

## Precipitaciones erosivas en el Sistema de Ventania (Buenos Aires, Argentina)

### Erosiverainfall in the Sierra de la Ventana (Buenos Aires, Argentina)

Beron de la Puente, Federico J.; Gil, Verónica

 **Federico J. Beron de la Puente**

fedeberon@gmail.com

Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur, Argentina. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina

 **Verónica Gil** verogil@uns.edu.ar

Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur, Argentina. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina

#### Párrafos Geográficos

Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Argentina

ISSN: 1853-9424

ISSN-e: 1666-5783

Periodicidad: Semestral

vol. 1, núm. 22, 2023

parrafosgeograficos@fhcs.unp.edu.ar

Recepción: 13 Febrero 2023

Aprobación: 20 Junio 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/739/7393991005/>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

Cita sugerida: Beron de la Puente, F. J. y Gil, V. (2023).

Precipitaciones erosivas en el Sistema de Ventania (Buenos Aires, Argentina). *Párrafos Geográficos* 22 (1). ISSN: 1853-9424. ISSN-e: 1666-5783.

**Resumen:** La finalidad del presente trabajo es realizar un análisis descriptivo de la ocurrencia de precipitaciones erosivas y caracterizar su potencial erosivo en el Sistema de Ventania (Buenos Aires, Argentina). Para ello, se trabajó con datos de 10 estaciones meteorológicas de la zona y se aplicaron índices que miden el grado de agresividad (Fournier (IF), modificado de Fournier (IMF), erosividad total de precipitaciones (IET), factor R y la concentración de las precipitaciones (ICP).

El análisis mensual indica que los meses de marzo – abril y noviembre – diciembre (2020) fueron los bimestres que acumularon precipitaciones mayores a 80 mm y para enero, abril y noviembre – diciembre (2021). De modo que, en estos meses se concentra el 53% y 60 % de las precipitaciones anuales respectivamente. Los eventos de lluvias erosivas se presentaron mayormente en las estaciones de otoño, primavera e inicios del verano, correspondiendo con los meses con mayores registros de lluvias. Por otra parte, los mayores montos anuales y cantidad de eventos de lluvias erosivas se concentran en la zona de sierras y el sector noreste del Sistema de Ventania.

El IF e IMF indican que la mayor parte de la zona de estudio se encuentra en el rango de baja a muy baja agresividad climática y presenta condiciones de erosividad total baja y concentración de precipitaciones moderadamente estacionales. El factor R de erosividad de precipitaciones varía entre 256 a 498 MJ×mm×ha-1h-1 por lo que se clasifica para el total del área como moderada erosividad de las precipitaciones.

De esta forma, los resultados obtenidos permitieron identificar los momentos críticos para tener en consideración el cuidado del suelo en sectores de pendientes como el piedemonte serrano mediante la implementación de prácticas de protección y conservación del suelo.

**Palabras clave:** Precipitaciones, Erosión hídrica, Índices, Agresividad Climática.

**Abstract:** The purpose of this work is to perform a descriptive analysis of the occurrence of erosive precipitation and to characterize its erosive potential in the Ventania System (Buenos Aires, Argentina). For this purpose, we worked with data from 10 meteorological stations in the area and applied indexes that measure the degree of aggressiveness (Fournier (IF), modified Fournier (IMF), total erosivity of precipitation (IET), R factor and precipitation concentration (ICP).

The monthly analysis indicates that the months of March - April and November - December (2020) were the bimonths that accumulated rainfall greater than 80 mm and for January, April and November - December (2021). This means that 53% and 60% of the annual rainfall is concentrated in these months, respectively. Erosive rainfall events occurred mostly in the autumn, spring and early summer, corresponding to the months with the highest rainfall records. Also, the highest annual amounts and number of erosive rain events are concentrated in the area of hills and the northeastern sector of the Ventania System.

The IF and IMF indicate that most of the study area is in the range of low to very low climatic aggressiveness and presents conditions of low total erosivity and moderately seasonal rainfall concentration. The R factor of precipitation erosivity varies between 256 to 498 MJ×mm×ha-1h-1, which classifies the total area as moderate precipitation erosivity.

So, the results obtained made it possible to identify the critical moments for taking into consideration soil care in slope sectors such as the mountain foothills through the implementation of soil protection and conservation practices.

**Keywords:** Rainfall, water erosion, Index, weather aggressiveness.

## Introducción

El factor climático juega un papel primordial en el proceso de erosión hídrica, siendo las precipitaciones en su intensidad y duración el factor que lo desencadena. La erodabilidad de un evento de lluvia es determinado por la cantidad de agua caída (mm) y su intensidad (mm/hora). Así, según García-Chevesich (2008) se puede suponer, de manera muy general, que, en una tormenta de intensidad relativamente baja, las tasas de infiltración no serán superadas y esto no producirá escurrimiento superficial que inicie o active surcos o cárcavas. Sumado a esto, esta intensidad no producirá erosión de impacto relevante, pues el tamaño de las gotas no tendrá la suficiente energía cinética como para desprender las partículas de un suelo sin cobertura vegetal. En cambio, un evento de lluvia intensa no sólo presenta un alto potencial de erosión de impacto, sino que también genera escorrentía superficial, dando lugar a diferentes procesos erosivos como los anteriormente mencionados.

