

<https://doi.org/10.14483/2256201X.22720>

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN


ISSN 0120-0739 • e-ISSN 2256-201X

Evaluación del estado de la vegetación en el CEIPA mediante teledetección

Evaluating the State of the Vegetation in the CEIPA via Remote Sensing

Darwin Javier Sucoshañay Villalba^a, Oswaldo Paredes Ulloa^a,
Laura Gómez Machado^a y Héctor Reyes Morán^a

^a Universidad Estatal Amazónica. Puyo, Ecuador. 

 Autor para correspondencia

Recibido: 25 de septiembre de 2024

Aceptado: 5 de abril de 2025

Citación: Sucoshañay-Villalba. D.J., Paredes-Ulloa. O., Gómez-Machado. L., & Reyes-Morán. H. (2025). Evaluación del estado de la vegetación en el CEIPA mediante teledetección. *Colombia Forestal*, 28(2), e22720. <https://doi.org/10.14483/2256201X.22720>

Highlights

- El NDVI revela una alta densidad vegetativa en el CEIPA
- Se utiliza teledetección para evaluar la salud de la vegetación amazónica
- El NDVI es esencial para el manejo territorial
- Más del 90 % del CEIPA presenta vegetación saludable
- Los datos del NDVI apoyan la conservación en la Amazonía

Resumen

Mediante teledetección avanzada, se realizó una evaluación exhaustiva de la vegetación en el Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica (CEIPA) de la Universidad Estatal Amazónica. Se analizaron imágenes satelitales de 2023 del proyecto Landsat 9, con énfasis en las bandas espectrales del rojo y el infrarrojo cercano para calcular el índice de vegetación de diferencia normalizada. Este índice proporcionó información detallada sobre la salud y el tipo de vegetación en la zona de estudio. Los resultados indicaron que más del 90 % de la superficie del CEIPA presenta vegetación de mediana a alta densidad, lo que sugiere un estado saludable. Estos hallazgos son cruciales para la toma de decisiones, el manejo territorial y la conservación ambiental en el ámbito académico y la gestión del medio ambiente.

Palabras clave: análisis espectral, conservación ecológica, fenología, gestión territorial, monitoreo ambiental, teledetección

Abstract

Using advanced remote sensing, a comprehensive evaluation of the vegetation at the Amazonian Center for Experimental Research and Production (CEIPA) of Universidad Estatal Amazónica was conducted. Landsat 9 satellite images from 2023 were analyzed, focusing on the red and near-infrared spectral bands in order to calculate the normalized difference vegetation index. This index provided detailed information on vegetation health and type in the study area. The results indicated that over 90% of the CEIPA's surface exhibits medium to high-density vegetation, suggesting a healthy state. These findings are crucial for decision-making, land management, and environmental conservation in the academic sphere and in environmental management.

Keywords: spectral analysis, ecological conservation, phenology, territorial management, environmental monitoring, remote sensing

INTRODUCCIÓN

La *fenología* se entiende como la dinámica de la vegetación debido al cambio. En teledetección, esta dinámica está asociada a cambios en las características físicas y químicas de las plantas, específicamente en la estructura de las hojas y en los procesos fotosintéticos (Jiang *et al.*, 2021). De acuerdo con Gonzaga (2015), la vegetación es un importante indicador para evaluar los diferentes procesos biofísicos de los territorios, entre ellos los fenómenos asociados a la pérdida de biodiversidad, la desertificación, la relación entre la vegetación y la erosión del suelo, y la interacción vegetación-clima. La teledetección ofrece una manera eficaz de monitorear la fenología a gran escala y en diferentes tipos de paisajes (Hernández-Clemente & Hornero, 2021), proporcionando información de manera rápida sobre la vegetación y otros elementos de un espacio geográfico.

La teledetección se basa en el análisis de la energía reflejada por la superficie terrestre. Este flujo lo puede recoger un sensor, que lo transmite posteriormente a estaciones receptoras (Flores *et al.*, 2020). La observación remota puede basarse también en la energía emitida por las cubiertas del territorio. Se puede utilizar un sensor capaz de generar su propio flujo energético y de recoger su reflexión sobre la superficie terrestre (Sillero *et al.*, 2021). Los sensores remotos están compuestos por un conjunto de equipos diseñados para captar señales a distancia y con ello cubrir áreas grandes o inaccesibles. Según Ramírez-Magil *et al.* (2020), la gran mayoría de los índices verdes combinan la luz infrarroja (IR) con la roja (R) para derivar un valor que pueda asociarse con la biomasa, el área foliar o la cobertura vegetal. Dado que aumentar la biomasa verde de un cultivo aumenta la reflectancia de la luz IR y disminuye la de la R (Morán *et al.*, 2025), esta relación permite analizar el estado de salud y la productividad de las especies vegetativas, y puede emplearse en diferentes actividades profesionales para evaluar el comportamiento de la vegetación en los territorios.

Ceroni *et al.* (2015), Huang *et al.* (2021) y Tenreiro *et al.* (2021) plantean que el análisis y la visualización a distintas escalas espaciotemporales del índice de vegetación normalizado (NDVI) es de gran utilidad para identificar tendencias en distintos territorios. Además, existen diversos índices para representar la actividad fotosintética de las especies vegetativas (Gonzaga, 2015), pero los más populares son el NDVI y el índice de

vegetación mejorado (EVI), los cuales se basan en la reflectividad de longitudes de onda pertenecientes a la parte óptica del espectro electromagnético.

Para [Rubio et al. \(2020\)](#), el NDVI presenta valores adimensionales e indica el vigor de la vegetación a partir de su clorofila. Estos valores cuantitativos han sido desarrollados para brindar apoyo en el monitoreo de la vegetación. El NDVI cuenta con un amplio campo de aplicación y varios procesos de análisis y evaluación. Los valores de este índice fluctúan entre -1 y +1; cuanto más alto sea el valor, mejores son las condiciones de vigor vegetal ([Carrera, 2020](#); [Flores et al., 2020](#)).

Los aportes de la aplicación del NDVI han aumentado y se han diversificado; en la actualidad, los servicios de este índice en la agricultura se han expandido exponencialmente. [Guzmán-Álvarez et al. \(2022\)](#) mencionan que el monitoreo de cultivos mediante sensores remotos ha demostrado ser una herramienta valiosa para la formulación de políticas de desarrollo económico. Esta práctica ha sido adoptada por ministerios de agricultura o planificación, universidades y centros de investigación agrícolas para estimar la extensión de los cultivos, su producción y su impacto, así como para abordar la prevención de desastres naturales.

