

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2025,
Volumen 9, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i5

DINÁMICA ESPACIO-TEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL, PERÍODO 1990-2022, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS

**SPATIAL-TEMPORAL DYNAMICS OF VEGETATION
COVER, PERIOD 1990-2022, PROVINCE OF SUCUMBÍOS**

Luis Alejandro Fiallos Ulloa

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador

Anthony Saul Noroña Meza

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador

Jefferson Omar Avendaño Zambrano

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador

Jhandry Patricio Sarango Ordoñez

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i5.20694

Dinámica Espacio-Temporal de la Cobertura Vegetal, Período 1990-2022, Provincia de Sucumbíos

Luis Alejandro Fiallos Ulloa¹la.fiallosu@uea.edu.ec<https://orcid.org/0009-0006-8477-9980>Universidad Estatal Amazónica - Pastaza
Ecuador**Anthony Saul Noroña Meza**as.noronam@uea.edu.ec<https://orcid.org/0009-0004-7593-5211>Universidad Estatal Amazónica - Pastaza
Ecuador**Jefferson Omar Avendaño Zambrano**jo.avendanoz@uea.edu.ec<https://orcid.org/0009-0007-7520-2853>Universidad Estatal Amazónica - Pastaza
Ecuador**Jhandry Patricio Sarango Ordoñez**jp.sarangoo@uea.edu.ec<https://orcid.org/0009-0001-4305-6579>Universidad Estatal Amazónica - Pastaza
Ecuador

RESUMEN

El presente estudio analizó la dinámica espaciotemporal de la cobertura vegetal en la provincia de Sucumbíos (1990-2022), con el objetivo de zonificar coberturas naturales y antrópicas mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG), identificar patrones de cambio y estimar la deforestación anual. Se emplearon las categorías definidas por el MAATE (Bosque, Vegetación Arbustiva y Herbácea, Tierra Agropecuaria, Cuerpo de Agua, Zona Antrópica y Otras Tierras), utilizando datos vectoriales en formato shapefile procesados en ArcGIS v.10.8 para garantizar consistencia topológica y facilitar el análisis multitemporal. Los resultados evidencian una reducción sostenida de la cobertura boscosa y un incremento de superficies asociadas a actividades humanas, principalmente tierras agropecuarias y zonas antrópicas. La deforestación presentó fuertes variaciones: entre 1990-2000 se registró la mayor pérdida anual (12.556 ha/año), seguida de una drástica disminución en 2000-2008 (3.429 ha/año), atribuible a procesos de regeneración o conservación. No obstante, entre 2008 y 2022 la deforestación se intensificó nuevamente. Las tasas anuales fluctuaron entre -0,80% (1990-2000) y -0,23% (2000-2008), manteniéndose negativas en los periodos posteriores. En síntesis, los hallazgos aportan evidencia robusta sobre las transformaciones en el uso del suelo y la cobertura vegetal en Sucumbíos, constituyendo un insumo estratégico para la planificación territorial, la gestión ambiental y la formulación de políticas de conservación en la Amazonía ecuatoriana.

Palabras clave: zonificación, transformación, bosque, vegetación, conservación

¹ Autor principal

Correspondencia: la.fiallosu@uea.edu.ec

Spatial-Temporal Dynamics of Vegetation Cover, Period 1990-2022, Province of Sucumbíos

ABSTRACT

This study analyzed the spatiotemporal dynamics of vegetation cover in Sucumbíos Province (199–2022), with the aim zoning natural and anthropic covers using Geographic Information (GIS), identifying patterns, and estimating deforestation. The defined by MAATE used (Forest, Shrub and Herbaceous Vegetation, Agricultural Land, Water Body, Anthropic Zone, and Other Lands), using vector in shapefile format processed in ArcGIS.10.8 ensure topological consistency and facilitate multitemporal analysis The results show a sustained reduction in cover and an increase area associated with human, mainly agricultural lands and anthropic zones. Deforestation exhibited strong variations: between 1990–2000 the greatest annual loss recorded (12,556 ha/year), followed by a drastic decrease in 2000–2008 (3,429 ha/year), attributed to regeneration or conservation processes. However, between 2008 and 2022 deforestation intensified again. Annual rates ranged from -0.80% (1990–2008) to -0.23% (1990–2000), remaining negative in subsequent periods. In summary, the findings provide robust evidence about transformations in land use and vegetation cover in Sucumbíos, constituting a strategic input for territorial planning, environmental management, and the formulation of conservation policies in the Ecuadorian Amazon.

Keywords: zoning, transformation, forest, vegetation, conservation

*Artículo recibido 25 setiembre 2025
Aceptado para publicación: 29 octubre 2025*



INTRODUCCIÓN

La cobertura vegetal es un componente esencial de los ecosistemas terrestres, ya que alberga gran parte de la biodiversidad del planeta y proporciona servicios ecosistémicos clave. Entre ellos destacan la regulación del ciclo hidrológico, mediante la retención de agua, recarga de acuíferos, prevención de inundaciones, la conservación de los suelos al evitar la erosión, favorecer su fertilidad, la moderación del clima a través de la captura de carbono y la regulación de la temperatura local (Zumaeta Lozano, 2021). Estos procesos no solo sostienen el equilibrio ecológico, sino que también son fundamentales para el bienestar humano y la resiliencia ambiental. Proteger y restaurar la cobertura vegetal es, por tanto, una estrategia vital para enfrentar desafíos como el cambio climático, la degradación de tierras y la pérdida de biodiversidad (Hernández-cavazos, 2024).

La cobertura vegetal amazónica no solo sustenta las redes tróficas que mantienen la vida silvestre, sino que también provee al ser humano de recursos estratégicos como fibras, resinas, plantas medicinales y materiales industriales. En la Amazonía ecuatoriana, especies endémicas como *Iryanthera juruensis* (fuente de aceites esenciales), *Unonopsis stipitata* (usada por comunidades indígenas por sus propiedades antimicrobianas) y *Clarisia racemosa* (valorada por su madera) ilustran el potencial biológico y económico de esta región (Kazi-Tani and Bannari, 2021).

La conservación de estas especies es clave para preservar servicios ecosistémicos, conocimientos tradicionales y oportunidades de investigación científica. Su pérdida implicaría no solo una disminución de biodiversidad, sino también la erosión de alternativas sostenibles para salud, industria y desarrollo local. (Chumaña and Quinaucho, 2023)

La cobertura analizada incluye tanto vegetación nativa como aquella modificada por actividades humanas. Transformaciones derivadas de actividades antrópicas como agricultura intensiva, ganadería extensiva y expansión de infraestructura, alteran significativamente la extensión y calidad de coberturas vegetales (Jaramillo and Antunes, 2018; Quezada et al., 2022). Estas modificaciones generan impactos negativos directos sobre la regulación hídrica, conservación de suelos y funcionamiento de procesos ecológicos esenciales. Estos procesos incluyen reciclaje de nutrientes, polinización, descomposición de materia orgánica, regulación de microclimas, formación de suelo y mantenimiento de redes tróficas.



Su alteración compromete la estabilidad de ecosistemas, productividad biológica, resiliencia de paisajes y provisión de servicios vitales para el bienestar humano (Alawode et al., 2025; Guo et al., 2025; Oliveira and Pirajá, 2022).