Por otra parte, la duración de la tormenta, así como la distribución temporal de su intensidad, también son factores preponderantes en las tasas de erosión producidas. Una tormenta de larga duración provocará saturación de los suelos y la contribución hídrica de toda la cuenca, aumentando los caudales en los cursos de agua generando escurrimiento superficial. Esto sugiere que el contenido de humedad del suelo que antecede a un evento de precipitación, en conjunto con las características de la lluvia como distribución, intensidad y frecuencia, también es una variable influyente en las tasas de erosión hídrica para un suelo dado (Fournier, 1972; García-Chevesich, 2008; Cisneros et al., 2012).

Para poder determinar la influencia de las precipitaciones y su consecuente erosión hídrica se han empleado diferentes índices (Apaydin et al., 2006; Angulo Martínez et al., 2009; Castelán Vega et al., 2014; Caba Olgúin, 2019; Calero Mosquera et al., 2021). El mayormente utilizado es el índice de erosividad

de las lluvias o factor R. El mismo forma parte de la Ecuación Universal de Perdida del Suelo (USLE) propuesta por Whischmeier y Smith (1978) y su versión Revisada (RUSLE) de Renard et al. (1997). Frente a la dificultad de obtener registros continuos de máxima intensidad de precipitaciones, Fournier en 1960 crea el Índice de Agresividad Climática o Índice de Fournier (IF). Posteriormente, Arnouldous (1978) introduce el índice modificado de Fournier (IMF) corrigiendo la ecuación original sin grandes desviaciones. Este cuantifica la agresividad de las lluvias a través del uso de las precipitaciones mensuales. De esta forma es más factible el uso en lugares donde los datos pluviométricos son escasos, sin continuidad y con poca frecuencia en el registro de los mismos. La finalidad del presente trabajo es realizar un análisis descriptivo de la ocurrencia de precipitaciones erosivas y caracterizar su potencial erosivo a través de diferentes índices que miden el grado de agresividad (IF, IMF, erosividad total de precipitaciones (IET), factor R) y la concentración de las precipitaciones (ICP) en un área de características contrastadas de relieve y un uso agrícola-ganadero del suelo donde se registran indicios de erosión hídrica.

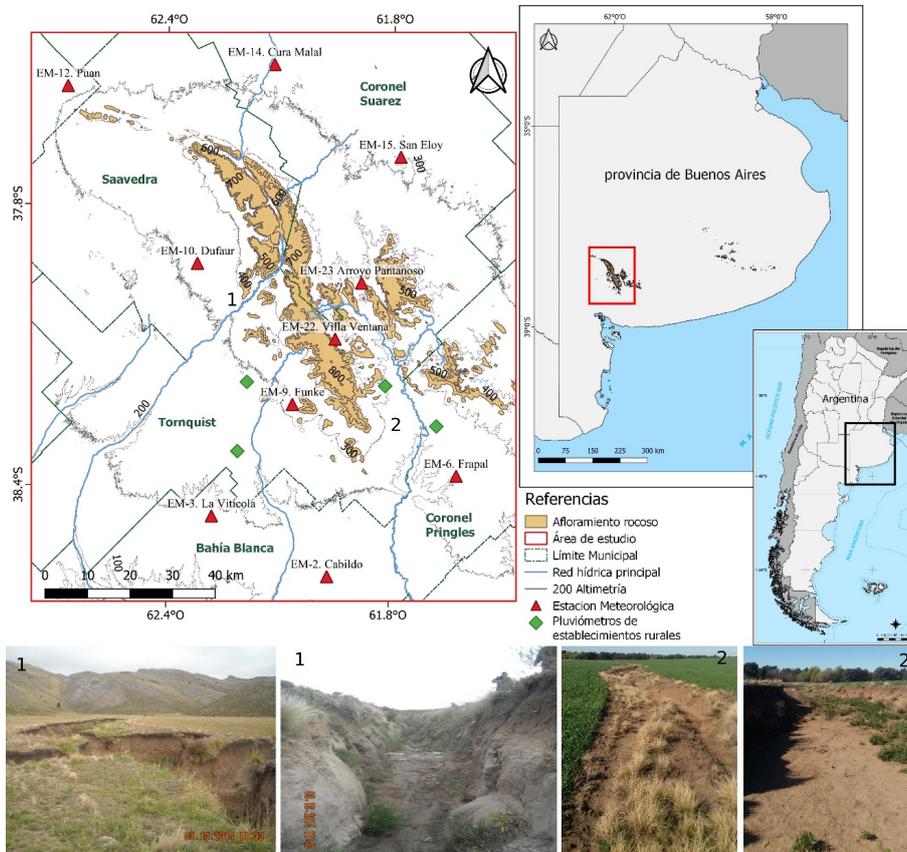
## Área de estudio

El área de estudio se ubica en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, República Argentina (Fig. 1). Aquí se destaca el Sistema de Ventania como un conjunto de cordones con disposición general Noroeste-Sureste y se extienden a lo largo de unos 150 km cuyas alturas medias oscilan entre los 900 y 1000 m s.n.m. pasando gradualmente al piedemonte y luego a la llanura propiamente dicha. En ese sistema nacen y se definen cuencas hídricas endorreicas y exorreicas de importancia regional que drenan en diferentes direcciones y atraviesan parte del suroeste de la provincia.

