

UNA PROPUESTA PARA PREDECIR EL FACTOR DE EROSIVIDAD "R" PARA EL CENTRO Y NORTE DE LA ARGENTINA

A.E. MAGGI¹

Recibido: 10/06/02

Aceptado: 30/10/02

RESUMEN

En la Argentina una metodología frecuente de predecir la pérdida de suelo por erosión hídrica es la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, conocida como USLE. Uno de los factores que la integra es el "R", pero pocas localidades del país disponen de ese dato. El cálculo para obtener el factor R necesita datos específicos a partir de cantidad de lluvia caída, que no es registrado para todas las localidades. El objetivo fue estimar el valor de erosividad usando relaciones con datos a partir de simples registros meteorológicos y valores conocidos del factor R cuando no se dispone de la intensidad de la lluvia caída.

Para el norte y centro de la Argentina, las variables más importantes consideradas en este trabajo fueron p precipitación media anual y el índice de Fournier. La relación entre el factor R calculado y la precipitación media anual de 44 sitios de la Argentina es muy buena ($r^2=0.87$) y muestra similitudes con las obtenidas en Estados Unidos de Norteamérica y en el sudeste de Australia. La ventaja de la estimación del factor R basado en los registros de precipitación media anual, es que este es un dato sencillo, de fácil obtención y rápidamente disponible en casi todo el mundo.

Palabras clave. Erosividad, pérdida de suelos, erosión hídrica.

A PROPOSITION TO PREDICT THE EROSIIVITY FACTOR R IN NORTH AND CENTRE OF ARGENTINA

SUMMARY

In the Republic Argentine, the Universal Soil Loss Equation, well-known as USLE, is the more frequent methodology applied for soil loss prediction by water erosion. One of the factors included is "R", but this data are available by a few cities in this country.

The calculation to obtain the R factor need specific data from rainfall gauge, which are not record in all the villages of Argentina.

The objective was estimated the erosive value using relationship data from simple meteorological records and well-known values of R factor when the rainfall intensity are not available.

In this work, the most important variables were p mean annual precipitation and Fournier index for the north and center of Argentina. The relationship between calculates R-factor and the mean annual precipitations for 44 sites in Argentina is very good ($r^2 = 0.87$) and shows similarity with the United States of America and southeastern Australia. This type of data is simple and almost always readily available everywhere in the world and this is the advantage in the R-factor estimation based on the mean annual precipitation.

Key words. Erosivity, soil loss, water erosion.

¹Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos, Facultad de Agronomía - UBA - maggi@agro.uba.ar - (C1417DSQ) Av. San Martín 4453. Capital Federal

INTRODUCCIÓN

En muchos trabajos ambientales y de conservación de suelos y en aquellos que relacionan producción de los cultivos y forrajeras con erosión hídrica, se requiere estimar las pérdidas de suelos. (Apezteguía, *et al.*, 1987; Marelli, 1990; Kinnell, 1993; Shaffer, *et al.*, 1995). Por otra parte, cuanto más preciso sea la determinación de la pérdida de suelo debido a la lluvia, más confiable será la transferencia de la investigación obtenida mediante ensayos (Lal Rattan, 1995; Shaffer, *et al.*, 1995; Rienzi y Genoves 1994; Smith, 1947). A tal fin es muy útil la EUPS (Ecuación Universal de Pérdida de Suelos) propuesta por (Wischmeier y Smith, 1978); las modificaciones a la EUPS de (Gonzalez Del Tánago, 1991) y de (F.A.O. 1980), pero en todas ellas se requiere el valor de R. Aún cuando la EUPS no sea exacta (Risse, *et al.*, 1993; Renard, *et al.*, 1994) sigue siendo la metodología más utilizada para predecir pérdidas de suelo por erosión hídrica en la Argentina.

