

Evaluación del riesgo de erosión por salpique en suelos de la cuenca alta del río Petaquire

Evaluation of the splash erosion hazard in soils of the Petaquire river high basin

Luisa Fernández De Andrade¹

¹Escuela de Geografía, Universidad Central de Venezuela.

RESUMEN

La identificación de las áreas con riesgos potenciales de erosión y la cuantificación de las pérdidas actuales y potenciales de suelo, constituyen aspectos importantes en la planificación y manejo de cuencas hidrográficas, más aún cuando se trata de cuencas altas, donde la ocurrencia de procesos erosivos se ve acelerada por la intervención del hombre en zonas de fuertes pendientes, así como, por encontrarse en ellas las nacientes de los ríos y las obras de represamiento de agua que son afectadas por el acarreo de sedimentos.

Varios modelos y técnicas de medición directa han sido desarrolladas en las últimas décadas para estimar la masa de sedimentos separada por el impacto de la gota de lluvia (pérdida de suelo por salpique). En la presente investigación se desarrolló y aplicó una técnica que consistió en el empleo de cilindros llenos de suelo no alterado utilizando toma muestras Uhland, técnica que se denomina cilindros de separación.

Los valores de pérdida de suelo resultaron mayormente relacionados con las características: porcentaje de cobertura a ras del suelo, contenido de materia orgánica, reconsolidación del suelo y porcentaje de esqueleto grueso.

Palabras claves: separabilidad, separación, salpique, erosionabilidad, uso y manejo.

ABSTRACT

The quantification in Venezuelan high basins has represented a problem of difficult solution due to scarce existint soil information in those difficult access areas, among other factors such as the time consuming and costly that result the direct measurements with the erosion plots, appraisal stations, among other commonly used techniques. Furthermore, if one consider that such quantifications have been realized through the application of the Universal Soil Loss Equation (USLE) and its modified version (MUSLE) which present limitation when basic information is lacked, such necessities call for a methodological procedure that takes into account these considerations.

It will be necessary to design a methodological procedure to diagnose the potential and current splash erosion hazard, taking as basic parameters the land use and its management, whose information is more easily obtained.

The objective of the present research work was to evaluate the potential and current splash erosion hazard at high basins level and its relationship with soil factors (detachability and erodibility) and land use. The soil loss quantification is performed through a methodology that uses undisturbed soil cylinders, different than the traditional methodologies (trays and cups) and much more economic and rapid if contrasted with the erosion plots.

The amount of soil loss obtained in this work, using the detachment cylinder methodology, resulted similar to the amounts measured in erosion plot with the same soils and land use. These facts show the validity of the application of this methodology for the quantification of soil losses, with the advantages indicated above.

Index words: detachability, detachment, splash, erodability, usage and management.

INTRODUCCIÓN

La cuantificación de las pérdidas de suelo en las cuencas altas de Venezuela ha representado un problema de difícil solución debido a la escasa información de suelos existente en esas inaccesibles áreas, así como lo largo y costoso que resultan las mediciones directas con parcelas de erosión o estaciones de aforo, entre otras técnicas posibles. Si además se consideran que para su cuantificación se ha venido aplicando la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (USLE) o su modificación (MUSLE), las cuales resultan limitadas cuando se carece de información edáfica, se hace necesario un procedimiento metodológico que tome en cuenta estas consideraciones.

En el estudio de la erosión hídrica se requiere conocer dos variables: a) la cantidad de suelo que se separa por efecto del salpique, b) la cantidad de suelo que es susceptible de ser transportado. De esto se deduce que en la erosión hídrica intervienen dos agentes activos: la energía cinética de las gotas de lluvia, que da origen al proceso de separación por el mecanismo de salpique, y el flujo de escorrentía que desencadena el proceso de transporte mediante el mecanismo de arrastre.

En el salpique, las partículas de suelo son aflojadas y transportadas en forma local; en ese proceso la mayor cantidad de energía se emplea en la separación y una pequeña parte en el transporte; lo contrario ocurre con el mecanismo de arrastre, donde la mayor proporción de la energía es requerida para transportar los materiales y una pequeña porción para separar el suelo. Hudson (1971) demuestra que la lluvia tiene 256 veces más energía cinética que la escorrentía, lo cual permite concluir que la separación del suelo por la lluvia es el sub proceso dominante en la erosión (Meyer y colaboradores, 1975).

