



UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ECOSISTEMAS

**PROPUESTA PRELIMINAR DE ÁREAS PRIORITARIAS DE
RESTAURACIÓN DE LA ZONA NORORIENTAL DEL PARQUE
NACIONAL CAYAMBE COCA**

Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de:

INGENIERA EN ECOSISTEMAS

AUTOR

Carmen Consuelo Pulamarín Pulamarín

Napo – Ecuador

2024



UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ECOSISTEMAS

**PROPUESTA PRELIMINAR DE ÁREAS PRIORITARIAS DE
RESTAURACIÓN DE LA ZONA NORORIENTAL DEL PARQUE
NACIONAL CAYAMBE COCA**

Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de:

INGENIERA EN ECOSISTEMAS

AUTOR: Carmen Consuelo Pulamarín Pulamarín

Tutor: Pablo Rodrigo Cuenca Capa, Ph.D.

Napo – Ecuador

2024

DECLARACIÓN DE DERECHO DE AUTOR, AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, Carmen Consuelo Pulamarín Pulamarín con documento de identidad 1727677039, declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento en este documento final, previo a la obtención del título de Ingeniera en Ecosistemas son absolutamente inéditos, originales, auténticos y personales.

En virtud de lo cual, el contenido, criterios, opiniones, resultados, análisis, interpretaciones, conclusiones, recomendaciones y todos los demás aspectos vertidos en el presente documento son de mi autoría y de mi absoluta responsabilidad.

Tena, 28 de febrero de 2024



Carmen Consuelo Pulamarín Pulamarín

C.I: 1727677039

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Carmen Consuelo Pulamarín Pulamarín, con documento de identidad 1727677039, en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación: PROPUESTA PRELIMINAR DE ÁREAS PRIORITARIAS DE RESTAURACIÓN DE LA ZONA NORORIENTAL DEL PARQUE NACIONAL CAYAMBE COCA de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, reconozco a favor de la Universidad Regional Amazónica Ikiam una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Así mismo autorizo a la Universidad Regional Amazónica Ikiam para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior

Tena, 28 de febrero de 2024



Carmen Consuelo Pulamarín Pulamarín

C.I: 1727677039

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación: “PROPUESTA PRELIMINAR DE ÁREAS PRIORITARIAS DE RESTAURACIÓN DE LA ZONA NORORIENTAL DEL PARQUE NACIONAL CAYAMBE COCA “en la modalidad de: tesis, fue realizado por Carmen Consuelo Pulamarín Pulamarín, bajo mi dirección.

El mismo ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad Regional Amazónica Ikiam, para su entrega y defensa.

Tena, 28 de febrero de 2024



Pablo Rodrigo Cuenca Capa

C.I: 1714282801

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi tutor PhD. Pablo Cuenca, quien me ayudó a estructurar mi tesis y me motivó a continuar con mi investigación. Sin su ayuda y dedicación no hubiera podido culminar mi tesis.

Asimismo, deseo expresar mi gratitud a mis padres, quienes me motivaron a continuar estudiando, a pesar de las adversidades, me brindaron las fuerzas necesarias para concluir mi carrera universitaria y me incentivaron para finalizar esta investigación.

TABLA DE CONTENIDO

CARÁTULA	
DECLARACIÓN DE DERECHO DE AUTOR, AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
TABLA DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
Antecedentes.....	1
Planteamiento del problema	5
Justificación de la investigación	7
Objetivos de la investigación	8
Objetivo General	8
Objetivos Específicos	8
CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO	9
Área de estudio	9
Diagnóstico de la dinámica del cambio temporal y espacial de la zona nororiental del Parque Nacional Cayambe Coca en los periodos 2000 – 2020.	10
Base de datos cartográficos	10
Análisis del cambio de cobertura vegetal	10
Pérdida de la cobertura vegetal.....	11
Análisis de deforestación	11
IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS DE RESTAURACIÓN	12
Base de datos cartográficos	12
Priorización de las áreas prioritarias.....	12
Estimación del contraste de borde de hábitat.....	13
Priorización de sitios de restauración	14

CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS	15
Análisis del cambio de cobertura vegetal	15
Pérdida de cobertura vegetal	17
Análisis de deforestación	20
Priorización de sitios de restauración	22
CAPÍTULO IV: INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN.....	25
Análisis del cambio de cobertura vegetal	25
Pérdida de cobertura vegetal	25
Análisis de deforestación	26
Priorización de sitios de restauración.....	27
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	29
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Reclasificación de la cobertura vegetal de acuerdo al cambio de los píxeles.	10
Tabla 2: Nivel de prioridad, de acuerdo a los valores del índice de contraste de borde.	14
Tabla 3: Cambio de la cobertura vegetal de la zona nororiental del PNCC en el transcurso del periodo 2000 – 2020.	15
Tabla 4: Identificación y cuantificación del cambio de la cobertura vegetal de la zona nororiental del PNCC a lo largo de los años 2000 – 2020.....	17
Tabla 5: Análisis multitemporal de la pérdida de cobertura vegetal de la zona nororiental del PNCC.	17
Tabla 6: Tasa anual de cambio de la cobertura vegetal de la zona nororiental del PNCC.....	19
Tabla 7: Variables exploratorias que han influido en la pérdida de la cobertura vegetal en la zona nororiental del PNCC a lo largo del periodo 2000 – 2020.	21
Tabla 8: Identificación y cuantificación de las áreas prioritarias de restauración de la zona nororiental del PNCC, mediante el índice de ECON.	22
Tabla 9: Porcentajes del índice de contraste bajos y altos de la cobertura vegetal y uso de suelo del PNCC.	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio.....	9
Figura 2. Ilustración del cambio de la cobertura vegetal de la zona nororiental del PNCC a lo largo de los años 2000 – 2020.	16
Figura 3. Variación de la cobertura vegetal de la zona nororiental del PNCC, en el periodo 2000 – 2020.	18
Figura 4. Uso y cobertura del suelo de la zona nororiental del Parque Nacional Cayambe Coca.....	20
Figura 5. Áreas prioritarias de restauración de la zona nororiental del Parque Nacional Cayambe Coca, mediante el índice de ECON.	24

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Fotografías de las áreas con monocultivo de pino y eucalipto, de la zona norte del área de estudio.
- Anexo B:** Fotografías de las áreas con incendios forestales, de la zona norte del área de estudio.
- Anexo C:** Fotografías de las áreas con monocultivo de pino y eucalipto, de la zona central del área de estudio.
- Anexo D:** Fotografías de las áreas con incendios forestales, de la zona central del área de estudio.
- Anexo E:** Fotografías de las áreas con monocultivo de pino y eucalipto, de la zona sur del área de estudio.
- Anexo F:** Fotografías de las áreas con incendios forestales, de la zona sur del área de estudio.

RESUMEN

Las áreas protegidas son un escudo contra la deforestación y la pérdida de hábitat, pero no garantizan la conservación de toda la biodiversidad del Ecuador. Por lo tanto, es esencial fortalecer la resiliencia de los ecosistemas mediante la restauración de paisajes forestales (RPF) para contribuir a que los bosques sean autosostenibles. En la presente investigación se utilizó un enfoque de paisaje, nuevos métodos de análisis espacial, para identificar las áreas que tengan un grado de alteración alto o severo, y por lo cual, requieran una atención inmediata para la RPF. El estudio se realizó en la parte Nororiental del PNCC, que tiene 75.900,6 ha. Se evaluó el cambio de la cobertura vegetal y la fragmentación entre 2000 y 2020 y los factores que han influido en el cambio del paisaje del PNCC. Además, se analizó los patrones espaciales para identificar las áreas prioritarias de restauración mediante el índice de contraste de borde (ECON), mismo que fue estimado y espacializado. ECON cuantifica el grado de conectividad que existe entre un parche y su vecindad inmediata. Los resultados indican que el bosque natural ha disminuido un 0,55 % durante el periodo de estudio. Por otro lado, las áreas de restauración alta y muy alta prioridad se encuentran distribuidos tanto dentro del PNCC como en su zona de amortiguamiento. Se identificó que los índices de ECON > 50 pertenecen a las zonas con incendios forestales y monocultivos de especies exóticas, lo que representa que tienen una prioridad de restauración alta y muy alta.

