

pp. 80-90

Análisis espacial para la localización de sitios potenciales de reforestación mediante SIG, en la comunidad de Tortí, Chepo

Spatial Analysis for the Identification of Potential Reforestation Sites Using GIS in the community of Tortí, Chepo

Marianela Martínez

Universidad de Panamá, Facultad de Humanidades. Escuela de Geografía e Historia.
Panamá.

marianela.martinez@up.ac.pa <https://orcid.org/0009-0004-3837-745X>

Recibido: 23/6/2025 - Aceptado: 11/8/2025

DOI <https://doi.org/10.48204/j.guacamaya.v10n1.a8378>

Resumen

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo primordial la elaboración de un mapa de sitios potenciales para la reforestación en la comunidad de Tortí, ubicada en el distrito de Chepo, provincia de Panamá, mediante el uso del software ArcGIS. Para ello, se utilizaron datos existentes del corregimiento, tales como información sobre suelos, relieve e hidrografía, así como herramientas de geoprocésamiento, archivos ráster, y estadísticos.

Los resultados del modelo evidencian que gran parte del territorio en estudio presenta un alto nivel de deterioro ambiental, atribuido principalmente a la deforestación y al uso inadecuado del suelo, ocasionados por la expansión de actividades del sector primario y el crecimiento poblacional.

Entre los principales productos generados se destaca un mapa de conflictos ambientales, elaborado con base en tres criterios fundamentales adecuado, subutilizado y, sobre explotado, así como un mapa de sitios potenciales de reforestación, con especial énfasis en las áreas cercanas a los nacimientos de ríos, para lo cual se aplica un buffer para determinar la zona más apta. Cabe resaltar que, del total de 98,766 hectáreas que conforman el corregimiento, aproximadamente 57,299 hectáreas se encuentran actualmente sin cobertura vegetal y con suelos sobreexplotados.

Palabras clave: Gestión forestal, sistema de información geográfica, deforestación.

Abstract

This research project was primarily focused on generating a map of reforestation sites for the corregimiento of Tortí, located in the district of Chepo in the Province of Panama, through the use of ArcGIS software. Available and existing input data from the corregimiento were used such as soils, relief, and hydrography which were processed and exported in ArcMap.

As a final result of the model, it was determined that most of the corregimiento is experiencing environmental degradation with a strong impact caused by deforestation and the misuse of land, specifically due to primary sector activities. One of the main outcomes of this research project is the creation of a conflict map stratified by three basic criteria and a map of potential reforestation sites, taking into account river sources. Of the total area of the corregimiento (98,766 hectares), currently, 57,299 hectares lack vegetation cover and have overexploited soil.

Keywords: Forest management, local information system, deforestation

Introducción

La comunidad de Tortí al estar ubicada geográficamente en una zona rural, la mayor parte de la población se dedica a actividades relacionadas con la subsistencia, ello provoca una expansión del sector agropecuario en la mayor parte del territorio, así como una sobreexplotación del suelo. En sus comienzos la comunidad poseía muy poca infraestructura, sin embargo, con el paso del tiempo esta situación ha ido cambiando.

En las últimas dos décadas, la comunidad experimentó algunos cambios derivados por la llegada de los medios de comunicación y la construcción de infraestructuras como las calles pavimentadas y centro bancario. El auge del sector primario y terciario, aunado al aumento de la población ha sido el detonante de dos de los problemas más grandes que ha enfrentado la comunidad en toda su historia: la tala de árboles en forma discriminada y la falta de planificación territorial, que luego de más de una década de lucha, parece acabar con los cimientos de una comunidad que cuenta con un caudal de riqueza histórica y biogeográfica extraordinaria.

La reducción de la cobertura boscosa representa un desafío significativo para la captura de carbono y la conservación de los ecosistemas. En Atlántida, Honduras, se ha evidenciado que la deforestación disminuye la capacidad de los bosques para almacenar carbono, especialmente en áreas con baja regeneración natural. Este escenario hace indispensable la planificación de programas de reforestación que prioricen zonas con déficit arbóreo y promuevan la restauración de hábitats degradados (Calderón, 2023).

Figura 1

Área Boscosa Deforestada Por Explotación Agrícola



Nota: Imagen que muestra el impacto de la deforestación sobre la cobertura vegetal en el corregimiento de Tortí. Se observan zonas con pérdida total de bosque. Fotografía tomada por el autor en marzo 2015.

