

ESTIMACIÓN DEL FACTOR EROSIVIDAD DE LA LLUVIA EN LA ZONA SEMIÁRIDA DE SAN PEDRO, CHILE

ESTIMATED RAINFALL EROSIIVITY FACTOR IN THE SEMI-ARID AREA OF SAN PEDRO, CHILE

ESTIMATIVA DO FATOR EROSIVIDADE DA CHUVA NA ZONA SEMIÁRIDA DE SAN PEDRO, CHILE

Barlin Olivares¹ Deyanira Lobo² Koen Verbist³

Recibido: 26-2-13; Aprobado: 16-9-13

RESUMEN	ABSTRACT	RESUME
<p>La falta de información acerca de las características de la erosividad de la lluvia en zonas áridas y semiáridas, ha impedido una evaluación objetiva de su contribución al proceso de erosión de los suelos y a la degradación. La estimación de la erosividad de la lluvia por medio del análisis de bandas pluviográficas requiere de una alta inversión de tiempo, lo que implica la necesidad de emplear ecuaciones para la estimación del factor R. El objetivo del estudio fue la estimación de la erosividad de la lluvia (R) mediante el Índice de Fournier Modificado (IFM) desarrollado por Arnoldus (1980) y ecuaciones adaptadas al clima de Chile (ICONA, 1988), a partir de información pluviométrica del periodo 1996-2000. Al comparar ambas adaptaciones, los valores generados de R con el IFM resultaron ser mayores a los generados por ICONA, debido a que la erosividad estimada empleando el IFM se calculó como una función de la erosividad de ICONA. En general se observa que ambos métodos presentan un mismo patrón de comportamiento, de acuerdo al análisis univariado no se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre ambos. Resulta imprescindible tener en cuenta el factor climático en estas regiones para conjuntamente con la evaluación de otros indicadores, contribuir al diseño de medidas de manejo y conservación que garanticen la sostenibilidad agroambiental del suelo y su productividad.</p> <p>Palabras clave: Agresividad climática, Índice de Fournier Modificado, precipitación.</p>	<p><i>The lack of information about the characteristics of rainfall erosivity in arid and semi arid zones has prevented an objective evaluation of their contribution to the process of soil erosion and degradation. The estimation of rainfall erosivity by analysis of bands pluviometric requires high investment of time, which implies the necessity of using equations to estimate the R factor. The study aimed at estimating the erosivity using the Modified Fournier Index (MFI) developed by Arnoldus (1980) and equations adapted to the climate of Chile (ICONA, 1988), rainfall information from the period 1996-2000. When comparing both adaptations, the generated values of R with the IFM were found to be greater than those generated by ICONA, because the erosivity using the MFI was estimated as a function of the ICONA erosivity. In general it is observed that both methods show the same pattern, according to univariate analysis found no significant differences between them. It is essential to consider the climatic factor in these regions together with the assessment of other indicators, help design conservation and management measures to ensure the sustainability of environment and soil productivity.</i></p> <p>Keywords: Climatic aggressiveness, Modified Fournier Index, precipitation.</p>	<p><i>A falta de informação a respeito das características da erosividade da chuva em zonas áridas e semiáridas, tem impedido uma avaliação objetiva de sua contribuição ao processo de erosão dos solos e à degradação. A estimativa da erosividade da chuva por médio da análise de bandas pluviográficas requer de um alto investimento de tempo, o que implica a necessidade de empregar equações para a estimativa do fator R. O objetivo do estudo foi a estimativa da erosividade da chuva (R) mediante o Índice de Fournier Modificado (IFM) desenvolvido por Arnoldus (1980) e equações adaptadas ao clima de Chile (ICONA, 1988), a partir de informação pluviométrica do período 1996-2000. Ao comparar ambas adaptações, os valores gerados de R com o IFM resultaram ser maiores aos gerados por ICONA, como a erosividade estimada empregando o IFM se calculou como uma função da erosividade de ICONA. Em general observa-se que ambos métodos apresentam um mesmo padrão de comportamento, de acordo à análise uni variado não se encontraram diferenças significativas ($P \leq 0,05$) entre ambos. Resulta imprescindível ter em conta o fator climático nestas regiões para conjuntamente com a avaliação de outros indicadores, contribuir ao desenho de medidas de manejo e conservação que garantam a sustentabilidade agroambiental do solo e sua produtividade.</i></p> <p>Palavras-chave: Agressividade climática, Índice de Fournier Modificado, precipitação.</p>

