

# EVALUACIÓN MULTITEMPORAL DE LA PÉRDIDA DE COBERTURA VEGETAL EN ZONAS RURALES DEL CANTÓN MANTA MEDIANTE HERRAMIENTAS GEOESPACIALES

## *MULTI-TEMPORAL EVALUATION OF VEGETATION COVER LOSS IN RURAL AREAS OF THE MANTA CANTON USING GEOSPATIAL TOOLS*

Justin Douglas García García <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Investigador independiente. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2210-4480>. Correo: [garcia-justin5141@unesum.edu.ec](mailto:garcia-justin5141@unesum.edu.ec)

\* Autor para correspondencia: [garcia-justin5141@unesum.edu.ec](mailto:garcia-justin5141@unesum.edu.ec)

### Resumen

El presente estudio evaluó la pérdida de cobertura vegetal en las parroquias rurales Santa Marianita y San Lorenzo, pertenecientes al cantón Manta (Ecuador), mediante un enfoque multitemporal basado en herramientas geoespaciales. Se utilizaron imágenes satelitales Landsat correspondientes a los años 2000, 2010, 2020 y 2025, procesadas mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), con el fin de identificar y cuantificar los cambios en la cobertura vegetal a lo largo del tiempo. Los resultados evidenciaron una disminución progresiva de las áreas con vegetación densa y un incremento de zonas con cobertura vegetal escasa o nula, particularmente en sectores cercanos a la franja costera y áreas con mayor intervención antrópica. Asimismo, se identificaron diferencias en la dinámica de cambio entre las parroquias analizadas, registrándose una mayor intensidad de pérdida de cobertura vegetal en Santa Marianita en comparación con San Lorenzo. La elaboración de mapas temáticos permitió visualizar la distribución espacial de estas transformaciones, aportando información relevante para la planificación territorial y la gestión ambiental. En conclusión, el análisis multitemporal mediante herramientas de teledetección constituye una herramienta eficaz para el monitoreo de la cobertura vegetal y la identificación de áreas críticas de degradación ambiental.

**Palabras clave:** análisis multitemporal; cobertura vegetal; deforestación; gestión territorial; sistemas de información geográfica; teledetección

### Abstract

*This study assessed vegetation cover loss in the rural parishes of Santa Marianita and San Lorenzo, located in the Manta canton of Ecuador, using a multi-temporal approach based on geospatial tools. Landsat satellite images from 2000, 2010, 2020, and 2025 were processed using Geographic Information Systems (GIS) and*

*the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to identify and quantify changes in vegetation cover over time. The results showed a progressive decrease in areas with dense vegetation and an increase in areas with sparse or no vegetation cover, particularly in sectors near the coastal strip and areas with greater human intervention. Differences in the rate of change were also identified between the parishes analyzed, with a greater intensity of vegetation cover loss recorded in Santa Marianita compared to San Lorenzo. The creation of thematic maps allowed for the visualization of the spatial distribution of these transformations, providing relevant information for land-use planning and environmental management. In conclusion, multi-temporal analysis using remote sensing tools is an effective tool for monitoring vegetation cover and identifying critical areas of environmental degradation.*

**Keywords:** *multi-temporal analysis; vegetation cover; deforestation; land management; geographic information systems; remote sensing*

**Fecha de recibido:** 24/03/2026

**Fecha de aceptado:** 06/06/2026

**Fecha de publicado:** 08/07/2026

## Introducción

La cobertura vegetal desempeña un papel fundamental en el mantenimiento del equilibrio ecológico, al contribuir a la regulación del clima, la conservación de la biodiversidad, la protección del suelo y la regulación del ciclo hidrológico (IPBES, 2023). A nivel global, la pérdida de cobertura vegetal se ha intensificado como consecuencia de diversas actividades antrópicas, entre las que destacan la deforestación, la expansión urbana y el cambio de uso del suelo, generando impactos significativos en los ecosistemas y en la calidad de vida de las poblaciones humanas (FAO, 2020; IPCC, 2022). En este contexto, el monitoreo de la vegetación se ha convertido en una prioridad para la gestión ambiental sostenible y la formulación de políticas públicas orientadas a la conservación de los recursos naturales.

