

**NOTA TÉCNICA****Actualización del factor erosividad de la lluvia en Uruguay**

Pérez Bidegain Mario<sup>1</sup>, Piaggio Juan Manuel<sup>1</sup>, Baethgen Walter<sup>2</sup>, García Préchac Fernando<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento de Suelos y Aguas. Garzón 780, 12900 Montevideo, Uruguay. Correo electrónico: mperezb@fagro.edu.uy

<sup>2</sup> International Research Institute for Climate and Society, The Earth Institute, Columbia University, New York, Estados Unidos

Recibido: 2016-12-02      Aceptado: 2017-10-04

**Resumen**

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE) y su versión revisada (RUSLE) son los modelos de estimación de pérdidas de suelos incorporados en el programa EROSION 6.0. Este último es la herramienta empleada para planificar el uso del suelo y cumplir con la reglamentación vigente en términos de conservación de suelos en Uruguay. El objetivo de esta nota técnica fue emplear la metodología propuesta por Renard y Freimund (1994) para actualizar los valores de factor R en el programa EROSION 6.0. Asimismo, persigue los siguientes objetivos específicos: evaluar el efecto del largo de la serie empleada en la estimación del factor R y comparar los nuevos valores estimados con los que actualmente se emplean. La base de datos empleada para la estimación del Factor R cubre los registros pluviométricos mensuales del período 1980-2009 en diferentes localidades de Uruguay. Las ecuaciones empleadas en este trabajo permitieron actualizar los valores de factor R y obtener magnitudes del mismo que concuerdan con valores de factor R publicados en la bibliografía especializada de la región limítrofe. El intercepto y la pendiente de la línea de regresión entre el factor R promedio de 30 años empleando las Ecuaciones 1 y 2 no fue distinto de cero ( $P < 0,29$ ) y uno ( $P < 0,70$ ), respectivamente. El largo de la serie pluviográfica empleada afecta el valor de factor R estimado. Dada la alta variabilidad interanual de las precipitaciones se recomienda emplear las estimaciones basadas en 30 años de información pluviométrica.

**Palabras clave:** erosividad de la lluvia, USLE, RUSLE, erosión

**Rainfall Erosivity Factor Update in Uruguay****Summary**

The Universal Soil Loss Equation (USLE) and its revised form (RUSLE) are the soil erosion models incorporated into the EROSION 6.0 software. This, in turn, is the soil conservation planning tool used to fulfill the soil conservation regulations in Uruguay. The objective of this technical note was to use the methodology proposed by Renard and Freimund (1994) to update the rainfall erosivity factor (R factor) values incorporated into the EROSION 6.0 software. Additionally, it had the following specific objectives: to evaluate the impact of the length of the rainfall data series on the estimation of the R factor and to compare the updated values to the ones that are currently used. The rainfall data base used to estimate the R factor comprises the 1980-2009 period in different Uruguay locations. The equations used in this work allowed to update the R factor, and to obtain R factor values that agree with published R values for the region. The regression line intercept and slope between the 30 yr R factor estimated by both equations did not differ from zero ( $P < 0.29$ ), and one ( $P < 0.70$ ), respectively. The length of rainfall data series affects the R factor value, given the high interannual rainfall variability. We recommend using R factors based on 30 years of pluviometric records.

**Keywords:** rainfall erosivity, USLE, RUSLE, erosion

## Introducción

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE; Wischmeier y Smith., 1978) y su versión revisada (RUSLE; Renard et al., 1997) son los modelos de estimación de pérdidas de suelos de mayor uso a nivel mundial para la planificación del uso de la tierra a nivel predial. Los mismos han sido incorporados en el programa EROSION 6.0 (García Préchac, Hill, Cleríci, 2005) y su validación para las condiciones del Uruguay es abordada en extenso por Durán y García Préchac (2007). Asimismo este programa es la herramienta empleada, en el marco de la ley 15239, por la Dirección de Recursos Naturales Renovables (RENA-RE) del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP) en la implementación de los Planes de Uso de Manejo Responsable del Suelo (PUMS). El modelo USLE/RUSLE estima la erosión promedio anual de largo plazo esperada en una ladera y tiene la siguiente forma:

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

donde:

$A$  es la pérdida de suelos estimada ( $Mg.ha^{-1}.año^{-1}$ );

$R$  es el factor erosividad de la lluvia y escurrimiento asociado ( $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.año^{-1}$ );

$K$  es el factor erodabilidad del suelo ( $Mg.h.MJ^{-1}.mm^{-1}$ );

$L$  es el factor longitud de la pendiente;

$S$  es el factor inclinación de la pendiente;

$P$  es el factor prácticas mecánicas de apoyo; y

$C$  es el factor uso y manejo del suelo.