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). e-mail: bolivares@inia.gob.ve; ²Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. e-mail: lobod@agr.ucv.ve; ³Department of Soil Management, Ghent University, Bélgica, y Centro del Agua para las Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe, La Serena, Chile (CAZALAC). e-mail: koen.verbist@ugent.be

INTRODUCCIÓN

La degradación de suelos es un proceso complejo, que puede ocurrir de forma natural por la acción de factores físicos o puede ser inducida por el hombre, de ambas formas, dicho proceso contribuye a la pérdida de su capacidad productiva (Pla, 1993). Entre los factores físicos que intervienen en los procesos de formación y degradación del suelo se encuentran: el relieve, la cobertura superficial, las características físicas, químicas y biológicas del suelo y el clima; también debemos incluir la actividad agrícola, como factor cultural capaz de acelerar uno de los procesos de degradación física más extendidos mundialmente y conocido como erosión hídrica (Almorox et al., 1994, Montenegro, 2005).

El suelo es el principal recurso productivo con que cuentan los productores agropecuarios; su deterioro implica una enorme desventaja en el actual modelo de desarrollo económico, caracterizado por la alta competitividad que existe entre productores agrícolas y forestales. La lluvia como parte del clima es el agente activo de la erosión, que de manera paulatina o brusca y dependiendo de su agresividad, de la cobertura superficial, de la longitud y pendiente del terreno, remueve la capa superficial del suelo causando su degradación. Esta agresividad de las lluvias, también llamada capacidad para producir erosión o potencial erosivo, se ha englobado en un solo término, denominado erosividad. La erosividad es entendida como la acción mecánica (agresiva o destructiva) de la lluvia sobre el suelo o la capacidad de la lluvia para producir erosión (Morgan, 1997). Muchas investigaciones se han realizado con la finalidad de encontrar índices numéricos que permitan obtener una cuantificación de la erosividad relacionada con la erosión del suelo. En la bibliografía edafológica y climática aparecen diferentes métodos para cuantificar este factor,

destacándose los de Fournier, Hudson, Lal, Onchev y Wischmeier y Smith, este último, el más difundido y aplicado mundialmente (Colotti, 2004).

La estimación de la erosividad de la lluvia a través de bandas pluviográficas, tal como lo proponen Wischmeier y Smith (1978), mediante la estimación del factor R, que combina la energía cinética de la lluvia y la intensidad máxima en 30 minutos requiere de una alta inversión de tiempo y a su vez no existe una base de datos pluviográfica lo suficientemente densa o antigua como para calcular el factor R. Por este motivo, el objetivo del trabajo es la estimación de la erosividad mediante expresiones como el Índice de Fournier Modificado (IFM) desarrollado por Arnoldus (1980) y ecuaciones adaptadas a las condiciones climáticas de Chile.

La importancia de determinar la magnitud de la erosividad de la lluvia en un lugar implica conocer el potencial erosivo de la lluvia sobre el suelo, del cual depende su uso actual o potencial. Así mismo, desde el punto de vista climático, al estudiar la erosividad se profundiza y se explican las características de la energía cinética y su relación con su intensidad, para los diferentes tipos de precipitación en el tiempo y en el espacio, donde existen registros de lluvia, esencialmente en áreas montañosas, donde el riesgo de erosión es mayor.

Los estudios de erosividad de la lluvia en Chile no son muy abundantes, de aquí surge el interés de llevar a cabo este tipo de estudios en la Región Metropolitana de este país. Asimismo, esta metodología empleada podría ser implementada en estudios similares en diversas regiones afectadas por la erosión hídrica o susceptible a ella en Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en la Comuna San Pedro, Provincia de Melipilla en la Región Metropolitana de

Chile. Dicha localidad se encuentra en la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa, a 120 km al Suroeste de Santiago de Chile; a $-34^{\circ} 01' 58,8''$ de latitud y $-71^{\circ} 25' 1,2''$ de longitud.

