

Determinación del factor de erosividad R mediante registros diarios de precipitaciones en la provincia de Misiones

Schoninger Fátima ^{1,2 *}, Almeira Gustavo Javier ³, Rodríguez Darío Tomás ¹, Vich Alberto Ismael Juan ⁴

¹ Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ingeniería. Misiones, Argentina.

² Becaria doctoral Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET).

³ Instituto Nacional del Agua (INA) – Subgerencia de Servicios Hidrológicos (SSH). Ezeiza, Argentina

⁴ Universidad Nacional de Cuyo. Departamento de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras. Mendoza, Argentina.

⁴ Centro Científico Tecnológico CONICET - MENDOZA.

e-mails: fatima.schoninger@fio.unam.edu.ar, galmeira@ina.gob.ar, dario.rodriguez@fio.unam.edu.ar, aijvich@mendoza-conicet.gob.ar

Resumen

La erosión de los suelos, o erosividad; se define como la capacidad de la lluvia a causar erosión (perdida de suelo). La misma puede ser determinada mediante el factor R de la Ecuación Universal de la Perdida de Suelos (USLE). El proceso de la erosión de los suelos ha tomado mayor relevancia en los últimos tiempos ya que, sumado a los agentes naturales que lo accionan como la lluvia o el viento, las acciones antrópicas por prácticas agrícolas la han potenciado. Los efectos de este proceso comprometen la sustentabilidad de los sistemas agrarios y rurales. La erosión hídrica es un proceso que comprende la desagregación del suelo por impacto de la gota de lluvia, el desprendimiento por el flujo superficial de agua, y el transporte por salpicado o por escurrimiento. Existen ecuaciones para pueden estimar, con buena precisión, mensual y/o valores anuales de erosividad de la lluvia mediante el uso de registros pluviométricos, como promedios mensuales de lluvia.

El objetivo principal de este trabajo es determinar el factor de erosividad R de la provincia de Misiones. Y compararlos con trabajos en Argentina, en nuestra provincia y además con resultados de investigaciones para el estado de Rio Grande do Sul (Brasil) que limita con la región en análisis.

Por ello, en el presente estudio se calculó el factor de erosividad R para 15 estaciones pluviométricas de la provincia de Misiones, utilizando los datos diarios de precipitación y siguiendo a Rufino et al 1993 en Silva, 2004[8] calculando la erosividad mensual para cada mes de la serie de años y luego la anual, para estimar el índice de erosión de lluvias y comparar con los demás estudios ya realizados en la provincia y alrededores. El índice de erosividad medio anual para la provincia de Misiones resultó de 8.270 MJ mm/ha h año, la cual representa el Factor R de la ecuación universal de la pérdida de suelos, permitiendo estimar pérdidas anuales de suelo por erosión hídrica en regiones con características similares.

Palabras Clave – Erosión, Factor de erosividad R, Precipitaciones, Misiones

1 Introducción

La provincia de Misiones se ubica en la región Nordeste de la República Argentina, limita al Oeste y Norte con la República del Paraguay, siendo sus límites el Río Paraná y el Río Iguazú respectivamente, al Sur con la provincia de Corrientes y al Este con la República Federativa de Brasil limitada por los Ríos Uruguay, San Antonio y Pepirí Guazú. Misiones tiene una extensión de alrededor de 29.801 km², lo que la convierte en una de las provincias más pequeñas de Argentina. Gran parte de Misiones está cubierta por la selva subtropical conocida como "Selva Misionera" o "Selva Paranaense", que forma parte del ecosistema de la Selva Atlántica [1]. El régimen de precipitaciones en la provincia de Misiones es caracterizado por ser húmedo y lluvioso durante gran parte del año. Su ubicación geográfica, influenciada por la cercanía de la selva amazónica y el clima subtropical, contribuye a su alto nivel de precipitación, la cual tiene como promedio 1.800 mm anuales y la convierte en una de las regiones más lluviosas del país [2] [3]. Históricamente en la región serrana de Misiones, la selva Paranaense autóctona contribuía a minimizar las afectaciones negativas desencadenadas por las intensas precipitaciones, reduciendo los volúmenes de escurrimiento directo y las velocidades de flujo, atenuando los procesos erosivos.

