

APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA DIGITAL PARA EL DISEÑO DE PRÁCTICAS DE CONTROL DE EROSIÓN HÍDRICA

Micheloud, Elisabet¹

¹Facultad de Ciencias Agrarias - UNL

Director: Martel, Ramiro

Codirector: Camussi, Germán

Área: Ingeniería

INTRODUCCIÓN

El mal uso y manejo de los suelos, que produce una alteración de la estructura y remoción de la cobertura vegetal, aumenta la susceptibilidad de sufrir procesos erosivos. La erosión hídrica es la remoción, transporte y sedimentación de material del suelo, provocado por las precipitaciones y el escurrimiento acompañante (Apezteguía y col., 1997). Según Cisneros y col. (2012) los principales agentes causantes de la erosión hídrica son la energía cinética de las precipitaciones y el agua que circula por la superficie, que con una cierta velocidad crítica desprende y pone en movimiento a las partículas del suelo. Para prevenir y controlar este proceso es inevitable el uso de prácticas de manejo conservacionistas culturales y/o estructurales, que se aplicarán en función del potencial erosivo.

Para caracterizar el movimiento del flujo de agua en un lote y diseñar las prácticas de control, el uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG) permite contar con herramientas para el análisis hidrográfico y topográfico, a partir tanto de un relevamiento planialtimétrico a campo como de un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) generado con imágenes de radar. De este modo es factible obtener curvas de nivel, mapa de pendientes, dirección y flujo acumulado, entre otros, en poco tiempo y a bajo costo; que facilitan la toma de decisiones y el diseño de obras necesarias. Un modelo muy utilizado para estimar la pérdida de suelo por erosión hídrica es la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (EUPS o USLE, por sus siglas en inglés) del Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de Estados Unidos (Cisneros y col., 2012). Éste es un modelo empírico desarrollado a partir relaciones estadísticas con una gran base de datos experimentales. Según la FAO (1994) hasta el año 1994 el 9 % de la superficie de la provincia de Santa Fe estaba afectada por la erosión hídrica, localizada principalmente en las adyacencias de arroyos y ríos, y en áreas de relieve ondulado con pluviosidad importante, impactando en terrenos de gran valor productivo.

OBJETIVO

Evaluar y cuantificar el proceso de erosión hídrica en un campo de la región noreste de la provincia de Santa Fe, utilizando técnicas no convencionales para diseñar y adoptar las prácticas de control que correspondan según metodología de la EUPS.

METODOLOGÍA

Se realizaron actividades a campo en un establecimiento ubicado 8 Km al sur de la localidad La Sarita, departamento General Obligado, provincia de Santa Fe (29° 2' 18,02" de latitud Sur y 59°

Trabajo Final de Graduación - Práctica Profesional Agronómica: "Control de erosión hídrica en un campo de la región noreste de la provincia de Santa Fe"

Facultad de Ciencias Agrarias - UNL

Director: Martel, Ramiro.

Fecha de defensa: 29 de septiembre de 2017.

51' 58,99" de longitud Oeste). En el lote se hizo el relevamiento planialtimétrico con una Estación Total Pentax RN-315 tomando puntos cada 40 metros. A partir de dicho relevamiento y con el uso del software QGIS y sus herramientas de análisis de superficie, en gabinete se confeccionó el MDE con píxeles de 2 m x 2 m. Además, se utilizó el MDE del SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) con resolución de 90 m x 90 m de píxel para estimar el área de aporte de agua superficial desde los campos ubicados aguas arriba y, para relevar una parte del lote donde las pendientes, al ser menores, no justificaban hacer mediciones con la Estación Total. Se identificaron y analizaron los componentes hidrográficos con las herramientas de hidrología del QGIS y también se utilizó este programa para realizar el diseño de las terrazas. Para cuantificar la pérdida de suelo del lote se utilizó la EUPS, ecuación (1).

