



ID de la contribución : 46

Tipo : no especificado

Determinación del factor de longitud y gradiente de la pendiente en una microcuenca agrícola mediante Sistemas de Información Geográfica

Palabras clave: factor LS, erosión hídrica, Sistemas de Información Geográfica

Introducción

La erosión hídrica es un proceso de degradación que afecta a las tierras argentinas: actualmente 64,6 millones de hectáreas se encuentran afectadas por este proceso (Casas, 2015). En la provincia de Buenos Aires los sectores norte, centro y sudeste y centro y sudoeste son susceptibles a este tipo de erosión (Colazo, Carfagno, Gvozdenovich, & Buschiazzo, 2019).

Los modelos matemáticos constituyen herramientas útiles para comprender los procesos de erosión y su impacto en un área determinada. Dentro de ellos, los modelos empíricos son los más simples, pero suelen ser cuestionados por ignorar la heterogeneidad de las entradas a la cuenca como la precipitación, o algunas características como los tipos de suelos. No obstante, la escasa información meteorológica o edáfica existente dificulta la implementación de modelos más complejos (Merritt, Letcher, & Jakeman, 2003). La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Modificada (MUSLE) (Williams & Berndt, 1977) es una variante de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) (Wischmeier & Smith, 1978). A diferencia de esta última, la MUSLE contempla el efecto del escurrimiento para la estimación de la pérdida de suelo mediante un factor específico que reemplaza el factor de erosividad de las precipitaciones de la USLE. Este modelo ha sido implementado en cuencas de diferentes regiones en el mundo (Besteiro & Gaspari, 2012; Gwapedza, Nyamela, Hughes, Slaught-ter, Mantel, & van der Waal, 2021; Pandey, Chowdary & Mal, 2009), y se expresa mediante la ecuación (1):

$$Y=11,8(Qqp)^{0,56} \times K \times LS \times C \times P \quad (1)$$

Donde: Y= Rendimiento de sedimento en la cuenca (T)

Q= escurrimiento superficial (m³)

qp= caudal pico (m³ s⁻¹)

K= factor de erodabilidad del suelo (T ha h (ha MJ mm)⁻¹)

LS= factor de longitud e inclinación de la pendiente

C= factor de cobertura y manejo

P= factor de prácticas de manejo

El factor LS considera el efecto de la topografía en la erosión. Al incrementarse la longitud y el gradiente de la pendiente aumentan la velocidad y el volumen de escurrimiento capaz desprender y transportar partículas de suelo en el proceso erosivo (Morgan, 2005). El cálculo de este factor a través de sistemas de información geográfica (SIG) mejora las estimaciones de pérdida de suelo por parte de este modelo (Sadeghi, Gholami, Khaledi Darvishan, & Saeidi, 2014). Este trabajo presenta la metodología desarrollada para el cálculo del factor LS mediante SIG y los resultados obtenidos en una microcuenca bajo uso agrícola.

Materiales y métodos

El cálculo del factor LS de la MUSLE se implementó en una microcuenca de la cuenca del arroyo Videla, situada en la zona serrana del Sistema de Tandilia (provincia de Buenos Aires, Argentina), cuya superficie es de 566 ha y donde, dada la alta productividad de sus tierras, tienen lugar actividades agrícolas.

Se emplearon las ecuaciones citadas por Gaspari, Senisterra, Delgado, Rodríguez Vagaría y Besteiro (2009), correspondientes a modificaciones de la ecuación establecida por Wischmeier y Smith (1978). Estas contemplan de manera diferenciada el efecto de las pendientes relativamente bajas (menores que 9%) y relativamente altas (mayores que 9%), en la erosión (McCool, Brown, Foster, Mutchler, & Meyer, 1987):

$$LS=(\lambda/22,1)^{0,3} \times ((0,43+0,3 \times S+0,043 \times S^2)/6,613) \text{ para pendientes } <9\% \quad (2)$$

$$LS=(\lambda/22,1)^{0,3} \times (s/9)^{1,3} \text{ para pendientes } >9\% \quad (3)$$

$$\lambda = (0,5 \times A) / LTC \quad (4)$$

Donde: LS= factor de longitud e inclinación de la pendiente

λ = longitud de la pendiente

s= pendiente, expresada en porcentaje

A= área del sector delimitado

LTC= longitud total de los cursos que drenan por el área delimitada

Para el cálculo de este factor se implementaron diferentes rutinas de los SIG Ilwis 3.6 e Idrisi Kilimanjaro. En primer lugar, se procesó la información topográfica contenida en las cartas del Instituto Geográfico Nacional, hojas 3760-22-1 "Base Azopardo" y 3760-22-3 "Chillar": se digitalizaron las curvas de nivel, se interpolaron y se obtuvo el modelo de elevación digital del terreno (DEM). A partir de éste se delimitó la microcuenca bajo estudio, para lo cual se aplicaron rutinas previas de hidro-procesamiento que involucraron la identificación de la dirección y la acumulación del flujo, la extracción de la red de drenaje y la identificación de los órdenes de los cursos de agua. Asimismo, con la información del DEM se elaboró el mapa de pendientes.

