



Variación de la deforestación en la región Ucayali, Perú, del 2014 al 2024 mediante imágenes satelitales

Variation of deforestation in the Ucayali region, Peru, from 2014 to 2024 using satellite imagery

Juan Antonio María Choy Lopez¹; Franco Alessandro Felix Cerdan¹; Renzo Sebastian Huerta Jimenez^{1*}; Carlos Julian Mestanza Novoa¹

1 Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

* Autor correspondiente: 20191052@lamolina.edu.pe (R. S. Huerta Jimenez).

ORCID de los autores

J. A. M. Choy Lopez: <https://orcid.org/0009-0004-9200-3635>

F. A. Felix Cerdan: <https://orcid.org/0009-0009-9595-1960>

R. S. Huerta Jimenez: <https://orcid.org/0009-0001-5660-4028>

C. J. Mestanza Novoa: <https://orcid.org/0000-0001-7302-3308>

RESUMEN

Ucayali es una de las regiones del Perú con mayor pérdida de cobertura boscosa en los últimos años, afectando gravemente al ecosistema. Este estudio determinó la variación de la deforestación en la provincia de Atalaya entre 2014 y 2024 mediante clasificación supervisada de imágenes satelitales. Se establecieron seis categorías: I) zona rural, II) bosque, III) cuerpos de agua, IV) pastos y cultivos, V) suelo desnudo y VI) deforestación. A partir del raster clasificado se calcularon las áreas y sus tasas anuales de cambio. El área de bosques disminuyó en 7,1% (5148 ha), con una tasa media de -0,9%/año. En contraste, se incrementaron las áreas deforestadas (5,3%, 3895 ha, 4,7%/año), rurales (1,1%, 779 ha, 21,9%/año), pastos y cultivos (0,4%, 303 ha, 2,5%/año) y cuerpos de agua (0,4%, 279 ha, 1,6%/año). Los suelos desnudos disminuyeron en -0,2% (108 ha, -1,3%/año). Los resultados muestran que la pérdida de bosques se asocia principalmente a tala, incendios y actividades ilegales, mientras que agricultura, ganadería y expansión urbana tuvieron menor incidencia. En diez años, la deforestación modificó significativamente el paisaje, con un patrón de avance hacia zonas cercanas a ríos y áreas rurales. Este estudio confirma la utilidad de la teledetección y clasificación supervisada para monitorear la dinámica de la deforestación amazónica, aportando evidencia científica y práctica que puede orientar la gestión territorial y la formulación de políticas ambientales en la región de Ucayali y otros espacios amazónicos.

Palabras clave: Deforestación; Teledetección; Amazonia; Clasificación Supervisada.

ABSTRACT

Ucayali is one of the regions of Peru with the greatest loss of forest cover in recent years, seriously affecting the ecosystem. This study determined the variation in deforestation in the province of Atalaya between 2014 and 2024 through supervised classification of satellite images. Six categories were established: I) rural zone, II) forest, III) water bodies, IV) pastures and crops, V) bare soil, and VI) deforestation. The classified raster was used to calculate the areas and their annual rates of change. The forest area decreased by 7.1% (5,148 ha), with an average rate of -0.9%/year. In contrast, there was an increase in deforested areas (5.3%, 3,895 ha, 4.7%/year), rural areas (1.1%, 779 ha, 21.9%/year), pastures and crops (0.4%, 303 ha, 2.5%/year) and water bodies (0.4%, 279 ha, 1.6%/year). Bare soil decreased by -0.2% (108 ha, -1.3%/year). The results show that forest loss is mainly associated with logging, fires, and illegal activities, while agriculture, livestock, and urban expansion had a lesser impact. In ten years, deforestation significantly altered the landscape, with a pattern of advancement towards areas near rivers and rural areas. This study confirms the usefulness of remote sensing and supervised classification for monitoring the dynamics of Amazonian deforestation, providing scientific and practical evidence that can guide land management and environmental policy formulation in the Ucayali region and other Amazonian areas.

Keywords: Deforestation; Remote sensing; Amazonia; Supervised classification.

Recibido: 01-04-2025.

Aceptado: 10-09-2025.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

INTRODUCCIÓN

La teledetección es una tecnología que permite adquirir información a distancia de fenómenos en el planeta mediante imágenes satelitales provenientes de satélites como el Landsat (Maldonado et al., 2015). Analizar información temporal, nos permite detectar y diagnosticar cambios en diferentes periodos de tiempo (Chuvieco, 1990). Al combinar datos obtenidos mediante teledetección, con índices espectrales y métodos como la clasificación supervisada, podemos cuantificar cambios y pérdidas de cobertura vegetal a lo largo de los años de un área determinada (Gutierrez & Alatorre, 2015). Esto convierte la teledetección en una herramienta útil para los gobiernos y entidades regulatorias que toman decisiones ante diferentes cambios en el territorio.

Los bosques son un pilar fundamental en el equilibrio del medio ambiente mundial, sirven como sumideros de carbono esenciales, por lo que la pérdida de la cobertura contribuye significativamente a los cambios ambientales globales (Karki et al., 2025). Entre 2020 y 2023, la región Ucayali experimentó una alarmante pérdida de 116,482,53 hectáreas de bosque, lo que equivale a una tasa de deforestación anual de aproximadamente 38827,51 hectáreas (GRU, 2023). Así mismo, Oré et al. (2021) estima que en el periodo del 2020 al 2030 se deforestará 35112,24 ha con una tasa de deforestación de 3,08%/año.

