



DOI: [10.23857/dc.v9i3.3500](https://doi.org/10.23857/dc.v9i3.3500)

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

*Evaluación espacio-temporal del factor C de la Rusle entre las cuencas del río
Portoviejo y Chone*

*Spatiotemporal evaluation of the C factor of the Rusle between the Portoviejo and
Chone river basins*

*Avaliação espaço-temporal do fator C do Rusle entre as bacias dos rios Portoviejo e
Chone*

Mario Alberto Moreno-Véliz ^I

mmoreno2851@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0007-0129-939X>

Paúl Alfredo Ferrín-Guillen ^{II}

pferrin9675@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0007-9578-1215>

Daniel Delgado ^{III}

daniel.delgado@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-5251-8037>

Correspondencia: mmoreno2851@utm.edu.ec

***Recibido:** 29 de junio de 2023 ***Aceptado:** 12 de julio de 2023 * **Publicado:** 11 de agosto de 2023

- I. Estudiante Departamento de Construcciones Civiles y Arquitectura, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Universidad Técnica de Manabí; Portoviejo, Ecuador.
- II. Estudiante Departamento de Construcciones Civiles y Arquitectura, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.
- III. Docente Departamento de Construcciones Civiles y Arquitectura, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Universidad Técnica de Manabí. Red de Desarrollo Urbano Sostenible de Manabí; Portoviejo, Ecuador.

Resumen

El deterioro del suelo es un problema clave en la planificación territorial, con consecuencias ambientales que obstaculizan el desarrollo sostenible. La implementación de prácticas de conservación sostenibles requiere comprender el riesgo y la distribución espacial de la erosión del suelo. El modelo RUSLE y su Factor C, calculados a través del NDVI, son herramientas predictivas utilizadas globalmente para estimar la erosión del suelo y evaluar el impacto de las prácticas de cultivo y gestión. Este estudio busca evaluar la distribución espacial y temporal del Factor C en las cuencas de los ríos Portoviejo y Chone, utilizando archivos del periodo 2001 al 2020 de NDVI obtenidos mediante MODIS y procesados en QGIS y R. Se determinó una dispersión significativa en la cobertura vegetal, con presencia de espesores moderados a densos en ambas cuencas analizadas. Asimismo, los valores del Factor C mostraron una notable variabilidad espacial, identificando regiones donde podrían registrarse mayores problemas de erosión ante estos eventuales procesos naturales.

Palabras claves: Factor C; RUSLE; erosión del suelo; MODIS; NDVI.

Abstract

Soil deterioration is a key problem in territorial planning, with environmental consequences that hinder sustainable development. Implementing sustainable conservation practices requires understanding the risk and spatial distribution of soil erosion. The RUSLE model and its Factor C, calculated through NDVI, are predictive tools used globally to estimate soil erosion and assess the impact of cultivation and management practices. This study seeks to evaluate the spatial and temporal distribution of Factor C in the Portoviejo and Chone river basins, using NDVI files from the period 2001 to 2020 obtained by MODIS and processed in QGIS and R. A significant dispersion in the vegetation cover was determined, with the presence of moderate to dense thicknesses in both analyzed basins. Likewise, the values of Factor C showed a notable spatial variability, identifying regions where greater erosion problems could be registered in the face of these eventual natural processes.

Keywords: Factor C; RUSLE; soil erosion; MODIS; NDVI.

Resumo

A degradação dos solos é um problema chave no ordenamento do território, com consequências ambientais que dificultam o desenvolvimento sustentável. A implementação de práticas de conservação sustentáveis requer a compreensão do risco e da distribuição espacial da erosão do solo. O modelo RUSLE e seu Fator C, calculado por meio do NDVI, são ferramentas preditivas usadas globalmente para estimar a erosão do solo e avaliar o impacto das práticas de cultivo e manejo. Este estudo busca avaliar a distribuição espacial e temporal do Fator C nas bacias dos rios Portoviejo e Chone, usando arquivos NDVI do período 2001 a 2020 obtidos pelo MODIS e processados no QGIS e R. Uma dispersão significativa foi determinada na cobertura vegetal, com presença de espessuras moderadas a densas em ambas as bacias analisadas. Da mesma forma, os valores do Fator C mostraram uma notável variabilidade espacial, identificando regiões onde maiores problemas de erosão poderiam ser registrados diante desses eventuais processos naturais.

Palavras-chave: Fator C; RÚSSIA; erosão do solo; MODIS; NDVI.

Introducción

A nivel mundial, la planificación del territorio se ve afectada por la degradación de los recursos naturales, especialmente el suelo.