La región se encuentra comprendida en la zona planetaria de climas templados con valores anuales medios que oscilan entre 14 °C y 20 °C caracterizada por una estacionalidad térmica propia de estos climas. Las precipitaciones medias disminuyen de Este a Oeste y su régimen tiene dos períodos lluviosos coincidentes con el otoño y la primavera. Sin embargo, en las últimas décadas la estación lluviosa se prolonga al verano. Casado y Picone (2018); Gil (2010); Scian (2009); Campo de Ferreras et al. (2004); Gentili y Gil (2013); Beron de la Puente et al. (2022) destacan la variabilidad temporal (interanual, anual, estacional) y espacial de las precipitaciones. Asimismo, el área de estudio es afectada por los ciclos húmedos y secos ligadas a anomalías climáticas como el ENSO (Casado y Campo, 2019).

El perfil productivo se compone en mayor medida por cultivos de cereales de cosecha fina (trigo y cebada) y gruesa (girasol, maíz y soja) dado que los suelos representativos de la zona son los molisoles, aptos para el desarrollo de la agricultura. Los campos de cultivo suelen llegar hasta las zonas los piedemontes serranos donde por sus características morfológicas y topográficas sumado a las técnicas de manejos de los mismos suelen generar procesos de erosión hídrica como erosión laminar, surcos o cárcavas (Beron de la Puente, 2021). Estos procesos son intensificados por la dinámica y variabilidad de las precipitaciones pudiendo afectar estos suelos que son dedicados a la actividad productiva. Como ejemplo de esto, en la figura 1 se observan procesos de erosión hídrica en dos

sectores diferentes una en la vertiente Oeste y otro en la vertiente Este. Su posición en el piedemonte favorece el desarrollo de cárcavamiento que aun hoy se encuentran activos.



**Figura N°1**  
Área de estudio

Fuente: elaboración propia 2022.

## Materiales y Métodos

Para el análisis descriptivo de las lluvias históricas (1992-2018) se utilizaron los registros diarios de diferentes pluviómetros en establecimientos rurales del área de estudio principalmente del partido de Tornquist. Para el análisis actual (2020-2021) se recopilieron y analizaron registros diarios de precipitación de 10 estaciones meteorológicas (EM) pertenecientes a la Red de Monitoreo Meteorológico de la Bolsa de Cereales y Productos de Bahía Blanca a través de un convenio con el Departamento de Geografía y Turismo de la Universidad Nacional del Sur. Este período fue elegido por dos motivos: 1) la disponibilidad de datos con la frecuencia adecuada para el cálculo de los índices y 2) por estar comprendido en un ciclo seco asociado a condición La Niña. El procesamiento de los registros y los cálculos estadísticos se realizaron con planillas de cálculo Excel. Las precipitaciones anuales de cada estación meteorológica fueron representadas espacialmente a través del software Qgis V. 3.16 mediante una interpolación inversa ponderada (IDW), donde los valores anuales de cada estación se ponderan durante la interpolación de modo que la influencia de un punto en relación con otro disminuye con la distancia desde el punto desconocido

creando una superficie ráster del área de estudio. Se obtuvo el régimen de precipitaciones medias mensuales de la zona y se contabilizaron eventos de precipitación erosiva. Estos, según Wischmeier y Smith (1978) son aquellas tormentas cuyas magnitudes superan los 13 mm.

Para el análisis de la agresividad y concentración de lluvias se calcularon diferentes índices. El Índice de Agresividad Climática o Índice de Fournier (IF), creado por Fournier (1960), estima las características erosivas basadas en el mes más lluvioso de cada año dentro de un período de tiempo dado [1] y muestra una alta correlación con la cantidad de sedimentos arrastrados por la escorrentía.

$$IF = \frac{(P_{max})^2}{P} \quad [1]$$

Dónde:  $P_{max}$ : es la precipitación que corresponde al mes más lluvioso (mm).  $P$ : precipitación anual registrada (mm). Los IF obtenidos se clasificaron según con la escala valorativa propuesta por Delgado (2003). (Tabla 1).

Sin embargo, el índice modificado de Fournier (IMF), reformulado por Arnouldous (1978), utiliza las precipitaciones mensuales para cuantificar la agresividad de las lluvias [2].

$$IMF = \sum_1^{12} \frac{P_i^2}{P} \quad [2]$$

Dónde:  $P_i$ : cantidad de precipitación mensual del mes  $i$  en mm.  $P$ : precipitación anual en mm. Los valores IMF fueron clasificados según los rangos propuestos por Programa Hidrológico Internacional (2006), mostrados en la Tabla 1.

El Índice de Concentración de Precipitaciones (ICP), propuesto por Oliver (1980), es de gran interés para la incidencia de la precipitación sobre la erosión del suelo ya que permite determinar la variación temporal de la distribución de precipitaciones [3]. Hace referencia al comportamiento de las precipitaciones, en su cantidad anual, variación estacional y su duración de la estación lluviosa en un año cualquiera (Tabla 1). Por lo tanto, indica si las precipitaciones de la época lluviosa, se concentran sobre un periodo corto o más largo del año.

$$ICP = 100 \times \sum_1^{12} \frac{p_i^2}{p^2} \quad [3]$$

Donde:  $p_i$ : precipitación mensual en mm.  $P$ : precipitación anual en mm. El ICP indica un porcentaje.

