

Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2024,
Volumen 8, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4

**ANÁLISIS DEL ESTADO DE LA VEGETACIÓN
DE UNA MICROCUENCA AMAZÓNICA MEDIANTE
EL NDVI. CASO DE ESTUDIO MICROCUENCA
DEL RÍO SANDALIAS**

**ANALYSIS OF THE VEGETATION STATUS OF AN
AMAZONIAN BASIN USING NDVI.
CASE STUDY OF THE SANDALIAS RIVER BASIN**

Darwin Javier Sucoshañay Villalba

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador

Ligia Angélica Mejía Pazmiño

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador

Víctor Hugo Del Corral Villarroel

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador

María Fernanda Montero Garófalo

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador

David Alejandro Yedra Machado

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador

Christopher Oswaldo Paredes Ulloa

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13236

Análisis del Estado de la Vegetación de una Microcuenca Amazónica Mediante el NDVI. Caso de Estudio Microcuenca del Río Sandalias

Darwin Javier Sucoshañay Villalba¹
javier.dsv6263@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-7724-1190>
Universidad Estatal Amazónica
Ecuador

Ligia Angélica Mejía Pazmiño
angelina8714.am97@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0008-2711-483X>
Universidad Estatal Amazónica
Ecuador

Víctor Hugo Del Corral Villarroel
vdelcorral@uea.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-2680-5336>
Universidad Estatal Amazónica
Ecuador

María Fernanda Montero Garófalo
mf.monterog@uea.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0002-3802-1440>
Universidad Estatal Amazónica
Ecuador

David Alejandro Yedra Machado
da.yedram@uea.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0004-4383-2998>
Universidad Estatal Amazónica
Ecuador

Christopher Oswaldo Paredes Ulloa
co.paredesu@uea.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2087-5694>
Universidad Estatal Amazónica
Ecuador

RESUMEN

El estudio analiza el estado de la vegetación en la microcuenca del río Sandalias, una unidad hidrográfica amazónica localizada en Pastaza, Ecuador, utilizando técnicas de teledetección. La investigación se enfoca en la importancia de las microcuencas para la regulación hídrica, retención de sedimentos y provisión de hábitats. Se emplearon imágenes del satélite Landsat 9 con alta resolución espacial para calcular el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). Los resultados muestran una distribución asimétrica de la vegetación, con valores de NDVI entre -0.2 y 0.5. La mayoría de la superficie (60.8%) está cubierta por vegetación escasa, seguida por vegetación moderada (32%). Se observa una ausencia de vegetación densa y saludable, lo cual es preocupante para la salud del ecosistema y la dinámica del funcionamiento de la microcuenca. Se señala que esta distribución podría indicar cierto grado de degradación o perturbación del ecosistema. La presencia de vegetación moderada se considera como una oportunidad para la recuperación del ecosistema. Finalmente, se sugiere que factores como la expansión agrícola, la tala selectiva y el cambio de uso de la tierra podrían estar influyendo en estos patrones. En el contexto del cambio climático global, estudiar los índices de vegetación en microcuencas amazónicas es cada vez más importante.

Palabras clave: índice de vegetación, cuenca hidrográfica, diversidad, expansión agrícola

¹ Autor principal.
Correspondencia: javier.dsv6263@gmail.com

Analysis of the Vegetation status of an Amazonian basin using NDVI. Case Study of the Sandalias River Basin

ABSTRACT

The study analyzes the vegetation status in the Sandalias river basin, an Amazonian hydrographic unit located in Pastaza, Ecuador, using remote sensing techniques. The research focuses on the importance of basin for water regulation, sediment retention, and habitat provision. High spatial resolution images from the Landsat 9 satellite were used to calculate the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). The results show an asymmetric distribution of vegetation, with NDVI values ranging between -0.2 and 0.5. Most of the area (60.8%) is covered by sparse vegetation, followed by moderate vegetation (32%). There is an absence of dense and healthy vegetation, which is concerning for the ecosystem's health and the micro-watershed's functional dynamics. This distribution could indicate a certain degree of ecosystem degradation or disturbance. The presence of moderate vegetation is seen as an opportunity for ecosystem recovery. Finally, it is suggested that factors such as agricultural expansion, selective logging, and land-use change could be influencing these patterns. In the context of global climate change, studying vegetation indices in Amazonian basin is increasingly important..

