

TEMA 8

ÍNDICE DE ERODABILIDAD

Introducción

La mayor parte de los procesos de destrucción y arrastre de los materiales de la corteza terrestre están relacionados con los elementos del clima. El agua y el viento son los principales agentes modeladores de los paisajes terrestres, pero también son los principales agentes de la desertización que afecta a grandes extensiones de tierra (Fernández, 1996).

La pérdida de suelo es la cantidad de suelo removido por la erosión en un periodo de tiempo específico, ésta involucra también pérdidas de nutrientes, es decir que se disminuye la productividad (Loredo et al. 2007).

De acuerdo con Fernández (1996) el más extendido de los modelos de erosión hídrica que se utilizan en la actualidad es el denominado Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (USLE) por erosión laminar y en regueros, establecido por Smith y Wischmeier en 1958. Es un modelo para predecir y controlar las pérdidas de suelo y los niveles de erosión y sedimentación en determinadas zonas; su expresión es:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

En donde según Loredo et al. (2007):

A: Pérdida de suelo (ton/ha/año)

R: Erosividad de la lluvia (MegaJoules mm/ha hr año)

K: Erosionabilidad del suelo (ton/hr/MJ mm)

L: Factor por longitud de pendiente (adimensional).

S: Factor por grado de pendiente (adimensional).

C: Factor por cubierta vegetal (adimensional).

P: Factor por prácticas de manejo (adimensional).

Se describe brevemente cada uno para su uso en forma local, es decir a nivel predio o parcela.

Erosividad de la lluvia (R)

Representa la habilidad de la lluvia para producir erosión, es decir la energía cinética de la lluvia necesaria para remover y transportar las partículas del suelo (Loredo et al. 2007).

El mejor estimador de la erosividad de la lluvia es el El_{30} , que se obtiene:

$$El_{30} = (E)(l_{30})$$

En dónde:

El_{30} : Índice de erosividad para un evento (MJmm/ha hr).

E: Energía cinética de la lluvia (MJ/ha).

l_{30} : Intensidad máxima en 30 minutos continuos de lluvia (mm/hr).

Con la suma de todos los El_{30} de cada uno de los eventos del año, se obtiene el índice de erosividad anual (R). Entonces:

$$R = \sum_{j=1}^n (El_{30} j)$$

En donde:

R: Erosividad de la lluvia.

n: Número de eventos durante el año.

El_{30} : Índice de erosividad de la lluvia por evento.

Erodabilidad del suelo (k)

Es la susceptibilidad del suelo a erosionarse; a mayor erodabilidad, menor resistencia a la acción de los agentes erosivos. Esta resistencia a la erosión, varía en función de la textura del suelo, el contenido de materia orgánica, la estructura del suelo, presencia de óxidos de hierro y aluminio, uniones electroquímicas,

contenido inicial de humedad y procesos de humedecimiento y secado (Loredo et al. 2007).

Este factor es un valor cuantitativo. Wischmeier et al. (1971) propusieron una ecuación para determinar su valor, donde se incluyen los siguientes factores: porcentaje de limo + arena fina (partículas de 0.002 a 0.1 mm de diámetro); porcentaje de arena (partículas de 0.1 a 2.0 mm); contenido de materia orgánica (5); estructura; y permeabilidad. Los valores de los primeros cuatro parámetros son valores promedio para los primeros 20 cm y se estiman en laboratorio, a partir de análisis de muestras de suelo. La estructura y permeabilidad se determinan en campo; la estructura en los primeros 20 cm y la permeabilidad en todo el perfil (Loredo et al. 2007).