Con la finalidad de contemplar diferencias en cuanto a las pendientes y sus longitudes, y de acuerdo con las características físicas de la microcuenca, se la subdividió en 3 áreas: superior, media e inferior. Para cada una se calculó la longitud total de las vaguadas. En este caso, se consideraron incluidos dentro de las vías de escurrimiento a aquellos sectores que como mínimo recibieran el drenaje de 200 píxeles, lo que representaba adecuadamente las redes de drenaje permanentes y temporarias del área, según el conocimiento de campo. La longitud total de las vaguadas se relacionó con la superficie de cada subcuenca considerada según la Ecuación (4), y se obtuvieron los valores de longitud de la pendiente.

Luego, de cada área se extrajeron los sectores de pendientes menores y mayores que 9%, para lo cual se reclasificaron los mapas de pendientes y se elaboraron máscaras con valores 0 y 1. Se calcularon las pendientes medias correspondientes a cada una de las zonas diferenciadas y se asociaron, junto con los valores de λ , a las Ecuaciones (2) y (3). Los valores de LS resultantes se ponderaron por las áreas que ocupaban dentro de los sectores de pendientes delimitados, se vincularon a la superficie total de la microcuenca, y así se obtuvo finalmente el valor ponderado de este factor para el cálculo de la producción de sedimentos a través de MUSLE. La Figura 1 muestra un esquema de la metodología implementada para el cálculo de este factor.

Figura 1. Esquema de la metodología implementada para el cálculo del factor de longitud y gradiente de la pendiente (LS) de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Modificada.

Resultados y discusión

La Figura 2 muestra el modelo de elevación digital de la microcuenca y los sectores superior, medio e inferior. Las mayores altitudes se encuentran en los sectores superior y medio de la microcuenca, con máximo de 285 m s. n. m. Asimismo, la información del DEM fue empleada para la extracción de la red de drenaje (Figura 3) y para la elaboración del mapa de las pendientes de la microcuenca (Figura 4). La longitud total de las vías de escurrimiento calculada fue de 10,1 km, 5,3 km y 4,8 km para el sector superior, medio e inferior de la cuenca, respectivamente. El área superior posee la menor pendiente promedio, de 2,3%, mientras que en el área media e inferior las pendientes medias son algo mayores, de 3,7 y 3,6%, respectivamente. Los datos de pendiente y de la red de drenaje se procesaron para obtener los valores correspondientes para el cálculo del factor LS (Tabla 1). Las superficies con pendientes superiores al 9% en los tres sectores son, en general, reducidas. La mayor superficie se encuentra en la subcuenca media, con la pendiente promedio menor, de 9,4%. Los valores de LS para los sectores inferior y medio de la cuenca fueron coincidentes en las áreas de pendiente mayor y menor que 9%. El sector superior de la cuenca presentó los valores extremos en cuanto al factor LS, pero con fuerte representatividad de los valores de LS bajos, debido a que sólo en una hectárea de ese sector se encuentran las pendientes máximas, y por lo tanto, el máximo LS.

Figura 2. Modelo de elevación digital del terreno de la microcuenca bajo estudio. Elevación expresada en metros sobre el nivel del mar. Áreas de subdivisión de la microcuenca de acuerdo con sus características físicas: a: sector superior; b: sector medio; c: sector inferior.

Figura 3. Red de drenaje de la microcuenca en sectores superior (a), medio (b) e inferior (c).

Figura 4. Mapa de pendientes correspondiente a la microcuenca bajo estudio. Valores expresados en porcentaje.

Finalmente, el valor del factor LS ponderado para la microcuenca fue de 0,45. Este valor resultó más alto que el de cuencas de áreas de planicie, como la estudiada por Besteiro y Gaspari (2012) en el noreste de la región Pampeana, pero más bajo que el obtenido en subcuencas serranas del sudoeste bonaerense por Delgado, Gaspari, y Kruse (2015), cuyas pendientes, en ciertos casos, superaban el 20%. En ambas regiones se implementaron metodologías de cálculo comparables a la desarrollada en este trabajo, y los valores de LS resultaron entre 0,032 y 0,082 en la cuenca de planicie, mientras que los correspondientes al área serrana estuvieron entre 1,51 y 5,24.