En Amazonía ecuatoriana, especialmente en provincia Sucumbíos, superficie de bosque nativo ha disminuido progresivamente en años recientes, como resultado de explotación no sostenible de recursos forestales (Rodríguez, 2023). Entre 2001 y 2020, Sucumbíos perdió aproximadamente 129.000 hectáreas de bosque nativo, equivalente al 21 % de pérdida total de coberturas vegetales (Mayorga-Muñoz, 2023). Incremento de actividades extractivistas (minería legal e ilegal, extracción maderera y procesos industriales) ha intensificado focos de deforestación (Chumaña and Quinaucho, 2023; Global Forest Watch, 2025). A ello se suma agricultura intensiva, ganadería extensiva y conversión de tierras en cultivos permanentes como palma africana, que han acelerado transformación del paisaje, deteriorando calidad de suelos y comprometiendo procesos ecológicos esenciales como reciclaje de nutrientes, regulación hídrica, formación de suelo y mantenimiento de redes tróficas (Jonathan et al., 2025).

En un contexto marcado por la deforestación y degradación ambiental que amenaza tanto la biodiversidad como los servicios ecosistémicos (Quezada et al., 2022), el análisis multitemporal de la cobertura vegetal se presenta como una herramienta clave para monitorear y comprender los cambios territoriales a lo largo del tiempo (Guerrero Calero et al., 2025; Puerta Tuesta et al., 2023). Los estudios multitemporales son un método de análisis espacial que compara coberturas del suelo en distintos periodos mediante imágenes satelitales, mapas o fotografías aéreas. Su finalidad es identificar y cuantificar cambios en la superficie terrestre, ya sea por procesos naturales o por la acción humana. Este enfoque permite identificar las causas y magnitudes de las transformaciones, facilitando la toma de decisiones orientadas a la conservación y el manejo sostenible de los recursos naturales en Sucumbíos (Mayorga-Muñoz, 2023) (Chen et al., 2025).

Por ello, el presente estudio tiene como objetivo analizar la dinámica espaciotemporal de la cobertura vegetal en la provincia de Sucumbíos durante el período comprendido entre 1990 y 2022. Por tal motivo, se busca zonificar las coberturas vegetales naturales y las coberturas de origen antropogénico en la provincia de Sucumbíos mediante el uso de herramientas de SIG, de esta manera realizar un análisis

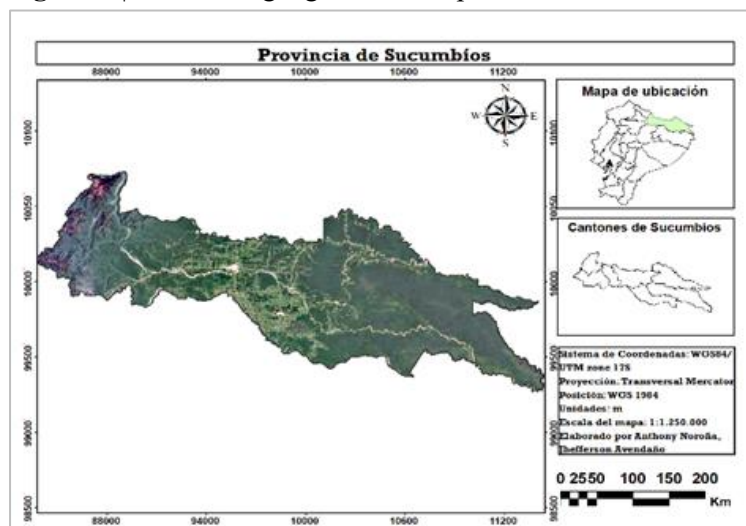
comparativo de los patrones de cambio de las diferentes coberturas proyectadas por periodos temporales, por último, estimar la tasa de deforestación anual, mediante el cálculo de deforestación bruta anual y la tasa de cambio anual en los diferentes periodos temporales (1990-2000, 2000-2008, 2008-2014, 2014-2022).

METODOLOGÍA

Localización

La investigación abarcó la totalidad del territorio de la provincia de Sucumbíos (Figura 1), ubicada al norte de la Amazonía ecuatoriana, con una superficie de 18.084 km² (1.808.442 ha). Sus ecosistemas corresponden principalmente a bosques siempreverdes de tierras bajas amazónicas (Mayorga-Muñoz, 2023). La temperatura media anual es de 29 °C; el rango altitudinal varía entre 180 y 4.120 m s. n. m., y la precipitación anual oscila entre 1.000 y 6.000 mm. Administrativamente, la provincia está conformada por siete cantones: Lago Agrio, Gonzalo Pizarro, Shushufindi, Sucumbíos, Cuyabeno, Putumayo y Cáscales. Según el INEC (2022), la población asciende a 199.014 habitantes, cifra que refleja un notable incremento respecto a los 76.952 habitantes registrados en 1990, con una densidad poblacional actual de aproximadamente 11 hab/km².

Figura 1 | Ubicación geográfica de la provincia de Sucumbíos



En el territorio se encuentran áreas protegidas de gran relevancia para la conservación, como la Reserva de Producción de Fauna Cuyabeno (594.950 ha), Reserva Ecológica Cofán-Bermejo (55.026 ha) y Reserva Biológica Limoncocha (3.692 ha). Estas zonas, junto con áreas de amortiguamiento y territorios indígenas, cumplen un papel estratégico en la conservación de la biodiversidad regional.

Recopilación de Datos

Este trabajo se enmarca en el diseño no experimental, caracterizado por la ausencia de manipulación de variables. De acuerdo con (Hernández and Mendoza, 2020) se trata de estudios donde los fenómenos se examinan tal como se presentan en su ambiente original, sin intervención del investigador, dado que los eventos ya han tenido lugar.

Con un enfoque cualitativo, la investigación pretende explorar la esencia del fenómeno mediante datos obtenidos en un único momento. Su alcance descriptivo permite evidenciar sus rasgos en un contexto determinado. La recopilación de datos se realiza de forma independiente o combinada para su análisis (Alberto and Lozano, 2025). La investigación se centró en el análisis riguroso de información geoespacial vectorial, contenida en archivos shapefile ya disponibles, obtenidos del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) a través de su plataforma digital "Mapa Interactivo", lo que permitió obtener información geoespacial precisa sobre la dinámica de la cobertura vegetal en Sucumbíos, sin necesidad de aplicar correcciones radiométricas ni ajustes atmosféricos adicionales. (Moreno-López et al., 2024).

Los años de análisis multitemporal corresponden a 1990, 2000, 2008, 2014, 2016, 2018, 2020 y 2022, que representan la totalidad de los años disponibles en la base de datos oficial del MAATE al momento del estudio (MAATE, 2024). Esta metodología permite maximizar la ventana temporal de análisis (32 años) y capturar tendencias a largo plazo, así como variaciones interanuales asociadas a ciclos climáticos y presiones antropogénicas variables (Quezada et al., 2022). El sistema de referencia adoptado fue WGS 1984/UTM zona 17S, con una escala de trabajo de 1:3.550.200. Puesto que la información geográfica del MAATE se encontraba previamente estructurada y referenciada espacialmente, el procesamiento se limitó a la revisión de la consistencia topológica, la validación de atributos y la preparación de archivos. La revisión de la consistencia topológica se centró en asegurar que los elementos espaciales estuvieran correctamente definidos, sin que se superpusieran entre sí, sin espacios vacíos innecesarios y con límites precisos. Por otro lado, la validación de los atributos consistió en comprobar que los metadatos fueran coherentes, completos y que cumplieran con los estándares establecidos.



