



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v10i1.3742>

Ciencias de la Educación
Artículo de Investigación

Evaluación del uso y cobertura del suelo en la provincia de Manabí: aplicación de un modelo geoespacial

Evaluation of land use and cover in the province of Manabí: application of a geospatial model

Avaliação do uso e cobertura do solo na província de Manabí: aplicação de um modelo geoespacial

Líder Joshua Aray Saltos ^I

laray8700@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0009-4224-5050>

Freddy Steeven Cedeño Hidrovo ^{II}

fcedeno2058@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0006-4594-8083>

Daniel Delgado ^{III}

daniel.delgado@utm.edu.ec

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

Correspondencia: laray8700@utm.edu.ec

***Recibido:** 30 de noviembre de 2023 ***Aceptado:** 24 de diciembre de 2023 ***Publicado:** 15 de enero de 2024

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

Resumen

El uso y cobertura del suelo es considerado uno de los factores más importantes dentro del proceso natural de erosión hídrica. Para analizarlo es posible utilizar información satelital que permita determinar la calidad de la vegetación mediante enfoques matemáticos del modelo RUSLE. Por este motivo, el objetivo principal de la presente investigación es evaluar el factor de uso y cobertura del suelo en la provincia de Manabí (Factor C) mediante la implementación de un modelo geoespacial. La metodología consistió en obtener el NDVI de la base de datos satelital MODIS entre el 2001 y 2020, para posteriormente calcular el Factor C tomando en cuenta este parámetro del modelo RUSLE. Se realizó un análisis a nivel cantonal y se consideró la incidencia de las precipitaciones en la generación del Factor C. Los resultados mostraron que los valores más bajos (y más favorables) del Factor C se registraron al Sur de Manabí, muy cerca de la provincia del Guayas, mientras que los valores más altos (y más riesgosos) se situaron al norte de Manabí, cerca de la provincia de Esmeraldas, y en pequeños sectores del cantón Manta, junto al Océano Pacífico. La información obtenida será de utilidad para la generación de programas de mitigación ante eventuales problemas erosivos por parte de las entidades competentes.

Palabras Claves: Uso y cobertura del suelo; Cambios uso del suelo; Degradación del suelo; Modelo geoespacial.

Abstract

Soil use and cover is considered one of the most important factors within the natural process of water erosion. To analyze it, it is possible to use satellite information that allows determining the quality of the vegetation through mathematical approaches of the RUSLE model. For this reason, the main objective of this research is to evaluate the land use and land cover factor in the province of Manabí (Factor C) through the implementation of a geospatial model. The methodology consisted of obtaining the NDVI from the MODIS satellite database between 2001 and 2020, to subsequently calculate the C Factor taking into account this parameter of the RUSLE model. An analysis was carried out at the cantonal level and the incidence of rainfall in the generation of Factor C was considered. The results showed that the lowest (and most favorable) values of Factor C were recorded south of Manabí, very close to the province. of Guayas, while the highest (and riskiest) values were located north of Manabí, near the province of Esmeraldas, and in small sectors of the Manta canton,

Evaluación del uso y cobertura del suelo en la provincia de Manabí: aplicación de un modelo geoespacial

next to the Pacific Ocean. The information obtained will be useful for the generation of mitigation programs in the event of possible erosive problems by the competent entities.

Keywords: Land use and cover; Land use changes; Soil degradation; Geospatial model.

Resumo

O uso e cobertura do solo são considerados um dos fatores mais importantes dentro do processo natural de erosão hídrica. Para analisá-lo é possível utilizar informações de satélite que permitem determinar a qualidade da vegetação através de abordagens matemáticas do modelo RUSLE. Por este motivo, o objetivo principal desta pesquisa é avaliar o fator uso e cobertura do solo na província de Manabí (Fator C) através da implementação de um modelo geoespacial. A metodologia consistiu na obtenção do NDVI da base de dados do satélite MODIS entre 2001 e 2020, para posteriormente calcular o Fator C tendo em conta este parâmetro do modelo RUSLE. Foi realizada uma análise em nível cantonal e foi considerada a incidência de chuvas na geração do Fator C. Os resultados mostraram que os valores mais baixos (e mais favoráveis) do Fator C foram registrados ao sul de Manabí, muito próximo ao província de Guayas, enquanto os valores mais altos (e mais arriscados) estavam localizados ao norte de Manabí, perto da província de Esmeraldas, e em pequenos setores do cantão de Manta, próximo ao Oceano Pacífico. As informações obtidas serão úteis para a geração de programas de mitigação em caso de possíveis problemas erosivos por parte das entidades competentes.

