
USO DE CS PARA ESTABLECER LA TASA DE EROSIÓN DENTRO DE LA MICROCUENCA LA ZANGUENGA

Rodríguez, Indiana

Facultad de Ingeniería Civil - (FIC), Universidad Tecnológica de Panamá.
Panamá, Panamá
Indianarodriguez0@gmail.com

Esquivel, Alexander

Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas - (CIHH), Universidad Tecnológica de Panamá
Panamá, Panamá
alexander.esquivel@utp.ac.pa

Juri Ayub, Jimena

Instituto de Matemática Aplicada San Luis (IMASL), CONICET. Universidad Nacional de San Luis.
San Luis, Argentina.
jimena.juriayub@gmail.com

Valladares, Diego

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis.
San Luis, Argentina
valladares.diego@gmail.com

Flores, Isaías

Subcentro de Investigación e Innovación Agrícola y Forestal La Zanguenga, Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá.
La Chorrera, Panamá

Abstract

Erosion processes negatively affect the quality of soil, water, and air. The importance of erosion in the transfer of nutrients and pollutants within sediments, which often reach water bodies directly, has been recognized. Since 1960, radionuclides (^{137}Cs , ^{210}Pb and ^7Be) have been used more frequently to study the redistribution of soil resources within different geographic units. The objective of this study was to determine the ^{137}Cs inventories in the working area (micro-watershed of the Zanguenga creek), to analyze their potential use as a tracer of soil redistribution within the landscape; as well as, to quantify the annual rate of erosion/deposition in a study site mainly used for cattle grazing. At the reference site, a ^{137}Cs inventory of $451,89 \pm 78,13 \text{ Bq/m}^2$ with a relaxation mass depth of

34,71 kg/m² was detected and quantified. An average annual erosion rate of 2,1 ton/ha/year was estimated, which represents the loss of a soil layer of 0,31 mm per year; that is, in the last 58 years in the study site the topsoil layer has decreased by approximately 1,78 cm. The ¹³⁷Cs data were compared with the findings of conventional techniques (erosion plots and USLE model), giving similar results. The results of this research are an indication that the use of FRNs is possible in Panama.

Keywords: Erosion, inventory, radionuclide, sedimentation, soil.

Resumen

Los procesos erosivos afectan negativamente la calidad del suelo, agua y aire. Se ha reconocido la importancia de la erosión en el traslado de nutrientes y contaminantes dentro de los sedimentos, los cuales muchas veces llegan de manera directa a los cuerpos de agua. Desde 1960 han sido utilizados con mayor frecuencia los radionucleidos (¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb y ⁷Be) para estudiar la redistribución del recurso suelo dentro de las diferentes unidades geográficas. El objetivo de este estudio fue determinar los inventarios ¹³⁷Cs en el área de trabajo (microcuenca de la quebrada la Zanguenga), para analizar su uso potencial como trazador de la redistribución del suelo dentro del paisaje; así como, cuantificar la tasa anual de erosión/deposición en un sitio de estudio utilizado principalmente para el pastoreo de ganado. En el sitio de referencia se detectó y cuantificó un inventario de ¹³⁷Cs de 451,89±78,13 Bq/m² con una profundidad másica de relajación de 34,71 kg/m². Se estimó una tasa de erosión anual promedio de 2,1 ton/ha/año, lo que representa la pérdida de una capa de suelo de 0,31 mm por año; es decir, que en los últimos 58 años en el sitio de estudio la capa superior del suelo ha disminuido 1,78 cm aproximadamente. Los datos de ¹³⁷Cs fueron comparados con los hallazgos de técnicas convencionales (parcelas de erosión y modelo USLE), dando resultados similares. Los resultados de esta investigación son un indicativo de que el uso de los FRN es viable en Panamá.

Palabras claves: Erosión, inventario, radionucleido, sedimentación, suelo.

1. INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso natural fundamental para la humanidad y muchos organismos. Es la base para la producción de alimentos y tiene varias funciones ambientales. Desempeña un papel clave en los ciclos de agua, nutrientes y carbono [1]. Es considerado uno de los reservorios más importantes de carbono, posicionándolo como clave para la adaptación y mitigación del cambio climático. El balance de carbono puede verse afectado de una manera directa por la erosión, esto debido a la remoción y/o deposición de suelo, ya que este fenómeno disminuye la capacidad de fijación de carbono del recurso suelo [2]. En la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD), conocida como “Cumbre de la Tierra” o “Cumbre de Río”, celebrada en Río de Janeiro, en Brasil (1992), la degradación del suelo fue reconocida como uno de los problemas ambientales globales de mayor incidencia, junto con la contaminación ambiental, el agotamiento de la capa de ozono, el cambio climático y la pérdida de la diversidad biológica [3]. La degradación del suelo ha aumentado de forma rápida, se degradan aproximadamente de 5 a 7 millones de hectáreas de suelo cada año. Esto es causado por las inadecuadas y deficientes prácticas de gestión en la producción agrícola y ganadera [4]. Uno de los principales procesos de degradación del suelo lo constituye la erosión, principalmente hídrica, la cual se origina por la acción del agua sobre una superficie desprovista de cobertura vegetal. La erosión hídrica afecta alrededor del 80% de la superficie de los suelos agrícolas en el mundo [5].

Existe una creciente preocupación por los efectos producidos por la erosión del suelo y se ha reconocido el papel importante que juega en la transferencia de nutrientes y contaminantes asociado al traslado de sedimentos, incluyendo los plaguicidas agrícolas, por lo que se ha destacado la necesidad de evaluaciones cuantitativas fiables de las tasas y patrones de pérdida de suelo de las tierras agrícolas [6]. El uso de la técnica fallout radionuclides (FRN) ha demostrado ser una herramienta rentable para conocer la redistribución del suelo debido a la erosión dentro del paisaje. Se ha demostrado que son una importante fuente de información sobre los cambios ambientales en los suelos y su uso, teniendo para los cálculos de erosión relevancia mundial. Los FRN se han aplicado con éxito en la cuantificación, tanto de la pérdida de suelo (erosión) como de la ganancia de suelo (sedimentación) en numerosos países de Asia, Europa y América [7].

2. METODOLOGÍA

El área de estudio se localiza dentro de la microcuenca de la quebrada la Zanguenga. Esta microcuenca abarca un área de 1 600 ha, está ubicada en el corregimiento de Herrera, distrito de la Chorrera, provincia de Panamá Oeste. La principal actividad y fuente de ingreso de la comunidad es la producción de piña. Otras actividades que se realizan son la ganadería, producción avícola y producción de cerdos, pero a menor escala. Al ser esta una

microcuenca de uso agrícola y pecuario esta propensa a generar altos niveles de sedimentos, los cuales pueden llegar a los cuerpos de aguas más cercanos. Es importante resaltar que esta microcuenca se ubica dentro de la subcuenca del río Caño Quebrado, formando parte del área de captación hídrica del lago Gatún, que a su vez representa uno de los reservorios de importancia operativa del Canal de Panamá.

A. Sitio de referencia

La elección de este lugar es de vital importancia para lograr con éxito la aplicación de esta técnica nuclear en los estudios de redistribución de suelo. Este sitio se utiliza para definir un inventario de referencia, el cual será comparado con el inventario de los puntos monitoreados en el área de estudio, para establecer la existencia o no de zonas erosionadas o de acumulación de suelo, así como cuantificar las tasas de erosión y/o sedimentación. Este sitio debe presentar una distribución vertical decreciente.

Para su elección se tomó en cuenta que el sitio no mostrara evidencia de haber sufrido pérdida de suelo por procesos erosivos o ganancia por deposición, se puede presumir que el inventario presente solo refleja los ingresos provenientes de las precipitaciones y las pérdidas propias del decaimiento radiactivo del radionucleido y se localiza próximo al lugar bajo estudio. Se utilizó el muestreo a juicio de experto como técnica, para coleccionar las muestras.