Finalmente, la preparación de los archivos incluyó convertir los datos a formatos adecuados, unificar las proyecciones cartográficas y organizar la estructura de la información para que pudiera utilizarse de forma eficiente y compatible en distintos Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Generación de mapas temáticos

Para el análisis multitemporal, se emplearon las categorías de cobertura vegetal definidas por el MAATE: Bosque, Vegetación Arbustiva y Herbácea, Tierra Agropecuaria, Cuerpo de Agua, Zona Antrópica y Otras Tierras (Tabla 1).

Se trabajó exclusivamente en el nivel 1 debido a las variaciones categóricas observadas en el nivel 2 a lo largo de los años analizados, las cuales impiden establecer una base comparativa homogénea. Adicionalmente, la presencia de vacíos de información entre los distintos periodos evaluados generó inconsistencias metodológicas que comprometían la fiabilidad de los resultados y dificultaban la aplicación de procedimientos cuantitativos precisos. Por tanto, se optó por restringir el análisis al nivel 1, donde la estabilidad en la clasificación permitió una evaluación más rigurosa y coherente en términos técnicos y estadísticos.

Tabla 1 | Categorías de cobertura vegetal y usos de suelo (MAATE)

Nivel 1	Nivel 2
Bosque	Bosque Nativo Plantación Forestal
Vegetación Arbustiva y Herbácea	Vegetación Arbustiva Páramo Vegetación Herbácea
Tierra Agropecuaria	Cultivo Anual Cultivo Semipermanente Cultivo Permanente
Cuerpos de Agua	Natural Artificial
Zona Antrópica	Área Poblada Infraestructura
Otras Tierras	Área sin cobertura vegetal Glaciar

La manipulación y visualización de datos se realizó con el software ArcGIS v. 10.8 (Esri Inc.), generándose mapas temáticos para cada año de estudio (1990, 2000, 2008, 2014, 2016, 2018, 2020 y 2022, (MAATE, 2024). El análisis se centró en la comparación espacio-temporal de las coberturas, identificando patrones de cambio y áreas con mayor transformación.

Estimación de la Tasa de deforestación en Sucumbíos para los periodos 1990-2000, 2000-2008, 2008-2014 y 2014-2022

La adopción de intervalos de 8 a 10 años responde a la disponibilidad de datos cartográficos oficiales del MAATE y se ajusta a metodologías consolidadas en estudios amazónicos que emplean la ecuación de Puyravaud (2003). Esta periodicidad permite captar procesos ecológicos de largo plazo, reducir variaciones interanuales y mitigar las limitaciones de los sensores remotos, facilitando la identificación de cambios reales (FAO, 2015; Puyravaud, 2003; Quezada et al., 2022; Puerta Tuesta et al., 2023). A partir de los datos de cobertura de bosque nativo, se calcularon indicadores clave.

Deforestación bruta anual

La deforestación bruta se definió como la pérdida total de cobertura boscosa en un intervalo temporal, sin considerar procesos de regeneración o reforestación, lo cual resulta esencial para dimensionar la magnitud real de las transformaciones en el paisaje forestal. A continuación, se presenta la ecuación (1) formulada por Puyravaud (2003) para el estimar la deforestación bruta anual.

$$R = \frac{A_1 - A_2}{T_2 - T_1} \quad (1)$$

Donde:

A1: son las áreas con cobertura boscosa en el T1.

A2: son las áreas con cobertura boscosa en el T2.

T1: es el tiempo inicial del análisis.

T2: es el tiempo final del análisis.

Tasa de Cambio anual

La tasa de cambio de uso del suelo es un indicador cuantitativo que expresa la velocidad de conversión de un tipo de uso a otro dentro de un periodo específico (FAO, 2015). Para este fin, se empleó la ecuación (2) propuesta por Puyravaud (2003).



$$\text{tasa de cambio } q = \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^{1/(T_2-T_1)} - 1 \quad (2)$$

Donde:

A1: son las áreas con cobertura boscosa en el T1.

A2: son las áreas con cobertura boscosa en el T2.

T1: es el tiempo inicial del análisis.

T2: es el tiempo final del análisis.

Limitaciones

Si bien este estudio ofrece un análisis integral de la dinámica espacio-temporal de la cobertura vegetal en Sucumbios, presenta limitaciones derivadas de la ausencia de trabajo de campo. La investigación se sustentó exclusivamente en bases de datos oficiales del MAATE, lo cual implica que no se realizó validación directa en terreno de las clasificaciones cartográficas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis multitemporal del cambio de la cobertura vegetal