Palavras-chave: Uso e cobertura do solo; Mudanças no uso da terra; Degradação do solo; Modelo geoespacial.

Introducción

La erosión del suelo causada por el agua es el proceso ambiental más importante en la degradación de la tierra a nivel mundial (Borrelli et al., 2017; Ostovari et al., 2017). Pese a que la pérdida del suelo es un proceso geomórfico natural, efectos antrópicos como el sobrepastoreo, deforestación y cambios en el uso del suelo, aceleran sus tasas de erosión (Gharibreza et al., 2020). La zona costera (donde está ubicada la provincia de Manabí) presenta una interfaz entre la tierra y el océano, que proporciona mayor cantidad de beneficios vitales para la creación de diversos ecosistemas, como ciertos tipos de vegetación (Liu et al., 2021). Esto genera que estas regiones sean doblemente susceptibles a impactos de las actividades humanas (Zong et al., 2022), por lo que es una zona ecológicamente frágil y sensible

Evaluación del uso y cobertura del suelo en la provincia de Manabí: aplicación de un modelo geoespacial

a las perturbaciones (Sannigrahi et al., 2019). Proyecciones del cambio del uso y cobertura del suelo en las zonas costeras mostraron graves incrementos en las modificaciones de su cobertura que generará una elevada fragmentación del paisaje (Lu et al., 2022). Por este motivo, mapear con precisión el cambio en el uso y cobertura del suelo de una zona costera es esencial para la toma de decisiones que apoyen la gestión sostenible del suelo. Sin embargo, en Ecuador los estudios relacionados a las tasas de erosión y, especialmente, al uso y cobertura del suelo, son muy escasos (Delgado et al., 2022). Esfuerzos aislados se han realizados en pequeños cantones costeros (Mendoza et al., 2023; Párraga et al., 2023; Véliz et al., 2023) pero no permiten comprender un verdadero escenario de las tasas de erosión, pudiendo enmascarar la magnitud real de este grave problema ambiental (Delgado et al., 2021; Delgado et al., 2023).

La provincia de Manabí se caracteriza por tener dos estaciones debidamente marcadas (Delgado et al., 2022): estación seca (entre junio y noviembre) y estación húmeda (entre diciembre y mayo). Esto, junto a la aparición de la línea equinoccial (que separa al Ecuador en dos hemisferios) y la Cordillera de Los Andes, genera que el clima en la región sea mucho más singular que en otras partes del mundo (Pourrut, 1983, Delgado et al., 2024).

La ecuación RUSLE (Ecuación Universal de Pérdida del Suelo Revisada, Renard et al., 1997) ha sido ampliamente utilizada para estimar las tasas de erosión a nivel mundial (Véliz et al., 2023). Para emplearla, es posible utilizar información de bases de teledetección debido a sus numerosas ventajas, entre los que destacan bajos costos, precisión de información, menos utilización de recursos y de fácil empleo (Daldegan et al., 2014).

Dentro de este contexto, el uso y cobertura del suelo puede identificarse como el Factor C (de la ecuación RUSLE) que es considerado como uno de los dos componentes más variables tanto espacial como temporalmente de este modelo (Delgado et al., 2022). Este Factor C permite identificar los efectos que genera la práctica de cultivos y la gestión en el suelo mediante procesos de conservación, rotación de productos y otros (Knijff et al., 1999).

Para obtener el Factor C se pueden emplear datos estadísticos de los cultivos existentes en una zona determinada. Pero, debido a las limitaciones de las bases de datos ecuatorianas (Delgado et al., 2021; Casanova-Ruiz et al., 2024) ciertos autores han optado por la utilización de procedimientos que engloban productos satelitales, como la utilización del Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI, Véliz et al., 2023; Casanova-Ruiz et al., 2024).

Evaluación del uso y cobertura del suelo en la provincia de Manabí: aplicación de un modelo geoespacial

Por este motivo, el objetivo principal de la presente investigación es evaluar el uso y cobertura del suelo en la provincia de Manabí, mediante la implementación de un modelo geoespacial que se enfoque en la utilización del NDVI, durante el período comprendido entre 2001 y 2020. Estos resultados permiten contribuir a la identificación de la dinámica de la cobertura vegetal en el territorio manabita, generando información relevante que pueda ser considerada para la elaboración de alternativas y soluciones de mitigación de los problemas ambientales asociados a la erosión del suelo.

