



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v11i2.4365>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

Evolución de la erosividad de la lluvia desde 1960. Caso de estudio: Cuenca del Río Portoviejo

Evolution of rainfall erosivity since 1960. Case study: Portoviejo River Basin

Evolução da erosividade das chuvas desde 1960. Estudo de caso: Bacia do Rio Portoviejo

Macías Fernández Jordano Rubén ^I
jmacias1244@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0003-6709-1605>

Pinargote Briones César Enrique ^{II}
cpinargote1400@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0006-6899-3514>

Daniel Delgado ^{III}
daniel.delgado@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-5251-8037>

Correspondencia: jmacias1244@utm.edu.ec

***Recibido:** 23 de marzo de 2025 ***Aceptado:** 14 de abril de 2025 *** Publicado:** 10 de mayo de 2025

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

Resumen

La erosión del suelo es un fenómeno ambiental que preocupa a toda la población a nivel mundial. El factor desencadenante de este problema es la erosividad de la lluvia. Para estimarlo, es necesario contar con datos de precipitaciones de alta calidad. Sin embargo, la escasez de datos adecuados de lluvias dentro del territorio ecuatoriano dificulta este análisis. Para resolverlo, es posible emplear metodologías satelitales. El objetivo principal de la presente investigación es analizar la erosividad de la lluvia en la cuenca del Río Portoviejo desde el año 1960 hasta el 2020, empleando una metodología satelital. Esta metodología incluye obtener los datos de precipitaciones desde la base de datos internacional GPCC y posteriormente calcular el Factor R de RUSLE empleando una ecuación regional. Los resultados mostraron datos interesantes, donde se observa una diferencia de precipitaciones entre los años analizados, pero se mantiene el mismo patrón de comportamiento, que consiste en registrar menores precipitaciones mientras más cerca se encuentra del Océano Pacífico. Se observaron mayores magnitudes de la erosividad de la lluvia en el período comprendido entre 1981 y 2020, lo que se asocia a la ocurrencia de Fenómenos del Niño históricos de gran relevancia, como el de 1997-1998. La presente investigación puede ser empleada para generar medidas de prevención y mitigación ante eventuales problemas erosivos, por parte de las instituciones gubernamentales competentes.

Palabras Claves: Erosividad de la lluvia; Factor R; RUSLE; análisis retrospectivo.

Abstract

Soil erosion is an environmental phenomenon that concerns the entire population worldwide. The triggering factor for this problem is rainfall erosivity. Estimating this erosivity requires high-quality rainfall data. However, the scarcity of adequate rainfall data within Ecuador makes this analysis difficult. Satellite methodologies are used to address this issue. The main objective of this research is to analyze rainfall erosivity in the Portoviejo River basin from 1960 to 2020, using satellite methodology. This methodology includes obtaining rainfall data from the international GPCC database and subsequently calculating the RUSLE R Factor using a regional equation. The results showed interesting data, showing a difference in rainfall between the years analyzed, but the same pattern of behavior persists, consisting of recording lower rainfall the closer the area is to the Pacific Ocean. Higher magnitudes of rainfall erosivity were observed between 1981 and 2020, which is

associated with the occurrence of historically significant El Niño events, such as the one in 1997-1998. This research can be used to generate prevention and mitigation measures for potential erosion problems by the relevant government institutions.

Keywords: Rainfall erosivity; R factor; RUSLE; retrospective analysis.

Resumo

A erosão do solo é um fenómeno ambiental que afeta toda a população mundial. O fator desencadeante deste problema é a erosividade da chuva. Para o estimar, é necessário ter dados de precipitação de alta qualidade. No entanto, a falta de dados adequados sobre a precipitação no Equador dificulta esta análise. Para resolver este problema, é possível utilizar metodologias de satélite. O principal objetivo desta investigação é analisar a erosividade das chuvas na bacia do rio Portoviejo de 1960 a 2020, utilizando uma metodologia de satélite. Esta metodologia inclui a obtenção de dados de precipitação da base de dados internacional GPCC e, posteriormente, o cálculo do Fator RUSLE através de uma equação regional. Os resultados mostraram dados interessantes, onde se observou uma diferença na precipitação entre os anos analisados, mas manteve-se o mesmo padrão de comportamento, consistindo em registrar menos precipitação quanto mais próxima a área estiver do Oceano Pacífico. Foram observadas maiores magnitudes de erosividade das chuvas entre 1981 e 2020, o que está associado à ocorrência de eventos El Niño historicamente significativos, como o de 1997-1998. Esta investigação pode ser utilizada para gerar medidas de prevenção e mitigação contra potenciais problemas de erosão pelas instituições governamentais competentes.

Palavras-chave: Erosividade da chuva; fator R; RUSLE; análise retrospectiva.