[Gonzaga \(2015\)](#) manifiesta que actualmente existe una amplia gama de imágenes satelitales con aplicaciones en las más diversas áreas, lo cual depende de su resolución espacial y su información espectral. Entre estas aplicaciones destacan el monitoreo del cambio climático, el monitoreo de incendios e inundaciones y las evaluaciones multiespectrales de vegetación, entre otras ([Szabó et al., 2020](#)). El análisis del estado de la vegetación es una práctica común en diversos campos, desde la ecología hasta la agricultura y la gestión de recursos naturales. Estas imágenes proporcionan una visión amplia y consistente de la vegetación a lo largo del tiempo y el espacio, lo que permite monitorear su salud y detectar cambios.

En la actualidad, los ecosistemas amazónicos enfrentan una creciente presión debido a actividades humanas como la deforestación, la expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. En este contexto, el Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica (CEIPA), un área clave para la educación y conservación en esta región del Ecuador, carece de estudios recientes que evalúen el estado de su vegetación. Esta carencia de información limita la implementación de estrategias basadas en evidencia para el manejo sostenible del ecosistema. Esta investigación tiene por objetivo evaluar el estado de la vegetación en el CEIPA mediante el uso de imágenes satelitales y el análisis del NDVI, determinando la densidad de la cobertura vegetal, las áreas de alteración o degradación y sus implicaciones para los procesos de educación, producción y conservación en la Amazonía.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación fue de tipo no experimental, transversal y descriptiva, y consistió en un análisis inicial del área de estudio, la adquisición de datos provenientes del satélite Landsat 9, su pre- y posprocesamiento, y el análisis de los resultados obtenidos, tal como se presenta en el esquema de la [Figura 1](#).

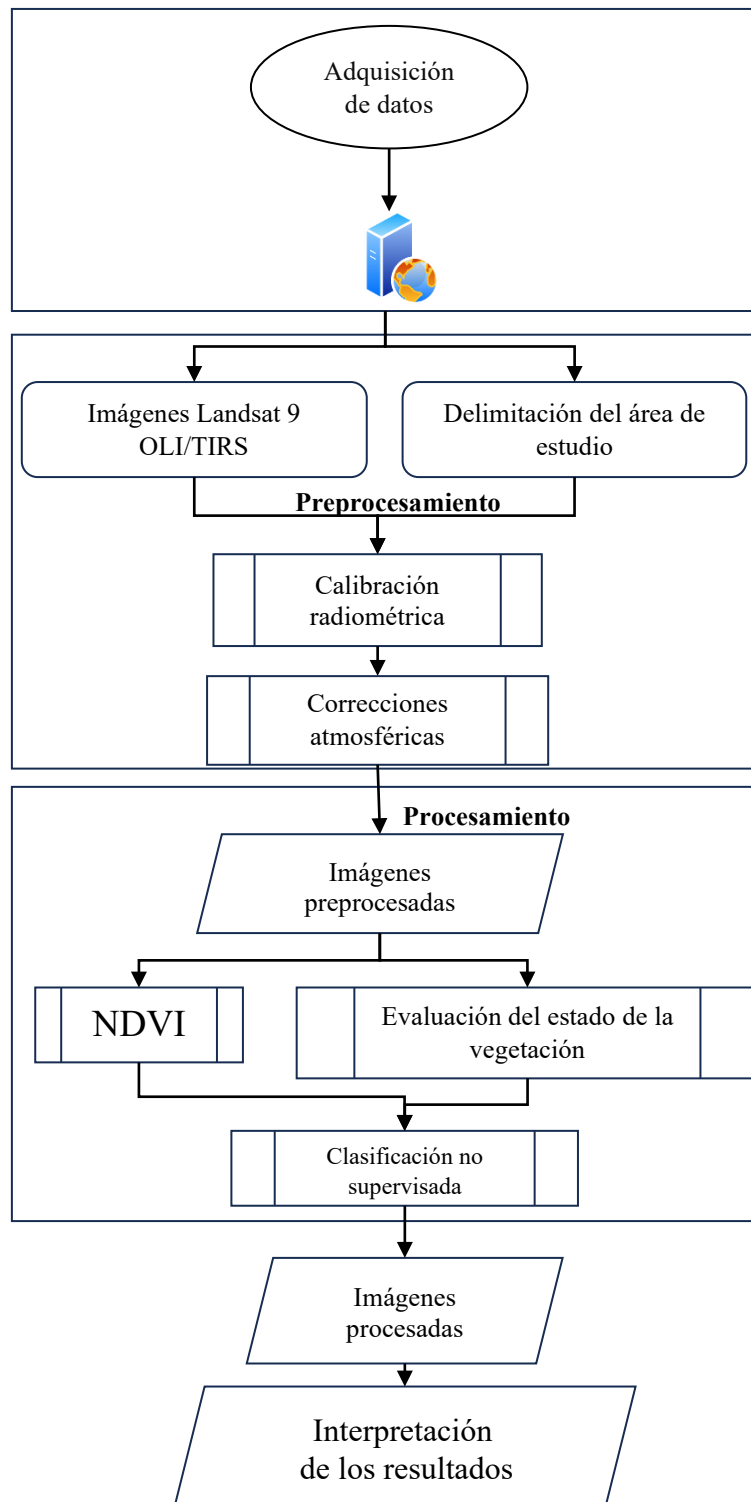


Figura 1. Diagrama de flujo de este estudio

Área de estudio

El área de estudio corresponde al CEIPA de la Universidad Estatal Amazónica (UEA), ubicado en el cantón de Arosemena Tola de la provincia de Napo. Tiene una superficie de 2875.78 ha, y su ocupación no supera el 10 % del área total. Allí se desarrollan programas académicos para estudiantes de pregrado. Las coordenadas precisas del CEIPA son 1°14' 4.10" de latitud sur y 77°53' 4.27" de longitud oeste, su altitud oscila entre los 584 y los 1160 m, con una precipitación media anual de 4000 mm. y la humedad relativa va del 87 al 89 %. El área de estudio está ubicada en las estribaciones de la cordillera Oriental de los Andes, y su temperatura varía entre los 18 y los 24 °C (Figura 2).