B. Sitio de estudio

El uso y manejo de suelo predominante en el sitio de estudio seleccionado es la actividad pecuaria (cría de ganado vacuno en soltura dentro del potrero) y se seleccionó tomando en consideración los siguientes criterios: es un área que sufre procesos erosivos por el pisoteo constante del ganado; así como también, por los eventos de precipitación que se dan en la región, además de presentar pendientes de ligeras a moderadas, se cuenta con disponibilidad de información sobre la historia del uso de la tierra y su gestión, se localiza próximo al sitio de referencia y existe información básica sobre las características del suelo, clima (precipitaciones), geología y mapas topográficos del área de estudio [8].

Para la colecta de suelo se utilizó el muestreo en transecto, el cual consiste en establecer uno o más transectos a través de la superficie del área de estudio, el número final de muestras tomadas y la longitud del transecto se determinó a través de juicio de experto.

C. Equipo de muestreo de suelo y recolección de muestras

El equipo por utilizar depende del objetivo del muestreo, las características del suelo, la capacidad analítica existente, el número total de muestras a evaluar y la masa requerida

de la muestra. Para este estudio se utilizó el muestreo a profundidad, debido a que se quería contar con el perfil distribución vertical del radionucleido ^{137}Cs y así obtener las diferentes concentraciones que se encuentran para las diferentes profundidades utilizando un barreno holandés.

El ^{137}Cs en suelos no perturbados puede encontrarse de 25 a 30 cm ya que este no se desplaza más allá; sin embargo, para sitios cultivados puede estar presente hasta profundidades de 40 y 50 cm [8]. Tomando como línea de base las profundidades a las cuales se pueden encontrar los radionucleidos, se hizo una calicata para obtener las muestras de suelo en el sitio de referencia, sobre uno de los lados se demarcó una superficie de colecta constante al igual que la profundidad de corte. Para el sitio de estudio se estableció un transecto sobre el terreno, siguiendo la pendiente de este y se ubicaron 12 puntos de colecta, separados a una distancia uniforme. Se georreferenciaron todos los puntos de colecta del transecto.

D. Preparación de muestras en laboratorio

En el Laboratorio de Suelos y Materiales del Centro Regional de Veraguas de la Universidad Tecnológica de Panamá las muestras fueron pesadas a su llegada para registrar el peso húmedo, estas fueron ingresadas al horno a una temperatura de 105°C por 24 a 48 horas dependiendo del grado de humedad de la muestra, una vez secas las muestras fueron pesadas para obtener el peso seco, luego cada muestra fue triturada con mortero y pistilo; una vez molida la muestra fue pasada por un tamiz de 2 mm, fueron extraídos aproximadamente 550 g de cada muestra de suelo que paso el tamiz, para ser enviadas y analizadas en el Laboratorio de Espectrometría Gamma del Centro de Investigación en Ciencias Atómicas, Nucleares y Moleculares (CICANUM) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Resultados

En las muestras evaluadas, se detectó y cuantificó la actividad del ^{137}Cs . En el sitio de referencia el inventario de ^{137}Cs fue de $451,89 \pm 78,13 \text{ Bq/m}^2$, con una profundidad másica de relajación de $34,71 \text{ kg/m}^2$ y alcanzó una profundidad máxima de 22 cm.

La figura 1 muestra la distribución exponencial decreciente de la actividad de ^{137}Cs en el perfil de suelo, típico de suelos no perturbados.