Introducción

La erosión del suelo tiene efectos adversos significativos en el entorno ecológico, provocando una disminución de la productividad agrícola, degradación de la calidad del agua, reducción de los niveles efectivos de almacenamiento en embalses, inundaciones, y pérdida de hábitats naturales (Parque et al., 2011, Delgado et al., 2022). Históricamente y en la actualidad, la erosión del suelo se considera una de las amenazas ambientales más prevalentes y graves (Casanova et al., 2024). Evaluar los riesgos de erosión del suelo causada por el agua es esencial para desarrollar políticas y estrategias efectivas de conservación de recursos hídricos y del suelo (Delgado et al., 2023).

Numerosos estudios han investigado la erosión del suelo por el agua a diferentes escalas temporales y espaciales. Las metodologías de investigación en este campo pueden clasificarse en dos categorías principales: (i) mediciones in situ, que se realizan a una escala relativamente pequeña en puntos seleccionados y frecuentemente se limitan a experimentos de riego; (ii) modelado de cuantificación fuera del sitio, que posee el potencial de evaluar la erosión del suelo a gran escala. Estos modelos pueden ser clasificados en empíricos y mecanísticos (Meusburger et al., 2010). Sin embargo, los modelados en sitio pueden ser costosos y se alejarían de la realidad económica del Ecuador. Por este motivo, es importante buscar alternativas económicas y fiables como la implementación de metodologías satelitales (Delgado et al., 2021).

Ecuador es un país muy peculiar que cuenta con condicionantes ambientales singulares. Aquí destaca la presencia de la Cordillera de Los Andes (Delgado et al., 2024) que divide al territorio continental en dos grandes grupos de cuencas, las de la vertiente Pacífico y las del Amazonas (Delgado et al., 2021). A esto se le suma la existencia de dos estaciones climatológicas, seca y húmeda, que tienen períodos de duración distintos dependiendo del lugar donde se analice. Para las cuencas de la vertiente Pacífico, grupo que alberga a la cuenca del Río Portoviejo, la estación húmeda inicia en diciembre y finaliza en mayo, mientras que la estación seca inicia en junio y finaliza en noviembre (Delgado et al., 2022). Junto a esto, se registran fenómenos naturales periódicos como El Niño, que se caracteriza por modificar aún más los ciclos hidrológicos (Pourrut, 1983). Todas estas condicionantes generan un aumento en el interés de investigaciones dentro del territorio ecuatoriano.

La erosividad de la lluvia, considerada como el factor desencadenante de la erosión del suelo (Delgado et al., 2022), es uno de los factores que permite estimar la pérdida del suelo mediante el modelo RUSLE (Renard, 1997). A este modelo lo complementan los factores C (uso y cobertura del suelo), K (erodabilidad del suelo, Delgado et al., 2023), LS (longitud y pendiente) y P (prácticas de apoyo agrícola).

Para estimar la erosividad de la lluvia es necesario contar con datos de precipitación a varias escalas temporales. En Ecuador, el INAMHI es la institución gubernamental encargada de registrar la información de las precipitaciones. Sin embargo, muchos estudios han puesto en duda la calidad de su información (Delgado et al., 2022; Mendoza et al., 2023; Jiménez et al., 2024). Para solucionar este problema, es posible emplear información de precipitaciones obtenidas desde bases de datos satelitales, como GPCC (Jiménez et al., 2024).

Por este motivo, el objetivo principal de la presente investigación es analizar la evolución de la erosividad de la lluvia desde 1960 en la cuenca del Río Portoviejo, empleando una metodología satelital. La información proporcionada será de utilidad para generar medidas de prevención y mitigación ante eventuales problemas de erosión del suelo en la zona de estudio, provincia y país.

METODOLOGÍA

Para la presente investigación sobre la erosividad de la lluvia, se emplearon datos de precipitaciones proporcionados por el Centro Global de Climatología de Precipitaciones (GPCC, por sus siglas en inglés). Los datos del GPCC son ampliamente reconocidos por su alta calidad y cobertura global, lo que los hace ideales para estudios a gran escala como el nuestro. La disponibilidad espacial y temporal de estos datos es uno de sus mayores atributos, permitiendo un análisis detallado y robusto de la erosividad de la lluvia en diferentes regiones y períodos.

Los datos de precipitaciones del GPCC están disponibles en varias resoluciones espaciales, lo que facilita su adaptación a las necesidades específicas del estudio. En este caso, se utilizaron datos con una resolución espacial de 0.25 grados, lo que permite una representación detallada de las variaciones espaciales de la precipitación. Esta alta resolución es crucial para capturar las diferencias locales en las tasas de erosión potencial, proporcionando una imagen más precisa y fiable de los riesgos asociados.

En términos temporales, los datos del GPCC abarcan un largo período, permitiendo el análisis de tendencias a lo largo del tiempo. Para este estudio, se emplearon series temporales que cubren desde 1960 hasta 2020, lo que permite evaluar tanto las variaciones anuales como las tendencias a largo plazo en la erosividad de la lluvia. La consistencia y continuidad de estos datos temporales son fundamentales para identificar patrones y cambios en la erosividad que pueden estar relacionados con factores climáticos y antropogénicos.

