



Análisis multitemporal de cambio de uso de suelo mediante percepción remota en el cantón Tosagua

Multi-temporal analysis of change in land use through remote perception in the Tosagua canton

Autores

***Alfredo Nicolas Solórzano Faubla**

✉ alfredo.solorzano@espam.edu.ec

Orly Disney Loor Fernández

✉ orly.loor@espam.edu.ec

Ángel Frowen Cedeño Sacón

✉ acedeno@espam.edu.ec

Geoconda Aracely López Álava

✉ geoconda.lopez@espam.edu.ec

Escuela Superior Politécnica
Agropecuaria de Manabí Manuel Félix
López. Calceta, Manabí, Ecuador.

Citación sugerida: Solórzano Faubla, A. N., Loor Fernández, O. D., Cedeño Sacón, Á. F. y López Álava, G. A. (2025). Análisis multitemporal de cambio de uso de suelo mediante percepción remota en el cantón Tosagua. *La Técnica*, 15(1), 35-41. DOI: <https://doi.org/10.33936/latecnica.v15i1.6886>

Recibido: septiembre 8, 2024

Aceptado: febrero 26, 2025

Publicado: abril 14, 2025

Resumen

El análisis multitemporal permite descubrir cambios entre diferentes fechas de referencia, siguiendo la evolución del medio natural y la consecuencia de la acción humana sobre el mismo. El propósito del estudio fue realizar un análisis multitemporal de cambio de uso del suelo en el Cantón Tosagua en el periodo 2017-2023, a través de imágenes satelitales, con el fin de conocer el estado de fragmentación de la cobertura vegetal. Se obtuvo los cambios de usos del suelo del cantón teniendo como resultado una tasa de cambio total de 9% en 6 años. Utilizando la clasificación supervisada fue posible generar mapas temáticos con cuatro clases de uso del suelo en donde se efectuó la verificación en campo para la identificación de cobertura de suelo y se estableció que para el periodo 2017-2019, la cobertura vegetal y de tierras agropecuarias fue de 13.956,60 ha con 19.430,86 ha de cobertura vegetal. Para el 2019-2021, se registró una cobertura vegetal de 10.280,03 ha y 23.980,97 ha de tierras agropecuarias y para el 2021-2023 la superficie de cobertura vegetal fue de 10.120,01 ha con 24.113,407 ha de tierras agropecuarias. La tasa de cambio en el uso de cobertura se observó con una disminución del 14% durante los años 2017 y 2019, mientras que para los años 2021 y 2023 se observó una notable recuperación de la cobertura vegetal con un 6%. Además, se logró obtener una fiabilidad global de la cobertura real y reducida de 83,8% lo que indica que la clasificación de usos de suelo en el cantón Tosagua es admisible.

Palabras clave: imágenes satelitales, teledetección, clasificación supervisada, validación.

Abstract

Multitemporal analysis allows to discover changes between different reference dates, following the evolution of the natural environment and the consequences of human action on it. The purpose of the study was to carry out a multitemporal analysis of land use change in the Tosagua Canton in the period 2017-2023, through satellite images, in order to know the state of fragmentation of the vegetation cover. The changes in land use of the canton were obtained, resulting in a total change rate of 9% in 6 years. Using the supervised classification, it was possible to generate thematic maps with four classes of land use where field verification was carried out to identify land cover and it was established that for the period 2017-2019, the vegetation and agricultural land cover was 13,956.60 ha with 19,430.86 ha of vegetation cover. For 2019-2021, a vegetation cover of 10,280.03 ha and 23,980.97 ha of agricultural land was recorded and for 2021-2023 the vegetation cover area was 10,120.01 ha with 24,113.407 ha of agricultural land. The rate of change in the use of cover was observed with a decrease of 14% during the years 2017 and 2019, while for the years 2021 and 2023 a notable recovery of the vegetation cover is observed with 6%. In addition, an overall reliability of the actual and inferred coverage of 83.8% was achieved, which indicates that the classification of land uses in the Tosagua canton is admissible.