Metodología

Para el desarrollo de la presente investigación se emplearon imágenes satelitales obtenidas de la base MODIS, considerando una escala temporal comprendida entre 2001 y 2020. El análisis se lo realizó en la provincia de Manabí, considerando la división política oficial obtenida de bases gubernamentales. Manabí tiene una extensión de 19532 km² y alberga al 11% de la población de la nación (Mendoza et al., 2023).

Para el tratamiento de la información raster satelital se utilizaron los Softwares QGIS y RStudio, en sus versiones gratuitas y oficiales. Primero se consideró utilizar una escala espacial de 100 m y una reproyección al sistema de coordenadas WGS84 zona 17 sur. Este proceso de escalado y reproyección se lo realizó mediante el software RStudio.

Los rasters procesados mediante los programas mencionados corresponden al NDVI. Este NDVI fue obtenido de la base de datos MODIS que corresponde a una herramienta que utiliza el índice de vegetación de diferencia normalizada mejorada de la NASA para medir la salud de la vegetación. Los valores de NDVI pueden oscilar entre 1 y -1, siendo los valores más próximos a 1 los que representan una mayor vitalidad de la vegetación, mientras que los valores más próximos a 0 (e inferior) indican una escasa o nula vitalidad, junto con zonas descubiertas de vegetación.

Debido al catálogo oficial de MODIS, para poder emplear la información de NDVI se debe aplicar un factor de conversión de 0.0001, adaptándolo a las necesidades de la presente investigación (procedimiento también realizado en RStudio).

Una vez obtenido el raster modificado y adaptado a las condiciones de la investigación, se procedió a aplicar la ecuación de Kniijff et al. (1999) que ha sido ampliamente validada a nivel mundial, incluso en pequeñas regiones de la provincia de Manabí (Véliz et al., 2023). Esta ecuación se detalla a continuación:

$$C = \exp \left[-\alpha \frac{NDVI}{\beta - NDVI} \right]$$

Donde C representa al factor C de uso y cobertura del suelo del modelo RUSLE (adimensional) y α y β son parámetros también sin dimensión que determinan la forma de la curva relacionando el índice de NDVI y el factor C. Valores α de 2 y β de 1 permiten generar resultados razonables para la obtención del factor C cuando el análisis se lo realiza mediante la teledetección.

Para el factor C, los resultados obtenidos se registran a una escala de 0 a 1, con una consideración inversamente proporcional a lo ocurrido con el NDVI. Esto es, valores más próximos a 1 representan zonas mucho más propensas a problemas de cobertura de suelo y una eventual erosión, mientras que los valores más próximos a 0 representan zonas más seguras y fuertes con relación a los efectos negativos de la erosión del suelo.

Cada archivo raster fue modificado a una escala espacial de 100 m previo al cálculo del Factor C, junto con una reproyección al sistema de coordenadas WGS84 zona 17 S.

Una vez obtenidas las imágenes tratadas tomando en cuenta las consideraciones de la investigación, se procedió a realizar el respectivo análisis, considerando un enfoque acorde al análisis de tasas de erosión.

Resultados y discusión

Área de estudio

La provincia de Manabí es una de las 24 provincias que conforman al territorio ecuatoriano. Sus límites son: al norte con la provincia de Esmeraldas, al Sur con la provincia de Santa Elena, al este con las provincias de Esmeraldas, Santo Domingo y Guayas y al oeste con el Océano Pacífico. La superficie de la provincia es de 18940 km² (Mendoza et al., 2023), está compuesta por 22 cantones (Fig. 1) y su capital es Portoviejo.