Si bien existe numerosa bibliografía de como estimar el valor R (Arnoldus, 1978; Díaz y Maseiro, 1984; Fournier, 1960; Yu y Rosewell, 1996; Mikhailova, *et al.*, 1997), en la Argentina no se desarrolló una forma de estimarlo cuando no existe ningún dato pluviográfico. En algunas localidades a menudo este dato es difícil de conseguir y es interpolado en forma gráfica de las curvas de isoerosividad publicadas por INTA (Codromaz de Rojas, y Conde, 1985; Codromaz de Rojas y Saluso, 1991). El factor de erosividad surge de las precipitaciones y su intensidad. Estas presentan una gran variabilidad tanto en el espacio como en el tiempo, como lo demuestran diversos autores (Ponce de León, 1987; Sierra *et al.*, 1995); es por ello que para disminuir los efectos de la variabilidad temporal, se utilizaron registros que fueran promedio de varios años y que además coincidieran con el período de registros que el INTA utilizó para la valoración de R.

Si bien existen numerosas localidades en la Argentina que poseen estaciones que registran datos meteorológicos, sólo en algunas de ellas se han realizado mediciones con pluviografo. Por otra parte, para la estimación de pérdida de suelos en la EUPS (ecuación universal de pérdida de suelos), el valor de R es imprescindible.

El objetivo de este trabajo fue encontrar las ecuaciones de predicción del valor de R, que pueden ser usadas en aquellas localidades de la Argentina que carecen de datos pluviográficos, para calcularlo en forma directa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron las estadísticas climáticas varias del Servicio Meteorológico Nacional del período 1961-1990. A partir de datos sencillos y de los valores de R medidos en distintas localidades del país y publicados por el INTA (Codromaz de Rojas y Saluso, 1991; Scotta y Paporotti, 1989; Marelli, 1990), se determinaron cuales eran las variables que se relacionaban mejor con el factor R en las regiones húmedas y semiáridas del centro y norte de la Argentina. Para ello se consideraron las mismas variables que utilizaron otros autores en otras regiones del mundo, ya que ellas en muchos casos pueden relacionarse con la intensidad de la precipitación, con las clases de lluvias (ciclónicas o frontales, de relieve u orográficas y las llamadas lluvias convectivas) y el tipo de régimen (monzónico, mediterráneo, ecuatorial etc). Se consideró la P (precipitación promedio anual) obtenida a partir de estadísticas climáticas del período 1961-1990, y además se calculó el índice de Fournier, $\sum_{i=1}^{12} P_i^2/P$; precipitación media mensual en mm y P: precipitación media anual en mm. (Bergsma, 1981; Arnoldus, 1980; Fournier, 1960) para 44 localidades de la Argentina. Estas fueron ajustadas y relacionadas con los registros de R calculados por (Codromaz de Rojas y Saluso, 1991), quienes usaron la metodología propuesta por (Wischmeier y Smith, 1958, 1978) a partir de los registros de fajas pluviográficas.

Las localidades incluidas fueron:

Región Pampeana

Prov. de Buenos Aires: Junín, Pehuajó, Suárez, Pigüé, Barrow, Bordenabe, B. Blanca, Las Flores, Dolores, Pergamino, Azul, La Plata, P. Indio, El Palomar.

Prov. Córdoba: M. Juárez, Laboulaye, Bell Ville, Córdoba.

Prov. E. Ríos: Paraná Concordia, Gualeguaychú, Villaguay, Concepción del Uruguay, Federal.

Prov. Sta. Fe: Reconquista, Sauce Viejo, Ceres, Rafaela, Rosario.

Prov. de La Pampa: Gral Pico.

N.E.A.

Prov. Corrientes: Corrientes, Bella Vista, Mercedes.

Prov. Misiones: Iguazú, Cerro Azul, Posadas.

Prov. Formosa: Formosa, Las Lomitas

Prov. Chaco: Resistencia, Castelli, Villa Angela, Las Breñas, Colonia Benítez, P. Roque Sáenz Peña

Prov. Sgo. del Estero: Campo Gallo, La Banda.