San Pedro posee un clima templado con tendencia a mediterráneo, que se caracteriza por presentar una estación seca en verano (diciembre a marzo). La precipitación media anual es de 399 mm (figura 1). La amplitud térmica anual es muy baja con promedio anual de 14° C. Las temperaturas varían de la costa al interior y las precipitaciones aumentan también de la costa al interior y de norte a sur. La temperatura media anual es de 15° C, en el periodo de verano las temperaturas máximas oscilan en 28° C y en invierno las temperaturas mínimas están alrededor de 5 a 6° C (Tokugawa y Vargas, 1996).

Determinación de la erosividad de la lluvia

Para la estimación del factor erosividad de la lluvia se utilizaron dos ecuaciones, la primera ecuación, cual fue desarrollada por el Instituto para la Conservación de la Naturaleza ICONA (1988). Es conveniente indicar que la misma tiene su origen en las zonas áridas y semiáridas con clima mediterráneo de España, por lo tanto responde a un patrón específico de lluvia del clima local. En este sentido, investigadores en Chile como Valenzuela y Morales (2004), tomando en cuenta el tipo de clima y los montos de precipitación recibidos en la zona, seleccionaron la ecuación por analogía climática que mejor se adapta a la Región (ecuación 1), siendo esta la primera forma de estimar el factor erosividad en $(\text{hJ} \cdot \text{cm} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1})$, a partir de los datos mensuales de precipitación del periodo 1996-2000:

$$R = 0,291 [PMEX]^{1,297} [MR]^{0,331} [MF]^{0,336} [F24]^{0,018} \quad (1)$$

Donde PMEX es la lluvia media de la máxima mensual de cada uno de los años de la serie (mm), MR es la lluvia media del periodo

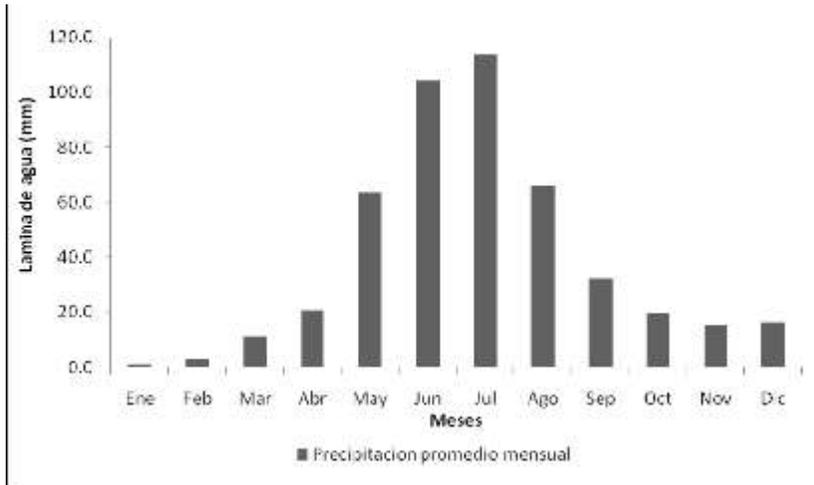


Figura 1. Comportamiento de la precipitación media mensual de la serie (1961-1991) en la Comuna San Pedro de Chile.

Análisis univariado

A partir de los datos de erosividad estimados mediante el IFM e ICONA se determinó la media, desviación estándar, varianza, coeficiente de variación, máximos, mínimos, mediana, asimetría, kurtosis; con la finalidad de establecer la estructura de los datos. Posteriormente se aplicó la prueba de rango múltiple de Duncan, la cual generó una comparación de las medias de tratamientos o métodos para la determinación de diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre métodos utilizando el paquete estadístico INFOSTAT versión 9.0 (2008).

