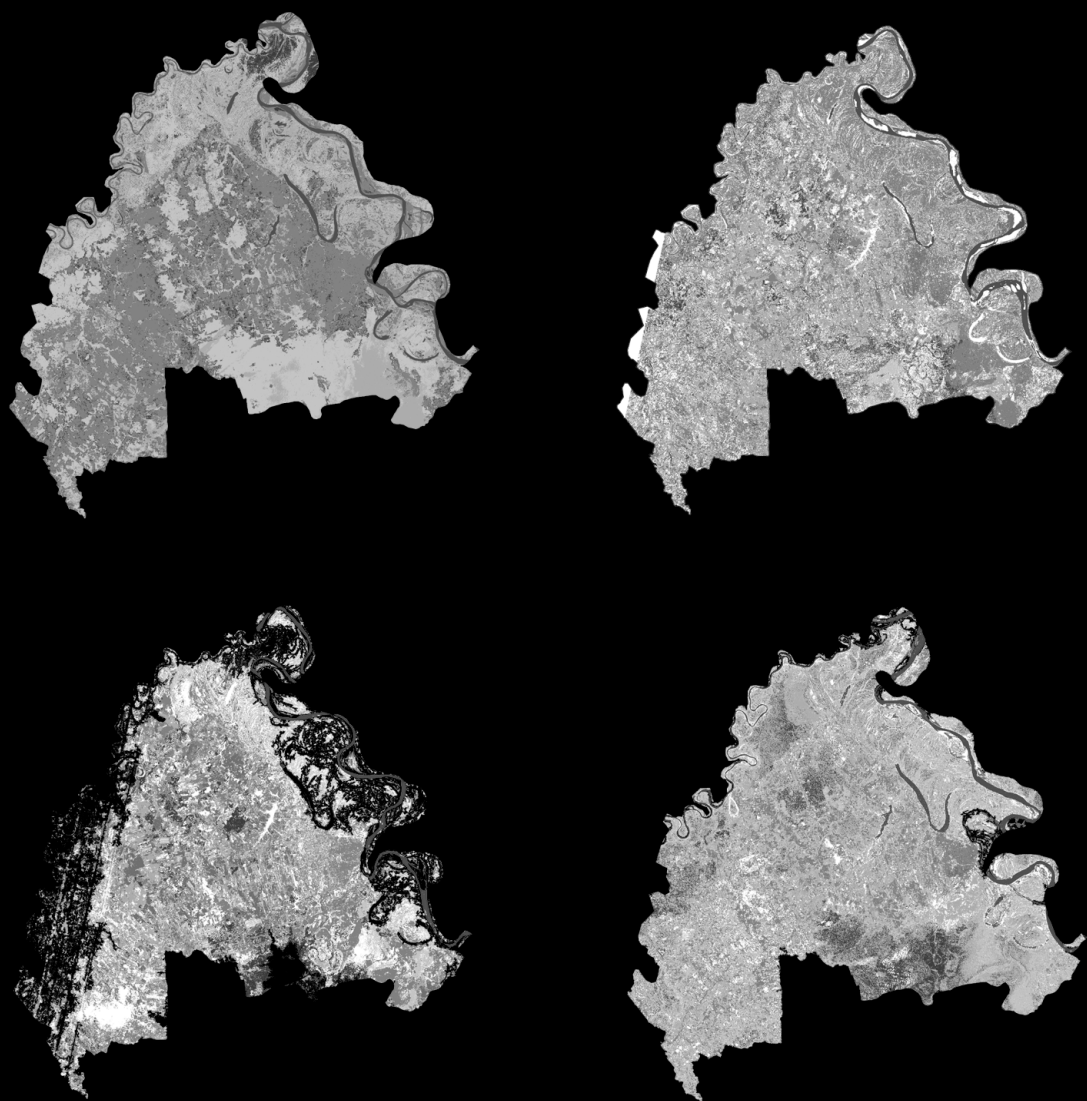




Perspectivas sobre el uso del suelo y la cobertura vegetal en Pucallpa (Perú) durante el período 2000–2023

Indara Venecia Dávila del Valle
Renato Edu Barzola Gomez
Ciza Zarvia Rosario Ramon

PERÚ



ESP Esta investigación se centra en el análisis del cambio de uso del suelo, la pérdida de cobertura vegetal y desarrollo de la expansión urbana en la región de Ucayali, Perú, utilizando técnicas de teledetección y análisis geoespacial aplicadas a imágenes de LANDSAT de 2000, 2005, 2015 y 2023. Se identifican ocho clases de cobertura y uso de suelo, excluyendo cuerpos de agua, mediante datos satelitales analizados en el software ARCMAP 10.4. Para interpretar los cambios en el uso del suelo y el desarrollo urbano, se aplican técnicas de clasificación supervisada y no supervisada, empleando el algoritmo de máxima verosimilitud y el sistema Corine Land Cover adaptado a Perú. Finalmente, se evidenció una transformación significativa del uso del suelo, marcada por la reducción de la cobertura vegetal y el aumento de áreas dedicadas a cultivos y pastos. A pesar de algunos esfuerzos de reforestación, la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad continúan siendo preocupantes, en tanto resalta la necesidad de implementar estrategias efectivas para la conservación ambiental en la región y la importancia de un monitoreo constante para gestionar los recursos naturales de manera sostenible en una de las regiones más importantes de la selva peruana.

ENG **Perspectives on land use and plant cover in Pucallpa (Perú) between 2000 and 2023**

This study aims at analyzing land use changes, plant cover loss, and urban expansion development in Ucayali region, Perú, by using tele-detection and geospatial analysis techniques applied to LANDSAT images from years 2000, 2005, 2015, and 2023. Eight types of land cover and use (CUS, by its initials in Spanish) are identified —excluding water bodies— according to satellite data analyzed using ARCMAP 10.4 software. Changes in land use and urban development are interpreted by means of supervised and unsupervised classification techniques, using the closest maximum likelihood algorithm and the Corine Land Cover system adjusted to Perú. Finally, a significant land-use transformation was evident, marked by a reduction in vegetation cover and an increase in areas dedicated to crops and pastures. Despite some reforestation efforts, soil degradation and biodiversity loss remain a concern. This highlights the need to implement effective environmental conservation strategies in the region and the importance of ongoing monitoring to sustainably manage natural resources in one of the most important regions of the Peruvian rainforest.

POR **Perspectivas sobre o uso do solo e a cobertura vegetal em Pucallpa (Peru) durante o período 2000-2023**

Esta pesquisa se concentra na análise de mudanças no uso da terra, perda de cobertura vegetal e desenvolvimento urbano em expansão na região de Ucayali, Peru, usando técnicas de sensoriamento remoto e análise geoespacial aplicadas a imagens LANDSAT de 2000, 2005, 2015 e 2023. Oito classes de uso e cobertura da terra, excluindo corpos d'água, são identificadas por meio de dados de satélite analisados no software ARCMAP 10.4. Para interpretar mudanças no uso do solo e no desenvolvimento urbano, são aplicadas técnicas de classificação supervisionadas e não supervisionadas, utilizando o algoritmo de máxima verossimilhança e o sistema Corine Land Cover adaptado ao Peru. Por fim, ficou evidente uma transformação significativa no uso da terra, marcada pela redução da cobertura vegetal e pelo aumento das áreas destinadas a cultivos e pastagens. Apesar de alguns esforços de reflorestamento, a degradação do solo e a perda de biodiversidade continuam sendo uma preocupação. Isso destaca a necessidade de implementar estratégias eficazes de conservação ambiental na região e a importância do monitoramento contínuo para gerenciar de forma sustentável os recursos naturais em uma das regiões mais importantes da floresta tropical peruana.

Autores:

Indara Venecia Dávila del Valle

Universidad de Huánuco, Huánuco
Perú

2018111068@udh.edu.pe

<https://orcid.org/0009-0005-0211-9704>

Renato Edu Barzola Gomez

Universidad de Huánuco, Huánuco
Perú

renato.barzola@udh.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-0745-3534>

Ciza Zarvia Rosario Ramon

Universidad de Huánuco, Huánuco
Perú

Ciza.rosario@udh.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-4278-0426>

Palabras clave: cobertura vegetal, Corine Land Cover, sistemas de información geográfica, uso de suelo.

Keywords: plant cover, Corine Land Cover, geographical information systems, land use.

Palavras-chave: cobertura vegetal, Corine Land Cover, sistemas de informação geográfica, uso da terra.

