

Evaluación de factores asociados a pérdida de suelo por erosión hídrica, municipio Villa Alcalá

Evaluation of factors associated with soil loss caused by water erosion, Villa Alcalá municipality

Máximo Noya Soliz ¹ ✉

Recibido: 20 Noviembre 2024 / Revisado: 16 Mayo 2025 / Aceptado: 16 Julio 2025 / Publicado: 20 Agosto 2025

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar los factores asociados a la pérdida de suelo por erosión hídrica en el municipio de Villa Alcalá, Chuquisaca. Para ello, se emplearon el método del hilo nylon y clavos de calamina para medir la altura de suelo perdido y el método del cilindro para determinar la densidad aparente. La población está conformada por los suelos de la región, y la muestra por tres puntos de muestreo que presentan variaciones en topografía, textura del suelo, cubierta vegetal y densidad aparente. Para evaluar la pérdida de suelo por erosión hídrica se realizó integrando los factores de la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) con la ecuación propuesta por Pizarro et al. (2009), obteniendo así una versión más completa de la ecuación y adaptada al contexto. Los resultados revelaron que el punto de muestreo 1 (PM1) presentó la mayor pérdida de suelo, con 144.8 T/ha, correspondiente a un riesgo muy alto de erosión. Este resultado se atribuye principalmente a la pendiente pronunciada y la ausencia de cobertura vegetal. En el punto 2 (PM2), la pérdida fue de 8.7 T/ha, con un riesgo bajo de erosión, donde la textura aparece como el factor de mayor incidencia. El punto 3 (PM3) registró la menor pérdida, con 4.3 T/ha, asociada a una mayor cubierta vegetal, una textura favorable y una pendiente suave. En conclusión, la pendiente, la textura y la cubierta vegetal son los factores con mayor influencia en la pérdida de suelo por erosión hídrica.

Palabras claves: Cobertura vegetal, Pendiente del terreno, Longitud de la pendiente, Textura de suelo.

Abstract

This research evaluates the factors associated with soil loss due to water erosion in the municipality

✉ Máximo Noya Soliz / Maxnoyal10@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0005-4475-4415>

1 Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Mayor Real y Pontificia San Francisco Xavier de Chuquisaca. Calle Calvo #132.

of Villa Alcalá, Chuquisaca. The nylon thread and corrugated iron nail method were used to measure the depth of soil loss, and the cylinder method was used to determine bulk density.

The analysis was based on three sampling points that vary in topography, soil texture, vegetation cover, and bulk density. To assess soil loss due to water erosion, the factors of the Universal Soil Loss Equation (USLE) were integrated with the equation proposed by Pizarro et al. (2009), resulting in an adapted version suited to the local context. The results revealed that sampling point 1 (PM1) experienced the greatest soil loss, with 144.8 t/ha, corresponding to a very high erosion risk. This result is mainly attributed to the steep slope and the lack of vegetation cover. Point 2 (PM2), presented a loss of 8.7 t/ha, with a low erosion risk. Point 3 (PM3) recorded the lowest loss, at 4.3 t/ha, associated with greater vegetation cover, favorable texture, and gentle slope. In conclusion, slope, texture, and vegetation cover are the most influential factors affecting soil loss caused by water erosion.

Keywords: Vegetation cover, Terrain slope, Slope length and soil texture.

Introducción

El recurso suelo es la base fundamental para la vida de las plantas, animales y el sustento de la seguridad alimentaria del ser humano en el planeta Tierra, sin embargo, el proceso de la degradación de los suelos es un problema que se está incrementando de manera vertiginosa al ampliar la frontera agrícola para alimentar a una población en crecimiento a través del desmonte y chaqueos. A esto se suma el uso de la tecnología agrícola, abonos sintéticos y pesticidas para el control de plagas y enfermedades, ocasionando diferentes tipos de degradación del suelo.

Para Castro et al. (2023), los procesos de degradación inician con el deterioro de la estructura del suelo, que pierde la capacidad de transferir y retener agua y limita el desarrollo radicular de las plantas. Esta degradación es producto de la interacción de tres ámbitos: el socioeconómico, que

implica todas las actividades de origen antrópico; el biológico, relacionado con plantas y animales; y el físico, que comprende factores como el clima y las propiedades del suelo (Mérega, 2003, p.17). Para un mejor estudio de la degradación del suelo, Piscitelli (2015) clasifica a la degradación del suelo de la siguiente manera:

- Erosión.
- Degradación física.
- Degradación biológica.
- Degradación química.
- Desertificación.

Uno de los principales problemas ambientales que limita la capacidad productiva del sector agropecuario es la degradación de los suelos. Según datos de la FAO (2014), el 14% de la degradación mundial de los suelos ocurre en América Latina y el Caribe. Esta situación es más grave en las tierras de Mesoamérica y América del Sur, donde cuatro países de la región presentan más del 40% de sus tierras degradadas y en 14 países la degradación afecta entre 20% y 40% de la superficie nacional.

Consideramos que la erosión hídrica es una de las causas para que se produzcan las diferentes degradaciones del suelo por el arrastre de sus componentes físicos, químicos y microbiológicos hasta llegar a la desertificación debido a su acelerado proceso. Por ello, el abordaje de este tema debe ser integral para visualizar diversos escenarios con diferentes magnitudes de impacto (Alvarado, 2021). Pennock y Mckenzie (2016) hacen una relación de la erosión del suelo y la productividad.