Durante la estancia, en esta comunidad, es posible observar los cambios en función del suelo, como resultado de la práctica de la agricultura extensiva lo cual ha provocado que el suelo quede expuesto o desnudo, es decir, sin cobertura vegetal natural que lo proteja, lo que incrementa su vulnerabilidad a la erosión, la pérdida de nutrientes y la degradación de su estructura. Los resultados del modelo evidencian que gran parte del territorio en estudio presenta un alto nivel de deterioro ambiental, atribuido principalmente a la deforestación y al uso inadecuado del suelo (Moscoso, 2024).

Materiales y Métodos

La investigación posee un diseño metodológico no experimental, de corte transversal, cuyos datos fueron recolectados en un período específico, para observar y analizar las condiciones físicas y demográficas. Entre febrero a diciembre 2016, se realizó un registro mensual de los cambios registrados en función del aumento de la población y pérdida de vegetación en el área geográfica. El estudio es descriptivo y exploratorio, ya que caracteriza y documenta el territorio en función de aspectos como el suelo, cobertura vegetal, pendiente, hidrografía, vegetación, el mismo se desarrolló en el corregimiento de Tortí, distrito de Chepo, provincia de Panamá, ubicado entre los 8°54'57.1" L.N y 78°23'29.7" L.W.

Investigaciones como la de López (2022) han demostrado la utilidad de los análisis multitemporales para evaluar la dinámica de la deforestación en áreas protegidas y zonas de amortiguamiento, lo cual resulta clave al momento de identificar tendencias espaciales de pérdida forestal. Asimismo, el estudio de Obando Facundo (2024) destaca el papel fundamental del ordenamiento territorial como herramienta estratégica en la lucha contra la

deforestación, especialmente en contextos donde el crecimiento poblacional y las presiones sobre el uso del suelo afectan los ecosistemas naturales.

En ese sentido, el presente estudio busca aplicar criterios similares, combinando información geoespacial y demográfica para determinar sitios potenciales de reforestación como una respuesta a las problemáticas ambientales observadas en Tortí. Con respecto a la metodología a nivel específico, se empleó el análisis mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) para estudiar procesos de revegetalización.

Sin embargo, la información disponible sobre este tipo de sistemas aún es limitada, dado que se trata de una estrategia novedosa de reforestación que implica el uso de diagramas con diseños de siembra. En estos diseños, cada especie vegetal es ubicada en un lugar específico del área plantada, según sus características y comportamientos ecológicos. Este enfoque ha sido aplicado por Oviedo (2022), quien utilizó un análisis multi-criterio en SIG para caracterizar áreas de revegetalización, destacando el valor de estos sistemas para planificar espacialmente procesos ecológicos complejos.

El tipo de investigación es aplicada, ya que busca generar información para la toma de decisiones ambientales basadas en un enfoque mixto para el análisis de conflicto en cuanto al uso del suelo. Se analizó información de capas vectoriales de geología, suelo, red vial, hidrografía, con proyección WGS 1984 UTM, Zona_17 N, Transversal Mercator y capas ráster SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) con una resolución 30 metros (1 arc-second) y 90 metros (3 arc-seconds) con un amplio uso en estudios ambientales, hidrológicos y planificación territorial, etc. Se consultó literatura jurídica (ley 1 del 3 de febrero de 1994), por la cual se establece la legislación Forestal de la República de Panamá y textos relacionados con la aplicación de SIG (Chías, 2002).

El enfoque aplicado de esta investigación permite no solo la identificación de áreas potenciales para la reforestación, sino también el análisis espacial de la relación entre los factores físicos del territorio y las presiones antrópicas que contribuyen a la degradación ambiental. A través del uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), se procesaron y superpusieron las capas vectoriales y ráster para generar mapas temáticos que evidencian zonas con alta susceptibilidad a la deforestación, pero también con potencial de recuperación ecológica.

Este proceso técnico-científico se complementó con un enfoque mixto que permitió la triangulación de datos cuantitativos como el análisis espacial y topográfico con datos cualitativos derivados de observaciones de campo y revisión documental. En este sentido, se retoma lo planteado por Obando Facundo (2024), quien destaca que el uso adecuado del ordenamiento territorial requiere una comprensión integral de los elementos físicos, sociales y normativos del paisaje.

Asimismo, el aporte de López (2022) resulta pertinente al considerar cómo los análisis multitemporales y el SIG permiten establecer patrones de pérdida forestal a largo plazo, lo cual es fundamental para proyectar acciones de reforestación sostenibles. Por tanto, este estudio se posiciona como una herramienta técnica para la planificación ambiental local con base científica y normativa.

