

MÉTODO DE EVALUACION DE LA EROSIÓN HÍDRICA SUPERFICIAL EN SUELOS DESNUDOS EN CHILE

Roberto Pizarro Tapia¹ & Hernán Cuitiño Martínez²

¹ Escuela de Ingeniería Forestal, Universidad de Talca, ² Ingeniero Forestal.

RESUMEN

Este estudio cuantifica la erosión hídrica superficial en suelos desnudos de la VII Región (Chile), en dos situaciones, Precordillera Andina y Valle Central. El método experimental empleado fue el de "*Parcelas con clavos de erosión*". Este estudio introduce el concepto de erosión neta, que considera las pérdidas y entradas de suelo que se producen en una superficie

1. INTRODUCCIÓN

La medición del grado de erosión puede ser hecha a través de los métodos teóricos o empíricos y los modelos experimentales. Los modelos experimentales más conocidos son las parcelas de escurrimiento y las parcelas con clavos de erosión. Las primeras involucran la captación del caudal líquido y sólido, pero son difíciles de implementar por costos y tecnología. La ventaja de la segunda técnica es su sencillez de aplicación y presentan un alto grado de precisión.

La mayoría de las investigaciones y metodologías experimentales utilizadas tendentes a cuantificar la erosión hídrica, consideran solamente el suelo que se pierde en una super-

ficie determinada, sin atender a que también se produce el fenómeno de sedimentación, el cual implica la entrada de suelo a la superficie, disminuyendo la pérdida de suelo efectiva acontecida en el lugar. Este estudio considera las pérdidas de suelo que se producen en la superficie de las parcelas y además, las entradas de suelo que se producen por efecto de la pérdida y el posterior arrastre de materiales desde otros sectores. De esta forma, se ha determinado que la pérdida de suelo es la diferencia entre las entradas y salidas de suelo que ocurren en la superficie de las parcelas, lo cual se define como **Erosión Neta Media**. Los resultados de ésta se han extrapolado a la superficie de una hectárea. Se ha considerado además, el suelo total que se moviliza en la parcela, pensando esto como una medida de la dinámica del suelo en su respuesta a la acción de las precipitaciones y al escurrimiento superficial. Este último se define como **Suelo Movilizado**.

2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

2.1. Metodología y Descripción de las Actividades.

a) **Lugar de emplazamiento de las parcelas.** Se eligieron las Estaciones Experimentales

“Picazo” y “Panguilemo”, de la Universidad de Talca, Chile. El predio Panguilemo se ubica en la comuna de Talca, en el valle central de la VII Región, a 5 Km al norte de la ciudad de Talca, con una altitud media de 90 m.s.n.m. y con un clima templado cálido (Koppen) con lluvias invernales, período seco de 6 meses y una pluviometría media de 700 mm/año. Los análisis realizados señalan que la densidad aparente del suelo en los primeros 15 cm de profundidad es de 1,63 gr/cm³.

El predio Picazo se ubica en la comuna de San Clemente, Provincia de Talca, en la precordillera andina de la VII Región, con una altitud media de 500 m.s.n.m, en el lugar del ensayo, con un clima templado frío, con lluvias invernales y la precipitación anual llega a los 1.072 mm. En este caso la densidad aparente del suelo es de 1,27 gr/cm³.

2.1.2. Características de las Parcelas

El método trabajado se ha desarrollado sobre tres parcelas de superficie variable sin bermas u orillas, para ajustarse más a la realidad. El material utilizado son unos clavos de 30 cm de largo, pintados con el objeto de marcar el nivel actual del suelo. En cada parcela se colocan varios clavos, en función del grado de exactitud de la medición que se quiera lograr.

Las dimensiones de las parcelas son, 10 m de largo y 1,2 m de ancho, en cada predio. Los clavos se distanciaron a 30 cm en el largo de la parcela y a 40 cm en el ancho, alcanzando un número de 140 clavos por parcela (420 por situación), lo cual corresponde a un número óptimo de clavos, considerando varianza máxima y un error de muestreo de 5%. Cada parcela fue instalada en forma aleatoria en el lugar del ensayo con el cuidado que la distancia entre ellas fuera mayor a 3 m. Las parcelas se instalaron en suelo desnudo, con rango de pendiente que varía entre 5% y 10%.

2.1.3. Medición en clavos de erosión

El trabajo de medición efectuado en los clavos de erosión se realizó durante 6 meses

(Julio a Diciembre de 1997), en períodos que oscilaron entre 15 y 20 días, obteniéndose dos registros por mes. Asimismo, las mediciones consistieron en una medición topográfica al costado de cada clavo, obteniendo una medida de suelo perdido o sedimentado según fue el caso. Cada clavo fue identificado a través de un sistema de coordenadas lo que permitió observar el comportamiento del suelo a través del tiempo.

2.1.4. Cuantificación de la erosión hídrica superficial

Para cuantificar la erosión, se procedió a calcular el promedio de las mediciones realizadas en los clavos de erosión de manera que se calculó el cociente entre la suma de las mediciones de todos los clavos que presentaron erosión y el número total de clavos de la situación, es decir, se consideró con valor cero a los clavos que presentaron sedimentación y aquellos que no presentaron variación, obteniendo el valor medio de la erosión. Para obtener la media de los clavos de sedimentación, se procedió de forma analoga.

Para cuantificar el suelo erosionado o sedimentado en t/ha para el período en estudio, se multiplicó el resultado de las medias expresadas en milímetros, por la densidad aparente del suelo D_a (t/m³) y por 10. La expresión matemática es la siguiente:

$$X(t/ha) = Y * D_a * 10$$

Donde,

X, es el suelo erosionado o sedimentado (t/ha)

Y, es la altura media de suelo erosionado o sedimentado (mm)

D_a , es la densidad aparente del suelo (t/m³)

2.1.5. Análisis estadístico de los resultados

El análisis estadístico utilizado en este estudio se ha basado en la comparación de los resultados medios de Suelo Movilizado (SM), Erosión (E), Sedimentación (S) y Erosión Neta (EN). Para comparar las medias

entre parcelas se siguió el proceso siguiente:

En primer lugar se efectuó el análisis de varianza, ANOVA, para determinar la existencia o no de diferencias significativas entre las medias de las parcelas, en los dos predios.

A continuación se realizó la prueba de hipótesis para la diferencia entre dos medias, determinándose la parcela o par de parcelas que genera las diferencias.

Se presentan dos casos: el primer caso considera que las varianzas de las poblaciones son desconocidas pero iguales; el otro considera que las varianzas son desconocidas, pero distintas. Para determinar si las varianzas desconocidas son iguales o diferentes, se utiliza la comparación de varianzas de dos poblaciones. En este caso se aplica la prueba de hipótesis acerca de la igualdad de las varianzas de dos poblaciones a través del cociente entre las varianzas muestrales.

3.- ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

a) Resultados predio Picazo

En este predio la erosión neta equivale a una lámina de altura media igual a 4,50 mm, lo cual señala una pérdida de suelo neta de 31,2 t/ha. Esto ha resultado de la diferencia entre la **altura media de erosión** igual a 3,52 mm (44,7 t/ha) y la **altura media de sedimentación** igual a 1,06 mm (13,5 t/ha), en situación de suelo desnudo, con pendiente entre 5% y 10% y ladera media de longitud 50 m. Cabe señalar que el nivel de precipitaciones durante los 7 meses en que se realizaron las mediciones fue de 1477 mm. Asimismo, los resultados por parcela en el predio Picazo muestran que los procesos estudiados presentan diferencias significativas en las alturas medias de Suelo Movilizado, Sedimentación y Erosión Neta, resultando ser la parcela N° 2 la generadora de las diferencias en los procesos señalados, no encontrándose diferencias significativas entre las alturas medias de las otras parcelas.

En cuanto a la pendiente se ha comprobado que pequeños cambios han generado un

mayor o menor grado de sedimentación (disminución de pendiente), es decir, de retención de las partículas de suelo que son transportadas por el escurrimiento, provocando menores pérdidas efectivas o erosión neta del suelo.

Con respecto a la relación entre la precipitación, se observa que se generan mayores resultados en los procesos de Suelo Movilizado y Erosión neta media (resultado de la Erosión y Sedimentación media) principalmente en los períodos de mayor precipitación.

b) Resultados predio Panguilemo

En este predio se ha obtenido que la erosión neta media correspondió a una altura de 1,62 mm (26,4 t/ha), diferencia generada entre la altura media de erosión igual a 2,0 mm (32,6 t/ha) y la altura media de sedimentación igual a 0,38 mm (6,2 t/ha). El suelo movilizado alcanzó a 2,3 mm (38,8 t/ha). El análisis estadístico ha señalado que no hay diferencias significativas entre las medias de las parcelas. Además, las pendientes homogéneas en torno a, 7%, han provocado valores medios muy similares.

Al igual que en el predio Picazo, la relación entre la precipitación y los procesos que componen la dinámica del suelo en el predio Panguilemo, se observa que es igualmente en los períodos de mayor precipitación en donde se generan los mayores resultados en los procesos de Suelo Movilizado y Erosión neta media (resultado de la Erosión y Sedimentación media).

c) Comparación resultados Predio Picazo y Predio Panguilemo

La comparación estadística entre las situaciones estudiadas, para el mismo período, indica que no existen diferencias significativas en las alturas medias siendo algo más altos en el predio Picazo. Los resultados expresados en t/ha, señalan diferencias significativas en Suelo Movilizado, en el predio Panguilemo (mayor densidad aparente), lo

Tabla 1. Resultados medios

Procesos	SM	E	S	EN	PP	Tiempo
Predio Picazo						7 meses
Altura media (mm)	4,58	3,52	1,06	2,46	1477	
Peso de suelo (ton/ha)	58,21	44,68	13,53	31,95		
Predio Panguilemo						6 meses
Altura media (mm)	2,38	2,00	0,38	1,68	372	
Peso de suelo (ton/ha)	38,79	32,6	6,2	26,40		

que ha generado mayores resultados en t/ha en todos los procesos.

Pese a que en el predio Picazo se presentó una precipitación que correspondió a más del triple (1.477 mm) de la precipitación acontecida en el predio Panguilemo (372,2 mm), las alturas medias no presentaron diferencias significativas.

Una consideración importante es que la medición de los clavos de erosión y su posterior resultado medio, representa el nivel final que presentó el suelo al momento de la medición. Es así como las medias de ambos predios podrían haber resultado perfectamente iguales. Sin embargo, las variaciones de alturas medias que se presentaron entre los períodos

en que se efectuaron las mediciones, son diferentes y señalan las diferencias entre ambas situaciones. Es así como el análisis de las varianzas muestrales señala en todos los casos diferencias significativas, lo cual indica que la variabilidad de las alturas medias de los procesos en el predio Picazo son mayores y corresponden a más del doble en comparación al predio Panguilemo. Este hecho se refleja en los resultados finales de alturas medias relativas acumuladas. El Predio Picazo presenta una altura media relativa acumulada de 3,53 mm en suelo movilizado, lo cual representa un 22 % mayor a la media del predio Panguilemo, igual a 2,74 mm. En erosión media la altura media relativa acumulada es de 2,69 mm, un 20% mayor a la

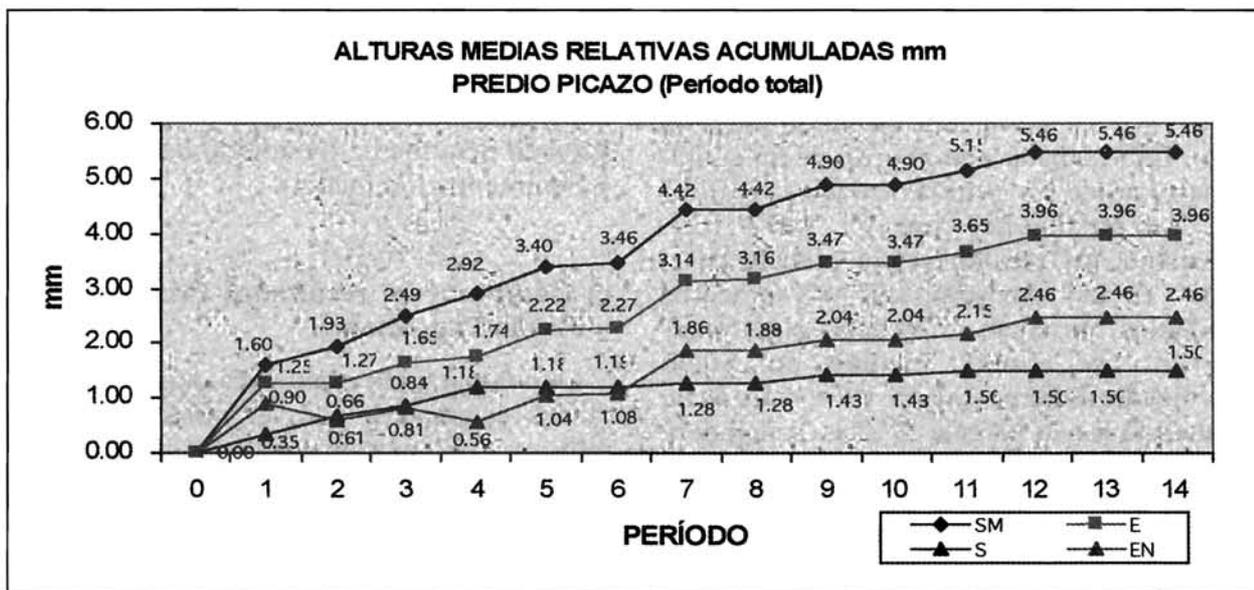


Gráfico 1

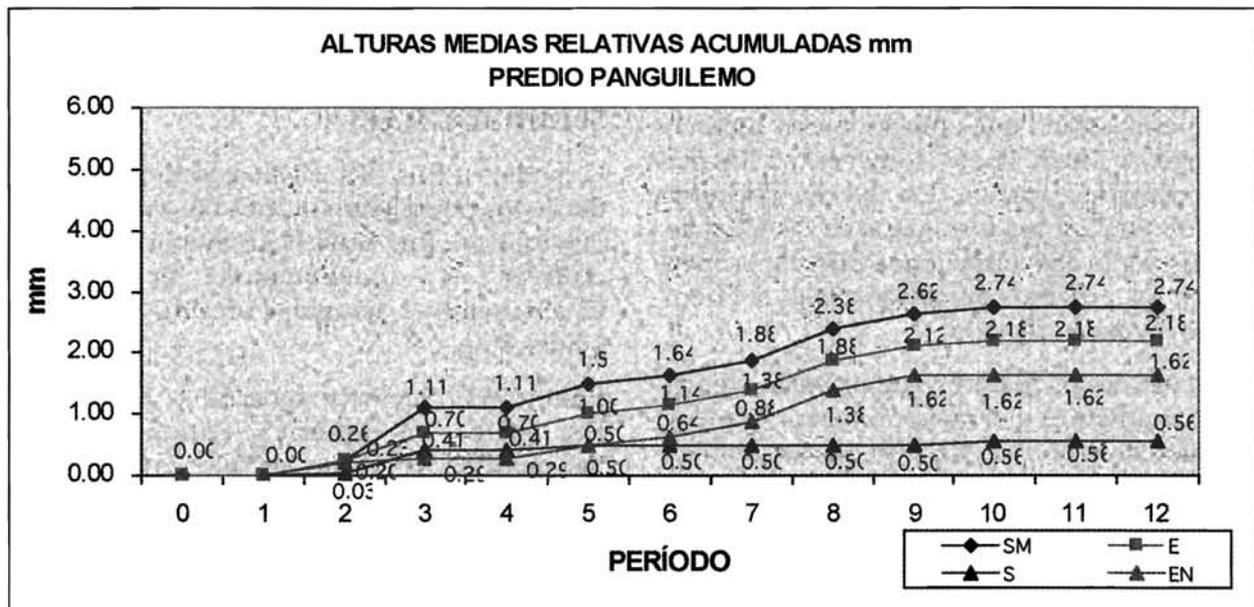


Gráfico 2

media del predio Panguilemo (2,18 mm). En sedimentación media la altura media relativa acumulada correspondió a 0,84 mm, un 33,3% más que la altura media relativa acumulada del predio Panguilemo (0,56 mm) y finalmente, en erosión neta, la altura media relativa acumulada en el predio Picazo es de 1,85 mm, un 13 % mayor a la altura media relativa acumulada del predio Panguilemo (1,62 mm). Este hecho justifica plenamente las mediciones intermedias que se realizaron durante el tiempo en que ha durado el estudio, lo cual se constituye en un aspecto fundamental al aplicar el método de los clavos de erosión.

Los gráficos 1 y 2, muestran las curvas de alturas medias acumuladas, las cuales presentan una tendencia creciente en el tiempo salvo los resultados de Erosión Neta, bastante fluctuante. Este último hecho es debido a que en esos períodos el proceso dominante no fue la erosión, sino que el proceso dominante correspondió a la sedimentación.

Por otra parte, los resultados permiten determinar que los procesos en el predio Picazo presentaron una mayor variación que los procesos en el predio Panguilemo, a pesar que las alturas medias finales no presentan estadísticamente diferencias significativas.

Para determinar si existen diferencias significativas entre los resultados medios de las alturas relativas acumuladas (SM, E, S, EN) en ambos predios, en el mismo instante del tiempo, se ha utilizado un análisis estadístico de prueba t, para medias de dos muestras emparejadas.

El test señala que hay diferencias significativas en todos los procesos entre los resultados relativos acumulados, lo cual reafirma el hecho que en el predio Picazo los procesos acontecidos fueron de mayor magnitud, debido a su mayor variabilidad, aún cuando las alturas medias finales hayan arrojado que no hay diferencias entre las medias finales.

4.- CONCLUSIONES

- El método empleado ha servido para cuantificar la erosión hídrica producida y la sedimentación ocurrida.
- Los resultados señalan que si en el predio Picazo se consideran solamente las salidas de suelo, es decir la erosión, la verdadera pérdida de suelo (erosión) se sobrestima en un 30 %. En el predio Panguilemo esta relación llega al 20%.
- Al comparar las alturas medias de ambas

situaciones para cada uno de los procesos considerados (SM, E, S, EN), no se obtienen diferencias significativas entre ellas, lo cual señala que aplicando esta metodología se puede llegar a obtener medias perfectamente iguales. Lo que en definitiva diferenciará los resultados de las situaciones serán las variaciones que experimenten los procesos en el transcurso del tiempo en cada situación

- d) Uno de los factores que influyen significativamente en el mayor o menor grado de la erosión hídrica y que puede ser manejado por el hombre, corresponde a la pendiente del terreno. El análisis de los resultados obtenidos señala que al presentarse una pequeña disminución de la pendiente de las parcelas del predio Picazo se intensifica el proceso de sedimentación.
- e) En promedio aproximadamente el 60% de los resultados en alturas medias en todos los procesos estudiados en ambos predios, son aportados en los períodos de

mayor *CANTIDAD* de precipitación

5. BIBLIOGRAFÍA

CARRASCO, P. 1994. Evaluación de pérdidas de suelos por erosión hídrica bajo uso agrícola y forestal. En: Actas del Seminario erosión, cultivos y recuperación de suelos. Corporación Nacional Forestal. Santiago, Chile. 46 p.

FAO. 1992. Suelos y agua N° 1. Erosión de los suelos en América Latina. Oficina Regional de Santiago de Chile. 219 p.

PIZARRO, R. 1988. Elementos técnicos de hidrología II (Instructivos Técnicos): Proyecto regional sobre uso y conservación de recursos hídricos en áreas rurales de América Latina y el Caribe. UNESCO-Oficina Regional de Ciencia y Tecnología; CONAF, IV Región. Chile. 109p.

TORO, J. 1994. Erosión, cultivos y recuperación de suelos; una visión técnica. p. 9-12.