El factor K en el Sistema Internacional de unidades es expresado en $\text{ton-ha-h-ha}^{-1}\text{-MJ}^{-1}\text{-cm}^{-1}$, que expresa la resistencia del suelo en superficie y tiempo, respecto a la energía de la lluvia. Una vez que se realiza el análisis de textura y se determinan los valores de materia orgánica, estructura y permeabilidad, se está en condiciones de calcular el factor K. Al respecto, se establece una ecuación para este factor en la forma:

$$K = 1.313 * [2.1 * 10^{-4} * (12\text{-MO}) * M^{1.14} + 3.25 * (e-2) + 2.5 * (p-3)] / (100)$$

en donde MO corresponde al porcentaje de materia orgánica del suelo; s es el código de la estructura del suelo; p es el código de la permeabilidad; y M es un factor dado por el producto de la suma de los porcentajes de limo y arena muy fina con la suma de los porcentajes de arena y limo. En términos matemáticos, M corresponde a $(\% \text{ limo} + \text{ arena muy fina}) * (100 - \% \text{ arcilla})$ (Mancilla, 2008).

Longitud (L) y Grado (S) de la pendiente

La longitud de la pendiente está definida por la distancia del punto de origen del escurrimiento superficial al punto donde cambia el grado de pendiente.

La acumulación del volumen escurrido a lo largo de la pendiente, incrementa la capacidad de desprendimiento y transporte del escurrimiento (Loredo et al. 2007).

Para estimar L:

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13} \right)^m$$

En donde:

L: Factor de longitud de la pendiente (adimensional).

λ : Longitud de la pendiente (metros).

m: Coeficiente que depende del grado de la pendiente (varía de 0.2 a 0.5).

La relación para obtener el factor S (grado de pendiente) es la siguiente:

$$S = 0.065 + 0.45s + 0.0065s^2$$

En donde:

S: Factor por grado de pendiente (adimensional).

s: Grado de pendiente (%)

Esta forma de cálculo emplea unidades inglesas, que no son de habitual uso en la mayor parte de los países. Para eliminar la necesidad de incurrir en transformaciones de unidades, es conveniente utilizar la fórmula para LS descrita por Arnoldus, 1977 citado por Mancilla, 2008 la cual está dada por:

$$LS = (y / 22.1)^{0.6} * (s / 9)^{1.4}$$

Donde y representa la longitud de la ladera en pendiente (en metros), y s es el porcentaje de dicha inclinación. Nótese las divisiones por 22.1 y por 9 en dicha ecuación, lo cual representa las respectivas razones de la ladera considerada sobre la longitud y grado de pendiente de la parcela estándar de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo.

Factor por cubierta vegetal (C)

La cobertura del suelo es el factor más importante en el control de la erosión hídrica. La cubierta vegetal, comprende a la vegetación (natural o cultivada) y los residuos de cosecha. El factor C en la EUPS es considerado como atenuante y toma valores de 0 a 1, correspondiendo el valor de la unidad al suelo que está desnudo, sin cubierta vegetal (Loredo et al. 2007).

Factor por prácticas mecánicas (P)

Las prácticas mecánicas o manejo del terreno son un factor atenuante del proceso erosivo. Su principal objetivo es controlar los escurrimientos superficiales para disminuir la erosión hídrica en terrenos con pendiente. El valor varía de 0 a 1 e indica el valor de la práctica de conservación al compararse con un terreno continuamente barbechado en el sentido de la pendiente (adimensiona) (Loredo et al. 2007).

Ejercicio

En el artículo de Mancilla Escobar, Gabriel 2008, se muestran algunos ejercicios con la aplicación de esta ecuación en diferentes situaciones. Se muestra un ejemplo de aplicación, que se puede consultar en el artículo citado.

A fin de habilitar terrenos para cultivos agrícolas, se pretende talar una ladera cubierta de bosque nativo. El bosque cubre un 90% de la superficie del terreno, la ladera tiene una pendiente media de 20% y su longitud son 120 metros. El suelo es franco (arcilla 35%, limo 30%), las arenas finas corresponden aproximadamente a un 7%, la materia orgánica es un 4%, la estructura es granular y la permeabilidad del terreno es buena. Estudios de pluviografía indican que el factor R de erosividad en el área sería alrededor de $220 \text{ MJ-cm-ha}^{-1}\text{-hr}^{-1}$. Se pretende quemar los rastrojos de la tala. En este caso, interesa conocer cuánto suelo podría perderse por erosión hídrica tras la cosecha de bosque. Una pérdida superior a $50 \text{ ton-ha}^{-1}\text{-año}^{-1}$ ocasionaría que el cultivo agrícola posterior no sería

viable económicamente, sin considerar los prejuicios ambientales ocasionados por la erosión.

