ID de la contribución : **39** Tipo : **no especificado**

Aplicación de TIG para la estimación del Factor C en la cuenca alta del Arroyo Napostá Grande, Buenos Aires

Palabras clave: Factor C – TIG – Erosión hídrica– NDVI – Sentinel 2

Introducción

El escurrimiento superficial generado por las precipitaciones, es un tema de gran importancia desde el punto de vista ambiental, esto se debe a que el agua posee la capacidad de transformación del suelo, el cual es un recurso no renovable y sostén de numerosas actividades productivas para la agricultura y desarrollo industrial (Strahler, 1964). Cuando se habla de erosión hídrica se puede definir como la desagregación, transporte y sedimentación de las partículas del suelo por las gotas de lluvia y el escurrimiento superficial. Su magnitud puede verse afectada por factores climáticos, tipo de suelo, cobertura vegetal, topografía y actividades que se realizan. Para estimar este proceso y cuantificar estos factores se utiliza la ecuación RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation). En el caso del factor C (cobertura del suelo) el uso del suelo y su cobertura son determinantes en el resultado. En especial, la vegetación que actúa como cubierta protectora, estableciéndose como un buffer entre el suelo y la atmósfera (Morgan, 2005). Como regla general, su efectividad para reducir la erosión de impacto depende directamente de la altura y continuidad de la copa de los árboles, así como la densidad de la cobertura superficial (pastos, hierbas y arbustos). Sin embargo, no todos los autores lo estiman de la misma manera. Por este motivo, el objetivo de este trabajo es presentar la metodología utilizada para la obtención del factor c de forma indirecta mediante la aplicación de TIG.

Área de estudio

La cuenca alta del arroyo Napostá Grande, se encuentra en la vertiente suroccidental del Sistema de Ventania en el suroeste de la provincia de Buenos Aires, cubre una superficie aproximada de 250 km2 e incluye al Ao. del Águila y el Ao. Napostá Grande (Fig. 1). Este último nace en proximidades al cerro Tres Picos (1234 m) y Napostá (1180 m). Si bien el área serrana es pequeña respecto a la superficie total de la cuenca, las fuertes pendientes topográficas y los materiales coluviales del piedemonte ejercen una notable influencia sobre el comportamiento del escurrimiento superficial y subterráneo, conformando la principal área generadora de crecidas y de recarga de los acuíferos de la región (Carrica, 1998).
Es una zona climática templada seca-sub-húmeda donde la variabilidad temporal (interanual, anual, estacional) y espacial de las precipitaciones es elevada (Casado y Picone, 2018; Gil, 2010). La sucesión de ciclos húmedos y secos se manifiesta en las variaciones interanuales de los montos de precipitación y provoca registros extremos como en 1946 con un máximo de 1285 mm y en 1990 con un mínimo de 315,5 mm. Cabe señalar que, en este ámbito serrano, la precipitación media anual es de 610 mm con máximos superiores a los 1000 mm y mínimos que logran superar los 300 mm (Gil y Campo, 2000).

Figura 1
Área de estudio

La cobertura vegetal es otro elemento biogeográfico de gran importancia ya que actúa como agente de protección del suelo, favorece la infiltración e intercepta y amortigua la energía de las gotas de lluvia (Romero Díaz, 1989). La vegetación nativa predominante es la estepa graminosa mientras que la vegetación herbácea varía según la altitud y las condiciones de pendiente y exposición en que se encuentran las laderas (Cabrera 1976; Frangi y Barrera 1996). En cuanto a las actividades económicas, el desarrollo de agricultura (principalmente cultivo de cereales) y ganadería (cría de bovinos) definen el perfil productivo de la región, donde se trabaja

mayoritariamente el cultivo de cosecha fina a través de la siembra de trigo (50.000 ha de siembra) y en menor medida cebada (10.000 ha). (Ing. M. E. Antonelli (BCPBB), comunicación personal, 11 de octubre de 2016).