Evaluación del uso y cobertura del suelo en la provincia de Manabí: aplicación de un modelo geoespacial

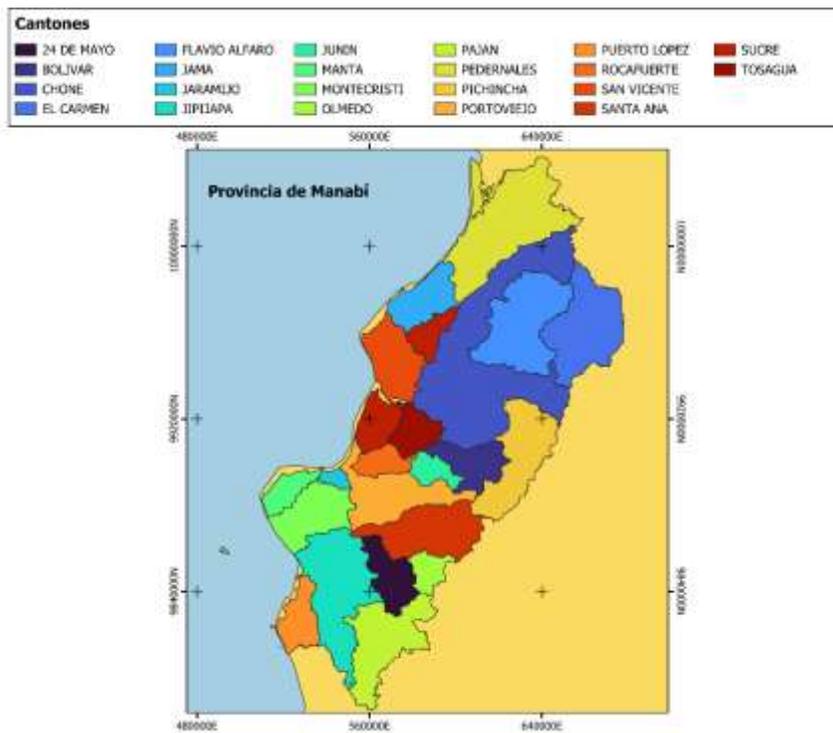


Fig. 1. Provincia de Manabí (área de estudio)

Análisis del NDVI en la provincia de Manabí

El rango de valores del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) obtenido en la provincia de Manabí, Ecuador, entre 0.14 y 0.70, indica una gran variabilidad en la densidad y salud de la vegetación en la región, pese a ser una zona relativamente pequeña. La Fig. 2 permite identificar que menor NDVI se observa conforme se avanza hacia la zona norte (Esmeraldas), mientras que el NDVI disminuye al sur de la provincia de Manabí, cerca de los límites con la provincia del Guayas.

Evaluación del uso y cobertura del suelo en la provincia de Manabí: aplicación de un modelo geoespacial

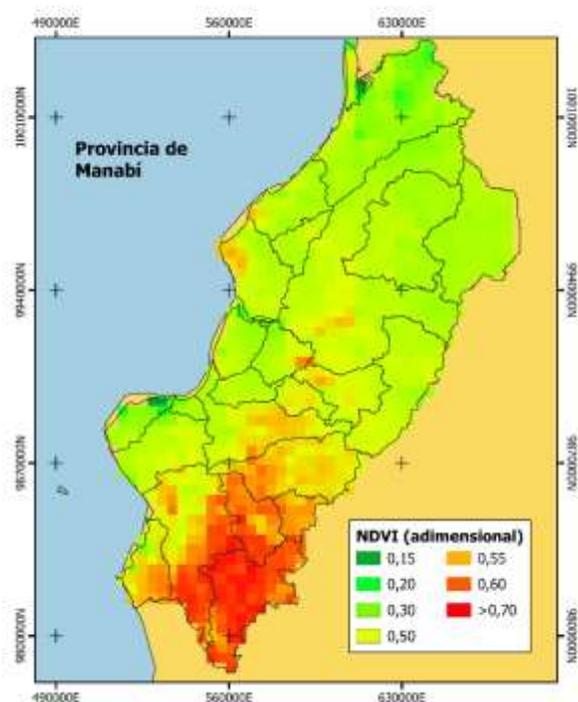


Fig. 2. Distribución espacio temporal del NDVI en la provincia de Manabí entre 2001-2020

Los valores bajos de NDVI (entre 0.14 y 0.30) pueden indicar áreas con vegetación menos densa o con presencia limitada de vegetación. Estas áreas pueden incluir suelos desnudos, cuerpos de agua o zonas urbanas con baja cobertura vegetal. En cuanto a valores moderados de NDVI (entre 0.30 y 0.50), estarían mostrando la presencia de vegetación saludable y en desarrollo. Estos valores podrían estar asociados con áreas agrícolas, pastizales o bosques en diferentes etapas de crecimiento. Para el caso de los valores altos de NDVI (entre 0.50 y 0.70), la vegetación de este sector estaría indicando una cualidad densa y saludable, pudiendo estar relacionados con áreas de bosques maduros, selvas tropicales o cultivos en pleno crecimiento.