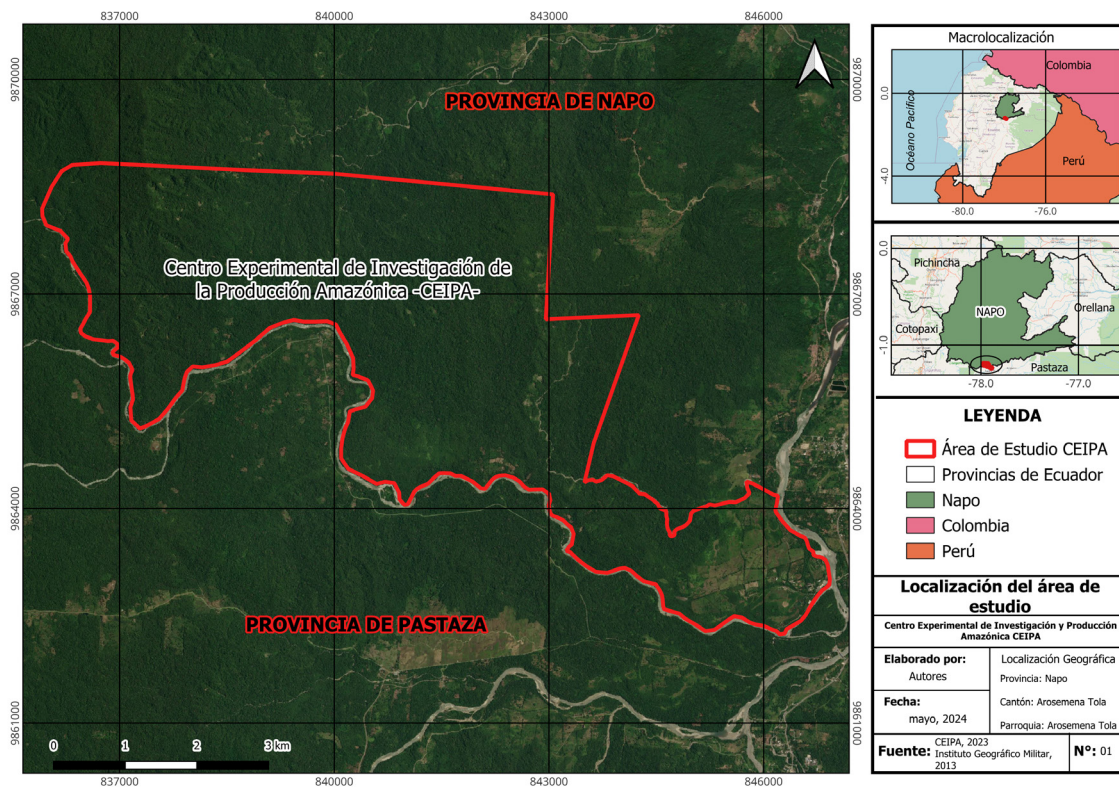


Figura 2. Mapa de localización del Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica

El CEIPA, ubicado en un área de alta biodiversidad, enfrenta desafíos relacionados con el manejo sostenible de su vegetación. Sin embargo, carece de datos recientes y precisos sobre el estado de su cobertura vegetal, los cuales son necesarios para informar estrategias de conservación, educación y producción. Además, no se han empleado técnicas modernas como la teledetección para evaluar de manera integral estas condiciones. Dadas las características climáticas y ambientes tropicales de las áreas amazónicas (principalmente su nubosidad), la información constituye un reto importante en el desarrollo de investigaciones. Para el estudio de la fenología de esta área con teledetección, obtener imágenes satelitales fue el principal reto en la generación de resultados. A este respecto, y según los autores citados por Ávila-Pérez *et al.* (2020), el proyecto de monitoreo Landsat posee el registro temporal más largo y continuo de imágenes que muestran la cobertura del

planeta. Además, la resolución espacial de estas imágenes, y especialmente la resolución espectral, es muy apropiada para el seguimiento de las actividades humanas y su impacto en el medio ambiente.

Procesamiento

Imágenes satelitales Landsat 9

Para el cálculo del NDVI, se utilizó una imagen del satélite Landsat 9 con fecha de septiembre de 2023, una resolución espacial de 30 m y un porcentaje de nubosidad menor del 10 %. Se aplicó corrección atmosférica a la imagen para eliminar interferencias causadas por condiciones atmosféricas y nubosidad.

Para calcular el NDVI, se utilizó la [Ecuación \(1\)](#) en el *software* ENVI 5.3. A grandes rasgos, el procedimiento consistió en definir la ecuación en la herramienta Band Math del *software* y establecer con qué bandas se iba a trabajar. Posteriormente, se ejecutó el cálculo y se obtuvo el resultado. Se requirieron dos bandas del espectro electromagnético: el espectro visible (R) y la banda del NIR. Según [de la Casa y Ovando \(2007\)](#), las características de absorción de las superficies vegetales están principalmente relacionadas con la clorofila, que en teledetección presenta baja reflectividad en la región del R (0.62-0.7 µm) y alta en el NIR (0.7-1.1 µm).

Este índice se deriva de la combinación de las reflectancias captadas en el rango espectral del R y el NIR. [Hernández-Clemente y Hornero \(2021\)](#) definen el NDVI de la siguiente manera:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (1)$$

donde:

NIR (B5): reflectancia corregida atmosféricamente que corresponde al infrarrojo cercano (NIR)

R (B4): reflectancia corregida atmosféricamente que corresponde al R

Clasificación no supervisada

Las imágenes satelitales utilizadas en este estudio fueron obtenidas de la plataforma Copernicus Sentinel-2 y contaban con una resolución espacial de 10 m para las bandas espectrales de análisis. Se seleccionaron imágenes con un porcentaje de nubosidad menor del 10 %, garantizando así la calidad del análisis. El pre-procesamiento incluyó corrección atmosférica mediante el *software* SNAP y eliminación de píxeles nublados utilizando máscaras de calidad (*QA bands*) proporcionadas por Sentinel-2. Luego, las imágenes fueron trasladadas al *software* QGIS 3.36.3 para una visualización efectiva de los resultados. Este *software* brindó las herramientas necesarias para generar mapas temáticos que mostraran la distribución espacial del NDVI en el área de estudio, así como para generar gráficos de distribución de datos, entre otras opciones.