La metodología para el uso de los datos del GPCC implicó varios pasos clave. Primero, se descargaron los datos de precipitación diaria desde el sitio web del GPCC, asegurando la selección del rango temporal y la resolución espacial adecuados. Luego, se realizó un procesamiento y limpieza de los datos para eliminar cualquier anomalía o inconsistencia. Este paso es esencial para garantizar la fiabilidad de los análisis posteriores. Además, se reproyectó el sistema de coordenadas a WGS84

zona 17 Sur y se modificó la escala a 100 m, con la finalidad de que pueda acoplarse con el modelo completo de RUSLE en investigaciones futuras.

Posteriormente, los datos procesados se integraron en un modelo de erosividad de la lluvia, utilizando ecuaciones empíricas establecidas que relacionan la cantidad y la intensidad de la precipitación con la erosividad potencial. Este modelo permitió calcular índices de erosividad a partir de las precipitaciones diarias, proporcionando una medida cuantitativa de la capacidad de la lluvia para causar erosión del suelo.

Finalmente, los resultados del modelo se analizaron y se mapearon para visualizar las variaciones espaciales y temporales de la erosividad de la lluvia. Estos mapas permiten identificar áreas de alto riesgo y tendencias preocupantes, proporcionando información valiosa para la formulación de estrategias de mitigación y conservación del suelo. La combinación de datos de alta calidad del GPCC y metodologías robustas asegura que los hallazgos de este estudio sean sólidos y útiles para la gestión de riesgos ambientales.

Tras la obtención de los datos de precipitaciones, procederemos a calcular la erosividad de la lluvia utilizando la metodología descrita por Delgado et al. (2022). Esta ecuación es particularmente adecuada para el análisis de cuencas de la vertiente del Pacífico, lo cual incluye a la cuenca del Río Portoviejo. La flexibilidad de la ecuación de Delgado et al. (2022) es una de sus principales ventajas, ya que puede aplicarse a cualquier conjunto de datos de precipitaciones sin importar su escala espacial. Esto permite realizar tanto análisis prospectivos como proyectivos de la erosividad de la lluvia.

La ecuación de Delgado et al. (2022) se destaca por su capacidad para adaptarse a diversas resoluciones espaciales de los datos de precipitación, lo que es esencial para estudios detallados y a gran escala (Mendoza et al., 2023; Casanova et al., 2024). Este enfoque metodológico facilita la integración de datos de diferentes fuentes y resoluciones, asegurando la consistencia y precisión de los resultados obtenidos. La versatilidad de la ecuación también permite su aplicación en estudios de largo plazo, abarcando desde análisis históricos hasta proyecciones futuras de la erosividad de la lluvia (ecuación 1).

$$R = 0.0004x^2 + 0.3618x + 156.73$$

Donde:

R: erosividad de la lluvia (Factor R de RUSLE) en MJ mm/ha h;

X: variable de precipitación.

El resultado de estos cálculos proporcionará una medida cuantitativa de la capacidad erosiva de la lluvia, que se puede utilizar para identificar áreas de alto riesgo y evaluar la efectividad de estrategias de conservación del suelo. Además, los resultados se mapearán para visualizar las variaciones espaciales y temporales de la erosividad, facilitando la identificación de patrones y tendencias que pueden influir en la gestión de recursos hídricos y del suelo.

La combinación de datos precisos y una metodología robusta basada en la ecuación de Delgado et al. (2022) permitirá desarrollar una comprensión detallada de la erosividad de la lluvia en la cuenca del Río Portoviejo. Esto, a su vez, contribuirá a la formulación de políticas y medidas de mitigación más efectivas para la conservación del suelo y la gestión sostenible de los recursos hídricos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuenca del Río Portoviejo

La cuenca del río Portoviejo, situada en la provincia de Manabí, Ecuador, se caracteriza por diversas condiciones ambientales y socioeconómicas que influyen en su conservación. Desde el punto de vista ambiental, la cuenca abarca una variedad de ecosistemas que van desde zonas costeras hasta áreas montañosas. El clima de la región es tropical seco, con una temporada de lluvias que generalmente se extiende de diciembre a mayo y una temporada seca el resto del año (Pourrut, 1983). La precipitación anual promedio varía considerablemente dentro de la cuenca, lo que afecta los patrones de escorrentía y erosión del suelo (Jiménez et al., 2024).

El suelo de la cuenca del río Portoviejo es predominantemente arcilloso, lo que, junto con las pendientes pronunciadas en algunas áreas, aumenta la susceptibilidad a la erosión hídrica (Párraga et al., 2023; Pinargote et al., 2024). La vegetación natural ha sido considerablemente alterada debido a la expansión agrícola y ganadera, lo que ha reducido la cobertura vegetal que protege el suelo contra la erosión (Véliz et al., 2023). La deforestación y el uso intensivo de la tierra para la agricultura han contribuido a la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad en la región.

