

# ESTIMACIÓN DE VARIABLES RELACIONADAS A LA EROSIÓN HÍDRICA DEL SUELO EN UNA CUENCA DE LA REGIÓN SERRANA DE CÓRDOBA

Sabrina Tomasini<sup>1</sup>, Giuliana Elcano<sup>1</sup> y Leticia Vicario<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional del Agua. Centro de la Región Semiárida, Córdoba, Argentina.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba.  
E-mail: sabrinatomasini@hotmail.com

## Introducción

La erosión del suelo se entiende como uno proceso de degradación, transporte y deposición de materiales del suelo por agentes erosivos. Cuando dichos agentes son dinámicos, como la lluvia, a través del impacto de las gotas sobre la superficie, y el escurrimiento superficial, el suelo está expuesto a procesos de erosión hídrica (Ellison, 1947).

El suelo es uno de los recursos naturales más importantes, de aquí la gran importancia de estudiar y evaluar las variables que intervienen en los procesos erosivos, para lo cual se han desarrollado diferentes métodos. En el presente trabajo, por medio de la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE, por sus siglas en inglés) y herramientas de Sistema de Información Geográfico (SIG), se evaluó la erosión hídrica que presenta una cuenca en la zona serrana de la provincia de Córdoba.

## Materiales y Métodos

El área de estudio corresponde a la Cuenca Arroyo La Cañada - La Lagunilla, la cual posee una superficie de 277 km<sup>2</sup> y se encuentra ubicada dentro del departamento Santa María, en la provincia de Córdoba.

Para realizar el análisis tanto cualitativo como cuantitativo, se implementó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo mediante el uso de herramientas SIG para estimar la erosión hídrica de la capa más superficial del suelo en términos de pérdida de suelo.

Dicha ecuación, desarrollada por Wischmeier y Smith (1965), es una metodología empírica que pretende interpretar los mecanismos erosivos por sus causas y efectos (Almorox Alonso *et al.*, 1994), donde:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad [1]$$

Siendo A la pérdida de suelo, R el factor de erosividad por precipitación pluvial, K la erodibilidad del suelo, L el factor de longitud de pendiente, S el factor de gradiente de pendiente, C el factor de cobertura y manejo de suelo y P el factor por prácticas de conservación. Las dimensiones de A son ML<sup>-2</sup>T<sup>-1</sup>, sus unidades depende de las unidades de los factores R (ML<sup>-1</sup>T<sup>-3</sup>) y K (L<sup>-1</sup>T<sup>-2</sup>), los demás factores son adimensionales.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1980) desarrolló una clasificación de la degradación de los suelos que se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.-** Categorías de la pérdida de suelo (Fuente: FAO, 1980).

Categoría	Pérdida de Suelo [tn/ha/año]
Ninguna a ligera	< 10
Moderada	10 a 50
Alta	50 a 200
Muy Alta	> 200

De esta manera, se estimó la erosión hídrica potencial que representa la tasa máxima de pérdida de suelo. Esta situación corresponde a un suelo totalmente desprovisto de cobertura vegetal (C=1) y sin prácticas de conservación (P=1). Los demás factores fueron obtenidos según los métodos descriptos a continuación.

## Factor R

Fue estimado mediante la relación que encontró *Gaitan et al.*, (2017) entre la precipitación media anual (PMA) y la erosividad de las lluvias para 75 localidades del país.

$$R = 0,2266 \times PMA^{1,1289} \quad [2]$$

La PMA fue estimada a partir de datos de precipitación media diaria de la misión TRMM correspondiente al periodo 1997-2017. Los mismos fueron obtenidos de base de datos TRMM de la NASA.

## Factor K

Se determinó con la ecuación propuesta por *Wischmeier et al.*, (1971), cuyos datos de suelos requeridos se obtuvieron a partir del Atlas de Suelos (INTA, 2006).

$$100K = [2,71 \cdot 10^{-4} T^{1,14} (12 - MO)] + 4,2(E - 2) + 3,2(P - 3) \quad [3]$$

Siendo T el parámetro de textura, MO el contenido de materia orgánica, E el parámetro de estructura, y P el parámetro de permeabilidad.

## Factor L y S

El factor L fue estimado a partir del algoritmo propuesto por Desmet y Govers (1996).

$$L = \frac{[A + D^2]^{m+1} - A}{x^m + D^{m+2}(22,13)^2} \quad [4]$$

Donde A es el área de contribución de una celda, D el tamaño de la cuadrícula de la celda, x el valor de la dirección del flujo y m el coeficiente de pendiente.

Para evaluar el factor S se utilizó el método propuesto por McCool *et al.* (1989) en el que:

$$S = 10,8 \sin \theta + 0,03 \quad \text{si } \theta < 0,0896$$

$$S = 16,8 \sin \theta - 0,50 \quad \text{si } \theta \leq 0,0896 \quad [5]$$

Donde  $\theta$  es la pendiente de la celda.

Ambos factores fueron desarrollados a partir del DEM de la cuenca de resolución 30 m, obtenido de la misión SRTM.

La estimación de la erosión actual requiere del conocimiento de la cobertura de suelo y prácticas de conservación desarrolladas. Para iniciar en este estudio se realizó una estimación porcentual del cambio de uso de suelos, mediante el análisis de imágenes Landsat 5 y 8 en un rango comprendido entre los años 1986-2016.

## Resultados

A través del producto de los factores de la fórmula USLE y la superposición de capas temáticas correspondientes a cada factor de la ecuación, se obtuvieron valores porcentuales aproximados de la erosión potencial que presenta la cuenca en estudio y su correspondiente mapa representativo (Figura 1).