Keywords: vegetation index, watershed, diversity, agricultural expansion

*Artículo recibido 15 agosto 2024
Aceptado para publicación: 10 setiembre 2024*



INTRODUCCIÓN

La cuenca amazónica, el ecosistema de bosque tropical más extenso del planeta, desempeña un papel crucial en la regulación del clima global y alberga una biodiversidad sin precedentes (Lovejoy & Nobre, 2018). Sin embargo, de acuerdo con Núñez & Inca (2023), Peña (2021) y Malhi et al., (2008) esta región enfrenta numerosos desafíos ambientales, incluyendo la deforestación, la fragmentación del hábitat y el cambio climático. En este contexto, el estudio de las microcuencas amazónicas se ha convertido en una prioridad para comprender los procesos ecológicos a escala local y su influencia en la dinámica regional del bosque tropical (McClain & Naiman, 2008).

Desde una perspectiva hidrológica, la vegetación en una cuenca hidrográfica es crucial para mantener la integridad del ciclo del agua (Montero, 2023); y en concordancia con Moreira et al., (2019) el manejo integrado de una cuenca hidrográfica contribuye a evaluar los procesos de interceptación de la lluvia, la evapotranspiración y la infiltración del agua en el suelo. Estos procesos son esenciales para la regulación de los caudales, la prevención de la erosión y el mantenimiento de la calidad del agua, aspectos que tienen implicaciones directas tanto para los ecosistemas locales como para las comunidades humanas que dependen de estos recursos (Davidson et al., 2012).

Las microcuencas, se pueden considerar como unidades hidrológicas a pequeña escala; así como componentes fundamentales del paisaje y que juegan un papel fundamental en el mantenimiento de los servicios ecosistémicos, y que permiten estudiarlas mediante acciones participativas (Cruz et al., 2008).

La vegetación asociada a estas unidades hidrológicas es particularmente importante, ya que influye en la regulación hídrica, la retención de sedimentos, el ciclo de nutrientes y la provisión de hábitats para la fauna local (Martínez, 2022).

El análisis del estado de la vegetación en una microcuenca proporciona información valiosa sobre la salud general del ecosistema y la velocidad sobre los cambios que ocurren (Zamora et al., 2020). Este tipo de investigaciones permiten identificar patrones de distribución de especies, diversidad florística, estructura y composición de los recursos a escala local (Ter Steege et al., 2013).

En las últimas décadas, la creciente preocupación por la conservación de la Amazonía ha impulsado numerosas investigaciones sobre la ecología de sus bosques, sistemas hídricos y el rol de la población (Sánchez & Anguaya, 2024). Sin embargo, gran parte de estos estudios se han centrado en áreas extensas

o en los principales ríos de la cuenca, dejando un vacío de conocimiento en lo que respecta a las dinámicas ecológicas de las microcuencas (Junk et al., 2011).

En el contexto del cambio climático global, el estudio de la vegetación en microcuencas amazónicas adquiere una relevancia aún mayor. Los modelos climáticos predicen cambios significativos en los patrones de precipitación y temperatura en la región amazónica, lo que podría tener impactos profundos en la distribución y composición de las comunidades vegetales (Pérez & De la Barrera, 2021). La estructura del bosque en estas microcuencas amazónicas se caracteriza por su notable complejidad tanto vertical como horizontal. Verticalmente, se distinguen múltiples estratos bien definidos, desde el suelo forestal hasta el dosel superior y de ahí depende sus servicios de captura de carbono (Calvas et al., 2024).