Es crucial considerar la variabilidad estacional, climática y geográfica al interpretar los resultados del NDVI. Por ejemplo, en regiones tropicales como Manabí, donde hay cambios estacionales marcados, se pueden observar fluctuaciones en los valores del NDVI a lo largo del año, relacionadas con las estaciones de crecimiento y periodos de sequía (Véliz et al., 2023).

Se debe considerar que en la vitalidad de la vegetación influyen otros factores condicionantes como información climática, tipos de vegetación locales, y eventos naturales o humanos. Para comprender los rangos del NDVI, valores altos representan una mejor vitalidad de la vegetación, mientras que

Evaluación del uso y cobertura del suelo en la provincia de Manabí: aplicación de un modelo geoespacial

valores bajos representan una escasa o poca vitalidad. Es por esto que, haciendo referencia a la Fig. 2, la mayor vitalidad en la vegetación estaría próxima a la provincia del Guayas, ubicado en la zona sur de la provincia de Manabí.

Evaluación del Factor C en territorio manabita

El Factor C representa la calidad del uso y cobertura del suelo en una zona de estudio. Los rangos de este Factor varían entre 0 y 1, considerando que valores más próximos a 0 representan mejores condiciones frente a una eventual erosión hídrica del suelo, mientras que valores mas cercanos a 1 indican condiciones muy desfavorables ante las incidencias del fenómeno natural de erosión del suelo ocasionados por la lluvia. En otras palabras, el rango de valores del Factor C es inversamente proporcional al NDVI.

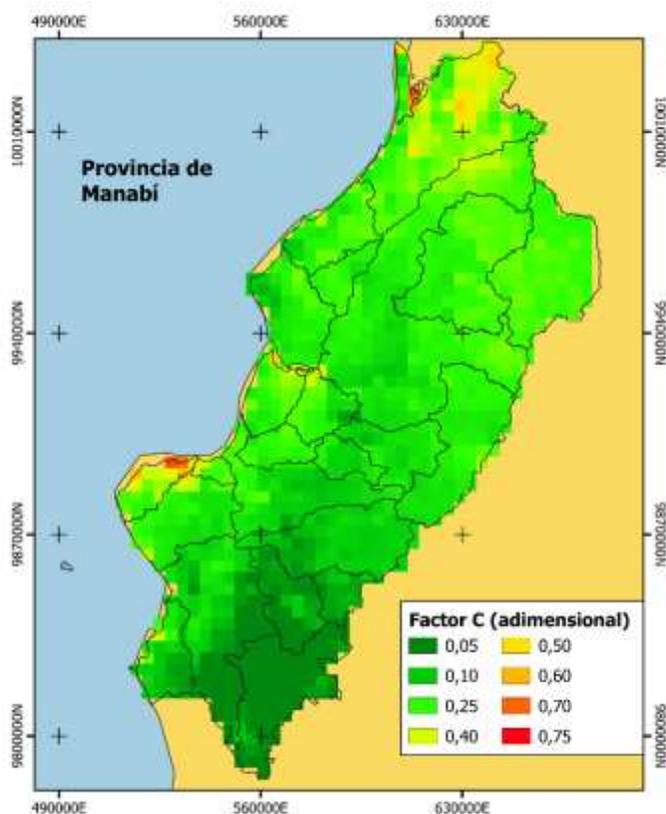


Fig. 3. Distribución espacio temporal del Factor C en la provincia de Manabí entre 2001-2020

Los valores obtenidos para el Factor C en la provincia de Manabí, Ecuador, que varían entre 0.01 y 0.71, sugieren una diversidad de situaciones en cuanto a la gestión del suelo y la cobertura vegetal (Fig. 3). Para los valores bajos del Factor C (0.01 - 0.2), se pueden identificar áreas donde se implementan prácticas de manejo del suelo y cobertura vegetal que reducen significativamente el

Evaluación del uso y cobertura del suelo en la provincia de Manabí: aplicación de un modelo geoespacial

riesgo de erosión. Es probable que estas áreas cuentan con buenas prácticas agrícolas, cobertura vegetal estable o técnicas de conservación del suelo. En cuanto a los valores moderados del Factor C (0.2 - 0.5), estas áreas representan cierto grado de riesgo de erosión, posiblemente debido a prácticas de manejo del suelo que podrían ser mejoradas o a una cobertura vegetal que podría necesitar fortalecimiento. Esto hace relación a la presencia de áreas agrícolas con prácticas de manejo del suelo menos sostenibles. Para los valores altos del Factor C (0.5 - 0.71), se identifican áreas con un riesgo significativamente mayor de erosión hídrica. Estas áreas pueden presentar prácticas de manejo del suelo inadecuadas o inexistentes, deforestación o una falta de cobertura vegetal protectora.

