



*Análisis de la erosividad de la lluvia hasta el 2060 en la cuenca del río  
Portoviejo: una mirada hacia el cambio climático*

*Analysis of rainfall erosivity until 2060 in the Portoviejo River basin: a look at  
climate change*

*Análise da erosividade das chuvas até 2060 na bacia do rio Portoviejo: um olhar  
sobre as alterações climáticas*

Kenny Steeven Águila-Perero <sup>I</sup>

[kaguila8026@utm.edu.ec](mailto:kaguila8026@utm.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0005-6778-4035>

José Alfredo Vélez-Cobeña <sup>II</sup>

[jvelez7733@utm.edu.ec](mailto:jvelez7733@utm.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0007-4354-1703>

Daniel Delgado <sup>III</sup>

[daniel.delgado@utm.edu.ec](mailto:daniel.delgado@utm.edu.ec)

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

**Correspondencia:** [kaguila8026@utm.edu.ec](mailto:kaguila8026@utm.edu.ec)

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 25 de julio de 2024 \* **Aceptado:** 30 de agosto de 2024 \* **Publicado:** 30 de septiembre de 2024

- 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 erosividad de la lluvia es el factor clave de la erosión del suelo. Muchos esfuerzos se han hecho para analizar la erosividad de la lluvia en territorio ecuatoriano. Sin embargo, no se han realizado proyecciones de esta problemática ambiental. Por este motivo, el objetivo principal de la presente investigación es analizar la erosividad de la lluvia hasta el año 2060 empleando información ráster satelital. Se utilizó la base de datos de WorldClim para extraer datos de precipitaciones en base a escenarios del cambio climático. La metodología consistió en obtener ráster de precipitaciones proyectadas para el 2041 y 2060 para los escenarios ssp245 y ssp585. Los resultados demostraron que las variaciones de precipitaciones y de la erosividad de la lluvia entre estos dos escenarios es casi imperceptible, lo que se asocia a las condiciones ambientales de la cuenca del río Portoviejo. La presente investigación supone un importante aporte a la gestión del territorio de la provincia de Manabí, Ecuador.

**Palabras clave:** Hidro meteorología; Impacto ambiental; Modelos climáticos; Vulnerabilidad hídrica; Gestión de recursos hídricos.

## Abstract

Rain erosivity is the key factor in soil erosion. Many efforts have been made to analyze the erosivity of rain in Ecuadorian territory. However, no projections have been made for this environmental problem. For this reason, the main objective of this research is to analyze the erosivity of rain until 2060 using satellite raster information. The WorldClim database was used to extract precipitation data based on climate change scenarios. The methodology consisted of obtaining rasters of projected precipitation for 2041 and 2060 for the ssp245 and ssp585 scenarios. The results showed that the variations in precipitation and rain erosivity between these two scenarios are almost imperceptible, which is associated with the environmental conditions of the Portoviejo River basin. This research represents an important contribution to the management of the territory of the province of Manabí, Ecuador.

**Keywords:** Hydro meteorology; Environmental impact; Climate models; Water vulnerability; Water resources management.

## Resumo

A erosividade da chuva é o principal fator responsável pela erosão do solo. Muitos esforços têm sido feitos para analisar a erosividade das chuvas no território equatoriano. No entanto, nenhuma projeção foi feita em relação a este problema ambiental. Por este motivo, o principal objetivo desta investigação é analisar a erosividade das chuvas até 2060 utilizando informação raster de satélite. A base de dados WorldClim foi utilizada para extrair dados de precipitação com base em cenários de alterações climáticas. A metodologia consistiu na obtenção de rasters de precipitação projetada para 2041 e 2060 para os cenários ssp245 e ssp585. Os resultados mostraram que as variações na precipitação e na erosividade das chuvas entre estes dois cenários são quase imperceptíveis, o que está associado às condições ambientais da bacia do rio Portoviejo. Esta pesquisa representa um importante contributo para a gestão do território da província de Manabí, Equador.

**Palavras-chave:** Hidrometeorologia; Impacto ambiental; Modelos climáticos; Vulnerabilidade hídrica; Gestão dos recursos hídricos.