El programa EROSION 6.0 en su versión actual tiene incorporados valores de factor  $R$  para distintas localidades del Uruguay. Sin embargo las series de información climática empleadas para su estimación no son sincrónicas, el alcance temporal de las mismas es menor a 20 años y las metodologías empleadas para su estimación son diversas. En este sentido se han empleado las ecuaciones de estimación de erosividad de las lluvias propuestas por Wischmeier y Smith (1978) y empleadas por Pannone, García y Rovira (1983), índice de Fournier modificado (Arnoldus, 1977) adaptado para Uruguay por García Préchac y Cléríci (1996), y Sorrondegui (1996). Las series temporales de la información de precipitaciones empleadas en la mejor de las situaciones contienen información generada hasta fines de la década de 1990.

Renard y Freimund (1994) proponen distintas ecuaciones para la estimación del factor  $R$  a partir de información pluviométrica mensual para lugares fuera de los Estados

Unidos. Estas ecuaciones fueron generadas a partir de 132 estaciones climatológicas que cubren un rango de precipitaciones medias anuales entre 67 y 1640 mm, y valores del índice de Fournier modificado entre 7 y 150 mm. En este sentido presentan dos ecuaciones para estimar el factor  $R$  anual para regímenes de precipitaciones medias anuales mayores a 850 mm, o índice de Fournier mayor a 55 mm.

$$R = 587,8 - 1,219 \times P + 0,004105 \times P^2 \quad \text{Eq 1}$$

$$R = 95,77 - 6,081 \times F + 0,4770 \times P^2 \quad \text{Eq 2}$$

donde

$R$  es el factor erosividad de la lluvia ( $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.año^{-1}$ );

$P$  es precipitación media anual (mm); y

$F$  es índice de Fournier Modificado (mm).

La precipitaciones medias anuales del Uruguay se encuentran en el rango comprendido entre los 1200 y 1600 mm (Castaño et al., 2011) para el período 1980-2009, en tanto el índice Fournier modificado en el rango 140-180 mm para el período 1991-2000 (Munka, Gruz y Caffera, 2007). Tanto el rango de precipitaciones como el del índice Fournier modificado reportados para el Uruguay hacen que las Ecuaciones 1 y 2 sean aplicables a nuestras condiciones.

Dado que la información que actualmente posee el programa EROSION 6.0 se encuentra desactualizada, y que el país cuenta con información pluviométrica de largo plazo y de importante cobertura territorial, es pertinente actualizar los valores de factor  $R$  a ser empleados. El objetivo de este trabajo fue emplear la metodología propuesta por Renard y Freimund (1994) para actualizar los valores de factor  $R$  en el programa EROSION 6.0. También persigue los siguientes objetivos específicos: evaluar el efecto del largo de la serie empleada en la estimación del factor  $R$  y comparar los nuevos valores estimados con los que actualmente son empleados.

## Materiales y métodos

La base de datos empleada para la estimación del factor  $R$  proviene de los registros pluviométricos mensuales del período 1980-2009 en las localidades que se indican en el Cuadro 1. La base pluviométrica empleada es la misma que la empleada por Castaño et al. (2011). La estimación del factor  $R$  se realizó empleando las Ecuaciones 1 y 2 propuestas por Renard y Freimund (1994). El valor de  $P$  o  $F$  empleado en las mencionadas ecuaciones es el resultante del promedio de 20 años. Se calculó la media móvil de 20 años para todas las localidades, de esta

**Cuadro 1.** Localización geográfica, precipitación media anual e índice Fournier modificado para el período 1980-2009.

Latitud	Longitud	Localidad	Precipitación media anual (mm)	Índice de Fournier Modificado (mm)
-30,40	-56,5	Artigas	1514	134
-30,20	-57,6	Bella Unión	1452	133
-34,80	-56,0	Carrasco	1175	100
-33,90	-55,5	Cerro Colorado	1278	107
-33,70	-53,5	Chuy	1174	100
-34,50	-57,8	Colonia	1150	100
-32,90	-54,3	Dionisio	1330	113
-33,40	-56,5	Durazno	1257	107
-34,10	-56,1	Florida	1229	104
-33,40	-54,5	J.P. Varela	1580	134
-33,30	-57,1	Marincho	1165	101
-32,40	-54,2	Melo	1395	118
-33,30	-58,1	Mercedes	1181	105
-33,50	-57,8	Palmitas	1223	109
-32,60	-57,4	Paso de la Cruz	1213	107
-32,80	-56,5	Paso de los Toros	1315	112
-32,20	-58,1	Paysandú	1234	113
-33,90	-56,8	Pintos	1183	102
-34,90	-56,2	Prado	1162	99
-35,00	-55,0	Punta del Este	1132	96
-30,89	-55,5	Rivera	1602	139
-34,50	-54,3	Rocha	1264	107
-31,40	-58,0	Salto	1334	123
-31,70	-56,0	Tacuarembó	1476	127
-30,40	-57,5	Tomás Gomensoro	1483	134
-33,20	-54,4	Treinta y Tres	1419	119
-33,50	-57,0	Trinidad	1263	108
-31,30	-57,4	Valentín	1310	118