Los bosques al desempeñar un papel crucial en mantener el equilibrio ecológico, la regulación del clima y la prevención de la degradación del suelo, por lo que comprender el uso de la tierra es esencial para una gestión sostenible, y es allí donde entran las técnicas geoespaciales modernas, como la teledetección y los sistemas de información geográfica que permiten estudiar la dinámica de la cubierta terrestre, y así aportarnos información valiosa en la pérdida de bosques (Valjarević et al., 2025). Gutierrez & Alatorre (2015) encontraron una tasa de 1,9% anual de deforestación en el municipio de Chihuahua, México, lo cual permitió la construcción de mapas de coberturas y uso de la tierra. Así mismo, también permite determinar la dinámica de pérdida y recuperación vegetal. Bennett et al. (2023) señala que si bien en las 415749 ha de Amazonía peruana hubo una deforestación acumulada del 13,3%; la deforestación neta al finalizar el periodo de estudio (1970 a 2013) fue de 3,5% debido a la reforestación y rebrote forestal.

Por ello se plantea determinar mediante clasificación supervisada aplicada a imágenes satelitales, la variación en la deforestación de la región Ucayali, Perú, y sus respectivas causas, del 2014 al 2024, presentando una herramienta útil para la gestión y toma de decisión en favor de los recursos forestales.

METODOLOGÍA

Zona de estudio

El estudio se localizó entre la provincia de Atalaya y La Convención, ubicada en la región Ucayali, el proyecto se realiza en las coordenadas geográficas $-73,00^\circ$ y $-11,20^\circ$, de longitud y latitud, respectivamente (Figura 1).

El clima se caracteriza por ser cálido y húmedo, con una temperatura máxima de 29°C a 31°C y una mínima de 19°C a 21°C , la precipitación anual de 2000 a 3500 mm aproximadamente (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2020).

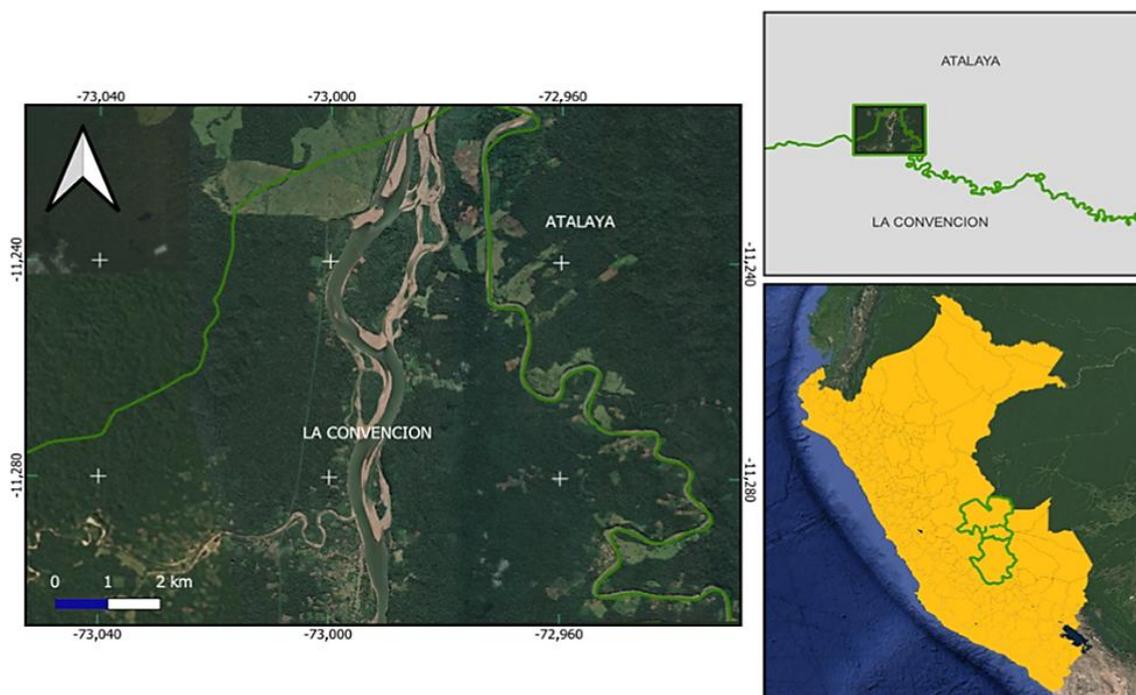


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio.

Data y procesamiento

Se utilizaron dos imágenes multiespectrales del satélite Landsat 8 OLI tomadas del 9 de septiembre de 2014 (United States Geological Survey [USGS], 2014) y otra del 8 de junio del 2024 (USGS, 2024); en donde se obtuvieron los cambios de cobertura vegetal significativos. Estas imágenes fueron obtenidas de la página web Earth explorer, la cual pertenece a United States Geological Survey. Las imágenes obtenidas del satélite Landsat son imágenes con una resolución espacial de 30 metros, resolución espectral de 11 bandas y de resolución radiométrica de 12 bits.

El entrenamiento de las áreas en las imágenes según los tipos de cobertura o superficie que representan, se realizó un proceso de fotointerpretación a criterio experto basados en la clasificación indicada por Rojas et al. (2019) mediante el software QGIS en su versión 3.28.4, en donde se realizó una combinación de color de bandas RGB con el uso del plugin Semi-automatic classification Plugin - SCP (Congedo, 2021). El plugin SCP se usó para todo el procesamiento necesario para llevar a cabo la clasificación supervisada de las imágenes raster. En tal sentido, esta clasificación del área de estudio se divide en seis categorías generales: I) Zona rural, donde se incluyen los pueblos o construcciones de origen antrópicas; II) Bosque, el

cual considera a la masa foliar de árboles oriundos del lugar; III) Cuerpos de agua, el cual considera los ríos, lagunas y canales hídricos; IV) Pastos y cultivos, el cual considera a las áreas sembradas con especies no originarias del lugar; V) Suelo desnudo, el cual se aprecia por áreas de suelo no deforestadas que nunca albergaron especies vegetativas; VI) Deforestación, el cual constituye las áreas cuya vegetación original fue removida y no resembrada con algún otro cultivo.