La erosión del suelo puede aumentar cuando se pierde o degrada la cobertura vegetal debido al efecto amplificado de las gotas de lluvia sobre este (Mendoza et al., 2023), lo que puede causar una serie de problemas ambientales que a su vez obstaculizarían el desarrollo sostenible de las sociedades. Una estrategia efectiva para reducir estos problemas es la adopción de prácticas de conservación sostenibles que requieren de un conocimiento profundo del riesgo y la distribución espacial de los procesos de erosión del suelo (Delgado et al., 2022). Por lo tanto, la implementación de prácticas de conservación sostenibles puede prevenir la erosión y proteger el suelo de la degradación, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental y el bienestar humano (Párraga et al., 2023). Es importante destacar que la comprensión detallada de estos procesos de erosión es fundamental para la adopción de medidas efectivas para prevenir la degradación del suelo (Delgado et al., 2023).

La determinación de la erosión es importante para valorar las unidades de tierra, debido a que puede generar diversos efectos negativos entre los que destacan la acumulación de sedimentos en los cauces de los ríos en las cuencas bajas, la reducción de la capacidad de almacenamiento de agua por

Evaluación espacio-temporal del factor C de la Rusle entre las cuencas del río Portoviejo y Chone

la pérdida de suelos y la sedimentación de los reservorios, lo que resulta en la reducción del flujo natural de los afluentes (Fonseca et al., 2014).

El uso de modelos predictivos, como es el caso de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada (RUSLE, Renard et al., 1997) ha sido estandarizado por sus múltiples aplicaciones en todas partes del mundo. La teledetección tiene numerosas ventajas sobre los métodos tradicionales para el cálculo de estos factores. Carvalho et al. (2014) reporta los bajos costos, la precisión de los datos, el menor equipamiento necesario y la fácil integración de los datos en Sistemas de Información Geográfica.

Uno de los elementos de la RUSLE lo conforma el Factor C, definido por Patil & Sharma (2013) como el efecto protector de las plantas sobre la cobertura del suelo. Así, el Factor C indica la acción de las prácticas de cultivo y de gestión en el suelo a través de los planes de conservación, rotación de procesos de agricultura y otros esquemas de gestión (Knijff et al., 1999).

Para el cálculo de este factor de protección se puede emplear el Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI) que implica el uso de una combinación de imágenes satelitales y una base de datos de la cobertura terrestre (Knijff et al., 1999). Estos datos están disponibles en fuentes satelitales como MODIS.

Es posible corroborar los valores del Factor C mediante un análisis de la distribución espacial de las precipitaciones. Sin embargo, la base de datos del INAMHI es limitada y no presenta información continua (Delgado et al., 2022). Para solucionarlo, es factible utilizar también bases de datos satelitales que estiman correctamente los valores de precipitaciones. GPM-IMERG es un producto global que se utiliza para estimar la precipitación, el cual emplea varios satélites para proporcionar un conjunto de datos completos de la precipitación en todo el mundo a una escala espacial y temporal muy fina (Huffman et al., 2019). La herramienta utiliza información de satélites de la NASA y la Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA), como el satélite GPM y el satélite TRMM, para crear una imagen detallada de la precipitación global. Al obtener estimaciones precisas del GPM-IMERG, se puede monitorear y predecir patrones de lluvia en todo el mundo, lo que resulta útil para la gestión del agua y la prevención de desastres naturales (Delgado et al., 2022).

La cuenca del río Portoviejo es un importante sistema hidrológico de la vertiente del Pacífico del Ecuador y ocupa una extensión de más de 1905 km². Presenta una elevación de 194 m y una pendiente de 0.801° (Delgado et al., 2021).

Evaluación espacio-temporal del factor C de la Rusle entre las cuencas del río Portoviejo y Chone

La cuenca del río Chone también forma parte de las cuencas de la vertiente Pacífico y su extensión es mayor a la de la cuenca del río Portoviejo (2898 km²) con una pendiente de 0.737° y una elevación de 160 m (Delgado et al., 2021).

El objetivo principal de la presente investigación es evaluar la distribución espacio-temporal del Factor C de la RUSLE en las cuencas del río Portoviejo y Chone durante el período comprendido entre los años 2001 y 2020. Los resultados obtenidos buscan contribuir al conocimiento de la dinámica de la cobertura vegetal en estas cuencas con la finalidad de generar resultados relevantes que les permitan a las autoridades competentes mejorar la toma de decisiones en la gestión ambiental y la planificación territorial.

Metodología

Esta investigación se enfoca en la dinámica de la cobertura vegetal en las cuencas del río Portoviejo y Chone, ubicadas en Manabí, Ecuador (Fig. 1). Para ello, se utilizan imágenes satelitales obtenidas de MODIS y GPM-IMERG en un periodo de tiempo comprendido entre el año 2001 y 2020. La herramienta principal utilizada para el procesamiento de los ráster y el cálculo de los índices NDVI y Factor C de la RUSLE son los softwares QGIS y R (con su complemento R Studio).