En América Latina, la degradación de la cobertura vegetal constituye una problemática relevante debido a la presión sobre los ecosistemas naturales, especialmente en zonas rurales y costeras. En Ecuador, este fenómeno se manifiesta a través de la reducción de áreas boscosas y la transformación de paisajes naturales en espacios destinados a actividades productivas y asentamientos humanos. Estudios previos han evidenciado que los cambios en la cobertura vegetal están estrechamente relacionados con factores socioeconómicos, tales como el crecimiento poblacional, la expansión de la frontera agrícola y la falta de planificación territorial adecuada (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2018; Sierra, 2013).

En el caso específico del cantón Manta, ubicado en la región costera del Ecuador, las parroquias rurales como Santa Marianita y San Lorenzo han experimentado transformaciones significativas en su cobertura vegetal durante las últimas décadas. Estas modificaciones responden, en gran medida, al desarrollo urbano, la actividad turística y el uso intensivo del suelo, lo que ha generado procesos de degradación ambiental que afectan tanto a los ecosistemas como a las actividades productivas locales. Entre las principales consecuencias

se encuentran la erosión del suelo, la pérdida de biodiversidad y la alteración de los servicios ecosistémicos, lo que incrementa la vulnerabilidad de estas zonas frente a fenómenos climáticos y limita las oportunidades de desarrollo sostenible (MAATE, 2021).

A pesar de la relevancia de esta problemática, en muchos contextos locales persiste una limitada disponibilidad de información actualizada y sistematizada sobre la dinámica de la cobertura vegetal, lo que dificulta la toma de decisiones informadas en materia de gestión territorial. En este sentido, surge la necesidad de implementar metodologías que permitan analizar de manera precisa los cambios espaciales y temporales en la vegetación, con el fin de identificar tendencias, causas y posibles escenarios futuros.

En este marco, las tecnologías de teledetección y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han consolidado como herramientas fundamentales para el análisis ambiental, debido a su capacidad para procesar grandes volúmenes de información espacial y generar representaciones cartográficas de alta precisión. Particularmente, el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) ha sido ampliamente utilizado para evaluar la salud y densidad de la vegetación, permitiendo detectar cambios en la cobertura vegetal a lo largo del tiempo mediante el uso de imágenes satelitales (Tucker, 1979; Pettorelli et al., 2005). Asimismo, el análisis multitemporal facilita la comparación de datos en diferentes periodos, proporcionando una visión integral de la evolución del paisaje y de los procesos de degradación ambiental.

La aplicación de estas herramientas en estudios de cobertura vegetal no solo permite describir los cambios ocurridos, sino también comprender sus implicaciones ambientales y socioeconómicas. En este sentido, la generación de información geoespacial constituye un insumo clave para la planificación territorial, el ordenamiento del uso del suelo y la implementación de estrategias de conservación y restauración ecológica. Además, el uso de tecnologías de acceso libre, como las imágenes Landsat, representa una alternativa viable y de bajo costo para el monitoreo ambiental en países en desarrollo, contribuyendo a democratizar el acceso a la información y fortalecer la gestión sostenible de los recursos naturales (USGS, 2023).

En este contexto, resulta pertinente desarrollar investigaciones que integren el análisis multitemporal y el uso de herramientas geoespaciales para evaluar los cambios en la cobertura vegetal en contextos locales como el cantón Manta, donde los procesos de transformación territorial son dinámicos y requieren seguimiento continuo. La generación de información geoespacial permite identificar tendencias, localizar áreas críticas y apoyar la toma de decisiones en materia de planificación territorial y gestión ambiental. Este tipo de estudios no solo aporta evidencia científica sobre la magnitud y distribución de los cambios en la vegetación, sino que también permite identificar áreas críticas y orientar acciones de intervención para mitigar los efectos negativos de la degradación ambiental.

En este sentido, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿cómo ha evolucionado la cobertura vegetal en las parroquias rurales Santa Marianita y San Lorenzo del cantón Manta durante el periodo 2000–2025 y cuál es la magnitud de los cambios registrados mediante el análisis multitemporal de imágenes satelitales? Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es evaluar la pérdida de cobertura vegetal en las parroquias rurales Santa Marianita y San Lorenzo del cantón Manta mediante el uso de herramientas geoespaciales y análisis multitemporal.