Para clasificar los valores del NDVI, típicamente se asignan rangos entre -1 y +1. Sin embargo, en este análisis se excluyeron los valores negativos, pues representaban superficies no vegetadas, como cuerpos de agua o áreas artificiales, que no estaban dentro del alcance de este estudio. Los valores positivos se clasificaron en tres categorías, *i.e.*, vegetación baja (0-0.3), media (0.31-0.6) y alta (>0.6), con base en referencias de estudios previos que correlacionan estos rangos con densidades específicas de cobertura vegetal (Huete *et al.*, 2002). A partir de la clasificación propuesta por Eid *et al.* (2020), la [Tabla 1](#) presenta las categorías de clasificación de las coberturas resultantes del NDVI

Tabla 1. Clasificación de los valores de NDVI

Clasificación	Valor
Nubes y agua (NA)	< 0.0
Suelo sin vegetación (SV)	0.01 - 0.1
Vegetación ligera (VL)	0.1 - 0.2
Vegetación mediana (VM)	0.2 - 0.4
Vegetación alta (VA)	> 0.4

RESULTADOS

A partir de las imágenes del Landsat 9, se obtuvo un mapa de falso color ([Figura 3](#)) que resalta la distribución y densidad de la vegetación en el CEIPA. Utilizando las bandas del NIR y el R, se pudo identificar la salud de la vegetación; ya que la vegetación vigorosa refleja fuertemente en el NIR y absorbe en la banda R debido a la clorofila. En esta imagen, los tonos intensos de rojo indican áreas con alta densidad de vegetación saludable, lo cual se alinea con los valores del NDVI. Más del 90 % del área de estudio presentó valores positivos significativos (>0.4), lo que representa una cobertura vegetal robusta.

Los resultados obtenidos en este estudio, *i.e.*, un NDVI promedio mayor de 0.4 y categorías de vegetación bien definidas, son comparables con los hallazgos de [Torres *et al.* \(2020\)](#), quienes documentaron un patrón similar en gradientes altitudinales cercanos en la Amazonía ecuatoriana, con índices de vegetación que variaron entre 0.3 y 0.8 en áreas conservadas. Sin embargo, en comparación con áreas más intervenidas como las descritas por [López-Tobar *et al.* \(2024\)](#) en la misma provincia, nuestros valores indican un menor nivel de perturbación en el CEIPA, destacando su importancia como área de conservación.

La [Tabla 2](#) presenta los resultados del NDVI. Se observa que la mayor parte de la región presenta vegetación de densidad media a alta. Las áreas con tonalidades más claras o sin presencia de rojo probablemente corresponden a suelos sin vegetación, cuerpos de agua o zonas con menor actividad fotosintética, confirmando que el uso de imágenes satelitales de alta resolución permite un análisis detallado y confiable del estado de la vegetación. Esto favorece la gestión territorial y la planificación de estrategias de conservación en ecosistemas amazónicos.

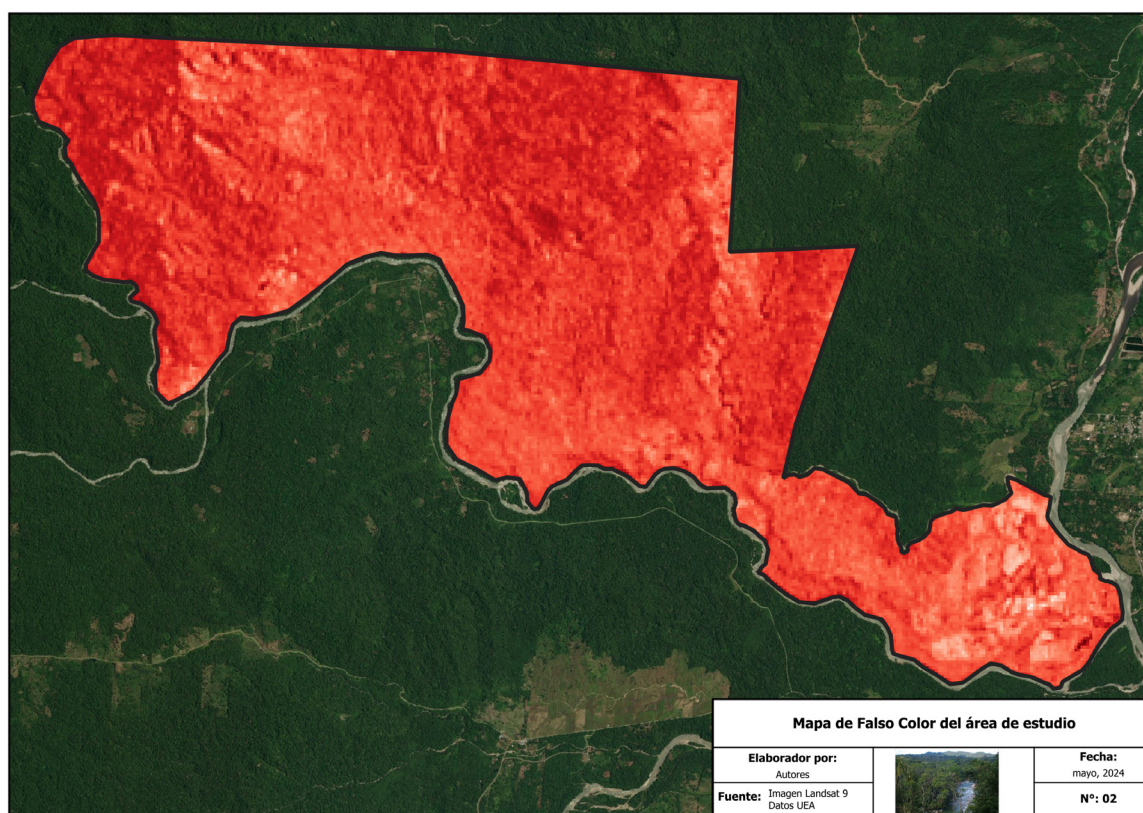


Figura 3. Imagen de falso color del área de estudio

Tabla 2. Resultados de superficie del índice de vegetación

Clasificación	Valor	Superficie (ha)
Nubes y agua (NA)	< 0.0	---
Suelo sin vegetación (SV)	0.01 - 0.1	0.09
Vegetación ligera (VL)	0.1 - 0.2	2.58
Vegetación mediana (VM)	0.2 - 0.4	1272.68
Vegetación alta (VA)	> 0.4	1599.79

La distribución de la vegetación en el área de estudio revela resultados de gran relevancia. Un 55.6 % del territorio, equivalente a 1599.79 ha, está cubierto por vegetación alta. Esto indica que más del 50 % de la cobertura vegetal del CEIPA está compuesta por especies de alto valor ecológico, algunas en su fase de madurez (clímax), extendiéndose principalmente al sur, a lo largo de las orillas del río Piatua. La vegetación de densidad media ocupa una extensión de 1272.68 ha en el oeste y centro-norte del CEIPA, representando el 44.3 % del territorio (Figura 4). En una proporción mínima, alrededor de 3 ha (0.1 %), se encuentran desarrollados escenarios agrosilvopastoriles dedicados a las actividades investigativas y académicas del CEIPA. Además, se identifican algunas construcciones viales e infraestructura que, según la imagen satelital y el índice, se clasifican como áreas con escasa cobertura vegetal.