Evolución de la erosividad de la lluvia desde 1960. Caso de estudio: Cuenca del Río Portoviejo

En términos socioeconómicos, la cuenca del río Portoviejo enfrenta varios desafíos que afectan su conservación. La población local depende en gran medida de la agricultura y la ganadería como principales actividades económicas. La agricultura en la cuenca es principalmente de subsistencia, aunque también hay producción comercial de cultivos como maíz, plátano, y cacao. La presión sobre los recursos naturales aumenta debido a la necesidad de expandir las áreas de cultivo y pastoreo, lo que agrava la erosión del suelo y la degradación ambiental.

La pobreza y la falta de acceso a recursos financieros (Molina & Delgado, 2024) limitan la capacidad de los agricultores locales para implementar prácticas sostenibles de manejo del suelo. La educación ambiental y la conciencia sobre la importancia de la conservación del suelo son también insuficientes, lo que dificulta la adopción de técnicas de conservación adecuadas. Además, la falta de infraestructura adecuada, como sistemas de riego y caminos rurales, complica aún más la gestión sostenible de los recursos.

La urbanización y el crecimiento poblacional en la región también ejercen presión sobre la cuenca. El aumento de la población en áreas urbanas como la ciudad de Portoviejo demanda más recursos hídricos y genera mayores cantidades de residuos, lo que contribuye a la contaminación del río y sus afluentes. La planificación urbana deficiente y la falta de regulaciones estrictas agravan estos problemas, afectando negativamente la calidad del agua y la salud de los ecosistemas acuáticos.

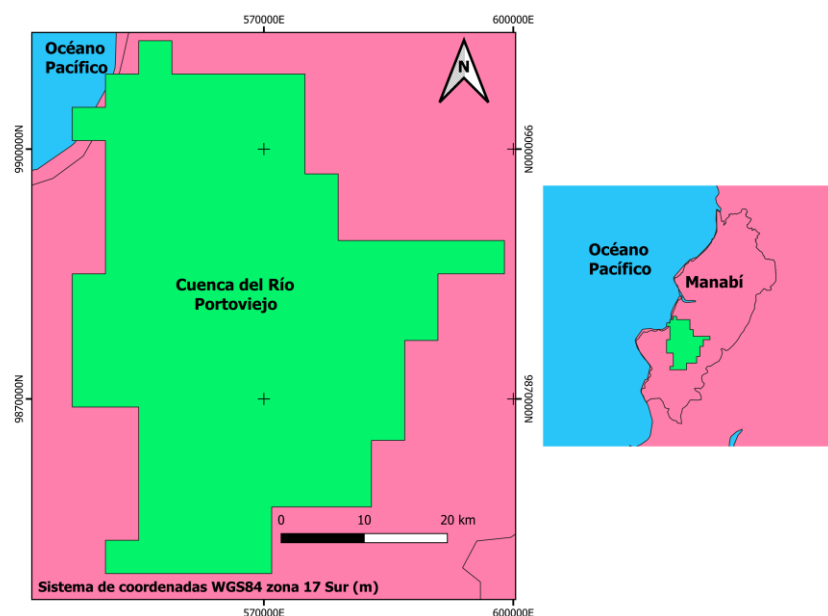


Fig. 1. Cuenca del Río Portoviejo

La cuenca del Río Portoviejo (Fig. 1) tiene una extensión de 1905 km². Se caracteriza por una elevación promedio de 194 m y una gradiente de 0.80°.

Datos de precipitaciones por períodos de 20 años

Para analizar la erosividad de la lluvia en la cuenca del río Portoviejo, se utilizó un enfoque basado en datos de precipitaciones divididos en períodos de 20 años, abarcando el intervalo temporal desde 1960 hasta 2020. Este enfoque permite evaluar las variaciones y tendencias en la erosividad a lo largo del tiempo, proporcionando una visión comprensiva de los cambios climáticos y sus impactos en la cuenca. La elección de períodos de 20 años facilita la identificación de patrones a largo plazo, que son esenciales para la formulación de estrategias de gestión y conservación de los recursos hídricos y del suelo. Los datos de precipitaciones empleados en este estudio fueron obtenidos de fuentes reconocidas y validadas, garantizando la precisión y fiabilidad de los análisis realizados.