Una pérdida media mundial de 0,3 por ciento del rendimiento anual de los cultivos ocurre debido a la erosión. Si esta tasa de pérdida continúa sin cambios en el futuro, una reducción total del 10 por ciento del rendimiento potencial anual podría ocurrir para el año 2050. Esta pérdida de rendimiento debido a la erosión podría ser equivalente a la eliminación de 150 millones de hectáreas de producción de cultivos o 4,5 millones de ha/año (aproximadamente un campo de fútbol

cada cinco segundos). (p.10)

La erosión hídrica es un proceso entre factores ambientales y la actividad antrópica. El suelo se encuentra en un continuo proceso de formación y degradación: su formación es producto de la meteorización física y biológica, mientras que su degradación se debe principalmente a la erosión hídrica. Este fenómeno, influenciado por factores topográficos y biológicos, provoca la pérdida de la capa más fértil del suelo, afectando directamente la productividad agrícola (Denoia et al., 2023; MITECO, 2022).

De la poca información general sobre degradación y erosión hídrica en Bolivia se pueden destacar los siguientes datos que muestra (Morales, 2012) sobre la desertificación en el territorio de Bolivia.

La desertificación afecta a una proporción muy elevada del territorio boliviano que, de acuerdo con algunos antecedentes oficiales, alcanza al 41% del territorio nacional (450.943 km²), superficie que ha aumentado un 86% desde 1954. De este total, el 22% corresponde a desertificación baja, un 21%, a moderada, un 43%, a alta y el 15% restante, a muy alta. En Chuquisaca los principales problemas de degradación de los suelos son la erosión y el sobrepastoreo con una superficie afectada de fuerte a grave de 4'717.900 hectáreas lo que representa un 91.57 % de la superficie total.(p.35-36)

El acelerado incremento de la degradación de los suelos y la falta de información actualizada en el departamento de Chuquisaca y sus municipios han motivado esta investigación, orientada a evaluar la pérdida de suelo por erosión hídrica en función de factores como el grado y la longitud de la pendiente, la textura del suelo, la cubierta vegetal, y la densidad aparente, los cuales determinan conjuntamente el volumen de suelo perdido en Tn/ha (Casanova et al., 2023). Los resultados generados en el municipio de Villa Alcalá, Chuquisaca, Bolivia, a través del método del hilo de nylon y clavos de calamina, ayudarán en la toma de decisiones y la planificación de estrategias para

un manejo sostenible del recurso suelo.

Materiales y métodos

El trabajo de investigación, se realizó en el sector de Jarillo Pampa a 5 km del centro poblado carretera a El Villar del municipio de Villa Alcalá, del departamento de Chuquisaca, geográficamente ubicada entre las coordenadas: 19°21'39" de latitud sur y 64°23'16" de longitud oeste, a una altitud de 2080 msnm, con temperatura promedio de 18°C y una precipitación promedio anual de 593.72 mm (GAMA, 2006).

El método aplicado en esta investigación fue el del hilo de nylon y clavos de calamina, utilizado para medir la altura de lámina de suelo perdido por erosión hídrica. Esta técnica permitió cuantificar la pérdida de suelo en milímetros durante un periodo de cuatro meses, de febrero a mayo, cuando se registró una mayor cantidad de precipitaciones, acumulando un total de 284.5 mm. Además, se consideraron como factores asociados a la erosión hídrica los siguientes elementos:

- Textura del suelo
- Densidad aparente
- Grado de pendiente
- Longitud de la pendiente
- Cubierta vegetal

Obtención y procesamiento de datos

El procedimiento para la recolección de datos de los factores en estudio se llevó a cabo de la siguiente manera:

A inicio del trabajo de campo se seleccionaron tres sitios con características distintas en cuanto a pendiente, cobertura vegetal y textura del suelo, los cuales fueron designados como puntos de muestreo (PM).

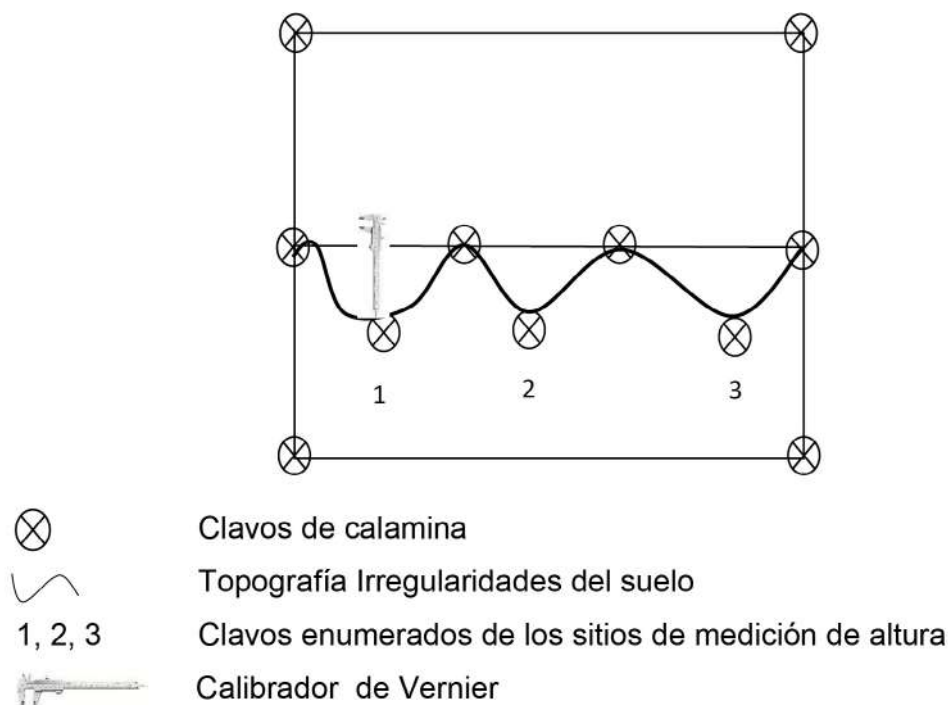
Determinación de la altura de lámina perdida de suelo en milímetros, para este proceso se utilizó hilo nylon de 0,60 mm y clavos de calamina, el procedimiento de colocado del hilo nylon varía