**Tabla N°1**

Índices que determinan la agresividad y Concentración de las precipitaciones

Índice	Valor	Clasificación
Índice de Fournier (IF)	< 15	Muy bajo
	16 - 30	Bajo
	30 - 50	Moderado
	50 - 65	Alto
	> 65	Muy Alto
Índice Modificado de Fournier (IMF)	0 - 60	Muy bajo
	60 - 90	Bajo
	90 - 120	Moderado
	120 - 160	Alto
	> 160	Muy Alto
Índice de Concentración de Precipitaciones (ICP)	8,3 - 10 %	Uniforme
	10 - 15 %	Moderadamente estacional
	15 - 20 %	Estacional
	20 - 50 %	Altamente Estacional
	50 - 100 %	Irregular

Delgado 2003, Programa Hidrológico Internacional 2006, Oliver 1980

Si bien IMF evalúa directamente la agresividad de las precipitaciones es importante considerar que también su efecto depende de la estacionalidad, información que aporta el ICP. Es por ello que a través del Índice de Erosividad Total (IET) se combinan ambos índices [4] y se clasificó según lo propuesto por Vega y Flebes (2008) Tabla 2.

$$IET = IMF \times ICP \quad [4]$$

**Tabla N°2**

Clasificación de erosividad total

IET	Clasificación
Menor a 1500	Baja
1500 - 2500	Moderada
2500 - 5000	Alta
Mayor a 5000	Muy alta

Vega y Flebes (2008)

El índice que expresa la capacidad de la lluvia para erosionar el suelo es el factor erosividad de las lluvias (R) que se define como la suma del producto de la energía total de la precipitación por su máxima intensidad en treinta minutos para todos los eventos importantes de precipitación en un área durante un año promedio. La estimación de R se puede hacer a través de métodos directos e indirectos. Estos últimos son los utilizados en este trabajo donde se calculó el R a partir de la actualización de la fórmula [5] que realizó Cretzaz et al. (2016) para la estación agrometeorológica de Paraná, Entre Ríos donde la señalan como la de mejor ajuste para el empleo de datos de lluvias a escala mensual. Una vez obtenido

el valor de R se categorizó según la clasificación propuesta por Fournier (1960) que se expone en la Tabla 3.

$$R = 13,612 \times IMF^{(0,7722)} \quad [5]$$

**Tabla N°3**  
Clasificación del Factor R

Factor R	Clasificación
0 - 50	Bajo
50 - 550	Moderado
550 - 1000	Alto
> 1000	Muy Alto

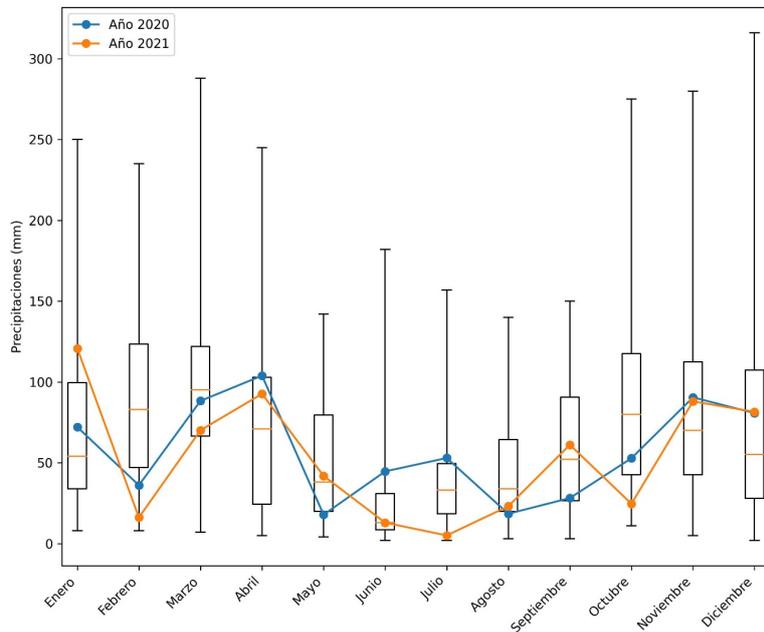
Fuente: Fournier (1960)

## Resultados

### *Comportamientos de las precipitaciones mensuales*

En la Figura 2 se muestran las precipitaciones mensuales para el año 2020 y 2021 sumado a las precipitaciones históricas en la región para el período 1992 hasta 2018. Esta última serie se observa que la distribución presenta una fuerte tendencia estacional con valores mínimos en los meses de invierno junio – julio y una estación lluviosa de septiembre a abril coincidiendo con la primavera y el verano. Además, los picos de máximas lluvias ocurren en el mes de marzo y durante la primavera.

Para 2020 y 2021 se observan precipitaciones mensuales mayores a 80 mm/mes siendo los meses más lluviosos marzo-abril y noviembre-diciembre (2020) y enero, abril y noviembre-diciembre (2021) (Fig. 2). De modo que en estos meses se concentra el 53% y 60% de las precipitaciones totales para cada año respectivamente. Por otro lado, los valores mínimos se dan principalmente en los meses de invierno. Para los años analizados estas se dieron en los meses de mayo, agosto y septiembre (2020) y para los meses de febrero y junio – agosto (2021) donde se acumulan el 10% y 12% de las precipitaciones anuales. Por otra parte, se puede observar la variabilidad de las precipitaciones y que para el mes de febrero en los años 2020 y 2021 los registros fueron por debajo de 1er cuartil, llegando a los valores cercanos a los mínimos históricos.