Artículo Recibido: 31/03/2025

Artículo Aceptado: 06/05/2025

CÓMO CITAR

Dávila del Valle, I. V., Barzola Gomez, R. E., & Rosario Ramon, C. Z. Perspectivas sobre el uso del suelo y la cobertura vegetal en Pucallpa (Perú) durante el período 2000–2023. *ARQUISUR Revista*, 15 (27), 84-99. <https://doi.org/10.14409/ar.v15i27.14258>

ARQUISUR REVISTA

AÑO 15 | N° 27 | JUN 2025 - NOV 2025

ISSN IMPRESO 1853-2365

ISSN DIGITAL 2250-4206

DOI <https://doi.org/10.14409/ar.v15i27>



INTRODUCCIÓN

En la última década se han observado modificaciones en el uso del suelo y la cobertura vegetal, lo que permite establecer una base para entender las tendencias de los procesos de degradación y pérdida de biodiversidad por deforestación (Pérez-Vega *et al.*, 2020). La reducción de la cobertura vegetal, en particular en los trópicos, ha provocado la extinción de numerosas especies a causa de la destrucción de hábitats y la fragmentación (Laurance, 2008). De igual forma, esta fragmentación creó islas ecológicas que limitan el movimiento de las especies y reducen la resiliencia de los ecosistemas (Forman, 1995).

Las actividades humanas ejercen un impacto significativo sobre la diversidad biológica a nivel global y afectan tanto el clima local como el global, los ciclos biogeoquímicos, la degradación y calidad del suelo, la hidrología, así como la seguridad alimentaria y el bienestar de las personas (Trimble & Crosson, 2000). Actividades como la tala ilegal, la minería y la extracción de recursos naturales han jugado un papel fundamental en la deforestación, con consecuencias devastadoras para los ecosistemas locales (Geist & Lambin, 2002). Asimismo, la urbanización, que se desarrolla a un ritmo sin precedentes en el siglo XXI, ocupa vastas extensiones de tierra que previamente albergaban ecosistemas naturales, lo cual afecta la biodiversidad y el almacenamiento de carbono (Seto *et al.*, s/f).

La ausencia de un análisis exhaustivo sobre la cobertura vegetal en Pucallpa, Ucayali, representa una serie de retos significativos tanto ambientales como sociales que perjudican de manera directa a la población. En esta región de la Amazonía peruana, la vegetación cumple un rol fundamental en la preservación del equilibrio ecológico. Sirve como regulador climático, protege la diversidad biológica y desempeña un papel importante en la prevención de la erosión y la degradación del suelo. Sin embargo, la carencia de información precisa y actualizada sobre el estado de la cobertura vegetal dificulta el seguimiento de los niveles de deforestación y sus impactos.

El objetivo de este presente trabajo es analizar los cambios que se dieron durante distintos períodos de tiempo mediante el uso de imágenes Landsat de los años 2000, 2005, 2015 y 2023 en Pucallpa, Perú, e interpretar así los cambios de cobertura y uso de suelo, de modo de determinar las áreas más afectadas y degradadas.

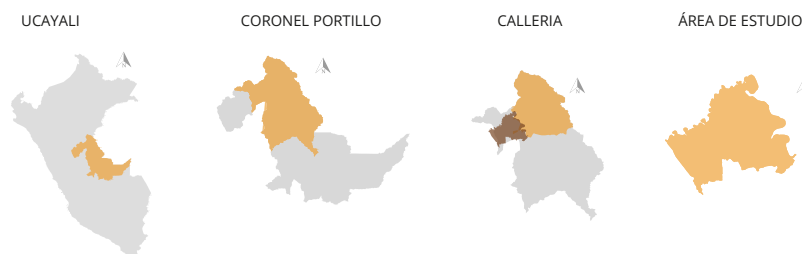


FIGURA 1 | Mapa de ubicación del área de estudio. Fuente: elaboración propia.

METODOLOGÍA

Área de estudio

La región Ucayali forma parte de la Amazonía Peruana, se localiza en la zona central y oriental del territorio nacional, entre $07^{\circ} 20' 23''$ y $11^{\circ} 27' 35''$ de latitud sur; y a $70^{\circ} 29' 46''$ y $75^{\circ} 58' 08''$ de longitud oeste del meridiano de Greenwich. Al norte limita con la región Loreto; al sur, con Madre de Dios, Cusco y Junín; al este, con la República Federal de Brasil (Estado de Acre); y el oeste, con Huánuco y Pasco (PDU, 2017).

Para esta investigación de tipo básica y enfoque descriptivo, se necesitó comprender la estructura y dinámica de la cobertura vegetal en la región específica de Ucayali-Pucallpa. Con esa finalidad se utilizaron imágenes de los satélites LANDSAT 4 y LANDSAT 7, tomando en consideración criterios de calidad en el sentido de que las nubes no cubrieran la superficie del área de estudio y no hubiera más de un 10% de nubosidad para facilitar la interpretación (Zumaeta Lozano, 2021:2). Asimismo, se empleó el software ARCMAP 10 para la interpretación y clasificación de las imágenes satelitales, para lo cual se inició con la delimitación y recorte de las mismas considerando las cuencas y carreteras de modo de no alterar la configuración territorial (Figura 1).

Una vez obtenido el recorte territorial se generaron los primeros mapas mediante los sistemas de clasificación. La forma básica de la clasificación de imágenes es por interpretación visual, en la que se consideran tono, textura, tamaño, forma y asociación (Lillesand *et al.*, 2015). La primera en ser utilizada fue la clasificación supervisada, que consiste en asignar puntos de referencia de una imagen reticulada a clases de cobertura del suelo predefinidas (Ordóñez Díaz *et al.*, 2018), seguida de una clasificación no supervisada que, complementada con la visita a campo, donde se identificaron los tipos de vegetación y suelos correspondientes,

permitió una identificación precisa de las diferentes clases de cobertura vegetal y usos del suelo. Posteriormente, se realizó la evaluación de precisión. De acuerdo con Congalton & Green (2009), el proceso de clasificación se refiere al grado de concordancia entre las clases de la imagen y un conjunto de datos de referencia (Ordóñez Díaz *et al.*, 2018). Para hacer una estimación cuantitativa, se construyó una matriz de error difusa a partir de los resultados de clasificación. Además, la precisión de una clasificación puede medirse utilizando el índice de concordancia de Kappa.

Para el análisis de Cambio se elaboró una matriz que refleja la dinámica en el uso del suelo y la cobertura vegetal durante el período analizado a través de una posclasificación, con la ecuación obtenida de Ordóñez Díaz *et al.* (2018).

RESULTADOS

Procesamiento y análisis de material satelital

Se comenzó con la delimitación y recorte de las áreas involucradas, prestando especial atención a las cuencas hidrográficas y las vías de comunicación, como las carreteras, para evitar cualquier alteración en la estructura territorial existente. Este enfoque permitió garantizar que las intervenciones respetaran los límites naturales y la infraestructura ya establecida, manteniendo así la coherencia del territorio (Figuras 1 y 2).

Las imágenes de 2000, 2005, 2015 y 2023 se seleccionaron en un intervalo de 5 a 8 años, las cuales fueron descargadas desde el Earth Explorer- USGS, teniendo en cuenta un índice de nubosidad baja y que las imágenes no contaran con errores ni distorsiones.

Se identificaron ocho tipos diferentes de cobertura vegetal y usos de suelo, y para ello se utilizó la herramienta de CLC (Corine Land Cover) adaptada para el Perú (RM812016MINAM, 2016) estas fueron:

- Bosques mesofílicos
- Bosques templados
- Bosques áreas seminaturales
- Vegetación secundaria
- Mosaico de cultivos, pasto y espacios naturales
- Cuerpos de agua
- Deforestación aparente
- Matriz urbana

Los bosques y áreas seminaturales son zonas que, aunque no corresponden a bosques densos, presentan una vegetación espontánea y natural. Esta vegetación desempeña un papel crucial en la conservación de la biodiversidad. Además, la vegetación secundaria

$$Td = \left(\left(\left(\frac{S2}{S1} \right)^{\frac{1}{n}} \right) - 1 \right) \times 100$$

GRÁFICO 1 | Ecuación. La tasa de deforestación para el período de interés. Fuente: Ordóñez Díaz *et al.* (2018).

Td = Tasa de deforestación anual en porcentaje

S2 = Área arbolada del año

S1 = Área arbolada del año inicial

n = Años del período de análisis

se refiere a terrenos que han sido sometidos a perturbaciones previas, tales como la tala o la agricultura, pero donde la vegetación ha comenzado a regenerarse de manera natural.

Por otro lado, el mosaico de cultivos se caracteriza por áreas donde la agricultura se desarrolla en parcelas discontinuas, intercaladas con espacios naturales o seminaturales. Esta disposición no solo promueve la producción agrícola, sino que también contribuye a la diversidad del paisaje. En relación con los cuerpos de agua, se identificaron ríos como el Ucayali, lagos, quebradas y humedales, todos los cuales son vitales para el ecosistema local, ya que proporcionan hábitats esenciales para numerosas especies y contribuyen a la regulación del clima.