en función a las características topográficas del terreno, que se describe a continuación, Los puntos de muestreo PM1 y PM2 se ubicaron en terrenos con topografía irregular y diferente pendiente, para estos casos se procedió de la siguiente manera, se realizó un cuadrante, en el que se extendió el hilo nylon en la parte central del cuadrante perpendicular a la pendiente, sujetado a lo largo del hilo con clavos en las partes más elevadas del suelo, luego se registró la altura entre hilo y el suelo con un calibrador de Vernier. Para evitar confusión del punto exacto en la toma de datos sucesivos, se colocaron clavos enumerados en los puntos medidos, facilitando de esta manera el registro exacto de los datos.

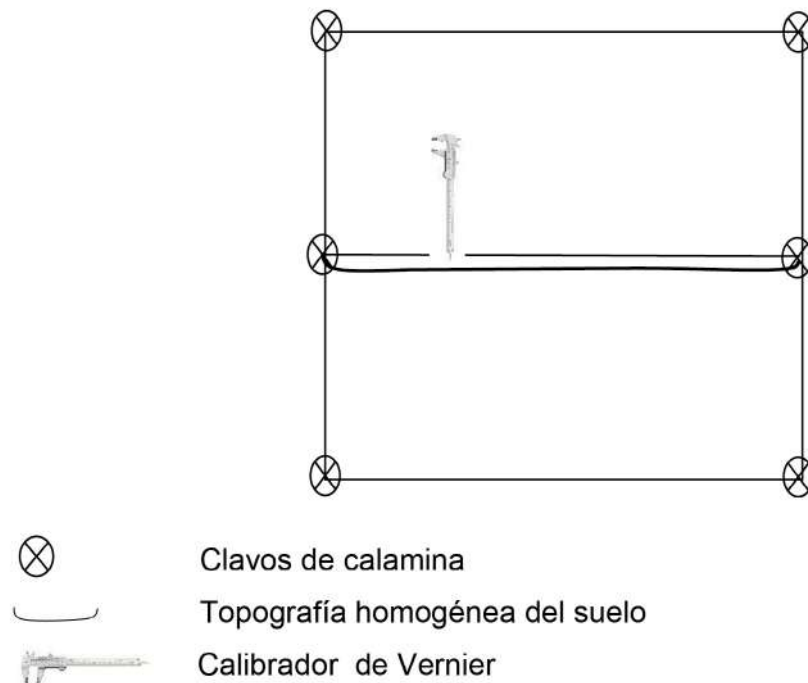
Para obtener los resultados de la medición, solo se restó los datos iniciales y se promedió el número de datos registrados, que nos da el resultado real de lámina pérdida de suelo en milímetros, el punto de muestreo PM3 se ubicó en terreno con pendiente leve y topografía homogénea que facilitó la instalación del hilo nylon en la parte media del cuadrante, se extendió el hilo de extremo a extremo sujeta por clavos de calamina en forma perpendicular a la pendiente, el registro de la altura de lámina se realizó de forma acumulada, los datos para los puntos de muestreo fueron: PM1 (6.1mm), PM2 (4.6mm) y PM3 (2.3mm). Para comprender la determinación de altura de lámina de suelo ver, procedimiento metodológico empleado.

Figura 1. Procedimiento metodológico empleado

a) Cuadrante con hilo de nylon y clavos de calamina aplicada a terrenos con topografía irregular (PM1 y PM2)



b) Cuadrante con hilo de nylon y clavos de calamina aplicada a terrenos con pendiente leve, topografía homogénea (PM3)



La determinación de la pendiente se realizó, aplicando el método de Jiménez et al. (2012) utilizando una vara de madera de 2 metros, nivel de albañil para nivelar la vara y flexómetro para medir la altura del extremo elevado entre el suelo y la vara. Esta medida dividida entre dos, dio el porcentaje de la pendiente del sitio en estudio, la longitud de la pendiente está definida desde la parte superior del punto de muestreo hasta encontrar el corte de grado de pendiente, los valores registrados para la pendiente fueron: PM1 (17,6%), PM2 (4.2%) y PM3 (3%), mientras que la longitudes de pendiente fueron: PM1 (12m), PM2 (10m) y PM3 (14m).

Los datos de textura del suelo en los puntos de muestreo se determinaron a través del método de sedimentación de las partículas propuesto por (Montesdeoca, 2020), la clasificación textural se obtuvo a través de la interpretación con el triángulo de texturas, resultando en las siguientes clases: PM1 (arcillo limoso), PM2 (franco limoso) y PM3 (franco arenoso).