Keywords: satellite images, remote sensing, supervised classification, validation.



Introducción

El cambio de uso del suelo y la pérdida de la cobertura vegetal es uno de los principales problemas que aquejan a la humanidad, ya que estos son unas de las causas del cambio climático global y se relaciona directamente con la seguridad en la producción de alimentos, la salud humana, la urbanización, la biodiversidad, la calidad del agua y del suelo (López, 2006).

En Ecuador, desde la reforma agraria y colonización de los años setenta, se aceleró el cambio de uso de suelo. El 99,4% del área deforestada entre 1990 y 2000 fue transformada a áreas agropecuarias, el 0,14% a infraestructura, principalmente áreas urbanas y asentamientos rurales densos y 0,46% a otros tipos de cobertura. La expansión del área agropecuaria total también dependió de la deforestación: aproximadamente el 97,5% del incremento de estas áreas se generaron mediante la transformación de áreas de bosque a cultivos y pastos. El factor directo más importante que condicionó el cambio de cobertura del suelo en Ecuador fue una serie de bonanzas agroexportadoras, principalmente en la costa: cacao (1860 a 1940) y banano (1950 a 1973). Otros subciclos de productos menores, como la tagua y el caucho, requerían de menos transformación de áreas forestales y, hasta cierto punto, dependían de su mantenimiento (Sierra, 2013).

El uso de suelo de la provincia de Manabí es de 1.572.962 ha, el 44% está destinado para un uso pecuario, de hecho la provincia es líder en ganadería; a este uso le sigue el de conservación y protección con una superficie total de 31% que en contexto abarca toda la vegetación natural como bosques y matorrales; el 21% lo constituye el sector agrícola, actualmente se encuentran cultivadas, englobando todos los cultivos de ciclo corto, semipermanentes, permanentes y 5% dedicados a otros usos (Instituto Espacial Ecuatoriano; Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2022).

En la actualidad se aplican con éxito tecnologías eficaces como la teledetección y los sistemas de información geográfica (SIG) para identificar la huella espacial de estos impactos y apoyar las decisiones que ayuden a los directivos a tomar medidas correctivas y prospectivas (Ponvert y Lau, 2013). El objetivo principal de los estudios multitemporales es encontrar una forma de combinar o integrar en el proceso varias imágenes correspondientes a diferentes fechas, con distintos estados fenológicos en la vegetación, de cara a la obtención de un incremento en la precisión de las clasificaciones (Romero, 2006).

Para Gónima et al. (2010) la utilización de imágenes de satélites es una herramienta poderosa para el estudio y el monitoreo de los fenómenos naturales y antrópicos ocurridos en el sistema

superficie terrestre-atmósfera. las imágenes obtenidas por los satélites ofrecen una perspectiva única y particular de la tierra, sus recursos y el impacto humano sobre ella. Los sensores remotos han demostrado ser una importante fuente de información para un gran número de aplicaciones, entre las que cabe citar la planificación urbana, vigilancia del ambiente, gestión y manejo de cultivos, prospección petrolífera, exploración minera, usos del suelo, localización de bienes raíces, entre otras (Cardozo y Da Silva, 2013).

El objetivo de esta investigación fue determinar el cambio de uso de suelo, mediante sistema de información geográfica para el periodo 2017-2023 con el fin de calcular el porcentaje de variación en el uso del suelo en la zona de estudio y además la validación de los resultados mediante una matriz de confusión.

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en el cantón Tosagua con coordenadas 0°47'20,49" S y 80°14'4,94" O con la finalidad de obtener la clasificación de uso de suelo y los cambios ocurridos a través del periodo 2017-2023.

Reconocimiento y delimitación del área de estudio

Se realizaron recorridos por el Cantón Tosagua, que tiene una superficie total de 37.323,44 ha, en donde se definió la zona de estudio mediante 68 puntos de control, para el trabajo de campo se empleó un navegador GPS y una libreta de campo para registrar los datos de ubicación de los diferentes tipos de cobertura y uso del suelo dentro del Cantón.