Palabras claves: Deforestación, fragmentación, índice de contraste de bordes, restauración de paisajes forestales, áreas protegidas.

ABSTRACT

Protected areas are a shield against deforestation and habitat loss, but they do not guarantee the conservation of all of Ecuador's biodiversity. Therefore, it is essential to strengthen ecosystem resilience through forest landscape restoration (FLR) to help forests become self-sustaining. In the present research, a landscape approach, new spatial analysis methods, were used to identify areas that have a high or severe degree of disturbance and therefore require immediate attention for FLR. The study was conducted in the northeastern zone of the PNCC, which has 75.900,6 ha. The change in vegetation cover and fragmentation between 2000 and 2020 and the factors that have influenced landscape change in the PNCC were evaluated. In addition, spatial patterns were analyzed to identify priority areas for restoration using the edge contrast index (ECON), which was estimated and spatialized. ECON quantifies the degree of connectivity that exists between a patch and its immediate neighborhood. The results indicate that natural forest has decreased by 0,55 % during the study period. On the other hand, high and very high priority restoration areas are distributed both within the CCNP and its buffer zone. It was identified that ECON indices > 50 belong to areas with forest fires and monocultures of exotic species, which means that they have a high and very high priority for restoration.

Keywords: Deforestation, fragmentation, edge contrast index, forest landscape restoration, protected areas.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Antecedentes

La Ecología del Paisaje (EP) estudia los elementos de un hábitat y la influencia del humano para moldear y transformar los ecosistemas naturales. Esta disciplina se ha venido consolidando a partir de los años 50, es relativamente nueva, analiza los ecosistemas desde diferentes perspectivas, es decir, es transdisciplinaria. Se desarrolló, debido al interés de comprender los cambios rápidos, de gran escala y profundos que se desarrollan alrededor de nuestro entorno [1].

Los avances tecnológicos han brindado a los investigadores y profesionales herramientas de análisis espacial, permitiendo cuantificar y comprender la estructura del paisaje mediante el Sistema de Información Geográfica (SIG), así como sensores remotos avanzados, lo que les ha permitido manipular la información espacial de un territorio y visualizar los datos de forma gráfica con un mayor detalle y precisión [2].

Uno de los aspectos fundamentales que se deben tomar en cuenta para el análisis espacial es la escala, el cual dependerá del tipo de investigación que se quiera realizar. La escala gruesa se utiliza para estudiar patrones y procesos que abarcan grandes extensiones geográficas como a nivel regional o continental; mientras que la escala fina se emplea para investigar detalles específicos dentro de áreas locales o paisajes particulares, los análisis a esta escala pueden proporcionar información sobre la calidad del hábitat [2].

Por otro lado, los temas fundamentales que aborda la EP son examinar los efectos de la heterogeneidad del paisaje a causa de la modificación de los hábitats sobre la abundancia y distribución de especies [3,4]. Los factores que determinan la heterogeneidad del paisaje son la composición del paisaje, que se refiere a la diversidad de características del entorno y el tipo de hábitats; y la configuración del paisaje, que se refiere al número, tamaño y conectividad del parche de hábitats [5].

La modificación en el paisaje está relacionada con el cambio en el uso del suelo, debido a la extracción de recursos forestales maderables y no maderables, la aforestación y el crecimiento agropecuario [6]. A lo largo del tiempo, estas actividades se han extendido por todo el planeta, provocando la fragmentación y pérdida de los hábitats.

La pérdida de los hábitats está relacionada con la fragmentación del paisaje, ya que a medida que disminuye el tamaño del hábitat, se produce un cambio en la continuidad espacial, dando como resultado la fragmentación del paisaje [7]. Estos dos procesos generan un cambio en la configuración del paisaje, afectando gravemente la supervivencia y estabilidad de las especies tanto de flora como de fauna [8].

La reducción del tamaño de los fragmentos y el aumento del aislamiento disminuye la abundancia de aves, mamíferos y plantas entre un 20 % y un 75 %, afectando las funciones ecológicas de las especies y al mismo tiempo reduciendo los servicios ecosistémicos de los hábitats [9]. La disminución de ecosistemas naturales es probablemente una de las causas de extinción de las especies.

Asimismo, la creación de fragmentos genera áreas de borde, conocidas como la interfaz entre dos ecosistemas adyacentes, las cuales, con el transcurso del tiempo, adquieren características distintivas a las del interior del hábitat [10], a este proceso se lo denomina como efecto de borde. Los impactos negativos del efecto de borde son que propician la aparición de especies invasoras, y constituyen una barrera semipermeable entre los parches adyacentes [11].

El efecto de borde, es un agente determinante de la composición, estructura y procesos ecológicos del paisaje [12]. Por lo cual, es un aspecto importante a considerar en la planificación territorial y en la ejecución de proyectos de restauración, ya que puede influir significativamente en la efectividad y el éxito a largo plazo de dichos proyectos. En América Latina, uno de los ecosistemas más afectados por la pérdida de hábitats son los ecosistemas andinos.

De acuerdo con un informe del Banco Mundial publicado en 2018, se estima que en América Latina se han perdido aproximadamente el 30% de los bosques andinos desde la década de 1970. Esta cifra es alarmante, ya que este ecosistema se encuentra únicamente distribuido en Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina, posee una superficie de 7.000 kilómetros [13].

Los ecosistemas andinos tienen un alto grado de endemismo y fragilidad, debido a la combinación de factores naturales y antropogénicos, han moldeado la evolución y la

distribución de la biodiversidad en esta región única. A pesar de eso, a lo largo del tiempo han estado expuestos a diferentes actividades como: agricultura, ganadería, minería y forestación con plantas exóticas tales como: pino y eucaliptos que generan un impacto negativo en la retención de agua. Se ha comprobado que en el páramo el pino disminuye la capacidad de retención de agua hasta un 50 % [14].

Los servicios ecosistémicos que brinda este ecosistema son: aprovisionamiento de agua en cantidad y calidad, almacenamiento de carbono, regulación hídrica, regulación del clima, protegen contra desastres naturales, biodiversidad y son escenarios llamativos para actividades turísticas y recreativas [14]. Se estima que más de 60 millones de personas se benefician directa e indirectamente de este valioso ecosistema [13].

Por otro lado, de acuerdo con un análisis llevado a cabo por Romoleroux et al. (2023), confirmó que el 15 % del total de la flora endémica en el Ecuador se encuentra en los páramos. De los cuales, lamentablemente, el 75 % de ellas se encuentra en peligro de extinción, mientras que el 48 % de ellas se encuentran en áreas protegidas [16]. Por lo cual, es de suma importancia sumar esfuerzos que permitan aumentar la resiliencia de este ecosistema, con el fin de proteger y conservar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que brindan los ecosistemas andinos.

Una de las estrategias que se han desarrollado alrededor del mundo, para conservar a largo plazo la biodiversidad del planeta y los servicios ecosistémicos, es la creación de las Áreas protegidas [17]. A pesar que las APs, son un escudo contra la deforestación [18], solamente albergan un mínimo porcentaje de territorio de una nación.

En Ecuador se institucionalizó y estableció el Sistema Nacional de Sistema de Áreas Protegidas (SNAP) en 1976, con el fin de conservar la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos [19]. Actualmente, Ecuador cuenta con 76 áreas protegidas, con una extensión de 26.208.785,38 hectáreas [20], distribuidas a lo largo de las 4 regiones. Desafortunadamente, muchas áreas protegidas, a pesar de su designación legal, todavía enfrentan presiones y amenazas, como la deforestación, la erosión del suelo y la pérdida de biodiversidad.