Mediante el software R Studio se realizó la modificación del sistema de coordenadas nativo a WGS 84 zona 17 Sur, seguido del proceso de escalado espacial para garantizar su calidad y precisión. Este proceso incluye la corrección radiométrica y geométrica de las imágenes mediante técnicas estándar, para eliminar posibles distorsiones ocasionadas por la presencia de aerosoles y nubes.

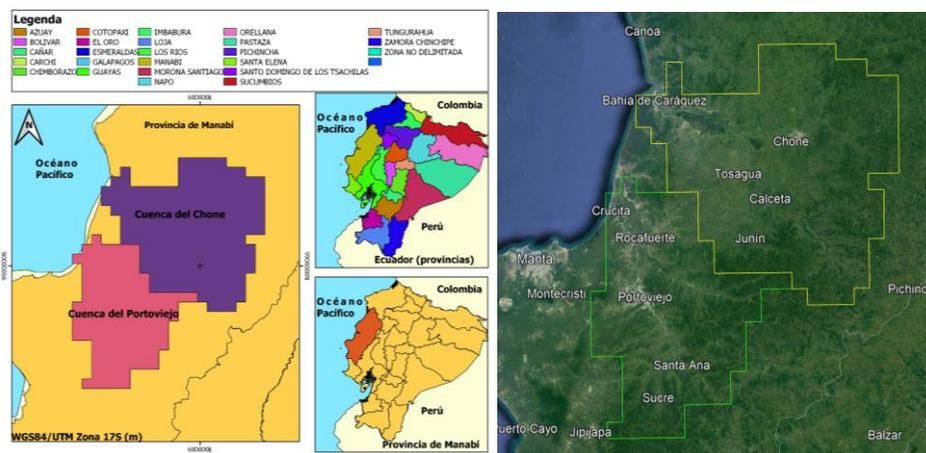


Fig.1. Mapa de localización. Área de Estudio. Delimitación de cuencas en QGIS y Google Earth.

NDVI (Modis V6)

Una de las primeras operaciones para la obtención de los modelos fue el análisis y descarga de los archivos del Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI). En base a lo establecido por la fuente oficial (MODIS), fue necesario aplicar un factor de conversión de 0.0001 al NDVI descargado, para adaptarlo a las necesidades de la investigación y para obtener un resultado adimensional del Factor C. El NDVI de MODIS es una herramienta que utiliza el índice de vegetación de diferencia normalizada mejorada y el sensor MODIS de la NASA para medir la salud y densidad de la vegetación. Este índice se calcula mediante la relación entre la radiación reflejada en el rango de longitud de onda visible e infrarrojo cercano. Los datos de MODIS permiten a los investigadores monitorear la vegetación a lo largo del tiempo y en diferentes áreas geográficas, lo que ayuda a estudiar su relación con los cambios climáticos y los impactos humanos en el medio ambiente.

El NDVI de MODIS se obtuvo mediante la siguiente ecuación (Ec. 1):

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad [Ec.1]$$

Donde:

NIR= Luz reflejada en el espectro del infrarrojo cercano.

RED= Luz reflejada en el grano rojo del espectro.

Cálculo del FACTOR C

Procesamiento y digitalización de datos

Una vez que se obtuvieron todos los datos necesarios para el proceso, se hace uso de R y QGIS para calcular el Factor C mediante la ecuación de Knijff et al. (1999) (Ec. 2).

$$C = \exp \left[-\alpha \frac{NDVI}{(\beta - NDVI)} \right] \quad [Ec.2]$$

Donde:

C= El factor de cubierta y manejo del suelo es la proporción de pérdida de suelo en una superficie con un tipo de cobertura y manejo específico de la vegetación con respecto a una superficie idéntica en barbecho, con labranza continua. Cabe mencionar que el Factor C no tiene unidades de medida, ya que es adimensional. Es un factor importante que se utiliza para evaluar la erosión del suelo y se refiere a la cobertura y manejo de la vegetación en una cuenca hidrográfica. El Factor C se

Evaluación espacio-temporal del factor C de la Rusle entre las cuencas del río Portoviejo y Chone

determina por varios factores, incluyendo la cantidad de vegetación presente, su cobertura, tipo y forma en que se maneja en la cuenca.

α y β = son parámetros adimensionales que determinen la forma de la curva relacionando el índice de NDVI y el Factor C.

El Factor C de la RUSLE puede variar significativamente en diferentes regiones y condiciones ambientales. No existen valores fijos para el Factor C, ya que depende de múltiples factores, como el tipo de suelo, la cobertura vegetal, las prácticas de manejo del suelo y la erosividad de la lluvia. Sin embargo, se pueden observar rangos generales para el Factor C en ciertos contextos. Estos rangos pueden oscilar desde valores muy bajos, denotando una menor erosividad de la lluvia y una mayor capacidad del suelo para retener la sedimentación, hasta valores más altos, indicando una mayor erosividad de la lluvia y una mayor susceptibilidad del suelo a la erosión.