Guzmán et al., (2023) manifiesta que la teledetección se ha convertido en una herramienta fundamental para el estudio del estado de la vegetación a escala global. Esta técnica permite obtener información detallada y actualizada sobre la cobertura vegetal de grandes áreas sin necesidad de contacto directo. Así también Zuluaga et al., (2021) plantea que el análisis de la radiación electromagnética reflejada o emitida por las plantas, captada por sensores en satélites o aeronaves, es posible evaluar diversos parámetros de la vegetación. Los índices espectrales, como el NDVI, facilitan la cuantificación del vigor, la densidad y la salud de la vegetación. Esta metodología ofrece ventajas significativas en términos de eficiencia, cobertura y frecuencia de monitoreo, siendo crucial para la gestión ambiental, la agricultura de precisión y los estudios de cambio climático (Denis et al., 2020).

Este artículo se propone abordar un análisis detallado del estado de la vegetación en una microcuenca amazónica específica, mediante técnicas de teledetección. La investigación se enmarca en la creciente necesidad de comprender los ecosistemas a escala local para informar su estado y posible manejo sostenible a escala regional.

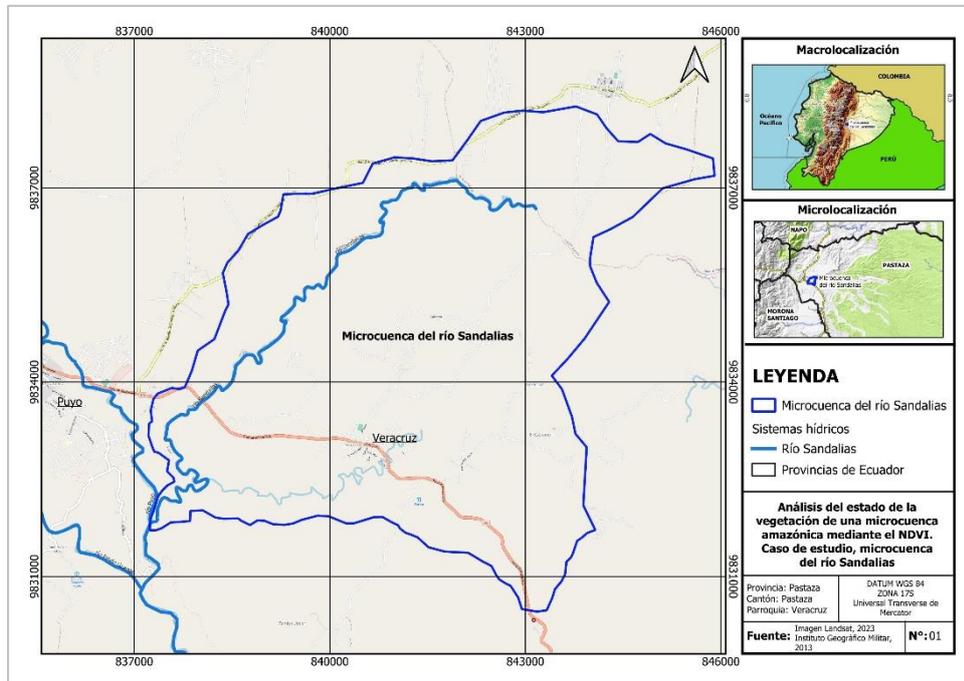
METODOLOGÍA

Información espacial

El área de estudio se centró en la microcuenca del río Sandalias, una unidad hidrográfica localizada en el cantón y provincia de Pastaza, Ecuador. Esta microcuenca, con una superficie de 3674,1 hectáreas, es tributaria de la subcuenca del río Puyo, destacada por su significativa interacción entre elementos

antropicos y naturales. El río Sandalias actúa como el sistema hídrico principal de la zona, que alberga diversas actividades humanas, principalmente urbanísticas, turísticas y agropecuarias.