Adquisición de imágenes satelitales del área de estudio

Se obtuvieron las imágenes mediante la plataforma Planet Explorer, la que dispone de una gran cantidad de información espacial, destacándose el repositorio de imágenes Sentinel-2 de diferentes periodos, fueron seleccionadas cuatro imágenes resolución espacial de 10 x 10 m para la identificación de coberturas.

Selección de imagen

Las imágenes satelitales se obtuvieron a través del satélite Sentinel-2 para los años 2017, 2019, 2021 y 2023 entre los meses de junio-julio. Se procuro que las imágenes a utilizar en el análisis presentaran el menor porcentaje de cobertura de nubes dentro del área de estudio, es decir con un porcentaje de nubes correspondiente menor a 10%, ya que es un problema recurrente en el campo de estudio.

Georreferenciación de datos espaciales

Las imágenes fueron georreferenciadas dentro del software ArcGIS utilizando las coordenadas en la proyección cartográfica

Universal Transversal de Mercator (UTM), Datum: WGS 84, Zona 17 Sur.

Clasificación supervisada

Esta clasificación se basó en la disponibilidad de áreas de estudio a las que se conoce la clase a la que pertenecen mediante algoritmos de selección de puntos que sirvieron para generar una asignatura espectral de cada una de las clases, además de tener un conocimiento previo del campo de estudio (tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de clases y categorías de cobertura y uso de suelo

Clases informales	Categorías
Cobertura vegetal	Bosque nativos
	Plantación forestal
	Vegetación herbácea
	Cultivos ciclo corto
Tierras agropecuarias	Cultivos semipermanentes
	Cultivos permanentes
Cuerpos de agua	Ciénaga, Ríos, entre otros
Zona antrópica	Población, vías
Sin información	Problema de nubosidad

Matriz de confusión

Se utilizó una matriz de confusión para determinar la compatibilidad de la clasificación con la realidad observada en el campo, siendo este método uno de los más utilizado, ya que dicha matriz contiene información sobre los valores totales o porcentajes de datos observados y estimados para cada característica o propiedad que se clasifique, y a partir de ésta se pueden calcular varios parámetros que indican la precisión de la clasificación.

Chuvieco (1995) señaló que la estimación de la exactitud alcanzada por el mapa puede realizarse por tres criterios básicos: comparando el inventario de la clasificación, estudiando la fiabilidad obtenida al clasificar las áreas de entrenamiento, para comprobar si se ajustan correctamente a las categorías que se pretenden definir y seleccionando ciertas áreas de verificación.

Tasa de cambios de uso de suelo

Para calcular la tasa de cambio anual del uso de suelo se utilizó la ecuación propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 1996).

$$TDA: Tasa = \left[\frac{S_2}{S_1} \right]^{1/n} - 1$$

Dónde: TDA: tasa de cambio anual= superficie fecha 2, = superficie en la fecha 1, n = es el número de años entre las dos fechas (Ruiz et al., 2013).

Resultados y discusión

Una vez realizados los análisis con los diferentes años de las imágenes Sentinel-2 utilizadas, se obtuvieron los siguientes resultados:

Base de datos del cambio de uso del suelo en el cantón Tosagua

Al realizar la clasificación supervisada de las imágenes Sentinel-2 de los años 2017, 2019, 2021 y 2023, respectivamente, se obtuvieron los siguientes datos respecto a los cambios ocurridos en los diferentes años (tabla 2).

Tabla 2. Base de datos para el cambio de uso de suelo del cantón Tosagua, periodo 2017-2023.