## Materiales y métodos

La presente investigación se desarrolló en las parroquias rurales Santa Marianita y San Lorenzo, ubicadas en el cantón Manta, provincia de Manabí, Ecuador, áreas caracterizadas por la presencia de ecosistemas costeros y una dinámica territorial influenciada por actividades antrópicas como el turismo, la expansión urbana y la agricultura, lo que las convierte en zonas relevantes para el análisis de cambios en la cobertura vegetal. El estudio adoptó un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo analítico, con un diseño no experimental y longitudinal, orientado a evaluar la dinámica de la vegetación a través de un análisis multitemporal que permitió identificar patrones espaciales y tendencias en distintos periodos.

La población objeto de estudio corresponde a la totalidad del territorio de las parroquias mencionadas, considerando todas las coberturas vegetales presentes en el área. No se aplicó un muestreo probabilístico tradicional, dado que el análisis se realizó sobre la totalidad de la información geoespacial disponible; sin embargo, se establecieron criterios de inclusión de las imágenes satelitales: aquellas con baja cobertura de nubosidad (inferior al 10 %) y captadas en periodos similares del año para minimizar efectos estacionales en la respuesta espectral de la vegetación, mientras que se excluyeron imágenes con nubes, sombras significativas o de resolución insuficiente para la identificación de la cobertura vegetal.

Las fuentes de información utilizadas fueron imágenes satelitales del programa Landsat (Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+ y Landsat 8 OLI) correspondientes a los años 2000, 2010, 2020 y 2025, obtenidas de plataformas de acceso libre, complementadas con información cartográfica secundaria disponible de organismos públicos y bases de datos geoespaciales. Las imágenes Landsat utilizadas presentan una resolución espacial de 30 metros, lo que permite analizar cambios en la cobertura vegetal a escala regional. Las técnicas e instrumentos de recolección de datos incluyeron la descarga de imágenes satelitales, la selección según criterios establecidos y la preparación de datos mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG), específicamente QGIS versión 3.34 y Google Earth Engine, herramientas que permitieron realizar el cálculo del índice NDVI, la clasificación de la cobertura vegetal y la elaboración de mapas temáticos.

El procesamiento de la información incluyó etapas de corrección radiométrica y atmosférica para mejorar la calidad de los datos, así como el recorte de las imágenes según los límites del área de estudio. Posteriormente, se aplicó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), ampliamente utilizado en estudios de teledetección para estimar la densidad y vigor de la vegetación, calculado a partir de la relación entre las bandas del infrarrojo cercano y del espectro rojo. El NDVI se calculó mediante la siguiente relación espectral:  $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$ , donde NIR corresponde a la banda del infrarrojo cercano y RED a la banda del espectro rojo.

Los valores obtenidos fueron reclasificados en categorías de cobertura vegetal con base en los rangos del NDVI utilizados comúnmente en estudios de teledetección:

- $NDVI < 0.1$ : áreas sin vegetación
- $0.1 - 0.3$ : vegetación escasa
- $0.3 - 0.5$ : vegetación media
- $> 0.5$ : vegetación densa