Octubre-Mayo (mm), MV la lluvia del periodo junio-septiembre (mm), y F24 es el factor de concentración de la máxima lluvia diaria, que se define como en la ecuación 2:

$$F24 = \frac{\text{(máxima lluvia en 24 horas del año)}}{\text{Suma de las máximas en 24 horas de todos los meses del año}} \quad (2)$$

Arnoldus (1980) propuso una corrección del IF, en la que se consideran no sólo la precipitación mensual del mes más húmedo, sino también la del resto de los meses. Este índice fue denominado Índice de Fournier Modificado (IFM).

$$IFM = a \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P_t} \quad (3)$$

Donde (Pi) representa la precipitación del mes y (Pt) es la precipitación total anual del área. En consecuencia, para las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas frágiles y sensibles a la erosión, es importante la aplicación de un Índice de Agresividad de las lluvias como el IFM, cuya clasificación se presenta en la tabla I.

Por otra parte, la segunda opción para estimar la erosividad de la lluvia es a través de la ecuación 4, donde R es la erosividad de la lluvia ($MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}$); $a = 0$ y $b = 1,6881 \text{ mm}^{-1}$ son coeficientes que se obtienen de una regresión lineal con la ecuación propuesta por ICONA (1988):

$$R = a + b \cdot a \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P_t} = a + b IFM \quad (4)$$

Esta última ecuación se obtiene a partir de la fórmula propuesta por ICONA (1988), con esto, no se emplea el IFM como sustituto del análisis de bandas, por lo tanto los coeficientes (a y b) no provienen de la regresión de IFM con el índice de erosión pluvial (EI_{30}) de bandas; lo cual representa una limitación en la estimación de la erosividad. La clasificación del factor de erosividad de la lluvia mediante las dos ecuaciones se presenta en la tabla II.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de IFM para zona de estudio (Tabla III) fluctúan desde muy bajo en el año 1998 hasta muy alto para los años 1997 y 2000, siendo estos dos últimos años afectados por el fenómeno el Niño en la zona, se observa que el IFM reveló una agresividad muy alta de las lluvias, según los criterios establecidos en la tabla I, ya que dichos valores están

Tabla I. Clasificación del Índice de Fournier Modificado (IFM).

IFM	Clasificación
0 -60	Muy bajo
60 -90	Bajo
90 -120	Moderado
120 - 160	Alto
>160	Muy alto

Fuente: (Michiels y Gabriels, 1996).

Tabla II. Clasificación del factor R.

Factor R ($MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}$)	Clasificación
Muy Bajo	≤ 2000
Bajo	2000-4000
Moderadamente Bajo	4000-6000
Moderado	6000-8000
Moderado Alto	8000-10000
Alto	10000-12000
Muy Alto	12000-14000
Extremadamente Alto	≥ 14000

Fuente: (Páez, 1999).

Tabla III. Valores de IFM del periodo 1996-2000 para la zona de estudio.

Años	IFM	Clasificación
1996	78,8	Bajo
1997	224,1	Muy alto
1998	39,5	Muy bajo
1999	105,2	Moderado
2000	463,7	Muy alto

en función de la precipitación media mensual y anual.

Los valores obtenidos son similares a los mostrados por (Lobo et al. 2010) en la región de los llanos Venezolanos, quienes expresaron un rango de variación de IFM bastante amplio, encontrándose valores desde muy bajos hasta muy altos, con un coeficiente de variación que refleja la alta variabilidad.

Esta circunstancia ha contribuido a un mayor efecto de los procesos erosivos, inducidos por el eventual escurrimiento que tiene lugar durante cada lluvia intensa. Las labores de preparación de los suelos que se realizan de manera rutinaria en una misma dirección y profundidad, contribuyen complementariamente a una progresiva acumulación de la fracción más enriquecida del suelo hacia el fondo de las depresiones provocando el empobrecimiento de la cobertura edáfica.

De acuerdo con los valores estimados de erosividad de la lluvia (Tabla IV), se observa que estos son bajos ($\leq 2.000 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}$) de acuerdo a la tabla II, es decir, que presenta lluvias de baja erosividad. Al comparar ambas adaptaciones de erosividad, se nota claramente que los valores generados de R con el IFM resultan ser mayores a los generados por ICONA. Esto se debe principalmente a que la erosividad empleando el IFM se estimó como una función de la erosividad de ICONA, por lo que se justifica que los valores de erosividad de la lluvia empleando IFM sean en magnitud mayores a la erosividad de ICONA.