Años	Cobertura vegetal	Tierras agropecuarias	Cuerpos de agua	Zonas antrópicas	Nubosidad
2017	Área ha	13.956,59	19.430,85	2.284,3	640,11
	%	37,6	52,3	6,2	1,7
2019	Área ha	10.280,02	23.980,97	2.400,52	661,92
	%	27,5	64,3	6,4	1,8
2021	Área ha	10.120,01	24.613,4	2.577,27	640,7
	%	26,7	64,9	6,8	1,6
2023	Área ha	11.437,58	22.029,97	2.509,64	735,16
	%	30,4	58,6	6,7	2,3

El análisis multitemporal de cambio de uso de suelo en el cantón Tosagua para el año 2017 presentó una cobertura vegetal representada en un 37,6% (13.956,59 ha) y las tierras agropecuarias un 52,3% (19.430,85 ha) de la superficie total del territorio (figura 1).

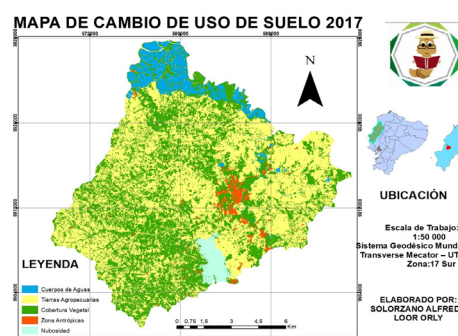


Figura 1. Cambio de uso de suelo del cantón Tosagua- Ecuador 2017.

En este sentido, Bianco et al. (2021), argumentaron que el aumento de tierras agropecuarias respondió a la expansión agrícola para satisfacer la demanda de productos agrícolas, lo cual coincidió con el predominio de este uso del suelo en Tosagua (figura 2). Además, Carranza et al. (2024) destacaron que la deforestación y la conversión de bosques en tierras agrícolas fueron prácticas comunes que afectaron significativamente la cobertura vegetal,

reflejando una reducción en las áreas naturales en favor de usos agrícolas intensivos.

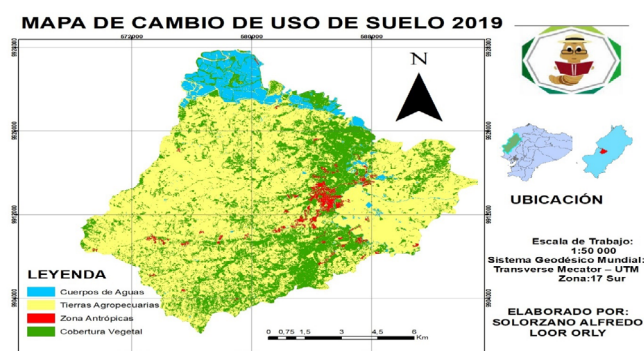


Figura 2. Cambio de uso de suelo del cantón Tosagua, Ecuador, 2019.

En cuanto a la cobertura vegetal, Benítez (2022) argumentó que es importante mantener estas áreas para la conservación de la biodiversidad y la regulación del clima local. La presencia de cuerpos de agua (6,2%; 2.284,30 ha), zonas antrópicas (1,7%; 640,11 ha) y nubosidad (2,2%; 818,18 ha) fue menor pero relevante. Hoyos et al. (2022) señalaron que los cuerpos de agua, aunque menos extensos, fueron imprescindibles para la sostenibilidad hídrica de las regiones agrícolas, mientras que las zonas antrópicas reflejaron el crecimiento urbano y sus impactos en el uso del suelo.

Este fenómeno fue consistente con las observaciones de Bianco et al. (2021) quienes destacaron la tendencia creciente de la agricultura intensiva en regiones rurales de Ecuador, la cual fue efectuada para satisfacer la demanda alimentaria. Lozano et al. (2021) también señalaron que la conversión de bosques en tierras agrícolas fue una práctica común, lo que explicó la significativa reducción de la cobertura vegetal en favor de usos agrícolas. Además, Alemán et al. (2021) advirtieron sobre las implicaciones ambientales de esta transformación, destacando la pérdida de biodiversidad y los efectos negativos en la regulación climática local. Por otro lado, los cuerpos de agua mantuvieron una proporción similar, aumentando ligeramente de 6,2% (2.284,30 ha) a 6,4% (2.400,52 ha), lo cual fue crucial para la sostenibilidad hídrica, como mencionaron Hoyos et al. (2022). Las zonas antrópicas también presentaron un leve incremento, de 1,7% (640,11 ha) a 1,8% (661,92 ha), denotando un crecimiento urbano moderado que puede tener impactos en la estructura territorial y el uso del suelo (figura 3).