Este análisis no incluye provincias de la Región Patagónica ni de la Región Cuyana, por no existir hasta la fecha registros de R medidos o estimados. Tampoco se

incluyen los registros del N.O.A. por contar con el valor de R en muy pocas localidades.

Se utilizó el programa estadístico, "statistic" para el cálculo de las regresiones. Los valores de precipitación media anual varían entre 629 y 1.973 mm y los índices de Fournier entre 59 y 159. Para la mayoría de las localidades la lluvia es uniforme a lo largo del año u ocurre principalmente durante los meses de verano correspondientes al hemisferio sur. Se usaron las mismas funciones potenciales que fueran aplicadas por (Renard y Freimund, 1994; Yu y Rosewell, 1995). El factor R fue considerado como variable dependiente. El índice de Fournier y la precipitación media anual fueron las variables independientes probadas en las distintas ecuaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La ecuación general para la región centro y norte de la Argentina es:

$$R = 0,037439 P^{1.61}$$

$$r^2: 0,87 \text{ S.E.}=0,00096$$

R: Índice de erosividad pluvial.

P: precipitación media en (mm) para el período 1961-1990.

Argentina	
R = 0,037439 P ^{1.61}	r ² : 0,87
R = 5,94471 F ^{1.3492}	r ² : 0,85
Sudeste Australiano	
R = 0,0438 P ^{1.61}	r ² : 0,91
R = 3,82 F ^{1.41}	r ² : 0,92
USA	
R = 0,0483 P ^{1.61}	r ² : 0,81
R = 0,7397 F ^{1.847}	r ² : 0,81

R: erosividad en (MJ mm/ ha h año).

P: precipitación media anual en (mm).

F: índice de Fournier modificado.

Diversos autores de otros países encontraron relación entre R y otras variables tales como el índice de Fournier o la altura sobre el nivel del mar (Arnoldus, 1978; Díaz y Maseiro, 1984; Fournier, 1960; Yu and Rosewell, 1996; Mikhailova, *et al.*, 1997). En las regiones húmedas, subhúmedas y semiáridas del centro y norte de la Argentina, el índice de Fournier es también una de las variables

que predice el índice de erosividad. Sin embargo, los resultados obtenidos por los ajustes hechos, coinciden con estos autores y como puede observarse la utilización de este índice modificado no mejora sustancialmente la estimación.

Utilizando todas las estaciones meteorológicas de la Argentina que poseen un valor de R calculado, se observó que existe una relación positiva con la precipitación promedio del período 1961-1990. En ausencia de datos de intensidad de lluvia correspondientes a un período más largo que 20 años, la relación de R y la lluvia media anual puede ser usada para al menos valorar tasas de erosión relacionadas con diferentes manejos, cultivos y condiciones de suelo (Renard y Freimund, 1994). Esta relación puede también usarse para indicar la sensibilidad de la pérdida de suelo frente a las fluctuaciones de la precipitación y, así poder predecir un cambio en la erosión potencial del suelo, frente a un posible aumento de la precipitación debido a un cambio climático.

Sin embargo, se consideraron otras variables pero ninguna de ellas mostraban una relación cierta con el índice de erosividad. Algunas de estas variables fueron: la temperatura máxima media anual, la que está asociada a la capacidad energética de la atmósfera para condensar humedad. Cuanto más alta la latitud, será menor y por lo tanto esta variable explica la mayor potencialidad de las latitudes bajas y medias respecto de las altas latitudes para calentar masas de aire. Otra variable considerada fue la altura sobre el nivel del mar; en este caso está contemplando también la distancia al mar. Debe recordarse que en este estudio no se considero a la Patagonia por carecerse de registros pluviográficos. Las lluvias del centro y norte de la Argentina tienen su origen en el Océano Atlántico y disminuyen de este a oeste y la altura se incrementa también en este sentido (De Fina y Ravelo, 1979).