Tabla 1. Pendiente promedio, área, longitud de la pendiente (λ) y valor de LS para las áreas de pendientes menores y mayores que 9% considerando sectores superior, medio e inferior de la microcuenca bajo estudio

Conclusiones

La aplicación de diferentes rutinas provistas por los SIG sobre un mapa básico de curvas de nivel permitió determinar el factor LS involucrado en un modelo de erosión hídrica. La metodología propuesta, mediada por esta tecnología específica, posibilitó contemplar la variabilidad espacial de la topografía en una microcuenca agrícola y, por consiguiente, obtener valores del factor LS que reflejan el gradiente de las pendientes en los diferentes sectores bajo estudio.

Bibliografía

- Besteiro, S. I., & Gaspari, F. J. (2012). Modelización de la emisión de sedimentos en una cuenca con forestaciones del Noreste Pampeano. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 44(1), 111-127.
- Casas, R. (2015) La erosión del suelo en Argentina. En: R. Casas & G. Albarracín G (Eds.), *El deterioro del suelo y del ambiente en la Argentina* (pp. 433–452). Buenos Aires: Prosa.
- Colazo, J. C., Carfagno, P., Gvozdenovich, J., & Buschiazzo, D. (2019). Soil erosion. En: G. Rubio, R. Lavado & F.X. Pereyra (Eds.), *The Soils of Argentina* (pp. 239-250). Cham: Springer International Publishing .
- Delgado, M. I., Gaspari, F. J., & Kruse, E. E. (2015). Land use changes and sediment yield on a hilly watershed in Central-East Argentina. *Soil and Water Research*, 10, 189–197.
- Gaspari, F.J., G.E. Senisterra, M.I. Delgado, A.M. Rodríguez Vagaría & S.M. Besteiro. 2009. *Manual de Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas*. 1ª Edición, La Plata, 321 pp.
- Gaspari, F. J., Senisterra, G. E., Delgado, M. I., Rodríguez Vagaría, A., & Besteiro, S. (2009). *Manual de manejo integral de cuencas hidrográficas*. Argentina: Universidad Nacional de La Plata.
- Gwapedza, D., Nyamela, N., Hughes, D. A., Slaughter, A. R., Mantel, S. K., & van der Waal, B. (2021). Prediction of sediment yield of the Inxu River catchment (South Africa) using the MUSLE. *International Soil and Water Conservation Research*, 9(1), 37-48.
- McCool, D. K., Brown, L. C., Foster, G. R., Mutchler, C. K., & Meyer, L. D. (1987). Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. *Transactions of the ASAE*, 30(5), 1387-1396.
- Merritt, W. S., Letcher, R. A., & Jakeman, A. J. (2003). A review of erosion and sediment transport models. *Environmental modelling & software*, 18(8-9), 761-799.
- Morgan, R. P. C. (2005). *Soil erosion and conservation* (3rd ed.). Oxford, Reino Unido: Blackwell Publishing.
- Pandey, A., Chowdary, V. M., & Mal, B. C. (2009). Sediment yield modelling of an agricultural watershed using MUSLE, remote sensing and GIS. *Paddy and Water Environment*, 7(2), 105-113.
- Sadeghi, S. H. R., Gholami, L., Khaledi Darvishan, A., & Saeidi, P. (2014). A review of the application of the MUSLE model worldwide. *Hydrological Sciences Journal*, 59(2), 365-375.
- Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. Handbook No. 537. Science and Education Administration, United States Department of Agriculture.
- Williams, J. R., & Berndt, H. D. (1977). Sediment yield prediction based on watershed hydrology. *Transactions of the ASAE*, 20(6), 1100-1104.

Primary author(s) : Dr ARES, María Guadalupe (Consejo Nacional de Actividades Científicas y Técnicas; Instituto de Hidrología de Llanuras "Dr Eduardo Jorge Usunoff"; Facultad de Ingeniería UNCPBA); Dr ENTRAIGAS, Ilda (Instituto de Hidrología de Llanuras "Dr Eduardo Jorge Usunoff"); Dr VARNI, Marcelo (Instituto de Hidrología de Llanuras "Dr Eduardo Jorge Usunoff"); Dr CHAGAS, Celio (Facultad de Agronomía UBA)

Presenter(s) : Dr ARES, María Guadalupe (Consejo Nacional de Actividades Científicas y Técnicas; Instituto de Hidrología de Llanuras "Dr Eduardo Jorge Usunoff"; Facultad de Ingeniería UNCPBA)

Clasificación de la sesión : E-2. Modelización espacio-temporal

Clasificación de temáticas : E-2. Modelización espacio-temporal