Metodología

Frente a la dificultad de obtención de usos y cobertura de suelo para el área de estudio en vez de recurrir a la tabla de tipo de vegetación o cultivo de los valores en factor C (Wischmeier, 1978) se tomó como metodología el uso de sensores remotos como medio de aproximación. En la Figura 2 se detalla la metodología de cálculo indirecto del factor C. Se utilizaron datos grillados de precipitación para determinar los períodos secos y húmedos mediante de la herramienta de evaluación de sequía (Standard Precipitation Index-SPI). Una vez identificados los períodos se acota el período de tiempo para la creación de la base de datos de imágenes Sentinel 2 (https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/) Con estas se calcula el NDVI y se generan la cartografía temática que se tornan la base para estimar el factor C. Todo este procedimiento se realiza a través de los SIG.
Figura 2
Diagrama de flujo que resume la metodología utilizada para obtener el factor C

En el caso del NDVI (Ecuación 1), es un indicador ampliamente utilizado del vigor de la vegetación verde mediante el cálculo de diferencia del rango espectral entre las bandas roja e infrarroja cercana de la imagen de satélite (Tucker, 1979) y va un rango de 1- a +1, con los valores más altos atribuidos a áreas con mayor cobertura vegetal donde NIR es luz infrarroja cercana y Red es luz roja visible.
NDVI = (NIR-Red) / (NIR + Red) (1)
La Ecuación 2 indica las bandas utilizadas para el cálculo del NDVI para el área del estudio para el período 2015 - 2021.
NDVI = (B8 – B4) / (B8 + B4) (2)
Los valores negativos corresponden a áreas con superficies de agua, estructuras artificiales, rocas, nubes, nieve; el suelo desnudo generalmente cae dentro del rango de 0.1 a 0.2; y las plantas siempre tendrán valores positivos entre 0.2 y 1. El dosel de vegetación sano y denso debería estar por encima de 0.5, y la vegetación dispersa probablemente caerá dentro de 0.2 a 0.5. Sin embargo, es solo una regla general y siempre debe tener en cuenta la temporada, el tipo de planta y las peculiaridades regionales para saber exactamente qué significan los valores de NDVI.
Por lo general, el NDVI se correlaciona directamente con el factor C por una regresión exponencial (Van der Knijff, Jones y Montanarella, 1999). Para la obtención del factor C, se utilizará la Ecuación 3 propuesta por Van der Knijff et al. (1999). Los factores α y β son parámetros que están relacionado con la forma de la curva asociada al NDVI, son los valores 2 y 1 respectivamente.
□□= □[−□□□□□(□−□□□□)] (3)
Ruiz y Pacheco (2020) concluye que la Ecuación 3 presenta un mejor ajuste para épocas secas. Por este motivo, para el correcto uso, se calcula en el área de estudio los periodos secos mediante el uso del índice normalizado de precipitaciones (SPI) desarrollado por McKee Doesken, y Kleist (1993). El mismo, es un indicador del estado de sequía de un lugar y permite el monitoreo y análisis de zonas donde el uso del recurso hídrico es relevante. En este caso, se focalizará la atención en el SPI 3 para el período 1992-2020.