Es importante tener en cuenta la interrelación entre el Factor C y otros factores de la RUSLE, como el Factor R (erosividad de la lluvia), el Factor K (erodabilidad del suelo), el Factor LS (longitud y pendiente) y el Factor P (prácticas de conservación del suelo). Un análisis integrado de estos factores proporcionaría una evaluación más completa del riesgo de erosión en la provincia. Esto se debe a que en esta investigación se está analizando exclusivamente el Factor C, tomando como referencia el estado de uso y cobertura del suelo para identificar el riesgo de erosión en base a este parámetro.

Análisis del Factor C a nivel de cantón en la Provincia de Manabí

El Factor C en la provincia de Manabí tuvo una distribución irregular pese a que la extensión territorial no es muy grande. Esto permitió identificar que varios cantones poseen valores promedio del Factor C muy distintos, incluso siendo cantones colindantes.

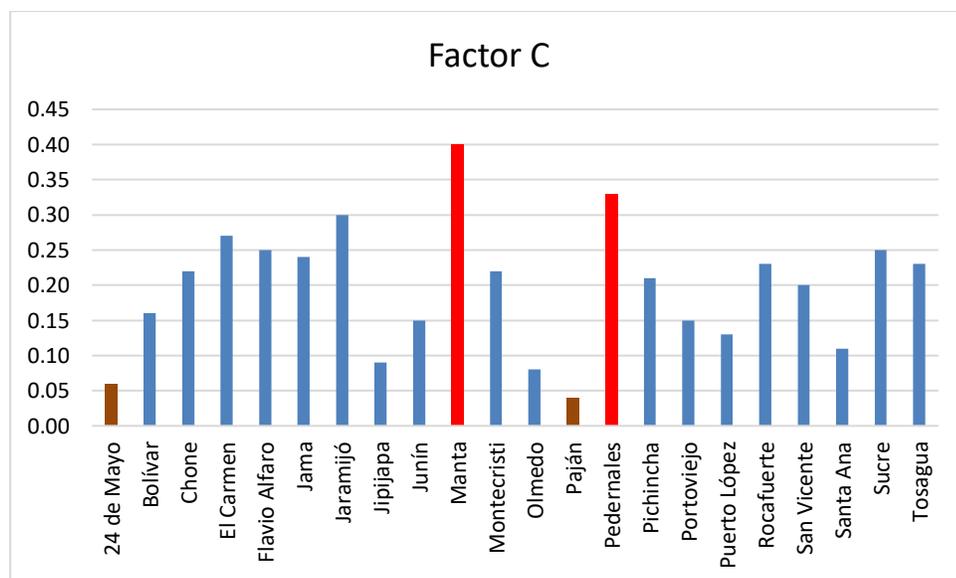


Fig. 4. Distribución promedio del Factor C en la provincia de Manabí a escala cantonal

Evaluación del uso y cobertura del suelo en la provincia de Manabí: aplicación de un modelo geoespacial

Mediante el análisis de la Fig. 4 se puede observar que los cantones con mayor riesgo de erosión hídrica del suelo tomando en cuenta el factor de uso y cobertura (Factor C), son Manta y Pedernales (color rojo), con 0.40 y 0.33 respectivamente. Esto permite identificar que, en estas localidades, la capa de vegetación no es densa o no cubre gran parte del territorio, lo que los vuelve vulnerable ante una eventual erosión y su posterior pérdida del suelo. Al contrario, los cantones que presentan una mayor protección vegetativa y, por ende, son menos propensos a erosiones hídricas considerables, son Paján y 24 de Mayo (color verde), 0.04 y 0.06 de Factor C respectivamente. Esto corrobora lo abordado en la sección anterior, donde se demuestra que las localidades más cercanas a la provincia del Guayas, ubicada al Sur de Manabí, tienen una mejor protección vegetativa.