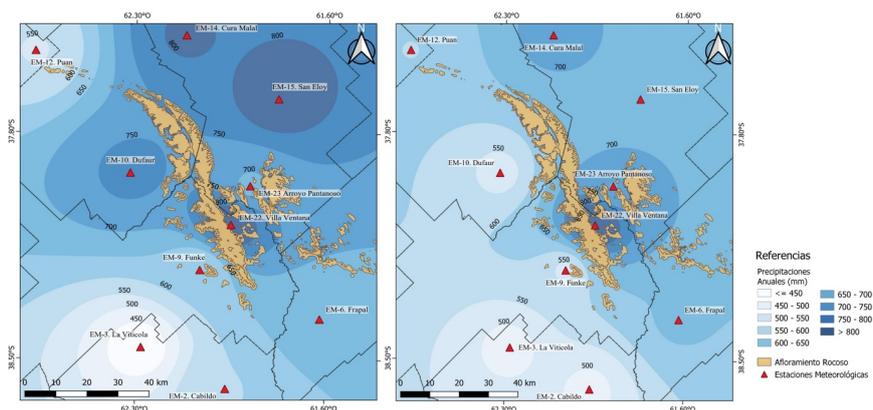


**Figura N°2**  
 Precipitaciones medias mensuales para los años 2020 y 2021 (línea) y precipitaciones mensuales históricas (boxplot)

Fuente: elaboración propia 2022.

Del análisis de la distribución espacial de la precipitación anual (Fig.3) se resalta el incremento de los montos de lluvia hacia el sector de las sierras. Es en estas últimas en donde se acumulan los mayores montos en el año (Berón de la Puente et al., 2022). Los registros más abundantes para el año 2020 ocurren en la zona de Villa Ventana, San Eloy, Cura Malal y Dufaur con valores anuales que sobrepasan los 750 mm. Por otro lado, el año 2021, las lluvias a nivel anual no fueron tan abundantes como el año anterior, pero de igual manera las EM Villa Ventana, San Eloy registraron precipitaciones que superan los 700 mm. Mientras que las EM La Vitícola, Cabildo, ubicadas en la parte Sur- Oeste del Sistema de Ventania para ambos años las precipitaciones no superan los 500 mm y para la estación de Puan no superó los 600 mm en los dos años de registro.

Los resultados de distribución de las lluvias dentro de la zona corresponden a características climáticas donde las sierras a pesar de su altura (no superior a 1250 m s.n.m.) ejercen un efecto de realzamiento de las precipitaciones. Esto da como resultado que las precipitaciones en la zona de las sierras se incrementen en un 28% respecto de registros en zonas de menor elevación (Berón de la Puente et al., 2022). Si bien son solo dos años de estudio particulares, presentan comportamientos similares.

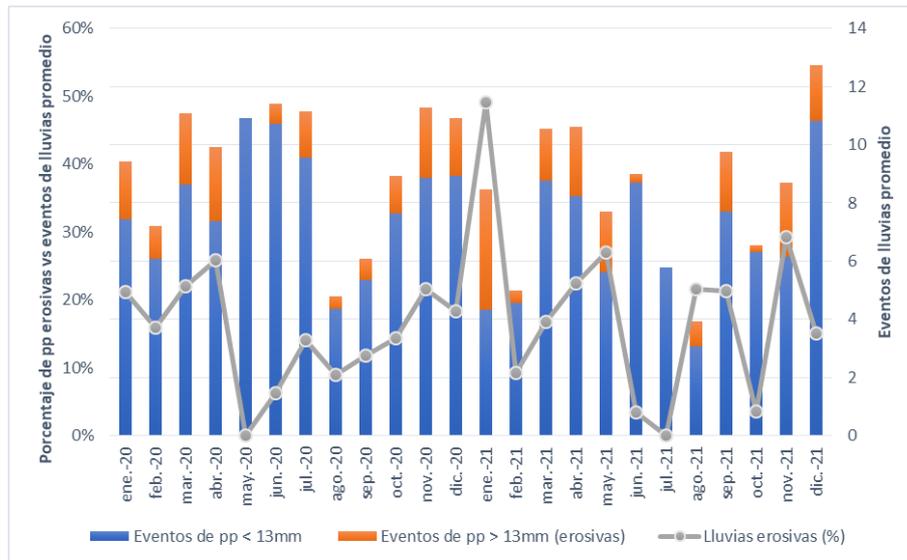


**Figura N°3**  
 Distribución de las precipitaciones anuales para el área de estudio (2020 izquierda – 2021 derecha)  
 Fuente: elaboración propia 2022.

*Eventos de precipitaciones erosivas*

El número de eventos diarios de precipitación para el área de estudio fue de 113 días para el año 2020 y 100 días para el 2021. Haciendo énfasis en los eventos de precipitación erosiva, en la Figura 4 se muestran la distribución mensual del 1) porcentaje de precipitaciones erosivas *vs* los eventos de lluvias promedio en el área de estudio y 2) los eventos de precipitación promedio de las EM relevadas por meses para ambos años. También se encuentra representados la cantidad total por mes de eventos divididos en magnitudes mayores (erosivas) y menores (no erosivas) de 13 mm. Los eventos de lluvias erosivas se presentaron en mayor medida para ambos años en las estaciones de otoño, primavera e inicios del verano contabilizando en promedio para el área de estudio más de 2 eventos para cada mes. Estas lluvias ocurrieron en los meses de enero, abril, noviembre y diciembre, correspondiendo con los meses de mayores registros de precipitación. Además, el mes de mayo 2020 y julio 2021 no se registró evento de precipitaciones mayores a 13 mm y los meses con menores eventos que coincidieron para ambos años ocurren en la estación de invierno, los meses de junio - agosto, coincidiendo con los meses más secos del año.