Figura 1. – Mapa de localización del área de estudio



Elaborado por: Los autores

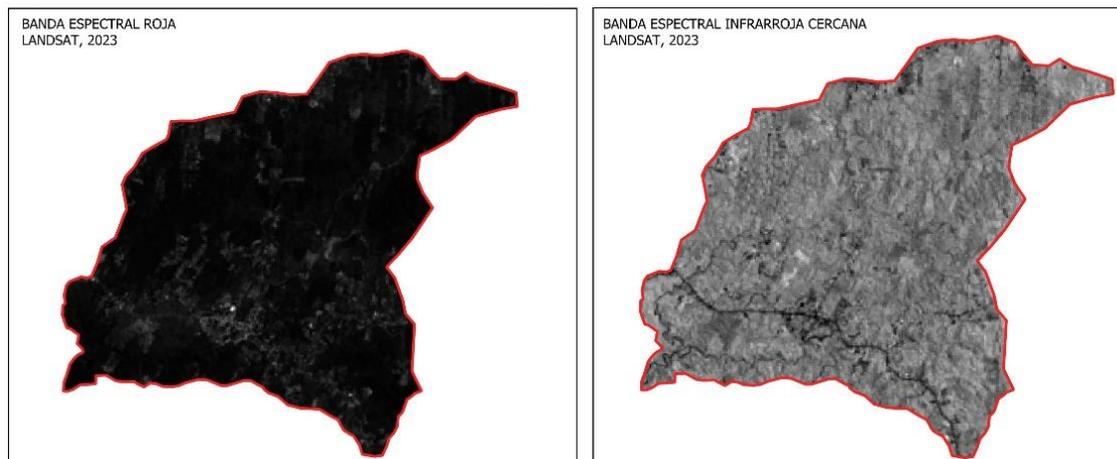
La microcuenca se clasifica ecológicamente como "bosque pluvial pre-montano" (b.p.PM). Esta formación se extiende por las estribaciones de la cordillera Oriental, entre los 600 y 1800 metros sobre el nivel del mar. El clima se caracteriza por temperaturas medias anuales de 18°C a 24°C y una precipitación anual que oscila entre 4000 y 5300 milímetros (Gutiérrez et al., 2022). Estas condiciones climáticas y topográficas contribuyen a la formación de un ecosistema único y megadiverso.

Información Temporal

Datos satelitales

Selección de imágenes satelitales: Se utilizaron imágenes del satélite Landsat 9 de la USGS Earth Explorer debido a su alta resolución espacial (10m para las bandas utilizadas en el cálculo del NDVI) y su frecuencia de revisita de 5 días. Las bandas específicas seleccionadas fueron la Banda 4 (Rojo: 665 nm) y la Banda 5 (Infrarrojo Cercano: 842 nm). Se seleccionó una imagen correspondiente al mes de septiembre 2023.

Figura 2. – Bandas del satélite Roja e Infrarroja Cercana



Criterios de selección de imágenes

Se seleccionó la imagen con menos del 10% de cobertura de nubes sobre el área de estudio. Se verificó que las imágenes no presentaran errores de captura o transmisión.

Cálculo del NDVI

Fórmula utilizada: Se empleó la fórmula estándar del NDVI:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED}) \quad (1)$$

Donde:

NIR = reflectancia en la banda del infrarrojo cercano

RED = reflectancia en la banda del rojo

Se utilizó QGIS 3.22 para el procesamiento principal de las imágenes y el cálculo del NDVI. Se cargaron las bandas 4 (RED) y 5 (NIR) de Landsat en QGIS. Se utilizó la "Calculadora Raster" de QGIS para aplicar la fórmula del NDVI. El resultado se guardó como un nuevo archivo raster en formato GeoTIFF.

Clasificación del estado de la vegetación

Se establecieron cinco categorías para clasificar el estado de la vegetación basadas en los valores de NDVI:

Tabla 1. Clasificación de los valores de NDVI.