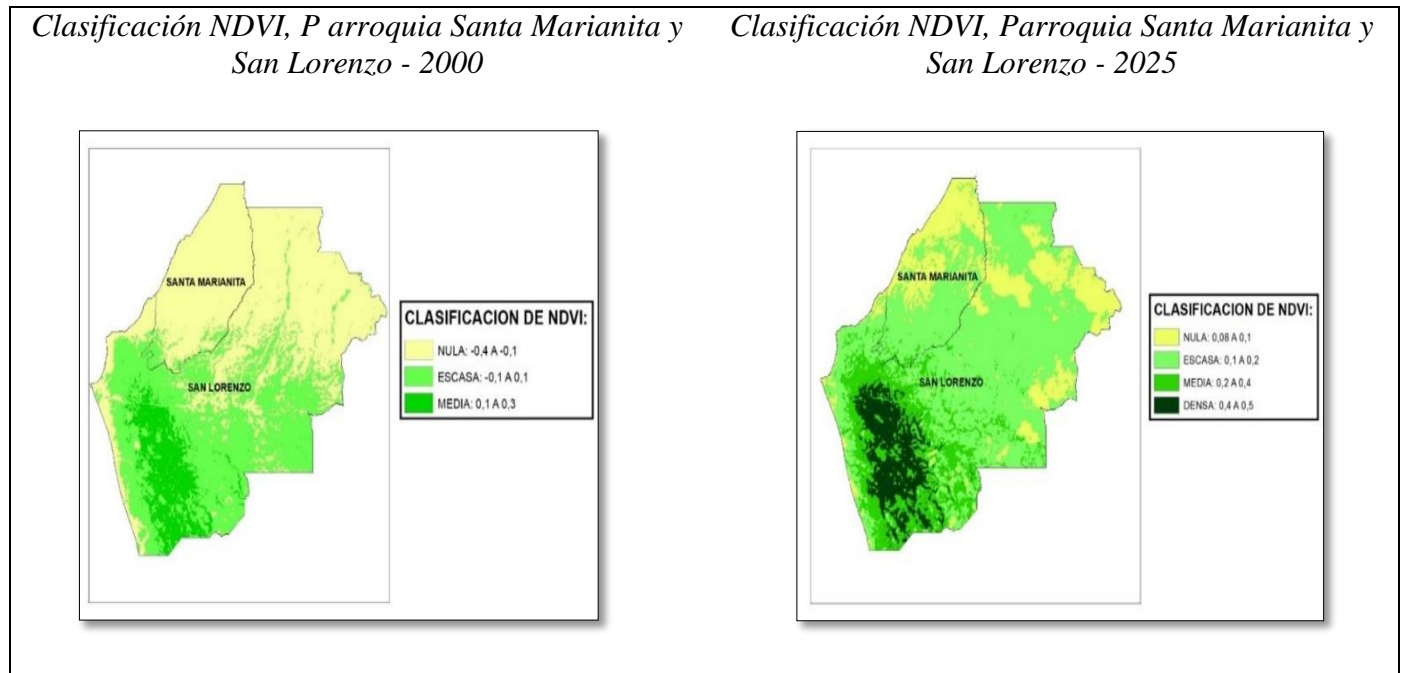
A partir de estos resultados, se llevó a cabo un análisis multitemporal comparativo entre los años seleccionados, lo que permitió identificar la evolución de la cobertura vegetal, detectar tendencias de pérdida o recuperación y localizar las áreas con mayor grado de transformación; adicionalmente, se calcularon variaciones porcentuales entre periodos para cuantificar los cambios en cada categoría.

El análisis de datos se complementó con la elaboración de mapas temáticos para cada año de estudio y mapas comparativos que evidencian la distribución espacial y la magnitud de las transformaciones, constituyendo herramientas clave para la interpretación de los resultados y su aplicación en la planificación territorial. La validación del análisis se realizó mediante interpretación visual y contraste con información secundaria disponible, lo que permitió verificar la coherencia de la clasificación, es decir, se hizo mediante interpretación visual comparativa con imágenes de alta resolución disponibles en Google Earth, así como con información cartográfica secundaria disponible para el área de estudio. Se consideró que el estudio no implicó riesgos éticos al basarse en datos secundarios de libre acceso; no obstante, se reconocen limitaciones relacionadas con la resolución espacial de las imágenes Landsat y posibles interferencias atmosféricas, que podrían incidir en la precisión de los resultados.

## Resultados y discusión

### Clasificación de la cobertura vegetal mediante NDVI

El análisis del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) permitió clasificar la cobertura vegetal de las parroquias Santa Marianita y San Lorenzo en diferentes categorías, que van desde vegetación densa hasta áreas sin cobertura vegetal. A partir del procesamiento de las imágenes satelitales correspondientes a los años 2000, 2010, 2020 y 2025, se identificaron patrones espaciales diferenciados en la distribución de la vegetación. De manera general, se observó que las áreas con valores altos de NDVI, asociadas a vegetación densa, presentaron una reducción progresiva a lo largo del periodo de estudio. En contraste, las zonas con valores bajos de NDVI, correspondientes a vegetación escasa o inexistente, mostraron un incremento sostenido, evidenciando un proceso de degradación de la cobertura vegetal.



**Figura 1** Comparación espacial del NDVI en las parroquias Santa Marianita y San Lorenzo en los años 2000 y 2025.

### Cambios temporales de la cobertura vegetal (2000–2025)

El análisis multitemporal evidenció una transformación progresiva de la cobertura vegetal en ambas parroquias durante el periodo 2000–2025. En términos generales, la cobertura vegetal densa disminuyó de manera constante, mientras que las áreas con vegetación escasa y sin cobertura aumentaron significativamente. Durante el periodo 2000–2010 se registraron cambios moderados en la cobertura vegetal, caracterizados por una ligera reducción de la vegetación densa. Sin embargo, entre 2010 y 2025 se evidenció una aceleración en el proceso de pérdida, con una expansión más marcada de áreas degradadas.