manera se generaron once valores de factor R por localidad para cada ecuación de estimación. Además se estimó el factor R considerando el promedio de los 30 años de la serie. La comparación de las estimaciones fue realizada mediante regresión lineal. Los resultados se presentan en forma de Cuadros y Figuras.

## Resultados

El Cuadro 2 presenta los valores de factor R estimados de acuerdo a la Ecuación 2 para el promedio de 20 años móviles y la serie de 30 años. La localidad de Tomás Gomensoro alcanzó el máximo valor de factor R (9461 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>), en tanto Punta del Este presentó el mínimo (3602 MJ.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>), ambos en el período

**Cuadro 2.** Factor R promedio de 20 años móviles y para la serie de 30 años en distintas localidades empleando la Ecuación 2.

Localidad	1980-1999	1981-2000	1982-2001	1983-2002	1984-2003	1985-2004	1986-2005	1987-2006	1988-2007	1989-2008	1990-2009	1980-2009
Artigas	<b>8033</b>	8103	8435	9130	<b>9187</b>	8692	8693	8134	8040	8055	8383	7852
Bella Unión	<b>7665</b>	7929	8261	8903	9008	8957	<b>9050</b>	8546	8645	8555	8807	7724
Carrasco	4123	<b>3935</b>	4074	<b>4419</b>	4320	4238	4165	4138	4307	4095	4247	4274
Cerro Colorado	4689	<b>4633</b>	4733	5096	5030	4854	4849	4836	4974	4868	<b>5221</b>	4951
Chuy	<b>4587</b>	4552	4444	4433	4461	<b>4142</b>	4292	4235	4352	4188	4324	4286
Colonia	<b>4246</b>	4354	4478	4710	<b>4846</b>	4738	4624	4458	4716	4433	4353	4248
Dionisio	<b>5958</b>	6317	6442	<b>7032</b>	6945	6379	6539	6220	6186	6106	6260	5469
Durazno	4745	4611	4718	4989	<b>5130</b>	4816	4783	<b>4588</b>	4833	4725	4979	4912
Florida	4479	<b>4276</b>	4398	4729	4624	4485	4432	4454	<b>4785</b>	4578	4754	4592
J.P. Varela	<b>6458</b>	6664	6887	7262	7529	7143	7445	7260	7816	7985	<b>8444</b>	7825
Marincho	<b>3720</b>	3759	3971	4356	4509	4197	4194	4108	4501	4349	<b>4641</b>	4368
Melo	<b>5790</b>	5814	6166	6527	<b>6574</b>	6276	6398	6171	6314	6375	6574	6038
Mercedes	<b>4467</b>	4476	4661	5025	<b>5207</b>	4807	4845	4827	5084	4834	5077	4739
Palmitas	<b>4701</b>	4701	5024	5410	<b>5481</b>	5054	4962	5011	5414	5127	5411	5053
Paso de la Cruz	<b>4546</b>	4583	4841	5322	<b>5474</b>	5145	5147	4906	5200	5071	5368	4882
Paso de los Toros	5141	<b>5131</b>	5216	5741	5928	5612	5750	5604	5936	5772	<b>5997</b>	5430
Paysandú	<b>5130</b>	5165	5383	5817	5884	5792	<b>5964</b>	5712	5932	5651	5831	5478
Pintos	3923	<b>3821</b>	3936	4389	4438	4223	4261	4214	4815	4619	<b>4954</b>	4453
Prado	4097	4053	4167	<b>4413</b>	4347	4266	4162	4066	4232	<b>4020</b>	4095	4158
Punta del Este	3615	3701	3771	3823	3814	3696	<b>3602</b>	3700	3940	3904	<b>4085</b>	3911
Rivera	8362	<b>8144</b>	8497	9049	<b>9201</b>	8891	8739	8330	8303	8225	8701	8445
Rocha	<b>4513</b>	4665	4749	4919	4840	4825	4921	4863	<b>5030</b>	4896	4991	4910
Salto	6036	<b>5954</b>	6132	6895	<b>7286</b>	7195	7111	6761	7166	6995	7158	6548
Tacuarembó	<b>6819</b>	6960	7199	8063	<b>8327</b>	7938	8039	7595	7526	7361	7531	7053
Tomás Gomensoro	<b>7685</b>	7923	8404	9340	9435	9387	<b>9461</b>	8919	8804	8769	9006	7858
Treinta y Tres	<b>5808</b>	5952	6101	6517	6562	6187	6510	6351	6578	6685	<b>6867</b>	6142
Trinidad	<b>4807</b>	4832	4920	5256	<b>5393</b>	5077	5008	4847	5192	5056	5260	5048
Valentín	6493	6517	6735	7462	<b>7523</b>	7290	6650	6198	6261	6079	<b>6053</b>	5996
Valle Edén	5433	5319	5297	5525	<b>5570</b>	5175	5391	<b>4975</b>	5130	5135	5528	5640
Young	<b>5194</b>	5213	5253	5944	6131	5844	5985	5847	6105	5838	<b>6137</b>	5564