Este es el caso del Parque Nacional Cayambe Coca (PNCC), el cual cuenta con una superficie de 408.287 ha, distribuido en las provincias de Imbabura, Pichincha, Napo y Sucumbíos, de las cuales el 6,1 % de la superficie presenta una alteración severa de la cobertura vegetal. Asimismo, el índice de actividades antrópicas en esta zona protegida

es del 25 %. De esta superficie, el 54,97 % corresponde a 4 territorios indígenas, el 0,8 % a proyectos hidroeléctricos, el 36,23 % a asentamientos humanos ilegales, y el 8% a propiedad privada establecida previamente a la creación del parque nacional [21].

El Parque Nacional Cayambe Coca es conocido como el "Parque del Agua" debido a la abundancia de recursos hídricos. Cuenta con aproximadamente 80 lagunas en la zona de páramo. El páramo cubre el 19 % de cobertura vegetal de esta área protegida [21]. Por consiguiente, resulta imperativo llevar a cabo esfuerzos destinados a restaurar esta área protegida, ya que no solo garantizará la preservación de la biodiversidad, sino que también propiciará el fortalecimiento de los servicios ecosistémicos indispensables que brinda esta área protegida.

El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), ha venido desarrollando proyectos de restauración en áreas degradadas desde 1996. A fin de atender las necesidades de recuperación de la cobertura vegetal, actualizó el Plan Nacional de Restauración Forestal 2019 - 2030. Este plan busca ejercer un manejo sostenible de los bosques, combatir la desertificación y detener e invertir la degradación de la tierra, con el objetivo de mejorar el equilibrio natural, sin descuidar el bienestar y la calidad de vida de las personas [22].

De acuerdo con el informe presentado por el Plan Nacional de Restauración Forestal 2019 - 2030, catalogan al Parque Nacional Cayambe Coca con prioridad de restauración alta y muy alta. Por lo cual es fundamental identificar internamente las áreas prioritarias de restauración. Este proceso ayudará a optimizar los recursos disponibles y dirigir los esfuerzos de restauración hacia los lugares donde pueden generar el mayor impacto positivo en términos de conservación de la biodiversidad, recuperación de servicios ecosistémicos y mejora del bienestar humano [23].

El Plan Nacional de Restauración Forestal del MAATE, contiene la información de cómo ellos identificaron las áreas prioritarias para la restauración a nivel nacional, es decir, el mapeo, lo elaboraron con un enfoque regional. No obstante, para asegurar la eficacia y eficacia de un mapa de áreas prioritarias de restauración, resulta imperativo disponer de información detallada a escala local, con el propósito de maximizar los beneficios para la preservación de la naturaleza y el bienestar humano [24,25].

En el presente estudio, se realizará la identificación de las áreas prioritarias de restauración del PNCC enfoque de paisaje, este enfoque aborda de manera efectiva los desafíos ambientales, además ayuda a fomentar la sostenibilidad a largo plazo de los paisajes degradados.

La restauración de paisajes forestales (RPF), es un nuevo enfoque para la restauración, este es un proceso participativo, el cual busca nuevas estrategias que permita la coexistencia y subsistencia de los bosques con las actividades antropogénicas [26]. En este estudio, debido a las circunstancias de tiempo y recursos, no se llevará a cabo el proceso participativo, sino que se enfocará exclusivamente en el análisis espacialmente explícito.

Uno de los objetivos que tiene la RPF es recuperar de una forma integral todos los servicios ecosistémicos que se hayan perdido, además busca la resiliencia de los paisajes ante cualquier amenaza que los pueda alterar. Todas las acciones que se pretenden realizar para el proceso de la restauración deben ajustarse tanto a las propiedades específicas del lugar como a las condiciones biofísicas [27].

Es por eso que la presente investigación está enfatizada en primer lugar en cuantificar el territorio que se ha perdido entre los años 2000 y 2020, además de identificar las áreas prioritarias de restauración con el enfoque de paisaje dentro del Parque Nacional Cayambe Coca.

La información obtenida en este trabajo permitirá mejorar la planificación para llevar a cabo proyectos de restauración en esta AP. Además, será un gran aporte al Plan de Manejo del Parque Nacional Cayambe Coca, ya que se ha identificado que la información presentada de las áreas de restauración más prioritarias es muy subjetiva. Falta incorporar información de la extensión y el grado de alteración.

Planteamiento del problema

Según Botero (2015), las actividades humanas, como la deforestación, el cambio del uso del suelo, la explotación de los recursos naturales, los incendios forestales, son las principales causas de la fragmentación y pérdida de hábitats en el planeta. Se estima

que el 49 % de la superficie forestal del mundo se mantiene levemente intacta, mientras que el 9 % están fragmentados con poca o nula conectividad entre ellos.

Por otro lado, América del sur, conserva los ecosistemas de mayor diversidad biológica y grado de endemismo del mundo, distribuido únicamente en Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela y Costa Rica, denominados páramos andinos, los cuales se encuentran gravemente afectados por las actividades humanas. Los páramos andinos poseen una superficie de 35.000 km², de los cuales solo un tercio se encuentran en condiciones naturales, el 30 % están degradados y el 40 % están modificados [29].

En Ecuador se encuentra el 51 % de los páramos andinos y se estima que el 40 % del páramo original está transformado en agroecosistemas y un 30 % son pajonales usados en la ganadería [29]. Además, debido a la destrucción del bosque andino se han empezado a evidenciar conflictos entre la fauna representativa del páramo y los pobladores que habitan dentro y a los alrededores de este entorno.

Además, los pobladores han empezado a sufrir escasez de agua, una de las consecuencias de la destrucción y pérdida de estos ecosistemas. Dado que los ecosistemas andinos proveen y regulan el agua, beneficiando a más de 10 millones de personas que utilizan este valioso recurso [14].

La restauración de paisajes forestales es un proceso planificado que procura recobrar la integridad ecológica y mejorar el bienestar de las personas en tierras deforestadas o degradadas, convirtiéndolas en áreas autosostenibles, brindando beneficios a la sociedad y a la biodiversidad. El enfoque de paisaje involucra el balance de un mosaico de usos independientes de la tierra en un paisaje [30,31].

De acuerdo al informe presentado por el Plan Nacional de Restauración Forestal 2019-2030, catalogan al Parque Nacional Cayambe Coca con prioridad de restauración alta y muy alta. Por lo cual es de suma importancia investigar cuánta cobertura vegetal ha perdido esta área protegida y cuáles han sido las actividades que han generado su degradación para que sea catalogada de esa forma. Además, es trascendental identificar las áreas prioritarias de restauración dentro del Parque Nacional Cayambe Coca que dependiendo a su estado de perturbación puedan ser atendidas.

El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, cuenta con un mapa de priorización de áreas para restauración, sin embargo, esta información se realizó en el 2016, y se debe tomar en cuenta que la dinámica del paisaje cambia con el paso del tiempo. Además, fue elaborado mediante los aspectos biofísicos y sociales, pero no toma en cuenta el análisis espacial de los patrones de heterogeneidad paisajística. El enfoque de paisaje para la identificación de las áreas prioritarias de restauración permite localizar las áreas que han sido degradadas y fragmentadas y sus efectos en paisaje, tales como pérdida de conectividad, aumento del efecto de borde etc.

Justificación de la investigación

La presente investigación se enfoca en analizar las áreas prioritarias de restauración dentro del Parque Nacional Cayambe Coca, con el fin de proporcionar una herramienta que permita mejorar la conectividad del paisaje y la recuperación de áreas con un alto riesgo de degradación que podrían estar afectando a los procesos ecológicos, mismos que de acuerdo a su prioridad necesiten una pronta atención.