En cuanto al porcentaje anual de lluvias mayores a 13 mm, solo el 15% de los eventos de precipitaciones totales fueron registradas para el año 2020 y 19% del año 2021. Este es un valor promedio entre las EM registradas del área de estudio. Sumado a esto, en los meses de enero, abril y noviembre hay un mayor porcentaje de ocurrencia de tormentas erosivas frente a las lluvias totales del mes, con valores que superan el 20% (Fig. 4). Y en el mes de junio coincide en ambos años que el porcentaje de lluvias erosivas no supera el 10%.

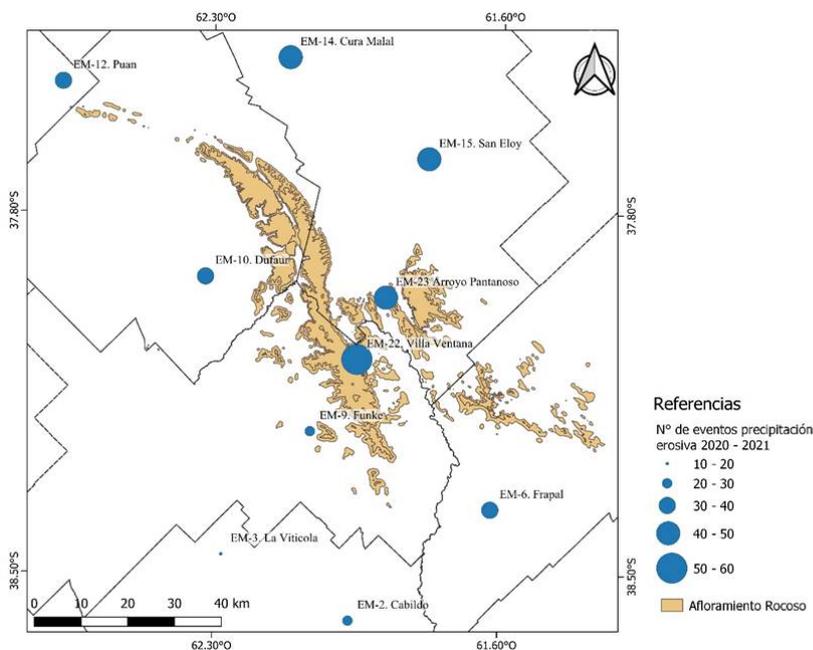


**Figura N°4**

Eventos de precipitaciones y porcentajes de lluvias erosivas (2020 -2021)

Fuente: elaboración propia 2022.

En la figura 5 se muestra la distribución espacial de las precipitaciones erosivas en el período de estudio. Se observa que continua la tendencia de que las estaciones meteorológicas de Cabildo y La Vitícola poseen los menores eventos de lluvias erosivas (menor a 30 eventos) en correspondencia con los valores menores de precipitaciones anuales. Caso contrario ocurre, a medida que no acercamos al sistema serrano donde la cantidad de eventos se incrementa, contabilizando más de 40 eventos para EM Arroyo Pantanoso y más de 50 para EM Villa Ventana. Mientras que las estaciones de Cura Malal, San Eloy las lluvias erosivas no superan los 40 eventos. Los resultados donde se contabilizaron los máximos eventos de lluvias erosivas corresponden a zonas en donde ocurren los mayores montos de precipitación anuales, son sectores que se ubican entre la zona más cercana a las sierras y el sector noreste del área de estudio.



**Figura N° 5**  
 Cantidad de eventos de precipitación de precipitación erosiva entre 2020 - 2021  
 elaboración propia 2022.

*Cinco índices para estimar la agresividad y estacionalidad de las precipitaciones*

En la tabla 4 se pueden observar los valores obtenidos de los diferentes índices según los registros de las EM para el período 2020 – 2021. Tanto el IF y el IMF obtuvieron las mismas clasificaciones en todas las EM exceptuando el caso de EM Frapal que da una clasificación de agresividad de precipitaciones alta y moderada. En contraposición, la EM La Vitícola y EM Cabildo se registraron las menores magnitudes de precipitaciones y clasificó como agresividad muy baja. La mayor parte del área estudiada está en el rango de baja agresividad de precipitaciones. El IMF se plantea para áreas donde se presentan picos o estacionalidad en las precipitaciones. El IF solo considera la mayor precipitación mensual del año. Por este motivo se ven las discrepancias de los resultados entre las estaciones para los años analizados como los casos de las EM Villa Ventana, Dufaur, San Eloy para el 2020 el IF está clasificado como Bajo, pero el IMF está en la categoría de moderado.

En cuando al ICP, los resultados indican que para el área de estudio las lluvias son moderadamente estacionales ya que sus valores varían entre 10 y 15%, con la excepción de la EM Frapal que se clasifica como estacional. El IET indica que la región posee índices bajos no superando el valor de 1500, la excepción es la EM Frapal quedando clasificada como moderada. Finalmente, el factor R de erosividad de precipitaciones varía entre 256 - 498 MJ × mm × ha<sup>-1</sup> × h<sup>-1</sup>

por lo que se clasifica para el total del área para los años de estudio como como Moderada erosividad de las precipitaciones.