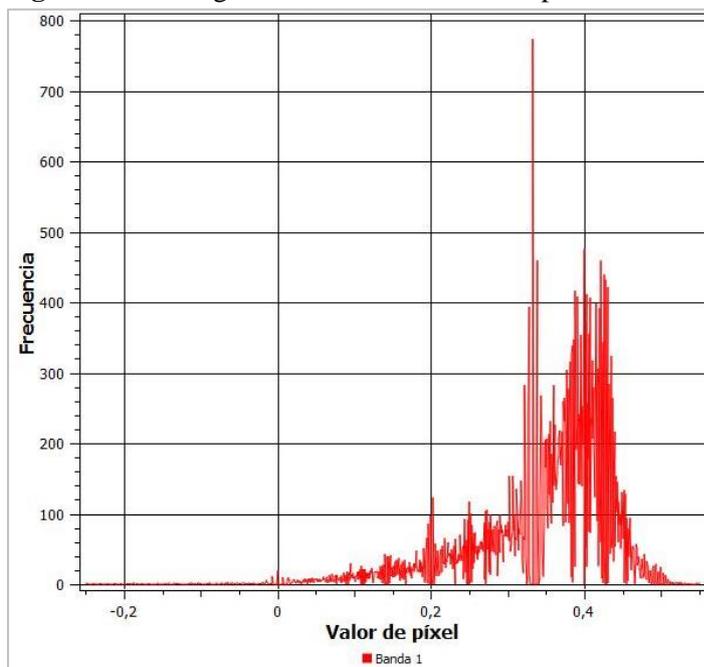
Categorías	Valor
Suelo desnudo o agua	-1 a 0.1
Vegetación muy escasa	0.1 a 0.2
Vegetación escasa	0.2 - 0.4
Vegetación moderada	0.4 - 0.6
Vegetación densa y saludable	0.6 - 1

Fuente: Díaz (2015)

RESULTADOS

A partir del procesamiento de la información con

Figura 3. – Histograma de la distribución de píxeles del NDVI



Los valores de píxel van aproximadamente desde -0.2 hasta 0.5, lo que es consistente con un índice de vegetación normalizado (como el NDVI). La distribución es asimétrica, con la mayor parte de los valores concentrados entre 0.2 y 0.5. El pico más alto se encuentra alrededor de 0.3-0.4, indicando que la mayoría de los píxeles tienen valores en este rango. Esto corresponde a vegetación escasa a moderada según la tabla 2. La frecuencia máxima alcanza casi 800 píxeles para algunos valores en el rango mencionado.

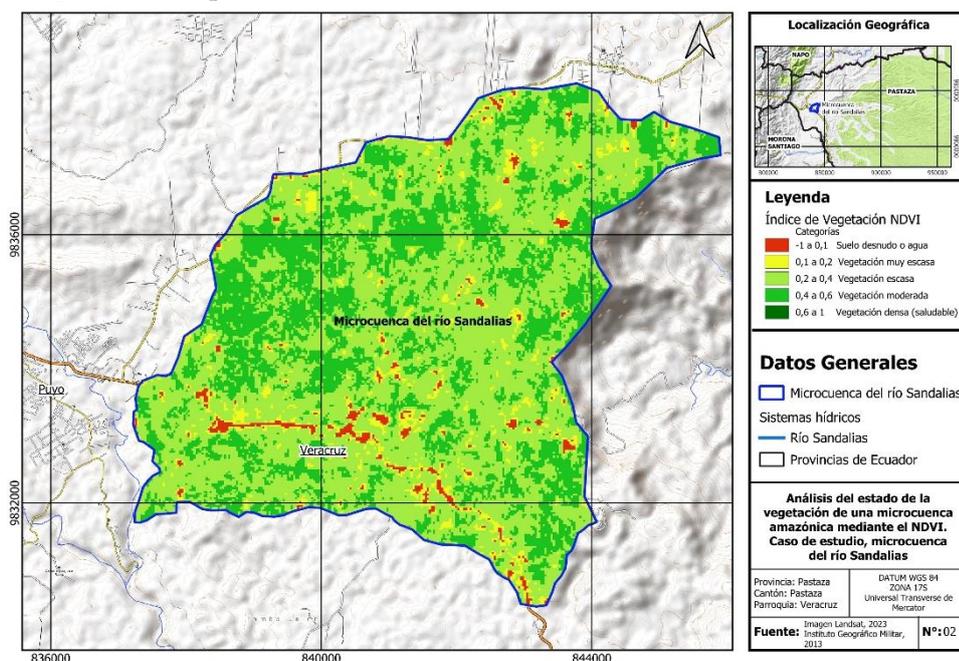
Tabla 2. – Resultados del NDVI de la microcuenca del río Sandalias