$$A = R * K * L * S * C * P \quad (1)$$

Donde: A= Pérdida anual de suelo en Mg.ha⁻¹.año⁻¹; R= Factor de erosividad por la precipitación; K= Factor de erodabilidad del suelo; L= Factor de longitud de la pendiente; S= Factor de gradiente de pendiente; C= Factor de manejo de cosechas; P= Factor del método de control de erosión. Se realizaron los cálculos de los caudales pico (Qp) de los canales, mediante el Método Racional (Cisneros y col., 2012), con la ecuación (2).

$$Qp = C * I * A / 360 \quad (2)$$

Dónde: Qp (m³.seg⁻¹) es el caudal pico; C es un coeficiente adimensional de escurrimiento; I (mm.hs⁻¹) es la intensidad de precipitaciones de diseño; A (ha) es la superficie de la cuenca.

Como la tormenta de diseño se estima a partir de conocer las lluvias críticas y la forma en que se manifiestan comúnmente sobre la región, es necesario determinar sus características: intensidad (I), duración (D) y frecuencia de ocurrencia (F), estas se relacionan por las curvas IDF, que permiten seleccionar la I de diseño para una D y F adecuadas al sitio y magnitud de la obra. Con el Método de Curva Número del Servicio de Conservación de Suelos de EUA (Scotta y col., 1989) se calculó la duración de la tormenta (D). A partir de D se obtuvo I de las Curvas IDF del Área Metropolitana del Gran Resistencia desarrolladas por Depettris y col. (2006) que son las curvas más cercanas al campo en estudio.

Para obtener las áreas de aporte (A) se utilizó el QGIS. El coeficiente C utilizado es para características de la superficie de áreas no desarrolladas, con una cubierta de cultivos y relieve plano entre 0 y 2%, para un período de retorno de 5 años (Cisneros y col., 2012).

En cuanto al diseño de canales, se siguió la metodología descrita por Scotta y col. (1989) en el Manual de Sistematización de Tierras para Control de Erosión Hídrica y Aguas Superficiales Excedentes. Además se utilizó el Método de Continuidad para diseñar un dissipador de energía.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Con los datos del relevamiento y por medio del QGIS se hizo el análisis hidrográfico, se obtuvo el flujo acumulado que es un ráster que indica en dónde se acumula la mayor cantidad de flujo de agua y el sentido de la escorrentía. La mayor acumulación coincide con la vía de escurrimiento que se observa en la imagen satelital y, el sentido de escurrimiento es más acentuado en la parte sur del campo.

De los MDE del relevamiento a campo y del SRTM, se confeccionaron las curvas de nivel y se identificó una vía de escurrimiento marcada que atraviesa el campo con dirección este-oeste y, en el sector sur, pendientes importantes en relación a la parte norte (Figura 1).

Para conocer las pérdidas de suelo anuales con la EUPS (1) se estimaron todos los factores intervinientes. El factor R (erosividad de la precipitación) es la capacidad potencial de la lluvia para provocar erosión, y se obtuvo con un mapa de isolíneas de potencialidad erosiva, resultando $780 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$. El factor K (erodabilidad del suelo) es su vulnerabilidad o susceptibilidad a la erosión, y se estimó a partir de las características de las series de suelo representativas del lote: Reconquista (parte suroeste y este del lote) y Villa Ocampo (sector noroeste), siendo para dichas series 0,501 y 0,557 respectivamente.

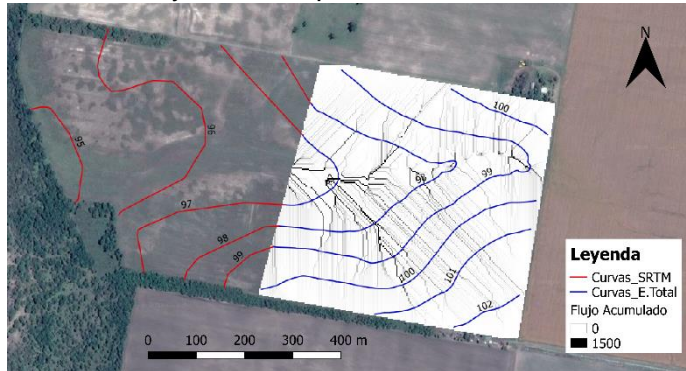


Figura 1: Flujo acumulado y curvas de nivel.