Figura 2 | Cobertura vegetal año 1990

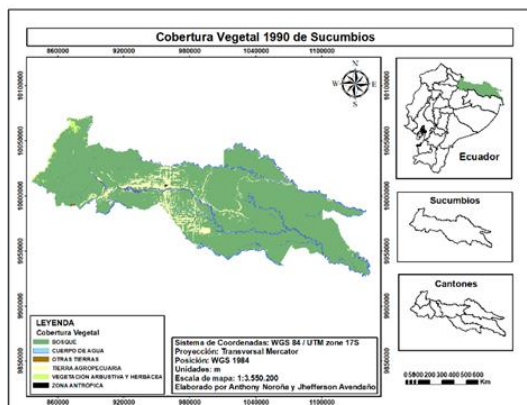


Figura 3 | Cobertura vegetal año 2000

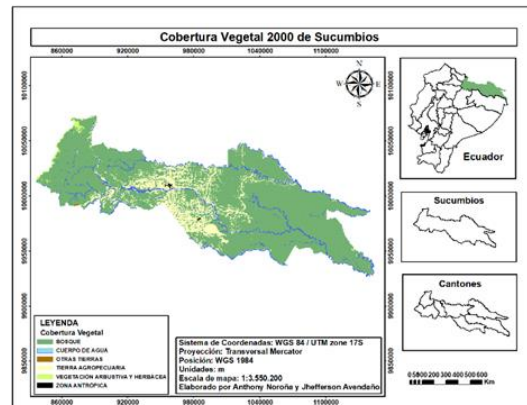


Figura 4 | Cobertura vegetal año 2008

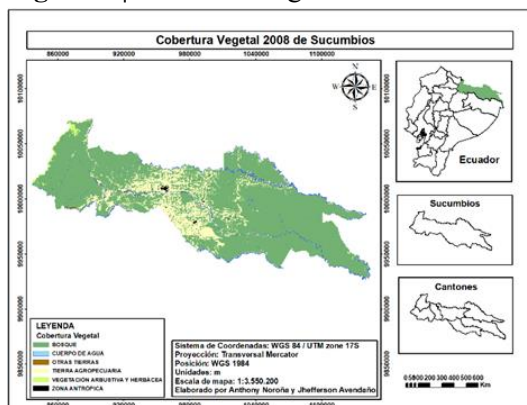


Figura 5 | Cobertura vegetal año 2014

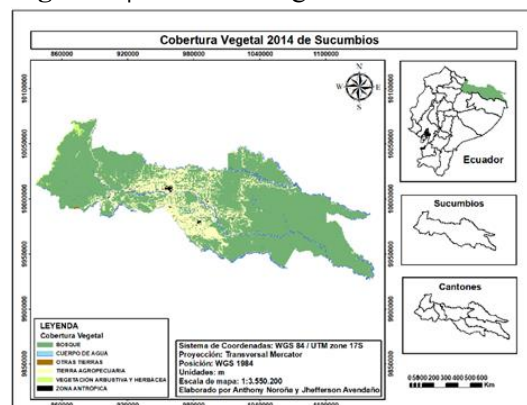


Figura 6 | Cobertura vegetal año 2016

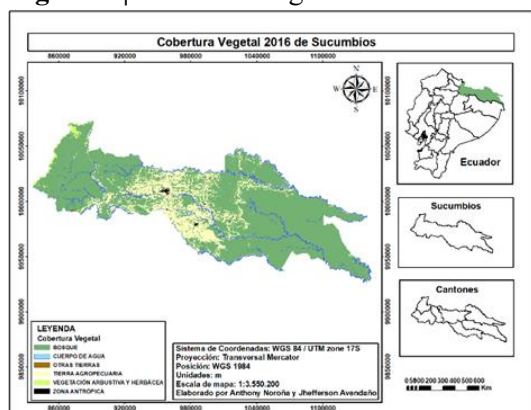


Figura 7 | Cobertura vegetal año 2018

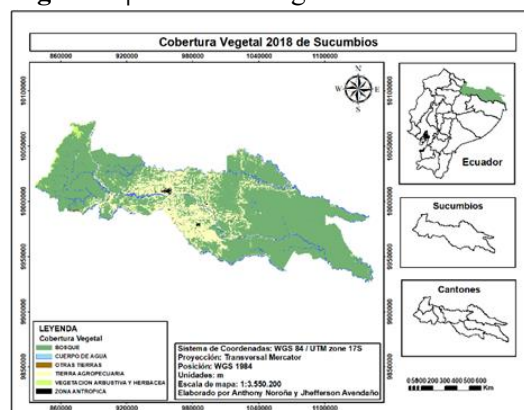


Figura 8 | Cobertura vegetal año 2020

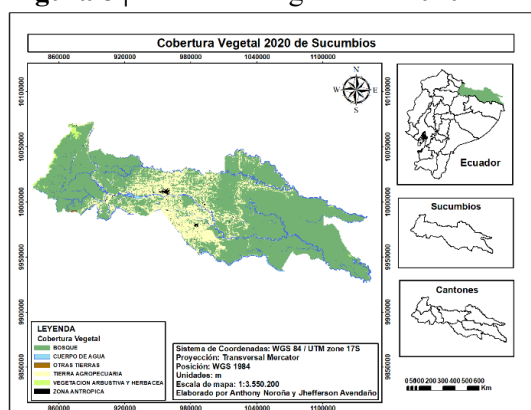


Figura 9 | Cobertura vegetal año 2022

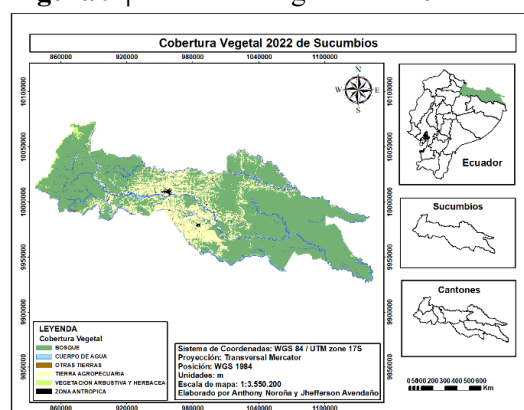
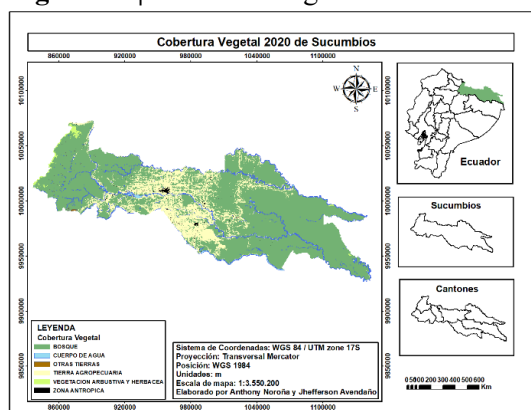


Figura 10 | Cobertura vegetal año 1990-2022

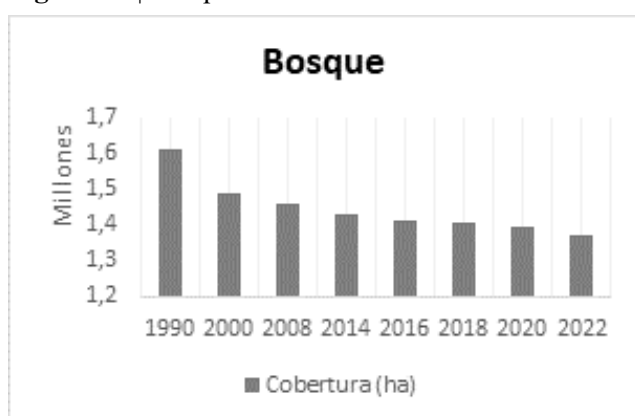


Dinámica multitemporal de la cobertura vegetal

El análisis multitemporal de la dinámica de la cobertura vegetal realizado entre 1990 y 2022 evidencia transformaciones significativas en el paisaje amazónico, marcadas principalmente por tres patrones: la pérdida progresiva del bosque, la expansión de las actividades agropecuarias y el crecimiento urbano sostenido.

En 1990, la cobertura “Bosque” ocupaba 1.617.033,49 hectáreas, reduciendo a 1.491.469,35 ha en 2000. Para 2008 disminuyó a 1.464.030,64 ha, continuando el declive a 1.431.513,72 ha en 2014. En 2016 se registraron 1.416.621,90 ha, seguido de 1.407.318,39 ha en 2018. Para 2020 la superficie se redujo a 1.393.841,86 ha, alcanzando finalmente 1.373.267,92 ha en 2022 (Figura 11 y Tabla 2). La superficie de bosque registró una pérdida neta de 243.765,57 ha entre 1990-2022, lo que representa una reducción del 15,08%, siendo la mayor pérdida entre 1990 y 2000 (125.564,14 ha) y una disminución más gradual en los años posteriores.

Figura 11 | Bosque



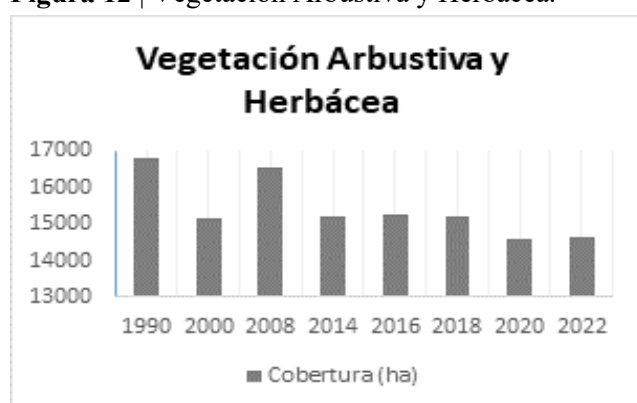
Según el informe de WWF (2022), esta pérdida está estrechamente vinculada a la expansión de actividades agropecuarias, ganaderas y urbanas, que han transformado el paisaje original. Las consecuencias son profundas: se compromete la biodiversidad, se reducen los servicios ecosistémicos y se acelera el cambio climático global al disminuir la capacidad de captura de carbono de uno de los ecosistemas más importantes del planeta.