Tabla IV. Factor erosividad de la lluvia ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}$) para la zona semiárida de San Pedro, Chile.

Años	Erosividad ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	
	R (IFM)	R (ICONA)
1996	132,9	101,9
1997	378,4	170,4
1998	66,7	34,1
1999	177,6	154,2
2000	782,8	672,4

Honorato *et al.*, (2001) reportaron valores de erosividad de la lluvia estimados a partir de la aproximación de Arnoldus (IFM) (1980) para seis localidades ubicadas entre la IV y IX Región de Chile, con montos de precipitación de 158, 555 y 452 mm, siendo la erosividad de 40; 88,5 y 165,1 $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}$, respectivamente. Estos valores son aceptables, sin embargo se encuentran por debajo de la erosividad obtenida en el presente estudio.

En Venezuela los resultados obtenidos por (Leal, 2007) indican que la erosividad de las lluvias tropicales es producto de pocos eventos con muy altas intensidades y corta duración durante el año, hecho corroborado en los datos de las estaciones semiáridas de Boca de Pozo y La Guardia en la Isla de Margarita.

Colotti (2004) determinó que existe una alta proporción de eventos erosivos de baja magnitud e intensidad de las lluvias para la cuenca media del río Tuy en Venezuela, los cuales generan una baja erosividad anual que en promedio oscila entre 0,9 MJ.cm/ha.h y 99,3 MJ.cm/ha.h , y alcanza un total de 375,8 MJ.cm/ha.h para el periodo de evaluación comprendido entre 1985-1989.

El análisis univariado se presenta en la tabla V, de acuerdo al promedio, ambas adaptaciones de erosividad presentaron valores bajos, por su parte la erosividad de ICONA presentó valores de desviación y coeficiente de variación superiores a la erosividad con IFM, lo que se interpreta como mayor variabilidad de este factor en el periodo de evaluación.

Tabla V. Estadísticas básicas de ambas ecuaciones de erosividad de la lluvia para la zona semiárida de San Pedro, Chile.

Estadísticas Básicas	Erosividad ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	
	R (IFM)	R (ICONA)
Numero de valores	5	5
Promedio	307,7	226,6
Mediana	177,6	154,2
Desviación Estándar	289,9	254,8
Coefficiente de Variación (%)	94,2	112,5
Máximo	782,8	672,4
Mínimo	66,7	34,1
Varianza	84.070,1	64.936,0
Asimetría	1,47	1,99
Kurtosis	1,8	4,2

Con relación a la kurtosis ambas ecuaciones de erosividad presentan valores superiores a 1, indicando una distribución de los datos alejada de la normal. Las varianzas determinadas de ambas opciones son consideradas altas, lo cual expresa la amplia variación de los datos con respecto al promedio.

El análisis de la varianza permitió contrastar la hipótesis nula de que las medias de (K) métodos (K

>2) son iguales, frente a la hipótesis alternativa de que por lo menos uno de los métodos difiere del otro en cuanto a su valor esperado. De acuerdo a la tabla VI se evidenció que no existen diferencias significativas entre las dos ecuaciones utilizadas para estimar la erosividad de la lluvia de acuerdo a la prueba de Duncan. Es decir que ambos métodos utilizados en este estudio presentan un mismo patrón de comportamiento en función de los años. En general estos resultados afianzan la importancia de conocer el comportamiento en el tiempo de la variable precipitación, agente activo en los procesos de erosión del suelo.

Tabla VI. Test de Duncan.

Método	Medias	n	
ICONA	226.60	5	A
IFM	307.68	5	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$).
Error: 74503,0910; gl: 8

A través de la representación gráfica de "Boxplots" (Figura 2.a) se observa que el método de estimación de erosividad utilizando la ecuación de ICONA mostro mayor variación de los datos con respecto a los valores generados utilizando el IFM. La figura 2.b. indica que ambas ecuaciones mostraron un mismo patrón de comportamiento dentro de los rangos de valores esperados. A excepción del año 1997 donde la erosividad estimada a partir del IFM fue sobrestimada. Se observa un amplio rango de variación es amplio, encontrándose valores desde muy bajos (<70) hasta muy altos (>700 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹).