Sin embargo, la deforestación aparente se observa en áreas donde se evidencian signos de pérdida de cobertura forestal, generalmente vinculada a actividades humanas o desastres naturales. Esta situación plantea serios desafíos para la conservación del medio ambiente. Finalmente, la matriz urbana representa la expansión de zonas urbanizadas, lo que refleja el crecimiento poblacional y la creciente presión sobre el entorno natural. Esta expansión puede estar vinculada a la creciente demanda de suelo para viviendas, infraestructura y servicios, lo que a su vez agrava la situación de los ecosistemas circundantes.

1. Clasificación de cobertura vegetal y uso de suelos

1.1 Clasificación no supervisada

A partir del análisis multitemporal realizado, se elaboraron cuatro mapas que muestran la clasificación de ocho tipos de cobertura vegetal, usos de suelo y evolución urbana en el área de estudio (Figuras 2 y 4).

Al mismo tiempo se confeccionaron tablas de sistematización de resultados (Tablas 1 y 2) que permitieron identificar y comparar los cambios ocurridos en la distribución de las áreas a lo largo del tiempo.

Uno de los resultados más significativos fue la reducción de la superficie ocupada por los bosques mesofílicos. En el año 2000, estos bosques ocupaban un área de 4 261.102 hectáreas, mientras que para el año 2005 la extensión disminuyó a 345 802 hectáreas. Esta pérdida significativa de aproximadamente 1 239.584 hectáreas refleja el impacto de factores como la deforestación, la expansión agrícola y posiblemente los efectos del cambio climático (Figura 3).

El análisis de los bosques templados mostró una variación notable a lo largo de las décadas. En el año 2000, esta categoría cubría un área de 312 534 hectáreas. Para 2005, la superficie disminuyó considerablemente hasta las 274 209 hectáreas, lo que sugiere un período crítico de pérdida. Sin embargo, en 2015 se observó una recuperación importante, con una expansión de la cobertura hasta de 568 935.40 hectáreas (Figura 3). Esta variación podría estar asociada a esfuerzos de reforestación o cambios en la gestión del uso del suelo, aunque también podría reflejar variaciones en las políticas de conservación o en los regímenes climáticos locales durante estos años. En cuanto a la evolución urbana, se ha llevado a cabo un análisis de los mapas mediante una clasificación no supervisada (Figura 4). Este enfoque ha permitido identificar cambios significativos en la extensión del área urbana a lo largo de los años, lo que evidencia un proceso de expansión continua.

En el año 2000, el área urbana comprendía aproximadamente 20 873,3 hectáreas. Cinco años más tarde, en 2005, esta superficie se expandió considerablemente, alcanzando las 25 434,2 hectáreas, lo que refleja un crecimiento del 21,8 %. En 2015, la tendencia de urbanización se intensificó, ocupando 43 288,9 hectáreas, lo que representó casi el doble del área registrada en 2005. Finalmente, en 2023, el área urbana estimada se consolidó en 54 798,9 hectáreas, mostrando un crecimiento sostenido que destaca la transformación acelerada del territorio.

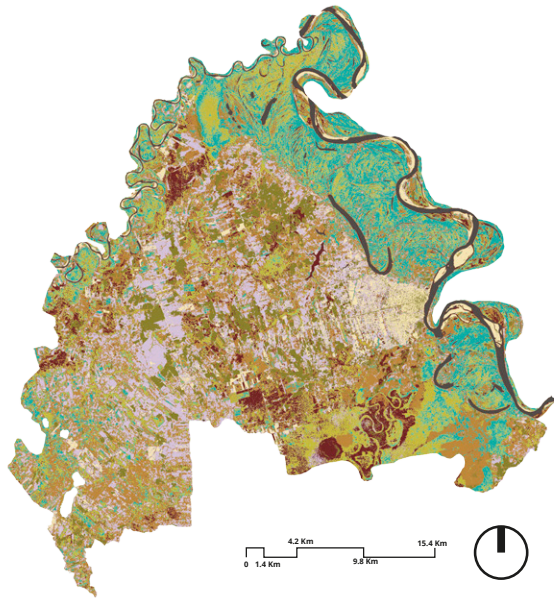
Este incremento en la superficie urbana está asociado a factores como el crecimiento poblacional, el desarrollo económico y la ampliación de infraestructura, que exigen una mayor ocupación del suelo urbano.

1.2 Clasificación supervisada

La clasificación supervisada (Figura 5) se empleó para obtener datos más precisos sobre la cobertura vegetal y el uso del suelo, lo que mejoró significativamente los resultados anteriores. Este método permitió analizar ocho tipos de coberturas y usos del suelo, representados en cuatro mapas detallados, acompañado de una tabla de sistematización de resultados que presenta de una manera clara y ordenada los datos obtenidos (Tabla 3). Uno de los hallazgos más relevantes fue la identificación de 3866,92 hectáreas de bosques mesofílicos en un año determinado, lo que implica una diferencia de 845,48 hectáreas en comparación con estudios anteriores.

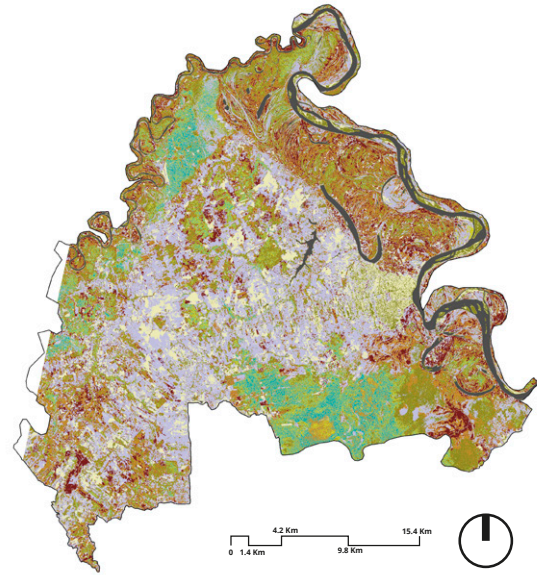
En cuanto al mosaico de cultivos y pastos, el análisis reveló que en el año 2000 estos ocupaban 124 516 hectáreas, incrementándose a 142 622 hectáreas para 2015 (Figura 6). Este aumento refleja un crecimiento considerable en la superficie destinada a la agricultura no controlada, y con esto nos referimos a la expansión de prácticas agrícolas sin una adecuada planificación ni regulación, lo que puede llevar a la deforestación, la degradación del suelo, incluso en áreas que son consideradas como naturales o seminaturales, y lo que sugiere un cambio en el uso del suelo con posibles repercusiones para el ecosistema local.

Por otro lado, los bosques templados registraron 305 704 hectáreas en 2015. Sin embargo, para 2023 esta cifra disminuyó a 191 874 hectáreas (Figura 6). Esta reducción considerable evidencia una creciente presión sobre esos ecosistemas, lo que plantea serias preocupaciones en cuanto a la conservación de la biodiversidad y al equilibrio ambiental.



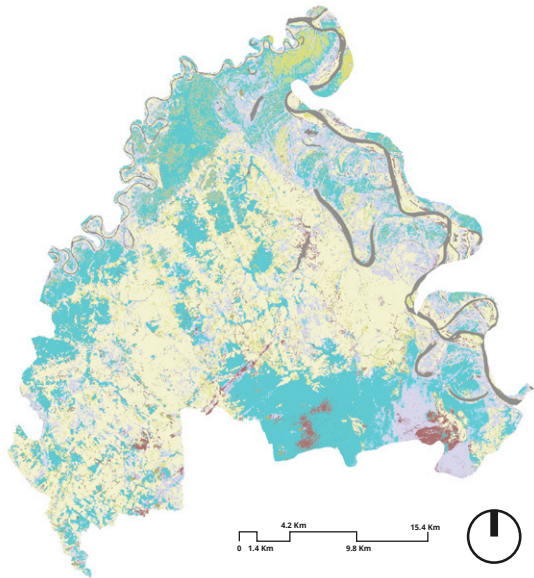
Uso de suelo Y Cobertura vegetal 2023

- Bosques Mesofílicos
- Bosques Templados
- Bosques Áreas Semi Naturales
- Vegetación secundaria
- Mosaico de Cultivos, Pasto y Espacios naturales
- Cuerpos de Agua
- Deforestación Aparente