Este patrón de cambio fue consistente con los estudios de Bianco et al. (2021) quienes señalaron que la expansión agrícola en Ecuador ha sido una respuesta a la creciente demanda de productos agrícolas.

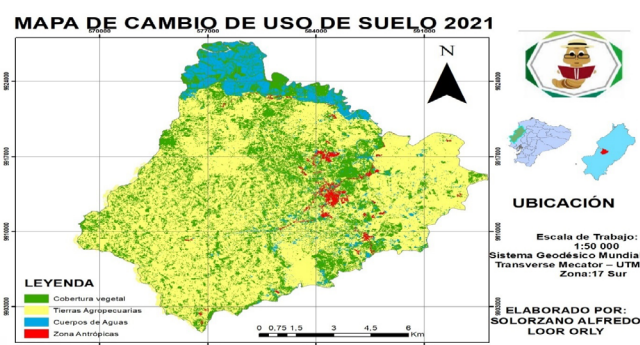


Figura 3. Cambio de uso de suelo del cantón Tosagua, Ecuador, 2021.

Lozano et al. (2021) explicaron que la conversión de áreas naturales en tierras agrícolas es una práctica común que ha llevado a una significativa pérdida de cobertura vegetal, tal como se observa en Tosagua. Carranza et al. (2024) enfatizaron la importancia de la cobertura vegetal para la biodiversidad y la regulación climática, y su disminución tuvo implicaciones negativas en estos aspectos. Vásquez-Ramírez (2024) destacó que, aunque los cuerpos de agua mostraron un ligero aumento del 6,2% (2.284,30 ha) en 2017 al 6,8% (2.577,27 ha) en 2021, su conservación es crucial para la sostenibilidad hídrica de la región.

Las zonas antrópicas han mantenido un crecimiento moderado, pasando del 1,7% en 2017 y 2019 al 1,8% en 2019 y de nuevo al 1,7% en 2021, lo que reflejó un crecimiento urbano controlado. Jemio (2024) destacó que la precisión en la identificación de cambios en el uso del suelo puede haber mejorado con el tiempo debido a avances en la tecnología de percepción remota (figura 4).

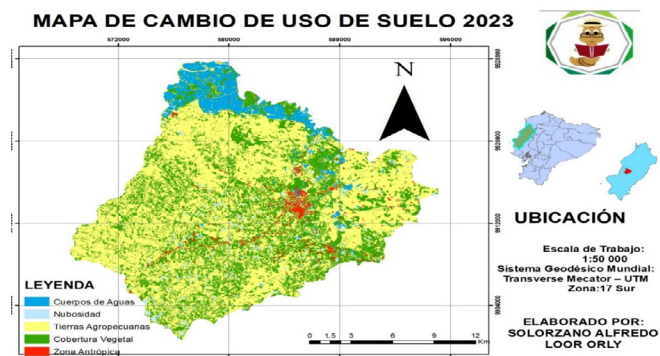


Figura 4. Cambio de uso de suelo del cantón Tosagua, Ecuador, 2023.

La evolución del uso de suelo en Tosagua presenta diversas connotaciones. Según Herrera (2024) las políticas de reforestación y conservación en Ecuador han comenzado a mostrar resultados positivos, lo que podría explicar el reciente aumento en la cobertura vegetal. Gutiérrez y Galvis (2024) argumentaron que la adopción de tecnologías agrícolas más eficientes ha permitido una disminución de la expansión agrícola, reflejada en la reducción de tierras agropecuarias en 2023.

Carranza et al. (2024) afirmaron que los cambios económicos y sociales, como la migración rural-urbana, han llevado a un uso más eficiente del suelo agrícola, mientras que el desarrollo urbano controlado ha contribuido a un crecimiento moderado de las zonas antrópicas. Vásquez-Ramírez (2024) indicó que la variación en la presencia de cuerpos de agua puede estar relacionada con esfuerzos de conservación hídrica y cambios en las prácticas de manejo de recursos hídricos.