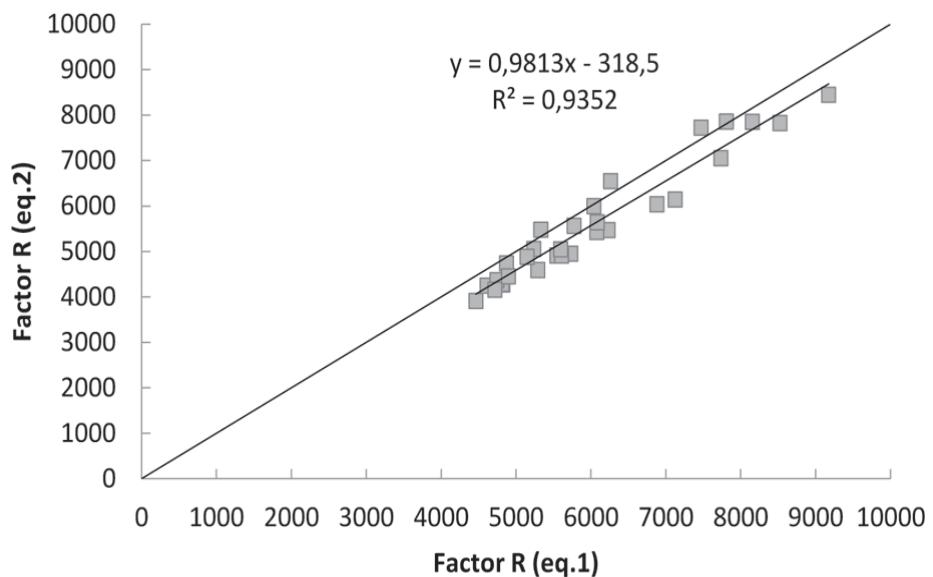
1986-2005. El 53 % de las localidades alcanzaron los máximos valores de erosividad de la lluvia al considerar los períodos 1983-2002 y 1984-2003. El 27 % de las localidades tuvieron su máximo en el lapso 1990-2009. El 80 % de los valores mínimos de factor R ocurrieron al considerar los períodos 1980-1999 y 1981-2000. Al emplear la Ecuación 1 (datos no presentados) el máximo valor de factor R ocurrió

en la localidad de Rivera en el período 1984-2003 (9698 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>), y el mínimo en Punta del Este en el período 1980-1999 (4076 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>). El 73 % de las estaciones evaluadas tuvieron su máximo valor de R al considerar el período 1983-2002, o 1984-2003. En tanto si se considera el período 1980-1999, o 1981-2000 el 77 % de las estaciones tuvieron el mínimo valor estimado de factor R.

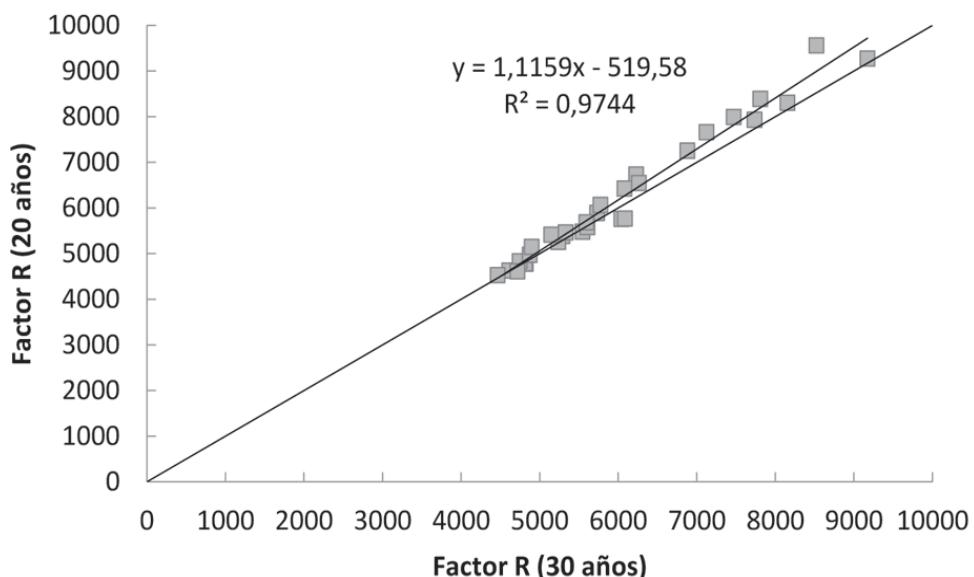
La Figura 1 muestra la relación entre el factor R promedio de 30 años empleando las Ecuaciones 1 y 2. El intercepto (-318,5) no es diferente de cero ( $P < 0,29$ ), y la pendiente de la regresión (0,9813) no lo es de uno ( $P < 0,70$ ).