Luego de realizada la clasificación supervisada se procedió a vectorizar el raster obtenido para calcular el área en hectáreas de las diferentes categorías obtenidas en cada una de las seis clasificaciones, así como también su porcentaje relativo respecto al total de área.

La tasa de deforestación anual (expresada en porcentaje) del área de cubierta vegetal disminuido a lo largo del tiempo (porcentaje por año) se calculó mediante la siguiente ecuación (Gutiérrez & Alatorre, 2015):

$$TD = (A2 - A1)/(A1 \times n) \times 100 \quad (1)$$

Donde $A1$ es la superficie en hectáreas de la cubierta vegetal en el primer año, $A2$ es la superficie en hectáreas de la cubierta vegetal en el segundo año, "n" es el lapso de tiempo entre $A1$ y $A2$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 2 muestra el mapa comparativo de la zona de estudio para los años 2014 y 2024, basado en una clasificación supervisada del uso de la tierra. La imagen utiliza datos satelitales para ilustrar la distribución espacial de diferentes categorías de

uso de la tierra, codificadas por colores: zona rural (marrón oscuro), bosque (verde oscuro), cuerpos de agua (celeste), pastos y cultivos (verde claro), suelo desnudo (marrón claro) y deforestación (rojo).

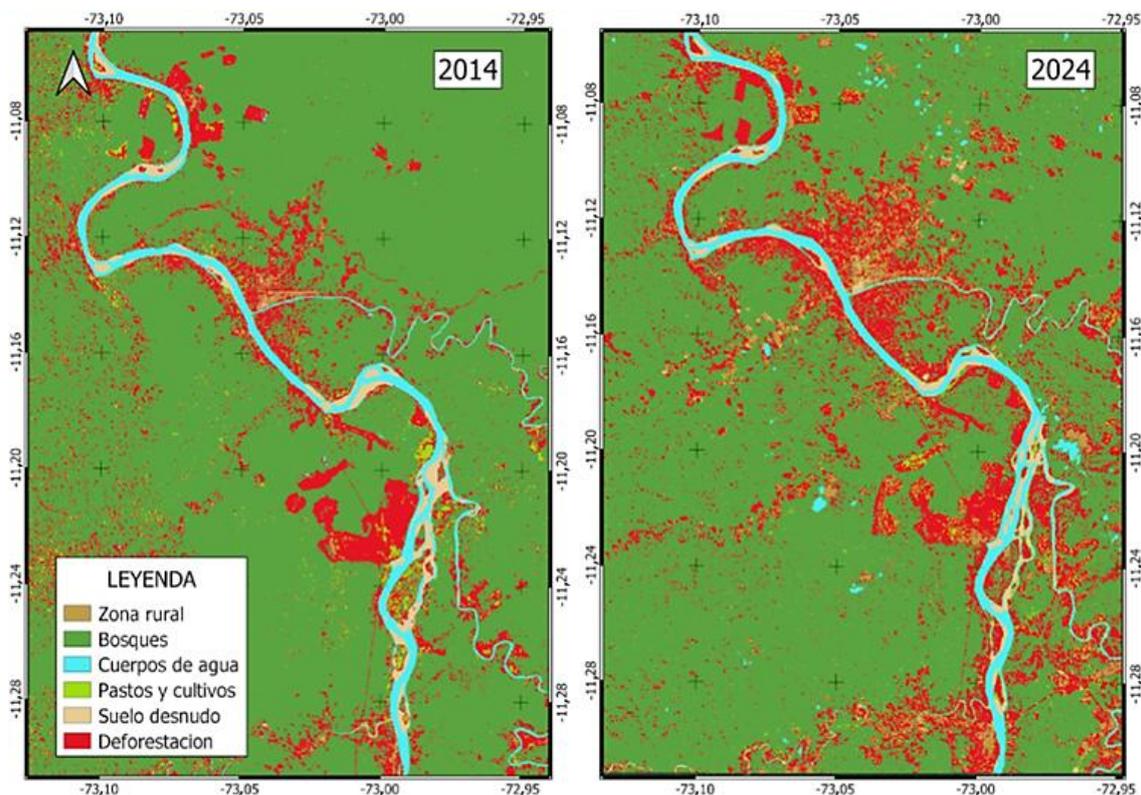


Figura 2. Mapa de la zona de estudio filtrada según las clasificaciones de uso de la tierra en el 2014 y 2024.

En el mapa correspondiente a 2014, las áreas de bosque y pastos/cultivos predominan en verde, mientras que los cuerpos de agua y el suelo desnudo están representados en celeste y marrón claro, respectivamente. En contraste, el mapa de 2024 muestra un aumento significativo en el área clasificada como deforestación, evidente en rojo. Este aumento en la deforestación es particularmente notorio en comparación con el año 2014. La imagen incluye una leyenda que facilita la interpretación de los colores y las categorías correspondientes, así como las fechas de las imágenes. Utilizando esta información, se ha procedido a vectorizar los datos para calcular el área en hectáreas de cada categoría de uso de la tierra y su porcentaje relativo respecto al área total. Este análisis ha permitido determinar la tasa anual de deforestación, expresada en porcentaje, evidenciando una disminución notable en la cobertura vegetal a lo largo del tiempo.

La escala de colores y la representación visual proporcionan una clara visión de cómo la deforestación ha incrementado y cómo han cambiado las áreas ocupadas por otras categorías de uso de la tierra. Estos resultados destacan la expansión de la deforestación y los cambios en la cobertura de la

tierra, subrayando la necesidad de estrategias de gestión y conservación más efectivas.