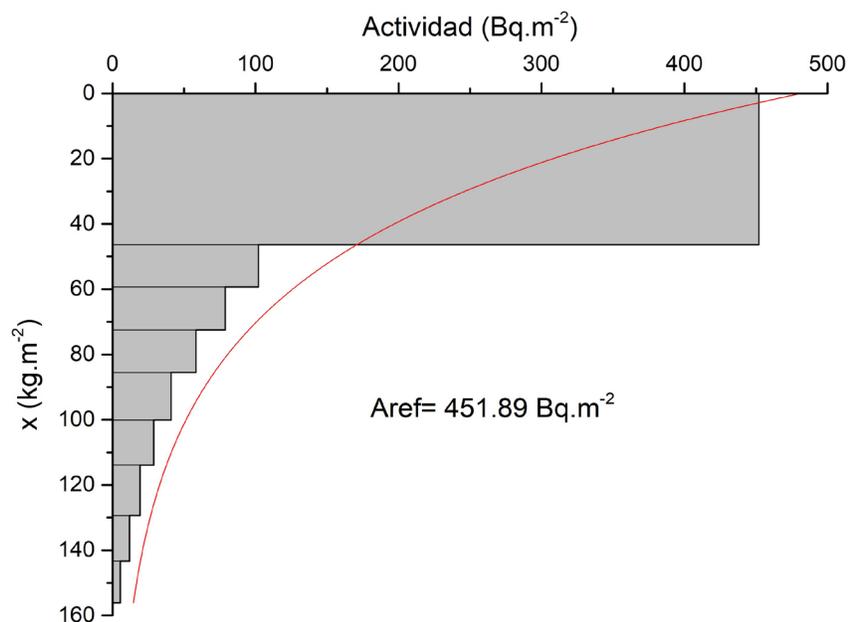


Figura 1. Perfil de distribución vertical del ^{137}Cs en el sitio de referencia.

Los inventarios ^{137}Cs obtenidos para el sitio de estudio en el transecto, son menores que el inventario de referencia de ^{137}Cs ($451,89 \pm 78,13 Bq/m^2$) por lo tanto, todos los puntos pueden asumirse como sometidos a erosión.

La figura 2 muestra la pérdida de suelo anual ($ton/ha/año$) en cada punto del transecto y la altura relativa de cada punto de muestreo. Los puntos con mayor tasa de erosión (puntos 1 y 11) son los que se encuentran ubicados en los mayores cambios de pendiente dentro del transecto; mientras que los puntos que muestran las menores tasas erosivas son aquellos ubicados en sitios donde el cambio en la pendiente es menor (puntos 3, 5 y 6), constituyendo sitios con erosión neta, pero resultado de pérdida pendiente abajo y ganancia de sedimentos de puntos ubicados en la parte superior de la ladera.

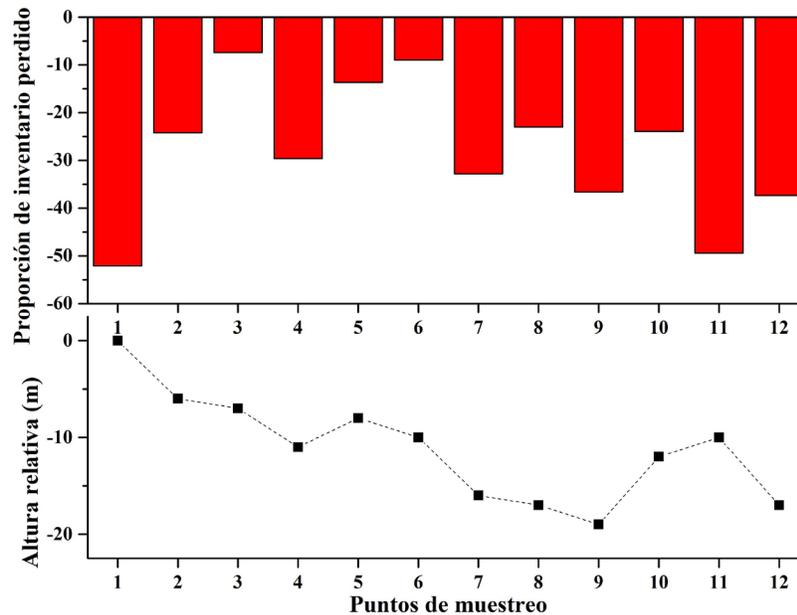


Figura 2. Pérdida de suelo de cada punto en el transecto a través de la pendiente.