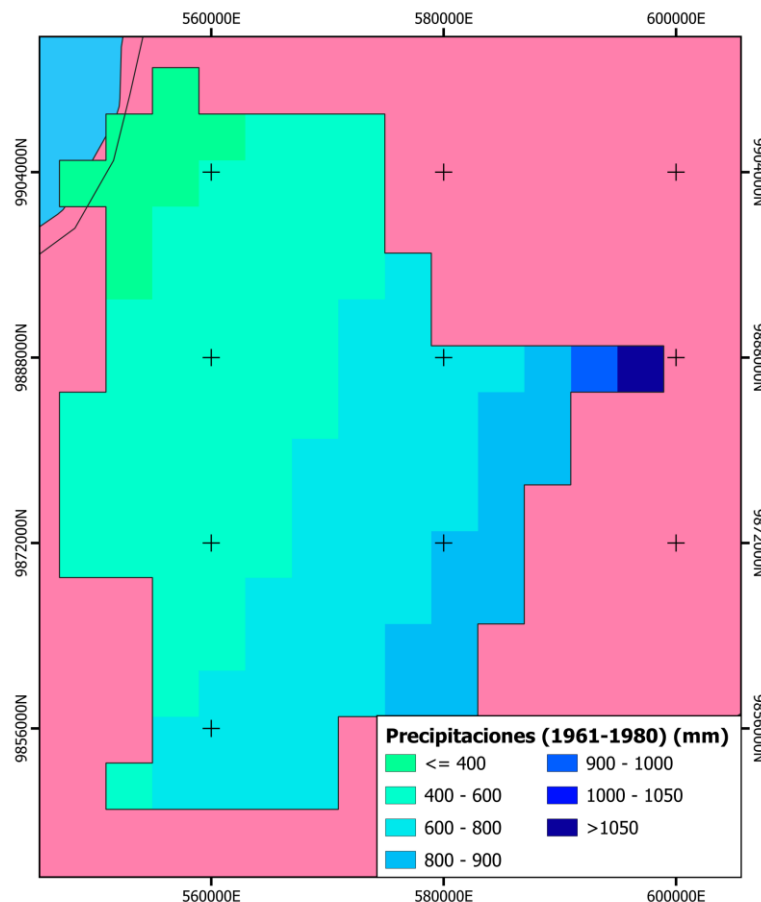


Fig. 2. Precipitaciones en la cuenca del Río Portoviejo (1961-1980)

Evolución de la erosividad de la lluvia desde 1960. Caso de estudio: Cuenca del Río Portoviejo

Mediante la Fig. 2 se puede observar la distribución espacio-temporal de las precipitaciones en la cuenca del Río Portoviejo entre 1961 y 1980. En este período histórico se registró una precipitación promedio mínima de 362.06 mm, una precipitación máxima de 1066.13 mm y una precipitación media de 602.84 mm. Se observó un patrón de comportamiento en la distribución espacial de las precipitaciones, que consiste en una disminución de la acumulación de precipitaciones conforme se acerca al Océano Pacífico.

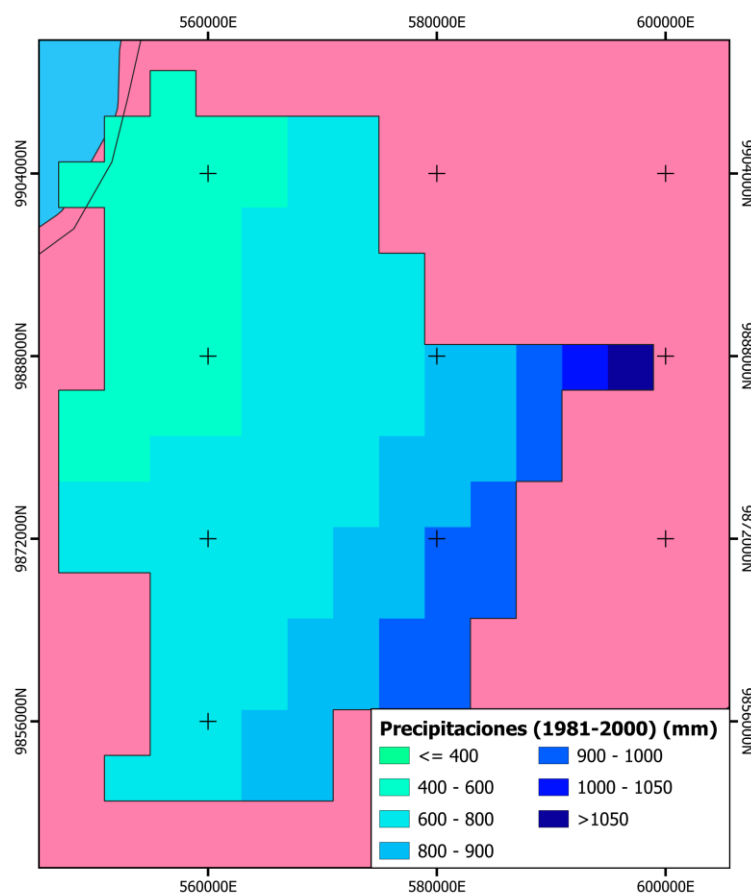


Fig. 3. Precipitaciones en la cuenca del Río Portoviejo (1981-2000)

El análisis de la Fig. 3 permite identificar que, si bien es cierto, existen diferencias en las cantidades de precipitaciones con el decenio anterior, pero el patrón de comportamiento es el mismo (menores precipitaciones cerca del Océano Pacífico). se registró una precipitación mínima de 525.83 mm, una

Evolución de la erosividad de la lluvia desde 1960. Caso de estudio: Cuenca del Río Portoviejo

precipitación máxima de 1132.38 mm, y una precipitación media de 725.44 mm. El aumento en las precipitaciones concuerda con la ocurrencia de eventos históricos del Niño (ENSO).