Tabla 2 | Cobertura de Bosque a lo largo del periodo comprendido entre 1990 al 2022.

Cobertura Vegetal 1990-2022	
Año	Bosque (ha)
1990	1617033,49
2000	1491469,35
2008	1464030,64
2014	1431513,72
2016	1416621,90
2018	1407318,39
2020	1393841,86
2022	1373267,92

La “Vegetación Arbustiva y Herbácea” presentó una tendencia general de disminución entre 1990 y 2022, pasando de 16.822,77 ha a 14.663,19 ha, lo que representa una pérdida neta de 2.159,58 hectáreas (12,83%). La mayor reducción ocurrió entre 1990 y 2000, con una caída de 1.667,56 ha. Aunque se observó una recuperación en 2008, alcanzando 16.529,80 ha, el área volvió a disminuir en años posteriores, manteniéndose relativamente estable entre 2014 y 2018, alrededor de las 15.200 h En 2020 se registró otra baja significativa, seguida de un leve repunte en 2022 (Figura 12 y Tabla 3).

Figura 12 | Vegetación Arbustiva y Herbácea.



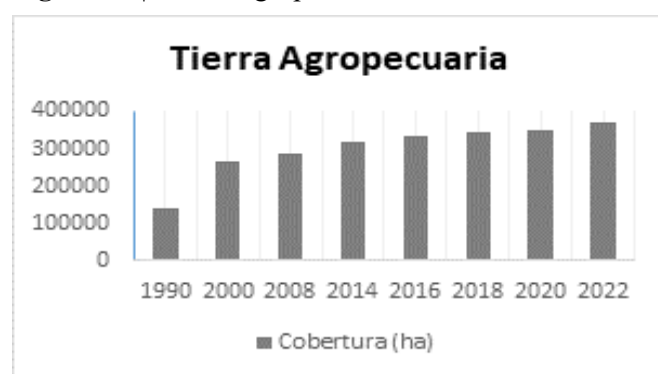
Esta disminución puede atribuirse a diversos factores, entre ellos la expansión de la frontera agrícola, que transforma áreas naturales en terrenos de cultivo; la urbanización desordenada, que invade espacios rurales; la deforestación y el uso del fuego para actividades agropecuarias; el cambio climático, que altera los patrones de regeneración vegetal; y el desarrollo de infraestructura y actividades extractivas como la minería, que impactan directamente los ecosistemas (Rodríguez, 2023). Estos procesos han contribuido a la pérdida progresiva de cobertura vegetal, afectando la estabilidad ecológica de la región.

Tabla 3| Cobertura de Vegetación Arbustiva y Herbácea a lo largo del periodo comprendido entre 1990 al 2022.

Cobertura Vegetal 1990-2022	
Año	Vegetación Arbustiva y Herbácea (ha)
1990	16.822,77
2000	15.155,21
2008	16.529,80
2014	15.189,75
2016	15.238,22
2018	15.218,30
2020	14.617,74
2022	14.663,19

La extensión “Tierra agropecuaria” comenzó con una cobertura de 139.705,39 ha en 1990, incrementando significativamente a 266.106,31 ha en 2000. Para 2008 continuó el crecimiento a 288.802,32 ha, seguido de 320.234,34 ha en 2014. En 2016 registró 334.844,64 ha, aumentando a 343.729,95 ha en 2018. Para 2020 alcanzó 352.228,37 ha, culminando en 369.973,93 ha en 2022 (Figura 13 y Tabla 4). Estos resultados coinciden con lo señalado por Mayorga-Muñoz (2023) quien sostiene que este ascenso sostenido (mayor entre todas las categorías) pone en evidencia la presión creciente que ejerce la actividad agropecuaria sobre el bosque amazónico, evidenciando una tendencia de expansión continua que transforma profundamente el paisaje y plantea retos de sostenibilidad en la región.

Figura 13 | Tierra Agropecuaria.



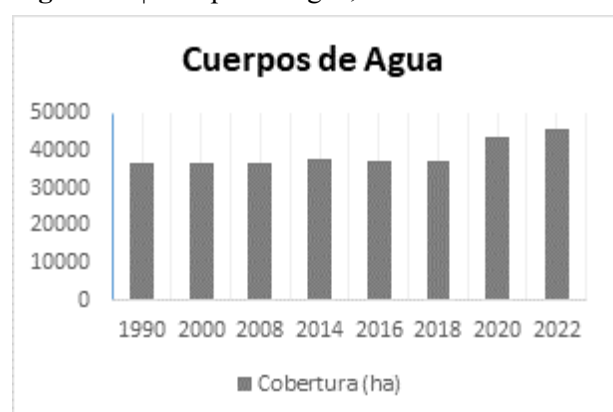
La notable expansión de la superficie dedicada a la agropecuaria en la Amazonía ecuatoriana, que ha pasado de 139,705.39 ha en 1990 a 369,973.93 ha en 2022, refleja tendencias ya identificadas en el cambio del paisaje amazónico. Según Moreno y Moreno (2024), este crecimiento se explica por la rápida transformación de bosques en áreas de cultivo y cría de ganado, motivada por factores socioeconómicos, como por elevación del consumo doméstico de productos del campo.

Tabla 4 | Cobertura de Tierra Agropecuaria a lo largo del periodo comprendido entre 1990 al 2022.

Cobertura Vegetal 1990-2022	
Año	Tierra Agropecuaria (ha)
1990	139.705,39
2000	266.106,31
2008	288.802,32
2014	320.234,34
2016	334.844,64
2018	343.729,95
2020	352.228,37
2022	369.973,93

La superficie de “Cuerpos de Agua” inició con 36.754,41 ha en 1990, manteniéndose prácticamente estable en 36.751,80 ha para 2000. En 2008 registró 36.767,23 hectáreas, incrementando a 37.631,85 ha en 2014. Para 2016 disminuyó ligeramente a 37.389,76 ha, seguido de 37.530,40 ha en 2018. Un incremento significativo se observó en 2020 con 43.778,24 ha, culminando en 46.043,31 ha para 2022 (Figura 14 y Tabla 5). En términos netos, los cuerpos de agua registraron un aumento de 9.288,90 ha (25,27%) pasando de 36.754,41 hectáreas en 1990 a 46.043,31 hectáreas en 2022, siendo la mayor variación entre 2018 y 2020, seguida de un incremento adicional hasta 2022, lo que evidencia una expansión notable en los últimos años del análisis.