Tabla 1

Capas vectoriales utilizadas en el análisis

Categoría	Geología	Litología	Rocas andesitas / Otros elementos	Fuente	Escala
Geología	Geología	Pendientes	Orientación / erosión	Mckay, A. (2010). Atlas Ambiental de la República de Panamá	1:445,623
Suelos	Suelos	Clases agrológicas	Suelos erosionados	Mi ambiente	1:330,183
Hidrografía	Hidrografía	Red hídrica	Nacimientos	Mi ambiente	1:455,225
Variables biológicas	Vegetación	Tipo y cobertura	Coberturas vegetales	Mi ambiente	1:330,183
Infraestructura	Red de carreteras	Vías principales y secundarias	Distancia	Mi ambiente	1:330,183

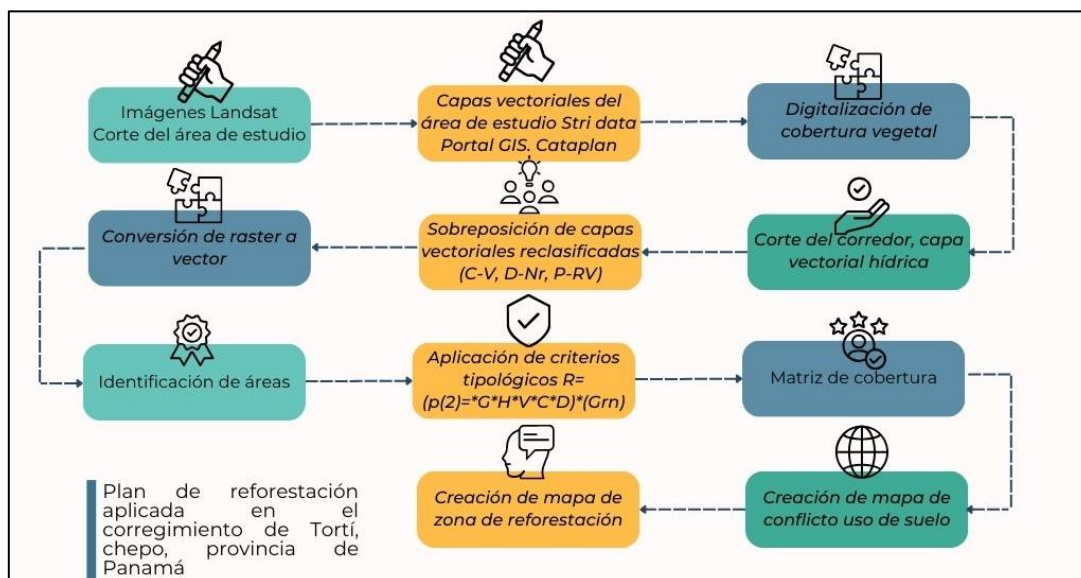
Nota: El cuadro muestra una clasificación temática de variables físicas, biológicas y de infraestructura usadas en estudios de ordenamiento territorial. Incluye fuentes y escalas de referencia utilizadas. Datos adaptados de Mckay, A. (2010). *Atlas Ambiental de la República de Panamá*, y del Ministerio de Ambiente de Panamá (Mi Ambiente).

Resultados y Discusión

El análisis de la cobertura vegetal en el corregimiento de Tortí revela que una gran parte del territorio (57,299 hectáreas, equivalente al 58%) se encuentra bajo un uso agropecuario sobreexplotado, lo que evidencia un fuerte deterioro ambiental producto de la deforestación y el mal manejo del suelo. Esta situación representa un desafío importante en términos de sostenibilidad, ya que compromete los servicios ecosistémicos y la capacidad del territorio para mantener su productividad a largo plazo. En contraste, se identifican 31,920 hectáreas de bosque maduro con buen uso (32% del área total), lo que constituye una oportunidad para la conservación de ecosistemas y la implementación de políticas de manejo forestal sostenible.

Figura 2

Modelo Cartográfico empleado en el análisis del territorio



Nota: El diagrama representa las etapas del plan de reforestación aplicado en el corregimiento de Tortí, distrito de Chepo, destacando el uso de imágenes Landsat, digitalización de capas vectoriales.

El resto de las categorías representa aproximadamente el 10% del territorio e incluye zonas como rastrojos con buen uso (4,878 ha), plantaciones forestales (1,210 ha), bosques intervenidos con buen uso o subutilizados, y aguas interiores. Estas áreas muestran distintos niveles de intervención y recuperación, lo cual permite identificar espacios con potencial para reforestación y restauración ecológica. En conjunto, estos datos orientan la planificación de estrategias ambientales para el corregimiento, destacando la necesidad de reducir la presión sobre los suelos degradados y fomentar acciones de restauración y uso racional del territorio.