Tasa de cambio de uso de suelo del cantón Tosagua con base al análisis multitemporal de las imágenes satelitales de los años, 2017-2023

Cambio de uso de suelo del cantón Tosagua en el periodo, 2017-2023

Tras la elaboración de los mapas de cambios se realizó la tabla 3 de cambio de uso de suelo ocurrido en el periodo 2017 y 2021, para su análisis se procedió unir las clases informales que se detallan en la clasificación (2017-2019), (2019-2021), (2021-2023) para observar la cantidad de hectáreas por año que están en proceso de cambio.

Tabla 3: Cambio de uso del suelo del cantón Tosagua, Ecuador, 2017-2023.

Descripción						
Clases informales	Cobertura vegetal	Tierras agropecuarias	Cuerpos de agua	Zonas antrópicas	Nubosidad	total
2017	13.956,60	19.430,86	2.284,31	640,12	818,18	37.130,06
2019	10.280,03	23.980,97	2.400,52	661,92		37.223,44
Cambio/ha	-3.676,57	4.550,11	116,22	21,80	818,18	
Cambio/año/ha	-1.838,28	2.275,06	58,11	10,90		
2019	10.280,03	23.980,97	2.577,27	661,92		37.200,20
2021	10.120,01	24.113,41	2.509,64	640,7	871,63	37.245,07
Cambio·ha ⁻¹	-160,02	132,43	-67,63	21,22	-871,63	
Cambio·año ⁻¹ ·ha ⁻¹	-80,01	66,22	-33,82	10,61	-435,82	
2021	10.120,01	24.113,407	2.284,31	640,7	818,18	37.176,02
2023	11.437,58	22.029,98	2.509,64	735,17	881,63	37.294,01
Cambio/ha	1.317,57	-2.083,43	-225,34	94,35	63,45	
Cambio/año/ha	658,78	-1041,71	-112,67	47,17	31,72	

-: Decrecimiento de cobertura.

+: Incremento de cobertura.

Analizando los cambios entre los intervalos de tiempos (2017-2019; 2019-2021 y 2021-2023) se puede observar el incremento y el decrecimiento de las diferentes categorías del cambio de uso de suelo del cantón Tosagua y el mayor cambio incidió para el periodo 2017-2019 con un decrecimiento de cobertura vegetal de 3.676,57 ha lo que representa una pérdida anual de 1.838,28 ha·año⁻¹, y para los años 2019-2021 la pérdida de cobertura vegetal fue menor con un decrecimiento de 160,02 ha, lo que corresponde a un cambio de 80,01 ha·año⁻¹. Lo que se diferencia para el periodo 2021-2023 que obtuvo un incremento de cobertura vegetal de 1.317,57 ha.

Identificación de la tasa de cambio de uso del suelo del cantón Tosagua, 2017-2023

La tasa de cambio anual se determinó, utilizando la fórmula propuesta por la FAO 1996, se detalla en la tabla 4. En donde se incluyó la suma de cobertura vegetal de los diferentes periodos.

Tabla 4. Tasa de cambio de uso de suelo del cantón Tosagua, Ecuador, 2017-2023.

Descripción	2017 ha	2019 ha	Cambio/ha	Tasa cambio	% Cambio
	13.956,60	10.280,03	-3.676,57	-0,14	-14
	2019 ha	2021 ha	Cambio·ha⁻¹	Tasa cambio	% Cambio
Cobertura vegetal	10.280,03	10.120,01	-160,02	-0,01	-1
	2021 ha	2023 ha	Cambio·ha⁻¹	Tasa cambio	% Cambio
	10.120,01	11.437,58	1.317,57	0,06	6

El análisis de la tasa de cambio anual (TDA) permitió visualizar el cambio de cobertura vegetal de la área de estudio en un intervalo de 2 años, donde se expresó la mayor o menor intensidad de las dinámicas de cambios en el Cantón entre el periodo 2017 y 2019, se observó un valor alto pero negativo de 14% ya que para el 2017 tenía un total 13.956,60 ha, para el año 2019 disminuyó a 10.280,03 ha, lo mismo sucedió para los años 2019 y 2021 que se obtuvo -1%, en cambio para el periodos 2021 y 2023 se mostró una tendencia de recuperación considerable de la cobertura vegetal con el 6%.