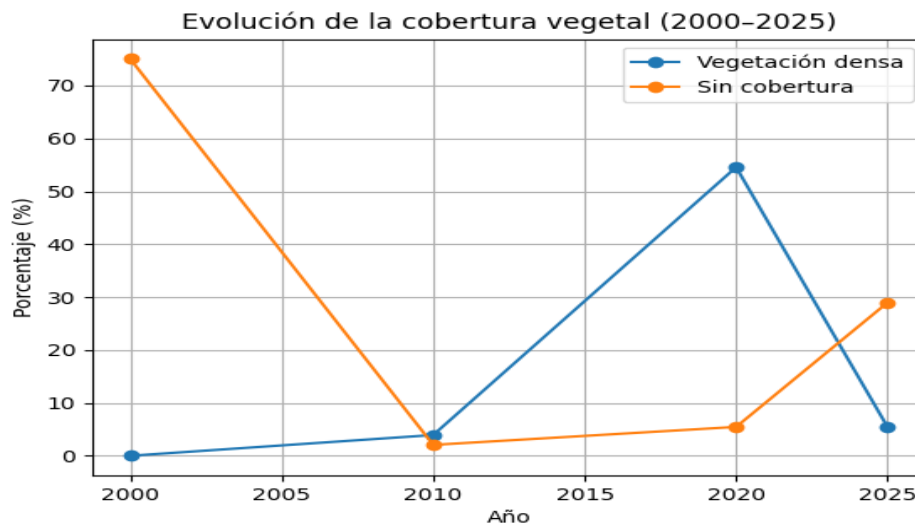
Los resultados presentados en la Tabla 1 evidencian que, en la parroquia Santa Marianita se observa una reducción progresiva de la vegetación media y densa hacia el año 2025, acompañada de un incremento de áreas con vegetación escasa y sin cobertura vegetal. En la parroquia San Lorenzo, aunque también se registran transformaciones en la cobertura vegetal, estas se presentan con menor intensidad, evidenciando una mayor permanencia de áreas con vegetación media y densa en comparación con Santa Marianita.

**Tabla 1.** Tabla de cobertura vegetal por año.

Año	Parroquia	Nula (%)	Escasa (%)	Media (%)	Densa (%)
2000	Santa Marianita	98,41	1,59	0,00	0,00
2010	Santa Marianita	1,43	68,23	30,24	0,10
2020	Santa Marianita	9,52	16,81	34,15	39,52
2025	Santa Marianita	42,98	55,26	1,76	0,00
2000	San Lorenzo	51,66	37,35	10,99	0,00

2010	San Lorenzo	2,69	41,17	48,39	7,75
2020	San Lorenzo	1,40	7,08	21,92	69,60
2025	San Lorenzo	14,98	55,00	19,19	10,83

Fuente: Elaboración propia



**Figura 2.** Evolución temporal de la cobertura vegetal en las parroquias Santa Marianita y San Lorenzo durante el periodo 2000–2025.

### Análisis espacial de la pérdida de cobertura vegetal

El análisis espacial permitió identificar que la pérdida de cobertura vegetal no se distribuye de manera homogénea en el territorio. Las zonas más afectadas se localizaron principalmente en áreas cercanas a la franja costera y en sectores con mayor intervención antrópica. En la parroquia Santa Marianita, la pérdida de vegetación fue más evidente en zonas vinculadas a actividades turísticas y expansión urbana, donde se observó una transformación del uso del suelo. Por su parte, en San Lorenzo, aunque también se registró disminución de la cobertura vegetal, esta se presentó de forma menos intensa y más dispersa. Asimismo, se identificaron áreas específicas donde la cobertura vegetal se mantuvo relativamente estable, principalmente en zonas con menor accesibilidad o menor presión antrópica.