En la Figura 1 se observa el gráfico del valor de R estimado entre 500 y 2.200mm de precipitación para las ecuaciones del centro-norte de la Argentina, sudeste Australiano y Estados Unidos de Norte América. Las curvas se comportan en forma similar, aumentando sus diferencias a medida que se incrementa el valor de precipitación media anual.

Las curvas de isoerosividad se encuentran separadas en un rango que se va incrementando de $1 \cdot 10^5$ en $1 \cdot 10^5$ kgm/ ha año. Cuando las curvas de isoerosividad se encuentran muy separadas entre

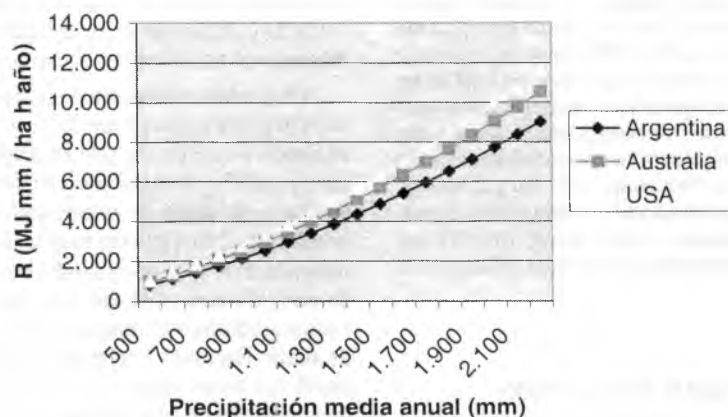


Figura 1. Estimación de R.

sí, no se puede asumir que R disminuye o aumenta en forma lineal con la distancia. Es por ello que es más seguro estimar este valor a partir de una ecuación que parte de valores observados en la realidad y que, además, permite saber cual es el error que se comete. Esta ecuación permite predecir la agresividad de las lluvias en el centro y norte de la Argentina, es sencilla y fácil de aplicar, ya que parte de datos que normalmente se encuentran en casi todas las localidades.

CONCLUSIONES

Es posible estimar el factor de erosividad de las precipitaciones para el centro y norte de la Argenti-

na, utilizando meteorológicos medidos en la mayoría de las localidades del país. La precipitación media anual en (mm) y el Índice de Fournier para el período 1961-1990 son las variables que permiten predecir el índice de erosividad de las lluvias. Estas ecuaciones permiten una valoración de la erosión potencial del suelo basada en USLE, para las áreas donde se carece de datos pluviográficos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración en los aportes de este trabajo al Ing. Agr. Eduardo Rienzi y a la Cátedra de Física de la Fac. de Agronomía U.B.A.

BIBLIOGRAFÍA

- APEZTEGUÍA, H.P.; H. AMAYA y L. CRUSTA. 1987. Medición de pérdidas de suelo y disminución de los rendimientos de soja debidos a la erosión hídrica en la región semiárida central de Córdoba. *Rev. Ciencia del Suelo*, 5 N°1.
- ARNOLDUS, H.M.J. 1978. An approximation of the rainfall factor in the universal soil loss equation. In assessment of Erosion. M.de Boodt and D. Gabriels (eds.) John Willey and Son, New York.
- ARNOLDUS, H.M.J. 1974. Soil erosion: a review of processes and assessment techniques. Pp 1-53 FAO/UNEP Expert Consultation on Soil Degradation, Roma.
- ARNOLDUS, H.M.J. 1980. An Approximation of the Rainfall Factor in the USLE in: Assessment of Erosion edited by De Boodt, M and D. Gabriels, Wiley, Chichester, England.
- BERGSMAN, F. 1981. «Indices of rain erosivity», *ITC Journal* 1981-4:460-484.