En el caso de los factores L y S (longitud y gradiente de pendiente) el método los obtiene obteniendo el factor adimensional LS o topográfico, siendo 0,316 (suroeste y este del lote) y 0,176 (noroeste). El factor C (manejo de cultivos, adimensional) representa la relación de pérdida del suelo a partir de una condición específica de cobertura con respecto a la pérdida del suelo de un estado de barbecho continuo para el mismo suelo, pendiente y precipitación.

El campo estuvo destinado a la actividad agrícola durante los últimos 50 años, el factor C = 0,162 se estimó considerando los últimos 30 años, con siembra tradicional y sin prácticas de conservación, en la rotación trigo/soja-girasol-soja.

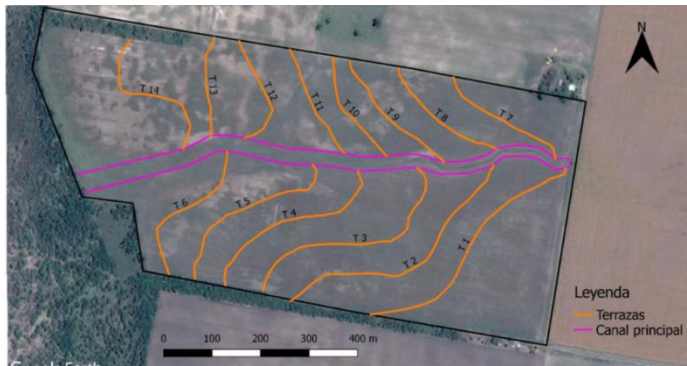
El factor P (prácticas de control de la erosión), es la proporción de la pérdida de suelo que se genera mediante alguna técnica de manejo del relieve, en comparación con la pérdida de suelo cuando se cultiva en laderas con 9% de pendiente, a favor de la pendiente (Cisneros y col., 2012). En este caso, al no realizarse prácticas de control, se usó el valor 1.

A partir de estos factores se calculó la pérdida de suelo (A), resultado $19,987 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ para la parte suroeste y este del lote, y para la parte noroeste fue $12,386 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$. Estas pérdidas superaron las tolerancias establecidas por recomendación bibliográfica en $2 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ para la parte suroeste y este, y en $1,5 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ para el noroeste debido a la calidad del suelo.

Se diseñaron prácticas de manejo culturales (modificación del factor C) con el objetivo de reducir las pérdidas hasta los valores de tolerancia. Como el campo quedó a cargo de la familia recientemente, se propuso una rotación agrícola en siembra directa de trigo/soja-maíz-girasol, a modo de transición entre lo que se llevaba a cabo en los últimos 50 años y hasta que se haga un aprovechamiento ganadero-agrícola de acuerdo con la capacidad de uso que tienen las tierras. El nuevo factor C de la rotación planteada fue 0,046. Con la modificación del factor C y dejando los demás factores constantes, la pérdida de suelo disminuyó a $5,68 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ (suroeste y este) y $3,52 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ (noroeste del lote). Al no lograr las pérdidas toleradas, se diseñaron las obras estructurales. Para ello, se recalculó el factor LS usando las tolerancias propuestas y se obtuvo el nuevo factor L que indica la distancia entre las terrazas de desagüe, que fue de 68,2 m para el sector este y suroeste y, de 94 m para el noroeste. Para aprovechar la vía de escurrimiento natural que atraviesa el lote, se diseñó un sistema de terrazas de base ancha que desaguan en un canal empastado evitando que continúe el proceso erosivo, debido a que las depresiones y cañadas son sitios naturales donde las aguas corren y se concentran durante las épocas de lluvias y es conveniente usarlas como desagües naturales protegidos con vegetación o para la construcción de canales, cuando sea posible. Con el programa QGIS se dibujaron las terrazas de desagüe con una pendiente de 0,3 % (Figura 2), se obtuvieron 11 terrazas (desde "T 1" a "T 11") con una L de 68,2 m en el sector de mayor pendiente, y para el sector noroeste se diseñaron 3 terrazas con una L de 94 m (desde "T 12" a "T 14").