Figura 14 | Cuerpos de agua,



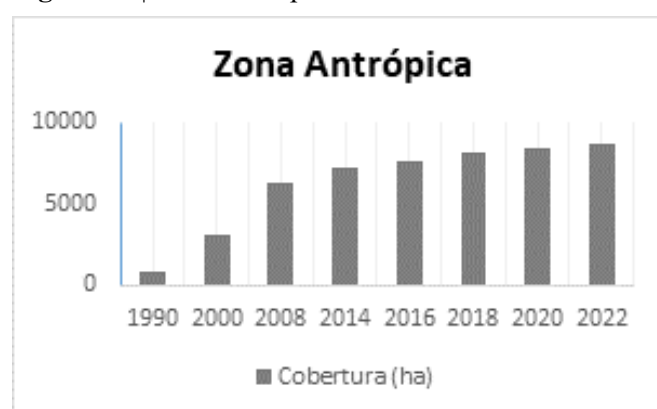
Según el informe técnico de ecoCiencia (2022), basado en el proyecto MapBiomias Amazonía, estas variaciones están estrechamente relacionadas con fenómenos climáticos extremos como lluvias intensas e inundaciones, así como con cambios en la hidrología regional vinculados al paisaje y al uso del suelo. Las expansiones abruptas de lagos y ríos responden tanto a procesos naturales (como el aporte hídrico de los Andes) como a la intervención humana, incluyendo construcción de infraestructura y modificaciones que alteran la escorrentía y patrones de inundación (Quezada et al., 2022).

Tabla 5 | Cobertura de Cuerpos de Agua a lo largo del periodo comprendido entre 1990 al 2022.

Cobertura Vegetal 1990-2022	
Año	Cuerpo de Agua (ha)
1990	36754,41
2000	36751,80
2008	36767,23
2014	37631,85
2016	37389,76
2018	37530,40
2020	43778,24
2022	46043,31

La categoría “Zona Antrópica” Inició con 891,91 ha en 1990, incrementando considerablemente a 3.094,87 ha en 2000. Para 2008 duplicó su superficie a 6.273,33 ha, continuando el crecimiento a 7.268,81 ha en 2014. En 2016 alcanzó 7.655,02 ha, seguido de 8.160,21 ha en 2018. Para 2020 registró 8.454,72 hectáreas, culminando en 8.787,23 ha en 2022 (Figura 15 y Tabla 6). El crecimiento más significativo ocurrió entre 2000 y 2008 (3.178,46 ha), mientras que los periodos posteriores mostraron incrementos más graduales pero constantes.

Figura 15 | Zona Antrópica.



Esta transformación del paisaje coincide con lo señalado por Álvarez y Torres (2021), quienes destacan que el avance de la infraestructura petrolera, vial y urbana, junto con la expansión agrícola y el establecimiento de nuevos asentamientos humanos, ha sido determinante en la modificación del entorno amazónico. Entre 1985 y 2020, la infraestructura en la región creció más del 150%, facilitando acceso a zonas previamente conservadas.

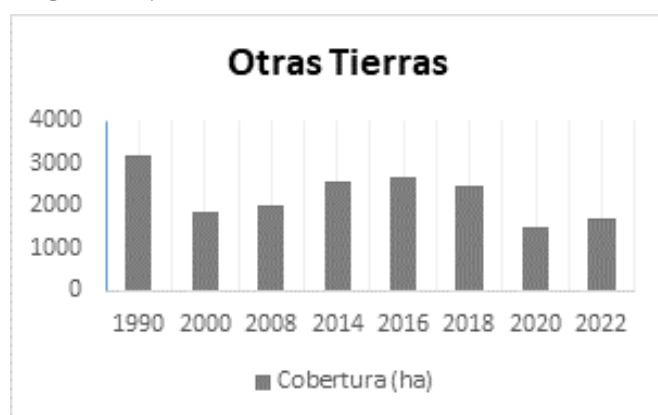
Este proceso ha generado una presión creciente sobre los ecosistemas, provocando deforestación, pérdida de biodiversidad y alteraciones en funciones ecológicas clave, como la fotosíntesis que sostiene la cadena alimenticia, la descomposición que recicla nutrientes, la regulación natural de especies mediante depredación, purificación del agua en humedales y almacenamiento de carbono en los bosques (Moreno-López et al., 2024).

Tabla 6 | Cobertura de Zona Antrópica a lo largo del periodo comprendido entre 1990 al 2022.

Cobertura Vegetal 1990-2022	
Año	Zona Antrópica (ha)
1990	891,91
2000	3.094,87
2008	6.273,33
2014	7.268,81
2016	7.655,02
2018	8.160,21
2020	8.454,72
2022	8.787,23

La categoría “Otras tierras” mostró una notable variabilidad entre 1990 y 2022 (Figura 16). Comenzó con 3.208,92 ha en 1990, reduciéndose drásticamente a 1.839,34 ha en 2000. Posteriormente, experimentó fluctuaciones: aumentó a 2.013,57 ha en 2008, alcanzó 2.667,33 ha en 2016, y luego descendió a 1.495,94 ha en 2020. Finalmente, en 2022 se recuperó parcialmente con 1.681,31 ha (tabla 7)

Figura 16 | Otras Tierras.



En términos netos, esta categoría perdió el 47,61% de su superficie en el periodo analizado, siendo la más inestable entre todas las formas de uso del suelo. Las reducciones más significativas ocurrieron entre 1990–2000 y 2016–2020, intercaladas con fases de recuperación que reflejan una dinámica compleja, posiblemente influenciada por factores tanto naturales como antrópicos.

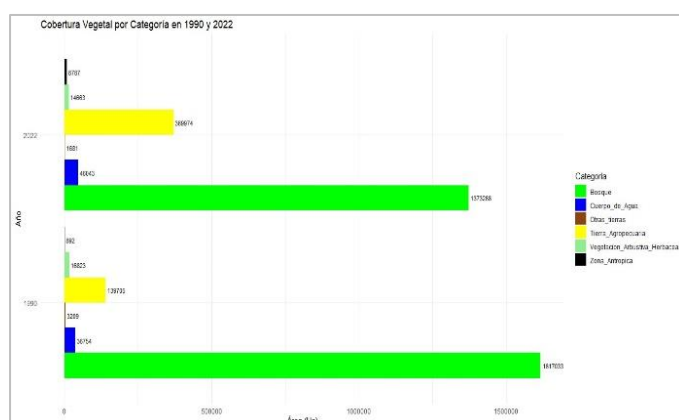
Tabla 7 | Cobertura de Otras tierras a lo largo del periodo comprendido entre 1990 al 2022.

Cobertura Vegetal 1990-2022	
Año	Otras tierras (ha)
1990	3208,92
2000	1839,34
2008	2013,57
2014	2578,41
2016	2667,33
2018	2459,62
2020	1495,94
2022	1681,31

Esta variabilidad coincide con las tendencias identificadas por Moreno y Moreno (2024) en su análisis multitemporal sobre la transformación del paisaje amazónico ecuatoriano, donde se destaca el impacto creciente de actividades humanas (especialmente la expansión agropecuaria y las modificaciones en la gestión territorial) como principales motores de cambio (Figura 17).

Dicho contexto subraya la vulnerabilidad del ecosistema y la urgencia de adoptar estrategias de manejo sostenible, entre ellas la restauración ecológica de áreas degradadas, la zonificación ambiental y fortalecimiento de capacidades técnicas en gestión adaptativa. Estas medidas resultan fundamentales para preservar la resiliencia ecológica frente a presiones externas (Puerta Tuesta et al., 2023).