La densidad aparente fue determinada usando un cilindro metálico de 1,5 pulgadas de diámetro y 10 cm de altura datos que permitieron sacar el volumen, utilizando la fórmula de volumen de un cilindro $V_t = \pi \cdot r^2 \cdot h$. La muestra de suelo extraída fue secada hasta peso constante y pesado en balanza de precisión. Con los datos obtenidos se determinó la densidad aparente a través de la ecuación de (Villaseñor, 2016, p.43): $D_a = M_{ss} / V_t$, donde, D_a = Densidad aparente (g/cm^3), M_{ss} = Masa de suelo seco (g) y V_t = Volumen total de la muestra en (cm^3), este procedimiento se aplicó en cada punto de muestreo, obteniendo los siguientes valores de densidad aparente: PM1 (1.4 g/cm^3), PM2 (1.41 g/cm^3) y PM3 (1.38 g/cm^3).

La estimación de la vegetación en la zona de estudio se realizó a través de la observación, que se ajusta a los factores descriptivos de cubierta vegetal de J. Almorox Alonso et al., 2010, citada por (Mercado, 2014). Los criterios estimados de cubierta vegetal y el factor (V,) para los puntos de muestreo corresponden: PM1 sin cobertura vegetal

(0.8), PM2 escasa cobertura vegetal arbustiva (0.5) y PM3 escasa cobertura de pasto (0.6).

Con los datos de los factores obtenidos en campo, se calculan los coeficientes de los factores de longitud y pendiente, aplicando las ecuaciones siguientes:

Para calcular el coeficiente del factor de longitud y pendiente, se aplicó la fórmula de Wischmeier y Smith 1978, citada por (Calderón et al., 2024).

Ecuación para el coeficiente del factor de pendiente:

$$S = \frac{0.43 + 0.3 * s + 0.043 * s^2}{6.613}$$

Donde:

S= Pendiente en %

Ecuación para el coeficiente del factor de longitud

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

Donde

X = Longitud de la ladera en metros.

m = Constante dependiente de la inclinación de la pendiente (tabla 1).

s = Inclinación en %

Tabla 1. Constante de la inclinación de la pendiente:

Valor de m	
S %	m
≥ 5	0.5
3-5	0.4
1-3	0.3
< 1	0.2

Fuente: (Rivera y Iparraguirre, 2024)

Pizarro et al. (2009):

$$X = Y * D * 10$$

Donde:

X= suelo erosionado.

Y= altura de suelo erosionado (mm).

D= densidad aparente (Tn/ha).

A esta ecuación se integraron los coeficientes de los factores claves de la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE), que son:

- Factor de longitud de pendiente (L)
- Factor de la pendiente (S)
- Factor de cubierta vegetal (V)

Al incluir estos factores, se obtiene una versión más completa de la ecuación, que toma en cuenta todos los elementos que influyen en la pérdida de suelo por erosión hídrica:

$$X = Y * D * 10 * L * S * V$$

Donde:

X= pérdida de suelo por erosión hídrica (Tn/ha)

Y= Altura de lámina perdida en (mm)

D= Densidad aparente en (gr/cm³)

L= Factor de longitud de pendiente

S= Factor de la pendiente

V= factor de la cubierta vegetal

Esta versión extendida de la ecuación permite una evaluación más precisa, ya que no solo considera las propiedades físicas del suelo (altura erosionada y densidad aparente), sino también factores topográficos (longitud y pendiente del terreno) y biológicos (cubierta vegetal). Al integrar estos elementos, se puede cuantificar de manera más exacta la pérdida de suelo bajo diferentes condiciones ambientales y de manejo del suelo, proporcionando una herramienta útil para diseñar estrategias de mitigación de la erosión.

Cálculo de la pérdida de suelo por erosión hídrica

Para evaluar los factores asociados a la pérdida de suelo por erosión hídrica, se aplicó la ecuación de

Resultados

Los resultados de pérdida de suelo por erosión hídrica se presentan en las tablas y figuras siguientes:

Tabla 2. Coeficiente de los factores asociados a la pérdida de suelo

Puntos de muestreo	Densidad aparente g/cm ³	Altura de lámina (mm)	Factor (S)	Factor (L)	Factor (V)
PM1	1.4	6.1	2.88	0.74	0.80
PM2	1.41	4.6	0.37	0.67	0.50
PM3	1.38	2.3	0.26	0.80	0.60