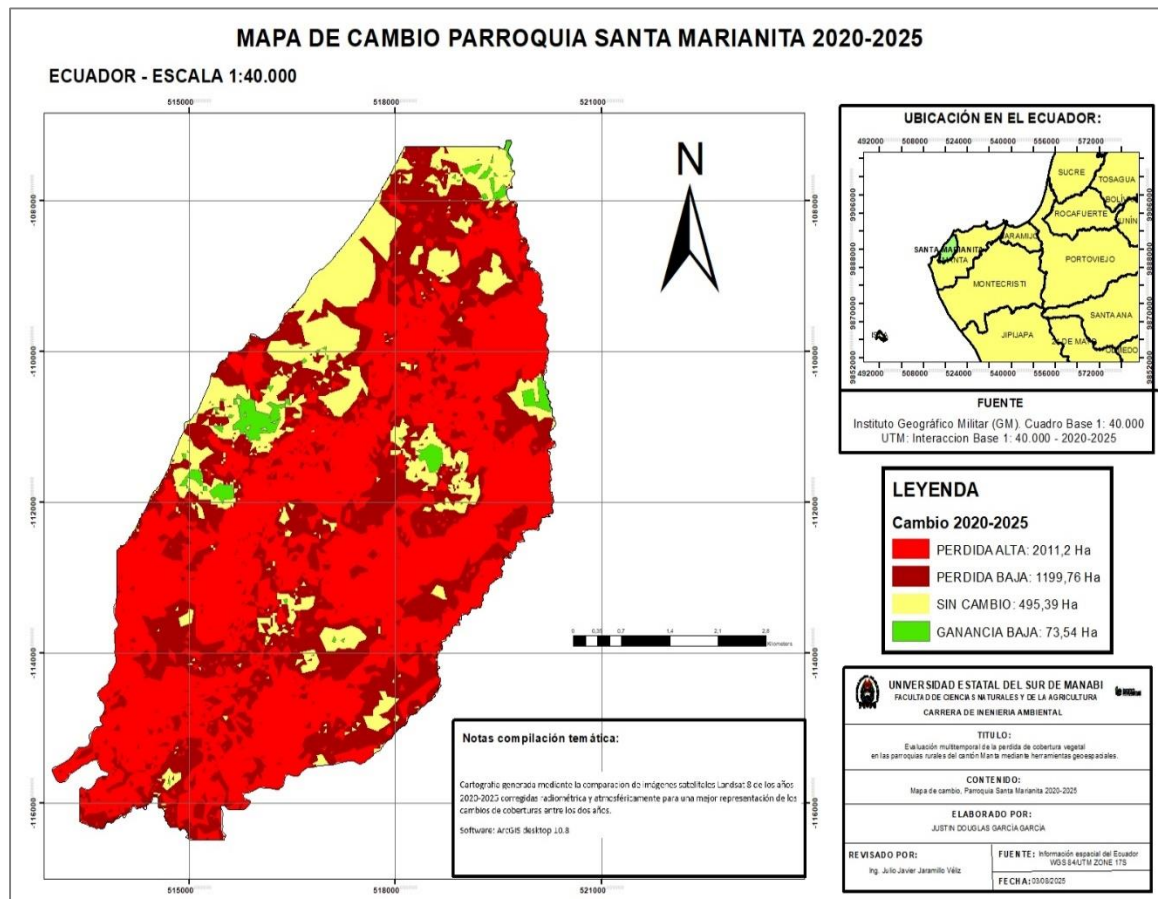
### Comparación entre parroquias: Santa Marianita y San Lorenzo

La comparación entre las dos parroquias evidenció diferencias significativas en la dinámica de pérdida de cobertura vegetal. Santa Marianita presentó una mayor reducción de áreas con vegetación densa, así como un incremento más acelerado de zonas sin cobertura vegetal.

En contraste, San Lorenzo mostró una menor tasa de pérdida, aunque con una tendencia similar de disminución progresiva de la vegetación. Estas diferencias reflejan distintos niveles de presión sobre los recursos naturales en cada territorio.

**Tabla 2.** Tabla comparativa entre parroquias

Parroquia	Pérdida alta (%)	Pérdida baja (%)	Sin cambio (%)	Ganancia (%)
Santa Marianita	53,21	31,74	13,10	1,95
San Lorenzo	0	2,70	15,22	82,08



**Figura 3** Cambios en la cobertura vegetal en la parroquia Santa Marianita durante el periodo 2020–2025.

### Magnitud del cambio de cobertura vegetal

En términos cuantitativos, los resultados evidenciaron una disminución significativa de la cobertura vegetal densa a lo largo del periodo de estudio, acompañada de un incremento de áreas con baja o nula vegetación. La magnitud del cambio refleja una transformación considerable del paisaje, caracterizada por la reducción de zonas con alta densidad vegetal y la expansión de superficies degradadas. Este comportamiento sugiere una tendencia sostenida de pérdida de cobertura vegetal en ambas parroquias, con mayor intensidad en determinados periodos y zonas específicas.