Este contexto se modificó ya que en los últimos años se acentuó el cambio de las condiciones hidroambientales de la región, presentándose mayor variabilidad en el régimen de precipitaciones, lo cual sumado a la antropización de las cuencas, deforestación y la pérdida de la cobertura vegetal, la agricultura intensiva sin técnicas de conservación de suelo, han generado un marcado aumento en los procesos erosivos. Durante las precipitaciones es común observar en los cauces altos contenidos de partículas en suspensión transportadas por el flujo, el cual está compuesto en su mayoría por arcillas muy finas con origen en la cuenca por erosión superficial, conocido como material de lavado [4]. El estudio de la erosión hídrica es de creciente interés en múltiples regiones, en particular de aquellos países tropicales cuyo sustento económico depende fuertemente del uso del suelo para la agricultura [5]. La erosividad de la lluvia es el potencial de la lluvia para causar la erosión del suelo por el impacto de las gotas de lluvia y el lavado de la superficie cuando se excede la capacidad de infiltración. Se representa por el factor R en los modelos de predicción de la erosión del suelo, como la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) y su versión revisada (RUSLE). Dado debido que la lluvia es la fuerza impulsora de la erosión hídrica, la erosividad de la lluvia es un factor importante en el USLE y sus versiones revisadas [6].

Los factores de las ecuaciones antes mencionadas se detallan a continuación:

- USLE [7] desarrollada por la Universidad de Purdue (EEUU), se representa por:

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

Donde:

A = Pérdida anual de suelo, expresado en Tn/ha/año

R = Energía cinética o erosiva de las precipitaciones, expresado en Tn m/ha/año

K = Factor erosionabilidad del suelo, expresado en Tnm. ha. h / MJ. ha. cm (Tn de suelo perdido por unidad de erosividad).

S = Factor gradiente de la pendiente, adimensional.

L = Factor longitud de la pendiente, adimensional.

C = Factor anual de cobertura de cultivo y manejo, adimensional.

P = Factor prácticas de cultivo, adimensional.

Las variables incorporadas en el modelo RUSLE representan factores físicos propios del suelo y factores humanos que intervienen en el proceso de erosión hídrica del suelo [8].

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

Donde:

A = Perdida anual de los suelos por unidad de superficie (Tn/Ha/año).

R = Índice de erosividad de las lluvias (MJ mm/ ha h).

K = Factor de susceptibilidad a la erosión del suelo (tn x MJ-1 x mm-1).

L x S= Factor topográfico, producto de los factores de longitud y grado de la pendiente (adimensional)

C = Factor de cobertura y manejo del suelo (adimensional).

P = Factor prácticas de conservación de suelos agrícolas (adimensional).

Existen diferentes estudios realizados en la provincia y zonas aledañas como ser en Brasil para determinar el factor de erosividad de las lluvias R [5][9]. Estos estudios generalmente buscan evaluar la magnitud de la erosión y sus posibles consecuencias en el medio ambiente. En este artículo se estimó en base a datos de 15 estaciones pluviométricas de la provincia el factor de erosividad R, Para ello se utilizaron los registros de 14 estaciones del Sistema Nacional de Información Hídrica de la Red hidrológica Nacional [10] comprendida desde el año 1991 hasta el 2018, es decir una serie de 28 años, además de los datos de la Estación del INTA Cerro Azul.

2 Metodología

La erosión hídrica puede ser representada en forma simple, mediante la siguiente ecuación paramétrica y multiplicativa:

Erosión hídrica = f (erosividad x erosionabilidad)

Donde, erosividad es el potencial erosivo de la lluvia y erosionabilidad es la susceptibilidad de un suelo para ser erosionado. La erosividad de la lluvia se representa por el factor R en los modelos de predicción de la erosión del suelo, USLE y RUSLE [6].

Para determinar el factor de erosividad R, se realizó un análisis de los datos diarios de precipitaciones de la estación del INTA Cerro Azul y de 14 estaciones proporcionadas por el Sistema Nacional de Información Hídrica de la Red hidrológica Nacional para el periodo comprendido entre los años 1991 al 2018, se consideró este periodo por contar con la mayoría cantidad de información. Los datos mensuales faltantes se completaron con el método directo, siguiendo a Orsolini et al. [11].