## Introducción

La erosión del suelo es considerada una de las crisis ambientales más graves a nivel mundial (Hoyos et al., 2005). Esta problemática puede reducir el rendimiento de los cultivos hasta en un 50 %, constituyendo la principal amenaza para la seguridad alimentaria global (Sparovek & Schnug, 2001), y es responsable de la pérdida aproximada de 10 millones de hectáreas de tierras de cultivo cada año. Entre los principales riesgos ambientales globales, la erosión del suelo genera significativas pérdidas económicas. Se pronostica que para el 2060, más del 90% del suelo del mundo probablemente se deteriorará debido a problemas de erosión (Keesstra et al., 2016).

En América del Sur, los estudios relacionados con la pérdida de suelo son menos frecuentes en comparación con otras regiones del mundo, con solo 123 aplicaciones en contraste con las más de 800 registradas en otros continentes (Borrelli et al., 2021). En Ecuador, la escasez de investigaciones sobre la erosión del suelo es aún más preocupante, lo que resulta en una falta de comprensión de las consecuencias que este fenómeno natural puede causar a nivel nacional.

La erosividad de la lluvia, un factor crítico en la evaluación del impacto del cambio climático en la degradación del suelo, ha sido objeto de extensos estudios a nivel mundial (Delgado et al., 2022). Investigaciones en diversas regiones, desde los trópicos hasta las zonas áridas, han demostrado una creciente preocupación por los efectos adversos del aumento de la intensidad y frecuencia de las

precipitaciones debido al cambio climático (Mendoza et al., 2023). En particular, estudios en cuencas hidrográficas en América del Norte, Europa y Asia han destacado la necesidad de comprender cómo los patrones de lluvia modificados pueden acelerar la erosión del suelo, afectando la agricultura, la infraestructura y los ecosistemas locales (Delgado et al., 2021). Estos estudios globales proporcionan un marco valioso para entender y abordar problemáticas similares en regiones específicas.

En Ecuador, la cuenca del río Portoviejo se enfrenta a desafíos significativos relacionados con la erosión del suelo, exacerbados por el cambio climático (Véliz et al., 2023). La región, caracterizada por un clima tropical monzónico, experimenta periodos de lluvias intensas que, combinados con su topografía y uso del suelo, contribuyen a la vulnerabilidad a la erosión (Delgado et al., 2023). En Ecuador se registran dos estaciones, una seca y una húmeda. Para las cuencas de la vertiente Pacífico, donde está localizada la cuenca del río Portoviejo, la estación húmeda dura 6 meses, de diciembre a mayo, y la estación seca 6 meses, de junio a noviembre (Delgado et al., 2022). Para cuantificar la erosividad de la lluvia, el modelo Universal Soil Loss Equation (RUSLE) se utiliza ampliamente. El factor de erosividad de la lluvia, junto con otros cinco factores que influyen en la erosión del suelo, se utilizan en los modelos matemáticos RUSLE y USLE (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo) para determinar la erosión del suelo. Aunque las ecuaciones específicas de cada método difieren, ambos modelos consideran los mismos factores: 1) R (factor de erosividad de la lluvia); 2) K (factor de erodabilidad del suelo); 3 y 4) LS (factor topográfico que combina la longitud y la inclinación de la pendiente); 5) C (factor de gestión de cobertura); y 6) P (factor de prácticas de soporte).

La ecuación de erosividad de la lluvia dentro del modelo RUSLE se basa en la energía cinética de las precipitaciones y la intensidad máxima de las mismas, proporcionando una medida crucial para evaluar el potencial erosivo de las lluvias en la cuenca del río Portoviejo.

La importancia de realizar un análisis prospectivo de la erosividad de la lluvia hasta el año 2060 radica en la necesidad de anticipar y mitigar los efectos del cambio climático en la región. Los modelos climáticos proyectan cambios en los patrones de precipitación que pueden intensificar los procesos erosivos, afectando la sostenibilidad de los recursos naturales y el bienestar de las comunidades locales. Un análisis a futuro permitirá desarrollar estrategias de adaptación y manejo sostenible del suelo, cruciales para enfrentar los desafíos ambientales que se avecinan.

El objetivo de esta investigación es analizar la erosividad de la lluvia en la cuenca del río Portoviejo hasta el año 2060, en el contexto del cambio climático. Esta investigación generará información valiosa para la planificación y gestión de recursos hídricos y suelos en la región, proporcionando una base científica para la implementación de medidas de mitigación y adaptación que fortalezcan la resiliencia de la cuenca frente a los impactos del cambio climático.

## Metodología

Para analizar escenarios futuros de la erosividad de la lluvia, se requiere contar con datos de precipitaciones proyectados, mismos que deben ser descargados tomando en cuenta los diversos escenarios del cambio climático.