La Figura 3 muestra la primera zona específica, en relación a la zona general del estudio, ubicada cerca del río, donde se evalúa la deforestación con un aumento notable. La comparación de imágenes de 2014 y de 2024 muestra cómo ha aumentado la deforestación durante la última década. Entre los cambios en la cobertura de la tierra, ocupan un lugar destacado la aparición de nuevos cuerpos de agua, la expansión de poblados y el aumento de la superficie de suelo desnudo. Estos cambios indican un cambio significativo en el paisaje, demostrando un aumento gradual de la deforestación durante estos 10 años para la zona específica de estudio.

La Figura 4 muestra la segunda zona específica en relación con la zona general de estudio. El 2014 ya se había iniciado la deforestación y la instalación de población en áreas cercanas al río. Para el 2024, la comunidad se había expandido considerablemente, lo que resultó en una mayor deforestación. Además de la expansión de viviendas en nuevas áreas, se observa también la instalación de pastos y cultivos. Este proceso ha generado un cambio significativo y gradual en esta zona específica de estudio a lo largo de estos 10 años.

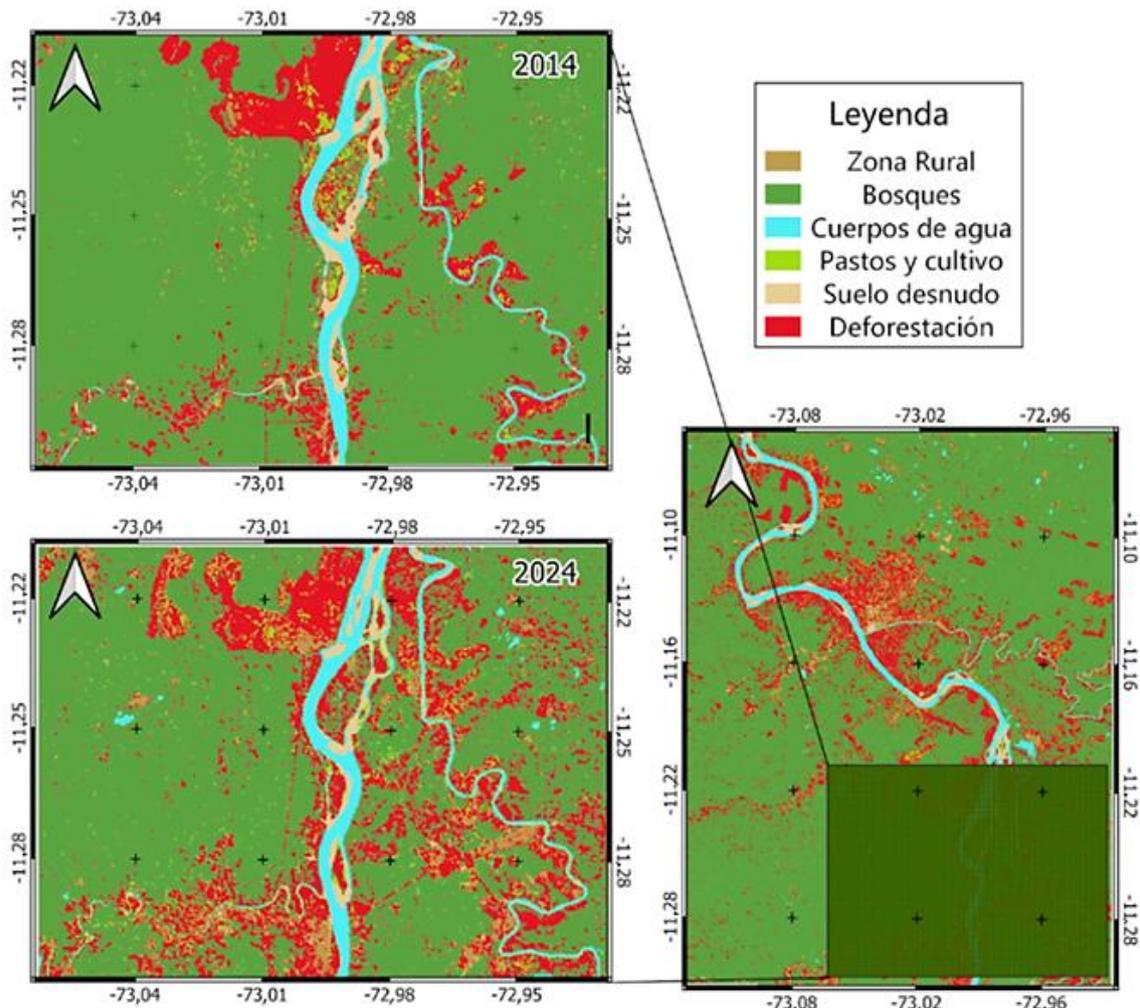


Figura 3. Recorte de una zona cercana al río con alta deforestación según las clasificaciones en el 2014 y 2024.