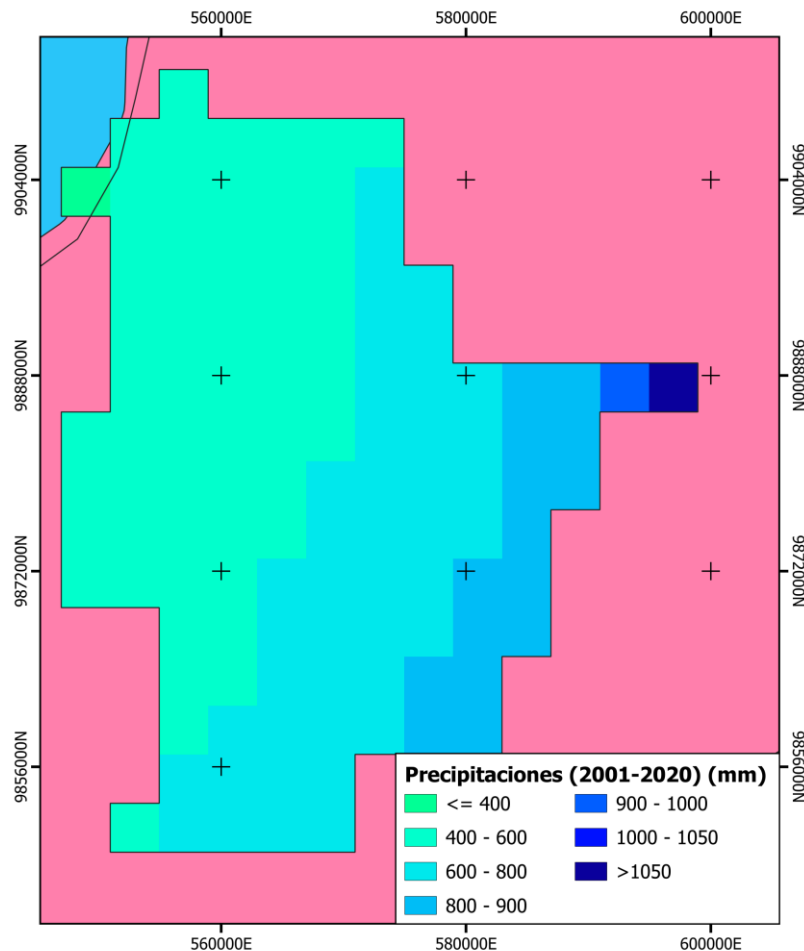


Fig. 4. Precipitaciones en la cuenca del Río Portoviejo (2001-2020)

Mediante la Fig. 4 se puede observar que las precipitaciones siguen manteniendo el patrón de comportamiento de los períodos analizados anteriormente. Aquí, las precipitaciones registraron un mínimo de 395.07 mm, una máxima de 1069.13 mm, y una media de 617.74 mm.

Análisis de la erosividad de la lluvia

El análisis de la erosividad de la lluvia se fundamenta en la evaluación detallada de las precipitaciones a lo largo de diferentes períodos históricos en la cuenca del río Portoviejo. Utilizando datos de precipitación espacial y temporalmente distribuidos, se identificaron patrones y tendencias que permiten comprender la dinámica erosiva de la región.

En el primer período analizado (1961-1980), los datos de precipitación revelan una distribución espacial caracterizada por una disminución de la acumulación de precipitaciones conforme se aproxima al Océano Pacífico. Durante este período, la precipitación promedio mínima fue de 362.06 mm, la máxima alcanzó los 1066.13 mm, y la media se situó en 602.84 mm. La Fig. 2 ilustra claramente esta tendencia. En términos de erosividad, los valores oscilaron entre un mínimo de 340.16 MJ mm/ha h y un máximo de 997.11 MJ mm/ha h, reflejando una variabilidad significativa que está intrínsecamente relacionada con la variación de las precipitaciones.

Para el período comprendido entre 1981 y 2000, aunque se observaron diferencias en las cantidades de precipitaciones comparado con el período anterior, el patrón espacial se mantuvo, con menores precipitaciones registradas cerca del Océano Pacífico. Las precipitaciones mínimas registraron 525.83 mm, las máximas 1132.38 mm, y la media se incrementó a 725.44 mm. Este aumento en las precipitaciones está correlacionado con la ocurrencia de eventos históricos de El Niño (ENSO), que incrementan la variabilidad y la intensidad de las precipitaciones. En este período, la erosividad de la lluvia mostró un aumento, con valores mínimos de 457.57 MJ mm/ha h y máximos de 1079.33 MJ mm/ha h, evidenciando el impacto de mayores volúmenes de precipitación en la capacidad erosiva.