Figura 17 | Dinámica general de coberturas (1990-2022)



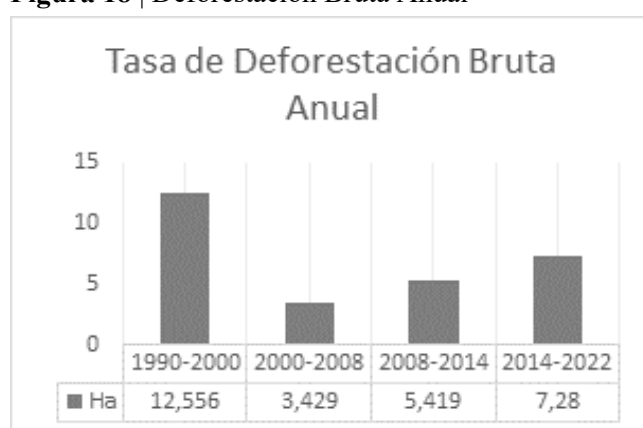
Deforestación bruta para los periodos 1990-2000, 2000-2008, 2008-2014 y 2014-2022

A continuación, se muestran los valores obtenidos en el cálculo de la deforestación bruta anual en los periodos establecidos:

- En el periodo de 1990 al 2000 se calculó una deforestación bruta de 12.556.4 ha.
- En el periodo de 2000 al 2008 se calculó una deforestación bruta de 3.429.8 ha.
- En el periodo de 2008 al 2014 se calculó una deforestación bruta de 5.419.5 ha.
- En el periodo de 2014 al 2022 se calculó una deforestación bruta de 7.280.7 ha.

Con relación a la deforestación bruta, se observa que entre 1990 y 2000 se registró la mayor pérdida de bosque con 12.556 hectáreas, superando ampliamente a los demás periodos. Entre 2000 y 2008, la deforestación se redujo de manera considerable a 3.429 hectáreas, lo que representa la cifra más baja del análisis. Posteriormente, se observa un incremento: 5.419 hectáreas entre 2008 y 2014 y 7.283 hectáreas en el periodo 2014-2022, mostrando una tendencia creciente tras la reducción inicial (Figura 18).

Figura 18 | Deforestación Bruta Anual



Los resultados de deforestación bruta en la provincia de Sucumbíos durante los periodos 1990-2000, 2000-2008, 2008-2014 y 2014-2022 reflejan tendencias similares con los informes de Global Forest Watch (2025) y ecoCiencia (2022), los cuales señalan que la reducción significativa de bosque entre 1990 y 2000, con una pérdida de 12.556 hectáreas de bosque, coincide con un periodo de alta presión antropogénica, principalmente impulsada por la expansión agrícola, la construcción de infraestructura y actividades extractivas.

Esta deforestación no solo implica una reducción de la superficie boscosa, sino que también afecta gravemente la biodiversidad local y la funcionalidad ecosistémica, fragmentando hábitats críticos, disminuyendo la conectividad ecológica necesaria para la migración y supervivencia de especies emblemáticas de la Amazonía.

En consecuencia, los procesos de pérdida de bosque en Sucumbíos tienen un impacto directo sobre servicios ecosistémicos clave, como la regulación hidrológica y el ciclaje de carbono (Moreno-López et al., 2024).

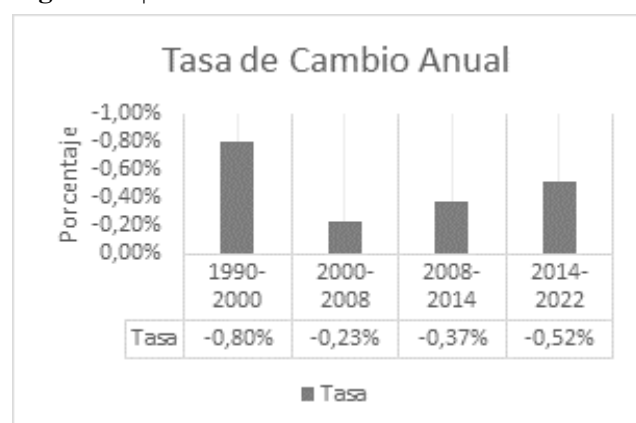
Tasa de cambio anual para los periodos 1990-2000, 2000-2008, 2008-2014 y 2014-2022

A continuación, se presentan los valores obtenidos en el cálculo de la tasa de cambio anual convertidos a porcentaje.

- En el periodo 1990 al 2000 se calculó una tasa de cambio de $(-8.05057 \times 10^{-3}) \times 100 = 0.80 \%$
- En el periodo 2000 al 2008 se calculó una tasa de cambio de $(-2.31836 \times 10^{-3}) \times 100 = -0.23 \%$
- En el periodo 2008 al 2014 se calculó una tasa de cambio de $(-3.73648 \times 10^{-3}) \times 100 = -0.37 \%$
- En el periodo 2008 al 2022 se calculó una tasa de cambio de $(-5.17894 \times 10^{-3}) \times 100 = -0.52 \%$

La Figura 19 muestra la variación de la tasa de cambio anual de la cobertura boscosa en la provincia de Sucumbíos durante los diferentes periodos evaluados. En el intervalo 1990-2000 se registró la mayor disminución relativa, con una tasa de -0,80 % anual, lo que refleja un proceso acelerado de deforestación en comparación con los demás periodos.

Figura 19 | Tasa de cambio Anual



Entre 2000 y 2008 se evidenció una desaceleración significativa, alcanzando la tasa más baja del análisis con -0,23 % anual, lo que podría asociarse a acciones de conservación o a una menor presión antrópica en la región. Durante el periodo 2008-2014 la tasa se incrementó a -0,37 % anual, indicando un repunte en la pérdida de cobertura forestal. En el intervalo 2014-2022, la tasa de cambio alcanzó -0,52 % anual, lo que confirma la persistencia del proceso de deforestación y su intensificación en los años más recientes.

La tasa de cambio anual de la deforestación en Sucumbíos muestra una fluctuación que concuerda con los datos reportados por Rodríguez (2023) quien sostiene que estos resultados son reflejo de una intensa pérdida de cobertura forestal atribuible a la expansión agrícola, actividades extractivas y desarrollo de infraestructura, siendo Sucumbíos la provincia con la mayor tasa de deforestación en el país, superando la media nacional. Estas fluctuaciones inciden directamente en la estructura y funcionalidad de los ecosistemas, aumentando la fragmentación del hábitat y comprometiendo la biodiversidad regional, especialmente especies sensibles a la pérdida de hábitat continuo (Chumaña and Quinaucho, 2023).

CONCLUSIONES

La cobertura vegetal en la provincia de Sucumbíos entre 1990 y 2022 evidenció transformaciones significativas en el paisaje, caracterizadas por una reducción sostenida de la cobertura boscosa nativa con una expansión notable de las Áreas Agropecuarias y Zonas antrópicas.