Tabla 1: Estaciones analizadas

Estación	Nombre	Latitud Sur	Longitud Oeste
E1	Puerto Concepción	28° 07' 07,6"	55° 34' 51,6"
E2	San Javier	27° 52' 8,4"	55° 07' 48"
E3	Colonia Mártires	27° 24' 3,6"	55° 20' 06"
E4	Campo Grande	27° 13' 26,4"	54° 58' 8,4"
E5	Aristóbulo del Valle	27° 05' 38,4"	54° 52' 8,4"
E6	El Soberbio	27° 17' 56,4"	54° 11' 38,4"
E7	Pepirí Miní	27° 9' 14,4"	53° 55' 58,8"
E8	San Vicente	27°	54° 30' 25,2"
E9	El Alcázar	26° 45' 3,6"	54° 45' 21,6"
E10	San Pedro	26° 38' 6"	54° 5' 24"
E11	Pinar Ciba	26° 30' 43,2"	54° 27' 14,4"
E12	Valle Hermoso	26° 21' 18"	54° 29' 52,8"
E13	Puerto Andresito	25° 35' 27,6"	53° 59' 42"
E14	Itá Cajón	25° 36' 14,4"	54° 35' 34,8"
E15	INTA Cerro Azul	27° 39' 24,7"	55° 26' 13,4"

Con los datos pluviométricos de las 15 estaciones que se observan en la Tabla 1, se estimó con buena precisión el factor de erosividad R, ya que para calcularlo por el método original que es el desarrollado con la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) [12] se requieren registros pluviográficos lo cual es difícil de obtener y su procesamiento requiere de un tiempo considerable.

Debido a su amplio uso y simplicidad, el modelo propuesto por Silva, 2004 [13] ha sido elegido para la evaluación del riesgo de erosión en la provincia de Misiones.

Para ello se utilizó la ecuación número 8, de la figura 1, desarrollada por Rufino et al., citado por Silva, 2004 [13], para la región sur de Brasil, limítrofe con la provincia de Misiones, como se observa en la figura 1, la cual responde a un modelo lineal que tiene en cuenta la precipitación mensual.

Number	Equation	Author(s)
1	$R_x = 3.76 * \left(\frac{M_x^2}{P}\right) + 42.77$	Oliveira Jr. and Medina (1990)
2	$R_x = 36.849 * \left(\frac{M_x^2}{P}\right)^{1.0852}$	Morais et al. (1991)
3	$R_x = (0.66 * M_x) + 8.88$	Oliveira Jr. (1988)
4	$R_x = 42.307 * \left(\frac{M_x^2}{P}\right) + 69.763$	Silva (2001)
5	$R_x = 0.13 * (M_x^{1.24})$	Leprun (1981)
6	$R_x = 12.592 * \left(\frac{M_x^2}{P}\right)^{0.6070}$	Val et al. (1986)
7	$R_x = 68.73 * \left(\frac{M_x^2}{P}\right)^{0.841}$	Lombardi Neto and Moldenhauer (1992)
8	$R_x = 19.55 + (4.20 * M_x)$	Rufino et al. (1993)

Figura1: Ecuaciones de erosividad para regiones de Brasil

Se determinó para las 15 estaciones el factor de erosividad mensual y anual, promedio, máximo y mínimo, considerando R_x como el factor de erosividad mensual y M_x la precipitación mensual, tal como se muestra en la tabla 2. Luego, según Carvalho, 1994, citado por Silva, 2004 [13] se clasifica el factor de erosividad R según la escala en la tabla 2

Tabla 2: Clasificación del Factor de erosividad R

Class for interpretation of annual erosivity index (R)

Erosivity ($MJ\ mm\ year^{-1}\ ha^{-1}\ h^{-1}$)	Erosivity class
$R \leq 2452$	low erosivity
$2452 < R \leq 4905$	medium erosivity
$4905 < R \leq 7357$	medium-strong erosivity
$7357 < R \leq 9810$	strong erosivity
$R > 9810$	very strong erosivity

3 Resultados

Del análisis de los datos pluviométricos, se obtiene un factor de erosividad mensual y por estación (Figura 2, Figura 3 y Tabla 3) aplicando la fórmula de Rufino et al., 1993 citado en Silva, 2004 [13]. Obteniendo el R mensual para cada estación y sumándolos para obtener el factor de erosividad anual para cada una.