Esta herramienta ayudará a contribuir y minimizar el deterioro ambiental dentro del PNCC causado por la disminución de la cobertura vegetal debido al cambio de uso del suelo. Es importante mencionar que dentro de esta área protegida se encuentran importantes cuencas hídricas del país tales como: Esmeraldas, Chota y Mira, Papallacta, Cosanga, Quijos, Oyacachi, Salado, Coca, Aguarico, Napo y Pastaza [21], que son la base para proyectos de agua potable, riego, electricidad y para llevar a cabo actividades de recreación, por lo que la pérdida de la cobertura maderable y no maderable influye en la disminución del caudal y la calidad hídrica. En la actualidad ya se evidencia una reducción hídrica considerable en la época de verano, por lo cual sumar esfuerzos para realizar proyectos de restauración podrían contribuir a mejorar el recurso hídrico para las presentes y futuras generaciones.

Además, con esta herramienta ayudará a conservar la biodiversidad presente en este hábitat, ya que esta área protegida es el hábitat de más de 100 especies de plantas endémicas, 200 sp mamíferos, 900 sp aves, 140 sp reptiles y 110 sp anfibios. De los cuales 11 especies de animales ya están en peligro de extinción, tal es el caso del cóndor andino [21]. Si no se realizan procesos para restaurar las áreas que están degradadas es posible que con el paso del tiempo se pierda la flora y fauna que caracteriza al PNCC.

Por último, la pérdida de hábitat aumenta las emisiones de carbono y de otros gases de efecto invernadero, que contribuyen al cambio climático, por lo cual es fundamental realizar planes de restauración dado que los ecosistemas andinos proporcionan servicios ecosistémicos fundamentales.

Objetivos de la investigación

Objetivo General

Identificar áreas prioritarias para la restauración de paisajes forestales utilizando técnicas de análisis espacial y un enfoque del paisaje.

Objetivos Específicos

- ❖ Realizar un diagnóstico de la dinámica del cambio temporal y espacial de la zona nororiental del Parque Nacional Cayambe Coca y su zona de amortiguamiento en los periodos 2000 – 2020, para cuantificar la pérdida de la cobertura vegetal.
- ❖ Realizar un análisis espacialmente explícito, en base a los parámetros de composición y configuración espacial del paisaje, para identificar áreas prioritarias de restauración en el PNCC.

CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO

Área de estudio

El estudio se realizará dentro del Parque Nacional Cayambe Coca, en el área perteneciente al cantón Cayambe. Este cantón cuenta con 8 parroquias de las cuales, 4 parroquias están asentadas dentro de esta área protegida.

Las parroquias asentadas en la zona nororiental del PNCC, corresponden a Olmedo con 22.544,3 ha, seguida por Cayambe con 12.801,4 ha, Cangahua con 6.794.8 ha y Ayora con 624,6 ha. Mismas que tienen una superficie total de 42.765,1 ha [21]. En el presente estudio, se tomó en cuenta la zona de amortiguamiento, dando como resultado una extensión total de 75.900,6 ha.

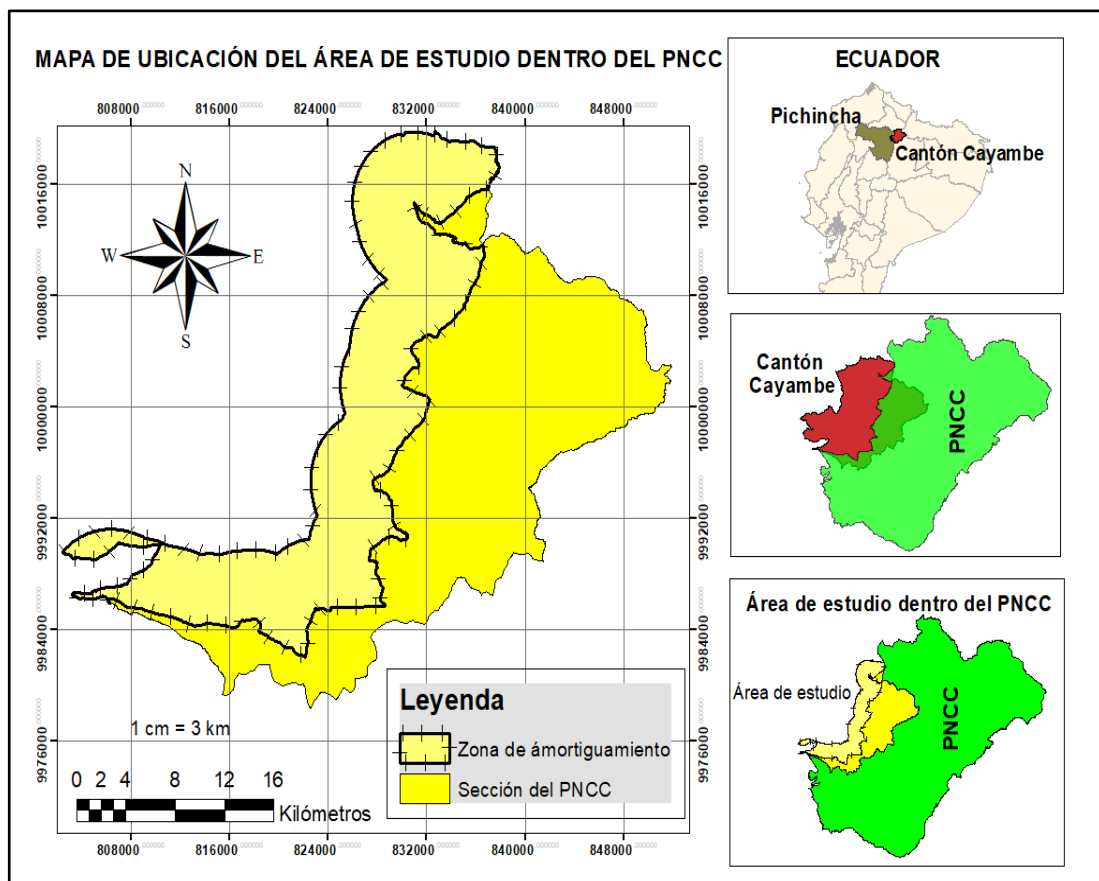


Figura 1: Localización del área de estudio
Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024.

Diagnóstico de la dinámica del cambio temporal y espacial de la zona nororiental del Parque Nacional Cayambe Coca en los periodos 2000 – 2020.

Base de datos cartográficos

La información de referencia a utilizar en esta sección, será la proveniente del mapa interactivo de Cobertura y Uso de la Tierra del Ecuador Continental de los años: 2000 (MAATE, 2016), 2008 (MAATE, 2016), 2014 (MAATE, 2016) y 2020 (MAATE, 2023), una escala espacial de 1:100000

Análisis del cambio de cobertura vegetal

La reclasificación del bosque se realizó mediante los cambios en las trayectorias de la cubierta forestal observados en los dos periodos de tiempo, este proceso se desarrolló en mediante el software ArcMap (10.5), esta metodología es descrita por Cuenca y Echeverría [18], el cual agrupa la cobertura forestal de acuerdo al cambio de los píxeles en 4 categorías como se observa en la Tabla 1.

Para el análisis del cambio de la cobertura vegetal, se les asignó el valor de NoData para los cuerpos de agua y el área correspondiente al glaciar, ya que este estudio está enfocado en analizar la pérdida de la cobertura vegetal correspondiente a bosque, vegetación del páramo, vegetación arbustiva, mosaico agropecuario, plantaciones forestales, cultivos anuales y zona antrópica.

Tabla 1: Reclasificación de la cobertura vegetal de acuerdo al cambio de los píxeles.