En cuanto al Factor C promedio para toda la provincia de Manabí, 0.20 permite demostrar que, en general, el territorio Manabita presente una protección aceptable ante una eventual erosión del suelo considerando su protección vegetativa.

Incidencia de las precipitaciones en la distribución espacial del Factor C en la provincia de Manabí

Resulta interesante poder identificar la incidencia de las precipitaciones en la distribución espacial del Factor C en Manabí, tomando en cuenta que este factor representa al uso y cobertura del suelo, y que la vitalidad de la vegetación es el mayor condicionante de este parámetro en particular.

Para tomar en cuenta a la precipitación como factor condicionante, se consideraron los datos de precipitaciones obtenidos por Mendoza et al. (2023).

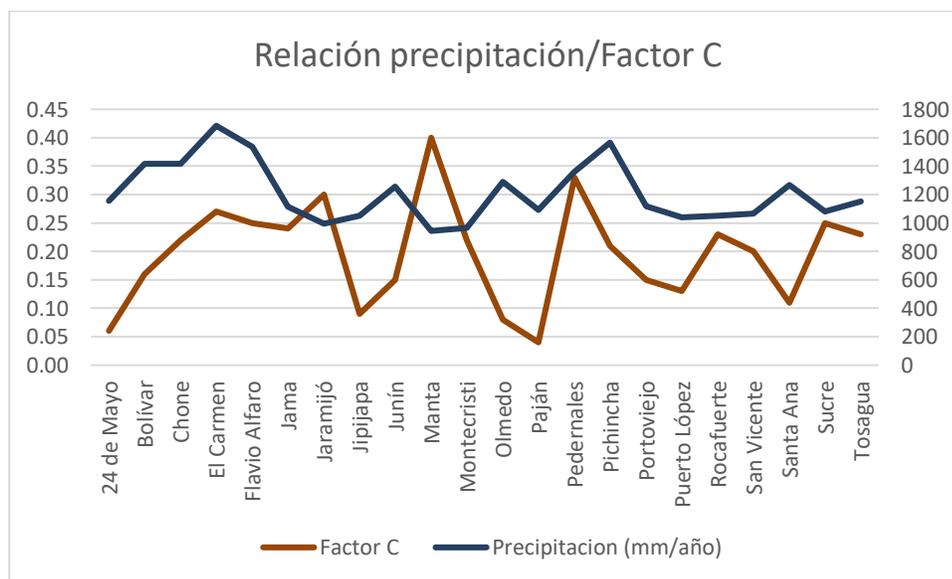


Fig. 5. Relación de las precipitaciones y el Factor C en la provincia de Manabí a escala cantonal

Evaluación del uso y cobertura del suelo en la provincia de Manabí: aplicación de un modelo geoespacial

Mediante la Fig. 5 se puede observar que, en general, las precipitaciones no tienen una incidencia directa en la generación del Factor C. Se esperaba que en zonas donde las precipitaciones son más altas, los valores del Factor C sean más bajos. Sin embargo, esto fue más notorio en localidades como Jipijapa, Junín, Olmedo y Pichincha, donde precipitaciones más elevadas incidieron en valores más bajos del Factor C.

La razón principal es que el Factor C está diseñado para evaluar cómo las prácticas de manejo del suelo y la cobertura vegetal afectan la susceptibilidad del suelo a la erosión. Este factor considera, por tanto, factores como el tipo de cultivo, la intensidad de la labranza, la cobertura vegetal y otras prácticas de manejo del suelo que influyen en la capacidad del suelo para retener la humedad y resistir la erosión. En otras palabras, si bien las precipitaciones inciden en el crecimiento vegetativo (Delgado et al., 2022), el tipo de suelo también es un factor que condiciona este ciclo de la vegetación (Delgado et al., 2023).

Conclusiones

La evaluación espacial del Factor C considerando un análisis del NDVI de MODIS entre 2001 y 2020 en el territorio manabita, permitió obtener información relevante sobre el uso y cobertura del suelo en la provincia.

Los valores del Factor C más bajo se registraron en la zona sur de Manabí, muy cerca de los límites con la provincia del Guayas, con valores por píxeles mínimos de 0.01, mientras que los valores más altos se registraron en la zona norte del territorio manabita, muy próximo a la provincia de Esmeraldas, con valores que bordean los 0.7. Sin embargo, el valor por píxel más alto (aunque se considera un caso aislado) se registró en la zona centro oeste, en las inmediaciones con el Océano Pacífico, con 0.71.