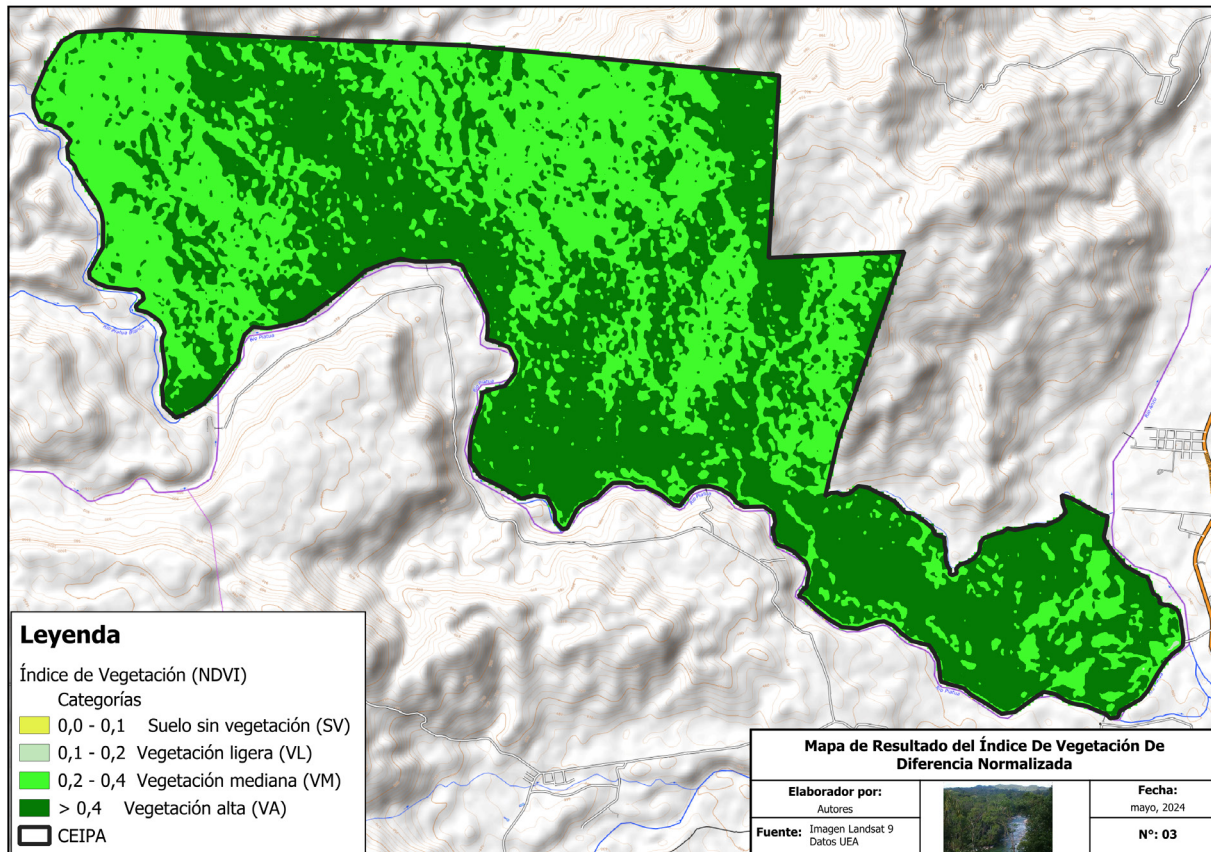


Figura 4. NDVI del área de estudio

En la [Figura 5](#) se observa una tendencia positiva entre las bandas B4 y B5; a medida que aumentan los valores de reflectancia en esta última, también aumentan los valores de reflectancia en la primera, lo que indica una correlación positiva. Para los valores altos de B5 (>0.6), los puntos se alinean más estrechamente, indicando una relación más fuerte entre las bandas en estas regiones. Respecto a los valores bajos de B5 (<0.2), hay mayor dispersión en los valores de B4. La alta correlación entre B4 y B5 sugiere una vegetación saludable. Las plantas vigorosas tienden a reflejar más en el NIR (B5) debido a la estructura celular de las hojas y menos en la banda del R (B4) a causa de la absorción de la clorofila para la fotosíntesis.

A nivel regional, estudios realizados en la Amazonía peruana y brasileña han reportado NDVI similares en áreas de bosque primario bien conservado ([Ceroni et al., 2015b](#)). Por ejemplo, en la cuenca del río Madre de Dios en Perú se asoció un NDVI promedio superior a 0.7 con una alta densidad de cobertura vegetal, lo que concuerda con nuestras observaciones para las áreas con vegetación alta. Sin embargo, en zonas más intervenidas del Amazonas brasileño ([de la Casa & Ovando, 2007](#)), los valores del NDVI rara vez superan 0.5, reflejando niveles de degradación más significativos.