## Discusión

El análisis multitemporal de la cobertura vegetal en las parroquias Santa Marianita y San Lorenzo evidenció una tendencia sostenida de degradación, caracterizada por la disminución de la vegetación densa y el incremento de áreas con cobertura vegetal escasa o nula. Estos resultados coinciden con lo señalado por la FAO (2020), quien indica que la pérdida de cobertura vegetal a nivel global está estrechamente relacionada con procesos de deforestación, expansión urbana y cambio de uso del suelo.

A nivel regional, los hallazgos también guardan concordancia con estudios recientes realizados en Ecuador, como el de Uribe, J. et al. (2024), quienes evidencian que la disminución de la cobertura vegetal en zonas rurales está directamente asociada a actividades antrópicas y cambios en el uso del suelo. De igual forma, investigaciones como la de Cepeda, R. et al. (2022) demuestran que el análisis multitemporal mediante imágenes satelitales permite identificar patrones similares de degradación en distintos territorios del país.

La mayor intensidad de pérdida observada en la parroquia Santa Marianita puede explicarse por la presión antrópica derivada del desarrollo turístico y la expansión urbana en zonas costeras. Este comportamiento es consistente con lo planteado por el IPCC (2022), donde se establece que las zonas costeras presentan una mayor vulnerabilidad frente a procesos de transformación territorial. Asimismo, estudios como el de Vásquez Vásquez, B. M. y Delgado Sigüencia, W. W. (2022) evidencian que la presión antrópica es uno de los principales factores de transformación de la cobertura vegetal en ecosistemas sensibles.

Por otro lado, aunque la parroquia San Lorenzo mostró una menor tasa de pérdida en comparación con Santa Marianita, también se evidenció una tendencia de disminución progresiva de la vegetación, lo que confirma que la degradación de los ecosistemas es un fenómeno generalizado. Estos resultados coinciden con lo reportado por Heras-Heras, M. C. et al. (2024), quienes destacan que los cambios en el uso del suelo generan una pérdida progresiva de cobertura vegetal en distintas regiones del Ecuador.

En términos metodológicos, el uso del NDVI como herramienta para evaluar la cobertura vegetal demostró ser eficaz para identificar cambios espaciales y temporales. Este enfoque se sustenta en lo planteado por Tucker, C. J. (1979), quien desarrolló este índice como un indicador de la salud de la vegetación. Además, autores como Chuvieco, E. y Huete, A. (2010) destacan la importancia de la teledetección para el análisis ambiental, especialmente en estudios multitemporales. De igual manera, investigaciones recientes como la de Frampton, W. et al. (2023) confirman la utilidad de este tipo de análisis para evaluar cambios en la cobertura del suelo.

El uso de imágenes satelitales del programa Landsat permitió garantizar la consistencia temporal del estudio, lo cual es fundamental para el análisis de tendencias a largo plazo. En este sentido, el USGS (2023) resalta la importancia de estas misiones para el monitoreo de la superficie terrestre. Asimismo, el trabajo de Vicente Solórzano, J. et al. (2020) destaca el potencial del uso de imágenes Landsat en plataformas como Google Earth Engine para el análisis territorial.

Desde una perspectiva ambiental, la reducción de la cobertura vegetal tiene implicaciones significativas, tales como la pérdida de biodiversidad, la degradación del suelo y la alteración de los servicios ecosistémicos. Estos efectos han sido ampliamente documentados por el MAATE (2021) y reforzados por informes recientes como los de IPBES (2023), que advierten sobre la acelerada pérdida de biodiversidad a nivel global.

Por lo tanto, los resultados evidencian la necesidad de fortalecer estrategias de planificación territorial y conservación ambiental. En este contexto, iniciativas como las reportadas por Global Forest Watch (2021) permiten monitorear la pérdida de cobertura vegetal en tiempo real, contribuyendo a la toma de decisiones basada en evidencia. En conjunto, el presente estudio no solo confirma tendencias observadas a nivel global y regional, sino que también aporta evidencia local relevante para la gestión sostenible del territorio.