En este estudio, se utilizará la base de datos WorldClim, la cual proporciona conjuntos de datos climáticos de alta resolución que incluyen proyecciones futuras de precipitación basadas en diversos modelos de cambio climático. WorldClim brinda datos basados en diferentes escenarios de cambio climático, conocidos como Representaciones Concentradas de Trayectorias (RCPs, por sus siglas en inglés). Los principales escenarios disponibles son:

**RCP2.6:** Representa un escenario de bajas emisiones, con un fuerte esfuerzo para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

**RCP4.5:** Un escenario de estabilización de emisiones.

**RCP6.0:** Un escenario de estabilización con emisiones más altas que el RCP4.5.

**RCP8.5:** Representa un escenario de altas emisiones, donde no se realizan esfuerzos significativos para mitigar las emisiones.

Sin embargo, en los últimos años se ha modificado la nomenclatura de los escenarios mencionados en WorldClim como MCG (Modelos Climáticos Globales) con SSPs (Shared Socioeconomic Pathways) son equivalentes a los RCPs mencionados anteriormente. Aquí está la correspondencia:

**SSP1-2.6 (ssp126):** Similar al RCP2.6, representa un escenario de bajas emisiones con fuertes esfuerzos de mitigación.

**SSP2-4.5 (ssp245):** Similar al RCP4.5, representa un escenario de estabilización de emisiones moderado.

**SSP3-7.0 (ssp370):** Representa un escenario de emisiones intermedias-alta con esfuerzos de mitigación limitados.

**SSP5-8.5 (ssp585):** Similar al RCP8.5, representa un escenario de altas emisiones con poco o ningún esfuerzo de mitigación.

Los datos de WorldClim están disponibles en diferentes resoluciones espaciales: 30 segundos (~1 km<sup>2</sup>), 2.5 minutos (~4.5 km<sup>2</sup>), 5 minutos (~9 km<sup>2</sup>), y 10 minutos (~18 km<sup>2</sup>).

Las proyecciones climáticas futuras de WorldClim están disponibles para tres periodos principales:

2041-2060

2061-2080

2081-2100

Para el análisis de la erosividad de la lluvia, se seleccionarán dos escenarios de cambio climático diferentes para evaluar cómo pueden variar las precipitaciones y, en consecuencia, la erosividad de la lluvia en el futuro. Los escenarios seleccionados son:

**SSP2-4.5 (ssp245):** Escenario de Estabilización Moderada - Este escenario asume un esfuerzo significativo pero alcanzable para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, resultando en una estabilización de las concentraciones atmosféricas.

**SSP5-8.5 (ssp585):** Escenario de Altas Emisiones - Este escenario asume un crecimiento continuo de las emisiones de gases de efecto invernadero sin esfuerzos significativos de mitigación, resultando en altas concentraciones atmosféricas.

Los datos de precipitación proyectada para estos dos escenarios serán descargados desde la base de datos WorldClim en la resolución espacial de 30 segundos (~1 km<sup>2</sup>) para proporcionar un análisis detallado y preciso. La información abarcará el periodo de 2041-2060 para representar un horizonte temporal de mediano plazo en nuestras proyecciones.

Una vez obtenidos los datos de precipitaciones, se realizará el cálculo de la erosividad de la lluvia. Para este fin, se empleará la ecuación de Delgado et al. (2022) disponible para el análisis de las cuencas de la vertiente del Pacífico, grupo al que pertenece la cuenca del Río Portoviejo. Dentro de sus bondades, la ecuación de Delgado et al. (2022) permite emplearse con cualquier base de datos de precipitaciones independientemente de su escala espacial, tanto para un análisis prospectivo como proyectivo (ecuación 1).