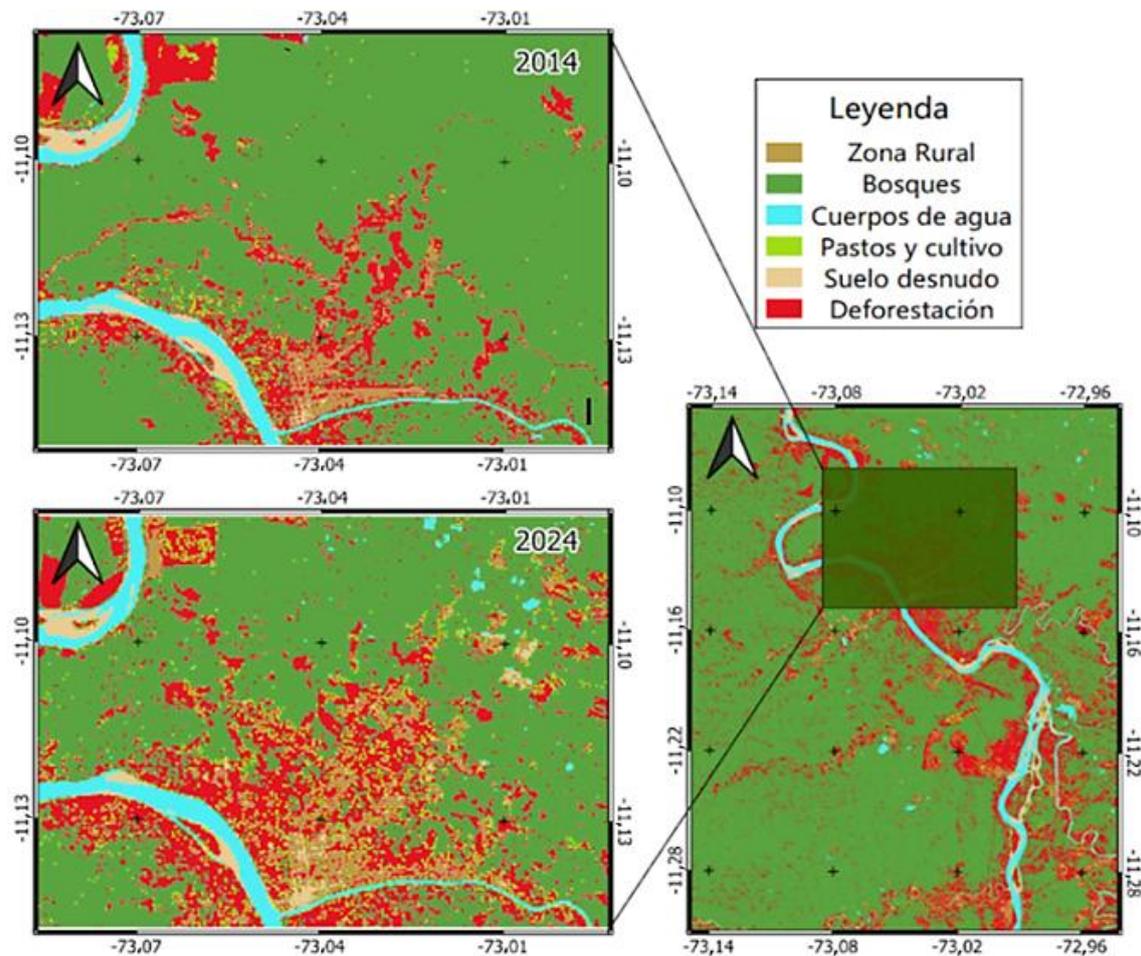


Figura 4. Recorte de una zona cercana al río con alta deforestación según las clasificaciones en el 2014 y 2024.

La Tabla 1 muestra que las clasificaciones de uso de la tierra variaron significativamente en cuanto a representatividad del área total a lo largo de los 10 años, siendo el área de bosques el cual se vio mermada (-7,1%) por el incremento porcentual, principalmente, de las áreas deforestadas (5,3%) y, en segundo lugar, por el aumento de las zonas rurales (1,1%); siendo de menor importancia el aumento de pastos y cultivos (0,4%); y la crecida del caudal de los cuerpos de agua (0,4%). Además, cabe mencionar que los suelos desnudos también disminuyeron en un 0,2% del área.

Respecto a la tasa de deforestación anual, podemos ver en la Tabla 1 que la clasificación que creció a una mayor velocidad fue la zona rural (21,9% / año), incrementando en 779 hectáreas a lo largo de

los 10 años; seguido del área deforestada (4,7%/año), el cual incrementó en 3895 hectáreas; los pastos y cultivos (2,5%/año), incrementando en 303 hectáreas; y los cuerpos de agua (1,6%/año), incrementando en 279 hectáreas, respectivamente; mientras que los suelos desnudos (-1,3%/año) disminuyeron más rápidamente que el área de bosques (-0,9%/año). Analizando la evolución a lo largo de los 10 años según la clasificación utilizada por Hernández & Pozzobon (2002), se aprecia que la tasa a la cual disminuye el área ocupada por bosques por año en la zona de estudio (-0,9%/año) es de tipo "media", siendo una pérdida de 5148 ha en los 10 años transcurridos, lo cual es un problema significativo, pues representa el 7,1% del área de bosques.

Tabla 1

Cambios en el uso de la tierra entre 2014 y 2024: área, porcentaje, variación y tasa de deforestación por tipo de cobertura

Clasificación	2014		2024		Δ (ha)	TD (% / año)
	ha	%	ha	%		
Zona rural	355	0,5	1134	1,6	779,0	21,9
Bosques	60308	82,9	55160	75,8	-5148,0	-0,9
Cuerpos de agua	1777	2,4	2056	2,8	279,0	1,6
Pastos y cultivos	1213	1,7	1516	2,1	303,0	2,5
Suelos desnudos	844	1,2	736	1,0	-108,0	-1,3
Deforestación	8288	11,4	12183	16,7	3895,0	4,7
Total	72785	100	72785	100		

Por otro lado, las áreas de deforestación, las cuales representan las zonas taladas o quemadas, fueron las principales actividades responsables de la pérdida de bosques, creciendo un 5,3% respecto al área total a una tasa sumamente rápida del 4,7%. Los bosques amazónicos del Perú constituyen la segunda porción más extensa de la selva amazónica en América Latina y la cuarta área de bosque tropical más grande a nivel mundial, este ecosistema presenta un paisaje complejo y heterogéneo, pero enfrenta diversas presiones antropogénicas que han incrementado la deforestación en los últimos años, entre 2001 y 2022, se han perdido aproximadamente 2,92 millones de hectáreas de bosque en el país, principalmente debido a la tala, la minería, la ganadería, la extracción de petróleo y la expansión agrícola, actividades que han sido facilitadas por el desarrollo de infraestructura vial. (Rojas-Briceño et al., 2025). Así mismo, Siegel et al. (2022) registraron una pérdida del 4,6% del área forestal de Jamanxin-Brasil del 2008 al 2018, aludiendo en su modelo que las zonas de quema muy posiblemente sean convertidas en zonas agrícolas a futuro. Por otro lado, Móstiga et al. (2024a) señalan que Perú perdió 3,4 millones de ha de bosque entre 2000 y 2020, principalmente en la selva no inundable; mientras que Restrepo et al. (2023) registraron en Chocó, Colombia, una pérdida de 3,8% de área forestal, a una tasa de deforestación 4,76% anual entre el 2015 al 2020, encontrándose estas áreas deforestadas predominantemente en la margen oriental del río Atrato, lo cual coincide con el patrón de deforestación de la Figura 2 y Figura 3; siendo la tala para extracción de minerales (oro de aluvión) ilegal una de las principales causas.