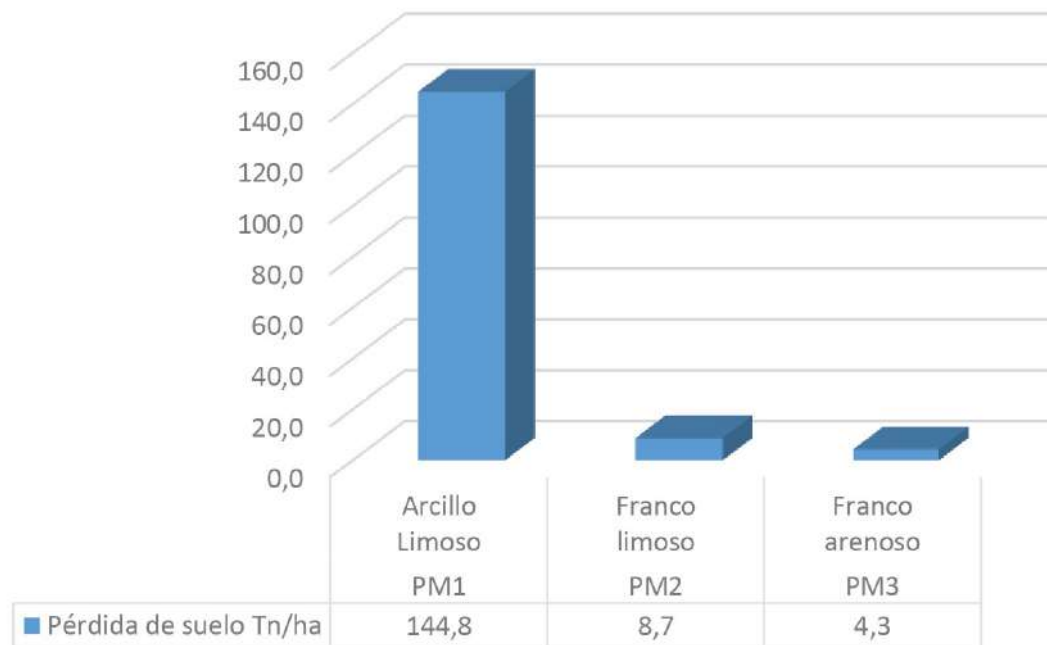
Nota: El valor de los factores adimensionales de pérdida de suelo, corresponden a cálculos realizados en base a datos registrados en campo.

En la tabla, se observan los valores más altos corresponden al coeficiente del factor pendiente (S), con 2.88, y al factor de cubierta vegetal (V), con 0.80.

Estos resultados se explican por la elevada pendiente de 17% y la ausencia de la cobertura vegetal (suelo desnudo) en el PM1. En contraste, al

PM3, donde el coeficiente del factor pendiente (S) es considerablemente más bajo con 0.26, mientras que el factor de cubierta vegetal (V) asociado a un pasto dañado, es de 0.60.

Sin embargo, el coeficiente del factor longitud (L) es más elevado, con 0.80 debido a la mayor extensión de la pendiente.

Figura 2. Pérdida de suelo por erosión hídrica en Tn/ha

Nota. En la figura se observa la relación de la textura con la pérdida de suelo en Tn/ha

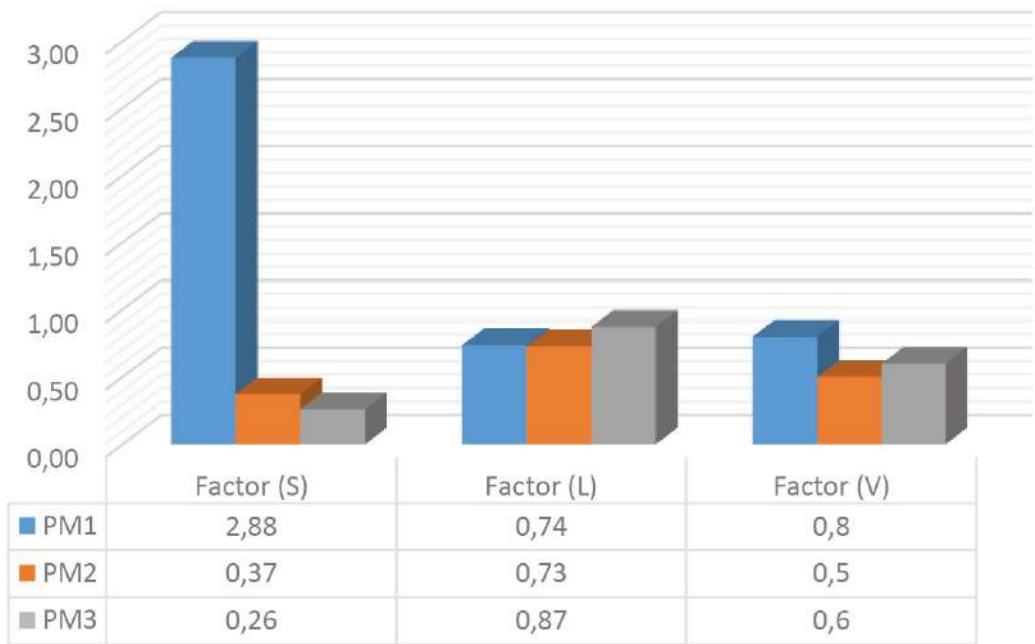
En el PM1 se observa una alta pérdida de suelo, alcanzando 144.8 Tn/ha, en suelos de textura franco arcillosa.

En contraste, en el PM3 la pérdida de suelo es significativamente menor, registrándose 4.3 Tn/ha

en suelos de textura franco arenosa.

Esta diferencia se atribuye principalmente a la influencia de factores como el grado de la pendiente, la longitud de la misma y la cobertura vegetal.