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

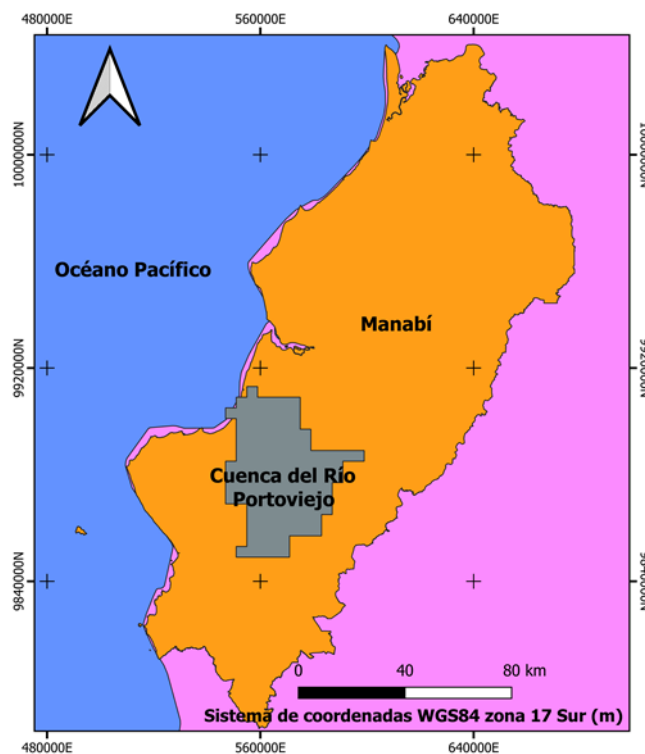
Donde R representa a la erosividad de la lluvia (Factor R de RUSLE) en MJ mm/ha h, mientras que x representa a la variable de precipitación.

Cabe destacar que esta ecuación ha sido empleada en la región, validando su robustez mediante la obtención de resultados fiables (Mendoza et al., 2023; Casanova et al., 2024)

## Resultados y discusión

### Área de Estudio

La cuenca del río Portoviejo (Fig. 1) es un sistema hidrológico significativo ubicado en la vertiente del Pacífico de Ecuador, abarcando una extensión superior a los 1905 km<sup>2</sup>. Esta cuenca se caracteriza por una elevación promedio de 194 metros sobre el nivel del mar y una pendiente de 0.801 grados, lo cual influye en su dinámica hidrológica y en la distribución de sus recursos hídricos (Delgado et al., 2021). Estas características geomorfológicas son esenciales para comprender los patrones de flujo y la gestión del agua en la región.



*Fig. 1: Ubicación de la cuenca del Río Portoviejo en la provincia de Manabí*

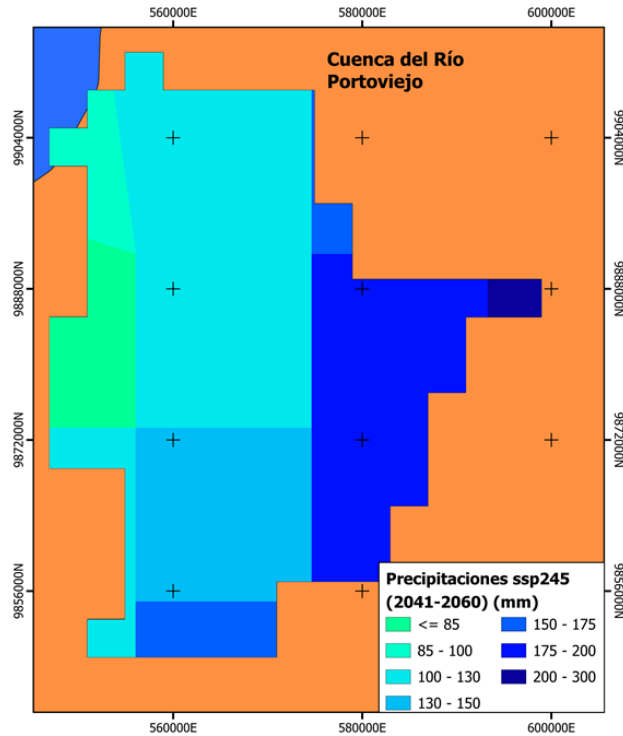
La cuenca del río Portoviejo, presenta un clima tropical seco, caracterizado por temperaturas medias anuales que oscilan entre 23°C y 26°C y precipitaciones anuales que varían de 500 mm a 1500 mm, con una marcada estacionalidad (Delgado et al. 2022). La temporada de lluvias se

concentra entre diciembre y mayo, mientras que el resto del año predomina la estación seca. Esta variabilidad climática influye significativamente en la disponibilidad de recursos hídricos, la agricultura y la biodiversidad de la cuenca. Además, los fenómenos climáticos extremos, como El Niño, afectan periódicamente la región, alterando los patrones de precipitación y aumentando el riesgo de inundaciones y sequías, lo que afecta considerablemente a la erosividad de la lluvia en la zona de estudio.