Categorías	Valor	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Suelo desnudo o agua	-1 a 0.1	70,5	1,9
Vegetación muy escasa	0.1 a 0.2	190,8	5,2
Vegetación escasa	0.2 - 0.4	2235,6	60,8
Vegetación moderada	0.4 - 0.6	1177,1	32,0
Vegetación densa y saludable	0.6 - 1	---	---

Elaborado por: Los autores, 2024

El área correspondiente a suelo desnudo o agua en la microcuenca es de 70.5 hectáreas, lo que representa el 1.9 % del total. Esto indica que una pequeña fracción de la microcuenca está compuesta por suelos no vegetados o cuerpos de agua.

Figura 3. – Mapa del NDVI de la microcuenca del río Sandalias



Realizado por: Los autores

El área con vegetación muy escasa cubre 190.8 hectáreas, lo que equivale al 5.2 % de la microcuenca. Este estado de vegetación sugiere una cobertura vegetal mínima, posiblemente debido a condiciones adversas para el crecimiento de la vegetación. La mayor parte de la superficie de la microcuenca, 2235.6 hectáreas, está cubierta por vegetación escasa, lo que representa el 60.8 % del total. Esto indica que la vegetación en esta área es insuficiente para ser considerada moderada o densa, y podría estar en un estado de degradación.

El área con vegetación moderada abarca 1177.1 hectáreas, lo que constituye el 32 % de la superficie total de la microcuenca. Este nivel de vegetación es indicativo de una cobertura vegetal más saludable y mejor desarrollada en comparación con las categorías anteriores.

DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de la cobertura vegetal en la microcuenca amazónica estudiada revelan un panorama complejo que merece una discusión detallada. La predominancia de vegetación escasa y moderada, junto con la ausencia de vegetación densa y saludable.

La distribución de la cobertura vegetal, con un 60.8 % de vegetación escasa y un 32 % de vegetación moderada, sugiere un ecosistema que podría estar experimentando cierto grado de degradación o perturbación. En relación con lo que expresan Alarcón et al. (2016) las actividades antrópicas ponen en riesgo la estabilidad de los ecosistemas de las microcuencas amazónicas. La presencia limitada de áreas con suelo desnudo o agua (1.9%) indica que, a pesar de la escasez de vegetación densa, la microcuenca mantiene algún nivel de cobertura vegetal en la mayor parte de su extensión.

La ausencia de vegetación densa y saludable (índice NDVI 0.6-1) es particularmente preocupante desde una perspectiva ecológica. Según Armenteras et al. (2021), la vegetación densa en ecosistemas amazónicos desempeña un papel crucial en la regulación del ciclo hidrológico, la fijación de carbono y el mantenimiento de la biodiversidad. La falta de este tipo de cobertura podría indicar una disminución en la capacidad del ecosistema para proporcionar estos servicios ambientales críticos.

Sin embargo, la presencia significativa de vegetación moderada (32% del área) ofrece un rayo de esperanza. Como señalan Csillik & Asner (2020), las áreas con vegetación moderada en la Amazonía a menudo representan etapas intermedias de regeneración forestal y pueden albergar una diversidad considerable de especies. Estas zonas podrían servir como núcleos para la recuperación del ecosistema si se implementan medidas de conservación y restauración adecuadas.

La distribución observada de la cobertura vegetal podría ser el resultado de múltiples factores. Ferreira et al. (2023) identificaron la expansión agrícola, la tala selectiva y el cambio del uso de la tierra como las principales causas de la degradación forestal en la Amazonía. Un estudio reciente de Silva Junior et al. (2021) encontró que aproximadamente el 17% de la Amazonía muestra signos de degradación forestal, con patrones similares a los observados en esta microcuenca.

CONCLUSIONES

El estudio reveló una predominancia significativa de vegetación escasa y vegetación moderada, esta distribución indica que la microcuenca está experimentando cierto grado de degradación o perturbación, lo que podría tener implicaciones importantes para la sostenibilidad del ecosistema y la calidad de los servicios ecosistémicos que proporciona.