Resultados

La ciclicidad de los períodos secos y húmedos ha sido estudiada para la región del suroeste bonaerense por varios autores a través del SPI (Casado y Campo 2019). Los períodos secos se definen como los meses consecutivos donde el valor SPI 3 es menor a -1 y este evento finaliza cuando el SPI 3 alcanza valores positivos. Con este criterio se obtuvieron 4períodos secos tomando en cuenta las imágenes disponibles del satélite Sentinel 2 el cual va desde el año 2015 hasta 2020.
A partir de estas fechas P1 (enero a marzo 2017), P2 (noviembre a julio 2018), P3 (de marzo a julio 2019) y P4 (de septiembre 2019 a enero 2020) se descargaron 5 imágenes Sentinel 2. Para cada imagen se calculó el NDVI (Ecuación 2) y luego el promedio representado en el mapa de la Figura 3. Los valores de NDVI entre 0,4 y 0,6 representan áreas de una densidad de vegetación alta. Los mayores valores están ubicados alrededor de los márgenes del arroyo Napostá Grande y Águila (0,6 y 1) y el resto de la zona está clasificada como vegetación ligera ya que toma valores entre 0,10 - 0,40.
El factor C que se obtiene desde las tablas de Whischmeier y Smith (1978) para suelo desnudo la media anual es de 1, para zona de pasturas 0,025 de valor máximo, para cultivos de maíz con laboreo convencional valores máximos de 0,55, Trigo entre 0,10 y 040. Almagro et al. (2019) realizó la comparación del factor C con los valores tabulados y estimó el factor C mediante la Ecuación 3 y concluye que tiende a sobreestimar los valores de suelos desnudos. Esto se debe a que la formula depende del valor del NDVI el cual depende estrictamente de la biomasa espectral la cual capta los sensores de los satélites. Una gran ventaja del mapeo mediante esta herramienta es que puede proporcionar información adecuada para mejorar el modelado espacial y temporal de la erosión del suelo.
Olivera et al. (2015) remarca que este tipo de método indirecto puede generar incertidumbres respecto a las predicciones de la erosión del suelo, aunque es muy práctico utilizarlo por su facilidad de adquisición de los datos.

Figura 3.

Promedio NVDI en épocas secas entre noviembre 2016 y 2020 para la cuenca alta del arroyo Napostá Grande

Figura 4.
Factor C a partir de NDVI para la cuenca alta del arroyo Napostá Grande

En la Figura 4 se puede observar que los menores valores (representados de color verde oscuro) de C indican una mayor cobertura vegetal y vegetación más densa correspondiente con sectores cercanos a los arroyos y en sectores en donde hay actividad agrícola la mayor parte del año. Por otro lado, los colores más claros/marrones indican una densidad de la cobertura vegetal menor, siendo más escasa y en ciertos casos (llegando a las zonas de las sierras, suelo desnudo).
Al realizar una comparación con la estimación del factor C para la República Argentina en el trabajo de Gaitán et al. (2017) cuyo valor es de 0,102 para cualquier cultivo en general (soja, trigo, maíz) se puede observar la diferencia de los valores en la categoría de cultivos y pastizal en el área de estudio. Los valores del factor C obtenidos para zonas de cultivo rondan entre 0 – 0,250 y para pastizales o suelos en el orden de 0,35. Esta diferencia se debe a que la escala de aplicación es local y en este caso a nivel de cuenca hídrica. Con lo cual, el factor C calculado se puede utilizar como un modelo base donde la incidencia de la erosión hídrica para la cuenca seria mayor a la real utilizando otros métodos de estimación, dando un modelo de erosión actual mayor al que realmente sería.

Conclusiones

Frente a la dificultad que significa la obtención o la generación de un mapa de usos de suelos y su constante actualización a través del tiempo, el recurrir a estimaciones indirectas mediante TIG permite la generación de herramientas de cálculo rápidas y efectivas para su aplicación a diferentes ámbitos. Para el cálculo del Factor C mediante el NDVI se debería considerar la zona climática y la toma de puntos de muestreo in situ para su validación. Estos son necesarios ya que, este método al depender del NDVI la masa de cobertura vegetal es la que establece el valor del factor C y este puede fluctuar y sobreestimar los resultados. Si se lo utiliza de insumo para la ecuación RUSLE, este generaría valores finales de erosión hídrica mayores de la que realmente existe.