En síntesis, el análisis de la zonificación de coberturas permitió evidenciar transformaciones significativas en el paisaje territorial. Destaca el notable incremento de la superficie destinada a “Tierra agropecuaria”, con un crecimiento del 164 % durante el periodo evaluado, acompañado de una disminución cercana al 15 % en la cobertura de “Bosque”, lo que sugiere una presión creciente sobre los ecosistemas naturales. Paralelamente, se observó una expansión progresiva de los “Cuerpos de agua”, equivalente al 25 % respecto a su superficie inicial, y un acelerado desarrollo de la “Zona Antrópica”, cuyo aumento del 885 % refleja un proceso de urbanización intensivo y sostenido. Estos hallazgos permiten comprender la magnitud de los cambios en el uso del suelo y sus implicaciones ambientales.

El análisis comparativo por intervalos temporales reveló variaciones en la tasa anual de deforestación bruta. El periodo comprendido entre 1990 y 2000 registró el incremento más pronunciado (12.556 ha/año), alcanzando la mayor pérdida de bosque. En etapas posteriores la deforestación continuó, aunque con valores más moderados, destacando el intervalo 2000-2008 como el de menor tasa registrada (3.429 ha/año).

En conclusión, los resultados evidencian cambios profundos en el uso del suelo y la cobertura vegetal de Sucumbíos durante más de tres décadas.



El empleo conjunto de ecuaciones estadísticas y mapas de uso de suelo, permitió cuantificar y comparar la tasa de deforestación, así como la pérdida bruta anual de bosque, aportando precisión a la caracterización de estos procesos.

Más allá de su valor metodológico, estos hallazgos resultan fundamentales para orientar políticas públicas de conservación y restauración, así como para reforzar la planificación de áreas protegidas. De este modo, se ofrece una base sólida para la gestión ambiental regional, investigaciones futuras orientadas al monitoreo, protección del patrimonio natural y la recuperación de ecosistemas estratégicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alawode, G.L., Oluwajuwon, T.V., Hammed, R.A., Olasuyi, K.E., Krasovski, A., Ogundipe, O.C.,

Kraxner, F., 2025. Spatiotemporal assessment of land use land cover dynamics in Mödling district, Austria, using remote sensing techniques. *Heliyon* 11, e43454.

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e43454>

Alberto, W., Lozano, A., 2025. Metodología de la Investigación en la Educación Superior . Un

Escenario para la Práctica de la Investigación. <https://doi.org/10.23857/pc.v9i4.7046>

Chen, D., Fei, X., Li, J., Wang, Z., Gao, Y., Shen, X., He, D., 2025. Refined Classification of Mountainous Vegetation Based on Multi-Source and Multi-Temporal High-Resolution

Images. *Forests* 16, 707. <https://doi.org/10.3390/f16040707>

Chumaña, W., Quinauco, C., 2023. ANÁLISIS DE COBERTURA DE USO DE SUELO

MEDIANTE LOS DATOS SATELITALES DE IMÁGENES LANDSAT 7 Y 8 PARA LA REGIÓN AMAZÓNICA DEL ECUADOR ENTRE LOS AÑOS 2000 AL 2022.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.

ecoCiencia, 2022. MAPBIOMAS Para más información: amazonia.mapbiomas.org COLECCIÓN 3 AMAZONÍA.

Global Forest Watch, 2025. Sucumbios, Ecuador Deforestation Rates & Statistics | GFW [WWW Document].

Guerrero Calero, J.M., Romero Añazco, Y.V., Salvatierra Pilo, D.M., Barbán Forte, Y., Cabrera

Verdesoto, C.A., 2025. Análisis de cambios de cobertura vegetal en la hacienda Valle Verde



- 2017-2022 en el sitio el Jurón, parroquia Puerto Cayo, Ecuador. UNESUM - Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria 9, 176–184. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v9.n1.2025.176-184>
- Guo, W., Shi, H., Jiao, X., Yu, L., Wang, H., Li, B., 2025. Characteristics of Spatial and Temporal Vegetation Succession in the Yellow River Basin and Its Impact on Runoff. Ecohydrology 18. <https://doi.org/10.1002/eco.70044>
- Hernández-cavazos, M.C., 2024. Cambios espacio-temporales de la vegetación ribereña en la subcuenca hidrológica Monterrey , Nuevo León Spatio-temporal changes of riparian vegetation in the Monterrey hydrological 2, 11–19. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v22i50.7759>
- Jaramillo, L.V., Antunes, A.F., 2018. Detección de cambios en la cobertura vegetal mediante interpretación de imágenes Landsat por redes neuronales artificiales (RNA). Caso de estudio: Región Amazónica Ecuatoriana. Revista de Teledetección 33. <https://doi.org/10.4995/raet.2018.8995>
- Jonathan, L., Coronel, J., Cecilia, A., Herrera, M., Catalina, A., Guaraca, G., Gabriel, J., Lara, M., 2025. Análisis y predicción del cambio de uso y cobertura de suelo en el Corredor de Conectividad Llanganates-Sangay para 2030. La Granja. Revista de Ciencias de la Vida 41, 11–39.
- Jurado, M., 2022. Impacto de la inversión pública en las dinámicas de la deforestación en la provincia de Sucumbíos (2007-2019).
- Kazi-Tani, L.M., Bannari, A., 2021. Multi-Temporal Changes Analysis of Natural Vegetation Cover Using Serial NDVI and Metric Indices: Case of Tlemcen National Park (Northwest of Algeria), in: 2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS. IEEE, pp. 3781–3784. <https://doi.org/10.1109/IGARSS47720.2021.9553177>
- MAATE, 2024. EL ESTADO DE LOS BOSQUES EN EL ECUADOR CONTINENTAL 1990-2022.
- MapBiomass, 2024. MapBiomass Amazonia. URL <https://amazonia.mapbiomas.org/2024/09/26/la-amazonia-sufrio-una-perdida-de-bosques-casi-tan-grande-como-el-tamano-de-colombia-revela-analisis-de-mapbiomas/> (accessed 9.24.25).



- Mayorga-Muñoz, A.M., 2023. Cambio de uso de suelo en la provincia de Sucumbios entre los años 2003 a 2023. Universidad Internacional SEK. Universidad Internacional SEK.
- Oliveira, A.K.M. de, Pirajá, R.V., 2022. Análise multitemporal da cobertura vegetal na Bacia Hidrográfica do Córrego Ceroula, Mato Grosso do Sul. Interações (Campo Grande) 997–1011. <https://doi.org/10.20435/inter.v23i4.3023>
- Puerta Tuesta, R.H., Iannacone Oliver, J.A., Reategui Inga, M.E., 2023. Una revisión del uso de imágenes Sentinel-2 para el monitoreo de la cobertura boscosa a nivel global. Ingeniería y Competitividad 25. <https://doi.org/10.25100/iyc.v25i3.12708>
- Quezada, A.S., Sevilla Tapia, J.D., Avilés Sacoto, E.C., 2022. Estimación de la tasa de deforestación en Pastaza y Orellana- Ecuador mediante el análisis multitemporal de imágenes satelitales durante el período 2000-2020. Revista Alfa 6, 282–299. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v6i17.168>
- Rodriguez, D., 2023. Región Amazónica de Ecuador [WWW Document]. URL <https://www.lifeder.com/region-amazonica-ecuador/>
- Zumaeta Lozano, D.L., 2021. Análisis multitemporal y predictivo del cambio de uso del suelo y pérdida de cobertura vegetal. Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería 2, 81. <https://doi.org/10.25127/ucni.v2i3.607>