La creciente deforestación es preocupante, pues como señalan Rojas et al. (2021), la Amazonía peruana ha disminuido en 3,4% (2433400 ha) del 2001 al 2019, con una tasa de 118100 ha/año hasta el 2014 y 156000 ha/año en los 5 años siguientes, siendo los principales indicadores de deforestación los bosques próximos a pasturas agrícolas y carreteras, y la minería artesanal con un menor impacto. Por otro lado, Alarcon et al. (2023) señala que en Madre de Dios, región adyacente a Ucayali, existe una alta presión de deforestación debido a la expansión de pastos y cultivos, generando una pérdida de bosques promedio de 64,8 ha/año entre el 2004 y 2020; así como también a la minería de oro ilegal; coincidiendo con Rojas et al. (2021) quienes señalan que la minería artesanal es una actividad con alto impacto específicamente en esta región y Adamek et al. (2021), quienes encontraron un 17% de deforestación debido a actividad minera ilegal en la región.

Cotrina et al. (2021) señalan que la tala de madera continúa siendo el principal motivo de pérdida de área forestal debido a la extracción de especies maderables de alto valor como Cedrelinga, Cedrela, Buchenaria, Dipteryx y Sloanea. Así mismo, Chaddad et al. (2022) señala que la tala de árboles se debe a la minería, expandiéndose de 0,9 ha en 2005 a 2214 ha en 2020, lo cual generó el incremento adverso de 10 °C en la temperatura de la superficie, así como también el aumento de

dióxido de carbono, pasando de 0,005 Tg CO₂ a 1,82 Tg CO₂ en ese mismo periodo de tiempo. Esta problemática no es exclusiva de la amazonía, pues Tabassum et al. (2023) señala que, en Bangladesh, las zonas urbanas y deforestadas han crecido en 11% y 16% respectivamente, mientras que los bosques disminuyeron en 4%, incrementando significativamente la temperatura de la superficie en el periodo de 1990 a 2020.

Las figuras 2 y 3 muestran que el mayor crecimiento de área deforestada se concentra sobre las fuentes navegables, lo cual coincide con Rojas et al. (2021), quienes explican que los ríos, al ser utilizados para el transporte de mercadería vía fluvial y transporte, representan una importancia similar a las carreteras. Lamentablemente, este problema también está afectando a los nativos de la amazonia peruana, pues como señalan Thomas et al. (2023), existe un constante incremento de la tala extractiva e industrialización de la selva, lo cual afecta y viola los derechos de estos grupos sociales; sin embargo, Dourojeanni (2023) señala que el presupuesto anual de operación del estado peruano dedicado a combatir esta problemática en la amazonia es muy moderado e insuficiente.

En lo que respecta al aumento de las zonas rurales, esto puede deberse a que estas zonas tienen un fuerte efecto indirecto y positivo en la deforestación a través de la agricultura tanto a nivel nacional como regional, excepto en la región Andina, donde su efecto fue directo. Esto resalta el papel de la expansión agrícola como un factor clave en la pérdida de bosques en Perú (Móstiga et al., 2024b).

En la Figura 2 se aprecia una mayor expansión de la zona rural alrededor de la ya establecida en el año 2014. Además, esto se respalda con la tasa de deforestación causada por las zonas rurales, la cual es del 21,9% anual, considerada "alta".

Por otro lado, el aumento de las zonas dedicadas a cultivos y pastos puede deberse a las actividades agrícolas que se desarrollan en estas zonas rurales, como cultivos de subsistencia o anuales (maíz, arroz y yuca) y pastos destinados a la ganadería. Incluso generalmente, el uso de esta zona ocurre en el orden de bosques primarios a cultivos anuales y luego a los pastos. Estas actividades son rentables de cierta manera, además de ser sedentarias. Lamentablemente, esto conlleva a que, dentro de 5 a 10 años, estos terrenos se vuelvan estériles debido al sobrepastoreo y la pérdida de nutrientes. (La Barreda, 2021)

La relación entre el aumento de cuerpos de agua (+0,4%) y la disminución de suelos desnudos (-0,2%) podría explicarse por los cambios en la dinámica hidrológica y la erosión del suelo provocados por la deforestación. La pérdida de cobertura forestal altera los ciclos de nutrientes y agua, aumentando la erosión y modificando la distribución del agua en el paisaje. Estos cambios pueden influir en la expansión de cuerpos de agua y en la reducción de áreas de suelo desnudo, afectando el funcionamiento general del ecosistema (Kumar et al., 2022).

La deforestación altera significativamente la dinámica de las cuencas hidrográficas, lo que

provoca un aumento de los flujos de nutrientes y afecta a los ecosistemas acuáticos aguas abajo. A corto plazo, la deforestación a gran escala puede degradar la calidad del agua de forma más significativa que los efectos directos del calentamiento climático, lo que pone de relieve la necesidad de considerar sus impactos indirectos en la hidrología y la dinámica del uso de la tierra.