Figura 3. Relación de coeficientes de los factores en la pérdida de suelo por erosión hídrica

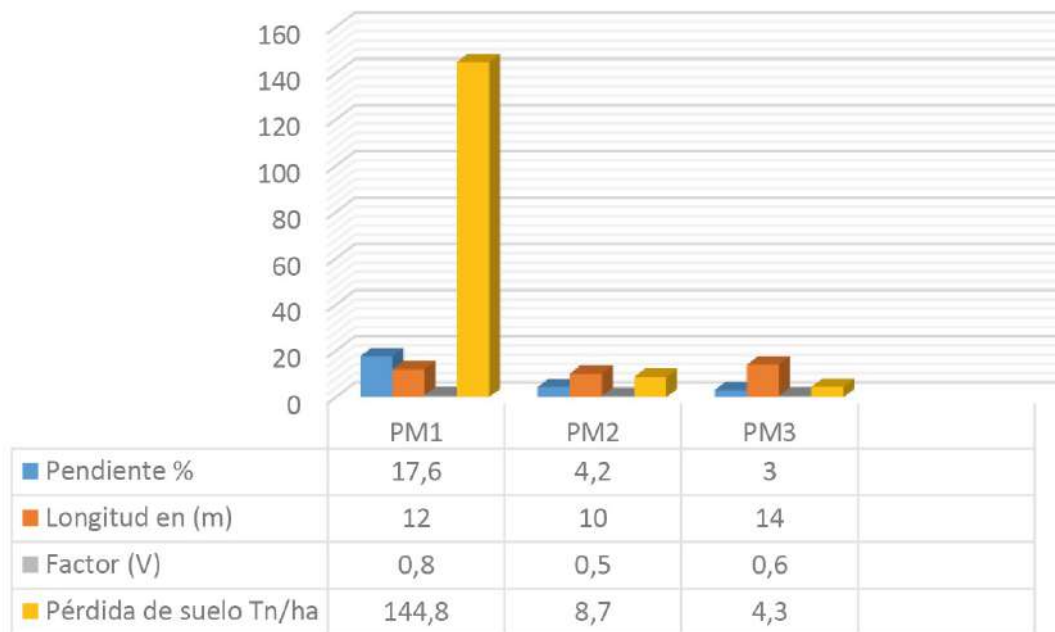


Nota. Se observa una relación de coeficientes de los factores de pendiente (s), Longitud (L) y Cobertura vegetal (V) con la pérdida de suelo por erosión hídrica.

Se puede observar que el factor de pendiente y vegetación en el PM1 es más elevado en comparación con los otros puntos de muestreo, por otro lado, en

el PM3, el factor de pendiente es más bajo, mientras que el factor de longitud es mayor en relación con los demás puntos de muestreo.

Figura 4. Incidencia de los factores en la pérdida de suelo por erosión hídrica



En el PM1 se observa una pérdida de suelo significativamente mayor, con 144.8 Tn/ha en comparación con los demás puntos de muestreo. Esta elevada erosión está influenciada por varios factores claves: la pendiente, que presenta una inclinación de 17.6 %, y la longitud de la pendiente que alcanza los 12 metros. Además otro factor determinante es la cubierta vegetal, el área presenta suelo desnudo, lo que agrava la vulnerabilidad del suelo ante los procesos erosivos.

Discusión

Los resultados obtenidos en esta investigación, correspondiente a un periodo de cuatro meses de precipitación, indican que el PM1 presenta la mayor pérdida de suelo, alcanzando un valor de 144.8 Tn/ha. Se estima que esta pérdida podría incrementarse hasta en un 100% si se considera un periodo anual de evaluación. Esta alta pérdida se atribuye principalmente al elevado grado de pendiente de 17.6% y a la falta de cobertura vegetal, con un índice alto de 0.8, a pesar de tratarse de un suelo de textura arcillo limosa. En un escenario de

evaluación anual, los valores obtenidos superarían lo reportado por Rivera y Iparraguirre (2024), en pendientes superiores al 15%, presentan erosión muy severa que va desde los 50 tn/ha/año hasta 125 tn/ha/año, asimismo Rengifo et al. (2022) relacionan la pendiente del suelo con el grado de erosión.

Por otra parte, el resultado del PM2 con una pérdida de 8.7 Tn/ha tiene una relación moderada con el coeficiente del factor pendiente de (0.37). No obstante, la textura franco limosa se presenta como el factor de mayor influencia en el incremento de la pérdida de suelo, duplicando la del MP3 (4.3 Tn/ha). Dado que la diferencia de pendiente entre PM2 y PM3 es mínima (1.2 %), esto sugiere que la mayor susceptibilidad a la erosión en el PM2 se debe principalmente a su textura. Este hallazgo coincide con lo señalado por Jaramillo V. J. (2021), quien indica que los suelos con alto contenido de limo son más propensos a la erosión.

Otro aspecto destacable es el grado de pendiente, como se observa en el PM3 donde se registró la menor pérdida de suelo (4.3 Tn/ha). Este resultado se atribuye a un coeficiente relativamente bajo

del factor pendiente (0.26), a pesar de contar con un coeficiente más alto del factor longitud ($L = 0.87$) y una textura franco arenosa. Esta última se considera sensible a la erosión debido a la facilidad con que sus partículas sueltas pueden ser arrastradas.

Estos hallazgos coinciden con los resultados de Casanova et al. (2023), quien observó que el factor (LS) tuvo una mayor incidencia en la estimación de la erosión hídrica condicionada por el relieve del terreno registrando una tasa de erosión de 0,10 tn/ha y 3252,22 tn/ha.