Se pudieron identificar cuatro categorías según el grado de intensidad de pérdida de suelo (FAO, 1980). El 44% del área de la cuenca presentaría un grado leve de erosión potencial, mientras que un 52% presentaría una erosión moderada comprendida entre las 10 y 50 tn/ha/año. Cabe destacar que el

3% del área estaría expuesta a un alto grado de erosión, y solo el 0,009% de la misma manifestaría un grado muy alto de erosión. En la Figura 1 se muestra la distribución espacial de los grados de erosión potencial, presentes en la cuenca.

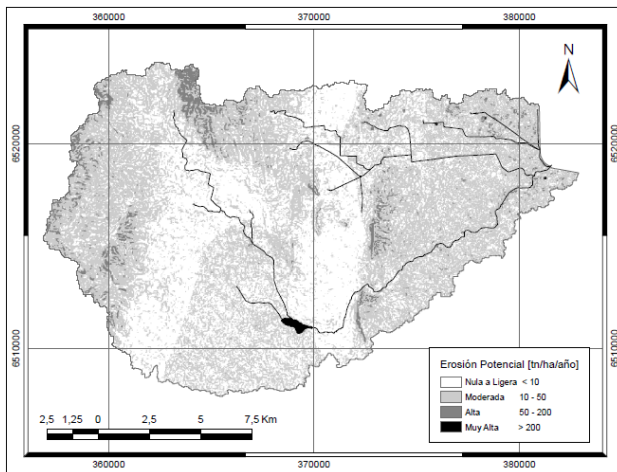


Figura 1.- Estimación de la erosión hídrica potencial.

En relación al cambio de uso de suelo, en la Tabla 2 se muestra, en términos porcentuales, el análisis temporal de imágenes Landsat 5 y 8. En la Figura 2 se comparan los usos de suelos de los años 1986 y 2016.

Tabla 2.- Análisis de cambio de uso de suelo.

Año	Uso de Suelo [%]			
	Conservación ecológica	Agropecuario	Urbano	Industrial
1986	53	42	4	1
1996	51	43	5	1
2006	49	43	7	1
2016	43	43	13	1

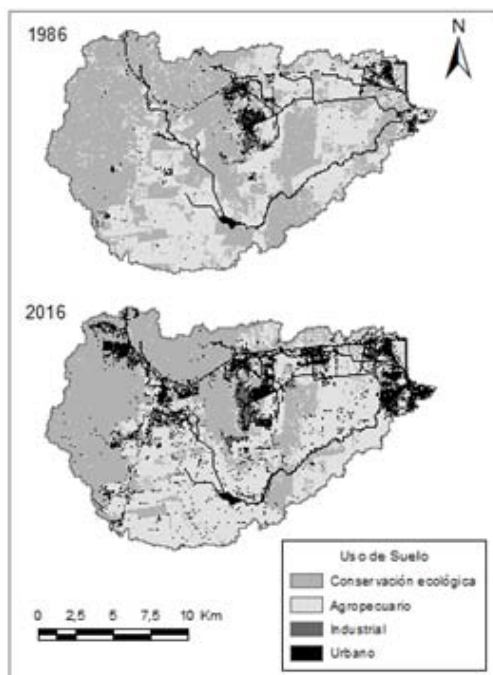


Figura 2.- Comparación de usos de suelo en la cuenca.

Tal como podemos observar, los cambios más significativos, se dieron sobre el área de conservación ecológica (bosque nativo). Su superficie ha disminuido a razón del aumento del área urbanizada por la incorporación de nuevos emprendimientos inmobiliarios.

## Conclusiones

Por medio de la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo y mediante herramientas del Sistema de Información Geográfica, se pudo obtener una aproximación de los factores que intervienen en la estimación de la erosión potencial. En general se observó que la cuenca Arroyo la Cañada - La Lagunilla está expuesta a una condición de erosión potencial entre ligera y moderada. En base a los cambios de uso de suelo observados, se plantea a posteriori, realizar una estimación de la erosión actual en dicha cuenca, contemplando parámetros de cobertura vegetal y prácticas de conservación.

## Referencias bibliográficas

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) EEA Manfré; Agencia Córdoba Ambiente. (2006). *Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba. Los suelos. Nivel de Reconocimiento 1:500.000*. Córdoba, Argentina.

Almoro Alonso, J., De Antonio García, R., Saa Requejo, A., Díaz Alvarez, M.C., Gascó Montes, J.M. (1994). *Métodos de Estimación de la Erosión Hídrica*. Editorial Agrícola Española, S.A.

Desmet, P.J.J.; Govers, G. (1996). "A GI S procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units". *Journal of Soil and Water Conservation* 51(5):427-433

Ellison, W. D. (1947). *Soil Erosion*. Soil Sci. Soc. Am Proc., Madison, 12: 479-484.

FAO (1980). *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos*. Roma, Italia. 86 p.

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. 1ª Edición*. Ediciones INTA. Buenos Aires.

McCool, D. K., G. R. Foster, C. K. Mutchler, y L. D. Meyer. (1989). "Revised slope length factor for the Universal Soil Loss Equation". *TRANSACTIONS of the ASAE* 32(5):1571- 1576.

NASA TRMM. Sitio web: <https://trmm.gsfc.nasa.gov/> (consulta: febrero 2018).

Wischmeier, W. H., and Smith, D. D. (1965). "Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains". *Agr. Handbook No. 282*, U.S. Dept. Agr., Washington, DC.

Wischmeier, W.H., Johnson, C.B., Cross, B.V. (1971). "A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites". *Journal of Soil and Water Conservation* 26: 189-193.