### **Análisis de las precipitaciones en base a los escenarios del cambio climático**

El estudio de las precipitaciones en la cuenca del río Portoviejo, en el contexto de los escenarios de cambio climático, es fundamental para comprender y anticipar los posibles impactos sobre los recursos hídricos y en la erosividad de la lluvia, con miras a un análisis futuro de la erosión del suelo. Este análisis se centra en los escenarios ssp245 y ssp585, los cuales representan trayectorias contrastantes de emisiones de gases de efecto invernadero y sus respectivas implicaciones climáticas. El escenario ssp245, caracterizado por un enfoque de desarrollo sostenible y una moderada mitigación de emisiones, ofrece una perspectiva optimista donde se espera una estabilización de los impactos climáticos. Por otro lado, el escenario ssp585, que supone un desarrollo continuo basado en combustibles fósiles y altos niveles de emisiones, proyecta cambios climáticos más severos y rápidos. La elección de estos dos escenarios permite evaluar un rango amplio de posibles futuros climáticos y proporciona una base sólida para la planificación y adaptación en la cuenca del río Portoviejo. Al enfocarse en estos escenarios, se busca proporcionar una comprensión integral de cómo las variaciones en las precipitaciones, inducidas por el cambio climático, pueden afectar la disponibilidad de agua, la agricultura, y la seguridad hídrica en la región.





*Fig. 2: Precipitaciones proyectadas al 2060 según ssp245*

En la Fig. 2 se presentan las precipitaciones proyectadas para el año 2060 según el escenario ssp245, el cual contempla una trayectoria de emisiones moderada asociada a un desarrollo sostenible. El análisis detallado de estas proyecciones revela una variabilidad significativa en las precipitaciones dentro de la cuenca del río Portoviejo, con valores que oscilan entre 82.40 mm y 234.30 mm, y un promedio calculado de 134.88 mm. Esta variabilidad refleja la influencia de factores climáticos y geográficos que afectan la distribución espacial de las precipitaciones.

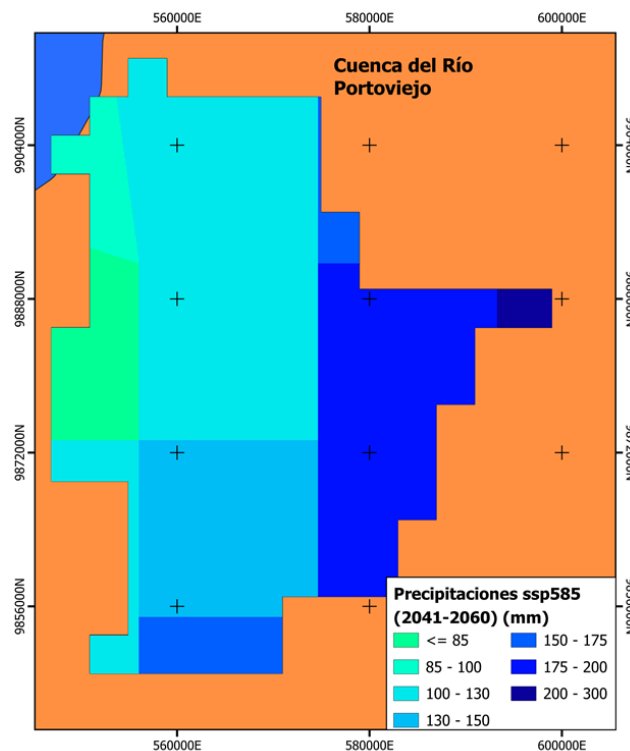
El rango de precipitaciones proyectadas (82.40 mm a 234.30 mm) sugiere la existencia de subregiones dentro de la cuenca con diferentes niveles de exposición a las lluvias. Las áreas que reciben menores precipitaciones podrían enfrentar mayores desafíos relacionados con la disponibilidad de agua para usos agrícolas, domésticos e industriales, mientras que las zonas con mayores precipitaciones podrían estar en riesgo de inundaciones, especialmente durante eventos de lluvia intensa. Esta distribución desigual subraya la necesidad de estrategias de manejo del agua que consideren las especificidades locales.

El valor promedio de 134.88 mm es indicativo de un régimen pluviométrico moderado en la cuenca, pero no debe interpretarse de manera aislada. Es esencial considerar la estacionalidad de

las precipitaciones y la frecuencia de eventos extremos, como lluvias torrenciales o sequías prolongadas. En el escenario ssp245, aunque se espera una mitigación de los impactos más severos del cambio climático, persisten riesgos que deben ser gestionados de manera proactiva.