En el último período de análisis (2001-2020), se observó que el patrón espacial de las precipitaciones continuó siendo consistente con los períodos anteriores. Las precipitaciones mínimas fueron de 395.07 mm, las máximas de 1069.13 mm, y la media se situó en 617.74 mm, como se muestra en la Fig. 4. En cuanto a la erosividad de la lluvia, los valores registrados variaron entre 362.11 MJ mm/ha h y 1000.76 MJ mm/ha h. Estos resultados indican que, aunque la distribución de las precipitaciones ha mantenido su patrón, la variabilidad de la erosividad sigue siendo notable a lo largo del tiempo.

La comparación de los datos de precipitación con los valores de erosividad de la lluvia a lo largo de estos tres períodos evidencia una relación directa entre la cantidad de precipitación y la capacidad erosiva. Los incrementos en la precipitación media y máxima están asociados con aumentos en la erosividad, lo que sugiere que los eventos de precipitación más intensos y frecuentes, como aquellos

relacionados con ENSO, amplifican el potencial erosivo en la cuenca del río Portoviejo. Este análisis resalta la importancia de considerar tanto la cantidad como la distribución espacial y temporal de las precipitaciones para comprender y mitigar los impactos de la erosividad de la lluvia en la región.

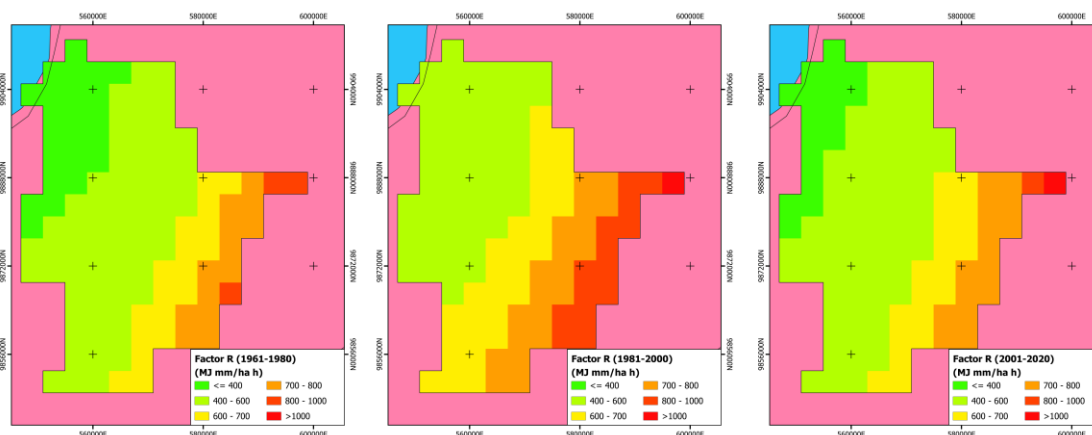


Fig. 5. Distribución espacio-temporal de la erosividad de la lluvia en la cuenca del Río Portoviejo (1961-2020)

CONCLUSIONES

La erosividad de la lluvia en la cuenca del río Portoviejo es un fenómeno complejo y dinámico, influenciado por una variedad de factores ambientales y socioeconómicos. A lo largo de este estudio, se ha evaluado cómo las precipitaciones han variado en términos espaciales y temporales desde 1960 hasta 2020, y cómo estos cambios impactan en la capacidad erosiva de las lluvias en la región. La metodología utilizada ha permitido una comprensión detallada de las precipitaciones a través de la integración de datos de alta calidad, lo que ha facilitado un análisis robusto y exhaustivo.

El análisis de la distribución de las precipitaciones en la cuenca del río Portoviejo mostró un patrón consistente a lo largo de los períodos estudiados, con una disminución de la acumulación de precipitaciones conforme se acerca al Océano Pacífico. Este patrón se mantuvo estable, aunque se observaron diferencias significativas en las cantidades de precipitaciones entre los períodos. Durante el período de 1961 a 1980, se registró una precipitación media de 602.84 mm, que aumentó a 725.44 mm en el período de 1981 a 2000, influenciado por eventos históricos de El Niño (ENSO). En el período más reciente, de 2001 a 2020, la precipitación media se situó en 617.74 mm, manteniendo el patrón espacial observado anteriormente.

Evolución de la erosividad de la lluvia desde 1960. Caso de estudio: Cuenca del Río Portoviejo

El análisis de la erosividad de la lluvia, basado en una metodología regional, reflejó una clara correlación entre las precipitaciones y la capacidad erosiva de las lluvias. Durante los tres períodos analizados, se observó un aumento en la erosividad correspondiente a los incrementos en la cantidad y la intensidad de las precipitaciones. En el primer período, la erosividad osciló entre 340.16 MJ mm/ha h y 997.11 MJ mm/ha h, mientras que en el segundo período aumentó a un rango de 457.57 MJ mm/ha h a 1079.33 MJ mm/ha h. En el período final, la erosividad se mantuvo alta, variando entre 362.11 MJ mm/ha h y 1000.76 MJ mm/ha h. Estos resultados subrayan la importancia de eventos climáticos extremos, como ENSO, en la intensificación de la erosividad de la lluvia.