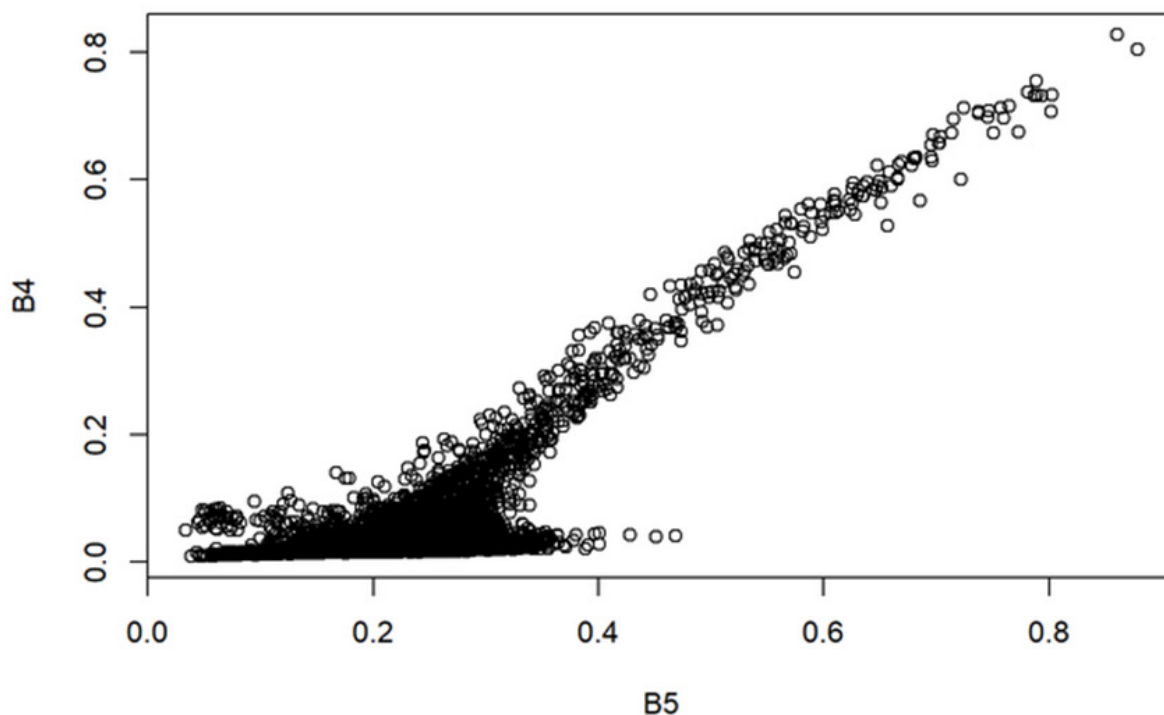


Figura 5. Relaciones entre las bandas R (B4) y NIR (B5)

El coeficiente de correlación de Pearson resultante es de 0.79. Esto indica que las bandas están menos correlacionadas entre sí y, por tanto, aportan información diferente sobre el terreno. Si bien no se presenta correlación, las bandas utilizadas para calcular el NDVI no generan dificultades, ya que esto no es determinante en el proceso (Figura 6).

El gráfico de frecuencia por píxeles muestra la distribución de los valores del NDVI para el área de estudio, que van desde -0.4 hasta 0.8. Esto se refleja en el pico significativo en la parte derecha del gráfico, con una frecuencia que supera los 60 000 píxeles, indicando una vegetación densa y saludable. La alta reflectancia del NIR y la baja reflectancia del R son características de una vegetación vigorosa.

La mayoría de los datos de distribución por píxel muestran valores cercanos a 1, lo cual indica estados de vegetación saludables con procesos fotosintéticos óptimos, manifestándose en estratos vegetativos altos. En las Figuras 4 y 3 se presenta la distribución espacial de la vegetación alta, mediana y ligera; las zonas de mayor altitud exhiben vegetación más saludable. En contraste, en la desembocadura del río Piatúa en el río Anzu se observa una vegetación ligera, correspondiente a las áreas donde se desarrollan actividades académicas, investigativas y de producción del CEIPA.

DISCUSIÓN

La gestión sostenible de los recursos naturales en la Amazonía es crucial para mantener el equilibrio ecosistémico global. Esta necesidad ha impulsado la búsqueda y aplicación de metodologías para evaluar el estado

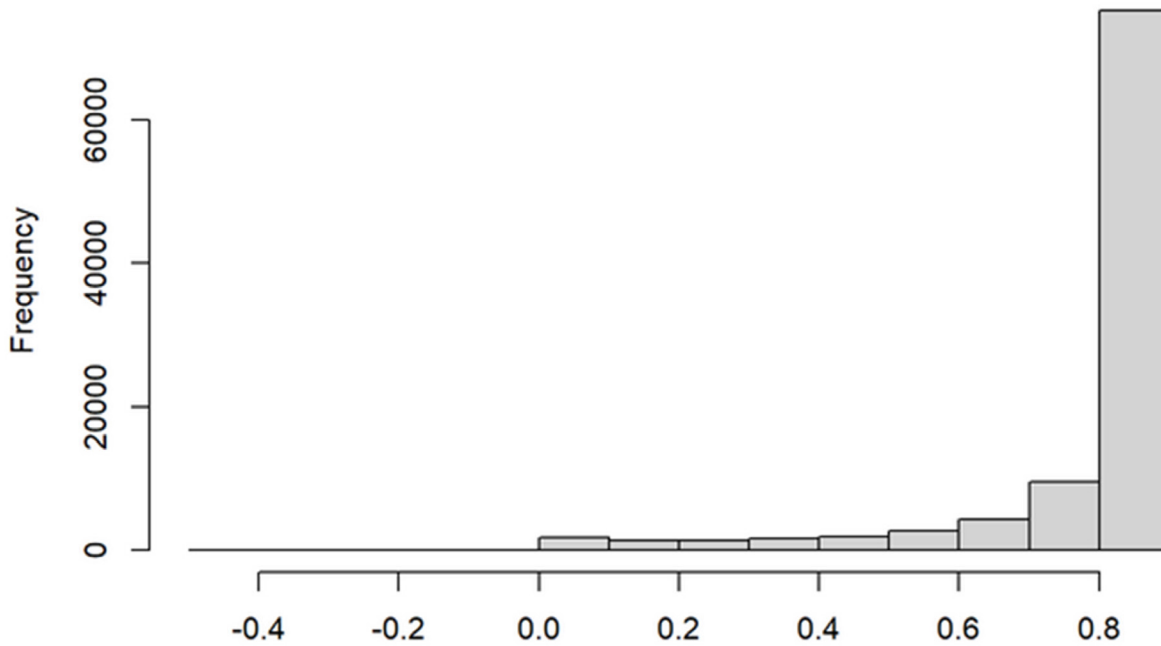


Figura 6. Gráfico de frecuencia de valores por píxeles

de estos ecosistemas e identificar áreas de alto valor ecológico ([Carvalho et al., 2020](#)). En este contexto, la teledetección y los sistemas de información geográfica han emergido como herramientas fundamentales para lograr este objetivo ([Brovelli et al., 2020](#)).

En el estudio, que aplicó el NDVI al análisis de la vegetación del CEIPA, los resultados revelaron una mínima intervención humana, indicando la prevalencia de condiciones naturales en toda el área. Esto concuerda con las observaciones de [Patiño et al. \(2015\)](#), quienes destacan el enfoque del CEIPA en la investigación, protección y conservación de hábitats para prevenir la degradación y favorecer la biodiversidad. Adicionalmente, [Grefa et al. \(2024\)](#) señalan que el CEIPA promueve proyectos sostenibles que integran la naturaleza del sector con servicios vinculados a la sociedad, incluyendo iniciativas de turismo científico que han involucrado a estudiantes, investigadores y ciudadanos durante más de cinco años ([Valarezo & Coronel, 2018](#)).