Además, la comparación con datos históricos de precipitación permitirá evaluar la magnitud de los cambios proyectados. Un incremento o disminución en las precipitaciones medias anuales puede tener implicaciones directas sobre la recarga de acuíferos, el caudal de los ríos y la salud de los ecosistemas locales. Por ejemplo, un incremento en las precipitaciones podría beneficiar la agricultura de secano, pero también podría aumentar la erosión del suelo y la sedimentación en cuerpos de agua.

Es crucial integrar estos hallazgos en un marco de gestión adaptativa que considere tanto las proyecciones climáticas como las necesidades socioeconómicas de las comunidades de la cuenca del río Portoviejo. La implementación de prácticas agrícolas sostenibles, la construcción de infraestructuras de almacenamiento de agua y el fortalecimiento de los sistemas de alerta temprana para inundaciones son algunas de las medidas que podrían contribuir a la resiliencia de la región ante los cambios proyectados en el régimen de precipitaciones.



*Fig. 3: Precipitaciones proyectadas al 2060 según ssp585*

En la Fig. 3 se presentan las precipitaciones proyectadas para el año 2060 según el escenario ssp585, que representa una trayectoria de emisiones altas, basada en un continuo uso de combustibles fósiles y un desarrollo económico impulsado por la energía no renovable. El análisis de estas proyecciones indica que las precipitaciones en la cuenca del río Portoviejo varían entre 83.40 mm y 236.50 mm, con un promedio de 136.3 mm. Este rango y valor promedio son comparables a los del escenario ssp245, donde las precipitaciones oscilan entre 82.40 mm y 234.30 mm, y el promedio es de 134.88 mm.

Las similitudes en las proyecciones de ambos escenarios pueden ser atribuibles a varios factores. Primero, ambos escenarios comparten ciertas características subyacentes en los modelos climáticos utilizados, que pueden conducir a patrones de precipitación similares en ciertas regiones y periodos de tiempo. Además, las condiciones geográficas y climáticas locales de la cuenca del río Portoviejo, como su topografía y proximidad al océano Pacífico, pueden influir de manera consistente en la distribución de las precipitaciones, independientemente del escenario de emisiones.

El rango de precipitaciones proyectadas en el escenario ssp585 (83.40 mm a 236.50 mm) sigue mostrando una significativa variabilidad dentro de la cuenca, similar a lo observado en el escenario ssp245. Esta variabilidad subraya la necesidad de estrategias de manejo del agua que sean flexibles y capaces de abordar tanto los extremos de sequía como de inundación. Las zonas que reciben menores precipitaciones pueden enfrentar desafíos relacionados con la disponibilidad de agua, mientras que las áreas con mayores precipitaciones pueden estar en riesgo de inundaciones y erosión.

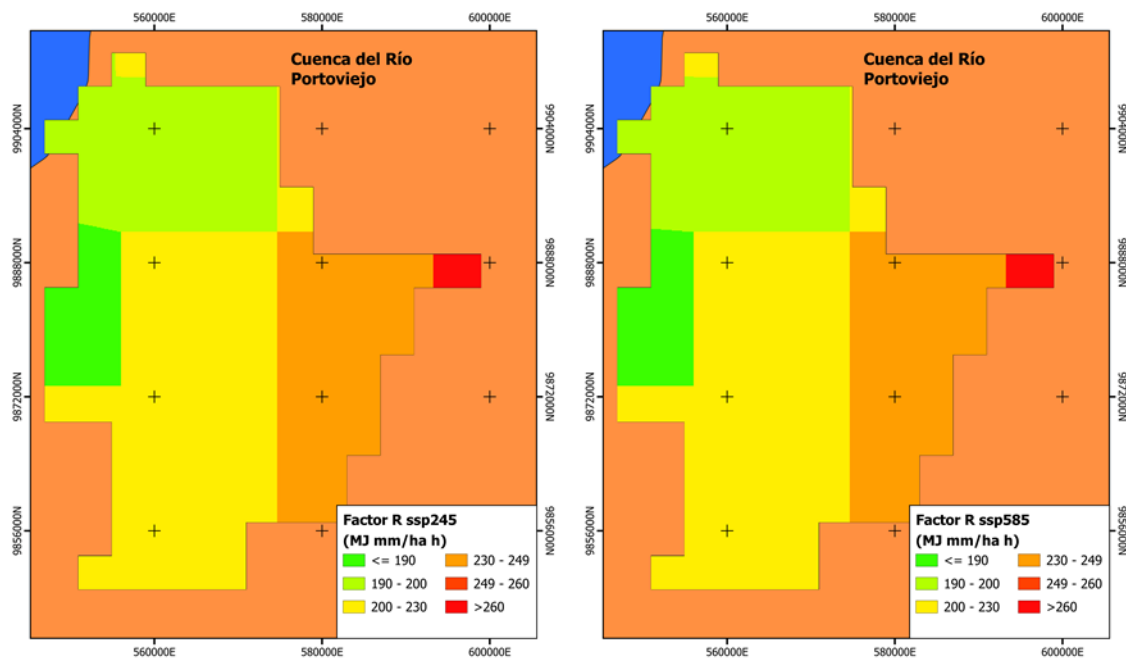
El valor promedio de 136.3 mm es solo ligeramente superior al promedio del escenario ssp245, sugiriendo que, aunque las emisiones y los impactos climáticos son mayores en el ssp585, los cambios en las precipitaciones medias anuales en la cuenca del río Portoviejo no son drásticamente diferentes. Sin embargo, es crucial considerar no solo los promedios anuales, sino también la estacionalidad y la frecuencia de eventos extremos. El escenario ssp585 podría estar asociado con una mayor frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos, lo que puede tener consecuencias significativas para la gestión de los recursos hídricos.