De esta forma, la estimación de las pérdidas de suelo por salpique puede ser considerada como una medida de erosión hídrica; por ello el objetivo de esta investigación es evaluar el riesgo actual y potencial de erosión por salpique en una cuenca alta y sus relaciones con los factores suelo (separabilidad) y uso del suelo (cobertura y manejo).

ANTECEDENTES

Varias técnicas han sido desarrolladas en las últimas décadas para medir la masa de sedimentos separada por el impacto de la gota de lluvia. Una de ellas consiste en el empleo de un cilindro lleno de suelo preparado bajo condiciones estándar. El extremo superior del cilindro es expuesto al impacto de lluvia simulada; el exceso de agua que penetra en el suelo, drena a través de una malla colocada en el extremo inferior del cilindro. Se mide la cantidad de suelo removido por el impacto de las gotas de agua. Esta técnica es conocida como copas de salpicadura y fue desarrollada por Ellison (1947).

Ellison (1948) aplicando su metodología desarrolla un índice de separabilidad que representa la relación entre la cantidad de suelo y la cantidad de arena estándar de tamaño entre 150 y 250 micras, separados por el impacto de la gota de lluvia. Los diámetros señalados corresponden al tamaño de arena más separable.

En Venezuela, Páez (1985) aplica la metodología de Ellison utilizando copas de salpicadura, que son cilindros metálicos de 8 cm de diámetro y 6 de profundidad, con un fondo de tela metálica cubierto por papel secante, para drenar el exceso de agua y humedecer el suelo por capilaridad. En ellas se colocan agregados entre 2 y 4 mm, secados al aire. Igualmente se llenan copas con arena estándar, previamente tamizada entre 150 y 250 micras y tratada con ácido clorhídrico (HCl), agua oxigenada (H₂O₂) y agua destilada, con el fin de evitar cualquier tipo de agregación por agentes cementantes presentes (materia orgánica, carbonato de calcio, óxidos de hierro, entre otros). Las copas conteniendo los agregados y la arena, se secan en estufa a 60 °C por 24 horas, luego de lo cual se someten a lluvia simulada de alta intensidad por 15 minutos (60-80 mm/h); se secan nuevamente a estufa a 60 °C por 72 horas y por diferencia de peso se obtiene la cantidad de suelo y arena separados por salpique.

El trabajo de Páez (1985) determinó la erosionabilidad relativa de 20 suelos agrícolas venezolanos y sentó las bases para el desarrollo de un procedimiento metodológico que basado en copas o cilindros de salpicadura pudiesen ser estimadas las pérdidas potenciales y actuales de suelo conservando las condiciones de campo, principalmente la agregación y las condiciones de la superficie del suelo, como la cobertura a ras del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la presente investigación se desarrolló y aplicó un procedimiento metodológico (cilindros de separación), modificando la metodología de Ellison con la cual se determina el índice de separabilidad, utilizado como una medida de la erosionabilidad. La metodología desarrollada consiste en el llenado del cilindro con un toma muestra tipo Uhland, obteniéndose así una muestra de suelo no alterada que conserva las características de campo del suelo superficial (agregación, cobertura a ras del suelo, entre otras). Este cilindro se somete a lluvias simuladas y por diferencia de peso antes y después de la lluvia, se calcula el suelo separado (perdido) por salpique.

La experimentación se realizó sobre muestras, tomadas entre mayo y noviembre de 1992, con suelo superficial (primeros 10 cm) de la Estación Experimental Bajo Seco de la UCV ubicada en la cuenca del río Petaquire, Municipio Carayaca del Distrito Federal. Localizada en las siguientes coordenadas geográficas: 10°27'22" de Latitud Norte y 67°11'55" de Longitud Oeste, entre los 1600 y 2300 m.s.n.m.

Fueron preparadas muestras de suelo siguiendo la metodología de Ellison con el fin de determinar el índice de separabilidad. Así mismo se tomaron las muestras de suelo no alterado para la estimación de las pérdidas de suelo por salpique.

Las muestras de suelo tanto alteradas como no alteradas fueron tomadas en cuatro áreas de 25 x 20 metros cada una, previamente seleccionadas en base a dos usos de la tierra (cultivo permanente y anual mecanizado) en 2 unidades homogéneas de suelo determinadas por un análisis estadístico de agrupación (Cluster). En total el muestreo se realizó en 4 unidades suelo-uso: unidad suelo 1-durazno, unidad suelo 2-durazno, unidad suelo 1-repollo y unidad suelo 2-repollo.