El uso de imágenes satelitales para el cálculo del NDVI proporciona análisis confiables al evaluar la relación entre la radiación reflejada en el NIR y el R y la radiación incidente en cada banda espectral ([Ruiz et al., 2017](#); [Akbar et al., 2020](#)). Aunque existen diversos índices para evaluar la salud vegetal ([Wang et al., 2023](#)), el NDVI se destaca por su simplicidad, amplio rango dinámico y sensibilidad a cambios en la vegetación ([Mohanasundaram et al., 2022](#)). Este índice se ve moderadamente afectado por el suelo y la atmósfera, excepto en áreas de baja densidad vegetal, lo que lo hace particularmente adecuado para las características naturales del área de estudio.

La aplicación del NDVI en el CEIPA no solo complementa los procesos de gestión territorial, sino que también proporciona datos valiosos para mantener y mejorar las prácticas de conservación ([Łochowski et al., 2024](#)). [Farbo et al. \(2024\)](#) sugieren que el uso de este índice ofrece un enfoque proactivo para optimizar la asignación

y gestión de recursos en un territorio, contribuyendo así a mejorar la productividad agrícola, la investigación científica, la conservación de la biodiversidad y la sostenibilidad ambiental en la región amazónica.

CONCLUSIONES

La identificación de áreas con un estado saludable de la vegetación en el CEIPA proporciona una base sólida para la delimitación de zonas de conservación, esenciales para la protección de especies de flora y fauna. Estos hallazgos también permiten proyectar áreas prioritarias de protección ecosistémica, contribuyendo al mantenimiento de la biodiversidad y a la sostenibilidad del territorio.

Nuestro análisis, realizado mediante teledetección, reveló que más del 90 % de la superficie del CEIPA presenta una cobertura vegetal de mediana a alta densidad, confirmando la prevalencia de un ecosistema en buen estado de salud. Esta distribución densa de la vegetación no solo sugiere una baja intervención humana, sino que también refuerza la importancia del manejo adecuado de los recursos naturales.

Los datos aquí detallados, obtenidos a través de las imágenes satelitales y el cálculo del NDVI, constituyen una herramienta clave para la planificación territorial. Estos resultados facilitarán la toma de decisiones informadas en la gestión y conservación del territorio, garantizando la implementación de estrategias eficientes para la protección y el uso sostenible del área estudiada.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan un especial agradecimiento al Dr. David Sancho Aguilera por incentivar y motivar la investigación de sus docentes. Además, se agradece a la revista y a los revisores anónimos por sus observaciones y sugerencias en pro de la mejora de este artículo.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que han cumplido a cabalidad con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en la producción del manuscrito; que no hay conflictos de intereses de ningún tipo; que todas las fuentes financieras se mencionan completa y claramente en la sección de agradecimientos; y que están totalmente de acuerdo con la versión final editada del artículo.

CONTRIBUCIÓN POR AUTOR

D.J.S.V. y H.R.M. idearon la investigación; C.P.U. y L.G.M. llevaron a cabo la investigación en terreno; D.J.S.V. y H.R.M. analizaron los datos y redactaron el manuscrito. Todos los autores contribuyeron a la discusión y comentaron los borradores.

REFERENCIAS

- Akbar, M. R., Arisanto, P. A. A., Sukirno, B. A., Merdeka, P. H., Priadhi, M. M., & Zallesa, S. (2020). Mangrove vegetation health index analysis by implementing NDVI (normalized difference vegetation index) classification method on sentinel-2 image data case study: Segara Anakan, Kabupaten Cilacap. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 584(1), 012069.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/584/1/012069>
- Ávila-Pérez, I. D., Ortiz-Malavasi, E., Soto-Montoya, C., Vargas-Solano, Y., Aguilar-Arias, H., & Miller-Granados, C. (2020). Evaluation of four classification algorithms of landsat-8 and sentinel-2 satellite images to identify forest cover in highly fragmented regions in Costa Rica. *Revista de Teledetección*, 2020(57), 37-49.
<https://doi.org/10.4995/raet.2020.13340>
- Brovelli, M. A., Sun, Y., & Yordanov, V. (2020). Monitoring forest change in the Amazon using multi-temporal remote sensing data and machine learning classification on Google Earth Engine. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 2020, 9(10), 580.
<https://doi.org/10.3390/IJGI9100580>
- Carrera Molina, L. M. (2020). *Análisis de los NDVI para determinar situaciones de estrés en el cultivo de maíz en la parroquia Aláquez 2020*. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Carvalho, S., Oliveira, A., Pedersen, J. S., Manhice, H., Lisboa, F., Norguet, J., de Wit, F., & Santos, F. D. (2020). A changing Amazon rainforest: Historical trends and future projections under post-Paris climate scenarios. *Global and Planetary Change*, 195, 103328.
<https://doi.org/10.1016/J.GLOPLACHA.2020.103328>
- Ceroni, M., Achkar, M., Gazzano, I., & Burgeño, J. (2015). Study of the NDVI with multi-scale and time-series analysis using SPOT imagery during the period 1998-2012 in Uruguay. *Revista de Teledetección*, 2015(43), 31-42.
<https://doi.org/10.4995/raet.2015.3683>
- de la Casa, A., & Ovando, G. (2007). Normalized difference vegetation index (NDVI) and phenological data integration to estimate county yield of corn in Córdoba, Argentina. *Agricultura Técnica*, 67(4), 362-371.
- Eid, A. N. M., Olatubara, C. O., Ewemoje, T. A., Farouk, H., & El-Hennawy, M. T. (2020). Coastal wetland vegetation features and digital change detection mapping based on remotely sensed imagery: El-Burullus Lake, Egypt. *International Soil and Water Conservation Research*, 8(1), 66-79.
<https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.01.004>
- Farbo, A., Sarvia, F., De Petris, S., Basile, V., & Borgogno-Mondino, E. (2024). Forecasting corn NDVI through AI-based approaches using sentinel 2 image time series. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 211, 244-261.
<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2024.04.011>