La deforestación no solo afecta el caudal de los cuerpos de agua, sino que también cambia las áreas de suelo desnudo. Un estudio de Carbajal et al., (2022) en la Amazonía peruana mostró que, a medida que se talan árboles y se expanden las tierras agrícolas y las infraestructuras, la hidrología

local cambia, afectando la extensión de las masas de agua y la cantidad de suelo desnudo.

De igual forma, estudios recientes han demostrado que la deforestación en la región de Ucayali está estrechamente relacionada con la conversión de bosques en tierras agrícolas. Este proceso ha generado un aumento en la erosión del suelo y una mayor exposición a la precipitación, lo que puede modificar la dinámica del flujo de agua en la región. La disminución de la cobertura forestal y el cambio en el uso de la tierra afectan directamente la hidrología local, aumentando la escorrentía y reduciendo la estabilidad del suelo (Ascencio et al., 2025).

CONCLUSIONES

El estudio realizado nos permitió observar la gran pérdida de bosques que sufrió la región de Ucayali, específicamente la zona sur, entre los años 2014 y 2024, esto mediante la clasificación supervisada, de la cual obtuvimos un mapa de cobertura y uso de la tierra para estos años estudiados. Los mapas generados demuestran que ha existido una reducción de 5148 ha de la zona de bosques, lo que se traduce a una tasa de deforestación de 0,9%/año, considerada como una clasificación media en orden de magnitud. La principal causa de pérdida de cobertura de bosque es la deforestación por tala, incendios (quema) o actividades ilegales, cuyas áreas crecieron en un 5,3% respecto al área total a una tasa sumamente rápida del 4,7%; así también tuvo influencia la agricultura, pastoreo y la construcción de vivienda. Por lo que los resultados presentados son suficientes para determinar el

grado de pérdida de bosques que se han suscitado en la zona.

Estudios futuros deben desarrollar modelos de predicción espacio temporal de la deforestación en la región Ucayali, estimando la probabilidad de transición de bosque a no bosque según las variables trabajadas en la presente investigación: zona rural, bosques, cuerpos de agua, pastos y cultivos, suelos desnudos y deforestación previa. La validez del modelo se garantizaría mediante validación cruzada bloqueada en espacio y tiempo, y calibración probabilística, para luego realizar la interpretación mediante Shapley Additive exPlanation (SHAP), obteniendo las contribuciones reales de las variables. Esto, con el objetivo de constituir una herramienta para la gestión territorial y toma de decisiones para la conservación de bosques de la selva peruana.

AGRADECIMIENTOS

El siguiente trabajo fue posible gracias al apoyo del gabinete de Cartografía y Geoprocesamiento de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La

Molina, que proveyó los equipos necesarios para la ejecución del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adamek, K., Lupa, M., & Zawadzki, M. (2021). Remote sensing techniques for tracking changes caused by illegal gold mining in Madre de Dios, Peru. *Miscellanea Geographica – Regional Studies on Development*, 25(4), 224–232. <https://doi.org/10.2478/mgrsd-2020-0028>
- Alarcón-Aguirre, G., Mamani Mamani, M., Canahuire-Robles, R. R., Vásquez Zavaleta, T., Peña Valdeiglesias, J., Díaz Revoredo, J., Rodríguez Achata, L., Ramos Enciso, D., & Garate-Quispe, J. (2023). Forest loss related to Brazil nut production in non-timber forest product concessions in a micro-watershed in the Peruvian Amazon. *Remote Sensing*, 15(23), 5438. <https://doi.org/10.3390/rs15235438>
- Ascencio-Sanchez, M., Padilla-Castro, C., Riveros-Lizana, C., Hermoza-Espezuía, R. M., Dayan Atalluz-Ganoza, & Solórzano-Acosta, R. (2025). Impacts of Land Use on Soil Erosion: RUSLE Analysis in a Sub-Basin of the Peruvian Amazon (2016–2022). *Geosciences*, 15(1), 15. <https://doi.org/10.3390/geosciences15010015>
- Bennett, A., Larson, A., Zamora, A., Gamarra, S., & Monterroso, I. (2023). Los bosques se regeneran en territorios indígenas titulados (*Infobrief No. 393*). CIFOR-ICRAF. <https://doi.org/10.17528/cifor-icraf/008981528/cifor-icraf/008981>
- Carbajal, R., Alvarez, A., López, J., Saturno, M., & Murray, V. (2023). Detection of deforested areas in the Peruvian Amazon using satellite images. In M. C. Yamaguti, R. S. da Rosa, & A. F. R. Azevedo (Eds.), *Proceedings of the 7th Brazilian Technology Symposium (BTSym'21)* (pp. 479–486). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-04435-9_49
- Chaddad, F., Mello, F. A., Tayebi, M., Safanelli, J. L., Campos, L. R., Amorim, M. T. A., Barbosa, G., Osório, T., Ruiz, F., Perlatti, F., Tadeu, L., Augusto, N., Fim, J., & Demattê, J. A. (2022). Impact of mining-induced deforestation on soil surface temperature and carbon stocks: A case study using remote sensing in the Amazon rainforest. *Journal of South American Earth Sciences*, 119, 103983. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.103983>
- Chuvieco, E. (1990). *Fundamentos de teledetección espacial* (1. ed.). Ediciones Rialp. (pp. 431-449).