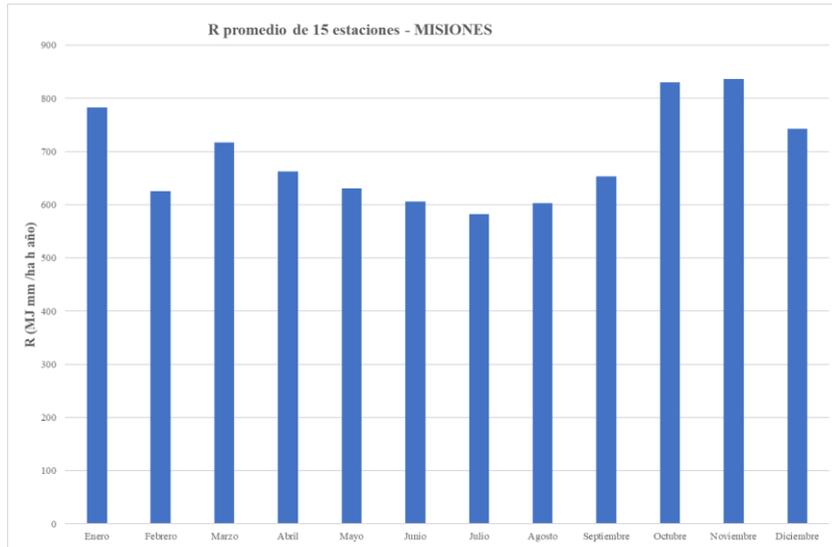


Figura 2: Factor de erosividad R mensual.

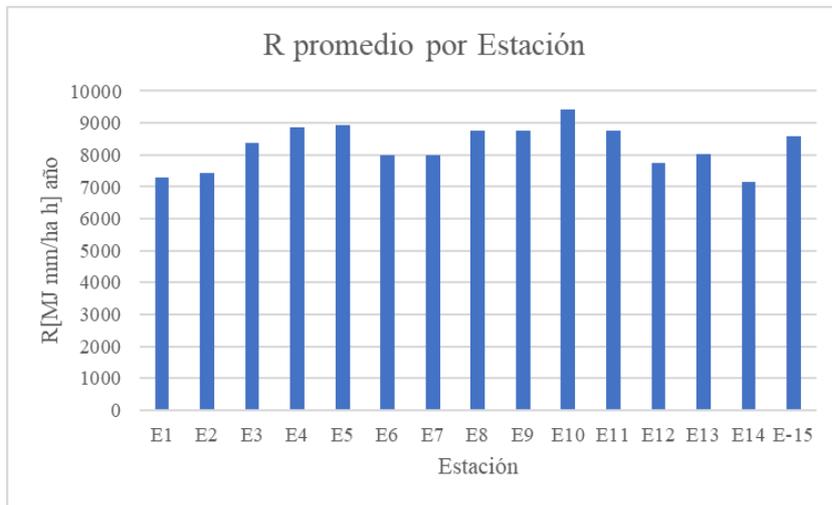


Figura 3: Factor de erosividad R por Estación.