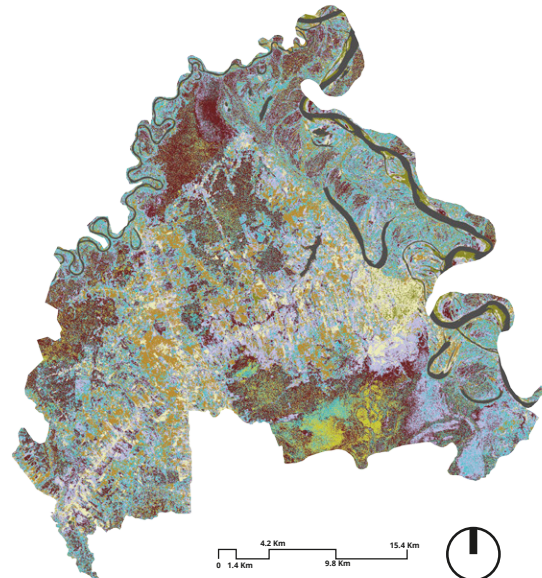
Uso de suelo Y Cobertura vegetal 2015

- Bosques Mesofílicos
- Bosques Templados
- Bosques Áreas Semi Naturales
- Vegetación secundaria
- Mosaico de Cultivos, Pasto y Espacios naturales
- Cuerpos de Agua
- Deforestación Aparente



Uso de suelo Y Cobertura vegetal 2005

- Bosques Mesofílicos
- Bosques Templados
- Bosques Áreas Semi Naturales
- Vegetación secundaria
- Mosaico de Cultivos, Pasto y Espacios naturales
- Cuerpos de Agua
- Deforestación Aparente



Uso de suelo Y Cobertura vegetal 2000

- Bosques Mesofílicos
- Bosques Templados
- Bosques Áreas Semi Naturales
- Vegetación secundaria
- Mosaico de Cultivos, Pasto y Espacios naturales
- Cuerpos de Agua
- Deforestación Aparente

FIGURA 2 | Mapas de uso de suelo y cobertura vegetal según la clasificación no supervisada de los años 2000 a 2023. Fuente: elaboración propia.

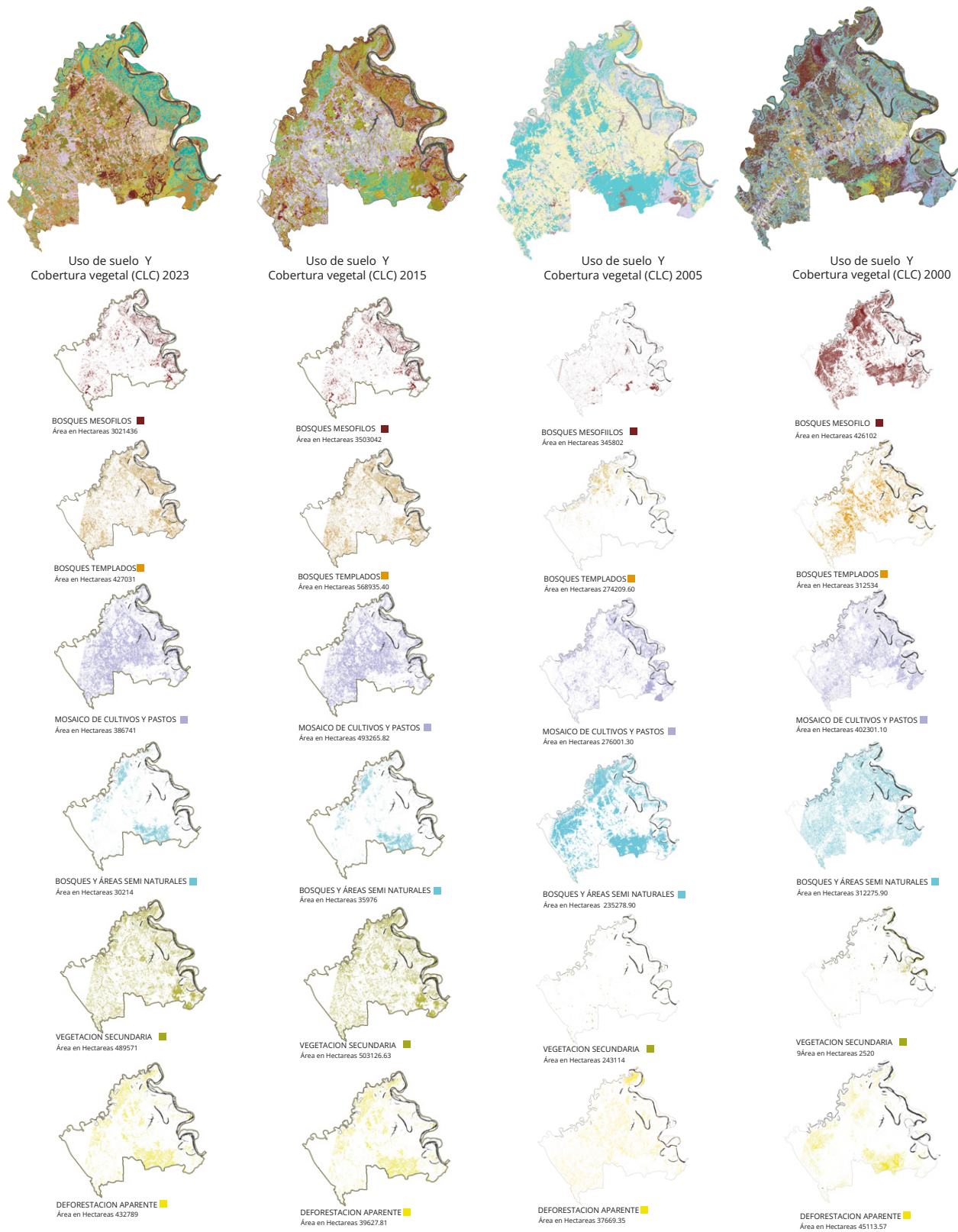
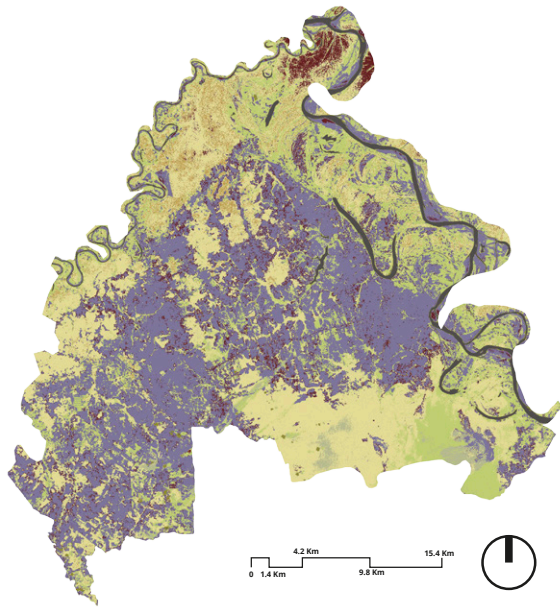
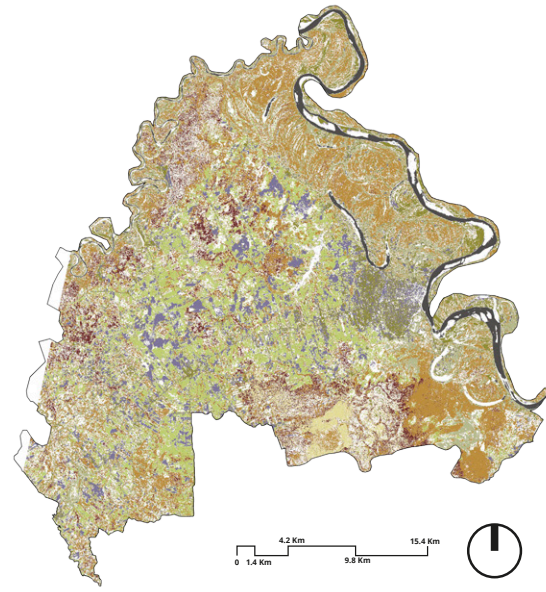


FIGURA 3 | Mapas de variación por hectáreas del uso de suelo y cobertura vegetal según la clasificación no supervisada de los años 2000 a 2023. Fuente: elaboración propia.



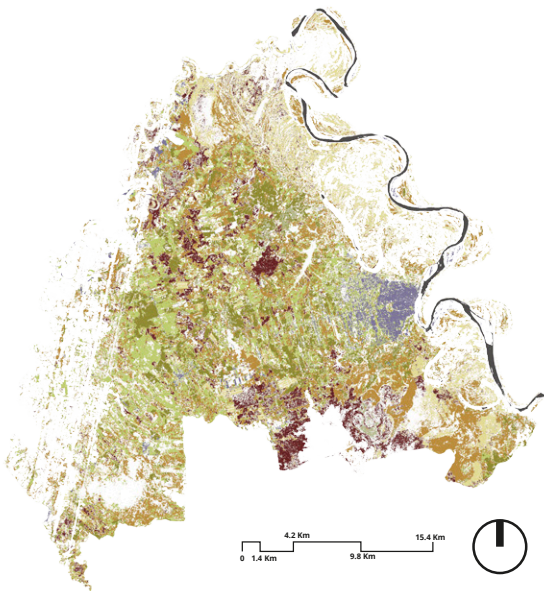
Uso de suelo Y Cobertura vegetal 2023

- Bosques Mesofílicos
- Bosques Templados
- Bosques Áreas Semi Naturales
- Vegetación secundaria
- Mosaico de Cultivos, Pasto y Espacios naturales
- Cuerpos de Agua
- Deforestación Aparente
- Matriz Urbana



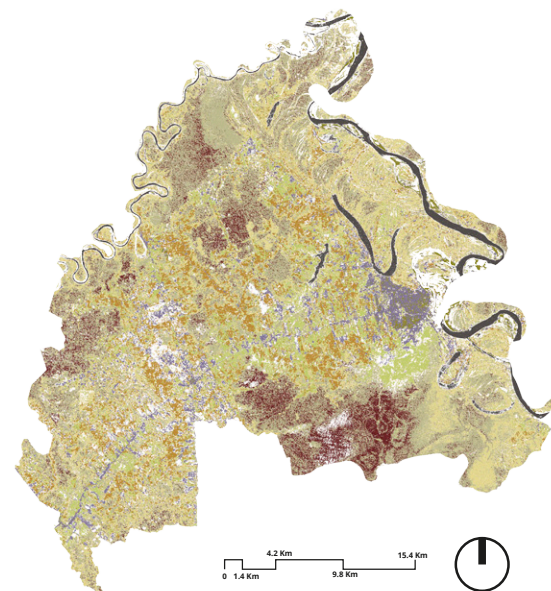
Uso de suelo Y Cobertura vegetal 2015

- Bosques Mesofílicos
- Bosques Templados
- Bosques Áreas Semi Naturales
- Vegetación secundaria
- Mosaico de Cultivos, Pasto y Espacios naturales
- Cuerpos de Agua
- Deforestación Aparente
- Matriz Urbana



Uso de suelo Y Cobertura vegetal 2005

- Bosques Mesofílicos
- Bosques Templados
- Bosques Áreas Semi Naturales
- Vegetación secundaria
- Mosaico de Cultivos, Pasto y Espacios naturales
- Cuerpos de Agua
- Deforestación Aparente
- Matriz Urbana



Uso de suelo Y Cobertura vegetal 2000

- Bosques Mesofílicos
- Bosques Templados
- Bosques Áreas Semi Naturales
- Vegetación secundaria
- Mosaico de Cultivos, Pasto y Espacios naturales
- Cuerpos de Agua
- Deforestación Aparente
- Matriz Urbana

FIGURA 4 | Mapas de variación por hectáreas de la evolución urbana de los años 2000 a 2023. Fuente: elaboración propia.

Tema: Cobertura vegetal y uso del suelo. **Método de recolección:** Clasificación no supervisada

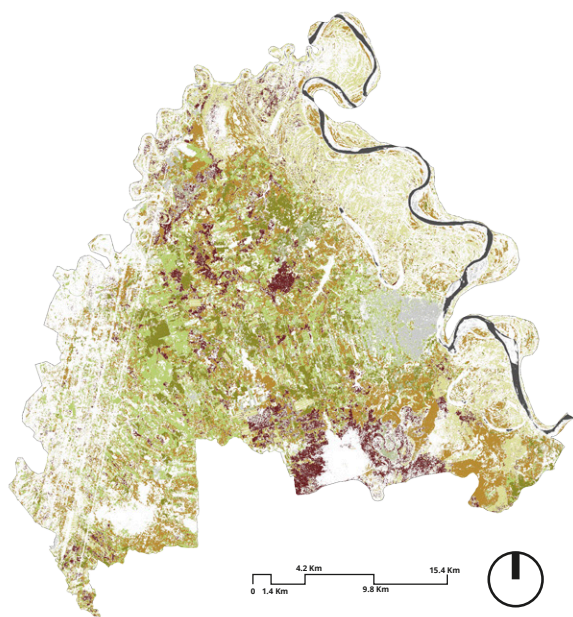
Categoría de análisis	Fuente	Hallazgos relevantes	Interpretación	Cita textual / evidencia
Bosques Templado	Imágenes satelitales obtenidas de Landsat 7 y 8	Se observa una mayor extensión de bosques templados en el año 2015	En el año 2015 se registraron 568,935.40 (Ha) de bosque templados, una cifra considerablemente mayor en comparación con el año 2005 donde se contabilizó solo 274,209.60 (Ha)	Figura 3. Mapas de variación por hectáreas del uso de suelo y cobertura vegetal según la clasificación no supervisada de los años 2000 al 2023. Fuente: Elaboración propia
Mosaico de Cultivo		En el año 2000 se observa una mayor extensión de mosaico de cultivos que en los años 2005 y 2023	En el año 2000 se registraron 402,301.10 (Ha) de mosaico de cultivos, una cifra elevada en comparación con los años 2005 y 2023. Sin embargo, el valor más alto se alcanzó en el 2015 con 493,265.82 (Ha)	
Deforestación Aparente		En el año 2023 se observa una mayor extensión de la deforestación aparente más que en los años 2005, 2015 y 2000	En el año 2023 se registraron 432,789 (Ha) de deforestación aparente, una cifra considerablemente mayor en comparación con el año 2000 donde se contabilizó solo 45,113.57 (Ha)	
Bosques Mesofílicos		Se observa una menor extensión de bosques mesofílicos en el año 2005	En el año 2015 se registraron 3,503,042 (Ha) de bosques mesofílicos, una cifra considerablemente mayor en comparación con el año 2005 donde se contabilizó solo 345,802 (Ha)	
Bosques y Áreas Semi Naturales		Se observa una disminución progresiva de bosques y áreas semi naturales entre los años 2000 - 2023	En el año 2000 se registraron 312,275.90 (Ha) de bosques y áreas semi naturales, una cifra considerablemente mayor en comparación con el año 2023 donde se contabilizó solo 30,214 (Ha)	
Vegetación Secundaria		Se observa una menor extensión de vegetación secundaria en el año 2000	En el año 2000 se registraron 2,520 (Ha) de vegetación secundaria, una cifra baja en comparación con los años 2005 y 2023. Sin embargo, el valor más alto se alcanzó en el 2015 con 503,126.63(Ha)	

TABLA 1 | Tabla de sistematización de resultados – clasificación no supervisada. Fuente: elaboración propia.

Tema: Identificación de matriz urbana. **Método de recolección:** Clasificación no supervisada

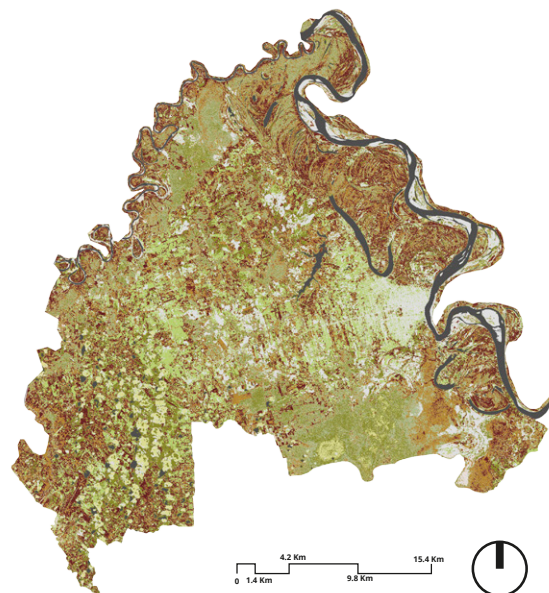
Categoría de análisis	Fuente	Hallazgos relevantes	Interpretación	Cita textual / evidencia
2000	Imágenes satelitales obtenidas de Landsat 7	El área urbana era de aproximadamente 20,873.3 (Ha)	En el año 2000, el área urbana comprendía aproximadamente 20.873,3 hectáreas.	Figura 4. Mapas de variación por hectáreas de la evolución urbana de los años 2000 al 2023 Fuente: Elaboración propia
2005		El área urbana se expandió a 25,434.2 (Ha)	Cinco años más tarde, en 2005, esta superficie se expandió considerablemente, alcanzando las 25.434,2 hectáreas	
2015	Imágenes satelitales obtenidas de Landsat 8	El área urbana creció aún más, alcanzando 43,288.9 (Ha)	En 2015, la tendencia de urbanización se intensificó aún más, ocupando 43.288,9 hectáreas	
2023		El área urbana estimada llegó a 54,798.9 (Ha)	En 2023, el área urbana estimada se consolidó en 54.798,9 hectáreas, mostrando un crecimiento sostenido que destaca la transformación acelerada del territorio	

TABLA 2 | Tabla de sistematización de resultados – clasificación no supervisada – matriz urbana. Fuente: elaboración propia.



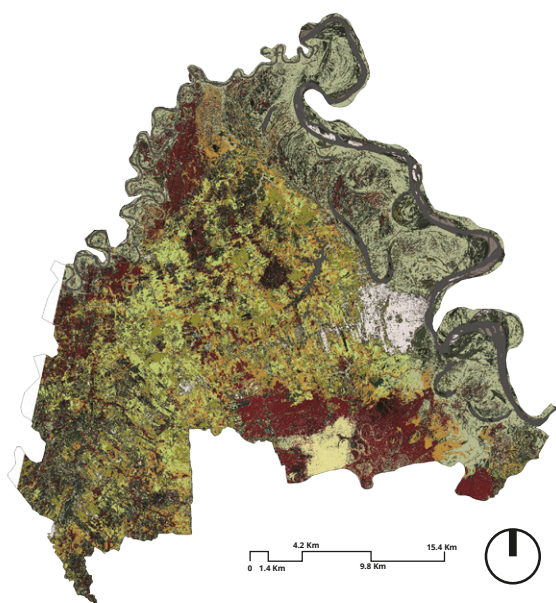
Uso de suelo Y Cobertura vegetal 2023

- Bosques Mesofílicos
- Bosques Templados
- Bosques Áreas Semi Naturales
- Vegetación secundaria
- Mosaico de Cultivos, Pasto y Espacios naturales
- Cuerpos de Agua
- Deforestación Aparente



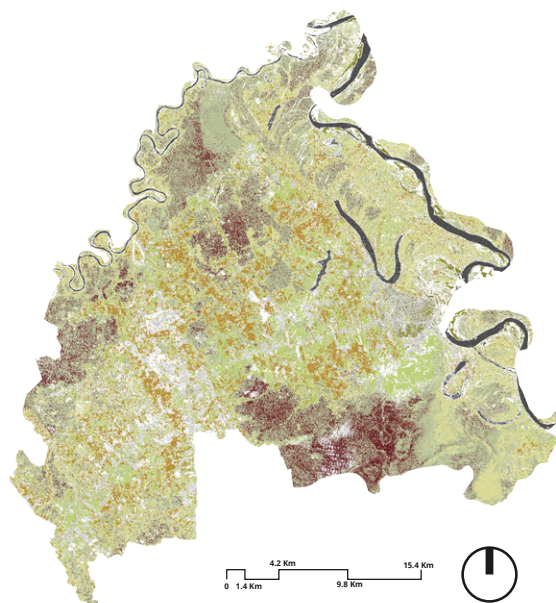
Uso de suelo Y Cobertura vegetal 2015

- Bosques Mesofílicos
- Bosques Templados
- Bosques Áreas Semi Naturales
- Vegetación secundaria
- Mosaico de Cultivos, Pasto y Espacios naturales
- Cuerpos de Agua
- Deforestación Aparente



Uso de suelo Y Cobertura vegetal 2005

- Bosques Mesofílicos
- Bosques Templados
- Bosques Áreas Semi Naturales
- Vegetación secundaria
- Mosaico de Cultivos, Pasto y Espacios naturales
- Cuerpos de Agua
- Deforestación Aparente



Uso de suelo Y Cobertura vegetal 2000

- Bosques Mesofílicos
- Bosques Templados
- Bosques Áreas Semi Naturales
- Vegetación secundaria
- Mosaico de Cultivos, Pasto y Espacios naturales
- Cuerpos de Agua
- Deforestación Aparente

FIGURA 5 | Mapas de uso de suelo y cobertura vegetal según la clasificación supervisada desde el año 2000 al 2023. Fuente: elaboración propia.

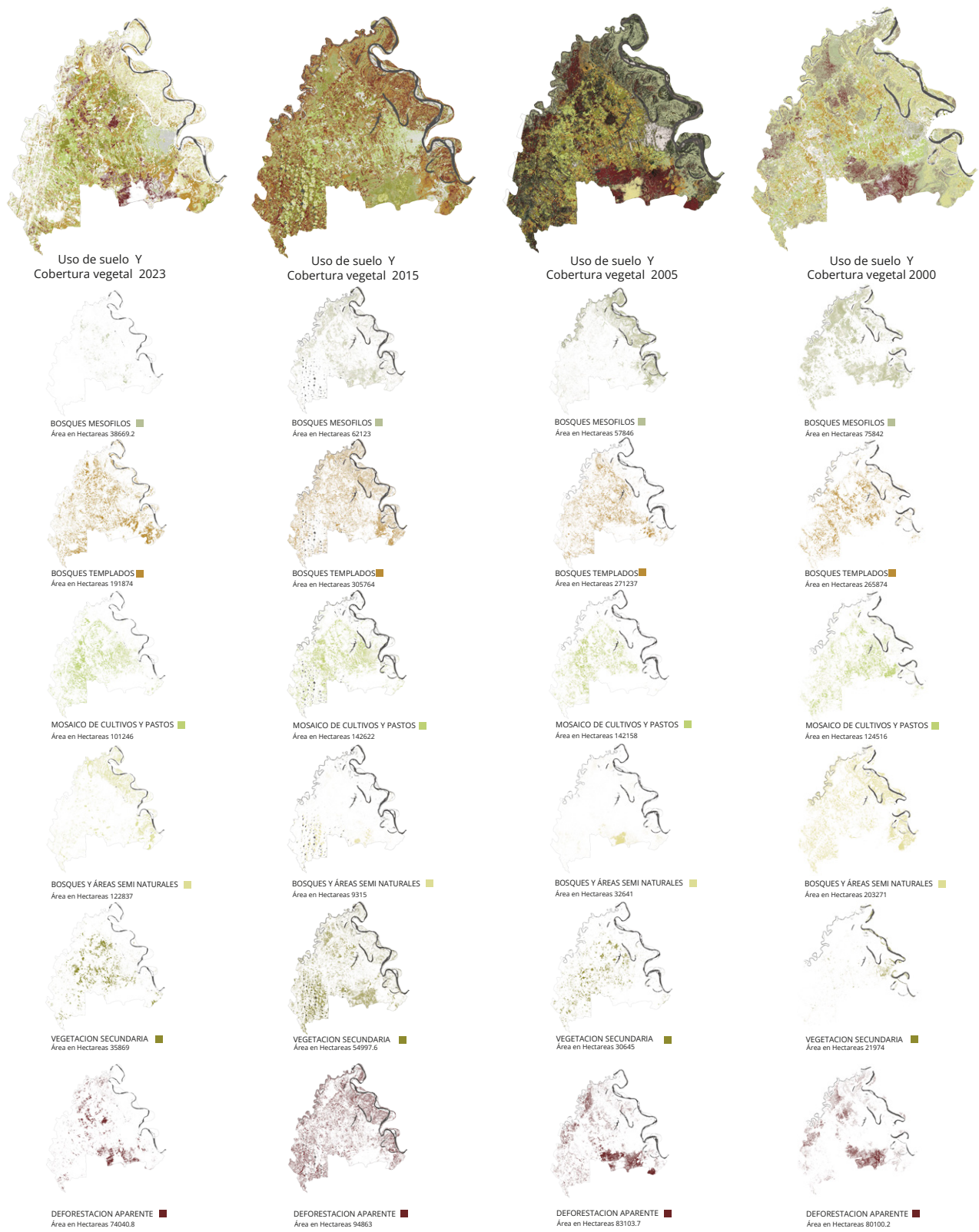


FIGURA 6 | Mapas de variación por hectáreas del uso de suelo y cobertura vegetal según la clasificación supervisada desde el año 2000 al 2023. Fuente: elaboración propia.