Año 2000	Año 2020	Cambio de cobertura vegetal
No bosque	Bosque cerrado	Regeneración
	Bosque abierto	
Sin vegetación de páramo	Vegetación de páramo	
Bosque cerrado	No bosque	Pérdida de cobertura vegetal
Bosque abierto		
Vegetación de páramo	Sin vegetación de páramo	
Bosque cerrado	Bosque abierto	Cobertura vegetal persistente
Vegetación de páramo	Vegetación de páramo	
No bosque	No bosque	Sin cobertura vegetal persistente
Sin vegetación de páramo	Sin vegetación de páramo	

Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024.

Pérdida de la cobertura vegetal

Para analizar el cambio de la cobertura vegetal y cuantificar la pérdida de la cobertura vegetal nativa de la zona nororiental del PNCC, se utilizará el análisis espacial ArcGIS (versión 10.5). Para analizar la deforestación anual, se emplea la fórmula descrita por [32] y [18].

$$P = \left[\left(\frac{A2}{A1} \right)^{\frac{1}{t2-t1}} - 1 \right] * 100$$

Donde:

A1 y A2= Cubierta vegetal en el tiempo t1 y t2.

P = Porcentaje de perdida por año

Para calcular la pérdida de la cobertura vegetal a lo largo del periodo 2000 – 2020, se tomó en cuenta toda la cobertura vegetal de la zona nororiental del PNCC, el cual se lo dividió en dos grupos:

- Cobertura vegetal con formaciones naturales; que hace referencia a las zonas con bosque natural, vegetación arbustiva, y vegetación de páramo.
- Cobertura vegetal con formaciones no naturales: incluye todas las áreas con pastizales, cultivos anuales, plantaciones forestales, zona antrópica, mosaico agropecuario, entre otras.

Análisis de deforestación

La deforestación será analizada en base a la metodología descrita por Echeverría y Cuenca (2017). En el cual se realizará una regresión logística para analizar las fuerzas impulsoras de la deforestación. El análisis de regresión logística permite modelar la relación entre una variable binaria dependiente, en este caso la deforestación, codificada como una variable binaria (donde "1" indica presencia de cobertura vegetal y "0" indica ausencia de cobertura vegetal); y un conjunto de variables independientes (o predictoras) [33].

Las variables independientes o predictoras se seleccionarán con base en estudios que confirmen su relación con la deforestación. La dinámica del crecimiento de la cobertura vegetal está asociada a factores naturales, tales como la temperatura [34], la

precipitación [35] y la topografía [36,37]. Asimismo, diversos autores han demostrado que los cambios en el uso del suelo están provocados por factores antrópicos, como la apertura de vías [38] y la distancia a ríos [39].

A través del sistema de información geográfica, se cargarán las capas del cambio de la cobertura forestal, analizados anteriormente. Además, se cargarán las capas de pendiente (°); elevación (m); distancia a carreteras nacionales y locales (km); distancia a ríos permanentes y secundarios (km); temperatura (°C); y precipitación media (mm). Seguidamente se insertará un conjunto de 10.000 puntos equidistantes de 350 m respectivamente [33], con el fin de evaluar el grado de correlación espacial de los puntos mediante el índice de Moran; 0 = independencia espacial nula y 1 = alto grado autocorrelación espacial [40].

Los modelos se ajustarán mediante el modelo lineal generalizado, empleando una variable binaria (1 = píxeles deforestados, 0 = píxeles forestados), asociados a la función logit. Con la ayuda de R project se evaluará la significancia de cada una de las variables utilizando la prueba z de valor. Se seleccionarán las variables con $p < 0,05$, las cuales serán sometidas a un análisis multivariable para verificar que las variables están influyendo en la deforestación.

IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS DE RESTAURACIÓN

Base de datos cartográficos

Se emplearán las imágenes satelitales de la plataforma Planet.com que contiene una resolución de 4,7 metros [41].

Priorización de las áreas prioritarias

La metodología empleada para identificar las áreas prioritarias de restauración será la descrita por Echeverría et al. (2013); García-Feced et al. (2011) y Orsi & Geneletti, (2010). Se elaborará un mapa de la cobertura vegetal y los usos de suelo, mediante las imágenes satelitales de la plataforma Planet y fotografías obtenidas en salidas de campo. La salida de campo se realizará en los meses de octubre, noviembre, diciembre de 2022; enero, febrero, junio y julio de 2023. Se enfatizaron por recorrer, fotografiar e

identificar las áreas con incendios forestales, monocultivo de pino y eucalipto, tanto dentro del PNCC como en su zona de amortiguamiento (ANEXO 1 – 6).

De acuerdo con el plan de manejo del PNCC, señala que las principales amenazas que enfrenta el páramo es la quema de pajonales (en este trabajo se lo denominará "incendios forestales") [21]. Asimismo, se puede advertir que la introducción de especies tales como el pino y el eucalipto en los páramos, alteran el ecosistema debido a la competencia de recursos, modifican el ciclo hidrológico y aumentan los riesgos de incendios forestales [14] .

Seguidamente, se emplearán las imágenes de la plataforma Planet. com de los meses de enero hasta agosto del año 2023. Mediante el complemento Semi-Automatic Classification Plugin (scp) del software Qgis, se llevará a cabo el enmascaramiento de las sombras y nubes [45]. Además, se realizará la clasificación de la cobertura vegetal en 8 clases: bosque nativo, incendios forestales, arbustos, páramo, zonas sin cobertura vegetal, monocultivos de pino y eucalipto, y zona antrópica.

Estimación del contraste de borde de hábitat

Se calculará el Índice de contraste con el fin de cuantificar el grado de conectividad que existe entre un parche y su vecindad inmediata, aplicando la siguiente fórmula [46]:

$$ECON = \frac{\sum_k^m (P_{ijk} * ECW_{ik})}{P_{ij}}$$

Donde:

P_{ijk}= longitud (m) de borde de parche ij adyacente de los tipos de hábitat.

ECW_{ik}= peso de contraste de borde entre el hábitat i y k.

P_{ij}= longitud (m) del perímetro del parche ij.

El índice muestra hasta qué punto es posible que se desarrolle el movimiento a través de diferentes tipos de parches en todo el paisaje, el contraste de borde, indica el grado de disimilitud entre pares de clases de usos de suelo a lo largo de su perímetro [46]. Para estimar el borde de contraste se creará una matriz de contraste para todos los parches de uso y cobertura del suelo, a través de las herramientas de Análisis de

proximidad de ArcGIS, se asignará una puntuación entre 0 y 1. Donde el valor 0 representará los perímetros de bajo contraste y el valor de 1 corresponderá a los perímetros de mayor contraste. ECON se calculará y cartografiará mediante el software FRAGSTA 4.2 y ArcGIS.

Priorización de sitios de restauración

Este proceso consta de 3 pasos: En primer lugar, se mapearán los parches de hábitat en clases de contraste de borde de hábitat mediante los valores de ECON y se clasificará en 4 grupos con base en Orsi & Geneletti (2010). Consecutivamente, se realizará la identificación de las zonas de bordes con alto contraste para la restauración.

Tabla 2: Nivel de prioridad, de acuerdo a los valores del índice de contraste de borde.

Nivel de prioridad	
Clasificación del índice de contraste de borde	Descripción
Rango de 0 a 30	Bajo
Rango de 30 a 50	Medio
Rango de 50 a 70	Alto
Valores > 70	Muy alto

Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024

Todos los parches que contengan el valor del índice de ECON superior a 50, significa que más del 50 % del borde del hábitat focal tiene un alto contraste con su vecindario en términos de composición y estructura. Por lo cual se considerarán como sitios prioritarios para la restauración.

CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS

Análisis del cambio de cobertura vegetal

Se observa que la pérdida de la cobertura vegetal en el área de estudio en el transcurso de 20 años, es de 1.933,1 ha, el cual para el periodo 2008 – 2014 ha disminuido a 854,5 ha y para el periodo 2014 – 2020 ha disminuido aún más a 344,7 ha. Por otro lado, se visualiza que la regeneración en los períodos 2000 – 2008 y 2008 -2014 no presentan una reducción significativa en su extensión, ya que en el periodo 2000 – 2008 es de 1.858,7 ha y en el periodo 2008 - 2014 es de 1.853,9 ha (Tabla 3).

La diferencia en la regeneración entre el periodo 2000 – 2008 y 2008 – 20014 es de 4,8 ha. Por otra parte, se observa que entre el periodo 2014 – 2020, la regeneración si presenta una disminución significativa en su extensión pues ha disminuido a 529,3 ha. La diferencia que existe entre los periodos 2008 – 2014 y 2014 – 2020 es de 1.509,2 ha, la regeneración en el último periodo ha decaído considerablemente (Tabla 3).

Tabla 3: Cambio de la cobertura vegetal de la zona nororiental del PNCC en el transcurso del periodo 2000 – 2020.

Cambio de cobertura vegetal	Periodos		
	2000 - 2008 Área (ha)	2008 - 2014 Área (ha)	2014 - 2020 Área (ha)
Cobertura vegetal persistente	7.981,8	7.983,4	8.495,2
Pérdida de cobertura vegetal	1.933,1	854,5	344,7
Regeneración	1.858,7	1.853,9	529,3
Sin cobertura vegetal persistente	60.596,7	62.273,4	63.788,1

Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024

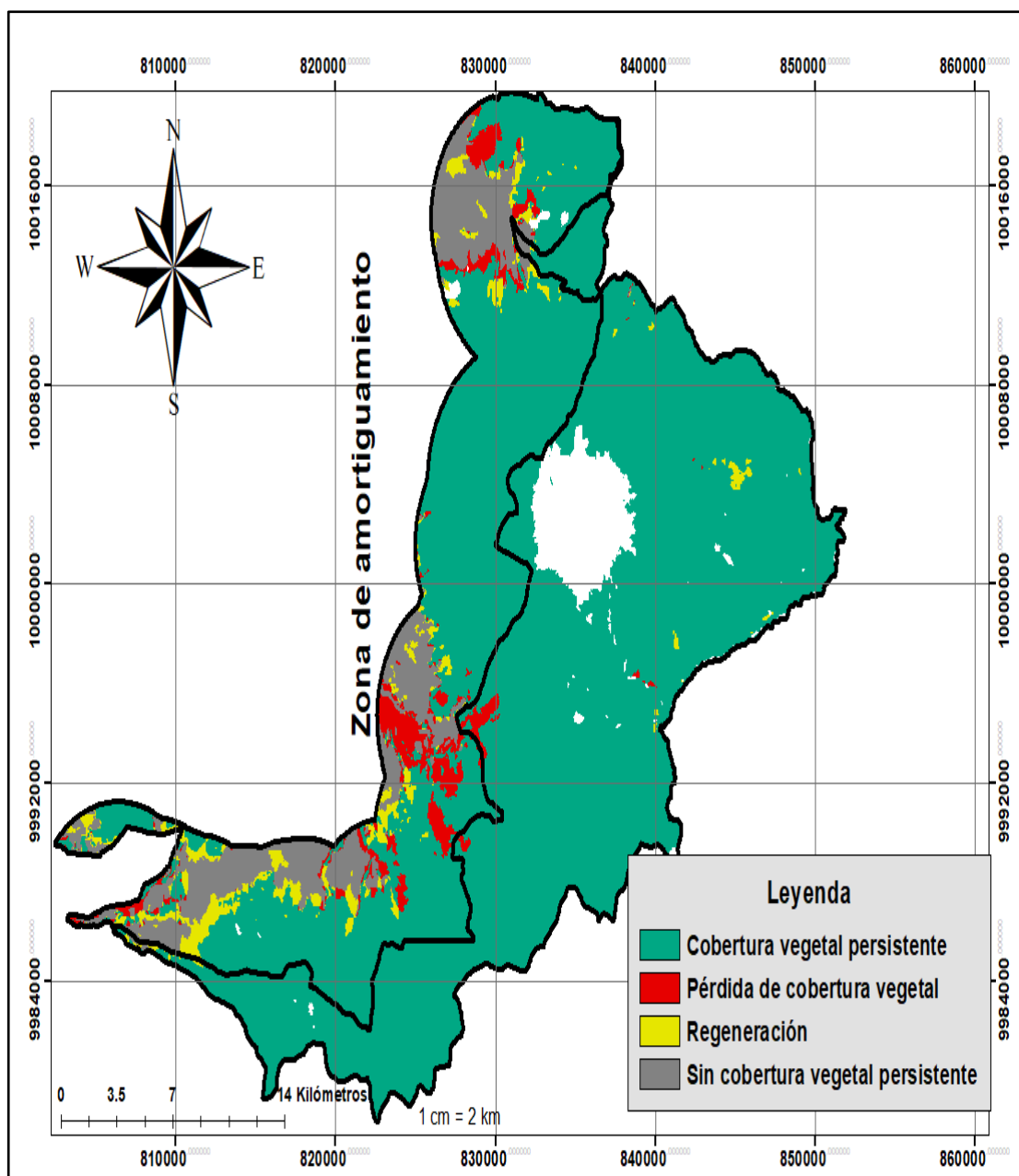


Figura 2: Ilustración del cambio de la cobertura vegetal de la zona nororiental del PNCC a lo largo de los años 2000 – 2020.

Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024.

En total, en el periodo 2000 - 2020, el área de estudio ha perdido, 2.572,7 ha de cobertura vegetal, mientras que 2.318,5 ha se han regenerado (Tabla 4). Se puede apreciar que la regeneración se ha desarrollado en torno a las áreas sin cobertura vegetal persistente (Figura 2); estas áreas abarcan tanto las zonas urbanas como el mosaico agropecuario.

Tabla 4: Identificación y cuantificación del cambio de la cobertura vegetal de la zona nororiental del PNCC a lo largo de los años 2000 – 2020

Color	Cambio de cobertura vegetal	Extensión (Ha)
	Cobertura vegetal persistente	7.104,1
	Pérdida de cobertura vegetal	1.917,3
	Regeneración	2.831,1
	Sin cobertura vegetal persistente	60.681,1

Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024.

Pérdida de cobertura vegetal

El bosque ha experimentado una importante pérdida en el periodo 2000 – 2020. En el año 2000, el porcentaje de bosque fue de 12,5 %, lo cual ha disminuido a un 11,2 % en el año 2020. En adición, se puede observar que la vegetación de páramo ha reducido significativamente, desde un 66,7 % en el año 2000 hasta un 65,5 % en el año 2020. La cobertura vegetal del páramo ha ido decreciendo paulatinamente a lo largo de los años (Tabla 5).

Tabla 5: Análisis multitemporal de la pérdida de cobertura vegetal de la zona nororiental del PNCC.

Cobertura Vegetal	Año 2000		Año 2008		Año 2014		Año 2020	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Bosque	9.503,2	12,5	9.387,4	12,4	9.308,8	12,3	8.515,4	11,2
Vegetación del páramo	50.620,8	66,7	50.358,2	66,3	50.184,4	66,1	49.731,3	65,5
Vegetación arbustiva	2.691,7	3,5	3.455,5	4,6	4.861,0	6,4	5.903,0	7,8
Otras Tierras	13.084,9	17,2	12.699,5	16,7	11.546,5	15,2	11.750,9	15,5
Total	75.900,6	100,0	75.900,6	100,0	75.900,6	100,0	75.900,6	100,0

Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024.