Tabla 3: Factor de erosividad mensual y anual

Estación		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	R anual
1	PROMEDIO	614,9	564,7	608,7	776,9	557,8	464,0	386,1	333,4	590,8	1004,6	602,9	798,7	7088,2
	MIN	65,8	82,6	112,0	61,6	82,6	19,6	19,6	32,2	158,2	259,0	74,2	154,0	3484,6
	MAX	1447,6	1464,4	1800,4	2174,2	2199,4	1573,6	786,1	943,6	1724,8	2623,6	1892,8	2413,6	10872,4
2	PROMEDIO	632,0	685,4	560,3	771,5	557,8	489,7	394,4	376,7	579,8	970,3	592,6	809,3	7204,6
	MIN	196,0	19,6	82,6	40,6	70,0	40,6	44,8	19,6	103,6	389,2	82,6	137,2	4152,4
	MAX	1241,8	2094,4	1376,2	2081,8	2308,6	1485,4	1048,6	1653,4	2039,8	2123,8	1674,4	2468,2	11145,4
3	PROMEDIO	772,0	783,4	693,7	589,1	512,2	419,2	508,5	892,5	949,0	808,1	831,4	630,4	8174,4
	MIN	32,2	103,6	82,6	61,6	40,6	55,3	97,3	269,5	185,5	88,9	183,4	55,3	5784,1
	MAX	1873,9	2493,4	2270,8	1598,8	1258,6	983,5	1334,2	2020,9	2203,6	1840,3	1546,3	1189,3	11984,5
4	PROMEDIO	938,1	685,6	809,1	627,2	866,6	641,8	672,3	541,0	463,3	677,6	1107,3	845,5	8660,2
	MIN	267,4	78,4	28,0	44,8	105,7	53,2	112,0	112,0	78,4	204,4	19,6	133,0	5454,4
	MAX	2543,8	1523,2	2228,8	1796,2	1997,8	1972,6	1705,9	1439,2	1372,0	1880,2	2493,4	2008,5	11767,8
5	PROMEDIO	902,9	669,6	689,0	551,8	522,4	688,4	1023,3	812,5	771,7	835,1	780,2	701,4	8733,2
	MIN	19,6	141,4	84,7	36,4	56,9	160,3	141,4	49,0	86,8	135,1	25,9	23,8	5271,7
	MAX	2789,5	1892,8	2031,4	1397,2	1376,2	1638,7	2390,5	2052,4	2086,0	1741,6	1829,8	1892,8	13260,1
6	PROMEDIO	736,4	498,3	729,1	602,6	649,2	633,2	636,0	575,8	471,0	710,3	1042,1	693,7	7762,6
	MIN	204,4	61,6	19,6	19,6	78,4	49,0	19,6	78,4	95,2	179,2	353,5	112,0	4974,3
	MAX	1649,2	1258,6	1695,4	1661,8	1477,8	1470,7	1590,4	1544,2	1464,4	1598,8	2944,9	1867,6	11552,8
7	PROMEDIO	829,7	489,3	692,9	599,8	629,2	640,3	577,4	556,9	552,6	781,8	998,2	624,4	7757,4
	MIN	19,6	40,6	19,6	107,8	46,9	82,6	28,0	40,6	133,0	141,4	376,6	70,0	5479,1
	MAX	2627,4	1422,4	1840,3	1540,0	1614,3	1701,7	1386,2	1237,6	1477,0	1846,6	2161,6	1519,0	10507,0
8	PROMEDIO	797,9	529,5	847,3	642,3	744,5	606,4	458,0	628,2	1098,7	884,5	769,0	738,0	8529,1