Referencias

Almagro, A. Thomé, T. C., Colman, C. B., Pereira, B. R., Marcato Junior, J., Bicca Rodrigues, D. B. Sanches oliviera, P. T. (2019). Improving cover and management factor (C-factor) estimation using remote sensing approaches for tropical regions. International Soil and Water Conservation Research 7. 325 - 334pp. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2019.08.005.
Cabrera, M. (1976). Territorios fitogeográficos de la República Argentina. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, Tomo II, Fascículo 1, Editorial Acme SACI, Buenos Aires, 90 pp.
Carrica, J. (1998). Hidrogeología de la cuenca del Arroyo Napostá Grande, Provincia de. Buenos Aires (Tesis doctoral). Departamento de Geología. Universidad Nacional del Sur.
Casado, A. y Campo, A. M. (2019). Extremos hidroclimáticos y recursos hídricos: estado de conocimiento en el suroeste bonaerense, Argentina. Cuadernos Geográficos, v. 58, n. 1, p. 6-26.
Casado, A. y Picone, N. (2018). Aplicabilidad de los datos grillados para el análisis espaciotemporal de las precipitaciones, provincia de Buenos Aires (Argentina). Párrafos Geográficos, v.17, n.1, p. 46-62.
Frangi, J.L. y Barrera, M.D. (1996). Biodiversidad y dinámica de los pastizales en la Sierra de la Ventana, Provincia de Buenos Aires. Pp. 134 - 162. En: G Sarmiento & M Cabildo (ed.). Biodiversidad y funcionamiento de pastizales y sabanas en América Latina. Mérida: Cyted y Cielat.
Gaitán, J.; Navarro, M.F.; Tenti Vuegen, L.; Pizarro, M.J.; Carfagno, P. y Rigo, S. (2017). Estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en la República Argentina. Buenos Aires: Ediciones INTA.
Gil, V. y Campo, A. (2000). Cuenca del Arroyo del Oro: Características hidrográficas y los efectos sobre la población. En Actas III Jornadas de Geografía Física, Universidad del Litoral. 153-159 pp.
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.
Mc Kee, T., Doesken, N. y Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology, p. 17-22. Anaheim: American Meteorological Society.
Morgan, R.P.C. (2005). Soil erosion and conservation. National Soil Resources Institute. Cranfield University. Blackwell Science Ltd. Oxford, UK. 304 p.
Oliveira, P. T. S., Rodrigues, D. B. B., Alves Sobrinho, T., Carvalho Borrelli, P., Meusburger, K., Ballabio, C., Panagos, P., Alewell, C. (2018). Object oriented soil erosion modelling: A possible paradigm shift from potential to actual risk assessments in agricultural environments. Land Degradation y Development, 29, 1270e1281. https://doi.org/10.1002/ldr.2898.
Renard, K.G., G.R. Foster, G.A. Weesies, D.K. McCool, y D.C. Yoder. (1997). Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Agricultural Hand-

book N°. 703. Washington D.C: U.S. Department of Agriculture.
Romero Diaz, M.A. (1989). Las cuencas de los ríos Castril y Guardal (cabecera del Guadalquivir). Estudio Hidrogeomorfológico. EXCMO, Ayuntamiento de Huéscar (Granada). Universidad de Murcia. 285 pp.
Ruiz Vélez, A. C. y Pacheco Gil, H. A. (2020). RUSLE Factor C estimation in the Lodana River micro-basin using Sentinel 2 satellite images. Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia. Volumen Especial, 2020, No. 2, 69-75
Strahler, A. N. (1964). Geografía Física. Barcelona: Omega.
Tucker, C. J. (1979). Red and Photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment, 8, 127e150
Van der Knijff, J., Jones, R., y Montanarella, L. (1999). Soil erosion risk assessment in Italy. European Soil Boreau, Scape Applications Institute. Recuperado de http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.397.2309&rep=rep1&type=
Wischmeier, W. H. y Smith, D.D. (1978). Predicting rainfall losses: A guide to conservation planning. Agricultural Handbook (537). Washington D.C.

Primary author(s) : Mr BERON DE LA PUENTE, Federico Javier (Departamento de Geografia y Turismo. Universidad Nacional del Sur); Dr GIL, Verónica (Departamento de Geografia y Turismo. Universidad Nacional del Sur- CONICET)

Presenter(s) : Mr BERON DE LA PUENTE, Federico Javier (Departamento de Geografia y Turismo. Universidad Nacional del Sur); Dr GIL, Verónica (Departamento de Geografia y Turismo. Universidad Nacional del Sur-CONICET)

Clasificación de la sesión : E-3. TIG aplicada a procesos físico-ambientales

Clasificación de temáticas : E-3. TIG aplicada a procesos físico-ambientales