La comparación con datos históricos y el análisis de tendencias a largo plazo permitirán evaluar la magnitud de los cambios proyectados y desarrollar estrategias de adaptación adecuadas. Un incremento en las precipitaciones podría beneficiar la agricultura y la recarga de acuíferos, pero también podría aumentar los riesgos de inundaciones y la erosión del suelo. Por otro lado, una

disminución en las precipitaciones podría agravar problemas de escasez de agua y afectar la producción agrícola.

### Análisis de la erosividad de la lluvia en la cuenca del Río Portoviejo entre 2041 y 2060

El análisis de la erosividad de la lluvia en la cuenca del río Portoviejo entre 2041 y 2060 es crucial para comprender los futuros impactos del cambio climático en la región. La erosividad de la lluvia, un factor clave que influye en la erosión del suelo, depende tanto de la cantidad como de la intensidad de las precipitaciones. Evaluar cómo estos parámetros podrían cambiar en el futuro bajo diferentes escenarios climáticos permitirá identificar áreas vulnerables y desarrollar estrategias de manejo del suelo y del agua para mitigar los efectos negativos. Este estudio se enfocará en proyectar y comparar la erosividad de la lluvia durante este periodo, proporcionando una base científica para la planificación de medidas de conservación del suelo y la gestión sostenible de los recursos naturales en la cuenca del río Portoviejo.



**Fig. 4:** Distribución espacial del Factor R (erosividad de la lluvia de RUSLE) según los escenarios ssp245 y ssp585 en la cuenca del río Portoviejo

El análisis de la distribución espacial del Factor R (Fig. 4), que mide la erosividad de la lluvia según el modelo RUSLE, en la cuenca del río Portoviejo para los escenarios ssp245 y ssp585 revela una notable similitud en los valores proyectados para el periodo 2041-2060. En el escenario ssp245, el Factor R varía entre 189.25 y 263.46 MJ mm/ha h, mientras que en el escenario ssp585 oscila entre 189.69 y 264.67 MJ mm/ha h. Esta estrecha correspondencia en los valores de erosividad entre ambos escenarios puede atribuirse a la similitud en las proyecciones de precipitación, dado que la lluvia es el componente principal que influye en el Factor R. La cuenca del río Portoviejo, debido a su topografía y condiciones climáticas, presenta una distribución espacial de la erosividad que refleja áreas con diferentes niveles de susceptibilidad a la erosión del suelo. Las zonas con valores más altos de Factor R estarán más expuestas a procesos erosivos intensos, lo que subraya la necesidad de implementar prácticas de manejo sostenible del suelo y medidas de conservación específicas. A pesar de las diferencias en los escenarios de emisiones, las proyecciones indican que la erosividad de la lluvia en la cuenca permanecerá en un rango similar, destacando la importancia de estrategias de adaptación robustas que puedan abordar estos riesgos de manera eficaz y asegurar la sostenibilidad ambiental y agrícola en la región. Este análisis proporciona una base científica esencial para el desarrollo de políticas de manejo de recursos naturales y mitigación de riesgos en la cuenca del río Portoviejo.

