



# ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE LA PÉRDIDA DE SUELO POR EROSIÓN HÍDRICA SUPERFICIAL Y EL ESTADO DE LA VEGETACIÓN. CASO DE ESTUDIO: CUENCA DEL RÍO CTALAMOCHITA. CÓRDOBA.



L. de Antuena<sup>a</sup> y Gaspari F.J.<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Cátedra de Manejo de Cuenas Hidrográficas. CEIDE. FCAyF. Universidad Nacional de La Plata. ARGENTINA

email: [lucia.deantuena@agro.unlp.edu.ar](mailto:lucia.deantuena@agro.unlp.edu.ar)

## Introducción

La cuenca alta del río Ctalamochita (CARC) se encuentra en la zona centro sudeste de la provincia de Córdoba, de 10.573 km<sup>2</sup> (Figura 1), tiene gran potencialidad en la generación de sedimentos dadas las elevadas pendientes asociadas a una densa cobertura vegetal y la predominancia de una morfología que permite la rápida concentración del agua precipitada. Mientras que, en la parte baja, se exhibe una drástica disminución en las pendientes, asimilando el comportamiento hidrológico de la zona con un sistema de llanura, favoreciendo la deposición de los sedimentos en áreas actualmente ocupadas por las urbanizaciones sin planificación del territorio.

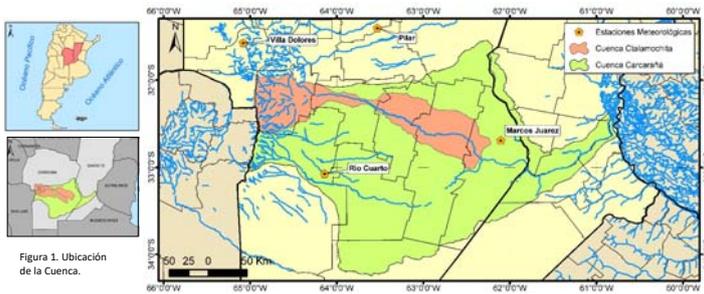


Figura 1. Ubicación de la Cuenca.

El Índice de Vegetación Mejorado (EVI) es un indicador del estado de la vegetación sensible a los cambios de cobertura y/o biomasa a través del tiempo. Es un índice optimizado a partir del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) para reducir la influencia de la atmósfera, por ejemplo, por la dispersión de aerosol. El uso del EVI se debe a que no se satura fácilmente en áreas con grandes cantidades de clorofila, como las que se encuentran en el área de estudio.

El **objetivo** del trabajo es analizar la relación existente entre la producción de sedimentos, generados por erosión hídrica superficial, con el estado de la vegetación, en la CARC.

## Metodología

Para la cuantificación de la pérdida de suelos por erosión hídrica superficial se empleó la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) y el estado de la vegetación con EVI, utilizando imágenes del sensor MODIS, a bordo de la plataforma AQUA. Las imágenes utilizadas son productos MYD09GA para las reflectancias diarias a 500 m. El EVI optimiza la señal de la vegetación aumentando su sensibilidad en casos de altas densidades de biomasa, mediante la separación de la señal proveniente de la vegetación de la influencia atmosférica. Las fechas empleadas (una al mes) fueron seleccionadas por su representatividad de condiciones ambientales cálidas y húmedas, y por la calidad encontrada en las imágenes disponibles (existencia de pocas obstrucciones). El procesamiento de las imágenes se realizó mediante el software de tratamiento de imágenes satelitales ENVI, aplicando la siguiente ecuación (Liu y Huete, 1995):

$$EVI = G \frac{(\rho_{IRc} - \rho_{rojo})}{(\rho_{IRc} + C_1 \rho_{rojo} - C_2 \rho_{azul} + L)}$$

G Factor de ganancia, adoptado como 2,5 en el algoritmo para MODIS.

$\rho_{IRc}$  Reflectancia correspondiente a la banda del infrarrojo cercano.

$\rho_{rojo}$  Reflectancia correspondiente a la banda roja.

$\rho_{azul}$  Reflectancia correspondiente a la banda azul.

C1 y C2 Coeficientes de peso del uso de la banda azul en la corrección del efecto aerosol en la banda roja. Para el algoritmo de MODIS se adoptan C1=6 y C2=7,5.

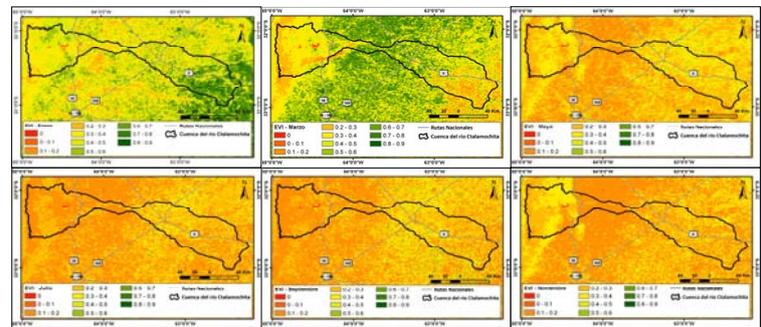
La zonificación USLE se realizó siguiendo la metodología detallada en de Antuena y Gaspari (2021), por medio del procesamiento geoespacial de los factores de la ecuación expresada como: A=R.K.LS.C.P, siendo A: la pérdida de suelo por erosión pluvial (Mg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>); R: erosión pluvial o erodabilidad del aguacero (J.cm.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>); K: erodabilidad del suelo; LS evalúa las pendientes (longitud y gradiente); C: ordenación de cultivos; P control de la erosión mediante prácticas de cultivo. La cobertura que conforman los parámetros C y P se determinó usando el EVI. Una vez obtenidos los valores mensuales de EVI se reclasificó en rangos para su conformación cartográfica.