Tema: Cobertura vegetal y uso del suelo. **Método de recolección:** Clasificación supervisada

Categoría de análisis	Fuente	Hallazgos relevantes	Interpretación	Cita textual / evidencia
Bosques Templado	Imágenes satelitales obtenidas de Landsat 7 y 8	Se observa una mayor extensión de bosques templados en el año 2015	En el año 2015 se registraron 305,764 (Ha) de bosque templados, una cifra considerablemente mayor en comparación con el año 2023 donde se contabilizó solo 191,874 (Ha)	Figura 6. Mapas de variación por hectáreas del uso de suelo y cobertura vegetal según la clasificación supervisada de los años 2000 al 2023. Fuente: Elaboración propia
Mosaico de Cultivo		En el año 2015 se observa una mayor extensión de mosaico de cultivos que en los años 2000 y 2023	En el año 2005 se registraron 142,158 (Ha) de mosaico de cultivos, una cifra elevada en comparación con los años 2000 y 2023. Sin embargo, el valor más alto se alcanzó en el 2015 con 142,622 (Ha)	
Deforestación Aparente		En el año 2015 se observa una mayor extensión de la deforestación aparente más que en los años 2000, 2005 y 2023	En el año 2015 se registraron 94,863 (Ha) de deforestación aparente, una cifra considerablemente mayor en comparación con el año 2023 donde se contabilizó solo 74,040.8(Ha)	
Bosques Mesofílico		Se observa una menor extensión de bosques mesofílicos en el año 2023	En el año 2000 se registraron 75,842 (Ha) de bosques mesofílicos, una cifra considerablemente mayor en comparación con el año 2023 donde se contabilizó solo 38,669.20 (Ha)	
Bosques y Áreas Semi Naturales		Se observa una menor extensión de vegetación secundaria en el año 2015	En el año 2000 se registraron 203,271 (Ha) de bosques y áreas semi naturales, una cifra considerablemente mayor en comparación con el año 2015 donde se contabilizó solo 9,315 (Ha)	
Vegetación Secundaria		Se observa una menor extensión de vegetación secundaria en el año 2000	En el año 2000 se registraron 21,974 (Ha) de vegetación secundaria, una cifra baja en comparación con los años 2005 y 2023. Sin embargo, el valor más alto se alcanzó en el 2015 con 54,997.6 (Ha)	

TABLA 3 | Tabla de sistematización de resultados – clasificación supervisada. Fuente: elaboración propia.

Para la validación de los mapas, se analizó cada una de las clasificaciones. La exactitud global para los años de 2000 y 2023 fue de 81 % y 73 % respectivamente y en la evaluación del índice de Kappa fue de 0,82 y 0,71 se obtuvieron el resultado de 0,80 y 0,71 para las clasificaciones de 2000 y 2023, donde se señala que un índice de Kappa con valores entre 0,70 a 0,81 indica una exactitud aceptable, por lo que las clasificaciones de los mapas generados se aproximan a las condiciones reales del lugar (Tabla 4).

La tabla 5 presenta los valores de precisión para diferentes categorías de uso del suelo en los años 2000 y 2023, considerando tanto la precisión del productor (PROD) como la precisión del usuario (USUA). Se observa que, en general, los valores de precisión han variado con el tiempo. En el año 2000, las categorías con menor precisión del usuario fueron la cobertura de mosaico de cultivos (MC) con 81,7 % y la vegetación secundaria (VS) con 77,3 %, lo que indica una mayor confusión en la clasificación de estas clases. En contraste, el bosque mesofílico (BM) y los bosques y áreas seminaturales (BASN) presentaron los valores

N°	Validación	
	G	K
2000	0.81	0.82
2023	0.73	0.71

TABLA 4 | Validación de mapas de los años 2000–2023. Fuente: elaboración propia.

más altos de precisión, con 89,6 % y 93,7 %, respectivamente (Tabla 5).

Para 2023, se evidencian cambios significativos en la precisión. La categoría de MC experimentó una reducción drástica en la precisión del usuario, puesto que descendió a 23,8 %, lo que sugiere una mayor confusión en su clasificación. De manera similar, el BM también mostró una disminución en la precisión del usuario, situándose en 80,2 %. Sin embargo, la VS aumentó su precisión a 79,5 %, en comparación con el 77,3 % registrado en el año 2000 (Tabla 5).

Estos resultados sugieren que, aunque algunas categorías han mantenido niveles altos de precisión, otras han experimentado un incremento en la confusión, especialmente en el caso del MC, lo que podría estar relacionado con cambios en la cobertura del suelo o en la metodología de clasificación utilizada.

La cobertura y el uso del suelo que mostraron mayor variación en ciertos períodos fue la deforestación aparente. En 2005, se registraron 540 225,3 hectáreas afectadas por este fenómeno, mientras que para 2023 la cifra se redujo significativamente, a 74 040,8 hectáreas, en parte gracias a esfuerzos de reforestación y programas de restauración ecológica en áreas degradadas. Esto arroja una tasa promedio anual de cambio de 285 863.02 hectáreas (Tabla 6).

El área de bosques mesofílicos también ha experimentado un notable descenso entre 2015 y 2023. En 2015, la superficie de estos bosques era de 70604,2 hectáreas. Sin embargo, para 2023 se redujo considerablemente, a 38 669,2 hectáreas, lo que representa una disminución del 45,23 %. Este cambio refleja la presión continua sobre estos ecosistemas (Tabla 6).

Por otro lado, los bosques y áreas seminaturales han sufrido una transformación decreciente significativa. En 2000, ocupaban 243 329 hectáreas, pero esta superficie se redujo a 144 490 hectáreas en 2015 y a 122 837 hectáreas en 2023, lo que refleja una variación del 40,62 % y 14,99 %, respectivamente (Tabla 6). Este descenso señala una rápida transformación del paisaje forestal, impulsada por diversas actividades humanas, como la expansión agrícola, la urbanización descontrolada y los efectos del cambio climático que han afectado la regeneración natural de estos ecosistemas.

En ambos períodos analizados, el uso de suelo predominante en la ciudad de Pucallpa fue el bosque mesofílico, que representaba un 42,4 % de la superficie total (Figura 7). Le siguen el bosque templado, los bosques y áreas seminaturales, y los mosaicos de cultivo.

Cat. Uso Suelo		CA	BT	MC	BM	BASN	VS
2000	PROD	92.2	95.3	51.2	99.3	99.9	89.2
	USUA	92.7	92.8	81.7	89.6	93.7	77.3
2023	PROD	91.5	67.3	79.1	84.	70.2	87.0
	USUA	90.5	87.6	23.8	80.2	73.9	79.5

TABLA 5 | Valores de productor (PROD) y usuario (USU) con estadísticas de evaluación de la exactitud de las categorías de cobertura vegetal y el uso del suelo para los años 2000–2023. Fuente: elaboración propia.

Superficie por clase de cobertura vegetal y uso del suelo en hectáreas (ha)

Cobertura vegetal y uso del suelo	Abrev.	2000 (Ha)	2005 (Ha)	2015 (Ha)	2023 (Ha)	Tasa Promedio anual de variación (Ha)
Bosques Templado	BT	51061.3	63061.5	851427	191874	289355.95
Mosaico de Cultivo	MC	55952.4	75810.6	83692	101246	79175.25
Deforestación Aparente	DA	430271	540225.3	98915	74040.8	285863.025
Bosques Mesofílico	BM	922314	955487	70604.2	38669.2	496768.6
Bosques Areas Semi Naturales	BASN	243329	322587	144490	122837	208310.75
Vegetación Secundaria	VS	10673.1	236895	550924	35869	208590.275
Total		1765419.5	2224066.4	1870736.601563	590647.451989	

TABLA 6 | Superficie por clase de cobertura vegetal y el uso de suelo en hectáreas, 2000–2023. Fuente: elaboración propia.

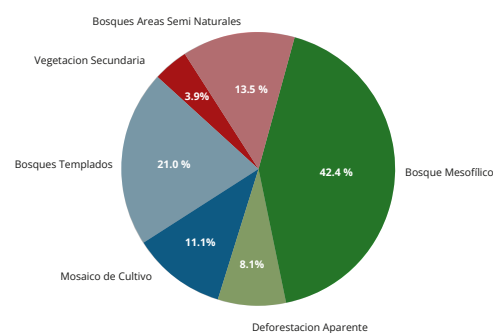


FIGURA 7 | Diagrama de torta representando los porcentajes de uso de suelo y cobertura vegetal, 2000–2023. Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

El análisis de la transformación del uso de suelo y la cobertura vegetal muestra un rápido aumento de mosaicos de cultivos, teniendo así una tasa de promedio anual de 79 175.25 hectáreas, coincidiendo con el escenario de la micro cuenca Yuyac, la cobertura y uso de suelo de mayor predominancia hacia el año 2030 está conformada por la cobertura boscosa y mosaicos de pastos y cultivos con áreas de 3252,5 hectárea (40,5 % del área total) y 1934,0 hectárea (24,1 % del área total), respectivamente, mientras que en los Estados de Jalisco, Nayarit, Durango y Zacatecas en México, donde los tipos de cobertura que se han afectado y disminuido su representación espacial en la subcuenca para el escenario predicho son «bosque de pino», «bosque de encino» y «selva baja caducifolia», que perdieron anualmente 9 084.07, 6 401.09 y 955.89 hectáreas, respectivamente. Resulta evidente que la mayor presión se ejercerá sobre las asociaciones del bosque de pino, las cuales presentan un cambio neto de 8,95 %. En cambio, los «pastizales» y el «matorral subtropical» incrementaron anualmente su superficie en 2 540.59 y 86.52 hectáreas, respectivamente (Ibarrá-Montoya *et al.*, 2011).

