



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v12i2.4801>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

Cálculo del coeficiente R como factor erosivo de la subcuenca de Río Chico

Calculation of the R coefficient as an erosive factor of the Río Chico sub-basin

Cálculo do coeficiente R como factor erosivo da sub-bacia do Rio Chico

Hidalgo Rosado Ronald Roman ^I
rhidalgo1937@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0000-8422-5589>

Paz Villamil Wilson Javier ^{II}
wpaz8837@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0008-6097-6781>

César Iván Palma Villavicencio ^{III}
cesar.palma@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-9564-8296>

Correspondencia: rhidalgo1937@utm.edu.ec

***Recibido:** 10 de marzo de 2026 ***Aceptado:** 30 de marzo de 2026 * **Publicado:** 20 de abril de 2026

- I. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
- II. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
- III. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

Cálculo del coeficiente R como factor erosivo de la subcuenca de Río Chico

Resumen

El Factor R es un indicador empleado en estudios sobre erosión hídrica para medir el potencial de la lluvia para causar erosión en una región determinada. Este factor forma parte del Modelo Universal de Pérdida de Suelo (USLE, por sus siglas en inglés) y su versión revisada (RUSLE), herramientas ampliamente reconocidas para calcular la pérdida promedio de suelo debido a procesos erosivos. En este análisis, el Factor R representa la capacidad erosiva de la lluvia, basada en la energía cinética generada por las precipitaciones. Esta energía es suficiente para fragmentar el suelo en partículas individuales, las cuales pueden ser desplazadas por salpicaduras o escorrentías. Este proceso está relacionado con las características físicas de la lluvia: las gotas más grandes poseen mayor masa y velocidad de caída, lo que aumenta la energía cinética del impacto. A mayor energía cinética, el suelo se desagrega más fácilmente, incrementando la pérdida de suelo. El estudio se desarrollará mediante una metodología descriptiva y cuantitativa, que permitirá calcular los valores de erosividad específicos para la subcuenca del Río Chico.

Palabras Claves: erosión; lluvia; energía; suelo; pérdida.

Abstract

The R-factor is an indicator used in water erosion studies to measure the potential of rainfall to cause erosion in a given region. This factor is part of the Universal Soil Loss Model (USLE) and its revised version (RUSLE), widely recognized tools for calculating average soil loss due to erosive processes. In this analysis, the R-factor represents the erosive capacity of rainfall, based on the kinetic energy generated by precipitation. This energy is sufficient to fragment the soil into individual particles, which can be displaced by splash or runoff. This process is related to the physical characteristics of rainfall: larger raindrops have greater mass and fall velocity, which increases the kinetic energy of the impact. The greater the kinetic energy, the more easily the soil disintegrates, increasing soil loss. The study will be conducted using a descriptive and quantitative methodology, which will allow for the calculation of specific erosivity values for the Río Chico sub-basin.

Keywords: erosion; rain; energy; soil; loss.

Resumo

O fator R é um indicador utilizado em estudos de erosão hídrica para medir o potencial erosivo da chuva numa determinada região. Este fator faz parte do Modelo Universal de Perda de Solo (USLE)

Cálculo del coeficiente R como factor erosivo de la subcuenca de Río Chico

e da sua versão revista (RUSLE), ferramentas amplamente reconhecidas para o cálculo da perda média de solo devido a processos erosivos. Nesta análise, o fator R representa a capacidade erosiva da chuva, com base na energia cinética gerada pela precipitação. Esta energia é suficiente para fragmentar o solo em partículas individuais, que podem ser deslocadas por salpicos ou escoamento superficial. Este processo está relacionado com as características físicas da chuva: gotas maiores têm maior massa e velocidade de queda, o que aumenta a energia cinética do impacto. Quanto maior for a energia cinética, mais facilmente o solo se desintegra, aumentando a perda de solo. O estudo será conduzido com recurso a uma metodologia descritiva e quantitativa, que permitirá o cálculo de valores específicos de erosividade para a sub-bacia do Rio Chico.

Palavras-chave: erosão; chuva; energia; solo; perda.

Introducción

Este estudio presenta una estimación de la pérdida media anual de suelo en la cuenca del río Chico durante el año 2022, empleando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (Castillo Barrena et al., 2021). Según Escobar Anccasi et al. (2021), esta ecuación es una herramienta útil para calcular la cantidad de suelo erosionado como resultado de la interacción entre la lluvia y la escorrentía. Además, como indica Tiellasuca (2020), la erosión hídrica impacta negativamente la calidad y productividad del suelo, así como la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que este proporciona. Por esta razón, es fundamental implementar una gestión y un uso sostenible de los suelos, asegurando su conservación y protección para las generaciones actuales y futuras (Miranda Ruíz et al., 2020).

Por su parte, Rengifo-Rengifo et al. (2022) señalan que la erosión del suelo es un problema que compromete tanto la sostenibilidad ambiental como la seguridad alimentaria a nivel global. Este fenómeno ocurre debido a la interacción entre las precipitaciones y las actividades humanas que alteran el equilibrio natural del suelo. En este trabajo, se pretende medir la pérdida de suelo causada por la erosión hídrica mediante la aplicación del método USLE (Castillo Barrena et al., 2021).

Este estudio aborda la problemática de la erosión del suelo en la cuenca del río Chico, situada en el cantón Portoviejo, provincia de Manabí, Ecuador. Dicha subcuenca presenta características inestables en lo que respecta a las laderas y zonas montañosas por proceso continuo de deforestación que conjuntamente, con las intensidades impacta negativamente la cobertura vegetal y desmejora la calidad del suelo. En el área donde se asienta la subcuenca predominan suelos de textura franco-

Cálculo del coeficiente R como factor erosivo de la subcuenca de Río Chico

arenosa con un elevado contenido de materia orgánica suelta, mientras que en las zonas bajas los suelos son principalmente francos arcillosos (Benites et al.).

Además, otros factores como la lluvia, la pendiente, la vulnerabilidad del suelo, la falta de cobertura vegetal y la ausencia de medidas de conservación, provocan una pérdida progresiva de suelo en el área de estudio. Esto amenaza la seguridad alimentaria y el bienestar económico de los agricultores de esta región. La investigación tiene como objetivo analizar la situación de la erosión del suelo en la subcuenca del río Mosquito y cómo esto repercute en la comunidad que vive en esta zona; además se propondrá un análisis de la vegetación saludable calculando el NDVI (Gavilanes Jaen, 2020).

Asimismo, factores como las precipitaciones, la inclinación del terreno, la fragilidad del suelo, la falta de cobertura vegetal y la ausencia de prácticas de conservación contribuyen a una pérdida progresiva de suelo en la zona estudiada. Esta situación pone en riesgo la seguridad alimentaria y afecta negativamente la economía de los agricultores locales. El propósito de esta investigación es evaluar la problemática de la erosión del suelo en la subcuenca del río Mosquito y analizar su impacto en la comunidad que habita la región. Además, se realizará un estudio de la vegetación saludable utilizando el cálculo del NDVI (Gavilanes Jaen, 2020).

METODOLOGIA

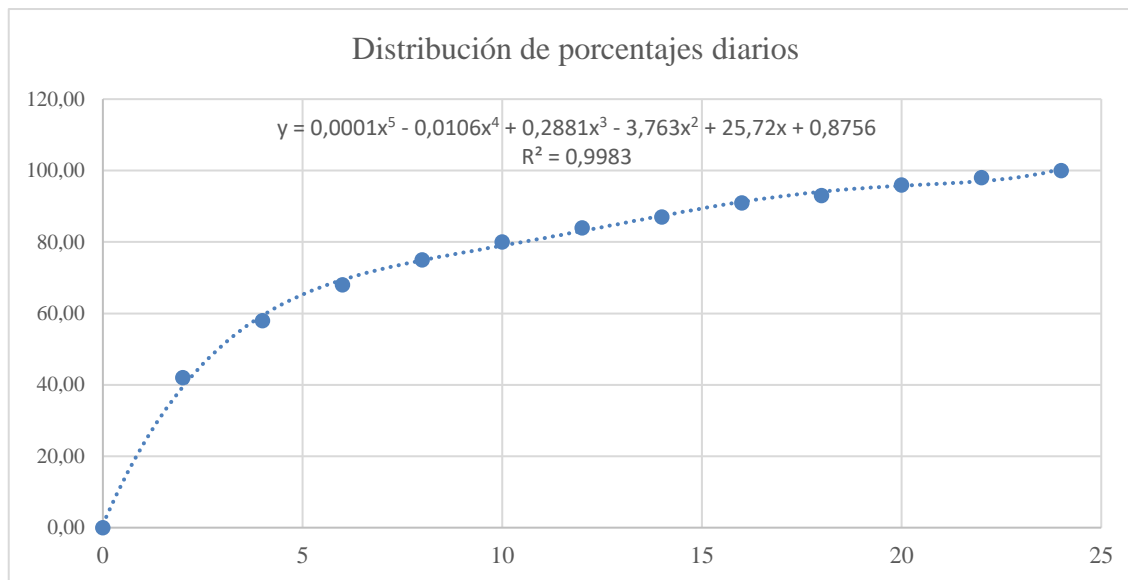
Este estudio se llevó a cabo en el cantón Portoviejo, específicamente en la subcuenca del río Chico, que es un afluente del río Portoviejo. Esta subcuenca abarca una superficie aproximada de 474.88 km², lo que equivale al 18.95% del área total de la cuenca del río Portoviejo. Geográficamente, la subcuenca del río Chico está localizada en las coordenadas UTM Y: 9889603.07 y X: 567068.75, y comprende alrededor de 80 comunidades.

El método empleado para calcular los valores del parámetro R fue el propuesto por la fórmula de Wischmeier-Smith en 1958. Este enfoque consiste en recolectar datos pluviométricos de la zona de estudio que registren precipitaciones superiores a 13.5 mm. Los datos de los eventos de lluvia fueron obtenidos y clasificados por el INAMHI, según se muestra en la **Tabla 1**.

Para obtener los valores de las intensidades de lluvia cada 30 minutos, se utilizó una fórmula de regresión para calcular las precipitaciones máximas ocurridas en un período de 24 horas.

Cálculo del coeficiente R como factor erosivo de la subcuenca de Río Chico

Grafico 1: Ecuación de datos de regresión mediante la distribución diaria de precipitación



Después de obtener la fórmula de distribución, se procedió a calcular las intensidades de lluvia cada 30 minutos, utilizando la ecuación siguiente.

$$I = \frac{Pp * 60}{30}$$

Pp= Precipitación en mm para cada intervalo de tiempo

60: corresponde al factor de conversión (min/h) para expresar la intensidad de cada intervalo en mm/h.

30: corresponde al tiempo fijo (min) en el cual se realizó la lectura de las estaciones meteorológicas.

Tabla 1: Datos de precipitación de las estaciones meteorológicas

N°	Nombre de la Estación	Coordenadas		Elevación	CODIGO	PRECIP_MM
		X	Y	Z		
1	Manta Inocar	529607.70	9896745.30	3	M047	339.265
2	Puerto Cayo	529325.34	9850843.98	6	M457	408.738
3	Portoviejo-UTM	559523.22	9884982.17	60	M005	527.118
4	Pichilingue	671167.34	9878372.68	120	M006	2165.35
5	Manta Aeropuerto	535232.44	9894994.75	12	M074	226.337
6	El Carmen	671938.74	9968948.11	250	M160	2525.32
7	Chone	599185.83	9922066.78	20	M162	1172.65
8	Boyacá	588400.30	9937145.28	370	M163	894.268

Cálculo del coeficiente R como factor erosivo de la subcuenca de Río Chico

9	Rocafuerte	561349.93	9905400.22	20	M165	453.618
10	Olmedo-Manabí	587791.41	9845734.15	50	M166	1626.7
11	Jama	580799.64	9977124.57	5	M167	737.759
12	Pedernales-Manabi	605097.76	9993551.53	20	M168	994.274
13	Julcuy	540911.18	9836411.78	240	M169	674.243
14	Camposano # 2	566616.98	9823940.07	220	M171	1314.2
15	Estancilla	587159.33	9909725.24	0	M296	787.857
16	Simbocal	579743.79	9926307.47	0	M297	790.35
17	San Isidro-Manabi	593441.49	9959038.04	150	M446	673.105
18	24 de Mayo	564710.04	9858636.79	115	M447	907.733
19	La Laguna	541812.73	9872580.49	200	M448	356.106
20	Sancan	545983.04	9860943.20	245	M449	515.446
21	Camarones-Manabi	524784.87	9875161.34	180	M450	425.294
22	El Anegado	551324.59	9836471.24	380	M451	965.154
23	Zapote	605083.81	9896271.70	50	M452	1265.62
24	Chorrillos	534613.23	9883481.05	220	M453	547.027
25	Rio Chico en Alajuela	578715.81	9883443.13	20	M454	797.576
26	Joa-Jipijapa	540758.45	9847495.81	195	M455	426.984
27	Jama AJ Jaramijo	582963.07	9969540.23	20	M456	351.482
28	Colimes de Pajan	554628.06	9823912.53	200	M458	1112.21
29	San Pablo-Manabi	545420.53	9825480.44	435	M459	1582.1
30	Junin	588083.86	9896705.80	70	M462	982.319
31	Rio Chamotete-Jesus Maria	585361.31	9885406.72	40	M464	1148.62
32	Poza Honda	589006.09	9876562.52	0	MA29	1099.61
34	Lodana	568606.76	9871040.58	0	M298	749.21

En este estudio, se identificaron los eventos de lluvia como el factor desencadenante de la energía, utilizando diversas ecuaciones. Además, se clasificaron los distintos tipos de cobertura y uso del suelo en la subcuenca del río Chico, realizando esta clasificación a través de mapas temáticos.

Cálculo del coeficiente R como factor erosivo de la subcuenca de Río Chico

$$R = \sum_{i=1}^k EI30$$

R= factor de erosividad del suelo

E= energía expresada en MJ.mm/(ha-hora)

$$E = eP$$

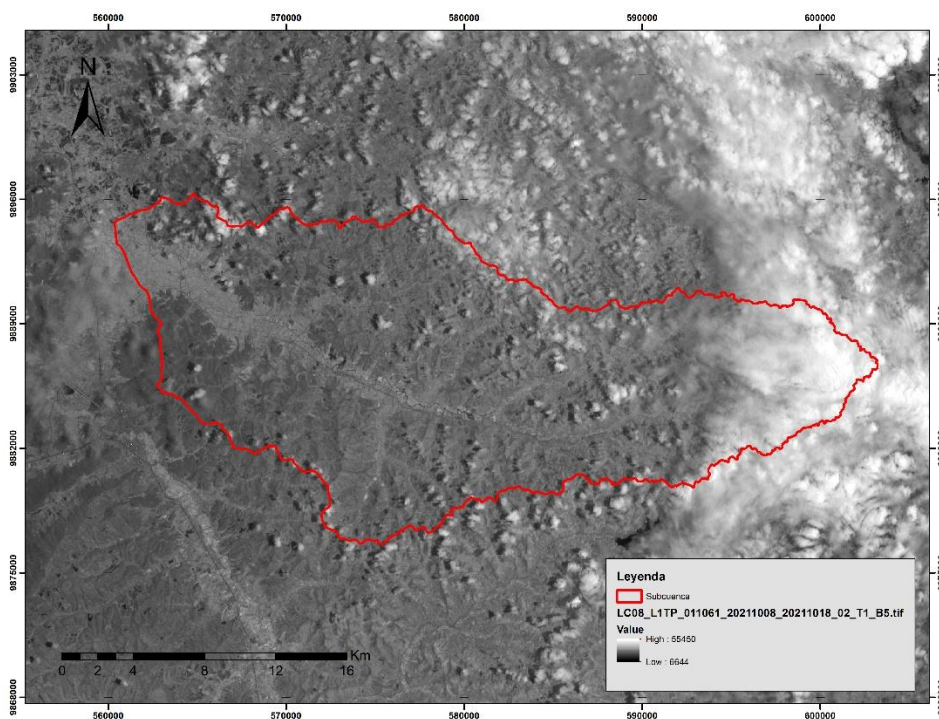
e= ecuación logarítmica Wischmeier-Smith

P= precipitación

$$e = 0.1191 + 0.0873 \text{Log}_{10} I$$

Se realizó el análisis correspondiente de la magnitud de la erosividad utilizando las ecuaciones mencionadas previamente, y los resultados fueron procesados en un programa de georreferenciación. En este proceso, se obtuvieron datos del NDVI a partir de imágenes satelitales del Landsat 8.

Ilustración 1: Imagen Satelital Landsat 8



Una vez que se obtuvieron las imágenes satelitales, se procedió a calcular el NDVI de la subcuenca en estudio, lo que permitió evaluar la salud de la vegetación de los cultivos. Este dato resultó fundamental para comprender el impacto de las actividades humanas, ya que facilitó la evaluación del grado de deforestación en la zona. Los datos del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) se calcularon utilizando la siguiente ecuación:

Cálculo del coeficiente R como factor erosivo de la subcuenca de Río Chico

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

Ilustración 2: Índice de Vegetación Normalizada

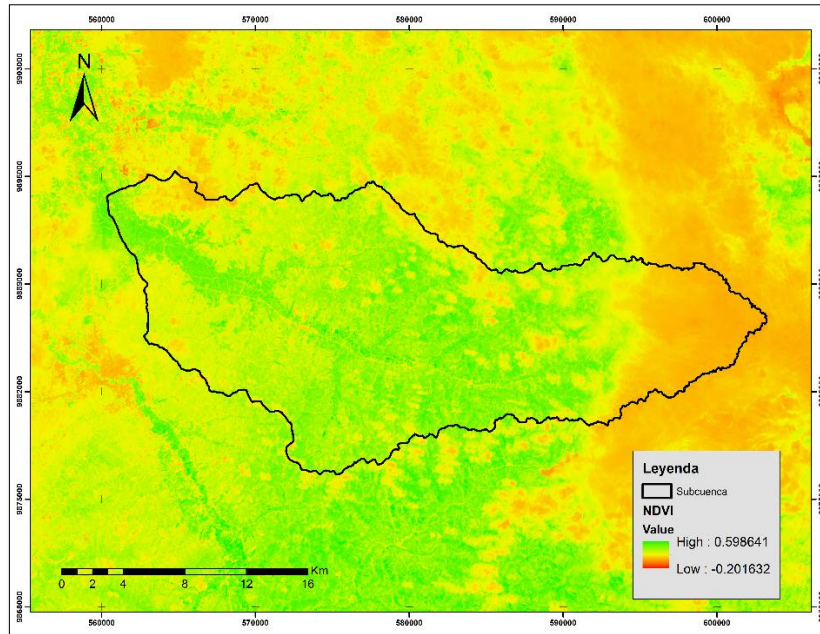
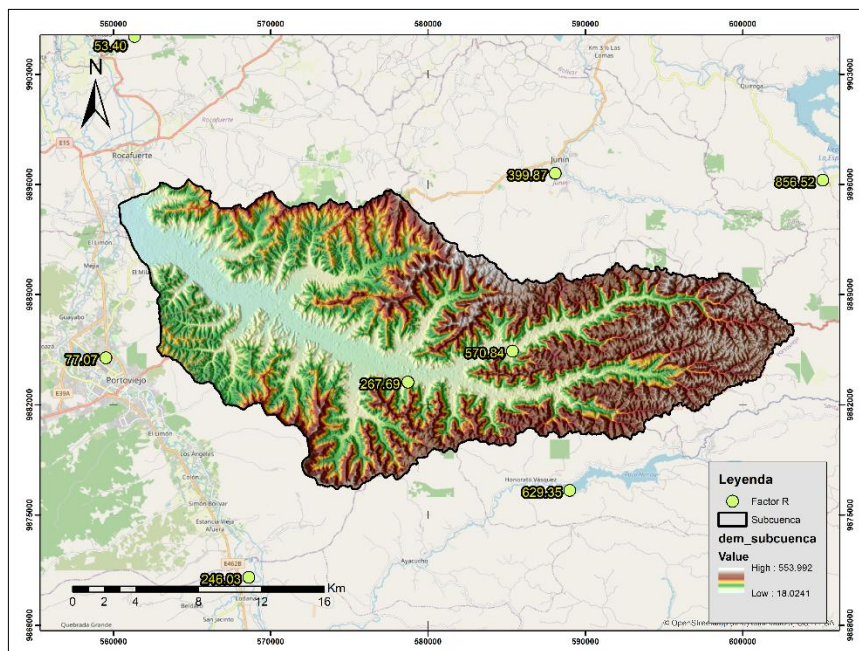


Ilustración 3: Factor R de la subcuenca



El Factor R, que determina la erosividad del suelo, se calculó a partir de datos geospaciales procesados mediante la energía cinética obtenida de los valores derivados de la ecuación de

Cálculo del coeficiente R como factor erosivo de la subcuenca de Río Chico

precipitación, así como de las intensidades de los eventos de lluvia ocurridos cada 30 minutos. Tras procesar estos datos, se creó el Raster correspondiente al Factor R.

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Los valores obtenidos de los Raster procesados mediante el programa de georreferenciación ArcGIS indican que las precipitaciones multianuales en la cuenca son altas, especialmente durante la temporada de lluvias, superando los 855 mm. Esto también sugiere que en la subcuenca del río Chico predominan suelos arcillosos y franco-arcillosos, lo que los hace propensos a la inestabilidad. Además, la falta de cobertura vegetal y la energía generada por las lluvias contribuyen al arrastre de sedimentos debido a la descomposición del suelo. Asimismo, se puede señalar que la subcuenca en análisis presenta una alta actividad agropecuaria, como lo demuestran los datos calculados del índice de vegetación normalizada y el mapa temático de la Ilustración 2, donde se evidencia una gran cantidad de áreas agrícolas, lo que genera importantes efectos de erosión en la subcuenca.

Por lo tanto, al analizar los diferentes mapas temáticos, podemos concluir que en la cuenca se genera una energía cinética que no supera los 700 MJ mm/(ha.hora), lo que indica que este valor es relevante para provocar problemas de descomposición del suelo debido a la energía que se produce en la subcuenca.

CONCLUSION

Los datos obtenidos en este proceso de investigación, mediante los análisis espectrales y la distribución espacial de los eventos de lluvia, indican que, según la metodología utilizada, son datos específicos basados en ecuaciones de la literatura, los cuales fueron ajustados y calibrados a través de procesos de regresión polinómica.

Una vez obtenidos los valores del NDVI, que varían entre 0.20 y 0.60, se distribuyen tanto en las zonas altas como en las bajas, lo que evidencia la gran intervención humana, especialmente en las actividades agrícolas, que son fundamentales para la economía y el desarrollo del cantón.

Asimismo, podemos señalar que la energía mostrada en los mapas temáticos, en relación con el Ráster del factor R, está vinculada a los eventos de lluvia ocurridos durante la temporada de invierno, que abarca desde enero hasta abril, generando una considerable cantidad de energía en la subcuenca del río Chico.

Cálculo del coeficiente R como factor erosivo de la subcuenca de Río Chico

Por lo tanto, estos datos relacionados con las actividades de lluvia e intervención humana deben ser considerados una señal de alerta para las autoridades locales, quienes deben desarrollar una planificación de desarrollo sostenible tanto en infraestructura como en el cuidado del medio ambiente a nivel local, provincial y nacional.

Referencias

- Benites, E. T., Becerra, J. C., Gil, J. U., Cedillo, L. T., & Torres, P. S. R. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas* volumen 11 número 8 12 de noviembre-31 de diciembre, 2020.
- Castillo Barrena, M. d. C. D., & Perez Moran, M. E. (2021). Impacto de la erosión hídrica del suelo y la cobertura vegetal en la cuenca alta del río Moche 2020.
- de Jesús, M. A., Solorio, C. A. O., & Castorena, M. d. C. G. J. T. L. (2001). Clasificación de los suelos de la Meseta Tarasca, Michoacán. *19(3)*, 227-239.
- Delgado, J. J. S. S. (2020). Estimación de la pérdida de suelos utilizando el modelo USLE y herramientas SIG, en la cuenca del río Chillón, Lima, Perú. *1(1)*, e007-e007.
- Escobar Anccasi, J. L., & Soto Escobar, C. (2021). Erosión hídrica mediante el modelo USLE para la sostenibilidad del suelo de la subcuenca Vilca a través de sistemas de información geográfica en la región Huancavelica 2020.
- Gavilanes Jaen, S. E. (2020). Índice de vegetación normalizada (NDVI) y su influencia en la agricultura de precisión. BABAHOYO: UTB, 2020,
- Miranda Ruíz, V. E., & Viloría Pacheco, A. (2020). Determinación de la susceptibilidad de los suelos a la erosión potencial en la zona centro-sur de la microcuenca arroyo grande, San Carlos-Córdoba, mediante la utilización de sistemas de informacion geografica (sig).
- RENGIFO-RENGIFO, I.-Y., MUÑOZ-GOMEZ, F.-A., & TORO-TROCHEZ, O.-A. J. B. e. e. S. A. y. A. (2022). Modelo USLE para estimar la erosión hídrica en siete municipios de la zona andina colombiana. *20(2)*, 29-44.
- Ticllasuca, A. A. J. T. (2020). Análisis temporal del nivel de la erosión hídrica de la subcuenca del río Ichu 2013 y 2017. *3(2)*.
- Zulaica, L., Vazquez, P., & Daga, D. J. R. d. G. N. G. (2020). Transformaciones territoriales en el periurbano hortícola de Mar del Plata (Argentina) y su incidencia en los procesos de erosión hídrica. *(75)*, 179-200.