Con el fin de cuantificar la fiabilidad del método de clasificación supervisada de mínima distancia se elaboró la matriz de confusión (tabla 5) con los puntos verificados en campo, la cual la conformó una muestra representativa donde la diagonal de esta matriz expresa el número de puntos de verificación en donde se produjo el acuerdo entre las dos fuentes (mapa y realidad), y las columnas se ocuparon por las clases de referencia (terreno) y las filas por las categorías deducidas en la clasificación.

La fiabilidad global estuvo sobre el 83,8%, lo que se consideró aceptable para este tipo de imágenes y de acuerdo con la metodología de Chuvieco (1995) y a los resultados obtenidos por López (2018) en donde obtuvieron una fiabilidad global de 96,7% lo que fue aceptables para problemas de deforestación.

Tabla 5. Matriz de confusión de cambio de uso de suelo del cantón Tosagua, Ecuador.

Descripción	Cobertura vegetal	Tierras agropecuarias	Cuerpo de agua	Zona poblada	Nubosidad	Total	Exactitud del usuario	Error comisión
Cobertura vegetal	20	3				23	87	13
Tierras agropecuarias	7	35	1			43	81	19
Cuerpo de agua			2			2	100	0,00
Zona poblada				0		0	0	0
Nubosidad					0	0	0	0
Total	27	38	3	0	0	68		
Exactitud del productor	74	92	67					
Error omisión	0,26	0,8	0,33	0,00	0,00			
Exactitud global	$(20+35+2)/68*100 = 83,8\%$							

Conclusión

A lo largo de los seis años que comprendió el estudio, las tierras agropecuarias continúan predominando sobre la cobertura vegetal del cantón Tosagua; no obstante, esta actividad se ve comprometida por la dificultad de no contar con el sistema de riego, ya que dicha actividad se desarrolla en época lluviosa o cerca de ríos, laguna. Mediante la clasificación supervisada se permite determinar el decrecimiento y el incremento de las distintas categorías de usos de suelo, donde la cobertura vegetal obtuvo un decrecimiento de cobertura de cambio de 3.676,57 ha para el periodo 2017-2019 con una tasa de deforestación de -14%; sin embargo, para el periodo 2019-2021 la tasa de deforestación fue de -1% de pérdida de cobertura vegetal; en cambio para el periodo 2021-2023 se obtuvo un crecimiento con una tasa de deforestación de 6% de cobertura vegetal con un cambio de 1.317,57 ha.

La matriz de confusión permitió verificar un listado de puntos de la cobertura real y de la deducida por la clasificación, de esta matriz se obtuvo el 83,8% de fiabilidad global lo que indica que la clasificación que se hizo es aceptable.