En la unidad taxonómica Orthoxic Tropudults, francosa fina, mixta, isotérmica (Abreu y Ojeda, 1984) se localizó el área de muestreo identificada como unidad suelo 1/durazno. En la unidad taxonómica Aquic Tropudults, francosa fina, mixta, isotérmica (Henríquez y Serrano, 1986) se ubicó la unidad suelo 1/repollo. En la unidad taxonómica Typic Tropudults, francosa fina, mixta, isotérmica (Henríquez y Serrano, 1986) se dieron los dos usos requeridos en la investigación, siendo denominada como suelos 2.

El número total de datos obtenidos proviene de 120 copas de suelo alterado (30 por cada unidad suelo-uso) y el número total de cilindros de suelo no alterado fue de 360 (90 por cada unidad suelo-uso). Cada muestra corresponde a un punto de un muestreo espacialmente estratificado, con cuadrículas de 5x5 metros, realizado en cada una de las cuatro áreas seleccionadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En ambas unidades de suelo (1 y 2) consideradas como diferentes, según el análisis de agrupamiento (cluster), pero bajo un mismo uso permanente (durazno), las pérdidas de suelo por salpique y el índice de separabilidad mostraron valores similares. Estos resultados de pérdida de suelo y el índice de separabilidad respectivamente fueron 0.24 Mg/ha y 0.33 para la unidad de suelo más arcillosa, y 0.38 Mg/ha y 0.35 para la unidad de suelo más arenosa. En las dos unidades de suelo diferentes pero bajo uso de hortalizas (repollo) las pérdidas de suelo por salpique y el índice de separabilidad, también resultaron similares, 0.94 Mg/ha y 0.92 para la unidad de suelo más arcillosa y 0.83 Mg/ha y 0.86 para la unidad más arenosa. Del análisis de los valores encontrados se desprende:

- El uso del suelo homogeniza el comportamiento de éste ante la erosión por salpique, evidenciado por la similitud de las pérdidas encontradas en suelos diferentes bajo el mismo uso.
- Las pérdidas de suelo son mayores con uso hortícola que con uso permanente, lo que se explica por la mayor consolidación del suelo y cobertura a ras del suelo que brinda éste último uso.
- Los valores del índice de separabilidad obtenidos y que son el reflejo de la susceptibilidad del suelo a la separación por el mecanismo de salpique, indican que los suelos bajo un mismo uso tienden a parecerse debido a ciertas características que adquieren debido al tipo de utilización a consecuencia de la incorporación de materia orgánica y el grado de mecanización. Ello se evidencia en los elevados valores de separabilidad, en aquellos suelos donde el tipo de uso requiere alterar periódicamente las condiciones superficiales de suelo mediante la mecanización y donde el volumen de materia orgánica a incorporarse al suelo es bajo (cultivos hortícolas).

Los estudios de erosión en la Estación Experimental Bajo Seco realizados por Fernández (1989), Urbina (1990), Syoufi (1990) y Castillo (1991), indican como promedio de pérdidas de suelo determinadas en parcelas de erosión, para cultivos hortícolas sin prácticas conservacionistas, 1.58 Mg/ha; y en cultivos permanentes (durazno), 0.18 Mg/ha. Comparando las pérdidas de suelo obtenidas por ambas metodologías (parcelas de erosión y cilindros de separación), se observa que esta última, como era de esperarse, subestima los valores debido a que sólo mide pérdidas por separación mediante el mecanismo de salpique y no por el transporte (mecanismo de arrastre). Los valores confirman lo expresado por Ellison (1948), quien señala que

la separación por salpique constituye aproximadamente el 90% de las pérdidas de suelo y el 10% restante se atribuye al transporte.

Cuadro 1. Suelo separado por salpique e índice de separabilidad

Índices	D1	D2	R1	R2
Índice de Separabilidad	0.33	0.35	0.92	0.86
Suelo separado (Mg/ha)	0.24	0.38	0.94	0.83

D Y R = usos bajo durazno y repollo

1 y 2 = tipos de suelos

Fuente: Determinación y cálculos propios.