Las Figuras 2 y 3 muestran la relación entre la erosividad promedio de 30 y 20 años (1990-2009) estimadas con las Ecuaciones 1 y 2, respectivamente. El intercepto (-519,9)

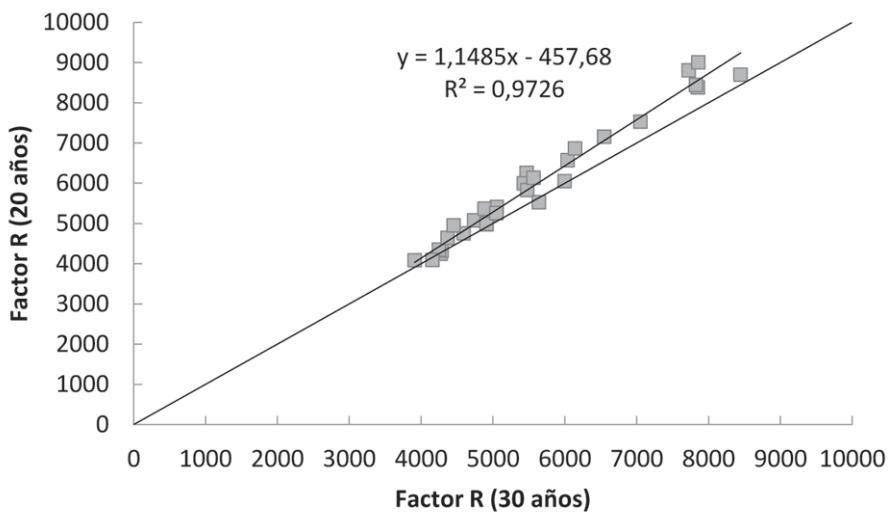
y la pendiente (1,11) de la regresión entre la erosividad de lluvia estimada a partir de los 30 años de la serie y 20 años (1990-2009) con la Ecuación 1 son diferentes de cero ( $P < 0,02$ ) y uno ( $P < 0,002$ ), respectivamente. Lo anterior se repite al emplear la Ecuación 2 (Figura 3), siendo el intercepto (-457,8) y la pendiente de la línea de regresión (1,14), distintos de cero ( $P < 0,03$ ), y uno ( $P < 0,0003$ ), respectivamente.



**Figura 1.** Relación entre erosividad ( $MJ \cdot mm \cdot ha^{-1} \cdot h^{-1} \cdot año^{-1}$ ) promedio de 30 años estimada con ecuaciones 1 y 2.



**Figura 2** Relación entre erosividad ( $MJ \cdot mm \cdot ha^{-1} \cdot h^{-1} \cdot año^{-1}$ ) promedio de 30 años y para el período 1990-2009 estimada con Ecuación 1.



**Figura 3** Relación entre erosividad ( $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{año}^{-1}$ ) promedio de 30 años y para el período 1990-2009 estimada con Ecuación 2.

El Cuadro 3 muestra los valores de erosividad de las lluvias que actualmente emplea el programa EROSION 6.0 y los estimados a partir de 20 (1990-2009) y 30 años

**Cuadro 3.** Factores R incluidos en el programa EROSION 6.0 y estimados para el período 1990-2009 y 1980-2009 con la Ecuación 2 para distintas localidades.