Al comparar los datos de pérdida de suelo por erosión hídrica con la clasificación del grado de erosión y pérdida de suelo (Jaya, 2023), el PM1 con una pérdida de 144.8 Tn/ha, se clasifica dentro del rango de riesgo de erosión muy alta: por su parte, el PM2 con 8.7 Tn/ha se encuentra en el rango de riesgo bajo, mientras que el PM3 con 4.3 Tn/ha se ubica en el rango muy bajo. Sin embargo, según la clasificación de la erosión por niveles del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC, 2023), los datos de erosión hídrica en los puntos de muestreo MP1 se clasifican como fuerte, mientras que los puntos MP2 y PM3 se consideran dentro del nivel de erosión nula a ligera.

Limitaciones en la investigación

Los puntos de muestreo (PM), al ser establecidos en condiciones naturales, presentan variaciones inherentes en factores topográficos, físicos y biológicos. Estas particularidades dificultan la posibilidad de realizar repeticiones de los tratamientos experimentales bajo condiciones homogéneas, lo cual puede incidir en la precisión y comparabilidad de los resultados.

Fortalezas y limitaciones de la ecuación

Una de las principales fortalezas de la nueva ecuación de pérdida de suelo

($X = Y * D * 10 * L * S * V$) radica en su capacidad

de incorporar variables clave como la longitud de la pendiente (L), el grado de pendiente (S) y el factor de cobertura vegetal (V). Esta inclusión hace más sensible a las características morfológicas del terreno, en comparación a la ecuación de Pizarro et al. (2009), que solo contempla la profundidad de erosión y la densidad aparente del suelo. Además, se destaca por su practicidad en campo, ya que los valores pueden obtenerse directamente mediante mediciones simples como la altura de la lámina de suelo erosionado (Y), la densidad aparente (D), la longitud y el grado de pendiente (L y S), complementados con observaciones cualitativas de la cubierta vegetal (V). Esta característica permite su adaptación a condiciones específicas del sitio, sin la necesidad de contar con bases de datos complejas ni calibraciones regionales como ocurre con la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE).

Sin embargo, la ecuación también presenta ciertas limitaciones. Una de ellas es que no considera el factor climático, particularmente la erosividad de la precipitación representada en la ecuación de USLE por el factor (R). Tampoco contempla el impacto de las prácticas de conservación y manejo del suelo, correspondiente al factor (P) en la de USLE. Este aspecto puede en alguna medida restringir su aplicabilidad.

Conclusiones

Al término del presente estudio se puede concluir lo siguiente:

- La nueva versión de la ecuación que integra los factores relacionados a la pérdida de suelo se convierte en una herramienta práctica para cuantificar la pérdida de suelo bajo diferentes condiciones topográficas de suelo, para diseñar estrategias de mitigación de los procesos erosivos.
- La textura de suelo es un factor crucial a considerar, como se observa en el sitio PM2, con una textura franco limosa que presenta el doble de pérdida de suelo en comparación con el PM3,

que tiene una textura franco arenosa. Aunque la diferencia en la pendiente entre ambos sitios es de solo 1.2%, el factor pendiente desempeña un papel clave en la interacción con la textura del suelo. A pesar de que el suelo franco arenoso (PM3) es más propenso a la erosión debido a su facilidad para ser arrastrado, registrándose una menor pérdida de suelo por erosión hídrica en comparación con el PM2, que tiene un suelo más estable.

- La cubierta vegetal (pasto dañado) demuestra claramente en el PM3 una menor pérdida de suelo, a pesar de presentar una textura franco arenosa y un coeficiente de factor de longitud (L) de 0.87, mayor al PM2.

Agradecimientos

A Estudiantes de la Carrera de producción Agropecuaria de Villa Alcalá de la asignatura de manejo integral de cuencas y sistemas agroforestales quienes colaboraron con el registro de los datos de campo.

“No puede haber un individuo cognoscitivo, si no vive en sociedad y preserva su medio, que le permita mantener su especie a lo largo del tiempo”

Bibliografía

Agama, M. M. (2022). Estimación de los factores que influyen en la pérdida de los suelos mediante la USLE en la microcuenca San Alberto del distrito de Oxapampa. Oxapampa - Perú: UNDAC.

Alvarado, G. V. (2021). Factores que inciden en la erosión hídrica. Ciencia y Práctica, 1(2), 12. doi:<https://doi.org/10.52109/cyp2021217>

Aramayo, V., Nosetto, M., & Cremona, M. V. (2024). Análisis de la susceptibilidad a la erosión hídrica en una cuenca de la Patagonia árida bajo distintos escenarios. Investigaciones Geográficas, 19.

Arias, M. P., Saz, M. A., & Escolano, S. (2023). Estimación de la erosión del suelo mediante el modelo RUSLE. Caso de estudio: cuenca

media alta del río Mira en los Andes de Ecuador. Investigaciones Geográficas, 207 - 230.

Calderón, C. J., Vizcarra, S. S., & Román, A. C. (2024). Modelado de la erosión hídrica del suelo mediante la metodología USLE en la cuenca del río Caplina al sur de Perú. 6, 11. doi:DOI: <https://doi.org/10.47796/ing.v6i00.1033>

Casanova, R. G., Delgado, D., & Panchana, R. (2023). Estimación de volúmenes de sedimentos por erosión hídrica empleando el modelo RUSLE en cuencas de la provincia de Manabí, Ecuador. Asociación española de Tedetección, 21. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/202436/Casanova-RuizDelgadoPanchana%20-%20Estimacion%20de%20volumenes%20de%20sedimentos%20por%20erosion%20hidrica%20empleand....pdf?sequence=1>

Castro, V. J., Cabrera, R. J., & Villarreal, N. J. (2023). Pérdida de suelo evaluado por el método USLE en la subcuenca del río Estibaná, Paraná. Acta Agronómica, 8. doi:<https://doi.org/10.15446/acag.v71n4.108071>

Condori, T. F., Pinto, V. E., & Príncipe, T. V. (06 de 2022). Pérdida de suelos por erosión hídrica en laderas semiáridas de la subcuenca Cairani-Camilaca, Perú. IDESIA, 40(2), 7 -15.