Las condiciones ambientales de la cuenca del río Portoviejo, incluyendo su clima tropical seco y suelos predominantemente arcillosos, contribuyen significativamente a la vulnerabilidad de la región a la erosión hídrica. La deforestación y el uso intensivo del suelo para actividades agrícolas y ganaderas han exacerbado este problema, reduciendo la cobertura vegetal y aumentando la susceptibilidad del suelo a la erosión. Además, las condiciones socioeconómicas, como la dependencia de la agricultura de subsistencia y la falta de recursos financieros y educativos, limitan la capacidad de los habitantes locales para implementar prácticas sostenibles de manejo del suelo.

La presente investigación destaca las bondades de un enfoque integrador y detallado para el estudio de la erosividad de la lluvia, combinando datos de alta calidad y una metodología robusta. La capacidad de evaluar las precipitaciones y su impacto erosivo a lo largo del tiempo y el espacio proporciona una base sólida para la formulación de políticas y estrategias de conservación efectivas. Este estudio no solo contribuye a una mejor comprensión científica del fenómeno, sino que también ofrece información valiosa para la gestión sostenible de los recursos hídricos y del suelo en la cuenca del río Portoviejo. En última instancia, los hallazgos de esta investigación subrayan la necesidad de adoptar enfoques integrados y multidisciplinarios para abordar los desafíos ambientales y socioeconómicos en la región.

Referencias

- Casanova-Ruiz, G., Delgado, D., & Panchana, R. (2024). Estimación de volúmenes de sedimentos por erosión hídrica empleando el modelo RUSLE en cuencas de la provincia de Manabí, Ecuador. *Revista de Teledetección*, (63), 1-21.
- 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: , et al. *Proceedings of the 1st International Conference on Water Energy Food and Sustainability (ICoWEFS 2021)*. ICoWEFS 2021. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75315-3_94
- 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.
- Delgado, D., Sadaoui, M., Ludwig, W., & Méndez, W. (2024). DEM spatial resolution sensitivity in the calculation of the RUSLE LS-Factor and its implications in the estimation of soil erosion rates in Ecuadorian basins. *Environmental Earth Sciences*, 83(1), 36.
- Jimenez, E., Murillo, A., & Delgado, D. (2024). Análisis comparativo de bases de datos de precipitaciones para la provincia de Manabí. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 6(1), 273-287.
- Macías, L., Loor, D., Ortiz-Hernández, E., Casanova, G., Delgado, D. (2021). Comparative Analysis of Soil Slope Stability, Using Dynamic and Pseudo-static Methods on the Garrapata - Santa Maria Road, Manabi Province, Ecuador. In: , et al. *Proceedings of the 1st International Conference on Water Energy Food and Sustainability (ICoWEFS 2021)*. ICoWEFS 2021. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75315-3_55
- Meusburger, K., Konz, N., Schaub, M., & Alewell, C. (2010). Soil erosion modelled with USLE and PESERA using QuickBird derived vegetation parameters in an alpine catchment. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12(3), 208-215.

- 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.
- Molina-Cevallos, L. A., & Delgado-Gutierrez, D. A. (2024). Análisis de la inversión pública en Proyectos de Sistemas Habitacionales de Interés Social en Ecuador. *MQRInvestigar*, 8(3), 1476-1494.
- Park, S., Oh, C., Jeon, S., Jung, H., & Choi, C. (2011). Soil erosion risk in Korean watersheds, assessed using the revised universal soil loss equation. *Journal of hydrology*, 399(3-4), 263-273.
- 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.
- Pinargote, L. F. R., Quijije, J. H. P., & Delgado, D. (2024). Análisis de la distribución espacial de la erodabilidad del suelo en la cuenca del río Portoviejo-Ecuador. *Dominio de las Ciencias*, 10(1), 1313-1327.
- Pourrut, 1983. Los Climas del Ecuador –Fundamentos explicativos. Orstom, Quito, Ecuador (1983).10.Pourrut P., 1994. Climat de l’Equateur. In l’eau en Equateur, principaux acquis en hydroclimatologie, Ed. ORSTOM, 147 p
- Renard, K. G. (1997). Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). US Department of Agriculture, Agricultural Research Service.
- Véliz, M. A. M., Guillen, P. A. F., & Delgado, D. (2023). Evaluación espacio-temporal del factor C de la Rusle entre las cuencas del río Portoviejo y Chone. *Dominio de las Ciencias*, 9(3), 1300-1315.
- Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). Predicting rainfall erosion losses. *Agricultural Handbook* 537. Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture.