



DOI: <https://doi.org/10.46296/yc.v9i17.0788>

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO DE USO Y COBERTURA DEL SUELO MEDIANTE TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN Y SIG EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CHICO ECUADOR

MULTITEMPORAL ANALYSIS OF LAND USE AND LAND COVER CHANGE USING REMOTE SENSING AND GIS TECHNIQUES IN THE CHICO RIVER BASIN, ECUADOR

Guano-Zambrano Margarita Paulina ¹; Tafur-Escanta Alex Olguín ²; Escorza-Troya
Daniel Fernando ³; Pinto-Villalva Jorge Lucas ⁴; Reyes-Zambrano Jimmy Leandro ⁵

¹ Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, Sede Ibarra. Ibarra, Ecuador.
Correo: mpguano@pucesi.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-8534-8390>

² Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, Sede Ibarra. Ibarra, Ecuador.
Correo: alexholg_l21@hotmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-9495-9858>

³ Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, Sede Ibarra. Ibarra, Ecuador.
Correo: dfescorza@pucesi.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-7562-7591>

⁴ Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, Sede Ibarra. Ibarra, Ecuador.
Correo: jlpintov@pucesi.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-8404-0769>

⁵ Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, Sede Manabí. Portoviejo, Ecuador.
Correo: jlreyesz@pucesm.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-0962-519X>

Resumen

Este estudio analizó los cambios en el uso y cobertura del suelo (LULC) en la cuenca del río Chico (Manabí, Ecuador) para generar información crítica destinada a la gestión hídrica y territorial. Mediante un enfoque cuantitativo y multitemporal, se procesaron imágenes satelitales de la plataforma ESA Copernicus (2000, 2007, 2014 y 2021) utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG). Se evaluó la precisión de la clasificación de 2021 mediante una comparación cruzada con datos del U.S. Geological Survey (USGS). Los resultados revelan una expansión urbana acelerada del 0.14% entre 2000 y 2021, con una tasa de crecimiento anual del 6.67%. Si bien la cobertura dominante (bosque latifoliado siempreverde, matorrales y cultivos de secano) se mantuvo estable representando el 92.07% del área total, se identificó una diferencia del 3.60% en la precisión inter-institucional. Esta discrepancia se atribuye a la confusión espectral entre bosques naturales, suelos desnudos y áreas de cultivo. Se concluye que la cuenca experimenta una presión urbana significativa, subrayando la necesidad de integrar imágenes de alta resolución y técnicas avanzadas de clasificación para reducir la incertidumbre en la planificación del territorio.

Palabras claves: LULC, Teledetección, SIG, Crecimiento urbano, Gestión de cuencas hidrográficas, Precisión espectral.

Abstract

This study evaluates Land Use and Land Cover (LULC) changes in the Chico River Basin (Manabí, Ecuador) to provide essential data for regional watershed management. Utilizing a quantitative multitemporal approach, satellite imagery from ESA Copernicus (2000, 2007, 2014, and 2021) was processed using Geographic Information Systems (GIS). To ensure thematic accuracy, the 2021 classification was cross-validated against U.S. Geological Survey (USGS) datasets. The findings demonstrate a significant urban expansion of 0.14% from 2000 to 2021, reflecting an annual growth rate of 6.67%. Although the dominant landscape comprising evergreen broadleaf forests, shrublands, and rainfed cropland remained relatively stable at 92.07% of the total area, the inter-institutional comparison revealed a 3.60% margin of error. This

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 09 de septiembre de 2025.

Fecha de aceptación: 10 de noviembre de 2025.

Fecha de publicación: 10 de diciembre de 2025.



discrepancy is primarily due to spectral confusion between natural forests, bare soil, and agricultural land. The study concludes that the Chico River Basin is undergoing rapid urbanization, highlighting the necessity of high-resolution imagery and advanced classification algorithms to enhance decision-making in land-use planning.

Keywords: LULC, Remote Sensing, GIS, Urban Growth, Watershed Management, Spectral Accuracy.

1. Introducción

El suelo representa un recurso natural estratégico que demanda una preservación rigurosa para asegurar el desarrollo próspero de la vida, lo cual implica la implementación de una gestión integral que, a nivel país, se traduce en restricciones de conservación que oscilan desde paisajes protegidos hasta reservas naturales (Burbano, 2016). Sobre este soporte vital se articulan los principales servicios ecosistémicos, tales como la producción de alimentos, la regulación de ciclos biogeoquímicos, el almacenamiento de carbono, el suministro de materias primas y el resguardo de la biodiversidad, constituyendo además un archivo arqueológico insustituible y el sustento físico-cultural para la humanidad (Silva y Correa, 2009; Burbano, 2012; Gardi et al., 2014). En consecuencia, resulta imperativo analizar las dinámicas de cambio en el uso del suelo para determinar el

impacto de la degradación y la deforestación sobre los ecosistemas, requiriéndose para ello técnicas avanzadas de monitoreo que permitan estimar estas variables de forma remota y eficiente; esto facilita la optimización de recursos y la actualización recurrente de datos para la proyección de escenarios futuros en la planificación territorial (Ruiz y Orozco, 2017).

Es fundamental destacar que la gestión inadecuada de las cuencas hidrográficas repercute directamente sobre el recurso edáfico, afectando de manera crítica tanto la calidad como la cantidad de agua disponible para el consumo (Prasai, 2021). Este deterioro ambiental suele progresar de manera imperceptible hasta alcanzar puntos de difícil retorno que comprometen la estabilidad ecológica (Jaramillo et al., 2021), premisa alineada con lo sustentado por Nájera et al. (2010), quienes identifican a los cambios de uso del suelo como catalizadores principales



del deterioro ambiental, incentivando la investigación para generar planes de acción adaptables. En el contexto nacional, existe una evidente carencia de información que permita cuantificar las pérdidas o ganancias en las cuencas hidrográficas (Guailas, 2015), por lo que se vuelve prioritario enfocar la investigación en cuencas de montaña, dado que su alteración obstruye procesos ecológicos y geológicos esenciales para la preservación ambiental y la producción agrícola (Idrovo et al., 2021).

Bajo este marco de referencia se sitúa la subcuenca del río Chico, perteneciente al sistema hidrográfico del río Portoviejo, la cual está conformada por siete microcuencas que integran los territorios rurales de las parroquias Chirijos, San Plácido, Río Chico, Abdón Calderón y Alajuela (Pincay et al., 2020). Esta zona, caracterizada por un clima que varía de sabana y semiárido a tropical húmedo, sostiene una intensa producción agropecuaria como base económica; sin embargo, enfrenta una alta vulnerabilidad ante la erosión de suelos, la deforestación y la desprotección de riberas, factores que exacerban

significativamente los riesgos ante desastres naturales (Giler et al., 2020).

Desde una perspectiva física, esta subcuenca posee un área de 474.87 km², un perímetro de 126 km, una pendiente media de 0.24 m/m y una longitud del río principal de 125.87 km (Mendoza et al., 2021). Estas características morfométricas, sumadas a la vulnerabilidad del territorio ante inundaciones, han derivado en eventos frecuentes de crecidas repentinas en las últimas décadas. Por lo tanto, se justifica plenamente la necesidad de ampliar la información científica respecto a la evolución histórica del uso del suelo en esta área, con el fin de aportar herramientas sólidas para la gestión del riesgo y el ordenamiento territorial.

2. Metodología

2.1 Diseño

La presente investigación adoptó un enfoque cuantitativo con interpretación espacio-temporal, al integrar un análisis cuantitativo del cambio porcentual del uso y cobertura del suelo. Este enfoque permitió construir una referencia

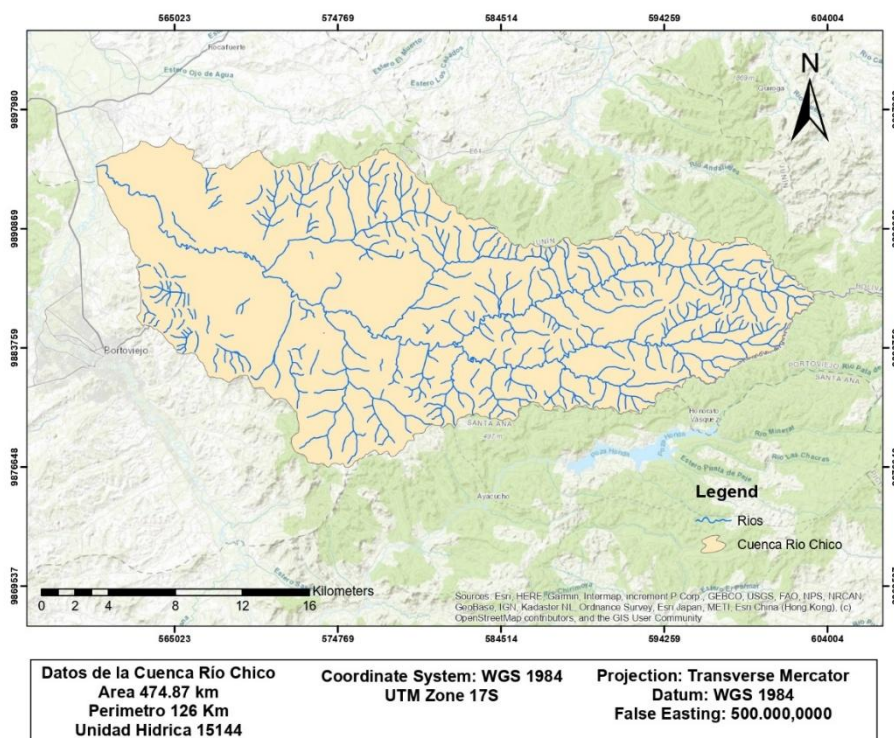
multitemporal del comportamiento de la cuenca, considerando variables dinámicas asociadas a la cobertura vegetal, la infiltración y la escorrentía superficial a lo largo del período de estudio.

2.2 Área de estudio

El área de estudio corresponde a la cuenca hidrográfica del río Chico, localizada en el cantón Portoviejo, provincia de Manabí, Ecuador (Figura 1). La investigación se desarrolló entre los meses de junio y

julio de 2023. La cuenca presenta una superficie aproximada de 474,87 km², un perímetro de 126 km, una pendiente media de 0,24 m/m y una longitud del cauce principal de 125,87 km. La delimitación espacial se realizó mediante el software HEC-HMS, empleando información meteorológica de la estación M0162 Portoviejo del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), conforme a lo reportado por Mendoza et al. (2021).

Figura 1. Localización geográfica de la cuenca Río Chico, Portoviejo-Ecuador.



2.3 Fuentes de información y datos satelitales

Se emplearon Sistemas de Información Geográfica (SIG) y

productos de teledetección provenientes de la Iniciativa de Cambio Climático de Cobertura Terrestre de la Agencia Espacial



Europea (ESA CCI Land Cover), los cuales proporcionaron los insumos necesarios para la caracterización física e hidrológica de la cuenca.

Las imágenes satelitales utilizadas corresponden a los años 2000, 2007, 2014 y 2021, seleccionados en intervalos de siete años siguiendo la metodología propuesta por Pabón y Pacheco (2022) para análisis multitemporales de cambio de uso del suelo. Todas las imágenes fueron procesadas con una resolución espacial de 30 m, bajo el

sistema de referencia geodésico WGS84.

De manera complementaria, se integraron imágenes del sistema Landsat (USGS/NASA) y del programa Sentinel-2 (ESA Copernicus), este último con una resolución de 10 m, lo que permitió mejorar la discriminación espacial de las coberturas más recientes. Las características técnicas de los insumos utilizados se resumen en la Tabla 2.

Tabla 2. Peculiaridades de archivos utilizados en la investigación

Insumo	Institución	Resolución/Escala	Año
Imagen Satelital Sentinel 2	ESA Copérnico	10X10 m	2021
Imagen Satelital Landsat 8	USGS	30X30 m	2021
Land Cover	ESA/UCL	0,002	2000, 2007, 2014 y 2021

2.4. Procesamiento y clasificación de imágenes

La confiabilidad El procesamiento de las imágenes se realizó mediante los softwares QGIS y ENVI, aplicando una clasificación supervisada para la generación de mapas de Uso y Cobertura del Suelo (Land Use and

Land Cover, LULC). Esta técnica permitió asignar categorías específicas de cobertura a partir de áreas de entrenamiento previamente definidas, garantizando consistencia y replicabilidad en los resultados.

Como indicador principal del estado de la vegetación se utilizó el Índice

de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), calculado a partir de la relación entre las bandas del infrarrojo cercano (NIR) y el rojo (RED), conforme a la Ecuación (1). Este índice facilitó el monitoreo espacial y temporal de la cobertura vegetal y su variabilidad.

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

Para la clasificación se emplearon tres algoritmos complementarios:

- Maximum Likelihood Estimation (MLE), basado en criterios probabilísticos.
- Minimum Distance Classifier (MDC), orientado a la reducción de la variabilidad espectral.
- Spectral Angle Mapper (SAM), utilizado para evaluar la similitud angular entre firmas espectrales.

La combinación de estos métodos permitió optimizar la discriminación de clases y reducir errores de clasificación.

2.5. Evaluación de la precisión

La calidad de los mapas LULC obtenidos se evaluó mediante un análisis de precisión (Accuracy Assessment), comparando puntos de referencia aleatorios con los

resultados clasificados. Se estimaron los siguientes indicadores: precisión global, coeficiente Kappa, precisión del usuario y precisión del productor, de acuerdo con los lineamientos establecidos por Vargas y Campos (2018).

Precisión total.

Permite identificar los sitios de referencia para un correcto mapeo.

Coeficiente Kappa.

Permite ajustar el efecto del azar a la variable categórica, examinando el desempeño de la clasificación en relación a la asignación de valores aleatorios.

Precisión de Usuario (User's Accuracy).

Es la precisión desde la óptica del usuario, donde cataloga el número de clasificaciones acertadas de una clase particular, entre la totalidad de clasificaciones de la clase.

Precisión del productor (Producer's Accuracy).

Es la precisión del mapa observada desde su desarrollador, siendo las ocasiones en que se muestra correctamente el mapa clasificado

en relación con las características del suelo.

3. Resultados y discusión

Los mapas de uso y cobertura del suelo generados para los años 2000, 2007, 2014 y 2021 (Figura 2) evidencian una variación moderada en la dinámica territorial de la cuenca del río Chico. Los porcentajes correspondientes a cada categoría de cobertura se presentan en la Tabla 3.

El área urbana muestra un crecimiento progresivo, pasando de 0,10 % en 2000 a 0,24 % en 2021, lo que representa un incremento total del 0,14 % del área de la cuenca. La cobertura arbórea de hoja ancha siempre verde registra un aumento neto del 1,33 %, indicando una relativa estabilidad del componente forestal. En contraste, los matorrales presentan una reducción del 1,14 %, mientras que las tierras de cultivo, tanto de secano como en mosaico, evidencian disminuciones leves pero consistentes a lo largo del período analizado.

Figura 2. Cambio de cobertura en la Cuenca de Río Chico durante los años 2000, 2007, 2014 y 2021 (ESA UCL).

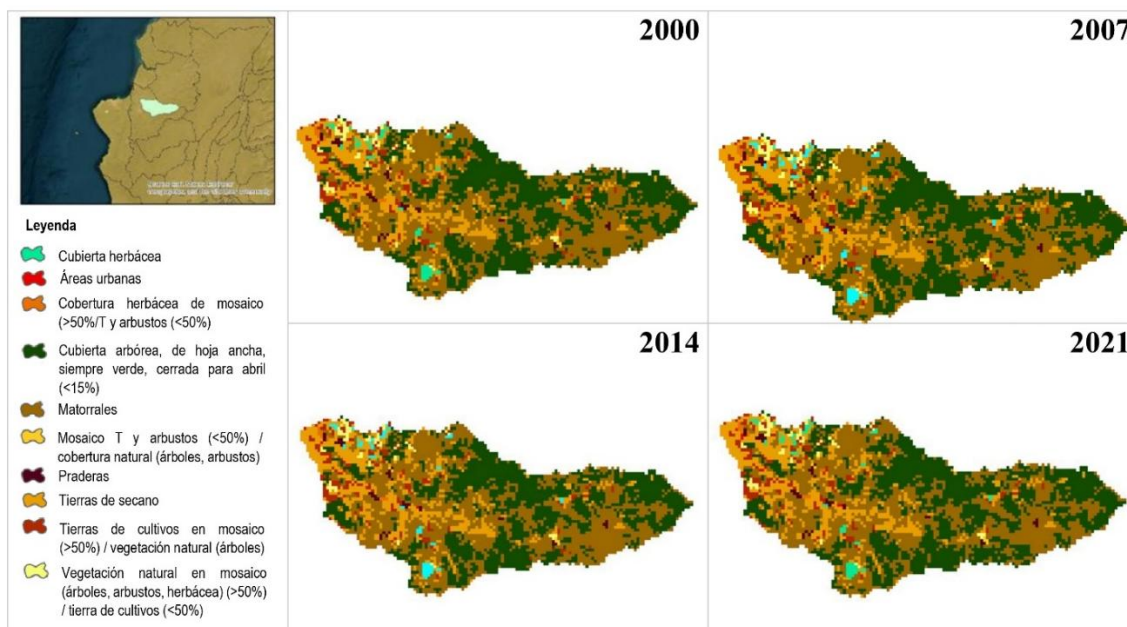


Tabla 3. Resultados de usos de suelo en la cuenca Río Chico años 2000, 2007, 2014 y 2021 (ESA UCL).

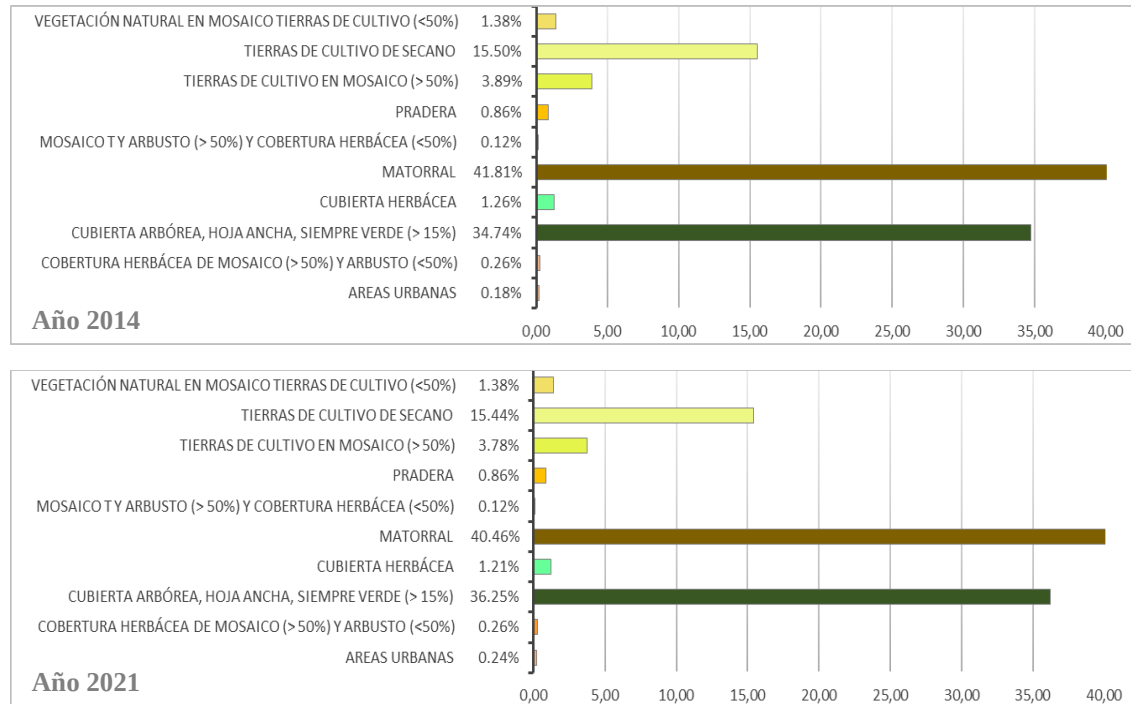
Nombre	Área en (%)			
	2000	2007	2014	2021
Áreas urbanas	0,10	0,16	0,18	0,24
Cobertura herbácea de mosaico (> 50%) y arbusto (<50%)	0,26	0,26	0,26	0,26
Cubierta arbórea, hoja ancha, siempre verde (> 15%)	34,92	34,97	34,74	36,25
Cubierta herbácea	1,26	1,26	1,26	1,21
Matorral	41,60	41,55	41,81	40,46
Mosaico T y arbusto (> 50%) y cobertura herbácea (<50%)	0,12	0,12	0,12	0,12
Pradera	0,88	0,86	0,86	0,86
Tierras de cultivo en mosaico (> 50%)	3,94	3,92	3,89	3,78
Tierras de cultivo de secano	15,55	15,52	15,50	15,44
Vegetación natural en mosaico tierras de cultivo (<50%)	1,38	1,38	1,38	1,38

Las coberturas de praderas, vegetación en mosaico y cobertura herbácea mantienen valores prácticamente constantes, lo que sugiere una estabilidad espacial en

estas clases durante las dos últimas décadas. La distribución espacial de la cobertura vegetal para cada año se ilustra en la Figura 3.

Figura 3. Resultados de cobertura vegetal en la cuenca Río Chico años 2000, 2007, 2014 y 2021 (ESA UCI).

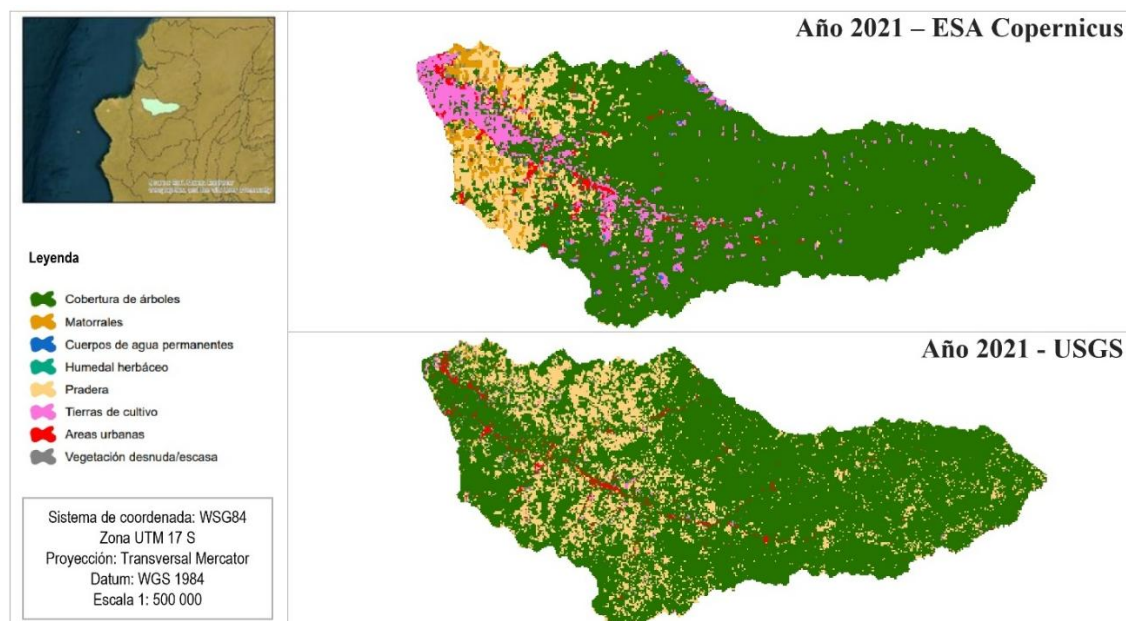




Con el fin de evaluar la consistencia de los resultados, se realizó una comparación entre los productos satelitales de ESA Copernicus (Sentinel-2) y USGS (Landsat) correspondientes al año 2021

(Figura 4). Los porcentajes de uso del suelo estimados por ambas fuentes se resumen en la Tabla 4, mientras que su distribución espacial se presenta en la Figura 5.

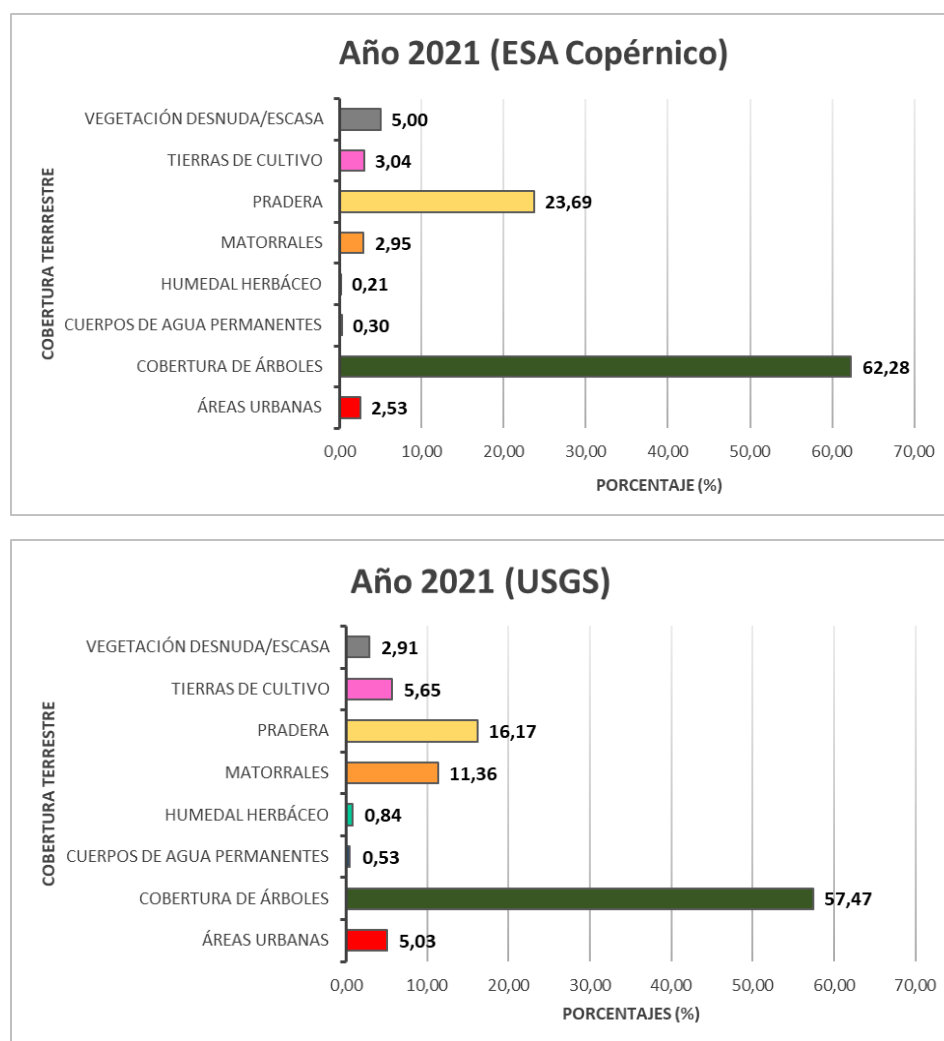
Figura 4. Cambio en uso del suelo en la Cuenca Río Chico año 2021 (ESA Copernicus y USGS)



Fuentes: ESA Copernicus, 2023; USGS, 2023

Tabla 4. Resultados de uso del suelo año 2021 (ESA Copernicus y USGS).

Nombre	Área (%)	
	ESA Copernicus	USGS
Áreas urbanas	2,53	5,03
Cobertura de árboles	62,28	57,47
Cuerpos de agua permanentes	0,30	0,53
Humedal herbáceo	0,21	0,84
Matorrales	2,95	11,36
Pradera	23,69	16,17
Tierras de cultivo	3,04	5,65
Vegetación desnuda/escasa	5,00	2,91

Figura 5. Resultados de uso de suelo en la cuenca de Río Chico año 2021 (ESA Copérnico y USGS).

"La comparación del uso de suelo para el año 2021 entre ESA Copernicus y USGS revela variaciones notables. Destacan las

diferencias en las categorías de matorrales (8,41 %) y praderas (7,52 %), seguidas por la cobertura arbórea (4,81 %) y las áreas urbanas

(2,50 %). Otras clases, como tierras de cultivo, vegetación escasa, humedales y cuerpos de agua, mostraron márgenes de diferencia inferiores al 3 %.

El proceso de validación técnica obtuvo un índice de precisión

aceptable de 0,725. Este valor asegura que la clasificación digital tiene una alta correspondencia con la realidad física del terreno, según el análisis realizado en QGIS y documentado en las figuras 6 a 8 del anexo."

Figura 6. Análisis de precisión de la cuenca hidrográfica de Río Chico.

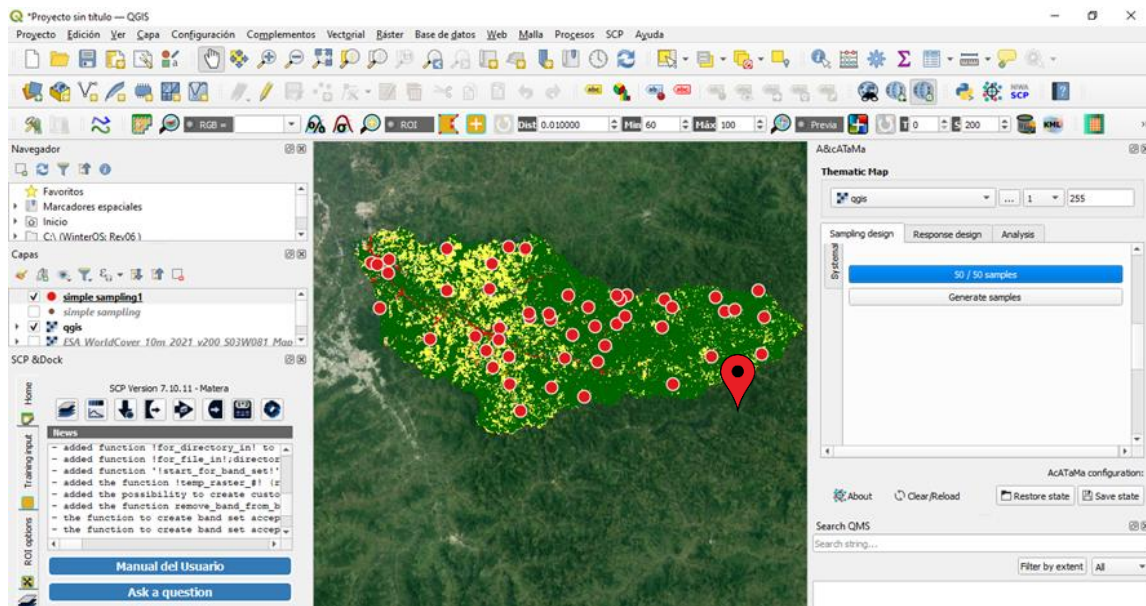


Figura 7. Análisis de precisión para la cuenca de Río Chico mediante un punto geográfico

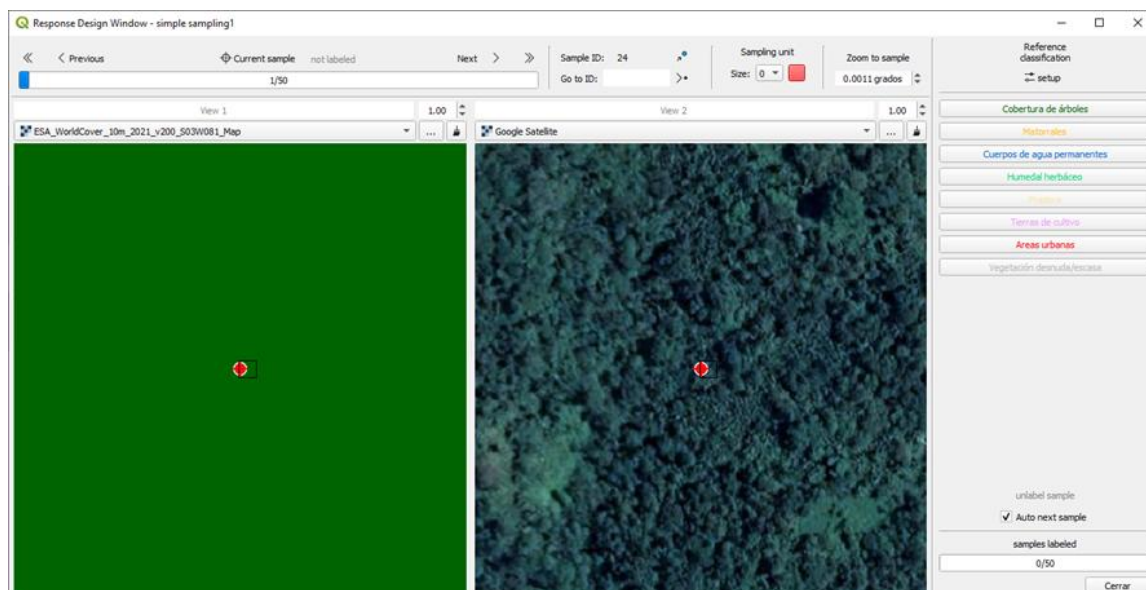


Figura 8.Reporte de evaluación de precisión para la cuenca de Río Chico.**1) Error matrix:**

		Validation									Total	User accuracy	Total class area (grados ²)	Wi
		10 (Cobertura de árboles)	20 (Matorrales)	30 (-)	40 (Tierras de cultivo)	50 (Áreas urbanas)	60 (Vegetación desnuda/escasa)	80 (Cuerpos de agua permanentes)	95 (Humedal herbáceo)	100 (Pradera)				
Thematic map classes	10	29	0	0	0	4	1	3	2	1	40	0.725	0.03026	0.78382
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0.00024	0.00631
	30	0	2	0	1	0	2	0	0	3	8	0.0	0.00676	0.17516
	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0.00012	0.00305
	50	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1.0	0.0005	0.01304
	60	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.0	0.00072	0.01861
	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0.0	1e-05
	95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0.0	0.0
	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0.0	0.0
	Total	29	2	0	2	5	3	3	2	4	50		0.03861	
	Producer accuracy	1.0	0.0	-	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0				

2) Accuracy:

Overall:

Overall Accuracy	Standard deviation
0.6	0.06999

User:

	User's accuracy	Standard deviation
10 (Cobertura de árboles)	0.725	0.0715
20 (Matorrales)	-	-
30 (-)	0.0	0.0
40 (Tierras de cultivo)	-	-
50 (Áreas urbanas)	1.0	-
60 (Vegetación desnuda/escasa)	0.0	-
80 (Cuerpos de agua permanentes)	-	-
95 (Humedal herbáceo)	-	-
100 (Pradera)	-	-

Producer:

	Producer's accuracy	Standard deviation
10 (Cobertura de árboles)	1.0	0.0
20 (Matorrales)	0.0	0.0
30 (-)	-	-
40 (Tierras de cultivo)	0.0	0.0
50 (Áreas urbanas)	0.2	0.2
60 (Vegetación desnuda/escasa)	0.0	0.0
80 (Cuerpos de agua permanentes)	0.0	0.0
95 (Humedal herbáceo)	0.0	0.0
100 (Pradera)	0.0	0.0

3) Class area adjusted:

	Area adjusted (grados ²)	Error	Lower limit	Upper limit
10 (Cobertura de árboles)	0.02239	0.00269	0.01711	0.02767
20 (Matorrales)	0.00154	0.00107	0	0.00364
30 (-)	0.0	0.0	0.0	0.0
40 (Tierras de cultivo)	0.00154	0.00107	0	0.00364
50 (Áreas urbanas)	0.00386	0.00164	0.00065	0.00707
60 (Vegetación desnuda/escasa)	0.00232	0.0013	0	0.00486
80 (Cuerpos de agua permanentes)	0.00232	0.0013	0	0.00486
95 (Humedal herbáceo)	0.00154	0.00107	0	0.00364
100 (Pradera)	0.00309	0.00148	0.00019	0.00599
total	0.03861			

Discusión

La dinámica de cambio de uso y cobertura del suelo (LULC) observada en la cuenca del río Chico revela un proceso de antropización acelerado, caracterizado por una expansión urbana del 0.14% y una tasa de crecimiento anual del 6,67%. Estos hallazgos evidencian una presión demográfica e infraestructural que coincide con las advertencias de Giler et al. (2020)

sobre el incremento de la vulnerabilidad ante desastres naturales debido a la deforestación y la desprotección de riberas. Este fenómeno de transición hacia superficies impermeables no solo altera el ciclo hidrológico local, sino que valida la tesis de Nájera et al. (2010), quienes identifican a los cambios de uso de suelo como los principales catalizadores del deterioro ambiental global, subrayando la urgencia de



implementar planes de ordenamiento territorial adaptables que mitiguen el impacto sobre el recurso edáfico (Burbano, 2016).

A pesar de que el 92,07% del área total está dominado por una matriz de bosque latifoliado siempreverde, matorrales y cultivos de secano, la reducción neta de la cobertura vegetal del 0,14% señala una degradación silenciosa pero constante. Esta estructura de paisaje es típica de las zonas rurales de Manabí, donde la economía depende estrechamente de la producción agropecuaria (Pincay et al., 2020); no obstante, como señalan Idrovo et al. (2021), la alteración de los procesos ecológicos en cuencas de montaña compromete la sostenibilidad de estos sistemas productivos. La pérdida de estos servicios ecosistémicos, fundamentales para la regulación biogeoquímica y el secuestro de carbono (Silva y Correa, 2009; Burbano, 2012; Gardi et al., 2014), sugiere que la cuenca se aproxima a umbrales de resiliencia críticos si no se corrige la gestión del suelo.

Finalmente, la discrepancia del 3,60% obtenida en la validación cruzada entre los sensores de ESA Copernicus y USGS pone de manifiesto los desafíos técnicos de la teledetección en entornos con alta heterogeneidad espectral. La confusión recurrente entre bosques naturales, suelos desnudos y zonas cultivadas refuerza la observación de Jaramillo et al. (2021) sobre la naturaleza imperceptible del deterioro ambiental, el cual puede pasar desapercibido sin una interpretación técnica rigurosa. Este margen de error justifica la propuesta de Ruiz y Orozco (2017) sobre la necesidad de integrar imágenes de alta resolución espacial para optimizar la planificación territorial. En última instancia, la precisión en la identificación de coberturas es determinante para la gestión hídrica, pues cualquier error de clasificación puede derivar en una evaluación errónea de la calidad y cantidad de agua destinada al consumo humano (Prasai, 2021), un vacío de información que este estudio busca subsanar conforme a las necesidades identificadas por Guayllas (2015), estas restricciones son frecuentes en investigaciones de

urbes intermedias en América Latina, por lo que deben ser tomadas en cuenta para estudios futuros.

4. Conclusiones

El procesamiento de los productos satelitales de la misión ESA/UCL permitió cuantificar con precisión las variaciones espaciotemporales del suelo en la cuenca hidrográfica del río Chico. Los resultados revelan una expansión urbana acelerada del 0,14% durante el periodo comprendido entre los años 2000 y 2021, donde la superficie construida transitó de una ocupación del 0,10% al 0,24% del área total. Este crecimiento se traduce en un incremento promedio anual del 6,67%, reflejando una dinámica de antropización significativa en el territorio analizado.

La clasificación multitemporal de la cobertura vegetal proporcionó una interpretación numérica de los cambios transicionales del paisaje, evidenciando una reducción neta del 0,14% en la superficie verde de la cuenca durante las últimas dos décadas. Este descenso en la cobertura natural se asocia directamente con el avance de las

zonas urbanas y la presión de las actividades antrópicas, lo que subraya la necesidad de implementar estrategias de monitoreo continuo para mitigar la degradación de los ecosistemas locales y asegurar la sostenibilidad del recurso suelo.

Finalmente, la validación de los mapas de Cobertura y Uso del Suelo (LULC) mediante la correlación entre sensores Sentinel-2 (ESA Copernicus) y Landsat 8 (USGS) expuso discrepancias críticas en la interpretación temática. Se identificó una confusión espectral recurrente entre las categorías de bosques naturales, suelos desnudos y tierras de cultivo debido a la similitud en sus firmas de reflectancia. Este hallazgo demuestra que, para obtener análisis multitemporales de alta fidelidad, es imperativo utilizar imágenes de mayor resolución que minimicen el error de clasificación y eviten resultados sesgados por la homogeneidad espectral de la zona.



Bibliografía

- Burbano, H. (2012). La ciencia del suelo al servicio de la sociedad y del ambiente. Obtenido del XVI Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Bogotá:
<https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rtend/article/view/548>
- Burbano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. Obtenido de Revista de Ciencias Agrícolas:
<http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>
- Della, M. (2013). Trabajo Especial de Licenciatura en Ciencias de la Computación. Obtenido de Clasificación:
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/34222085/Filtros_y_tecnicas_de_clasificacion-libre.pdf?1405578949=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DFiltros_y_tecnicas_de_clasificacion_en_i.pdf&Expires=1677382450&Signature=SYnibaoQPuXa4dATdTAF251gUx
- ESA COPERNICUS. (2023). Cobertura terrestre. Obtenido de:
<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>
- ESA UCL. (2023). Cobertura terrestre. Obtenido de:
<http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/index.php>
- ESRI. (2021). Evaluación de precisión para la clasificación de imágenes. Obtenido de ArcGIS Desktop:
<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/manage-data/raster-and-images/accuracy-assessment-for-image-classification.htm>
- Fletcher, D., Hogg, D., Eye, M., Elliott, T., y Bendali, L. (enero de 2012). Evaluación de costes de introducción de un sistema de depósito, devolución y retorno en España. Obtenido de eunomia research & consulting:
<https://www.retorna.org/mm/file/Estudio%20Econ%C3%B3mico%20completo.pdf>
- Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina, A., Jones, A., Krasilnikov, P, Mendona, M, Montanarella, L, Muñiz, O., Schad, P., Vara, M., y Vargas, R. (2014). Atlas de suelos de América Latina y el Caribe. Obtenido de la Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea:
<https://op.europa.eu/es/publication-detail/->

- /publication/7e06def6-10cf-4c8f-90f4-b981f410ef68
- Giler, A., Donoso, S., Arteaga, R., y Zaldumbide, D. (2020). Manejo sostenible de inundaciones, cuencas y riberas en la provincia de Manabí. Obtenidos de la Técnica. Obtenido de Revista de las Agrociencias, 23, 55-72:
http://dx.doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i23.1442
- Guailas, M. (2015). Análisis de cambios de usos de suelo multitemporal en el Cantón Cuenca. Obtenido de la Universidad del Azuay: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/4935>
- Idrovo, B., González, I. y Guerrero, G. (2021). Efecto del cambio del uso del suelo en la producción y retención de sedimentos: caso de una cuenca hidrográfica de montaña. Obtenido de Revista Geoespacial: <https://doi.org/10.24133/geoespacial.v18i1.2213>
- Jaramillo, M., Wehncke, R., Flores, A., Pohle, M. y López, M. (2021). Enfoque regional de manejo integrado del agua en la microcuenca El Pantano, Morelos, México. Obtenido de Economía, sociedad y territorio: <https://doi.org/10.22136/est20211625>.
- Kogut, P. (2021). Bandas Del Landsat 8: Funcionamiento y Combinaciones. Obtenidos de Análisis de datos de EOS: <https://eos.com/es/blog/bandas-landsat-8/>
- Mendoza, M., Giler, A., Aguilar, C., y Pimentel, R. (21 de abril de 2021). Evaluación del uso y cobertura del suelo en la cuenca río Chico. Obtenido de Dilemas contemporáneos, educación, política y valores revista Scielo: <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i.2596>
- Mohd, H., Suhaili, A., y Mansor, S. (2007). The Performance of Maximum Likelihood, Spectral Angle Mapper, Neural Network and Decision Tree Classifiers in Hyperspectral Image Analysis. Obtenido de Journal of Computer Science: https://www.ugpti.org/smartse/research/citations/downloads/Shafri-Comparison_of_HSI_Classifiers-2007.pdf
- Nájera, O., Bojórquez, J., Cifuentes, J. y Marcelino S. (2010). Cambio de cobertura y uso del suelo en la cuenca del río Mololoa, Nayarit. Obtenido de Revista Biociencias: <https://doi.org/10.15741/revbio.01.01.03>
- Pabón, E., y Pacheco, J. (2022). Análisis de los procesos de cambio de uso y cobertura del suelo en la microcuenca del



- río Tabacay. Obtenido de Universidad Andina Simón Bolívar:
<https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/8687/1/T3801-MCCSD-Pabon-Analisis.pdf>
- Phiri, D., Simwanda, M., Salekin, S., Nyirenda, V., Murayama, Y. y Ranagalage, M. (2020). Datos de Sentinel-2 para el mapeo de cobertura/uso de la tierra: una revisión. Obtenido de MDPI Journals Awarded Impact Factor:
<https://doi.org/10.3390/rs12142291>
- Picone, N. (Octubre de 2017). Comparación de imágenes satelitales Sentinel 2 y Landsat 8. Obtenido de ResearchGate:
https://www.researchgate.net/profile/Natasha-Picone/publication/320705706_COMPARACION_DE_IMAGENES_SATELITALES_SENTINEL_2_Y_LANDSAT_8_EN_EL_ESTUDIO_DE_AREA_S_URBANAS/links/59f658e80f7e9b553ebd29c1/COMPARACION-DE-IMAGENES-SATELITALES-SENTINEL-2-Y-LANDSAT-8-E
- Pincay, J., Guerrero, G., y Ríos, S. (2020). Priorización de Intervención de las Subcuencas del río Chone en Ecuador, mediante el uso de Geotecnologías. Obtenido de Revista de Investigación:
https://www.researchgate.net/profile/Scarlet-Cartaya-Rios/publication/347521745_2020_Priorizacion_de_intervencion_de_subcuencas_Bailon_Llumiquinga_Cartaya/links/5fe09ef945851553a0dbc259/2020-Priorizacion-de-intervencion-de-subcuencas-Bailon-Llumiquinga-Cartaya.pdf
- Piscocoya, L. (2019). Índice de Vegetación de diferencia normalizada (NDIV). Obtenido de Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur:
http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/144/1/Piscocoya_Lesly_Trabajo_Suficiencia_2019.pdf
- Prasai, T., Wayne, S., Kumar, M., Heather, M., Hemanta, K., Swosthi, T., Dinesh, A. y Drake, J. (2021). Application of Google Earth Engine Python API and NAIP Imagery for Land Use and Land Cover Classification: A Case Study in Florida, USA. Obtenido de Ecological Informatics:
<https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.10147>
- Ruiz, M., y Orozco, S. (2017). Cambio de uso de suelo e índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), subcuenca del Río Salado, México. Obtenido de Geografía y Sistemas de Información Geográfica:

<http://hdl.handle.net/20.500.11799/68525>

Sánchez, P. (14 de octubre de 2012). La Teledetección enfocada a la obtención de mapas digitales. Obtenido de Universidad de Cuenca: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/779/1/ti839.pdf>

Silva, S. y Correa, F. (2009). Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. Obtenido de Semestre Económico: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-63462009000100002&script=sci_abstract&tlng=es

USGS. (2023). Obtenido de Explorador de la tierra: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Vargas, D., y Campos, C. (2018). Sistema multi algoritmo para la clasificación de coberturas de la tierra en el bosque seco tropical del Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica. Obtenido de Tecnología en Marcha: <https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3497>