- Flores, N., Castro, I., & Aponte, H. (2020). Evaluation of the vegetation units in Los Pantanos De Villa (Lima, Peru) using geographical information systems and teledetection. *Arnaldoa*, 27(1), 303-322.
<https://doi.org/10.22497/arnaldoa.271.27119>
- Gonzaga, C. (2015). Application of vegetation index derived from satellite imagery analysis vegetation coverage in the province of Loja, Ecuador. *CEDAMAZ*, 5(1), 30-41.
<https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/43/41>
- Grefa, R., Guerrero, E., González-Rivera, V., & Encalada, M. (2024). Evaluación de la implementación del Sendero Interpretativo con Enfoque Educativo del Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica "CEIPA" de la Universidad Estatal Amazónica. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*, 8(2), 4064-4080.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.10820
- Guzmán-Álvarez, J. A., González-Zuñiga, M., Sandoval Fernandez, J. A., & Calvo-Alvarado, J. C. (2022). Uso de sensores remotos en la agricultura: aplicaciones en el cultivo del banano. *Agronomía Mesoamericana*, 33(33), 48279.
<https://doi.org/10.15517/am.v33i3.48279>
- Hernández-Clemente, R., & Hornero, A. (2021). Monitoring and assessment of desertification using remote sensing. *Ecosistemas*, 30(3), 2240.
<https://doi.org/10.7818/ECOS.2240>
- Huang, S., Tang, L., Hupy, J. P., Wang, Y., & Shao, G. (2021). A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. *Journal of Forestry Research*, 32, 1-6.
<https://doi.org/10.1007/s11676-020-01155-1>
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodríguez, E. P., Gao, X., & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 83(1-2), 195-213.
[https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00096-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00096-2)
- Jiang, L., Liu, Y., Wu, S., & Yang, C. (2021). Analyzing ecological environment change and associated driving factors in China based on NDVI time series data. *Ecological Indicators*, 129, 107933.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107933>
- Łochowski, P., Ciężkowski, W., & Chormański, J. (2024). *Green tracks in urban landscapes: Optimizing vegetation health assessment with UAS NDVI* [Artículo de conferencia]. IGARSS 2024 - 2024 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Athens, Greece.
<https://doi.org/10.1109/IGARSS53475.2024.10641824>
- López-Tobar, R., Herrera-Feijoo, R. J., García-Robredo, F., Mateo, R. G., & Torres, B. (2024). Timber harvesting and conservation status of forest species in the Ecuadorian Amazon. *Frontiers in Forests and Global Change*, 7, 1389852.
<https://doi.org/10.3389/FFGC.2024.1389852>

- Mohanasundaram, S., Baghel, T., Thakur, V., Udmale, P., & Shrestha, S.** (2022). Reconstructing NDVI and land surface temperature for cloud cover pixels of Landsat-8 images for assessing vegetation health index in the Northeast region of Thailand. *Environmental Monitoring and Assessment*, 1, 1-34.
<https://doi.org/10.1007/S10661-022-10802-5>
- Morán, P., Navalpotro, M., Cabrera-Torres, F., & Cabrera, C.** (2025). Generación de un modelo óptimo para evaluar la productividad y el rendimiento de viñedos. Caso de estudio: Bodegas Viña Arnaiz. *Revista de Teledetección*, 66, 1-16.
<https://doi.org/10.4995/raet.2025.22832>
- Patiño, J., Lozano C., P., Tipán, C., Navarrete, H., López, R., Asanza, M., & Torres, B.** (2015). Composición florística y estructura de un bosque siempreverde piemontano de 600 a 700 m s.n.m. en la cuenca del río Piatúa, Napo, Ecuador. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 4(2), 166-214.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5292893&info=resumen&idioma=SPA>
- Ramírez-Magil, G., Botello, F., & Navarro-Martínez, A.** (2020). Habitat suitability for swietenia macrophylla in climate change scenarios in México. *Madera y Bosques*, 26(3), 1-13.
<https://doi.org/10.21829/MYB.2020.2631954>
- Rubio, P., Hernández, D., Lárraga, H., & Zacarías, E.** (2020). Teledetección en la agricultura de precisión estado del arte de los índices de vegetación. *TECTZAPIC: Revista Académico-Científica*, 6(2), 46-58.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8504957>
- Ruiz Durán, M. E., Orozco Hernández, M. E., Granados Ramírez, R. & Álvarez Arteaga, G.** (2017). Cambio de uso de suelo e Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), subcuenca del río Salado, México. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GeoSIG)*. 9(9), 39-50.
<http://hdl.handle.net/20.500.11799/68525>
- Sillero, N., Arenas-Castro, S., Enriquez-Urzelai, U., Vale, C. G., Sousa-Guedes, D., Martínez-Freiría, F., Real, R., & Barbosa, A. M.** (2021). Want to model a species niche? A step-by-step guideline on correlative ecological niche modelling. *Ecological Modelling*, 456, 109671.
<https://doi.org/10.1016/J.ECOLMODEL.2021.109671>
- Szabó, L., Deák, B., Bíró, T., Dyke, G. J., & Szabó, S.** (2020). NDVI as a proxy for estimating sedimentation and vegetation spread in artificial lakes-monitoring of spatial and temporal changes by using satellite images overarching three decades. *Remote Sensing*, 12(9), 1468.
<https://doi.org/10.3390/RS12091468>
- Tenreiro, T. R., García-Vila, M., Gómez, J. A., Jiménez-Berni, J. A., & Fereres, E.** (2021). Using NDVI for the assessment of canopy cover in agricultural crops within modelling research. *Computers and Electronics in Agriculture*, 182, 106038.
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106038>

Torres, B., Vasseur, L., López, R., Lozano, P., García, Y., Arteaga, Y., Bravo, C., Barba, C., & García, A. (2020). Structure and above ground biomass along an elevation small-scale gradient: case study in an Evergreen Andean Amazon forest, Ecuador. *Agroforestry Systems*, 94(4), 1235-1245.

<https://doi.org/10.1007/S10457-018-00342-8/METRICS>

Valarezo, C., & Coronel, B. (2018). El turismo científico y los servicios complementario: una experiencia en la residencia universitaria del CIPCA-UEA. *TURYDES: Revista Sobre Turismo y Desarrollo Local Sostenible*, 11(25), 18.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7773490&info=resumen&idioma=ENG>

Wang, H., Wigneron, J. P., Ciais, P., Yao, Y., Fan, L., Liu, X., Li, X., Green, J. K., Tian, F., Tao, S., Li, W., Frappart, F., Albergel, C., Wang, M., & Li, S. (2023). Seasonal variations in vegetation water content retrieved from microwave remote sensing over Amazon intact forests. *Remote Sensing of Environment*, 285, 113409.

<https://doi.org/10.1016/J.RSE.2022.113409>