Referencias bibliográficas

- Barrantes Mann, G. A. L., Flores-Olivos, A. J., Liza-Zatti, S. A. y Santa-Cruz Arévalo, J. E. (2021). Políticas públicas para el sector agrario en el Perú. *Journal of Business and Entrepreneurial Studies*, <http://journalbusinesses.com/index.php/revista>
- Benítez, A. (2022). Análisis espaciotemporal del proceso de pérdida forestal en los municipios de Charo, Hidalgo, Indaparapeo, Queréndaro y Zinapécuaro. Michoacán, México. *Revista Cartográfica*, 106, 99-123.
- Bianco, M., Díaz, I., Chiappe, M., Figueredo, S., Narbono, I. y Russi, E. (2021). Dinámicas de la expansión agrícola en territorios uruguayos. *Revista Latinoamericana de Estudios Rurales*, 6(12), 1-35.
- Carranza, M., Aragundi, L., Macías, K., Paredes, E. y Villegas, A. (2024). Conservación y manejo sostenible del suelo en la agricultura: Una revisión sistemática de prácticas tradicionales y modernas. *Código Científico Revista de Investigación*, 5(E3), 1-28. doi:<https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/nE3/303>.
- Cardozo, O., y Da Silva, C. (2013). Aplicaciones urbanas de los sensores remotos. *Revista Geográfica Digital*, 20, 1-6.
- Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de teledetección espacial*. Madrid, España, Editorial Rialp, S.A, 430 p.
- Gónima, L., González, M., y Ruiz, L. (2010). Desarrollo de una metodología sencilla para la georreferenciación y medición de distancias a partir de imágenes de satélite sistemáticamente georreferenciadas. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 39(1), 7-23.
- Gutiérrez Cervera, A. A. y Galvis Ramírez, A. J. (2024). Asimilación de tecnologías en el sector agrícola del Cesar - Colombia, herramienta de desarrollo económico. *Revista AGLALA*, 15(1), 22-39.
- Herrera, R. (2024). Principales amenazas e iniciativas de conservación de la biodiversidad en Ecuador. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(1), 33-56.
- Hoyos Gonzales, A. I., Quinteros Camacho, N. L. y Crisólogo Rodríguez, M. E. (2022). Evaluación multitemporal de la superficie del humedal HuachoHualmay-Carquín entre

- los años 1986 y 2019. *South Sustainability*, 3(1), e053. <https://doi.org/10.21142/SS-0301-2022-e053>
- Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE); Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP); Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (SINAGAP). (2022). *Sistema productivo de la provincia de Manabí*. 120 p.
- Jemio, L. C. (2024). Seguros agrícolas paramétricos: Una revisión de la literatura. *Development Research Working Paper Series*, No. 05/2024, Institute for Advanced Development Studies (INESAD), La Paz.
- López, E. (2006). *Patrones de cambio de uso del terreno en la Cuenca del Lago de Cuitzeo*. Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma de México. México.
- Lopez, A. (2018). *Análisis multitemporal de cambio de uso de suelo mediante percepción remota en el cantón Bolívar-Ecuador*. Tesis de Maestría, Universidad Técnica de Manabí. Ecuador.
- Lozano, A., Alvarez, C. y Moggiano, N. (2021). El cambio climático en los andes y su impacto en la agricultura: Una revisión sistemática. *Scientia Agropecuaria*, 12(1), 101-108. DOI: <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.012>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (1996). *Forest resources assessment 1990. Survey of tropical Forest cover and study of change processes*. FAO. Roma.
- Ponvert Delisles, D. y Lau Quan, A. (2013). Uso de las imágenes de satélites y los SIG en el campo de la Ingeniería Agrícola. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(4), 75-80.
- Ruiz, V., Savé, R. y Herrera, A. (2013). Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993-2011. *Revista Científica Ecosistemas*, 22(3), 117-123.
- Romero, F. S. (2006). La teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental. *Revista AquaTIC*, 24, 13-41.
- Sierra, R. (2013). Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010. Y un acercamiento a los próximos 10 años. *Conservación Internacional Ecuador y Forest Trends*. Quito, Ecuador. pp. 1-47.
- Vásquez-Ramírez, G. L. (2024). El desarrollo potencial de proyectos en infraestructura natural para la seguridad hídrica. *South Sustainability*, 5(1), e097. DOI: 10.21142/SS-0501-2024-e097

Declaración de contribución a la autoría según CRediT

Alfredo Nicolas Solórzano Faubla: conceptualización, investigación, análisis formal, redacción borrador original, redacción-revisión y edición. **Orly Disney Looor Fernández:** análisis formal, redacción-revisión y edición. **Ángel Frowen Cedeño Sacón:** análisis formal, redacción-revisión y edición. **Geoconda Aracely López Álava:** conceptualización, investigación, redacción-revisión y edición.