	MIN	61,6	32,2	166,6	86,8	145,6	70,0	65,8	59,5	286,3	145,6	141,4	175,0	5735,8
	MAX	1720,6	1036,0	1911,7	1312,3	1981,0	1941,1	1863,4	1481,2	2356,9	1848,7	1960,0	1716,4	13637,6
9	PROMEDIO	793,3	623,1	830,9	765,5	759,2	671,0	692,6	518,6	496,2	704,1	1074,0	828,8	8542,3
	MIN	128,8	60,7	40,6	42,7	211,5	124,6	84,7	93,1	63,7	101,5	373,6	127,9	5420,3
	MAX	2119,6	1567,3	2067,9	1712,2	1939,0	1598,3	1582,0	1325,8	1684,0	1892,8	2825,2	1498,0	13350,4
10	PROMEDIO	852,8	712,3	751,3	798,3	554,0	542,2	825,1	1156,0	805,6	938,6	635,8	830,9	9187,9
	MIN	179,2	19,6	124,6	67,9	38,5	57,4	128,8	189,7	158,2	72,1	59,5	93,1	6125,9
	MAX	2745,4	1624,0	1527,4	1495,9	2090,2	1401,4	2138,5	2468,2	1598,8	1857,1	1288,0	2424,1	13623,4
11	PROMEDIO	845,5	654,6	753,0	611,2	561,5	541,1	566,4	942,7	953,7	879,8	812,8	639,8	8547,1
	MIN	187,6	61,6	118,3	53,2	53,2	61,6	139,3	242,2	319,9	143,5	406,0	240,1	5886,1
	MAX	1754,2	1334,2	1745,8	1628,2	1596,7	1544,2	1735,3	2241,4	1983,1	2014,6	1953,7	1183,0	11474,6
12	PROMEDIO	662,9	647,3	597,9	652,6	670,1	605,9	445,7	381,4	641,9	1000,6	710,7	736,9	7538,8
	MIN	212,8	70,0	74,2	70,0	24,6	57,4	53,2	82,6	116,2	355,6	95,2	32,2	4661,8
	MAX	1691,2	1758,4	1447,6	1262,8	1800,4	1216,6	1773,1	1250,2	1477,0	1905,4	1634,9	2165,8	11509,1
13	PROMEDIO	783,5	626,5	813,0	576,7	602,7	821,9	582,9	453,3	383,4	644,2	960,0	764,8	7797,7
	MIN	137,2	154,0	65,8	32,2	166,6	19,6	40,6	40,6	36,4	19,6	162,4	149,8	5269,6
	MAX	1808,8	1120,0	2035,6	1296,4	1699,6	1901,2	1569,4	1304,8	1330,0	1401,4	2392,6	1512,7	10775,8
14	PROMEDIO	803,8	481,3	673,4	516,7	550,8	695,1	459,8	366,9	389,7	636,4	883,2	694,6	6936,6
	MIN	158,2	19,6	19,6	40,6	130,9	19,6	19,6	57,4	19,6	49,0	122,5	149,8	3946,6
	MAX	2140,6	1195,6	1619,8	1468,6	1722,2	2564,8	1429,5	1137,6	1451,8	1645,0	2695,0	1441,3	10078,0
15	PROMEDIO	785,2	732,9	702,3	851,3	724,4	630,4	507,1	504,9	655,6	985,9	750,6	805,9	8636,5
	MIN	75,4	47,3	40,6	84,7	62,8	38,5	44,8	35,9	123,3	155,6	52,7	142,2	4941,1
	MAX	1764,7	1875,1	1362,3	2335,4	2260,7	1825,6	1831,4	1906,6	1968,4	1814,2	2368,6	2249,3	13425,1