	EROSION 6.0	1990-2009	1980-2009
Artigas	8800	8383	7852
Bella Unión	6850	8807	7724
Colonia	4920	4353	4248
Durazno	6830	4979	4912
Melo	5550	6574	6038
Mercedes	5540	5077	4739
Montevideo	3820	4095	4158
Paso de los Toros	6380	5997	5430
Paysandú	6590	5831	5478
Punta del Este	3350	4085	3911
Rivera	9350	8701	8445
Rocha	4960	4991	4910
Salto	6620	7158	6262
Tacuarembó	6500	7531	7053
Treinta y Tres	4620	6867	6142

(1980-2009) con la Ecuación 2. La erosividad de la lluvia estimada resulta menor en 7 y 9 localidades al considerar el promedio de 20 o 30 años, respectivamente. La mayor disminución se da en la localidad de Durazno, -27 y -28 %, al considerar 20 o 30 años, respectivamente. En tanto, Treinta y Tres es la localidad con mayor aumento de la erosividad siendo la misma del 49 %, o 33 % en función del período considerado. Cuando la comparación se realiza empleando la Ecuación 1 la erosividad estimada disminuye respecto al valor actualmente empleado en 7 y 8 localidades al considerar el promedio (1990-2009), o los 30 años de la serie, respectivamente. La mayor disminución se da en las localidades de Durazno (-20 %) y Paysandú (-19 %), cuando se consideran 20 o 30 años, respectivamente. El máximo aumento se localiza en la localidad de Treinta y Tres, siendo del 66 % y 54 % al considerar la media del período 1990-2009, o los 30 años de la serie, respectivamente.

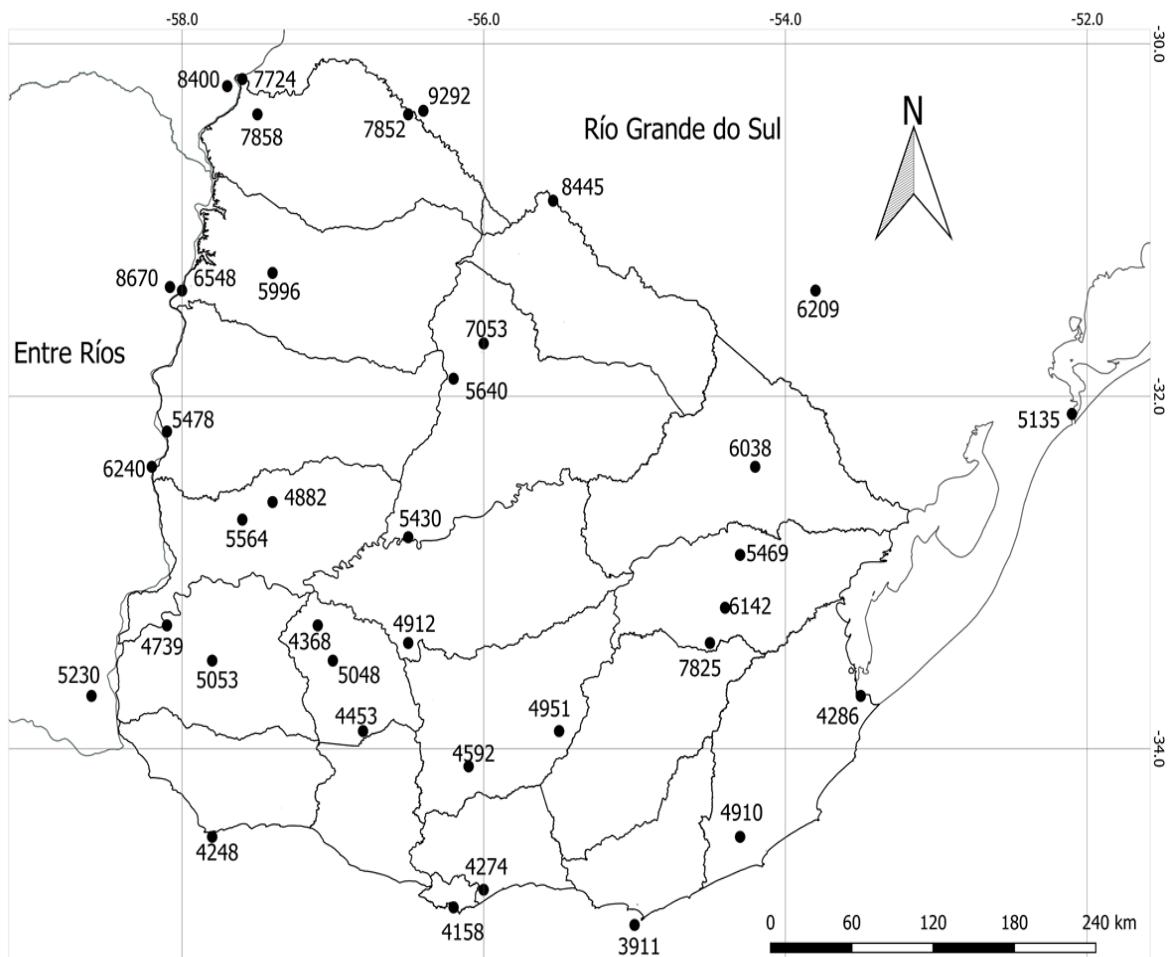
## Discusión

La erosividad de la lluvia aumenta desde el sur al norte del país (Figura 4), encontrando los valores más bajos en la localidad de Punta del Este. La magnitud de la erosividad estimada (Cuadro 2) es similar a la encontrada por Saluso (2006) en estaciones meteorológicas ubicadas al este de la provincia de Entre Ríos, noreste de la Provincia de Buenos Aires y sureste de la Provincia de Corrientes, Argentina (Figura 4). Saluso (2006) indica que la isoerodencia  $5000 (\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{año}^{-1})$