**Tabla N°4**  
Índices de agresividad y estacionalidad de precipitaciones

Estación Meteorológica	Año	IF	IMF	ICP	IET	R
La vitícola	2020	10,48	44,70	10,60	473,89	256,00
	2021	17,88	63,02	13,25	835,32	333,75
Frapal	2020	33,53	81,15	12,02	975,71	405,72
	2021	52,47	100,17	15,19	1521,61	477,36
Puan	2020	24,65	71,28	12,32	878,42	367,04
	2021	17,22	70,37	11,74	826,15	363,42
Cura Malal	2020	19,92	82,25	10,22	840,89	409,96
	2021	27,89	95,29	13,14	1252,55	459,30
Villa ventana	2020	21,41	93,36	10,95	1022,19	452,06
	2021	30,59	104,57	11,48	1200,73	493,44
Pantanosos	2020	16,01	71,52	10,31	737,06	367,98
	2021	29,01	86,66	12,40	1074,19	426,81
Dufaur	2020	27,82	106,06	13,96	1480,47	498,87
	2021	15,61	67,83	12,90	874,65	353,24
San Eloy	2020	27,80	97,63	11,71	1143,77	467,98
	2021	28,65	89,31	12,80	1142,98	436,85
Funke	2020	15,93	64,96	10,78	700,06	341,67
	2021	17,93	68,17	12,67	863,44	354,63
Cabildo	2020	22,45	64,47	10,76	693,52	339,68
	2021	13,32	57,87	12,04	696,87	312,49

Clasificación de IF e IMF			
Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto

fuentes: elaboración propia 2022.

En la región del suroeste bonaerense existen estudios que realizan caracterización de las precipitaciones y su variabilidad (Casado y Campo, 2019) o agresividad de precipitaciones en la zona de piedemonte del sistema de Ventania (Beron de la Puente, 2021). El poder estudiar en una escala regional con un mayor número de estaciones meteorológicas permitió conocer las diferentes variaciones espaciales de las tormentas erosivas y poder sectorizar lugares donde se dan con más frecuencia e intensidad. Sumado a esto, poder identificar los meses con una mayor ocurrencia de este tipo de lluvias. Esto último, en un contexto de estudio de la erosión hídrica puede explicar como un evento de precipitación erosiva influye en los procesos de pérdida de suelos para las zonas de producción agrícola las cuales a su vez dependen de dicho régimen de precipitaciones para que el rendimiento de cultivos sea el esperado (Cisneros et al., 2012). Tanto Gaitán et al. (2017) en su inventario nacional de erosión hídrica de la República Argentina como Beron de la Puente (2021) llegaron a los mismos resultados expuestos en este trabajo, el cual la erosividad de las lluvias están dentro de una categoría de moderado no superando el valor de  $500 \text{ MJ} \times \text{mm} \times \text{ha}^{-1} \times \text{h}^{-1} \times \text{año}$ .

Según los resultados de los diferentes índices estudiados se puede destacar que, al existir una variabilidad de lluvias tanto anuales o estacionales, entre los dos años estudiados, no hay grandes diferencias entre las estaciones registradas ya que el ICP está categorizado en casi toda el área de estudio como moderadamente estacional exceptuando la EM Frapal, la cual es la estación que está ubicada en el extremo sureste del área de estudio. Sumado a esto, en el proceso de obtención

de la erosividad total, esta posee una correspondencia con los valores IMF ya que este último al presentar mayor variabilidad y al aumentar, el IET también lo hace.

## Conclusiones

Los resultados de los diferentes índices de agresividad climática, indican que la mayor parte de la zona de estudio se encuentra en el rango de baja a muy baja agresividad climática (IF e IMF) con una distribución moderadamente estacional de las lluvias y una moderada erosividad de las precipitaciones para toda la zona estudiada.

Debido a que el área de estudio está caracterizada por el uso del suelo para la actividad agrícola en mayor medida, es de especial interés la realización de análisis tanto de la distribución espacial como también así la estacionalidad de las lluvias y su erosividad. Para la región ocurre que, en los meses donde se registraron mayores montos de precipitación también lo hace el número de eventos de lluvias erosivas sumado al general incremento de las precipitaciones en los sectores serranos.

De esta forma, el estudio de las precipitaciones en la región a partir de registros continuos en el tiempo y espacialmente distribuidos permite la posterior evaluación de la agresividad de las lluvias y así conocer los momentos en donde las precipitaciones tendrían una mayor capacidad de provocar erosión. Y, por consiguiente, identificarlos para tener en consideración el cuidado del suelo en sectores de pendientes como el piedemonte serrano mediante la implementación de prácticas de protección y conservación del suelo.

