,50	464,00
Agosto	66,05	45,05	57,75	47,00
Septiembre	104,15	86,53	238,15	220,90
Octubre	101,50	68,20	133,25	126,50
Noviembre	120,15	87,90	162,40	159,40
Diciembre	7,90	0,00	0,00	0,00
Total	1.119,55	793,23	1.401,55	1.315,50

¹Valores promedios netos años 1977 y 1978.

²La metodología empleada considera como lluvia erosiva todos los eventos superiores a 12,7 mm.

³Precipitación del año 1978.

Cuadro 3. Porcentaje de distribución del índice de erosion en la zona de Chillán, como promedio de los años 1977-1978.

Meses	IE mensual	IE acumul.	% parcial	% acumul.
Enero	0,00	0,00	0,00	0,00
Febrero	0,00	0,00	0,00	0,00
Marzo	0,00	0,00	0,00	0,00
Abril	0,00	0,00	0,00	0,00
Mayo	34,07	34,07	15,88	15,88
Junio	33,54	67,61	15,64	31,52
Julio	65,74	133,35	30,65	62,17
Agosto	6,77	140,12	3,16	65,33
Septiembre	15,90	156,02	7,41	72,74
Octubre	9,76	165,78	4,55	77,29
Noviembre	48,70	214,48	22,71	100,00
Diciembre	0,00	214,48	0,00	100,00

R = 214,48

Cuadro 4. Porcentaje de distribución del índice de erosión en la zona de precordillera de Ñuble, para el año 1978.

Meses	IE mensual	IE acumul.	% parcial	% acumul.
Enero	0,00	0,00	0,00	0,00
Febrero	0,00	0,00	0,00	0,00
Marzo	0,00	0,00	0,00	0,00
Abril	0,00	0,00	0,00	0,00
Mayo	34,22	34,22	11,28	11,28
Junio	26,09	60,31	8,60	19,88
Julio	114,68	174,99	37,80	57,68
Agosto	3,20	178,19	1,05	58,73
Septiembre	34,94	212,13	11,52	70,25
Octubre	12,52	225,64	4,12	74,37
Noviembre	77,79	303,42	25,63	100,00
Diciembre	0,00	303,42	0,00	100,00

R = 303,42

En el Cuadro 3 se muestra la distribución mensual de los índices de erosión (IE) calculados para Chillán. El valor promedio de R para los dos años considerados (1977-1978), fue de 214,48.

En el Cuadro 4 se presentan los valores de distribución mensual y acumulados, de los índices de erosión (IE) calculados para precordillera de Ñuble (40 Km al oriente de Chillán). El valor de R obtenido para esta localidad fue de 303,42.

Los resultados presentados en los Cuadros 3 y 4, indican que en los meses de mayo, junio y julio, se produjo la mayor concentración de índices de erosión (62,17% en Chillán y 57,68% en precordillera, respectivamente). El hecho que en estos meses los suelos cultivados exhiban una escasa cobertura, explica la moderada a severa erosión que se observa en

áreas de precordillera, especialmente en las laderas con pendientes superiores a 8 ó 10%, normalmente destinadas a rotaciones que incluyen cereales u otros cultivos.

Es muy probable que los valores R obtenidos experimenten modificaciones con las mediciones que se continúen realizando, debido a la gran variabilidad del factor intensidad de las lluvias. El valor de R debe representar un promedio de varios años. Mientras mayor sea el número de años de registro de intensidades de lluvia, tanto más representativo será el valor que se obtenga para un lugar determinado. De modo que este estudio debe considerarse como una estimación inicial de R, o el punto de partida para acumular información que permita en un futuro cercano, la utilización de la ecuación universal de predicción de erosión en programas de conservación de suelos.

RESUMEN

El problema de la erosión hídrica en suelos cultivados, plantea la necesidad de seleccionar prácticas que permitan obtener el uso más provechoso de la tierra, junto con propender a su mejor conservación. Para facilitar este tipo de decisiones, se ha desarrollado en EE.UU. un modelo matemático que predice las pérdidas de erosión para cualquiera combinación específica de suelo, topografía, clima, cultivo y prácticas de manejo. La ecuación perfeccionada por Wischmeier, predice la pérdida anual de suelo en función de los siguientes factores:

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

donde A es el promedio anual de pérdida de suelo en ton/ha predicha por la ecuación; R es el factor de lluvias; K es el factor de erodabilidad; L, S factor de longitud y grado de pendiente; C es el factor cultivo y P representa las prácticas de conservación (terrazas, cultivo en contorno y fajas).

Para su aplicación se hace necesario determinar valores locales para los factores R, K y C. El presente estudio inició la determinación del factor R en la zona de Chillán y precordillera de Ñuble, obteniéndose valores de 214,5 y 303,4, respectivamente, en el año 1978. Para ello se utilizó la metodología desarrollada por Wischmeier y Smith (1958).

S U M M A R Y

DETERMINATION OF FACTOR "R" IN THE UNIVERSAL EQUATION FOR EROSION PREDICTION IN THE PROVINCE OF ÑUBLE, CHILE.

The control of rainfall-erosion in cropland soils require the selection of practices that result in better use and conservation of the soil. A mathematical model has been developed to predict erosion losses for any specific combination of soil, topography, climate, cropping and management practices. This model, known as the universal equation for erosion prediction, expresses the annual average soil losses as a function of the following factors:

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

For the application of the equation it is necessary to determine local values for R, K and C. The basic objective of this study was to determine preliminary values for the "R" factor in the areas of Chillan and the andean foothills near Chillan. The values obtained were 214.5 and 304.4 respectively.

LITERATURA CITADA

- BAVER, L. D., GARDNER, W. H. y GARDNER, W. R. 1973. Física de suelos. Trad. de la 4ª. ed. en inglés por Jorge Rodríguez y Rodríguez. México, D.F., Centro Regional de Ayuda Técnica. pp. 473-503.
- HUDSON, N. 1971. Soil conservation. London, Batsford.
- WISCHMEIER, W. H. 1959. A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. Soil Science Society of American Proceeding 23(3):246-249.
- and SMITH, D. D. 1965. Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains. U.S. Department of Agriculture, Handbook N° 282. 47p.