En el proceso de elaboración de un modelo cartográfico, el análisis de cambios resultó fundamental para derivar un mapa de pérdidas en la cobertura de vegetación leñosa natural, permitiendo así identificar patrones de distribución espacial en zonas afectadas por el retroceso forestal. Este tipo de representación facilitó la delimitación de dos áreas críticas de transformación ambiental, con una distribución concentrada en sectores degradados, lo cual evidencia la utilidad del enfoque cartográfico para interpretar procesos espaciales complejos (Montes Galbán, 2024, p. 14).

Tabla 2

Criterios utilizados para el análisis espacial

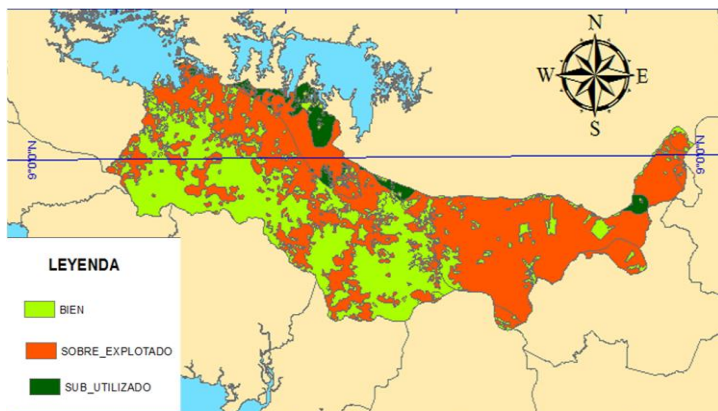
Mapas de conflictos	Criterio	Condición
Bosque intervenido	III	Sub Utilizado
Bosque secundario	III	Sub Utilizado
Bosque maduro	III	Sub Utilizado
Otros usos	III	Sub Utilizado
Rastrojos	III	Adecuado
Uso agropecuario	III	Adecuado
Bosque intervenido	VI	Adecuado
Bosque secundario	VI	Adecuado
Bosque maduro	VI	Adecuado
Otros usos	VI	Adecuado
Rastrojos	VI	Adecuado
Uso agropecuario	VI	Sobre Explotado
Bosque intervenido	VII	Adecuado
Bosque secundario	VII	Adecuado
Rastrojos	VII	Adecuado
Uso agropecuario	VII	Sobre Explotado
Bosque intervenido	VIII	Adecuado
Bosque secundario	VIII	Adecuado

Nota: La tabla presenta la relación entre los distintos tipos de cobertura del suelo (como bosques, rastrojos y uso agropecuario) y las clases de capacidad de uso del suelo (III, VI, VII y VIII), determinando su condición de uso como **subutilizado**, **adecuado** o **sobreexplotado**.

El bosque intervenido con buen uso del suelo representa el 39%, mientras que los bosques maduros situados en la parte sur del corregimiento los observamos en un 3%, la superficie sobre explotado representa un 58%. Casi más de la mitad del territorio se encuentra deforestado, propenso a la erosión. Si nos basamos en los criterios expuestos en el cuadro, nos damos cuenta que un 1.3% representa el suelo sub utilizado, un 58% representa suelos con alta erosión descubierta de cobertura vegetal, aguas interiores la constituyen un 2% mientras que un 41 % representan los suelos con buen uso. Para analizar la deforestación en la ZRC-G, es pertinente aplicar el pensamiento sistémico y la teoría de la complejidad, ambos derivados de la teoría de sistemas propuesta por Ludwig von Bertalanffy, la cual ha permitido nuevas formas de interpretar el mundo y ha dado origen a enfoques como los sistemas complejos (Riveros, 2021).

Figura 3

Mapa de conflictos sobre el uso de suelo



Nota: Se visualizan tres categorías de uso del suelo: áreas bien utilizadas (verde), sobreexplotadas (naranja) y subutilizadas (verde oscuro), identificadas mediante análisis de cobertura vegetal y criterios tipológicos.