## Bibliografía

- Angulo Martínez, M., López Vicente, M. Serrano, V., Beguería, S. (2009). *Mapping rainfall erosivity at a regional scale: a comparison of interpolation methods in the Ebro Basin (NE Spain)*. Hydrol. Earth Syst. Sci., no. 13, pp. 1907-1920.
- Arnoldus, H. M. (1978). An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. En M. De Boodst y D. Gabriels (Eds.). *Assessment of erosion* (pp. 127-132). Chichester: John Wiley y Sons, Inc.
- Apaydin, H., Erpul, G., Bayramin, I., Gabriels, D. (2006). *Evaluation of indices for characterizing the distribution and concentration of precipitation: A case for the region of Southeastern Anatolia Project, Turkey*. Journal of Hydrology, vol. 328, no. 3-4, pp. 726-732.
- Beron de la Puente, F., Gil V., Viale M. (2022). *Precipitaciones orográficas en el cordón Sierra de la Ventana, Buenos Aires, Argentina*. XIV Jornadas Nacionales de Geografía Física. Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes. 31pp.
- Beron de la Puente, F. (2021). *Información Geoespacial aplicada a la erosión hídrica en la cuenca del arroyo Napostá Grande*. Departamento de Química, Universidad Nacional del Sur. Tesis de Grado.
- Caba Olguín, J. (2019). Índices de agresividad climática como estimadores del factor de riesgo de la erosión hídrica en el departamento de Tarija. *Agrociencias*, 4(7), 1-10.
- Calero Mosquera, D., Martínez López, C., Menjívar Flores, J. C. (2021). *Evaluación de modelos para estimar la erosividad de la lluvia en el Valle del Cauca, Colombia*. Acta Agronómica, 70(2), 198–210. <https://doi.org/10.15446/acag.v70n2.95115>

- Campo de Ferreras, A., Capelli de Steffens, A., Diez, P. (2004). El clima del Suroeste bonaerense. Bahía Blanca: Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur.
- Casado, A., Picone, N. (2018). Aplicabilidad de los datos grillados para el análisis espaciotemporal de las precipitaciones, provincia de Buenos Aires (Argentina). *Párrafos Geográficos*, 17(1), 46-62.
- Casado, A., Campo, A.M. (2019). *Extremos hidroclimáticos y recursos hídricos: estado de conocimiento en el suroeste bonaerense, Argentina*. Cuadernos Geográficos, 58(1), 6-26.
- Castelán Vega, R.; Tamariz Flores, V; Linares Fleites, G., Cruz Montalvo, A (2014). *Agresividad de las precipitaciones en la subcuenca del río San Marcos, Puebla, México*. Investigaciones Geográficas (83). 28-40, doi: 10.14350/ig.33480.
- Crettaz, E., Gvozdenovich, J., Saluzzio M. (2016). Cálculo del factor R de la USLE a través del Índice Modificado de Fournier. INTA Paraná. 7pp.
- Cisneros, J., Cholaky, C., Cantero, G., González, J., Reynero, M., Diez, A., Bergesio A., Cantero, J., Nuñez, C., Amuchástegui, A., Degioanni, A. (2012). *Erosión hídrica. Principios y técnicas de manejo*. Río Cuarto, UniRío Editora.
- Delgado, E. F. (2003). Un protocolo para apoyar la selección de prácticas de conservación de suelos en tierras montañosas tropicales. Memorias del I Seminario Internacional de Agricultura de Conservación en Tierras de Ladera.
- Fournier, F. (1960). *Climat et érosion*. París: Ed. Presses Universitaires de France.
- Fournier, F. (1972). *Soil Conservation. Nature and Environment Series N° 5*, Council of Europe, Strasbourg.
- Gaitán, J.; Navarro, M.F.; Tenti Vuegen, L.; Pizarro, M.J.; Carfagno, P., Rigo, S. (2017). *Estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en la República Argentina*. Buenos Aires: Ediciones INTA.
- García-Chevesich, P. (2008). *Procesos y control de la erosión*. Denver, CO. Outskirts Press. 276p.
- Gentili, J. O., Gil, V. (2013). Variabilidad temporal de las precipitaciones en vertientes opuestas del Sistema de Ventania, Buenos Aires, Argentina. *Revista Universitaria de Geografía*, 22(1), 147-166.
- Gil, V. (2010). Hidrogeomorfología de la cuenca alta del río Sauce grande aplicada al peligro de crecidas. (Tesis Doctoral). Programa de Posgrado del Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur.
- Oliver, J. (1980). Monthly precipitation distribution: a comparative index. *Professional Geographer*, 32, N° 3, 1980. pp 300 – 309.
- Programa Hidrológico Internacional (PHI) (2006). *Guía metodológica para la elaboración del mapa de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas de América Latina y El Caribe*. Documento Técnico No 3, UNESCO.
- Renard, K.G.; Foster, G.R.; Weesies, G.A.; McCool, D.K., Yoder, D.C. (1997). *Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. Agricultural Handbook N°. 703. Washington D.C: U.S. Department of Agriculture.
- Scian, B. (2009). *Clima - Bahía Blanca y Sudoeste Bonaerense*. Paoloni, J.D. (Comp.). Ambiente y recursos naturales del partido de Bahía Blanca. Bahía Blanca: EdiUNS.
- Vega, M. B., Flebes J. M. (2008). La agresividad de la lluvia en áreas rurales de la provincia de La Habana como factor de presión en la sostenibilidad agroambiental,

II Seminario Internacional de Cooperación y Desarrollo en Espacios Rurales Iberoamericanos, Sostenibilidad e Indicadores, Almería, España.

Wischmeier, W. H., Smith, D.D. (1978). Predicting rainfall losses: A guide to conservation planning. Agricultural Handbook (537). Washington D.C.: USDA. Recuperado de <https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT79706928/PDF>