Al ser una microcuenca con una incidencia antrópica importante muestra como las áreas se expanden a lo largo del tiempo y por ello genera una importancia crucial para monitorear estos espacios para prevenir una posible expansión que podría afectar negativamente la dinámica hídrica y la biodiversidad local.

La aplicación de técnicas de teledetección como el NDVI, facilita la cuantificación precisa del estado de la vegetación; así también, proporciona datos esenciales para implementar estrategias de manejo sostenible que puedan revertir la degradación actual y promover la conservación de la microcuenca.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alarcón, G., Díaz, J., Vela, M., García, M., & Gutiérrez, J. (2016). Deforestación en el sureste de la amazonia del Perú entre los años 1999-2013; caso Regional de Madre de Dios (Puerto Maldonado–Inambari). *Revista Investigaciones Altoandinas*, 18(3), 319-330.
- Armenteras, D., Dávalos, L. M., Barreto, J. S., Miranda, A., Hernández-Serna, A., Zarate, C., Espinosa, L. M., & Díaz-Timoté, J. (2021). Fire-induced loss of the world's most biodiverse forests in Latin America. *Science Advances*, 7(33), eabd3357. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abd3357>
- Calvas, G., Maita, J., Angamarca, E., Eguiguren, P., & Veintimilla, D. (2024). Impactos del cambio climático en la distribución potencial de especies forestales priorizadas de la Amazonía ecuatoriana. *Bosques Latitud Cero*, 14(1), 31-46. <https://doi.org/10.54753/blc.v14i1.2115>
- Csillik, O., & Asner, G. P. (2020). Aboveground carbon emissions from gold mining in the Peruvian Amazon. *Environmental Research Letters*, 15(1), 014006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab639c>
- Davidson, E. A., de Araújo, A. C., Artaxo, P., Balch, J. K., Brown, I. F., Bustamante, M. M., Coe, M. T., DeFries, R. S., Keller, M., Longo, M., & Munger, J. W. (2012). The Amazon basin in transition. *Nature*, 481(7381), 321-328. <https://doi.org/10.1038/nature10717>



- Denis Ávila, D., Curbelo, E. A., Madrigal-Roca, L. J., & Pérez-Lanyau, R. D. (2020). Variación espacio-temporal de la respuesta espectral en manglares de La Habana, Cuba, evaluada con sensores remotos. *Revista de Biología Tropical*, 68(1), 321-335. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68i1.39134>
- Díaz García-Cervigón, J. J. (2015). Estudio de Índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión. *Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España. Recuperado de http://eprints.ucm.es/31423/1/TFM_Juan_Diaz_Cervignon.pdf*.
- Ferreira, J., Figueiredo, L. T. M., Rocha, G. P. E., Alvares, C. A., & Silva Junior, C. H. L. (2023). A data-driven approach reveals spatial patterns and drivers of forest degradation in Brazilian Amazon. *Scientific Reports*, 13(1), 2495. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29744-0>
- Gómez, J. P. P. (2021). Ecología política de la deforestación en la Amazonía caquetena en Colombia: apropiaciones modernas y posmodernas de la naturaleza. *Iberoamérica Social: Revista-red de estudios sociales*, 9(17), 40-65.
- Gutiérrez, J. E., Sucoshañay, D. & García, E. (2022) Ordenación Ambiental de Cuencas de Montaña. Caso de la Cuenca del río Puyo. Editorial Académica Española.
- Guzmán, R., Bezada, M., & Rodríguez, I. (2023). Cartografía de cobertura del suelo mediante datos de teledetección en la planicie de desborde del río Apure (Venezuela). *Cuadernos de investigación geográfica: Geographical Research Letters*, 49(1), 113-137. <http://doi.org/10.18172/cig.5607>
- Junk, W. J., Piedade, M. T. F., Schöngart, J., Cohn-Haft, M., Adeney, J. M., & Wittmann, F. (2011). A classification of major naturally-occurring Amazonian lowland wetlands. *Wetlands*, 31(4), 623-640. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13157-011-0190-7>
- Lovejoy, T. E., & Nobre, C. (2018). Amazon tipping point. *Science Advances*, 4(2), eaat2340. DOI: 10.1126/sciadv.aat2340
- Luque-Ramos, L. (2021). Análisis de la deforestación de la Amazonia peruana: Madre de Dios. *Revista Innova Educación*, 3(3), 198-212. <https://doi.org/10.35622/j.rie.2021.03.013>
- Malhi, Y., Roberts, J. T., Betts, R. A., Killeen, T. J., Li, W., & Nobre, C. A. (2008). Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. *Science*, 319(5860), 169-172. DOI:

10.1126/science.114696

- Martínez Duarte, J. A. (2022). Mecanismo de pagos por servicios ecosistémicos hidrológicos en la cuenca hidrográfica del Arroyo Piray Miní. *Visión de futuro*, 26(2), 107-126. <https://doi.org/10.36995/j.visiondefuturo.2022.26.02.004.es>
- McClain, M. E., & Naiman, R. J. (2008). Andean influences on the biogeochemistry and ecology of the Amazon River. *BioScience*, 58(4), 325-338. <https://doi.org/10.1641/B580408>
- Montero Torres, J. (2023). Importancia de las cuencas Cachi Mayu y Cajamarca en Sucre: una revisión basada en ecorregiones, políticas y servicios ambientales. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 10(3), 106-125. <https://doi.org/10.53287/mgso3359ju99y>
- Moreira Braz, A., Mirándola García, P. H., Luiz Pinto, A., Salinas Chávez, E., & Oliveira, I. J. D. (2020). Manejo integrado de cuencas hidrográficas: posibilidades y avances en los análisis de uso y cobertura de la tierra. *Cuadernos de Geografía*, 29(1), 69-85. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v29n1.76232>
- Núñez, J. L., & Inca, J. (2023). Caracterización De La Biodiversidad Y La Ecología De La Selva Amazónica. *Innova Científica*, 1(2), 14-28.
- Pérez, J. & De la Barrera, F. (2021). Rol de la vegetación en el control del microclima urbano y en la adaptación a los efectos del cambio climático en un barrio de San Pedro de la Paz, Chile. *URBE. Arquitectura, Ciudad y Territorio*, (13), 36-52. <https://doi.org/10.29393/UR13-3RVJP20003>
- Sánchez-Capa, M., & Anguaya, H. (2024). Coexistencia de procesos productivos y de conservación en la Amazonía ecuatoriana. <https://revistabionatura.org/wp-content/uploads/2024/03/2024.09.01.1.pdf>
- Silva Junior, C. H. L., Pessôa, A. C. M., Carvalho, N. S., Reis, J. B. C., Anderson, L. O., & Aragão, L. E. O. C. (2021). The Brazilian Amazon deforestation rate in 2020 is the greatest of the decade. *Nature Ecology & Evolution*, 5(2), 144-145. <https://doi.org/10.1038/s41559-020-01368-x>
- Ter Steege, H., Pitman, N. C., Sabatier, D., Baraloto, C., Salomão, R. P., Guevara, J. E., Phillips, O. L.,



- Castilho, C. V., Magnusson, W. E., Molino, J. F., & Monteagudo, A. (2013). Hyperdominance in the Amazonian tree flora. *Science*, 342(6156), 1243092. DOI: 10.1126/science.1243092
- Zamora Elizalde, M. C., Buendía Espinoza, J. C., Martínez Hernández, P. A., & García Nuñez, R. M. (2020). Diagnóstico del uso del suelo y vegetación en la microcuenca Tula, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(1), 57-68. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i1.2213>
- Zuluaga Gómez, O. A., Patiño Quinchía, J. E., & Valencia Hernández, G. M. (2021). Modelos implementados en el análisis de series de tiempo de temperatura superficial e índices de vegetación: una propuesta taxonómica en el contexto de cambio climático global. *Revista de Geografía Norte Grande*, (78), 323-344.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022021000100323>