## Conclusiones

Se evaluó por primera vez la proyección de la erosividad de la lluvia para el año 2060 en la cuenca del río Portoviejo, Manabí, Ecuador. Los resultados indican que las precipitaciones proyectadas bajo el escenario ssp585 muestran una variabilidad y valores promedio similares a los del escenario ssp245, lo que resalta la importancia de desarrollar estrategias de manejo del agua que sean robustas y adaptables a diversos futuros climáticos. A pesar de las similitudes en los promedios anuales de precipitaciones, el escenario ssp585 puede implicar mayores riesgos debido a la mayor frecuencia e intensidad de eventos extremos, subrayando la necesidad de planificación adaptativa y la implementación de medidas de resiliencia en la cuenca del río Portoviejo.

El análisis de la distribución espacial del Factor R en la cuenca del río Portoviejo para ambos escenarios muestra valores de erosividad de la lluvia notablemente similares, reflejando la influencia predominante de las precipitaciones en estos modelos. Esta similitud pone de manifiesto la necesidad de estrategias de manejo del suelo y conservación del agua que sean efectivas y

flexibles frente a las proyecciones climáticas, asegurando así la sostenibilidad y la resiliencia de la cuenca ante futuros cambios ambientales.

Este estudio proporciona una base científica esencial para la gestión de los recursos hídricos y la conservación del suelo en la cuenca del río Portoviejo, destacando la necesidad de adoptar enfoques integrados y adaptativos para enfrentar los desafíos del cambio climático. La implementación de prácticas agrícolas sostenibles, infraestructuras de almacenamiento de agua y sistemas de alerta temprana serán cruciales para mitigar los riesgos y asegurar la resiliencia de la región. Las investigaciones futuras deberían seguir perfeccionando estas proyecciones y explorar estrategias adicionales para mejorar la capacidad de adaptación de las comunidades locales.

## Referencias

1. Aslam, B., Maqsoom, A., Alaloul, W. S., Musarat, M. A., Jabbar, T., & Zafar, A. (2021). Soil erosion susceptibility mapping using a GIS-based multi-criteria decision approach: Case of district Chitral, Pakistan. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(2), 1637-1649.
2. 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.
3. Castillo, V. M., Mosch, W. M., García, C. C., Barberá, G. G., Cano, J. N., & López-Bermúdez, F. (2007). Effectiveness and geomorphological impacts of check dams for soil erosion control in a semiarid Mediterranean catchment: El Cárcavo (Murcia, Spain). *Catena*, 70(3), 416-427.
4. Barrio, P. O. D., Giménez, R., & Campo-Bescós, M. Á. (2017). Assessing Soil Properties Controlling Interrill Erosion: An Empirical Approach Under Mediterranean Condition. *Land Degrad. Develop.*, 28, 1729-1741.
5. Borrelli, P., Alewell, C., Alvarez, P., Anache, J. A. A., Baartman, J., Ballabio, C., ... & Panagos, P. (2021). Soil erosion modelling: A global review and statistical analysis. *Science of the total environment*, 780, 146494.
6. 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](https://doi.org/10.1007/978-3-030-75315-3_94)
7. 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.
  8. 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.
  9. 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.
  10. De Vente, J., Poesen, J., Verstraeten, G., Govers, G., Vanmaercke, M., Van Rompaey, A., ... & Boix-Fayos, C. (2013). Predicting soil erosion and sediment yield at regional scales: where do we stand?. *Earth-Science Reviews*, 127, 16-29.
  11. 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.
  12. Lei, X., Chen, W., Avand, M., Janizadeh, S., Kariminejad, N., Shahabi, H., ... & Mosavi, A. (2020). GIS-based machine learning algorithms for gully erosion susceptibility mapping in a semi-arid region of Iran. *Remote Sensing*, 12(15), 2478.
  13. 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](https://doi.org/10.1007/978-3-030-75315-3_55)
  14. 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.
  15. 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.

16. Poggio, L., De Sousa, L. M., Batjes, N. H., Heuvelink, G., Kempen, B., Ribeiro, E., & Rossiter, D. (2021). SoilGrids 2.0: producing soil information for the globe with quantified spatial uncertainty. *Soil*, 7(1), 217-240.
17. 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
18. 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.
19. Vélez, 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.
20. Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). Predicting rainfall erosion losses. *Agricultural Handbook 537*. Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture.

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).