GPM-IMERG

El GPM-IMERG, conocido como Global Precipitation Measurement Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM, es el producto combinado de la cadena de procesamiento que consiste en la intercalibración, fusión e interpolación de todas las estimaciones de precipitación de microondas satelitales. Los datos se combinan con estimaciones satelitales de infrarrojos (IR) calibradas por microondas y análisis de pluviómetros es un recurso de datos que combina información de múltiples satélites para estimar la precipitación a nivel global (Huffman et al., 2019). Su aplicación contribuye a mejorar nuestra comprensión y predicción del clima y los fenómenos relacionados con la precipitación (sitio web de GPM-IMERG: <https://gpm.nasa.gov/data/imerg>).

Se descargó y procesó información desde el año 2001 hasta el 2020.

Resultados y Discusión

El presente estudio realizó un análisis del Factor C de la RUSLE utilizando al NDVI en las cuencas de los ríos Portoviejo y Chone. El objetivo fue evaluar la salud de la vegetación y el riesgo de erosión que pueden tener estas áreas considerando la fuerza erosiva de la lluvia.

Distribución espacial del NDVI en las cuencas río Portoviejo y Chone

En relación al NDVI, se observó una variación significativa en la cobertura vegetal en ambas cuencas. En la cuenca del río Portoviejo, los valores de NDVI oscilaron entre 0.38 y 0.60 (Fig. 2), mientras que, en la cuenca del río Chone, los valores se situaron en el rango de 0.24 a 0.57 (Fig. 2). Estos resultados demuestran la presencia de una vegetación intermedia, que no se puede considerar escasa, pero tampoco reúne condicionantes para denominarse densa. Por tanto, la vegetación identificada en la zona de estudio es moderada (para ambas cuencas). Mediante el análisis de la Fig. 2 se puede observar también que, pese a que la cuenca del río Portoviejo presente un mayor número de píxeles con registros más bajos de NDVI (vegetación más débil), también registra los píxeles más elevados (0.60). Esto genera que, a nivel de cuencas, Portoviejo registre un NDVI promedio de 0.49 en relación al 0.46 de la cuenca Chone (que siguen siendo muy similares debido a su ubicación geográfica y a que comparten algunas características ambientales).

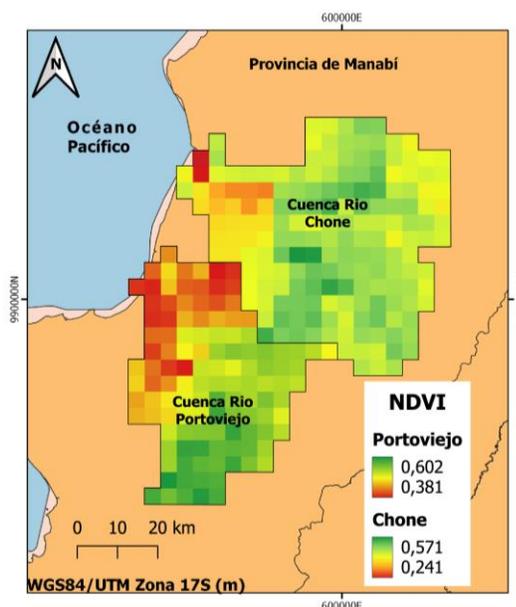


Fig. 2. Cálculo del NDVI de las cuencas del río Portoviejo y Chone

También se destaca que los valores más bajos del NDVI se encontraron dentro de la cuenca del río Portoviejo, con una magnitud de 0.38. Al realizar un análisis más detallado, se observó que en la vía Portoviejo - Crucita, caracterizada por ser una zona urbanizada (Fig. 3), existe una baja cobertura vegetal. Al comparar estos datos con imágenes obtenidas de Google Earth, se pudo

Evaluación espacio-temporal del factor C de la Rusle entre las cuencas del río Portoviejo y Chone

evidenciar una gran cantidad de áreas semidesérticas con presencia de cactus columnares y arbustos pequeños, así como áreas de uso agrícola en Rocafuerte, con sembríos de maíz, arroz y palma de coco que, al formar parte de tierras de cultivo, sus propiedades protectoras son muy bajas considerando una eventual erosión hídrica. En la cuenca del río Chone se identificaron valores del NDVI de 0.24, específicamente en la ciudad Bahía de Caráquez (lugar donde desemboca la cuenca), lo que es resultado de la existencia de una vegetación escasa (con presencia limitada de vegetación) producto también de la composición del suelo (Macías et al., 2021). La comparación con imágenes de Google Earth mostró la incidencia del uso de piscinas de uso agropecuario con la presencia de árboles de *Cordia lutea* (muyuyo) y *Bursera graveolens* (palo santo), lo cual aporta a la escasa capa vegetal en esta área de análisis (Fig. 3).

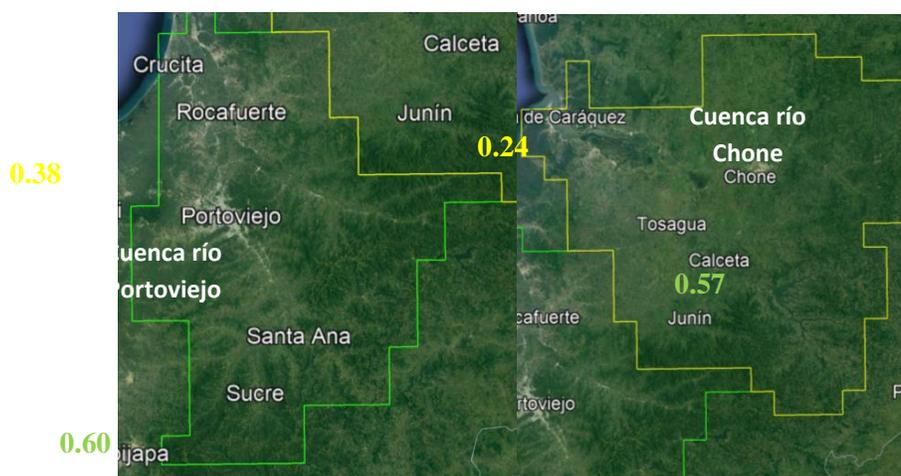


Fig.3. Imagen satelital de Google Earth de las cuencas río Portoviejo y Chone.

Por otro lado, los valores del NDVI que se observaron en la cuenca del río Portoviejo, alcanzando un índice de 0.60. Al realizar una comparativa con imágenes de Google Earth y un análisis en sitio, se pudo constatar la presencia de bosques tropicales, árboles de aguacate, mango, laurel, palmeras y eucaliptos en zonas como Santa Ana, 24 de Mayo y Ayacucho. Estos tipos de árboles también se consideran protectores ante eventuales procesos erosivos (Delgado et al., 2021). En la cuenca del río Chone también se identificó una vegetación medianamente sana con valores de hasta 0.57 (Fig. 3), con la presencia de algarrobos, ceibos, guayacán, tagua, entre otros, principalmente en áreas de Calceta, Junín y Ricaurte. Estos hallazgos coinciden con las observaciones realizadas en Google Earth.

Evaluación espacio-temporal del factor C de la Rusle entre las cuencas del río Portoviejo y Chone

Estas áreas con mayor cobertura vegetal pueden desempeñar un papel crucial en la protección del suelo contra la erosión hídrica, ya que la vegetación actúa como una barrera física que reduce el impacto de la lluvia y promueve una mayor infiltración del agua en el suelo (Delgado et al., 2022).

Es relevante resaltar que el NDVI, combinado con el análisis de imágenes de Google Earth, proporciona una valiosa información para comprender la distribución de la vegetación en estas cuencas hidrográficas y su influencia en la conservación del suelo.

Análisis de la distribución espacial del Factor C en las cuencas del río Portoviejo y río Chone

Los valores obtenidos del Factor C de la RUSLE también mostraron una variabilidad notable en ambas cuencas (considerando que los valores son inversamente proporcionales a los generados por el NDVI). En la cuenca del río Portoviejo, los valores oscilaron entre 0.11 y 0.36 (Fig. 4), mientras que, en la cuenca del río Chone, los valores se encontraron en el rango de 0.12 a 0.56 (Fig. 4).

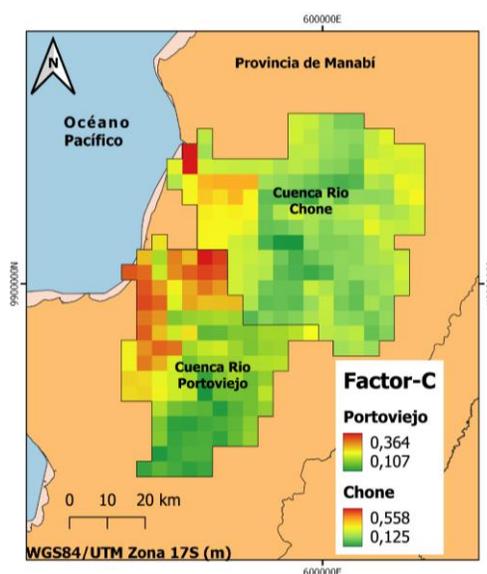


Fig. 4. Cálculo del Factor C en las cuencas del río Portoviejo y Chone

El análisis de esta sección tendrá una gran similitud a lo registrado en el apartado del NDVI por ser éste el factor condicionante del uso y cobertura del suelo. Aquí, los más bajos (0.11 en la cuenca del río Portoviejo y 0.12 en la cuenca del río Chone) se registran cuando los valores del NDVI

Evaluación espacio-temporal del factor C de la Rusle entre las cuencas del río Portoviejo y Chone

son más altos, por lo que se esperaría una menor erosión partiendo de este enfoque, lo que implica una mayor capacidad del suelo de resistir la erosión en las zonas identificadas.

Sin embargo, los valores más altos del Factor C (0.36 en la cuenca del río Portoviejo y 0.56 en la cuenca del río Chone) indican que en estas zonas podrían producirse procesos erosivos más intensos y preocupantes.

Para profundizar en el análisis, se estudiaron diferentes áreas en la región de Portoviejo, específicamente en los sectores de Santa Ana, Los Chirijos y Pachinche, así como en Crucita y Rocafuerte. Los resultados indicaron que el Factor C en la zona de Santa Ana, Los Chirijos y Pachinche fue inferior, lo que sugiere que esta área es más resistente ante un eventual problema de erosión. Por otro lado, en Crucita y Rocafuerte, el Factor C tuvo valores mayores, lo que representa que estas zonas pueden ser más propensas a sufrir una mayor erosión.

En el caso de la cuenca del río Chone, se observaron valores altos de Factor C en áreas como Bahía de Caráquez, Tosagua y parte de Chone, indicando una alta capacidad del suelo para erosionarse ante algún evento hidrológico importante. En contraste, en sectores como Junín, Calceta y Ricaurte, se obtuvieron valores mínimos, lo que demostró una mayor capacidad del suelo para resistir posibles erosiones.

Es importante destacar que no siempre existe una relación directa entre un valor bajo del Factor C y un aumento en el NDVI. La erosión del suelo no solo depende de la cantidad de cobertura vegetal presente, porque existen varios factores adicionales que condicionan este proceso ambiental, como la presencia de un manto rocoso que brinde estabilidad y reduzca considerablemente la erosión del suelo (que podría formar parte de la erodabilidad del suelo y su Factor K), lo que a su vez afecta el valor del Factor C y generan procesos de retroalimentación.

Tabla 1. Riesgo considerado del Factor C en localidades de las cuencas analizadas.

Sector	Cuenca	Factor C promedio	Riesgo de erosión
Crucita	Portoviejo	0.317	Medio
Bahía de Caráquez	Chone	0.307	Medio
Tosagua	Chone	0.285	Bajo
Portoviejo	Portoviejo	0.211	Bajo

Evaluación espacio-temporal del factor C de la Rusle entre las cuencas del río Portoviejo y Chone

Santa Ana	Portoviejo	0.136	Muy bajo
Calceta	Chone	0.125	Muy bajo

El Factor C se ha considerado un rango cualitativo de los valores entre 0 y 0.20 que indica un riesgo de erosión Muy bajo; 0.20-0.30, riesgo de erosión Bajo; 0.30-0.50, riesgo Medio; 0.5-0.75, riesgo Alto y; mayor a 0.75, riesgo Severo (Tabla 1).

Con respecto a la Tabla 1, se observan los valores promedio encontrados para los diferentes sectores de la cuenca de los ríos Portoviejo y Chone. Dentro de la cuenca de Portoviejo, Crucita presenta un Factor C promedio de 0.317, lo que representa un riesgo medio de erosión. Portoviejo (localidad, no cuenca) muestra un índice de 0.211, indicando un riesgo bajo de erosión, mientras que en Santa Ana se registra un promedio de 0.136, evidenciando un riesgo muy bajo de erosión.

Dentro de la cuenca Chone, Bahía de Caráquez presenta Factor C promedio de 0.307, denotando un riesgo medio de erosión. Tosagua muestra un promedio de 0.285, representando un riesgo de erosión bajo, mientras que en Calceta se registró un Factor C promedio de 0.125, lo que demuestra una probabilidad muy baja de riesgo de erosión hídrica.

Incidencia de las precipitaciones en la generación del Factor C en las cuencas del río Portoviejo y río Chone

En base a la información obtenida de la base de datos de las precipitaciones satelitales, se observó una relación inversamente proporcional entre el Factor C (Fig. 4) y las intensidades de lluvia registradas (Fig. 6), debido a que un aumento de lluvias generó un mayor crecimiento en la vegetación y en su vitalidad. Las imágenes previamente mencionadas con respecto a la cuenca del río Chone muestran lluvias máximas de 1448 mm/año, que se relaciona con un Factor C reducido de 0.12 debido a la presencia de una capa vegetal vigorosa en estas áreas (Fig. 5), mientras que en las zonas de menor incidencia de lluvias (737.81 mm/año), se observó una moderada posibilidad de erosión del suelo con un valor del Factor C de 0.56.

Evaluación espacio-temporal del factor C de la Rusle entre las cuencas del río Portoviejo y Chone

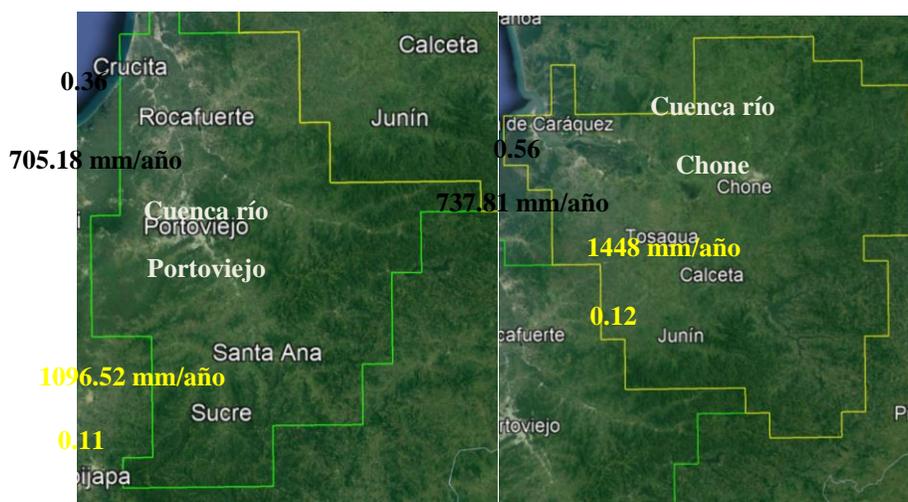


Fig. 5. Imagen satelital de Google Earth de las cuencas río Portoviejo y Chone.

Así también, realizando un análisis similar para la cuenca del río Portoviejo, las lluvias máximas registradas, que fueron de 1096.52 mm/año (Fig. 6), generaron un Factor C reducido de 0.11 y denotando una menor capacidad erosiva del suelo (Fig. 5), mientras que una menor cantidad de lluvias (705.18 mm/año) reflejan una relación inversamente proporcional con un valor máximo de 0.36 para el Factor C en la cuenca (Fig. 5).

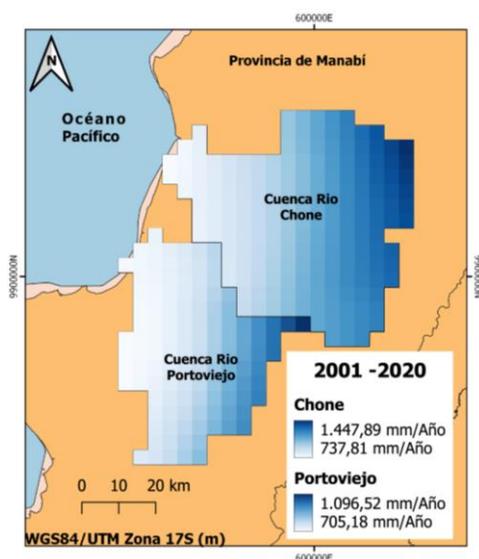


Fig. 6. Datos de las precipitaciones satelitales en las cuencas del río Portoviejo y Chone.

Evaluación espacio-temporal del factor C de la Rusle entre las cuencas del río Portoviejo y Chone

Dentro de este análisis destaca un comportamiento interesante. Pese a que la cuenca de Chone registró una mayor cantidad de precipitaciones con relación a la cuenca de Portoviejo, el NDVI y, por ende, el Factor C, fue más favorable dentro de la cuenca Portoviejo. Esto se debe directamente al tipo de vegetación que cubre cada área analizada, debido a que el crecimiento edafológico de la vegetación depende de las propiedades típicas de las plantas (Delgado et al., 2021).

Estos resultados son consistentes y respaldan la importancia de mantener una cobertura vegetal adecuada para mitigar la erosión del suelo. La presencia de vegetación moderada a densa es esencial para la conservación del suelo, la regulación del ciclo hidrológico y la prevención de la erosión en las cuencas del río Portoviejo y Chone.

Conclusiones

El análisis del NDVI y del Factor C de la RUSLE en las cuencas del río Portoviejo y Chone con datos obtenidos del MODIS, generó información importante sobre la salud de la vegetación y la erosividad relativa la cual nos permite clasificar las zonas de mayor desgaste erosivo en las cuencas de estudio

Realizando un análisis a la cuenca del río Chone, se observó que, en zonas más alejadas de la ciudad de Chone, existe una mediana capa boscosa la cual se relaciona directamente con los valores de NDVI de 0.57 y un Factor C bajo de 0.12, mostrando una baja probabilidad de erosión en las zonas mencionadas. Se realizó el mismo análisis para la cuenca río Portoviejo donde se pudieron observar condiciones similares en localidades de Sucre y Santa Ana. En estos lugares se registra un valor del Factor C de 0.11 y un NDVI de 0.60, que representa una capa vegetal de moderada protección, reduciendo así la posibilidad de registrar un evento erosivo más intenso.