CONCLUSIONES

Con base a la ecuación de erosividad utilizando la

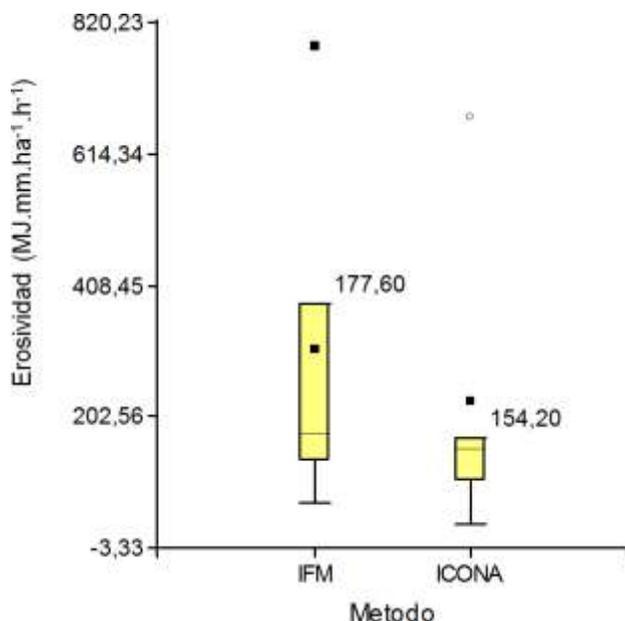


Figura 2. a. Diagrama "Boxplot" para ambos métodos de estimación de erosividad de la lluvia con respecto a la mediana.

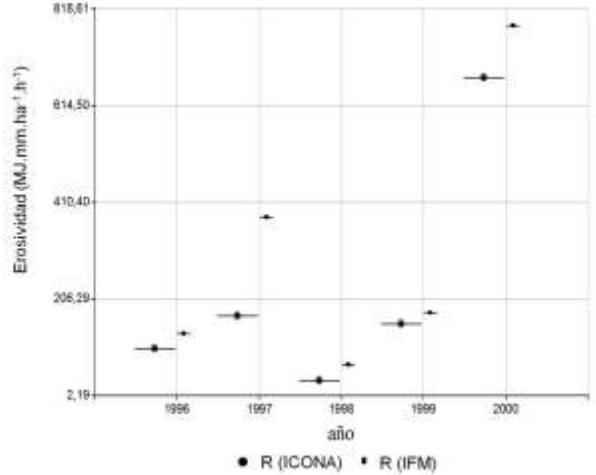


Figura 2. b. Representación gráfica de la dispersión de los datos de erosividad durante el periodo de años evaluado.

aproximación de Arnoldus (IFM) (1980) que se correlaciona con el valor de erosividad de ICONA (1988) se pueden plantear algunas limitaciones con relación a las diferencias, la primera de ellas es la dependencia de la ecuación al origen de las precipitaciones en España y a la localización de los ensayos. Esto hace pensar que pudiera no ser aplicable fuera de las regiones en las que se obtuvieron los datos que sirvieron para estimar los parámetros de la ecuación.

La comuna de San Pedro en Chile presenta índices de agresividad de la lluvia variables en el tiempo caracterizada por precipitaciones de alta a moderada agresividad, estas condiciones crean una alta vulnerabilidad en esta zona semiárida, es por esto que el uso de la tierra bajo condiciones de secano debe estar orientado a sistemas de producción adaptados a prácticas conservacionistas. Resulta importante considerar el factor climático en estas regiones para conjuntamente con la evaluación de otros indicadores, contribuir al diseño de medidas de manejo y conservación que garanticen la sostenibilidad agroambiental del suelo y su productividad.

Así mismo, es necesaria la estimación del factor erosividad de la lluvia para la zona de estudio, a partir de bandas del pluviógrafo o ecuaciones adaptadas a la región, de esta manera se estaría estimando con mayor precisión la capacidad erosiva de la lluvia. Es conveniente realizar mediciones de energía cinética durante un lapso suficientemente largo para establecer una relación consistente energía-intensidad para las zonas áridas y semiáridas de Chile.