## Conclusiones

El análisis multitemporal de la cobertura vegetal mediante el índice NDVI permitió identificar cambios significativos en las parroquias Santa Marianita y San Lorenzo durante el periodo 2000–2025, evidenciando la utilidad de las herramientas de teledetección y los Sistemas de Información Geográfica para el monitoreo ambiental y el análisis de dinámicas territoriales.

Los resultados evidenciaron una tendencia general de disminución de la vegetación densa y un incremento de áreas con cobertura vegetal escasa o nula, lo que refleja un proceso progresivo de degradación de la cobertura vegetal en ambas parroquias. Este proceso se presenta con mayor intensidad en Santa Marianita, donde la presión antrópica asociada al desarrollo urbano y turístico ha generado transformaciones más aceleradas del paisaje.

El análisis espacial permitió identificar que las zonas más afectadas por la pérdida de cobertura vegetal se localizan principalmente en áreas con mayor accesibilidad y actividad humana, lo que confirma la influencia de los cambios en el uso del suelo en la dinámica de los ecosistemas locales.

Asimismo, el enfoque multitemporal aplicado en este estudio permitió identificar tendencias de cambio y localizar áreas críticas de intervención, proporcionando información relevante para la planificación territorial, la gestión ambiental y el diseño de estrategias orientadas a la conservación y recuperación de la cobertura vegetal.

En este sentido, los resultados obtenidos constituyen un insumo técnico que puede contribuir a la toma de decisiones por parte de las autoridades locales y organismos de gestión ambiental, orientadas a promover un manejo más sostenible del territorio y a mitigar los procesos de degradación de los ecosistemas en el cantón Manta.

## Referencias

- Cepeda, R., Torres, F., & Ramírez, A. (2022). Evaluación multitemporal de la cobertura vegetal en el cantón Salcedo mediante imágenes satelitales. *Revista Ciencia y Ambiente*, 10(1), 25–42. <https://investigacion.utc.edu.ec/index.php/ciya/article/view/443>
- Chuvieco, E., & Huete, A. (2010). *Teledetección: Principios e instrumentos* (3.ª ed.). Ediciones Rialp.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2020). *Global forest resources assessment 2020*. FAO.
- Frampton, W., McIntyre, N., & Pettorelli, N. (2023). Multitemporal analysis of land cover change using satellite remote sensing. *Remote Sensing*, 15(2), 305. <https://doi.org/10.3390/rs15020305>

- Global Forest Watch. (2021). Datos globales de pérdida de cobertura arbórea 2020. <https://www.globalforestwatch.org/blog/es/forest-insights/datos-globales-de-pérdida-de-cobertura-arborea-2020/>
- Heras-Heras, M. C., Moreno-López, J. A., Quevedo-Amay, D. V., & Cuichan-Paucar, S. H. (2024). Pérdida de cobertura vegetal y los cambios de uso del suelo en la Amazonía ecuatoriana. *Agroecología Global*, 6(10), 90–105.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge University Press.
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). (2023). *Evaluación global sobre biodiversidad y servicios ecosistémicos*. <https://ipbes.net/global-assessment>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2018). *Estrategia nacional de restauración forestal*. Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE). (2021). *Informe del estado del ambiente en Ecuador*.
- Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J. M., Tucker, C. J., & Stenseth, N. C. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(9), 503–510. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.05.011>
- Sierra, R. (2013). *Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990–2010*. Conservación Internacional Ecuador.
- Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2), 127–150. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0)
- United States Geological Survey (USGS). (2023). *Landsat missions*. <https://www.usgs.gov/landsat-missions>
- Uribe, J., Rodríguez, M., & Pérez, L. (2024). Análisis multitemporal de la cobertura vegetal mediante teledetección en zonas rurales del Ecuador. *Revista Geoespacial*, 15(2), 45–60. <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/revista-geoespacial/article/download/3288/2710/14220>
- Vásquez Vásquez, B. M., & Delgado Siguencia, W. W. (2022). Evaluación de la presión antrópica sobre el Bosque Protector Aguarongo a través de un análisis multitemporal del cambio en la cobertura vegetal y uso de suelo [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23550>
- Vicente Solórzano, J., Gallardo, A., & Peralta Carreta, C. (2020). Potencial del acervo de imágenes Landsat disponible en Google Earth Engine para el estudio del territorio mexicano. *Investigaciones Geográficas*, 2020(1), 1–17. <https://doi.org/10.14350/rig.2020.1.1>