Respuesta

Al momento, sólo el factor de erosividad de la lluvia es conocido (220 MJ-cm-ha⁻¹-hr⁻¹). El factor de erodabilidad del suelo es obtenido con la ecuación:

$$K = 1.313 * [2.1 * 10^{-4} * (12-MO) * M^{1.14} + 3.25 * (e-2) + 2.5 * (p-3)] / (100)$$

M = (% limo + arena muy fina) * (100 - % de arcilla); MO es el porcentaje de materia orgánica del suelo; 'e' el código de estructura del suelo, 3 para este ejemplo; y 'p' el código de permeabilidad del suelo, 2 para este ejemplo. Reemplazando los valores correspondientes, K resulta ser igual a 0.168 ton-ha-ha⁻¹-MJ⁻¹-cm⁻¹.

Por otra parte, los factores de pendiente (S) y su longitud (L), se agrupan en el factor topográfico LS:

$$LS = (y / 22.1)^{0.6} * (s / 9)^{1.4}$$

Con 'y' como la longitud de pendiente, y 's' el porcentaje de la pendiente. Aplicando los antecedentes respectivos, LS resulta ser 8.44. A su vez, el factor C de cubierta y manejo de la vegetación es obtenido a través de las tabulaciones que para estos efectos tiene la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo. Normalmente, cuando se habilitan terrenos agrícolas, el terreno queda desnudo y sin residuos, extrayéndose además los tocones y raíces. Esto deja el suelo en una condición de absoluta desprotección ante la lluvia y la escorrentía, por lo tanto el factor C se aproximaría al máximo, es decir toma el valor 1. Asimismo, el factor P tomaría el valor 1, dado que no se pretende realizar práctica de conservación alguna. En consecuencia, la estimación de pérdida de suelo anual para la situación descrita corresponde a:

$$A = 220 * 0.168 * 8.44 * 1 * 1 = 311.94 \text{ ton-ha}^{-1}\text{-año}^{-1}$$

De esta manera, la tala del bosque ocasionaría un daño ambiental considerable, que involucraría una fuerte pérdida de nutrientes. Esto haría que el eventual cultivo agrícola tuviese un rendimiento bastante pobre e irrelevante. Esta práctica, debería quedar entonces circunscrita a áreas de muy baja pendiente, de preferencia inferiores a 5%.

En otra circunstancia, para conocer el nivel de erosión previo a la cosecha, simplemente debe modificarse el factor C. en este caso se utilizaría el valor 0.001. Esto daría un valor de pérdida de suelo calculado como:

$$A = 220 * 0.168 * 8.44 * 0.001 * 1 = 0.31 \text{ ton-ha}^{-1}\text{-año}^{-1}$$

Lo cual demuestra claramente el efecto del bosque en reducir la efectividad de los agentes erosivos para degradar el suelo.

Bibliografía

- ✚ Fernández, F. 1996. Manual de Climatología aplicada. Clima, medio ambiente y planificación. Espacios y sociedades. Serie mayor No. 2. España. 285pp.

- ✚ Loredó, Catarina; Sergio Beltrán; Francisco Moreno, Marcos Casiano. 2007. Predicción de riesgo a la erosión hídrica a nivel microcuenca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. 67pp.

- ✚ Mancilla Escobar, Gabriel. 2008. Uso y conservación de suelos. Uso de la ecuación universal de pérdidas de suelo (USLE) en el campo forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 64pp.