Cotler, H. (2020). Manual para evaluar la erosión de los suelos en zonas forestales. México: FMCN, CENTRO GEO.

Denoia, J., Bonel, B., & Di Leo, N. (2023). Efecto de la cobertura y del relieve sobre las pérdidas de suelo en la cuenca del Arroyo Ludueña, Santa Fe. FAVE, 11. Obtenido de <https://www.scielo.org.ar/pdf/favecv/v22/2362-5589-favecv-22-12.pdf>

Etchevers, B. J., Cruz, G. C., & Gallardo, L. J. (2024). La degradación del suelo y el futuro de la humanidad. MIX TEC, 13.

FAO. (12 de 05 de 2014). FAO. Obtenido de <https://www.fao.org/cuba/noticias/detail-events/en/c/271234/>

GAMA Gobierno Autónomo Municipal Alcala. (2006). Plan Municipal de Desarrollo 2006 - 2010.

Doctora Edilicia. Obtenido de <https://es.slideshare.net/slideshow/pdm-alcal-13311978/13311978>

ICC, Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. (2023). Estimación de la erosión hídrica del suelo a partir del modelo USLE en la vertiente del Pacífico de Guatemala. Santa Lucía Cotzumalguapa - Guatemala: ICC.

Jaramillo, V. J. (2021). Diagnóstico de la erosión hídrica del suelo aplicando modelo U.S.L.E mediante herramientas SIG. Polo del Conocimiento, 6(4). doi:10.23857/pc.v6i4.2589

Jaya, S. J. (2023). Altos niveles de erosión en una microcuenca tropical calculado mediante el modelo USLE. FIGEMPA, 15(1), 14. doi:<https://doi.org/10.29166/revfig.v15i1.4269>

Jiménez, J. C., Narducci, F. S., Sanhueza, J. R., Campos, J. H., & Cifuentes, H. U. (2012). Técnicas de conservación de suelos, agua, y vegetación en territorios degradados. Chile.

Matías, R. M., Gómez, D. J., Monterroso, R. A., Uribe, G. M., Jesús, V. H., Ruiz, G. P., & Asencio, C. (2020). Factores que influyen en la erosión hídrica del suelo en un bosque templado. Ciencias Forestales, 11(59), 21. doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i59.673>

Mercado, Z. C. (2014). Estimación y comparación de métodos teóricos con modelos matemáticos en la producción de sedimentos aplicación a la cuenca del río Allahualla. Puno - Perú: UNA.

Mérega, J. L. (2003). Desertificación y Sociedad Civil. Argentina. Obtenido de http://euroclimaplus.org/images/Publicaciones/Suelos/LAC_Desertificacion_Sociedad_Civil1.pdf

MITECO. (2022). Inventario nacional erosión de suelos. Madrid - España: MITECO. Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/desertificacion-restauracion/INES%20RESUMEN%202022.pdf>

Montesdeoca, A. L. (2020). Métodos

para determinar granulometría de los suelos. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/343894015_METODOS_PARA_DETERMINAR_GRANULOMETRIA_DE_LOS_SUELOS

Morales, C. (2012). Los costos de la inacción ante la desertificación y la degradación de las tierras en escenarios alternativos de cambio climático. Santiago - Chile: CEPAL.

Pedraza, P. E., Pedraza, S. A., Sánchez, C. I., & Yañez, C. L. (2022). Impacto de la cobertura en la erosión deposición del suelo por efecto de escorrentía superficial. Ingeniería Agrícola y Biosistemas, 16. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/inagbi/v14n1/2007-4026-inagbi-14-01-17.pdf>

Pennock, D., & McKenzie, N. (2016). Estado Mundial del Recurso Suelo. Roma - Italia: FAO.

Perales, A. M., & Zurita, M. M. (2023). Análisis de la erosión hídrica en la cuenca del río Tomayapo y su influencia en la vida útil del embalse el Molino. UAJMS, 16.

Piscitelli, M. (15 de julio de 2015). Degradación del suelo. Obtenido de <https://www.unicen.edu.ar/content/degradaci%C3%B3n-de-suelos>

Pizarro, R., Morales, c., Vega, L., Olivares, C., Valdés, R., & Balocchi, F. (2009). Propuesta de un modelo de estimación de erosión hídrica para la región de Coquimbo, Chile. Coquimbo - Chile.

Rengifo, R. I., Gómez, M. F., & Trochez, T. O. (2022). Modelo USLE para estimar la erosión hídrica en siete municipios de la zona andina colombiana. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, 20(2), 16. doi:<https://doi.org/10.18684>

Rivera, P. J., & Iparraguirre, J. K. (2024). Determinación de la erosión hídrica en la cabecera de cuenca del río Tulamayo, provincia de Concepción, departamento junín. Huancayo: Universidad Continental.