se encuentra ligeramente al sur de la desembocadura del Río Paraná, y la isoerodencia 9000 ( $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{año}^{-1}$ ) algo al norte de Monte Caseros, Corrientes. A esta localidad Saluso le asigna un valor de erosividad de 8400 ( $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{año}^{-1}$ ) considerando el período 1950-2005. Nuestras estimaciones, empleando la metodología de Renard y Freimund (1994) para la localidad de Bella Unión están en el rango de 7231 a 9050 ( $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{año}^{-1}$ ) dependiendo del largo y años de la serie considerada así como ecuación de estimación (Cuadro 2). Peñalva Bazzano, Eltz y Cassol (2007) reportan para la localidad de Quaraí, Río Grande del Sur, Brasil, limítrofe con Artigas, una erosividad promedio

anual de 9292 ( $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{año}^{-1}$ ) para el período 1966-2003, con un máximo y mínimo anual de 22827 y 2239, respectivamente (Figura 4). Nuestras estimaciones para la localidad de Artigas oscilan entre 7972 y 9187 de acuerdo al largo, años de la serie y ecuación empleada. La erosividad en la localidad de Colonia oscila entre 4246 y 4976 ( $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{año}^{-1}$ ), la isoerodencia 5000 de Saluso (2006) se encuentra ligeramente al sur de la desembocadura del Río Paraná.

No obstante el aumento de la erosividad hacia el norte del país, al este de la Cuchilla Grande se aprecia un gradiente de erosividad de la lluvia que disminuye hacia la Laguna Merín. En la zona sur del Estado de Río Grande del



**Figura 4.** Distribución geográfica del factor R promedio de 30 años estimado con la Ecuación 2. Nota: Los valores de factor R de Argentina fueron tomados de Saluso (2006) y los de Brasil de Peñalva Bazzano, Eltz y Cassol (2007, 2010).

Sur, próxima al límite con Uruguay, se puede apreciar un patrón similar. La erosividad en la localidad portuaria de Río Grande es de 5135 MJ.mm.h<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> (Peñalva Bazzano, Eltz y Cassol, 2010), en tanto en Hulha Negra, próximo a Bagé, el valor es 6209 MJ.mm.h<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> (Martins et al., 2009) (Figura 4). El máximo valor en la región este del país se encuentra en José Pedro Varela, los intermedios en Melo y Treinta y Tres, y los menores en Rocha y Chuy (Cuadro 2). Si bien este patrón responde a las precipitaciones medias anuales (Castaño et al., 2011), su ocurrencia tiene un fuerte impacto a corta distancia al momento de planificar el uso del suelo con el modelo USLE/RUSLE. El patrón de variación espacial de la erosividad de la lluvia en Uruguay observado en nuestro trabajo es consistente con datos de la literatura en trabajos realizados en áreas límitrofes de los países vecinos.

El largo de la serie histórica empleada afecta la magnitud del factor R estimado (Figuras 2 y 3), siendo mayor el promedio al disminuir el largo de la serie de 30 a 20 años. Los valores de factor R empleados en RUSLE para los Estados Unidos están basados en series históricas que cubren al menos 22 años de registros. Renard et al. (1997) sugieren el empleo de series históricas más extensas en regiones con una alta variabilidad interanual de las precipitaciones. Esta es la condición del régimen pluviométrico del Uruguay, por lo que a nuestro juicio sería conveniente el empleo de las estimaciones basadas en 30 años de registros pluviométricos.

Comparando las estimaciones de los valores de factor R generados con las dos ecuaciones y los actualmente empleados presentan una disminución en la zona centro del país (Durazno) y un aumento considerable en la zona este del país. Las razones del aumento, o disminución del factor R exceden los objetivos de este trabajo. No obstante el impacto de estos cambios en las estimaciones de pérdida de suelos y consecuentemente en la planificación del uso del suelo en particular en la zona este del país puede ser contrabalanceado por el ajuste propuesto por García Précac et al. (2016). Consiste en considerar la variación del contenido de agua de los suelos en las estimaciones de erosión en Uruguay, que se demostró las afecta significativamente (Hill et al., 2008), y aún no ha sido incorporado en el programa EROSION 6.0.