CONCLUSIONES

La hipótesis de trabajo que sirve de base a la presente investigación, establece que en la evaluación del riesgo de erosión por salpique en una cuenca alta, tiene mayor incidencia las características asociadas al uso y manejo que las características del suelo no vinculadas con éste, y en relación a esto se puede concluir:

La susceptibilidad del suelo a separarse por el mecanismo del salpique de la gota de lluvia, y estimado mediante el índice de separabilidad (cilindros con suelo alterado), indicó una mayor relación con las características del suelo afectadas por el uso y manejo que con otras características del suelo no variables con el uso.

El suelo separado por salpique bajo determinado uso, y estimado mediante los cilindros con suelo no alterado, reveló una mayor relación con las características del suelo asociadas al uso y manejo que con las características del suelo no vinculadas con éste.

En lo que respecta a la validación de la metodología desarrollada y aplicada para la medición de la pérdida de suelo por salpique se concluye que la metodología es apropiada. La aseveración anterior, comprobada por los resultados, permite concluir que el procedimiento metodológico desarrollado y empleado en esta investigación es una alternativa válida a utilizarse en la estimación de las pérdidas de suelo, ya que la erosión por salpique resulta una medida potencial de la cantidad de suelo que puede separarse y perderse si la pendiente lo permite.

Comparando los valores obtenidos de pérdidas de suelos utilizando los cilindros de suelo no alterado con los valores de pérdidas de suelo obtenidas en parcelas de erosión para similares suelos y usos, se observa que poseen una tendencia similar, pérdidas mayores en cultivos hortícolas y menores en frutales.

La metodología ensayada no requiere de largos períodos de observación, ni de costoso mantenimiento como es el caso de las parcelas de erosión, lo cual facilita numerosas repeticiones.

A diferencia de otras técnicas para medir pérdidas de suelo, como las bandejas de erosión, los cilindros de separación al ser llenados con suelo no disturbado conservan las condiciones de campo, referentes a densidad, agregación, características de la superficie y cobertura, que influyen grandemente en la pérdida de suelo.

RECOMENDACIONES

Evaluar la metodología de los cilindros de separación con suelo no alterado, en áreas con otros usos (vegetación natural boscosa, vegetación natural intervenida o pastos, cultivos anuales, diferentes frutales y hortalizas) y otros suelos ubicados en cuencas altas.

Profundizar en el análisis de las relaciones entre la separabilidad y separación por salpique con la características químicas del suelo, bajo diferentes usos.

Agradecimiento

La autora agradece el financiamiento obtenido para este proyecto por parte del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela. Así mismo, al Postgrado en Ciencia del Suelo por todo el apoyo prestado durante la realización de esta investigación y muy especialmente al tutor Profesor Graciano Elizalde.

LITERATURA CITADA

- Abreu, X. y E. Ojeda. 1984. Los suelos de la Estación Experimental Bajo Seco . Cotas 1720 a 1900 m s.n.m. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía. UCV. Maracay. Venezuela. 204 p.
- Castillo, M. 1991. Evaluación de sistemas de conservación de suelos y aguas en áreas montañosas bajo cultivo de papa, pasto, durazno, bosque natural y pino. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía. U.C.V. 86 p.
- Ellison, W. 1947. Soil erosion. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 12: 479-484.
- Ellison, W. 1948. Erosión by Rain drop. Scientific American. N 817. November. USA.

- Fernández, N. 1989. Evaluación de prácticas de conservación de suelos y aguas en cultivos hortícolas (repollo y coliflor). X Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Maturín. Venezuela. 10 p.
- Henríquez, M. y J. Serrano. 1986. Estudio agrológico detallado de la Estación Experimental Bajo Seco. Cotas 1900-2300. Trabajo de Grado . UCV. Maracay. Venezuela. 142 p.
- Hudson, N. 1971. Conservación del suelo. Editorial Reverte. S.A. España. 335 p.
- Meyer, L., G. Foster y S. Nicolov. 1975. Effect of flow rate and canopy on rill erosion. Trans. ASAE pp. 18:905-104.
- Páez, M. 1985. Evaluación de la erodabilidad y eficiencia de índices de erodabilidad en suelos agrícolas de Venezuela. Tesis Doctoral. Postgrado en Ciencia del Suelo. Facultad de Agronomía Universidad Central de Venezuela. 146 p.
- Syoufy, A. 1990. Evaluación de sistemas de conservación de suelos y aguas en cuencas altas. Parte I. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 84 p.
- Urbina, C. 1990. Evaluación de sistemas de conservación de suelos y aguas en cuencas altas. Parte II. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía. UCV. 84 p.