Una técnica muy utilizada en la cartografía es la comparación de territorios mediante el mapeo relacionado al uso de suelo y vegetación, Mayorga (2023) resalta en su tesis *Cambio de uso de suelo en la provincia de Sucumbíos entre los años 2003 a 2023*, la importancia de los mapas de conflictos para la clasificación de elementos que cambian en el tiempo. Para este estudio se consideró capas vectoriales como la de capacidad agrológica, DEM 30 m, cobertura vegetal, y se aplicó una sobreposición que permitió visualizar cambios en el uso de la tierra de acuerdo a la intensidad, tipo y extensión. Las categorías establecidas fueron adecuadas, subutilizadas y sobreexplotado, el primer ítem hace referencia cuando el uso del suelo representa un deterioro mínimo, el segundo, cuando el uso es levemente intervenido, y el tercero, cuando la sobreexplotación amenaza el equilibrio natural. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son esenciales para el conocimiento y gestión de procesos como la reforestación, ya que permiten representar con precisión las variaciones espaciales del territorio, asociar atributos ambientales a cada unidad geográfica y establecer relaciones entre factores biofísicos y socioeconómicos que influyen en la dinámica del paisaje (Chías & Navarro, 2002).

Del área total del corregimiento de Tortí (98,766 Has), las áreas utilizadas actualmente son 98,240.03 Has. Un 58% esta explotada, y quizás lo más lamentable es el hecho de que se esté violando las prohibiciones de talar árboles cerca de los nacimientos de los ríos. A través de este proyecto se plantean 525.03 Has para reforestación cerca de estas cabeceras de los ríos en la parte norte.

Para el noroeste durante el año 2000 existían selvas vírgenes, actualmente 4,878 Has constituyen rastrojo. La deforestación representa una amenaza ambiental global, al ser el principal ente que promueve el cambio climático, y coloca en riesgo los bosques, quienes poseen un papel preponderante en la provisión de servicios ecosistémicos esenciales como el agua, la captura de carbono y la conservación de la biodiversidad (Vargas Rodríguez & Chávez Bustos, 2021).

Los suelos con mayor degradación se localizan en la parte este del corregimiento, asociado a pendientes más fuertes. Esta situación crítica tiene como causa principal la extensión de

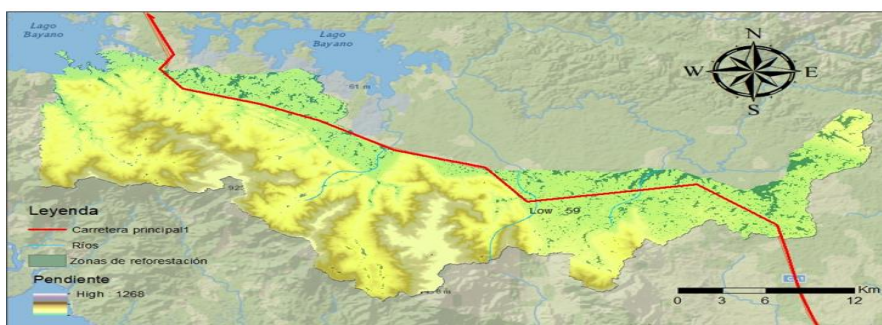
cultivos y actividades agropecuarias en áreas destinadas a la protección ambiental, según la ley 41 de Mi Ambiente de 1998, en el cual se establece los principios normativos para la protección, conservación, mejoramiento y restauración del ambiente, incluyendo sus recursos naturales.

Los suelos subutilizados, en el sentido de las potencialidades están ubicados en las cercanías de Quebrada Cali, Tortí Abajo y Brazo de Piriati. El 3% de la superficie total del corregimiento, ha sido empleado para fines agropecuarios, entre ellos proyectos agrosilvopastoriles, cultivos limpios, y que actualmente se encuentran convertidos en rastrojo. Por otro lado, se evidencia una zona de conflicto en la parte noroeste en los poblados de Ipetí, Catrigandí, Curticito, Higueral Arriba, Higueral Centro, los cuales presentan un alto índice de deforestación, comprometiendo la estabilidad de los nacimientos de los ríos, generando procesos erosivos y sedimentación. La zonificación ambiental permite comprender la transformación del territorio al identificar unidades espaciales de uso y ocupación, considerando factores biofísicos y socioeconómicos como las potencialidades, limitaciones y fragilidades del ecosistema (Paja & Sánchez, 2023).

El plan de reforestación se ejecutará en el norte del corregimiento, con la finalidad de brindar la protección adecuada a las fuentes de aguas existentes, contrarrestar la deforestación, mediante un diagnóstico, zonificación, manejo acorde a los reglamentos gubernamentales, los cuales rigen la explotación forestal, junto con prediseños de las obras de desarrollo básicas. Con respecto a la planificación territorial, Conesa (2005), resalta la importancia de un análisis del paisaje geográfico mediante SIG. Por ello, el mapa de conflicto se realizará mediante la utilización del software ArcGIS, el cual facilita el análisis a partir de herramientas de geoprocésamiento, generando toma de decisiones en forma oportuna.