Por otro lado, se constató que la vegetación arbustiva ha experimentado un incremento significativo a lo largo de los últimos 20 años. En el período 2000 - 2008, aumentó del 3,5 % para el año 2000 al 4,6 %, para el año 2008. En 2008 y 2020, la vegetación arbustiva se acrecentó notablemente, desde un 4,6 % hasta un 6,4 %. Esta tendencia persistió hasta el año 2020, que se elevó a un 7,8 %. Asimismo, se aprecia que la cobertura vegetal clasificada como otras tierras, que contempla las zonas antrópicas, infraestructura y tierra agropecuaria, ha disminuido del 17,2 % del año 2000 a un 15,5 % correspondiente al año 2020 (Tabla 5).

Al analizar el cambio de la cobertura vegetal a lo largo de los años, se observa que, en los años 2000, 2008 y 2014, no presentan una variación significativa, como se ha desarrollado en el periodo 2014 - 2020 (Tabla 3). En general, se observa que la variación de la cobertura vegetal de la zona nororiental del PNCC, se ha llevado a cabo con mayor frecuencia en el periodo 2014 - 2020 (Figura 3).

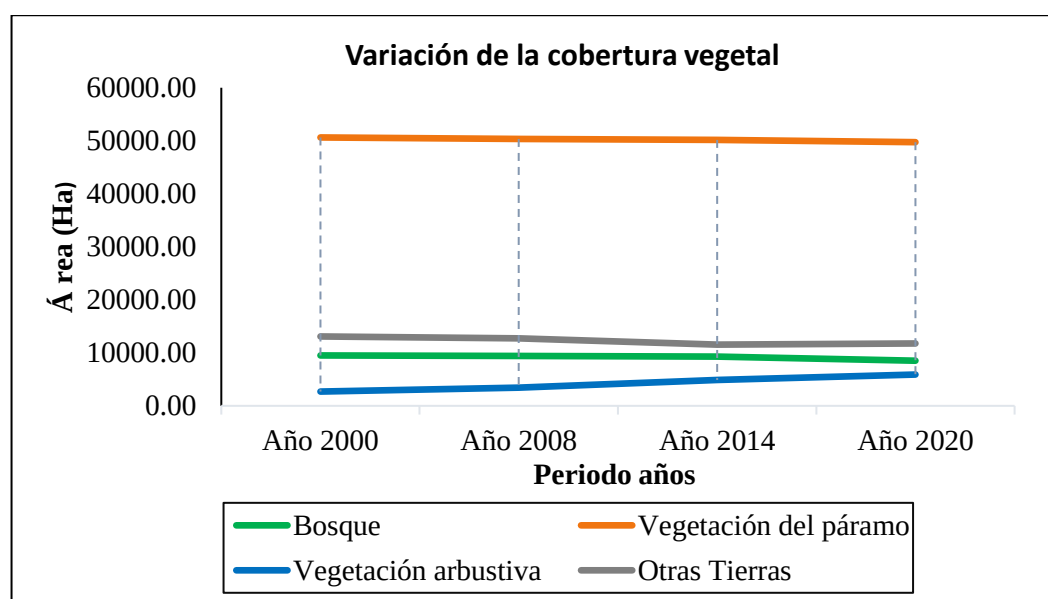


Figura 3: Variación de la cobertura vegetal de la zona nororiental del PNCC, en el periodo 2000 – 2020.

Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024.

En total, en la zona nororiental del PNCC, en el periodo 2000 - 2020, la cobertura vegetal de formaciones naturales, más afectadas por la pérdida de cobertura vegetal es el bosque, se observa que ha disminuido en un 0,5 %, seguida de la vegetación de páramo que ha perdido un 0,1 %. Por otro lado, se observa que la vegetación arbustiva ha incrementado un 4 % en el transcurso de 20 años (Tabla 6).

Tabla 6: Tasa anual de cambio de la cobertura vegetal de la zona nororiental del PNCC

Tasa anual de cambio de la cobertura vegetal (2000 - 2020)			
Cobertura Vegetal	2000 Área (ha)	2020 Área (ha)	Tasa de cambio (%)
Bosque	9.503,2	8.515,4	-0,5
Vegetación del páramo	50.620,8	49.731,3	-0,1
Vegetación arbustiva	2.691,7	5.903,0	4,0
Otras Tierras	13.084,9	11.750,9	-0,5

Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024.

La cobertura vegetal que predomina en el área de estudio, es el páramo, con una extensión de 42.036 ha, seguido por bosque con 15.317,9 ha, zona antrópica con 9.058,7 ha, arbustos con 3.846 ha, zonas sin cobertura vegetal con 3.406,4 ha, áreas con incendios forestales con 1.401,3 ha, monocultivos de pino con 695,4 ha y monocultivos de eucalipto con 145,6 ha. Se observa que los monocultivos de pinos y eucaliptos se concentran en la zona de amortiguamiento, no se han extendido dentro del PNCC (Figura 4).

Asimismo, se puede apreciar que el paisaje del área de estudio es sumamente heterogéneo; se contempla que los incendios forestales se encuentran tanto en la zona de amortiguamiento como en el área protegida. En el área protegida, el bosque no está muy fragmentado y disperso, en comparación con la zona de amortiguamiento. Además, se puede apreciar que existen algunos remanentes en la zona antrópica (Figura 4).

En lo que se refiere a la cobertura arbustiva, se puede constatar que se encuentra distribuida tanto en la zona de amortiguamiento como en el área protegida. Por otra parte, se observa que, en el sur del área de estudio, la vegetación arbustiva se encuentra mejor conservada, en comparación con el norte y centro. Además, se puede notar que, tanto en el área norte como sur, la zona antrópica va ganando territorio dentro del área protegida (Figura 4).