Se observa que el factor de erosión máximo mensual es coincidente con el mes de octubre, periodo donde se registran elevadas precipitaciones en la provincia [14]

Tabla 4: Clasificación del factor de erosividad

ESTACION	R [MJ mm/ha h año]	CLASIFICACION
1	7303,2915	medium-strong erosivity
2	7419,666	strong erosivity
3	8389,443	strong erosivity
4	8875,2525	strong erosivity
5	8948,2275	strong erosivity
6	7977,633	strong erosivity
7	7972,4715	strong erosivity
8	8744,1975	strong erosivity
9	8757,36	strong erosivity
10	9402,9075	strong erosivity
11	8762,169	strong erosivity
12	7753,86	strong erosivity
13	8012,745	strong erosivity
14	7151,6115	medium-strong erosivity
15	8585,12	strong erosivity

En la Tabla 4 se puede observar la clasificación de la erosividad de las precipitaciones, siguiendo a Carvalho, 1994 en Silva, 2004 [13], donde se evidencia una predominancia de la erosividad fuerte.

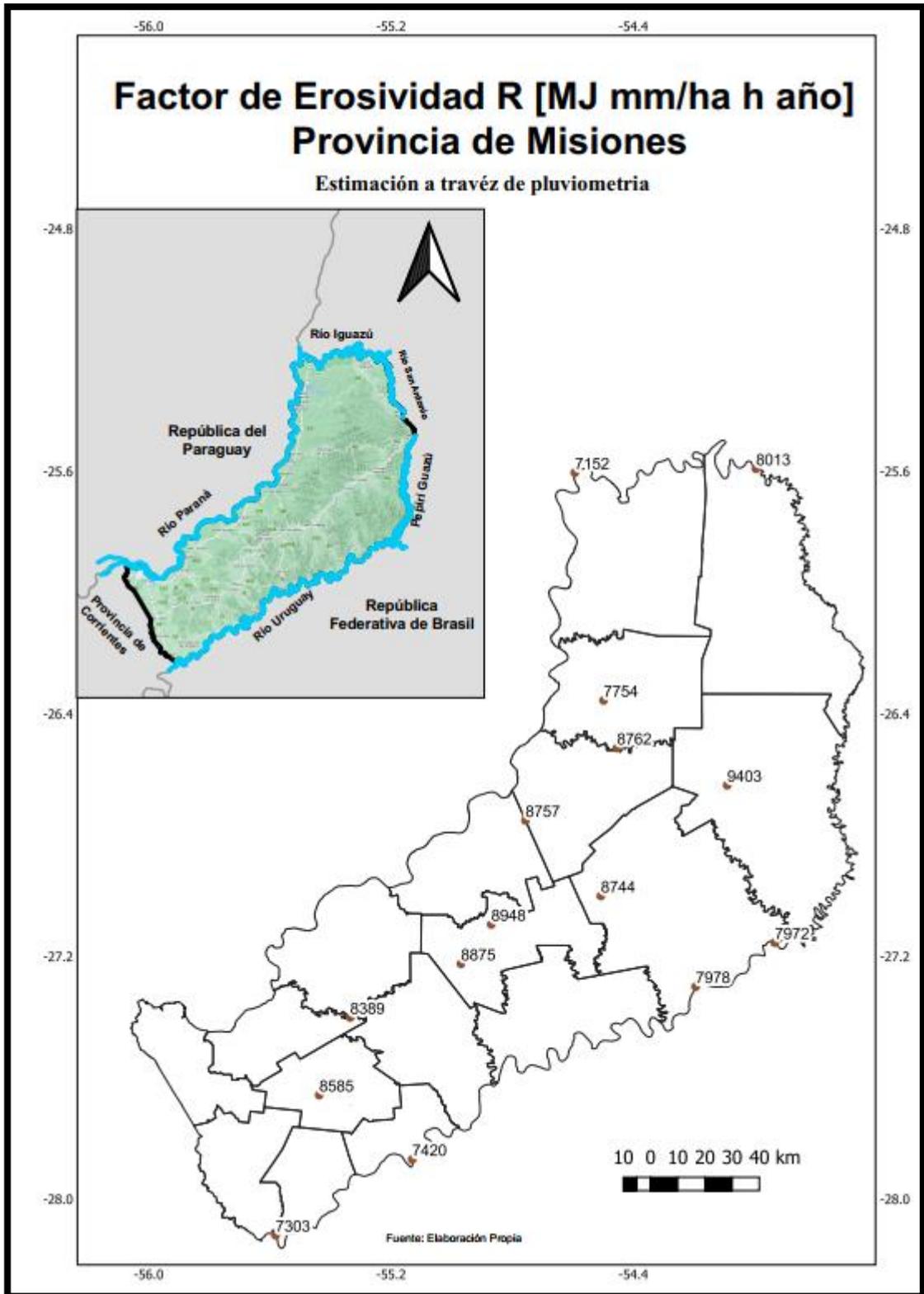


Figura 4: Mapa de Factor de erosividad R para Misiones.

En el mapa anterior (Figura 4), se observa el factor de erosividad R, para cada estación pluviométrica analizada en la provincia. Lo cual comparado con estudios del INTA para Posadas, Iguazú y Cerro Azul (10.810, 10.130 y 12.010 MJ mm/ ha h año respectivamente) [4][15] y otros para Ijuí (8.825 MJ mm/ ha h año) y Santa Rosa (11.217 MJ mm/ ha h año), ciudades de Rio Grade do Sul, Brasil [5][9], se puede afirmar que son valores cercanos a pesar de que se utilizaron diferentes periodos temporales en el cálculo de las precipitaciones promedio.

4 Conclusiones

El factor de erosividad R de la lluvia anual en la provincia de Misiones varió de 7.151,6 a 9.402,9 MJ mm/ha h año, con un valor medio del factor de erosividad R de 8.270.4 MJ mm/ ha h año. Lo cual es verosímil comparado a valores de otros trabajos realizados por ejemplo para diferentes puntos de la provincia (Posadas, Iguazú y Cerro Azul) por el INTA y de las ciudades de Santa Rosa e Ijuí, ambas en el país vecino de Brasil.

El comportamiento del factor de erosividad de las lluvias R es similar al de las precipitaciones, con un mayor valor en la región de las Sierras Centrales creciendo hacia el Nordeste. En el mes de octubre las precipitaciones alcanzan una mayor erosividad, coincidente con el mes de las precipitaciones más elevadas de la provincia.