Utilizando el modelo de distribución de perfil se estimó para el sitio de pastura una tasa anual de erosión de 2,1 ton/ha/año. Esto indica que se ha perdido por año una capa de suelo de 0,31 mm y desde el depósito de ^{137}Cs (hace 58 años), se ha perdido del sitio 1,78 cm. Estos resultados fueron comparados con otros estudios utilizando técnicas como las parcelas de escorrentía, realizado en la microcuenca de la quebrada la Zanguenga, que dieron como resultado una tasa de erosión de 1,6 ton/ha/año y el modelo USLE para la región de Panamá tasas erosivas entre 1,0 y 3,0 ton/ha/año [9]. Este valor es similar al estimado utilizando ^{137}Cs . Estas tasas erosivas permiten catalogar al sitio de pastura como un sitio de muy bajo riesgo de erosión según la FAO [2]. Dentro de la misma microcuenca, se determinaron los inventarios de ^{137}Cs en transectos de Sitio de Pastura, Cultivo de Piña y Finca Díaz. Los inventarios calculados para las diferentes áreas de estudio presentan valores menores al del sitio de referencia, lo que permite identificar que estas áreas están también sometidas a procesos erosivos.

4. CONCLUSIONES

Los inventarios de ^{137}Cs obtenidos indican que la microcuenca de la quebrada la Zanguenga está sometida a procesos de erosión, el sitio de estudio evaluado conocido como sitio de pastura está sometido a un proceso erosivo, con pérdida neta de sedimentos que se depositan en otras regiones de la cuenca; posiblemente en la quebrada la Zanguenga, la tasa anual de erosión fue de 2,1 ton/ha/año, perdiendo una capa de suelo de 0,31 mm/año. A través de estos resultados se comprueba que el uso de la técnica de ^{137}Cs para

estimar tasas de erosión/sedimentación es aplicable en nuestro país.

REFERENCIAS

- [1] E. Fulajtar, L. Mabit, C.S. Renschler and A. Lee Zhi Yi, Use of ¹³⁷Cs for soil erosion assessment. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Atomic Energy Agency, 2017.
- [2] Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, "Status of the World's Soil Resources (SWSR) - Main Report," Rome, Italy, 2015.
- [3] R. Y. Sibello Hernández, "Cuantificación de la erosión de los suelos en zonas de interés económico y ambiental de la provincia de Cienfuegos, Cuba, utilizando el cesio-137 como radiotrazador," Universidad de Alicante, 2013. [Online]. Available: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/36482/1/tesis_sibello_hernandez.pdf
- [4] ONU, "¿Es el suelo tan importante?" Accessed: May 10, 2023. [Online]. Available: <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/es-el-suelo-tan-importante>.
- [5] R. González Mateos, V. Volke Haller, J. González Ríos, M. Ocampo Portillo, C. Ortiz Solorio, and F. Manzo Ramos, "Effect of Soil Erosion on Maize Yield under Rainfed Conditions," Terra Latinoamericana, vol. 25, 2007.
- [6] W. H. Blake, D. E. Walling, and Q. He, "Fallout beryllium-7 as a tracer in soil erosion investigations," Applied Radiation and Isotopes, vol. 51, no. 5, pp. 599–605, 1999, doi: 10.1016/S0969-8043(99)00086-X
- [7] D. Duarte, "Inventário de radionuclídeos em solos do Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais, Brasil)," Universidades Federal de Ouro Preto, 2019.
- [8] IAEA, "Proyecto 'Environmental Radionuclides as Indicators of Land Degradation in Latin American, Caribbean and Antarctic Ecosystems', RLA 5/051 (ARCAL C)," Nov. 2009.
- [9] P. Borrelli et al., "An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion," Nat Commun, vol. 8, no. 1, Dec. 2017, doi: 10.1038/s41467-017-02142-7.

AUTORIZACIÓN Y LICENCIA CC

Los autores autorizan a APANAC XIX a publicar el artículo en las actas de la conferencia en Acceso Abierto (Open Access) en diversos formatos digitales (PDF, HTML, EPUB) e integrarlos en diversas plataformas online como repositorios y bases de datos bajo la licencia CC:

Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

Ni APANAC XIX ni los editores son responsables ni del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en el artículo.