

ANÁLISIS DE IMÁGENES LANDSAT PARA CAMBIOS DE USO DEL SUELO EN VILACOTA MAURE

ANALYSIS OF LANDSAT IMAGES FOR LAND USE CHANGE IN VILACOTA MAURE

Autores: ¹Yudy Marily Bustincio Bustincio, ²Rosa María Juli Cáceres, ³Abigail Elizabeth Canqui Santos, ⁴Dhulce Medina Poma y ⁵Miguel Ángel Rosas Cachicatari.

¹ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-3662-2212>

²ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8763-8047>

³ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-6950-8543>

⁴ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-0085-7826>

⁵ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-8924-9607>

¹E-mail de contacto: ymbustinciob@unjbg.edu.pe

²E-mail de contacto: rmjulic@unjbg.edu.pe

³E-mail de contacto: aecanquis@unjbg.edu.pe

⁴E-mail de contacto: dmmedinap@unjbg.edu.pe

⁵E-mail de contacto: marosasc@unjbg.edu.pe

Afiliación: ¹²³⁴⁵Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

Artículo recibido: 30 de Octubre del 2024

Artículo revisado: 1 de Noviembre del 2024

Artículo aprobado: 20 de Diciembre del 2024

¹Estudiante del VIII ciclo de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

²Estudiante del VIII ciclo de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

³Estudiante del VIII ciclo de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

⁴Estudiante del VIII ciclo de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

⁵Estudiante del VIII ciclo de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

Resumen

Este estudio tuvo como principal objetivo analizar los cambios en el uso del suelo en el Área de Conservación Regional Vilacota Maure (ACR Vilacota Maure) ubicado en Tacna-Perú, mediante imágenes satelitales Landsat de los años 2003, 2008, 2013, 2018, obtenidas del portal del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). La metodología incluyó el uso del software QGIS 3.24 para la clasificación supervisada de las imágenes, y la validación de los resultados se realizaron a través del índice Kappa, además de elaborar matrices de transición para evaluar las tasas de cambio en tres categorías de uso del suelo: suelo expuesto, bosques y cuerpos de agua. Los resultados revelaron un aumento del suelo expuesto, presentando un incremento del 1.582% entre 2013 y 2018. Los bosques mostraron una disminución significativa del 18.974% en el mismo periodo, indicando una pérdida acelerada de cobertura forestal. Sobre los cuerpos de agua, presentaron una reducción del 1.215% en el último intervalo de tiempo. El índice kappa mostró una concordancia

aceptable, obteniendo entre 79% a 100%, según los años evaluados. Estos resultados demuestran que el ACR Vilacota Maure ha experimentado cambios notables en su cobertura de suelo durante los 15 años estudiados. El incremento del suelo expuesto y la reducción de los bosques indican una degradación ambiental relacionada con actividades antropogénicas. El software QGIS 3.24 y las imágenes satelitales han mostrado ser eficaces para el monitoreo de estos cambios, resaltando su importancia para la gestión sostenible de áreas protegidas y la planificación ambiental en la región.

Palabras clave: Uso de suelo, Índice Kappa, USGS, Degradación, Sostenible, Monitoreo.

Abstrac

The main objective of this study was to analyze the changes in land use in the Vilacota Maure Regional Conservation Area (ACR Vilacota Maure) located in Tacna-Peru, using Landsat satellite images from 2003, 2008, 2013, 2018, obtained from the United States Geological Survey (USGS) portal. The methodology included the use of QGIS 3.24 software for

supervised classification of the images, and the validation of the results was carried out through the Kappa index, in addition to developing transition matrices to evaluate the rates of change in three categories of land use: exposed soil, forests, and water bodies. The results revealed an increase in exposed soil, showing an increase of 1,582% between 2013 and 2018. Forests showed a significant decrease of 18,974% in the same period, indicating an accelerated loss of forest cover. Regarding water bodies, they showed a reduction of 1,215% in the last time interval. The kappa index showed an acceptable concordance, obtaining between 79% and 100%, depending on the years evaluated. These results demonstrate that the ACR Vilacota Maure has experienced notable changes in its land cover during the 15 years studied. The increase in exposed soil and the reduction of forests indicate an environmental degradation related to anthropogenic activities. The QGIS 3.24 software and satellite images have proven to be effective for monitoring these changes, highlighting their importance for the sustainable management of protected areas and environmental planning in the region.

Keywords: Land use, Kappa index, USGS, Degradation, Sustainable, Monitoring.

Sumário

O objetivo principal deste estudo foi analisar as mudanças no uso do solo na Área de Conservação Regional Vilacota Maure (ACR Vilacota Maure) localizada em Tacna-Peru, utilizando imagens de satélite Landsat dos anos 2003, 2008, 2013, 2018, obtidas do portal de o Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). A metodologia incluiu a utilização do software QGIS 3.24 para a classificação supervisionada das imagens, e a validação dos resultados foi realizada através do índice Kappa, além do desenvolvimento de matrizes de transição para avaliar as taxas de mudança em três categorias de uso do solo: solo exposto, florestas e corpos d'água. Os resultados revelaram um aumento do solo exposto, apresentando um aumento de 1.582% entre 2013 e 2018. As florestas apresentaram uma

diminuição significativa de 18.974% no mesmo período, indicando uma perda acelerada de cobertura florestal. Em relação aos corpos d'água, apresentaram redução de 1.215% no último intervalo de tempo. O índice kappa apresentou concordância aceitável, obtendo entre 79% e 100%, dependendo dos anos avaliados. Estes resultados demonstram que o ACR Vilacota Maure sofreu mudanças notáveis na sua cobertura do solo durante os 15 anos estudados. O aumento do solo exposto e a redução das florestas indicam degradação ambiental relacionada às atividades antrópicas. O software QGIS 3.24 e as imagens de satélite têm se mostrado eficazes no monitoramento dessas mudanças, destacando sua importância para a gestão sustentável das áreas protegidas e o planejamento ambiental na região.

Palavras-chave: Uso da terra, Índice Kappa, USGS, Degradação, Sustentável, Monitoramento.

Introducción

El Área de Conservación de Vilacota Maure se encuentra ubicada en la provincia de Candarave y Región de Tacna. Los cambios con el transcurrir de los años respecto al uso de suelo, cuerpos de agua y bosques se pueden generar por diferentes hechos, tales como las actividades antropogénicas, factores climatológicos o el cambio climático.

El cambio de suelo ha evolucionado de ser un asunto local a una cuestión ambiental de alcance global (Foley et al., 2005). Según Lara (2023) nos dice que, existe una rápida disminución del cambio de cobertura y que los factores que la determinan han crecido de manera nunca antes visto en los últimos 50 años, siendo considerado el cambio de uso de suelo como el que tiene un impacto mucho mayor a nivel global.

Esta problemática debido a las alteraciones persistentes de los ecosistemas causadas por actividades antropogénicas está deteriorando

de manera significativa la vegetación natural (Loza et al., 2021). Por otro lado, también afecta el equilibrio del planeta, contribuyendo al cambio climático y alterando los servicios ecosistémicos (Song et al., 2018); así mismo, amenazan la capacidad de los ecosistemas para proporcionar servicios esenciales como alimentación, agua, regulación climática y protección contra enfermedades (Foley et al., 2005).

La modelación de imágenes espacio-temporales de la conversión de uso de suelo es fundamental para comprender las causas y consecuencias de estos cambios (Long et al., 2007). Este enfoque permite evaluar la dinámica del suelo a lo largo de diferentes períodos, además de proporcionar una comprensión de cómo y por qué ocurren estos cambios. Asimismo, facilita la identificación de las áreas más susceptibles a experimentar transformaciones (Dziezko, 2014).

En este contexto, la clasificación supervisada se presenta como una metodología clave para el análisis de imágenes satelitales. A través de esta técnica, es posible categorizar el uso del suelo de manera precisa, utilizando algoritmos que procesan la información disponible. Este enfoque permite identificar y diferenciar las diversas clases de uso del suelo a lo largo del tiempo, ofreciendo una perspectiva detallada de cómo ha cambiado el paisaje. Por lo tanto, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo analizar los cambios de uso de suelo en el Área de Conservación Regional Vilacota Maure, utilizando imágenes satelitales de los años 2003, 2008, 2013 y 2018.

Metodología

Mediante el software de QGIS 3.24, se delimitó el área de estudio (Zuloaga et al., 2023), el Área de Conservación Regional Vilacota Maure. Se

trabajó con cuatro imágenes satelitales del área de estudio, correspondientes a los años 2003, 2008, 2013 y 2018. Las imágenes se encuentran en la Zona UTM 19, se escogió este intervalo aproximado de 5 años, en contraste con las investigaciones de Zuloaga et al. (2023) quienes realizaron una evaluación del cambio de uso y cobertura de la tierra entre los años de 2006 y 2021 con un intervalo de 4 a 5 años mientras que Flórez et al. (2017) tomaron tres años con un intervalo de 5 a 10 años. Debido a eso se optó por escoger un intervalo de 5 años para la evaluación de las imágenes.

Las imágenes de satélite de las fechas seleccionadas se obtuvieron del portal de Internet del Servicio Geológico de los Estados Unidos (United States Geological Survey USGS) siguiendo la metodología empleada por las investigaciones de Barrero et al. (2022), Bouhali et al. (2024), Jácome et al. (2024) y Vilema et al. (2023). Las imágenes fueron georreferenciadas usando coordenadas en la proyección cartográfica Universal Transversal de Mercator, para su integración dentro del entorno SIG, con una resolución espacial (30x30m) (Barrero et al., 2022). Esta resolución proporciona un nivel de detalle adecuado para el análisis de cambios de uso del suelo a escala regional (Kimerling, 2011).

Se creó un mosaico compuesto de las bandas 4-3-2 (IRM-IRC-rojo) para el proceso de clasificación (Reynoso et al., 2015) en cada una de las imágenes satelitales. La información de cobertura vegetal se generó mediante una clasificación supervisada en el software QGIS 3.24 empleando el método estadístico de máxima verosimilitud (Jácome et al., 2024). Con este procedimiento se seleccionaron 3 tipos de coberturas empleadas en la investigación de Imaña et al. (2019) y Zuloaga et al. (2023):

suelo expuesto (1), bosques (2) y cuerpos de agua (3).

La validación de la asignación de usos de suelo y la confiabilidad de las clasificaciones que se obtienen en los resultados se determina a través del índice Kappa y de la matriz de transición (Reynoso et al., 2015). El índice Kappa fue realizado en las investigaciones de Imaña et al. (2019), como medida de concordancia entre variables cualitativas.

La ecuación para el cálculo del índice Kappa es:

$$k = \frac{P_1 - P_2}{1 - P_2}$$

Donde

- κ = índice Kappa
- P1 = proporción de acuerdo entre las clasificaciones obtenidas sobre imagen satélite y sobre el terreno.
- P2 = probabilidad de acuerdo entre clasificaciones debida al azar.

Posteriormente se procedió con la elaboración de las matrices de transición para estimar la tasa de cambio entre años (Zuloaga et al. 2023). Para ello se realizó la fórmula empleada por la FAO (1996) empleada en las investigaciones de Zuloaga et al. (2023) y Leija et al. (2022)

$$TC = \left[\left(\frac{S^2}{S^1} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] * 100$$

- TC= Tasa de cambio
- S2= Superficie en la fecha 2
- S1= Superficie en la fecha 1
- n= número de años de diferencia entre las dos fechas

A partir de esta información, se elaboraron cuatro mapas que muestran la clasificación del uso del suelo en los años 2003, 2008, 2013 y 2018

2018. Además, se generaron tres mapas que representan el cambio de una categoría a otra entre los distintos períodos (2003 a 2008, 2008 a 2013 y 2013 a 2018), siguiendo el enfoque utilizado en las investigaciones de Zuloaga et al. (2023).

Resultados y discusiones

Delimitación del área de estudio

La zona de estudio corresponde al Área de Conservación Regional Vilacota Maure, situada en los distritos de Palca (provincia de Tacna), Susapaya, Ticaco y Tarata (provincia de Tarata), así como en Candarave (provincia de Candarave), todos pertenecientes al departamento de Tacna. Esta área abarca una superficie de ciento veinticuatro mil trescientas trece hectáreas y mil ochocientos metros cuadrados (124.313,18 ha) (Gobierno Regional de Tacna, 2012).

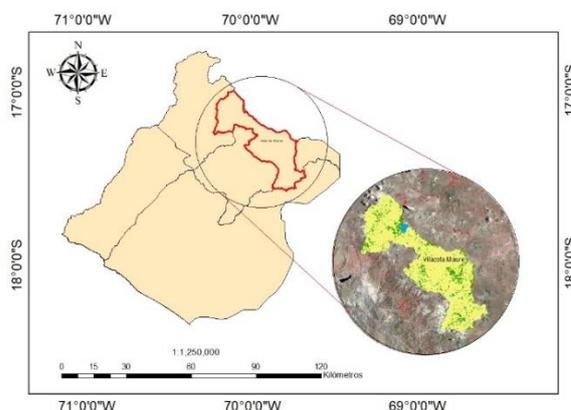


Figura 1. Delimitación del área de estudio

Fuente: Elaboración propia

Mapas de clasificación sobre el uso de tierra para los años 2003, 2008, 2013 y 2018

La presente investigación tiene como objetivo principal analizar los cambios de uso de suelo en el Área de Conservación Regional Vilacota Maure con imágenes satelitales durante los años 2003, 2008, 2013 y 2018, en este caso se muestra a cuatro mapas (Figura 2) elaborados a partir de 3 tipos de cobertura de suelo; suelo expuesto, bosques y cuerpos de agua para cada uno de los años establecidos.

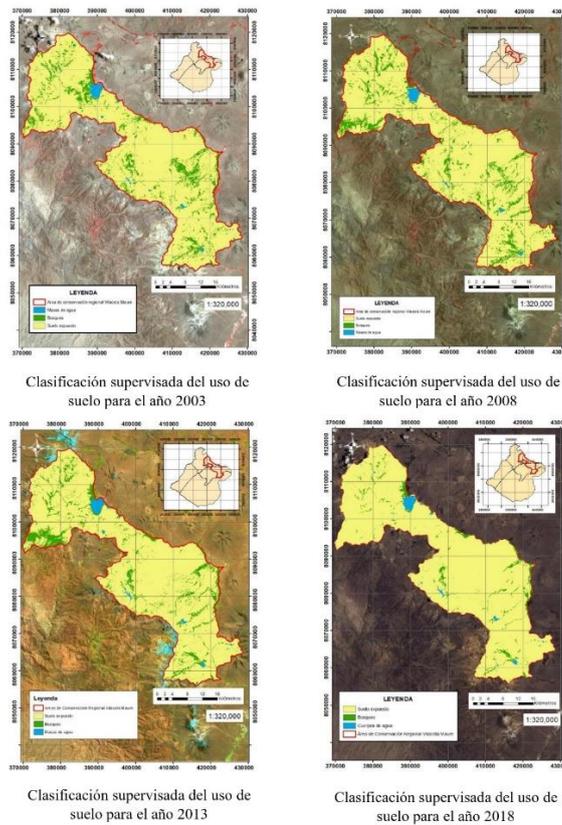


Figura 2. Mapa de uso de tierra para los años 2003, 2008, 2013 y 2018 en el Área de Conservación Regional Vilacota Maure.

Fuente: Elaboración propia

Índice Kappa

Al utilizar la ecuación para el cálculo del índice Kappa, se evalúa la concordancia entre el mapa temático y los datos reales del 1 al 100%. La valoración obtenida para los años 2003 y 2013

es del 100%, mientras que para el año 2008 resulta un 94.99% demostrando que existe una muy buena concordancia. Para el año 2018 el índice de fiabilidad es de 79% indicando que existe una buena concordancia (Cuevas 2007)

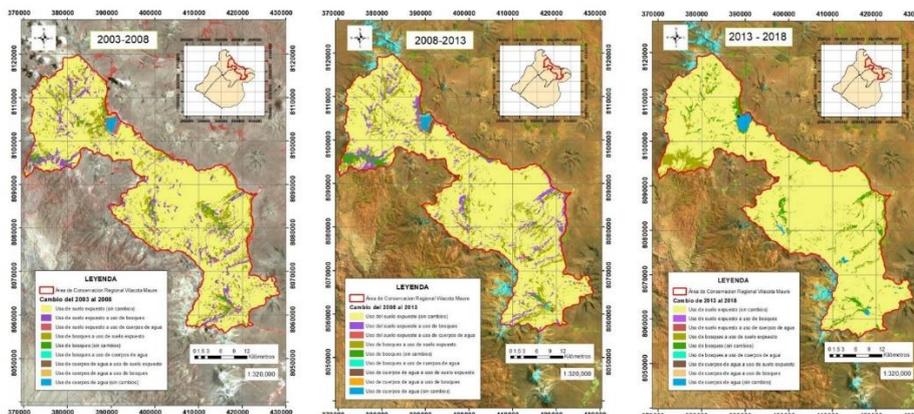


Figura 3. Mapa de cambio de uso de tierra entre el año 2003 a 2018, Área de Conservación Regional Vilacota Maure

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 1, se muestra una pérdida del 0,098% de suelos expuestos y un 1,961 de cuerpos de agua, mientras que hay un aumento de; 0,909% de los bosques.

Tabla 1. Tasa de cambio de uso de tierra entre 2003 y 2008

Categoría	Área 2003 (ha)	Área 2008 (ha)	Tasa de cambio (%)
Suelo expuesto	108584	108056	-0,098
Bosques	14297	14959	0,909
Cuerpos de agua	1421	1287	-1,961

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 2, se observa que el suelo expuesto en 2008 es de 95.907,737 ha, a su vez

Tabla 2. Matriz de transición para los años 2003 y 2008

		Año 2008			Total tiempo 2
		Suelo expuesto	Bosques	Cuerpos de agua	
Año 2003	Suelo expuesto	95.907,737	12.047,024	599,336	108.554,097
	Bosques	11.579,583	2.617,150	85,607	14.282,340
	Cuerpos de agua	535,467	283,372	602,256	1.421,095
	Total tiempo 1	108.022,787	14.947,546	1.287,199	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3, se muestra el aumento de 0,179% de suelos expuestos, mientras que la categoría bosques pierde el 1,927% de su cobertura; por el contrario, los cuerpos de agua incrementan en un 5,761%.

Tabla 3. Tasa de cambio de uso de tierra entre 2008 y 2013

Categoría	Área 2008 (ha)	Área 2013 (ha)	Tasa de cambio (%)
Suelo expuesto	108056	109029	0,179
Bosques	14959	13572	-1,927
Cuerpos de agua	1287	1703	5,761

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4, se observa que el suelo expuesto en 2013 es de 96.754,560 ha, a su vez

Tabla 2. Matriz de transición para los años 2008 y 2013

		Año 2013			Total tiempo 2
		Suelo expuesto	Bosques	Cuerpos de agua	
Año 2008	Suelo expuesto	96.754,560	10.538,774	726,006	108.019,339
	Bosques	11.693,444	2.903,673	350,564	14.947,681
	Cuerpos de agua	551,167	110,604	625,437	1.287,208
	Total tiempo 1	108.999,170	13.553,051	1.702,007	

convirtiéndose 12.047,024 ha en bosques y 599,336 ha en cuerpos de agua. Mientras que los bosques presentan 2.617,150 ha, perdieron 11.579,583 ha convirtiéndose en suelo expuesto, y 85,607 ha pasaron a ser espacios de cuerpos de agua para el año correspondiente. Por otro lado, se puede ver que un total de 535,467 ha de cuerpos de agua pasaron a ser espacios de suelo expuesto, el cambio a bosques es de 283,372 ha lo cual demuestra un cambio en los cuerpos de agua. Siendo así, se presentan un cambio de 602,256 ha para lo que son cuerpos de agua en el área de estudio Vilacota Maure.

convirtiéndose 10.538,774 ha en bosques y 726,006 ha en cuerpos de agua. Mientras que los bosques presentan 2.903,673 ha, perdieron 11.693,444 ha convirtiéndose en suelo expuesto, y 350,564 ha pasaron a ser espacios de cuerpos de agua para el año correspondiente. Por otro lado, puede ver que un total de 551,167 ha de cuerpos de agua pasaron a ser espacios de suelo expuesto, el cambio a bosques es de 110,604 ha lo cual demuestra un cambio en los cuerpos de agua. Siendo así, se presentan un cambio de 625,437 ha para lo que son cuerpos de agua en el área de estudio Vilacota Maure.

En la tabla 5 se observa el incremento de suelo expuesto en un 1,582% de suelos expuestos, mientras que la categoría bosques pierde el 18,974% de su cobertura, a su vez los cuerpos de agua disminuyen en un 1,215%.

Tabla 5. Tasa de cambio de uso de tierra entre 2013 y 2018

Categoría	Área 2013 (ha)	Área 2018 (ha)	Tasa de cambio (%)
Suelo expuesto	109029	117932	1,582
Bosques	13572	4740	-18,974
Cuerpos de agua	1703	1602	-1,215

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 6, se observa que el suelo expuesto en 2008 es de 108.829,782 ha, a su vez

Tabla 6. Tasa de cambio de uso de tierra entre 2013 y 2018

Año 2013		Año 2018			Total tiempo 2
		Suelo expuesto	Bosques	Cuerpos de agua	
	Suelo expuesto	108.829,782	61,474	116,320	109.007,576
	Bosques	8.832,696	4.664,284	56,012	13.552,991
	Cuerpos de agua	234,161	8,872	1.429,311	1.672,344
	Total tiempo 1	117.896,639	4.734,630	1.601,643	

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

El análisis de imágenes satelitales de Landsat entre 2003 y 2018 en el Área de Conservación Regional Vilacota Maure revela modificaciones morfológicas importantes en cuanto al uso del suelo, lo que refleja una degradación ambiental progresiva.

Utilizando el software QGIS 3.24, se identifican cambios significativos en las áreas ocupadas por las tres categorías de uso del suelo entre 2003 y 2018. En 2003, los bosques predominan en gran parte del área, con una presencia moderada de suelo expuesto y masas de agua localizadas. Para 2008, se observa una disminución de los bosques y una expansión del suelo expuesto. En 2013, se evidencia una mayor pérdida de bosques, consolidándose el suelo expuesto como la categoría predominante, mientras las masas de agua permanecen estables. En 2018, el suelo expuesto tiene mayor extensión, los bosques se reducen a pequeñas áreas y las masas de agua presentan una variación mínima.

convirtiéndose 61,474 ha en bosques y 116,320 ha en cuerpos de agua. Mientras que los bosques presentan 4.664,284 ha, perdieron 8.832,696 ha convirtiéndose en suelo expuesto, y 56,012 ha pasaron a ser espacios de cuerpos de agua para el año correspondiente. Por otro lado, se puede ver que un total de 234,161 ha de cuerpos de agua pasaron a ser espacios de suelo expuesto, el cambio a bosques es de 8,872 ha lo cual demuestra un cambio en los cuerpos de agua. Siendo así, se presenta un cambio de 1.429,311 ha para lo que son cuerpos de agua en el área de estudio Vilacota Maure.

Se determina que existe una concordancia entre el mapa temático y los datos reales del 100% en los años 2003 y del 2013, mientras que para el año 2008 resulta un 94,99%. Así mismo, existen cambios importantes en cuanto al uso del suelo, donde se evidencia el aumento de suelos expuestos en un 11,8736 % lo que refleja una degradación ambiental progresiva, mientras que los bosques junto con los cuerpos de aguas presentan una reducción constante atribuidos a factores antropogénicos y climáticos.

Referencias Bibliográficas

- Barrero H., Vistín D., Bastidas, H., Muñoz, E., Zárate, Y., & Guerra, D. (2022). *Dinámica de cambio de uso de suelo del sector Guangras en el Parque Nacional Sangay, Ecuador*. Revista Cubana de Ciencias Forestales, 10(1), 44-58. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2310-34692022000100044&script=sci_arttext
- Dziezko, P. (2014). *Land-cover modelling using corine land cover data and multi-layer*

- perceptron. Quaestiones Geographicae*, v. 33, n. 1, p. 5-22, DOI: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2478/quageo-2014-0004>
- El-Bouhali, A., Amyay, M., & Ech-Chahdi, K. E. (2024). *Combined impact of drought and land use changes on water resources in the Tabular Middle Atlas, Morocco*. *Revista de estudios andaluces*, (48), 202-220. <https://dx.doi.org/10.12795/rea.2024.i48.10>
- Flórez, G., Rincón, A., Cardona, P., & Alzate, A. (2017). *Análisis multitemporal de las coberturas vegetales en el área de influencia de las minas de oro ubicadas en la parte alta del sector de Maltería en Manizales, Colombia*. *Dyna*, 84(201), 95-101. <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n201.55759>
- Foley, J., Defries, R., Asner, G., Barford, C., Bo-nan, G., Carpenter, S., Chapin, S., Coe, M., Daily, G., Gibbs, H., Helkowski, J., Holloway, T., Howard, E., Kucharik, C., Monfreda, Ch., Patz, J., Prentice, C., Ramankutty, N., & Snyder, P. (2005). *Global Consequences of Land Use*. *Science*, 309(5534), 570-574. <https://doi.org/10.1126/science.1111772>
- Imaña, J., Banks, E., Oliveira, N., & Riesco, G. (2019). *Análisis de imágenes Landsat para la determinación de cambios de uso del suelo en un área de preservación ambiental (APA) en la zona de influencia de la ciudad de Brasilia (Brasil)*. *Revista forestal del Perú*, 34(2), 163. <https://doi.org/10.21704/rfp.v34i2.1327>
- Jácome, G., Farinango, D., León, M., & Rosales, O. (2024). *Efectos del cambio de cobertura vegetal en la distribución potencial de la Mosquera (Croton wagneri Müll. arg.) en la cuenca hidrográfica del río Mira, Ecuador*. <https://doi.org/10.14198/INGEO.27083>
- Kimerling. (2011). Resolución DEM, densidad de píxeles del mapa de salida y escala de mapa más grande adecuada [Blog]. Blog de ArcGIS. <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/imagery/dem-resolution-output-map-pixel-density-and-largest-appropriate-map-scale/>
- Landis, J., & Koch, G. (1977). *The measurement of observer agreement for categorical data*. *Biometrics*, 33(1), 159. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Lara, B., Gandini, M., & Salese, S. (2023). *Cambios en los servicios ecosistémicos de regulación y su relación con los cambios en el uso del suelo en la región pampeana (Argentina)*. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente*, 29(3), 3-16. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2022.10.073>
- Leija, E., Pavón, N., Sánchez, A., & Ángeles, G. (2021). *Dinámica espacio-temporal de uso, cambio de uso y cobertura de suelo en la región centro de la Sierra Madre Oriental: implicaciones para una estrategia REDD+ (Reducción de Emisiones por la Deforestación y Degradación)*. *Revista cartográfica*, (102), 43-68. <https://doi.org/10.35424/rcarto.i102.832>
- Long, H., Heilig, G. Li, X. & Zhang, M. (2007). *Socio-economic development and land-use change: Analysis of rural housing land transition in the Transect of the Yangtse River, China*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2005.11.003>
- Lozano, D., & Taype, I. (2021). *Análisis multitemporal de asociaciones vegetales y cambios de uso del suelo en una localidad altoandina, Puno-Perú*. (2021). *Uniciencia*, 35 (2), 1-19. <https://doi.org/10.15359/ru.35-2.3>
- Reynoso R., Valdez J., Escalona, M., & de los Santos Posadas, H. M. (2015). *Análisis de la dinámica del uso del suelo de la cuenca Metztilán en Hidalgo, México*. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 36(3), 102-111. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382015000300008&script=sci_arttext&lng=pt
- Song, P., Hansen, C, Stehman, V et al. *Cambio global del suelo de 1982 a 2016*. *Nature* 560, 639-643 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0411-9>
- Tipula C., Vilca, L., Chocano, I., & Estalla, M. (2024). *Analysis of vegetation cover change*

with satellite images using Landsat 8 in the Inambari district in the period 2013-2023. Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica, 4(1), 1109–1117.

<https://doi.org/10.61384/r.c.a.v4i1.150>

Vilema, B., León, M., Layana, E., & Rosales, O. (2023). *Cambios en la cobertura del matorral seco montano del valle Chota (Imbabura y Carchi, Ecuador) entre 1990 y 2020. Revista peruana de biología, 30(4).* doi:

<http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v30i4.24672>

Zuloaga, J., & Gabriel, E. (2023). *Cambio de uso de tierra y su impacto en la cobertura*

vegetal del Parque Nacional Tingo María entre los años 2006-2021. Revista Kawsaypacha: Sociedad Y Medio Ambiente, (12), A-009.

<https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202302.A009>



Esta obra está bajo una licencia de **Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional**. Copyright © Yudy Marily Bustincio Bustincio, Rosa María Juli Cáceres, Abigail Elizabeth Canqui Santos, Dhulce Medina Poma y Miguel Ángel Rosas Cachicatari.