En sectores como Crucita, Rocafuerte y Portoviejo, una degradación moderada de la capa vegetal fue identificada, lo que produjo una vulnerabilidad ante eventuales procesos erosivos, respaldados por un Factor C de hasta 0.36 para la cuenca del río Portoviejo, mientras que, en zonas como Bahía de Caráquez o Tosagua, se encuentran valores para el Factor C de hasta 0.56 reafirmando la tendencia a una erosividad moderada en los sectores mencionados.

Estos resultados podrían ser de gran utilidad para la planificación y adopción de estrategias de manejo sostenible en la región. Asimismo, investigaciones futuras poseen un potencial inmenso para adentrarse en la intrincada relación entre el Factor C de la RUSLE, el NDVI y otros factores ambientales, y así alcanzar una comprensión directa y más profunda de los procesos de erosión y la imperiosa necesidad de conservar el suelo.

Referencias

- Delgado, D., Sadaoui, M., Pacheco, H., Méndez, W., & Ludwig, W. (2021). Interrelations Between Soil Erosion Conditioning Factors in Basins of Ecuador: Contributions to the Spatial Model Construction. In Proceedings of the 1st International Conference on Water Energy Food and Sustainability (ICoWEFS 2021) (pp. 892-903). Cham: Springer International Publishing.
- Delgado, D., Sadaoui, M., Ludwig, W., & Méndez, W. (2022). Spatio-temporal assessment of rainfall erosivity in Ecuador based on RUSLE using satellite-based high frequency GPM-IMERG precipitation data. *Catena*, 219, 106597.
- Delgado, D., Sadaoui, M., Ludwig, W., & Mendez, W. (2023). Depth of the pedological profile as a conditioning factor of soil erodibility (RUSLE K-Factor) in Ecuadorian basins. *Environmental Earth Sciences*, 82(12), 286.
- Didan, K., Munoz, A. B., Solano, R., & Huete, A. (2015). MODIS vegetation index user's guide (MOD13 series). University of Arizona: Vegetation Index and Phenology Lab, 35.
- Espinales Cedeño, F. R., Alulema del Salto, R. A., & Caicedo Toro, M. D. (2021). Determinación del Número de Curva (CN) de la cuenca del río Portoviejo. *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores*, 8(SPE2).
- Ghosal, K., & Das Bhattacharya, S. (2020). A review of RUSLE model. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 48, 689-707.
- Macedo, P. M. S., Oliveira, P. T. S., Antunes, M. A. H., Durigon, V. L., Fidalgo, E. C. C., & de Carvalho, D. F. (2021). New approach for obtaining the C-factor of RUSLE considering the seasonal effect of rainfalls on vegetation cover. *International soil and water conservation research*, 9(2), 207-216.
- Macías, L., Loor, D., Ortiz-Hernández, E., Casanova, G., & Delgado, D. (2021, May). Comparative Analysis of Soil Slope Stability, Using Dynamic and Pseudo-static Methods on the Garrapata-Santa Maria Road, Manabi Province, Ecuador. In International Conference on Water Energy Food and Sustainability (pp. 505-515). Cham: Springer International Publishing.

Evaluación espacio-temporal del factor C de la Rusle entre las cuencas del río Portoviejo y Chone

- Macías, R., & Díaz, S. (2010). Estrategias generales para el control y prevención de la contaminación del agua superficial en la cuenca del río Portoviejo. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 41(50), 1-7.
- Mendoza, E. F. M., Arteaga, E. A. G., & Delgado, D. (2023). La erosividad de la lluvia como factor condicionante de la erosión hídrica en Manabí. *Polo del Conocimiento*, 8(2), 68-81.
- Párraga, A. J. F., Tejena, Á. A. R., & Gutiérrez, D. A. D. (2023). Análisis de la distribución espacial de la erodabilidad del suelo en la cuenca del río Esmeraldas-Ecuador. *Polo del Conocimiento*, 8(2), 82-95.
- Pedroza-Parga, E., Velásquez-Valle, M. A., Pedroza-Sandoval, A., Sánchez-Cohen, I., & Yáñez-Chávez, L. G. (2022). The impact of vegetation cover on soil erosion and soil deposition due to runoff. *Ingeniería agrícola y biosistemas*, 14(1), 17-31.
- Renard, K. G. (1997). *Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. United States Government Printing.
- Solorzano, J. X. A. (2022). Caracterización de las microcuencas aportantes al embalse propósito múltiple Chone para un modelo de gestión. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 7(1), 21.
- Van der Knijff, J. M. F., Jones, R. J. A., & Montanarella, L. (1999). *Soil erosion risk assessment in Italy*. Brussels, Belgium: European Soil Bureau, European Commission.
- Huffman, G. J., Bolvin, D. T., Braithwaite, D., Hsu, K., Joyce, R., Xie, P., & Yoo, S. H. (2015). NASA global precipitation measurement (GPM) integrated multi-satellite retrievals for GPM (IMERG). Algorithm theoretical basis document (ATBD) version, 4(26).