- Congedo, L. (2021). Semi-automatic classification plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. *Journal of Open Source Software*, 6(64), 3172. <https://doi.org/10.21105/joss.03172>
- Cotrina, A., Bandopadhyay, S., Rojas, N., Banerjee, P., Torres, C. y Oliva, M. (2021). Peruvian Amazon disappearing: Transformation of protected areas during the last two decades (2001–2019) and potential future deforestation modelling using cloud computing and MaxEnt approach. *Journal for Nature Conservation*, 64, <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2021.126081>.
- Dourojeanni, M. (2023). Interpretaciones sobre la deforestación en áreas naturales protegidas en la Amazonía del Perú. *Kawsaypacha*, 2(11), <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.2023>
- Gobierno Regional de Ucayali. (2023, marzo 21). *Cultivos ilícitos y parcelas agrícolas son las causas de la deforestación en lo que va del 2023*. <https://www.gob.pe/institucion/regionucayali/noticias/728827-cultivos-ilicitos-y-parcelas-agricolas-son-las-causas-de-la-deforestacion-en-lo-que-va-del-2023>
- Gutiérrez, C. A., & Alatorre, L. C. (2015). Determinación de las zonas con mayor cambio debido a los procesos de deforestación en el municipio de Urique, Chihuahua, del periodo 1992-2011 mediante teledetección y SIG. Memorias de resúmenes en extenso SELPER, México.
- Hernández, E., & Pozzobon, E. (2002). Tasa de deforestación en cuatro cuencas montañosas del occidente de Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, 46, 35–42
- Karki, R., Bhatta, S., & Pandey, S. (2025). Impact of forest cover and land use change on tree species diversity and carbon stocks in Shivapuri Nagarjun National Park, Nepal. *Discover Environment*, 3(1). <https://doi.org/10.1007/s44274-025-00205-x>
- Kumar, R., Kumar, A., & Saikia, P. (2022). Deforestation and forests degradation impacts on the environment. *En Environmental Degradation: Challenges and Strategies for Mitigation* (pp. 19–46). Springer International Publishing.
- La Barreda, S. (2021). Deforestación en la región amazónica del Perú: Situaciones y perspectivas. *Revista Electrónica de Medio Ambiente*, 21(2), 20–39.
- Maldonado, J. D., Alatorre, L. C., & Torres, M. E. (2015). Análisis de las tendencias del NDVI con imágenes satelitales en Cuauhtémoc, Chihuahua (2000-2014). Memorias de resúmenes en extenso SELPER-XXI-México-UACJ-2015.
- Móstiga, M., Armenteras, D., Vayreda, J., & Retana, J. (2024a). Decoding the drivers and effects of deforestation in Peru: A national and regional analysis. *Environment, Development and Sustainability*, 27, 17395–17415. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-04638-x>
- Móstiga, M., Armenteras, D., Vayreda, J., & Retana, J. (2024b). Two decades of accelerated deforestation in Peruvian forests: A national and regional analysis (2000–2020). *Regional Environmental Change*, 24(42).
- Oré, L. E., Quispe, M. A., Loarte, W. C., Díaz, E., Aguirre, C., & Oré, J. D. (2021). Simulación geoespacial y temporal de la deforestación en el distrito de Nueva Requena, Ucayali. *Alpha Centauri*, 2(4), 57–74.
- Restrepo J., Hoyos N. y Restrepo J. (2023). Dinámicas espacio-temporales de la deforestación en los municipios de Riosucio y Río Quito, Chocó, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 47(185), 977-995. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1961>
- Rojas, E., Zutta, B. R., Velazco, Y. K., Montoya-Zumaeta, J. G., & Salvà-Catarineu, M. (2021). Deforestation risk in the Peruvian Amazon basin. *Environmental Conservation*, 48(4), 310–319. <https://doi.org/10.1017/S0376892921000291>
- Rojas, N. B., Barboza, E., Maicelo, J. L., Oliva, S. M., & Salas, R. (2019). Deforestación en la Amazonía peruana: Índices de cambios de cobertura y uso del suelo basado en SIG. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 81, 1–34. <http://dx.doi.org/10.21138/bage.2538a>
- Rojas-Briceño, N. B., Cajas-Bravo, V., Pasquel-Cajas, A., Guzman, B. K., Silva-López, J. O., Veneros, J., & García, L. (2025). Effectiveness of protected areas in containing the loss of Peruvian Amazonian forests. *Trees, Forests and People*, 19, 100778. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2025.100778>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). (2020) *Mapa Climático del Perú*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Siegel, K., Farah Perez, A., Kinnebrew, E., Mills-Novoa, M., Ochoa, J., & Shoffner, E. (2022). Integration of qualitative and quantitative methods for land-use-change modeling in a deforestation frontier. *Conservation Biology*, 36(6), e13924. <https://doi.org/10.1111/cobi.13924>
- Tabassum, A., Basak, R., Shao, W., Munjurul M., Anam, T., & Dey, H. (2023). Exploring the Relationship Between Land Use Land Cover and Land Surface Temperature: a Case Study in Bangladesh and the Policy Implications for the Global South. *J geovis spat anal*, 7(25). <https://doi.org/10.1007/s41651-023-00155-z>
- Thomas, A., Donald, P., Beresford, A., Butchart, S., Fa, J., Fernandez, A., Garnett, S., & Buchanan, G. (2023). Rates of tree cover loss in key biodiversity areas on Indigenous Peoples' lands. *Conservation Biology*, 38(3), e14195. <https://doi.org/10.1111/cobi.14195>
- United States Geological Survey (USGS). (2014). *Landsat 8 OLI/TIRS scene LC08_L2SP_005068_20140909_20200911_02_T1* [Datos de satélite]. EarthExplorer. <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- United States Geological Survey (USGS). (2024). *Landsat 9 OLI/TIRS scene LC09_L2SP_005068_20240608_20240612_02_T1* [Datos de satélite]. EarthExplorer. <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Valjarević, A., Morar, C., Brasanac-Bosanac, L., Cirkovic-Mitrovic, T., Djekic, T., Mihajlović, M., Milevski, I., Culafic, G., Luković, M., Niemets, L., Sehida, K., & Kaplan, G. (2025). Sustainable land use in Moldova: GIS & remote sensing of forests and crops. *Land Use Policy*, 152, 107515. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2025.107515>