El factor de erosividad R de la Ecuación Universal de Perdida de Suelo (USLE) para regiones del entorno con características climáticas similares puede ser estimada con datos pluviométricos usando la ecuación lineal propuesta por Rufino et al., 1993 citado por Silva, 2004.

Referencias

- [1] W.H. Wischmeier y D.D. Smith. "Predicting Rainfall Erosion Losses" in *Agricultural Research Service Handbook* U.S.D.A., Washington, DC, 1978, 537. 58 pp
- [2] Silenzi, JC & NE Echeverría. (2001). Superficie con riesgo de erosión hídrica en un sector del Sur bonaerense. I Reunión binacional de ecología. XX Reunión Argentina de Ecología. X Reunión de la Sociedad de Ecología de Chile. Bariloche. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672006000100006&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1850-2067.
- [3] N. E. ECHEVERRÍA, A. G. VALLEJOS and J. C. SILENZI. "Erodabilidad de suelos del sur de la Región Semiárida argentina". *Ciencia del suelo*, Buenos Aires , v. 24, n. 1, p. 49-57, jul. 2006. Disponible en <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672006000100006&lng=es&nrm=iso>. accedido en 11 agosto 2023.
- [4] K. G. Renard y J. R. Freimund. "Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE". *Journal of Hydrology*. v157, May 1994, pp 287-306. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0022169494901104>
- [5] J.GVOZDENOVICH, P. BARBAGELATA y G. LÓPEZ (2015). Erosión Hídrica - USLE/RUSLE Argentinal. Software, Versión 2.0. EEA Paraná, INTA. Disponible en: <http://www.inta.gob.ar/parana>
- [6] E. A. Cassol, et al., "Erosividade e padroes hidrológicos das chuvas de Ijuí (RS) no periodo 1963 a 1993". *Revista Brasileira de Agrometeorologia* pp 220-231, 2007
- [7] [J. Mazurana, et al., "Erosividade, padrões hidrológicos e período de retorno das chuvas erosivas de Santa Rosa (RS)". *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.13, (Suplemento), p.975-983, 2009
- [8] A. M. Silva "Rainfall erosivity map for Brazil". *Catena* 57 pp.251-259, 2004 Disponible en: www.sciencedirect.com
- [9] Instituto Provincial de Estadística y Censos- Gobierno de la Provincia de Misiones, "Gran Atlas de Misiones". 2015
- [10] F. Silva, B. Eibl, E. Bobdilla, "Características de la Precipitación Durante 1981-2012 en Eldorado Misiones", *Revista Forestal Yvyrareta*, vol 21, pp 36-42. 2014
- [11] G. Prytz Nilson, A. G. Seufert, S. Ulrich, F. Schoninger, "Gestión de cuencas hidrográficas: Aplicaciones de SIG para mediciones pluviométricas", en 9º Jornadas de Investigación, Desarrollo Tecnológico, Extensión, Vinculación y Muestra 2019. Facultad de ingeniería-UNaM, Oberá, Misiones.
- [12] D. T. Rodríguez, Estudio de dinámica de los excedentes hídricos superficiales en cuencas urbanas de alta pendiente y sus implicancias en los procesos erosivos. Caso de estudio región urbana de la ciudad de Oberá, Misiones. Tesis, FCEIA-UNR, Rosario, 2018
- [13] A. Almagro, et al., "Projected climate change impacts in rainfall erosivity over Brazil". Informe científico 7 , 8130 (2017). Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08298-y>
- [14] K. G. Renard , G. R. Foster, G. A. Weesies y J. P. Porter, «RUSLE: Revised universal soil loss equation,» *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 46, n° 1, pp. 30-33, 1991.
- [15] Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/obras-publicas/hidricas/base-de-datos-hidrologica-integrada>
- [16] H. Orsolini, E. Zimmermann, P. Basile, *Hidrología, Procesos y Métodos*. Editorial UNR. 2017
- [17] Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning*. Washington, DC, USA: United States Department of Agriculture.
- [18] J.J. Fernandez. "Código Python para el análisis de datos históricos de Precipitación de la Provincia de Misiones" en *Salao do Conhecimento 2022*, Unijui, Ijuí, Brasil.