Figura 4

Zona de reforestación



Nota: El mapa muestra la clasificación del territorio según el grado de aprovechamiento del suelo, identificando zonas **bien utilizadas**, **sobreexplotadas** y **subutilizadas**, con base en criterios edafológicos, de cobertura vegetal y uso actual.

Conclusión

En el mapa de conflicto elaborado con los sistemas de Información Geográfica reflejo para la parte norte un 2% con un buen uso del suelo. La parte occidental del corregimiento de Tortí presenta un 58% deforestados y con mal uso producto del incremento de actividades

agropecuarias. Ante la constante situación crítica en la que se ha envuelto este corregimiento se ha propuesto a través de este proyecto la reforestación de 525 hectáreas. Los poblados mayormente deforestados son Ipetí, Catrigandí, Curticito, Higueronal Arriba, Higueronal Centro. Los bosques maduros son los que presentan mejor uso y abarcan gran parte sur del corregimiento con aproximadamente 31,290 hectáreas. Para la parte sureste se observan plantaciones forestales con especies endémicas maderables, las cuales tienen una extensión de 1210 hectáreas. Las zonas mayormente que arrojo nuestro mapa de sitios potenciales de reforestación corresponde a la parte norte cerca de las cabeceras de los ríos principales. Los criterios utilizados para determinar los conflictos fueron adecuados, sub utilizado y sobre explotado, permitiendo mediante la sobreposición y herramientas como ArcGIS 10, poder visualizar áreas conflictivas en las que no se cumple la ley 41 de Mi Ambiente, así como elaborar planes de reforestación en la región septentrional del corregimiento.

Agradecimientos

Al magíster Raúl Martínez, gerente de Manejo de Cuenca del Canal de Panamá, por el apoyo logístico brindado.

Referencias Bibliográficas

- Calderón, L. D. (2023). Análisis del cambio en la cobertura boscosa enfocado en la descarbonización como propuesta de reforestación en Atlántida, Honduras. *Innovare: Revista De Ciencia Y tecnología*, 12(1-1), 3–9. <https://doi.org/10.5377/innovare.v12i1-1.16008>
- López, N. E. (2022). *Análisis multitemporal de deforestación en el Parque Nacional Podocarpus (PNP) y su zona de amortiguamiento*. [Tesis].
- Chías, L., & Navarro, J. (2002). *Aplicación de los sistemas de información geográfica a la redacción del planeamiento* (Cuadernos de Investigación Urbanística, N.º 34). Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Conesa, J. A., & García, M. (2005). *El empleo de los SIG y la Teledetección en planificación territorial*. Universidad de Murcia.
- Mayorga, A. M. (2023). *Cambio de uso de suelo en la provincia de Sucumbíos entre los años 2003 a 2023*. [Tesis].
- Montes, E. J. (2024). *Transformaciones en las coberturas y usos de la tierra: Análisis de la deforestación en la ecorregión Chaco Seco, Argentina (1985–2022)*. [Tesis].
- Moscoso, D. A. (2024). *El efecto del cambio de la cobertura del suelo en el clima: Caso de estudio de la deforestación y reforestación en la Amazonía ecuatoriana* (Tesis de maestría, Universidad del Azuay).
- Obando, A. M. (2024). *El ordenamiento territorial en la lucha contra la deforestación: El caso de San Vicente del Caguán, Caquetá, Colombia*. [Tesis].
- Oviedo, D. A. (2022). *Caracterización multi-criterio de áreas de revegetalización en el proyecto Quimbo mediante el uso de los SIG*. [Tesis]

- Paja, J. A., & Sánchez, A. C. (2023). Uso de los SIG en la zonificación ambiental de las canteras de arcilla en la vereda Pueblillo, del municipio de Popayán-Cauca. *Revista Novedades Colombianas*, 18(1).
- Riveros, C. (2021). *Análisis ambiental de la deforestación en la Zona de Reserva Campesina del Guaviare* (Tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia). Repositorio Institucional UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co>
- Vargas, L. M., & Chávez, A. G. (2021). *Protección de bosque en el marco de la metodología Fit For Purpose: Caso de estudio Vereda Termales, Vista Hermosa, Meta*. [Tesis]