AGRADECIMIENTO

El presente estudio fue desarrollado en las zonas semiáridas de Chile, enmarcado dentro de la línea de investigación que lleva a cabo el Centro del Agua para las Zonas Áridas y Semiáridas de Latinoamérica y el Caribe (CAZALAC) con el apoyo

técnico y económico del Gobierno de Flandes- Bélgica, a través del Programa Hidrológico Internacional de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).

REFERENCIAS

- Almorox J., de Antonio R., Saa A., Cruz M., Gasco J. (1994). *Métodos de estimación de la erosión hídrica*. Madrid, España, Editorial Agrícola S.A. 150 p.
- Arnoldus, H. (1980). *An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation*. In M. De Boodt and D. Gabriels. (eds.). *Assessment of soil erosion*. John Wiley and Sons, Chichester, Gran Bretaña. p. 127-132.
- Colotti, E. (2004). *Aplicabilidad de los datos de lluvia horaria en el cálculo de la erosividad*. Trabajo de Ascenso. Caracas, Venezuela. Facultad de Humanidades, Universidad Central de Venezuela. 182 p.
- Honorato, R., Barrales, L., Peña, I., Barrera, F. (2001). *Evaluación del modelo USLE en la estimación de la erosión en seis localidades entre la IV y IX Región de Chile*. *Cien. Inv. Agr.* 28(1): 7-14.
- ICONA (1988). *Agresividad de la lluvia en España. Valores del factor R de la ecuación universal de pérdidas de suelo*. Servicio de publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ed. Ariel, S.A. Barcelona, Madrid. 292 p.
- INFOSTAT (2008). *Infostat for Windows Version 9.0*. Grupo Infostat. Inc. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- Leal, R. (2007). *Análisis de la erosividad de la lluvia en la Isla de Margarita (Venezuela) a través de datos de precipitación horaria*. Investigaciones Geográficas. Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante (España) 44: 167-185.
- Lobo, D., Cortez, A., Rodríguez, M., Ovalles, F., Rey, J. C., Gabriels, D., Parra, R. (2010). *Análisis de la agresividad y concentración de las precipitaciones en Venezuela. I. Región de los llanos*. *Bioagro* 22 (3): 169-176.
- Michiels, P., Gabriels, D. (1996). *Rain variability indices for the assessment of rainfall erosivity in the mediterranean Region*. En: *Soil degradation and desertification in mediterranean environments*. J.L. Rubio y A. Calvo (Eds) pp. 49-70.
- Montenegro, R. (2005). *Análisis de curvas de tensión de humedad de indicadores biológicos bajo condiciones diferentes de suelo*. Informe técnico; Corporación Nacional Forestal, Sexta Región; Chile. 28 p.
- Morgan, R. (1997). *Erosión y conservación de suelo*. Madrid, España, Ediciones Mundi-Prensa. 343 p.
- Páez, M. (1999). *Diseño de prácticas de conservación con la ecuación universal de pérdida de suelo*. CIDIAT. 125 p.
- Pla, I. (1993). *Degradación de suelos y sustentabilidad de los sistemas agrícolas*. Memorias de la Segunda Reunión Bial de la Red Latinoamericana de Labranza Conservacionista. Guanare – Portuguesa. pp. 16-18.
- Tokugawa, K., Vargas, R. (1996). *Control de erosión y forestación en cuencas hidrográficas de la zona semiárida de Chile*. Informe intermedio de control de erosión. Proyecto CONAF-JICA. Chile. 72 p.
- Valenzuela, B., Morales, L. (2004). *Estimación del factor de erosividad de las precipitaciones en la Región de Coquimbo*. XIV Simposio Chileno de Física, Antofagasta. Chile. 3 p.
- Wischmeier, W. H., Smith, D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. USDA-ARS Agriculture Handbook N° 537, Washington DC. 58 p.



FUNDA GEOMINAS



Calle San Simón, Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente en Ciudad Bolívar, Frente a la plaza Perfetti. Tlf: 58+ 4129475886 y 58+ 4166851052