## Conclusiones

Las ecuaciones empleadas en este trabajo permitieron actualizar los valores de factor R empleados por el programa EROSION 6.0, y obtener magnitudes del mismo que concuerdan con valores de factor R publicados en la bibliografía especializada de la región límitrofe. Las estimaciones de factor R basadas en 30 años de información pluviográfica realizadas con las dos ecuaciones empleadas no fueron diferentes. El largo de la serie pluviométrica empleada afecta el valor de factor R estimado, pero dada la alta variabilidad interanual de las precipitaciones se recomienda emplear las estimaciones basadas en 30 años de información.

## Bibliografía

- Arnoldus, H. M. J. (1977). Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco. En *Assessing soil degradation* (pp. 39-51). Roma: FAO. (FAO Soils Bulletin, 34).
- Castaño, J. P., Giménez, A., Ceroni, M., Furest, J. y Aunchayna, R. (2011). *Caracterización agroclimática del Uruguay (1980-2009)*. Montevideo: INIA. (Serie Técnica, N° 193).
- Durán, A. y García Précac, F. (2007). Uso, manejo y conservación de los suelos del Uruguay. En A. Durán y F. García Précac (Eds.). *Suelos del Uruguay: Origen, clasificación, manejo y conservación* (Vol. 2, pp. 1-247). Montevideo: Editorial Hemisferio Sur.
- García Précac, F. y Clérice, C. (1996). *Utilización del modelo USLE/RUSLE en Uruguay*. Trabajo presentado en XIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Aguas de Lindoia, SP, Brasil [CD].
- García Précac, F., Hill, M. y Clerici, C. (2005). EROSION 6.0. Recuperado de <http://www.fagro.edu.uy/index.php/ensenanza-suelosyagua/suelos-ens-grado/courses-de-manejo-y-conservacion-de-suelos-y-aguas>
- García Précac, F., Terra, J. A., Sawchik, J. y Pérez Bidegain, M. (2016). *Mejora de la estimación del modelo USLE/RUSLE empleando parcelas de escorrimiento bajo lluvia natural*. Trabajo presentado en XXI Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Quito, Ecuador [CD].
- Hill, M., García Précac, F., Terra, J. A. y Sawchik J. (2008). Incorporación del efecto del contenido de agua en el suelo en el modelo USLE/RUSLE para predecir erosión en Uruguay. *Agrociencia (Uruguay)*, 12(2), 57-67.
- Martins, D., Cassol, E. A., Eltz, F. L. F. y Bueno, A. C. (2009). Erosividade e padrões hidrológicos das chuvas de Hulha Negra, Rio Grande do Sul, Brasil, com base no período de 1956 a 1984. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 15, 29-38.
- Munka, C., Gruz, G. y Caffera, R. M. (2007). Long term variation in rainfall erosivity in Uruguay: A preliminary Fournier approach. *GeoJournal*, 70, 257-262.
- Pannone, J. C., García, F. y Rovira, L. A. (1983). Índice de erosividad de lluvias en Uruguay (Factor R de la Ecación Universal de Pérdida de Suelo). En *Taller Nacional de Investigación sobre Cuencas Experimentales* (pp. 501-518). Montevideo: MAP.
- Peñalva Bazzano, M. G., Eltz, F. L. F. y Cassol, E. A. (2007). Erosividade, coeficiente de chuva, padrões e período de retorno das chuvas de Quarai, RS. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31, 1205-1217.

- Peñalva Bazzano, M. G., Eltz F. L. F. y Cassol, E. A.** (2010). Erosividade e características hidrológicas das chuvas de Rio Grande (RS). *Revista Brasileira de Ciéncia do Solo*, 34, 235-244.
- Renard, K. G., Foster G. R., Weesies, G. A., McCool, D. K. y Yoder, D. C.** (1997). *Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE)* Washington: USDA. (Agriculture Handbook Number, 703).
- Renard, K. G. y Freimund J. R.** (1994). Using monthly precipitation data to estimate the *R*-factor in the revised USLE. *Journal of Hydrology*, 157, 287-306.
- Saluso, J. H.** (2006). *Actualización del factor R de Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (EUPS) para una amplia zona del país. Período 1950-2005*. Recuperado de <http://agro.unc.edu.ar/~clima/AADA/Congresos/MDQ/15.htm>
- Sorrondegui, C. M.** (1996). *Erosividad de las lluvias en la región noreste del Uruguay* (Tesis de grado). Facultad de Agronomía. Universidad de la República, Montevideo, Uruguay,
- Wischmeier, W. H. y Smith, D. D.** (1978). *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. Washington: USDA. (Agriculture Handbook Number, 537).