- BROWNING, G.M.; C.L. PARISH and J. GLASS.** 1947. A method for determining the use and limitations of rotation and conservation practices in the control of soil erosion in Iowa. *Journal Am. Soc. Agron.*, 39, 65-73.
- COMANDO DE REGIONES AÉREAS-SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL FAA.** Estadísticas Climatológicas 1951-1960, 1961-1970, 1971-1980 y 1981-1990.
- CODROMAZ DE ROJAS, A.E. y A. CONDE ALVARO.** 1985. Estimación del factor R de la ecuación universal de pérdida de suelos para el centro-este de la Rep. Argentina. *Rev. Ciencia del Suelo*, 3 N°1-2.
- CODROMAZ DE ROJAS, A.E. y J. SALUSO.** 1991. INTA EEA Paraná. Probabilidades de ocurrencia del factor «R» de la ecuación universal de pérdida de suelo. *Actas. XIII Congreso de Suelos S.C. Bariloche.*
- DE FINA, A.L. y A.C. RAVELO.** 1979. Climatología y Fenología Agrícolas. Ed. Eudeba.
- DÍAZ, R. y B. MASEIRO.** 1984. Análisis de las lluvias máximas diarias anuales en la región centro-oriental Argentina. INTA EEA Marcos Juárez Córdoba.
- EERA MARCOS JUÁREZ INTA.** Técnicas de conservación de suelos. Prácticas conservacionistas para el sector este de la cuenca del Río Carcaraña. Información para extensión. *Suelos y Agro climatología* N° 3.
- F.A.O.** 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. FAO-PNUMA Roma 1980-85pp.
- FOSTER, A.B.** 1979. Métodos aprobados en conservación de suelos Ed. Trillas México.
- FOURNIER, F.** 1960. Climat et erosion: la relation entre l' erosion du sol par l' eau et les precipitations atmospheriques. pp. 1-201 Presses Universitaires de France.
- GLAVE, A.E.** 1993. Los excesos hídricos en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires y sudeste de La Pampa. Pp. 1-30 INTA Bordenave. Inédito.
- GONZÁLEZ DEL TÁNAGO, M.** 1991. La ecuación universal de pérdidas de suelo pasado, presente y futuro. *Rev. Ecología*, 5 13-50.
- HUDSON, N.** 1982. Conservación del Suelo Ed. Revert, S.A.
- KINNELL, P.I.A.** 1993. Interrill Erodibilities based on the rainfall intensity-flow discharge erosivity factor. *Aust. J. Soil Res.* 31:319-332.
- KINNELL, P.I.A.** 1993. Runoff as a factor influencing experimentally determined interrill erodibilities. *Aust. J. Soil Res.* 31:333-342.
- KIRKBY, M.J. and R.P.C. MORGAN.** 1984. Erosión de Suelos Ed. Limusa.
- LAL, R.** 1995. Erosion-Crop productivity relationships for soil of Africa. *Soil Sci. Am. J.* 59:661-667.
- LAMDSBERG, H.E.** 1972. Present world survey of climatology pp1-15 Elsevier.
- LAWS, J.O. and D.A. PARSONS.** 1943. The relation of rain drop size to intensity. *Trans. Am. Geophys. Union.* 22, 709-721.
- MARELLI, J.H.** 1990. Erosión, Perdidas de suelos y labranzas conservacionistas. EEA INTA Rafaela Publicación Miscelánea N° 51.
- MARELLI, J.H.** 1988. La Erosión Hídrica. Conferencia presentada en la XII Reunión Nacional de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, Corrientes.
- MIKHAILOVA, E.A.; R.B. BRYANT; S.J. SCHWAGER and S.D. SMITH.** 1997. Predicting Rainfall Erosivity in Honduras. *Soil Science American Journal* 61:273-279.
- PONCE DE LEÓN, E.J.** 1987. La tendencia secular de las precipitaciones en Guatrache, Santa Rosa y General Pico, La Pampa. *Rev. Fac. Agronomía U.N. La Pampa.* 2 (2):83-93 Santa Rosa.
- RENARD, K.G.; G.R. FOSTER; D.C. YODER and D.K. McCOOL.** 1994. RUSLE revisited: Status, questions, answers, and the future. *Rev. Journal of soil and water conservation* May-June 213-220.
- RENARD, K.G. and J.R. FREIMUND.** 1994. Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. *Journal Hydrology* 157:287-306.
- RIENZI, E.A. y J. GENOVES.** 1994. Desprendimiento de partículas de suelo a partir de los agregados de una cama de siembra. *Rev. Invest. Agr. Prod. y Prot. Veg.* (93):427-438.
- RISSE, L.M.; M.A. NEARING; A.D. NICKS and J.M. LAFLEN.** 1993. Error assessment in the universal soil loss equation *Rev. Soil Sci. Am. J.* 57:825-833.
- ROBINSON, K.M. and G.H. HANSON.** 1996. Gully head cut advance. *Trans. of the ASAE.* 39(1):33-38.