Por otro lado, en la microcuenca El Volcán, en 2014, las coberturas como mosaico de pastos y cultivos, mosaicos de pastos con espacios naturales y bosques fragmentados presentan un aumento su área de expansión en un 0,57, 2,48, 7,09 %, respectivamente, caso opuesto a las coberturas de arbustales y vegetación secundaria, que disminuyen en un 2,25 y 7,91 % respecto del año 1997 (Miranda *et al.*, 2020).

Las variables de mayor importancia que intervinieron en dichos cambios están relacionadas principalmente con las actividades de ganadería y agricultura, lo que resultó en mayores espacios ocupados por pastos y cultivos. Cabe resaltar que, actualmente, en Tingo María los cambios en el uso de la tierra son básicamente para la extensión del cultivo y procesos agrarios; por ello, la deforestación y la quema de cobertura vegetal, que serían las principales causas de la pérdida vegetal, son factores que generan los cambios en el uso de tierra para cultivos, principalmente productos a escala menor destinados al autoconsumo y en algunos casos al mercado local (Zuloaga-Obregón & Gabriel-Campos, 2023). Estos incrementos se han venido produciendo con el paso del tiempo, reduciendo así la cobertura vegetal natural. Finalmente,

otra de las variables, que influyó en menor medida, está asociada al proceso normal de la expansión de áreas urbanas, lo cual se refleja en la ampliación de infraestructuras como vías de acceso (Zumaeta Lozano, 2021:2). En el uso del suelo de la provincia de Zamora Chinchipe-Ecuador desde 1990 hasta 2018, se evidenció un cambio del uso de suelo de bosque a tierra agropecuaria, urbana y minera, producto del desarrollo de la actividad económica. (Carrión-Paqui *et al.*, 2021).

Por ende, el crecimiento poblacional en Pucallpa ha generado una gran demanda de recursos naturales, lo que ha tenido un impacto significativo en el uso del suelo. A medida que la población aumentó, también lo hizo la presión sobre las tierras para actividades como la agricultura, la ganadería, la economía y la expansión urbana. Esto ha llevado a una notable pérdida de bosques y áreas seminaturales.

CONCLUSIONES

En la región de Ucayali, específicamente en Pucallpa, Perú, los cambios en la cobertura y uso del suelo han sido profundamente variados y preocupantes. La degradación de los ecosistemas forestales, especialmente la pérdida de bosques mesofilicos, ha sido alarmante, con una disminución de más de 1,2 millones de hectáreas entre 2000 y 2023. Este dato resalta el impacto significativo de la deforestación, la expansión agrícola y los posibles efectos del cambio climático en los ecosistemas locales. Aunque los bosques templados mostraron signos de recuperación entre 2005 y 2015, el decrecimiento observado posteriormente, hasta 2023, indica que estos ecosistemas siguen siendo altamente vulnerables.

El aumento del mosaico de cultivos y pastos entre 2000 y 2015, con un incremento de 124,516 a 142,622 hectáreas, refleja una expansión agrícola no regulada, lo que plantea serios riesgos de degradación del suelo y pérdida de biodiversidad. Aunque la deforestación mostró un aumento en los primeros años del período analizado, los esfuerzos de reforestación y restauración ecológica han logrado una reducción notable de las hectáreas deforestadas para 2023. Pero la tasa de cambio sigue siendo preocupante, lo que indica que las medidas actuales no son suficientes y se requiere un enfoque más eficaz y coordinado.

El uso e integración de herramientas avanzadas, como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), han sido fundamentales para estimar la magnitud de los cambios en la cobertura vegetal y el uso del suelo en Pucallpa. Estas herramientas han permitido obtener datos más precisos y detallados, mejorando ampliamente la capacidad de monitoreo y gestión ambiental de la región.

Dada la complejidad y la diversidad de los cambios en la cobertura y uso del suelo en Pucallpa, se sugiere llevar a cabo investigaciones futuras que se enfoquen en varias zonas clave, tales como áreas de reserva natural y zonas con vegetación protegida. De igual manera, se sugiere estudiar el impacto de la expansión urbana en las áreas vegetativas dentro de la ciudad, y con la información obtenida se recomienda mejorar la precisión en la detección de cambios en la cobertura vegetal y en el uso del suelo, facilitando un monitoreo más dinámico y adaptativo.

Otro aspecto a considerar es la inclusión de estudios sobre los efectos socioeconómicos de la deforestación en las comunidades locales, explorando cómo la pérdida de recursos naturales afecta su bienestar y medios de vida. A este respecto, la implementación de estrategias integradas y la promoción de investigaciones futuras serán primordiales para asegurar la conservación y recuperación de los ecosistemas, así como para garantizar un desarrollo equilibrado que beneficie tanto al medio ambiente como a las comunidades locales. ❁

Declaración de autoría

Indara Venecia Dávila del Valle: Investigación, metodología, software, escritura y redacción: revisión y edición.

Renato Edu Barzola Gomez: Investigación, supervisión y software.

Ciza Zarvia Rosario Ramón: Investigación, metodología y supervisión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carrión–Paqui, N.S.; Camacho–López, C.O. & Jaramillo–Villa, A.F. (2021). *Análisis multitemporal de la deforestación y cambio de la cobertura del suelo en Zamora Chinchipe*. 6(11), 14.
- Congalton, R.G. & Green, K. (2009). *Assessing the accuracy of remotely sensed data: Principles and practices*. 2da. ed. CRC Press/Taylor & Francis.
- Forman, R.T.T. (1995). *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press.
- Geist, H.J. & Lambin, E.F. (2002). Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation. *BioScience*, 52(2), 143. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0143:PCAUDF\]2.o.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0143:PCAUDF]2.o.CO;2)
- Ibarra–Montoya, J.L.; Román, R.; Gutiérrez, K.; Jacobo Gaxiola, J.; Arias, V. & Bautista, M. (2011). Cambio en la cobertura y uso de suelo en el norte de Jalisco, México: Un análisis del futuro, en un contexto de cambio climático. *Ambiente e Agua – An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 6(2), 111–128. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.189>
- Laurance, W.F. (2008). Theory meets reality: How habitat fragmentation research has transcended island biogeographic theory. *Biological Conservation*, 141(7), 1731–1744. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.05.011>
- Lillesand, T.; Kiefer, R.W. & Chipman, J. (2015). *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley & Sons.
- Ordóñez Díaz, J.A.B.; Escandón Calderón, J.; Nieto De Pascual Pola, C.D.C. & Ordóñez Díaz, M.D.J. (2018). Cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo del 2000 al 2009 en Morelos, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(46). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i46.135>
- PDU (2017). *PDU Pucallpa*. https://municiportillo.gob.pe/images/pdf/doc2018/pdu17-27/memoriad/dp_p6.pdf
- Peñaloza Miranda, L.K.; Carvajal S., F.A. & Hernández Pérez, N.J. (2020). Análisis multitemporal del cambio de cobertura vegetal de la microcuenca El Volcán a partir de la compra de áreas estratégicas. *Revista Ambiental agua, aire y suelo*, 11(1), art. 1. <https://doi.org/10.24054/aaas.v11i1.381>
- Pérez–Vega, A.; García, H.H.R. & Caussel, J.F.M. (2020). Degradación ambiental por procesos de cambios de uso y cubierta del suelo desde una perspectiva espacial en el estado de Guanajuato, México. *Investigaciones Geográficas*, 103, art. 103. <https://doi.org/10.14350/rig.60150>
- Resolución Ministerial N° 081–2016–MINAM (2016). *Aprobar el procedimiento técnico y metodológico para la elaboración del «estudio especializado de análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra»*.
- Seto, K.C.; Güneralp, B. & Hutyra, L. (s/f). Global Forecasts of Urban Expansion to 2030 and Direct Impacts on Biodiversity and Carbon Pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109. 16083–8. 10.1073/pnas.1211658109
- Trimble, S.W. & Crosson, P. (2000). U.S. Soil Erosion Rates—*Myth and Reality*. *Science*, 289(5477), 248–250. <https://doi.org/10.1126/science.289.5477.248>
- Zuloaga–Obregón, J.L. & Gabriel–Campos, E.N. (2023). Cambio de uso de tierra y su impacto en la cobertura vegetal del Parque Nacional Tingo María entre los años 2006–2021. *Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente*, 12. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202302.A009>
- Zumaeta Lozano, D.L. (2021). Análisis multitemporal y predictivo del cambio de uso del suelo y pérdida de cobertura vegetal. *Revista Científico UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 2(3), 81. <https://doi.org/10.25127/ucni.v2i3.6>