Luego, se realizó una tabulación cruzada entre mapas EVI y los mapas de erosionabilidad pluvial, erodabilidad del suelo y topográfico, dando, un carácter mensual y de variación espacial.

## Resultados

Los valores que adopta EVI determinan: cuando son 0 o menores presenta errores de la imagen por nubosidad. Mayores a 0 están asociados a presencia de vegetación, considerando que entre 0 y 0,2 la vegetación se encuentra en estrés hídrico o estado crítico. Mientras que cuando varía entre 0,2 y 1 la vegetación está en estado de estrés hídrico decreciente, siendo el 1 la mejor situación de la cobertura vegetal. Entre abril y noviembre el EVI se percibe entre 0 y 0,3, coincidiendo con lo meses con menor precipitación permitiendo concluir que la falta de humedad del suelo expone a la vegetación a estados de estrés. A la vez, debe considerarse que la cantidad de vegetación es menor, o su nivel de crecimiento aún no se encuentra en alto desarrollo. La Fig. 2 presenta algunos de los mapas obtenidos.

Figura 2.



Luego se realizó una tabulación cruzada para cada mes de EVI y de la erosión hídrica potencial (Tabla 1). Se diferenciaron 4 rangos para el EVI y 4 para la erosión potencial. Estos se suman y definen rangos según color.

Tabla 1

EVI	Rango	Adoptado	KRLS - Erosión hídrica potencial			
			Nula/leve	Moderada	Alta	Muy Alta
Estrés hídrico	<0,2	1	10	20	30	40
Máximo	0,2 - 0,4	2	11	21	31	41
Alto	0,4 - 0,6	3	12	22	32	42
Moderado	0,6 - 0,8	4	13	23	33	43
Leve/Nulo	>0,8	5	14	24	34	44

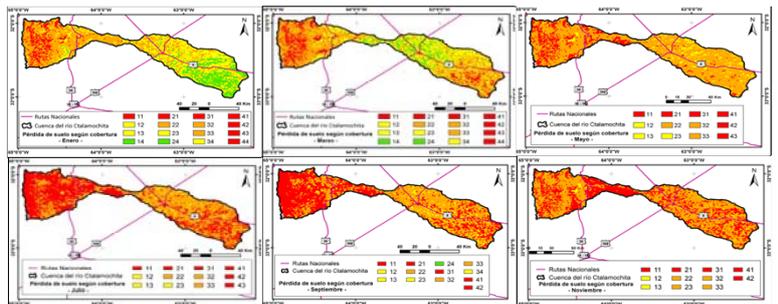
Los sectores en color rojo 11, 21, 31 y 41, representan suelo prácticamente desnudo, en los sectores 42, 43 y 44 la pérdida del suelo es muy alta, hay buena cobertura vegetal del suelo, pero esto no impide su erosión. Las zonas anaranjadas presentan una erosión hídrica potencial alta. En amarillo son los sectores donde la erosión potencial es moderada. Los sectores donde la pérdida de suelos es nula o leve son en color verde.

Tabla 2

Mes	Porcentaje de ocupación			
	Rojo	Naranja	Amarillo	Verde
Enero	8,80	43,37	32,14	15,68
Febrero	10,84	25,16	30,42	33,58
Marzo	13,07	50,03	27,36	9,56
Abril	31,89	52,92	15,08	0,11
Mayo	15,64	77,08	7,28	0,00
Junio	24,75	71,37	3,88	0,00
Julio	47,35	49,38	3,27	0,00
Agosto	53,92	40,46	5,37	0,24
Septiembre	45,32	48,16	6,38	0,14
Octubre	41,40	53,86	4,64	0,10
Noviembre	37,41	59,59	2,99	0,00
Diciembre	9,67	59,91	24,68	5,74

Durante los meses de verano, el porcentaje de sectores en **rojo** es mucho menor que durante el resto del año, a la vez los sectores en **verde** ocupan una mayor superficie. Mientras que, la superficie ocupada por sectores en **amarillo** disminuye mucho entre mayo y noviembre, comportamiento similar al de la superficie ocupada por el sector verde. Sin embargo, la superficie ocupada por color **naranja**, exceptuando en el mes de febrero, siempre representa más del 40 % del total de la cuenca (Tabla 2, Figura 3).

Figura 3.



## Conclusiones

A partir del análisis conjunto de la erosión potencial y el estado de la vegetación con un paso mensual, USLE-EVI, se evidenció el comportamiento estacional de la pérdida potencial de suelo. Entre los meses de diciembre y marzo, con los valores de EVI más altos, la cuenca presenta una gran cantidad de zonas con nula-leve y moderada erosión hídrica. Mientras que, para los meses de julio a septiembre, cuando el EVI se hace mínimo, casi la totalidad de la cuenca presenta una pérdida de suelos máxima.