- SCOTTA, E y O.PAPAROTTI. 1989. Manual de sistematización de tierras para control de erosión hídrica y aguas superficiales excedentes. INTA EEA Paraná Entre Ríos, Serie Didáctica N°17.
- SEC. AGR. GAN. Y PESCA Y EL CONSEJO FEDERAL AGROPECUARIO. 1995. El deterioro de las tierras en la República Argentina.
- SHAFFER, M.J.; T.E. SCHUMACHER and C.L. EGO. 1995. Simulating the effects of erosion on corn productivity *Rev. Soil Sci Soc. Am. J.* 59:672-676.
- SIERRA, E.M.; R. HURTADO; L. SPESCHA; I. BARNATAN y C. MESSINA. 1995. Corrimiento de las isoyetas semestrales medias decenales (1941-1990) en la Región Pampeana *Rev. de la Fac. Agronomía UBA.* 15 (2-3):137-144.
- SIERRA E.M.; M. CONDE PRAT y S. PEREZ. 1995. La migración de cultivos de granos como indicador del cambio climático 1941-93, en la región pampeana Argentina. *Rev. Fac. Agronomía UBA.* 15 (2-3):161-171.
- SMITH, D.D. 1947. Estimating soil losses from field area of claypan soil *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 12, 485-490.
- WISCHMEIER, W.H. and D.D. SMITH. 1978. Predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planning U.S. Department of Agriculture. Agriculture Handbook N°537 U.S.A.
- WISCHMEIER, W.H. 1959. A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation *Proc. Soil Sci. Soc. A.* 23, 246-249.
- WISCHMEIER, W.H. and D.D. SMITH. 1957. Factors affecting sheet and rill erosion. *Trans. Am. Geophys. Union* 38, 889-896.
- WISCHMEIER, W.H. 1976. Use and misuse of the universal soil loss equation. *J. Soil and Water Conserv.* 31, 5-9.
- WISCHMEIER, W.H. and J.V. MANNERING. 1969. Relation of soil properties to its erodibility. *Proc. Soil Sci. Am.* 33, 133-137.
- WISCHMEIER, W.H.; D.D. SMITH and R.E. UHLAND. 1958. Evaluation of factors in the soil-loss equation *Agric. Eng.* 39, 458-462.
- WISCHMEIER, W.H. and D.D. SMITH. 1958. Rainfall energy and its relationship to soil loss. *Trans. Am. Geophys. Union* 39, 285-291.
- WISCHMEIER, W.H. and D.D. SMITH. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses. Agriculture Handbook N° 537, United States Department of Agriculture, Washington D.C.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION 1983. Meteorological Aspects of Certain Processes Affecting Soil Degradation Especially Erosion. *Technical Note N°178 U.S.*
- YU, B. and C.J. ROSEWELL. 1996. A robust estimator of the R-factor for the universal soil loss equation. *Trans. of the ASAE* 39(2):559-561.