Se realizaron los cálculos de los Q_p de cada canal de las terrazas con la ecuación (2) donde el coeficiente C fue de 0,34, las áreas de aporte a cada terraza se estimaron con el QGIS y, la I ($31,33 \text{ mm.hs}^{-1}$) se obtuvo de las Curvas de IDF del Área Metropolitana del Gran Resistencia calculando la D (195,69 min), y teniendo en cuenta que el lote pertenece a una microcuenca de 90 ha. Luego, se diseñaron canales del tipo parabólico y telescópicos (incrementan gradualmente su sección hasta el punto de descarga) con 0,15 m de profundidad, un coeficiente de rugosidad (n) de 0,03 y la velocidad real según Manning cercana a $0,4 \text{ m.seg}^{-1}$, obteniendo anchos de desembocaduras entre 1,10 m y 4,59 m que posibilitarían el paso de la maquinaria.

El agua proveniente del sector externo (40 ha con un Q_p de $1,1834 \text{ m}^3.\text{seg}^{-1}$) ingresa al lote por una alcantarilla. En su desembocadura se diseñó un dissipador de energía para que el agua reduzca la velocidad a $0,419 \text{ m.seg}^{-1}$ en el ingreso al canal principal. Este último (Figura 2) se diseñó parabólico con una velocidad de $0,41 \text{ m.seg}^{-1}$, un coeficiente $n = 0,045$ y una profundidad



cercana a 0,21 m. Se lo planteó telescópico desde los 10,31 m de arco del dissipador que eroga un $Q_p = 1,1834 \text{ m}^3.\text{seg}^{-1}$, hasta alcanzar 45,09 m de ancho de boca y un $Q_p = 2,66 \text{ m}^3.\text{seg}^{-1}$ en su extremo final. De esta manera se prevé contener y transportar el agua aportada tanto por el área externa al lote que ingresa al canal a través de la alcantarilla y el agua que aportan los canales de las terrazas con una velocidad no erosiva.

Figura 2: Terrazas y canal principal.

Con estos resultados se logró evaluar y cuantificar el proceso de erosión hídrica por medio de la EUPS. Además, se pudo diseñar y adoptar las prácticas agronómicas de control correspondientes para cuidar los recursos, debido a que las pérdidas superaron ampliamente las tolerancias establecidas. También fue factible combinar el uso de instrumental a campo con tecnología digital que facilitó el análisis detallado del relevamiento planialtimétrico, identificar componentes hidrográficos y analizar la dinámica hídrica en la microcuenca.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Apezteguía H.P., Ateca M.R., Bertoni J.C., Esmoriz G.F., Luque R.L., Mendoza R.I., Porcel de Peralta R., 1997. Manual de Control de Erosión Hídrica. UNC. 189p.

Cisneros J.M., Cholaky C.G., Cantero Gutierrez A., Gonzalez J.G., Reynero M.A., Diez A., Bergesio L., 2012. Erosión Hídrica: principios y técnicas de manejo. UniRío Editora. Universidad Nacional de Río Cuarto. 286p.

Depettris C.A., Gabazza S.E., Kutnich E.J., Pilar J.V., Ruberto A.R., 2006. Actualización y análisis de las curvas IDF en el Área Metropolitana del Gran Resistencia (AMGR). Universidad Nacional del Nordeste. Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt2006/07-Tecnologicas/2006-T-056.pdf>. Acceso: 07/08/17.

FAO, 1994. Erosión de suelos en América Latina. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile. 219p.

Scotta E.S., Nani L.A., Conde A.A., Rojas A.C. de, Castañeira H., Papparotti O.F., 1989. Manual de Sistematización de Tierras para Control de Erosión Hídrica y Aguas Superficiales Excedentes (Segunda edición corregida y aumentada). INTA. EEA Paraná. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-eea_paran_manual_sistematizacion_de_tierras.pdf. Acceso: 22/09/16.