A nivel de cantón se pudo observar que las localidades con mayores problemas de erosión considerando el Factor C son Manta y Pedernales, considerando además que el cantón Manta registra también el valor más alto por píxel a escala provincial (0.71). Los valores más bajos se registraron en los cantones Paján y 24 de Mayo que, geográficamente, se encuentran muy cerca de la provincia del Guayas.

Los resultados obtenidos en la presente investigación pueden ser aprovechados por las entidades encargadas de la gestión del territorio en Manabí, para establecer estrategias y soluciones que se enfoquen en mejorar la cobertura vegetal en la provincia, con el fin de contar con una mejor

Evaluación del uso y cobertura del suelo en la provincia de Manabí: aplicación de un modelo geoespacial

vegetación que proporcione una mayor protección ante eventuales procesos erosivos generados por las lluvias.

Se recomienda realizar un análisis integral de la erosión del suelo considerando los demás factores que comprenden la RUSLE, con la finalidad de contar con una evaluación integrada que proporcione resultados más completos del riesgo de erosión en Manabí.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Mendoza et al. (2023) por proporcionar los datos de precipitaciones generados en su investigación.

Referencias

- Borrelli, P., Robinson, D. A., Fleischer, L. R., Lugato, E., Ballabio, C., Alewell, C., ... & Panagos, P. (2017). An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature communications*, 8(1), 2013.
- 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.
- Daldegan, G. A., de Carvalho Júnior, O. A., Guimarães, R. F., Gomes, R. A. T., de Figueiredo Ribeiro, F., & McManus, C. (2014). Spatial patterns of fire recurrence using remote sensing and GIS in the Brazilian savanna: Serra do Tombador Nature Reserve, Brazil. *Remote Sensing*, 6(10), 9873-9894.
- 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.
- Delgado, D., Sadaoui, M., Pacheco, H., Méndez, W., & Ludwig, W. (2021, May). Interrelations between soil erosion conditioning factors in basins of Ecuador: contributions to the spatial

Evaluación del uso y cobertura del suelo en la provincia de Manabí: aplicación de un modelo geoespacial

- model construction. In *International Conference on Water Energy Food and Sustainability* (pp. 892-903). Cham: Springer International Publishing.
- Gharibreza, M., Zaman, M., Porto, P., Fulajtar, E., Parsaei, L., & Eisaei, H. (2020). Assessment of deforestation impact on soil erosion in loess formation using ^{137}Cs method (case study: Golestan Province, Iran). *International Soil and Water Conservation Research*, 8(4), 393-405.
- Knijff, J. M. F., Jones, R. J. A., & Montanarella, L. (1999). Soil erosion risk assessment in Italy (p. 52). Brussels, Belgium: European Soil Bureau, European Commission.
- Liu, C., Yang, M., Hou, Y., & Xue, X. (2021). Ecosystem service multifunctionality assessment and coupling coordination analysis with land use and land cover change in China's coastal zones. *Science of the Total Environment*, 797, 149033.
- Lu, L., Qureshi, S., Li, Q., Chen, F., & Shu, L. (2022). Monitoring and projecting sustainable transitions in urban land use using remote sensing and scenario-based modelling in a coastal megacity. *Ocean & Coastal Management*, 224, 106201.
- 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.
- Ostovari, Y., Ghorbani-dashtaki, S., & Bahrami, H. (2017). Soil loss prediction by an integrated system using RUSLE, GIS and remote sensing in semi-arid region. *Geoderma Regional*.
- 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.
- Pourrut, P. (1983). Los climas del Ecuador: fundamentos explicativos. *CEDIG Documentos de Investigación*, 4, 8-40.
- 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.
- Sannigrahi, S., Joshi, P. K., Keesstra, S., Paul, S. K., Sen, S., Roy, P. S., ... & Bhatt, S. (2019). Evaluating landscape capacity to provide spatially explicit valued ecosystem services for sustainable coastal resource management. *Ocean & coastal management*, 182, 104918.
- 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.

Evaluación del uso y cobertura del suelo en la provincia de Manabí: aplicación de un modelo geoespacial

Zong, S., Hu, Y., Bai, Y., Guo, Z., & Wang, J. (2022). Analysis of the distribution characteristics and driving factors of land use conflict potentials in the Bohai Rim coastal zone. *Ocean & Coastal Management*, 226, 106260.

©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/>).