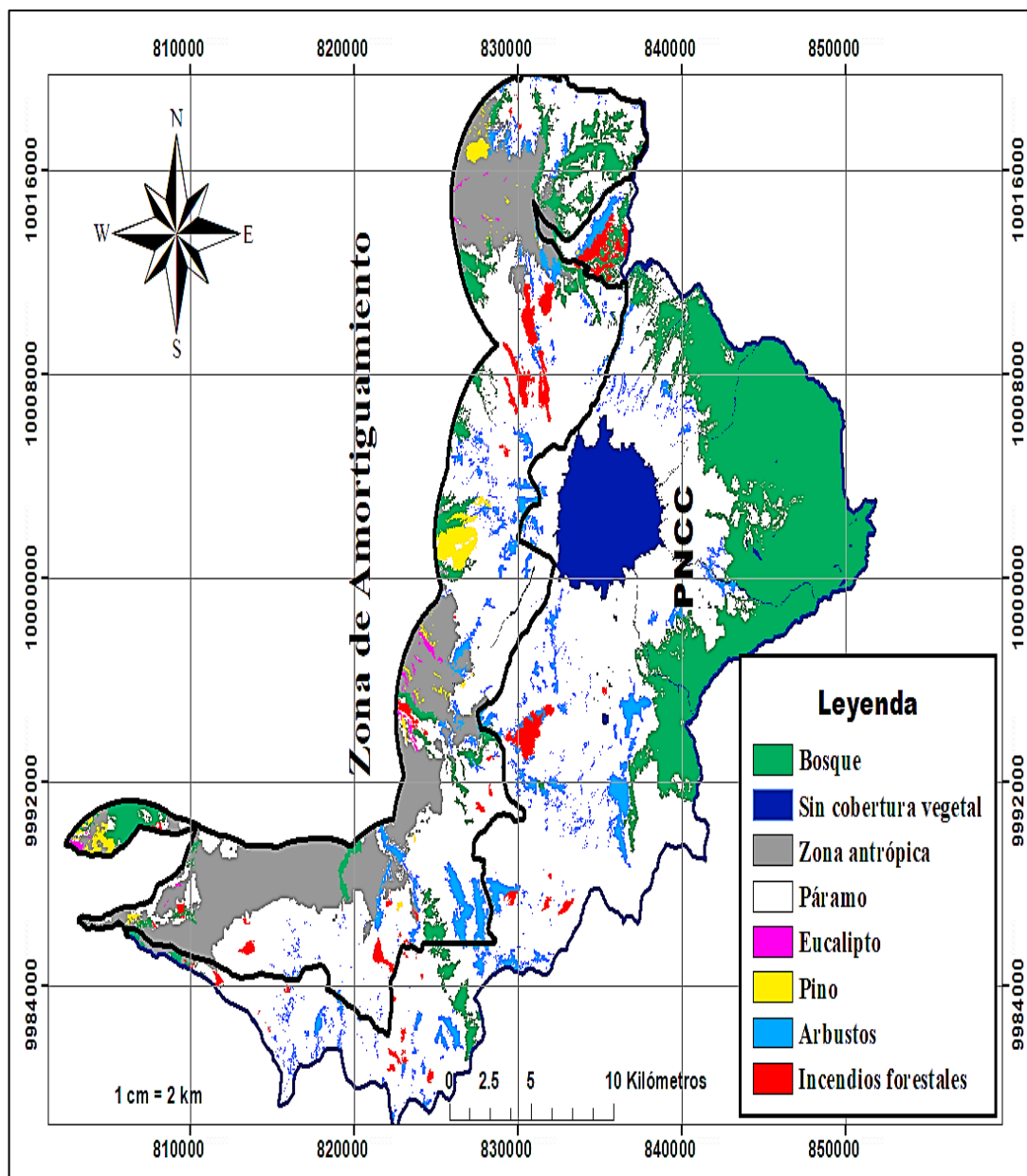


Figura 4: Uso y cobertura del suelo de la zona nororiental del Parque Nacional Cayambe Coca.

Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024.

Análisis de deforestación

Las variables que han influido significativamente en la pérdida de la cobertura vegetal, en el periodo 2000 – 2008 son las distancias a las vías secundarias y distancia a los ríos principales, seguido por las pendientes y la temperatura. En el periodo 2008– 2014, se observa que se incluyen todas las variables responsables de la deforestación del periodo 2000 - 2008, a diferencia que se suma la variable de altitud. Para el año 2014 – 2020, se puede observar que las variables impulsoras de la deforestación son las

mismas que en el periodo anterior. Además, se visualiza que la distancia a los ríos secundarios no ha influido en la deforestación a lo largo de los 20 años (Tabla 7).

Tabla 7: Variables exploratorias que han influido en la pérdida de la cobertura vegetal en la zona nororiental del PNCC a lo largo del periodo 2000 – 2020.

Año	Variables	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
2000 - 2008	(Intercept)	1,35E+01	7,73E+00	1,751	0,0799	.
	Dist. vías secundarias	1,44E-03	1,65E-04	8,714	< 2e-16	***
	Dist. ríos principales	4,04E-04	9,28E-05	4,355	1,33E-05	***
	Dist. ríos secundarios	3,52E-04	6,71E-04	0,524	0,60051	
	Altitud	-2,05E-03	1,54E-03	-1,335	0,18175	
	Pendientes	1,47E-02	5,21E-03	2,816	0,00486	**
	Temperatura	-8,77E-01	2,77E-01	-3,173	0,00151	**
2008- 2014	(Intercept)	2,93E+01	8,21E+00	3,57	0,000357	***
	Dist. vías secundarias	1,17E-03	1,47E-04	7,951	1,85E-15	***
	Dist. ríos principales	3,05E-04	9,43E-05	3,235	0,001217	**
	Dist. ríos secundarios	1,72E-04	6,72E-04	0,256	0,79817	
	Altitud	-5,11E-03	1,62E-03	-3,147	0,001648	**
	Pendientes	3,44E-02	6,37E-03	5,403	6,54E-08	***
	Temperatura	-1,44E+00	2,98E-01	-4,825	1,40E-06	***
2014 - 2020	(Intercept)	2,67E+01	7,95E+00	3,352	0,000801	***
	Dist. vías secundarias	1,06E-03	1,37E-04	7,753	8,98E-15	***
	Dist. ríos principales	2,51E-04	9,10E-05	2,753	0,005904	**
	Dist. ríos secundarios	3,71E-04	6,66E-04	0,557	0,577683	
	Altitud	-4,59E-03	1,57E-03	-2,918	0,003525	**
	Pendientes	3,02E-02	6,09E-03	4,963	6,95E-07	***
	Temperatura	-1,31E+00	2,87E-01	-4,565	5,00E-06	***
Signif. codes:						
0 '***'		0,001 '***'	0,01 '**'	0,05 '.'	0,1 ' '	1

Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024.

Priorización de sitios de restauración

Las áreas prioritarias de restauración de categoría alta y muy alta están repartidas tanto en la zona de amortiguamiento como en el área protegida. Se observa que, en el este del área de estudio, se encuentran con mayor frecuencia las áreas con una categoría de prioridad de restauración baja. Esto indica que los bordes de contraste son bajos, estas áreas se encuentran ubicadas en el área protegida (Figura 5).

En la zona de amortiguación y en el área protegida, se encuentran las áreas con prioridad de restauración baja, media, alta y muy alta. En el área protegida podemos ver que las zonas con las 4 categorías de restauración están colindando con la zona de amortiguamiento. Se puede observar que, en el área protegida, se ubican en menor frecuencia las áreas con prioridad de restauración alta y muy alta, sin embargo, se destacan las áreas con prioridad de restauración de categoría baja y media (Figura 5).

Tabla 8: Identificación y cuantificación de las áreas prioritarias de restauración de la zona nororiental del PNCC, mediante el índice de ECON.

Nivel de prioridad		
Clasificación del índice de contraste de borde	Descripción	Área (Ha)
Rango de 0 a 30	Bajo	102,7
Rango de 30 a 50	Medio	61.642
Rango de 50 a 70	Alto	9.311,7
Valores > 70	Muy alto	1.442,5

Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024.

Por otro lado, se puede observar que la extensión que mayormente predomina en el área de estudio son las áreas prioritarias de restauración de categoría medio con 6.164 ha, seguida por la categoría de prioridad alta con 9.311,7 ha. La extensión de la categoría de prioridad de restauración es de 14.442,5 ha. Las cifras presentadas, incluyen las áreas dentro del PNCC como su zona de amortiguamiento, estos resultados son de gran importancia, ya que, desde la perspectiva de paisaje, de acuerdo al nivel

de prioridad se puede establecer una planificación para realizar REF, con el fin de aumentar la conectividad en el paisaje (Tabla 9).

Las áreas que presentan un mayor índice de alto contraste, $ECON > 50 \%$ pertenecen a las áreas con pino e incendios forestales, el área total de los pinos es de 695,43 ha, de los cuales el 95,5 %, presentan un valor de $ECON > 50 \%$, seguido por las áreas con incendios, que tiene una extensión de 1.401,2 ha, de los cuales el 94,9 % presenta un índice de contraste $ECON > 50$. Asimismo, se puede observar que las áreas con zona antrópica, presentan un 81,3 % de $ECON > 50$. Por otro lado, la cobertura vegetal natural arbustiva y boscosa presentan un índice de $ECON < 50 \%$, esto quiere decir que los parches de estas dos coberturas, son de bajo contraste (Tabla 10).

Tabla 9. Porcentajes del índice de contraste bajos y altos de la cobertura vegetal y uso de suelo del PNCC.

Uso/cobertura del suelo	Área total	Índice de contraste	
	(ha)	($ECON < 50 \%$)	($ECON > 50 \%$)
Bosque	15.317,9	85,3	14,7
Páramo	42.036,0	69,5	30,5
Eucalipto	145,6	100,0	0,0
Pino	695,4	4,5	95,5
Arbustos	3.846,0	98,9	1,1
Incendio forestal	1.401,3	5,1	94,9
Zona antrópica	9.058,7	18,7	81,3

Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024.

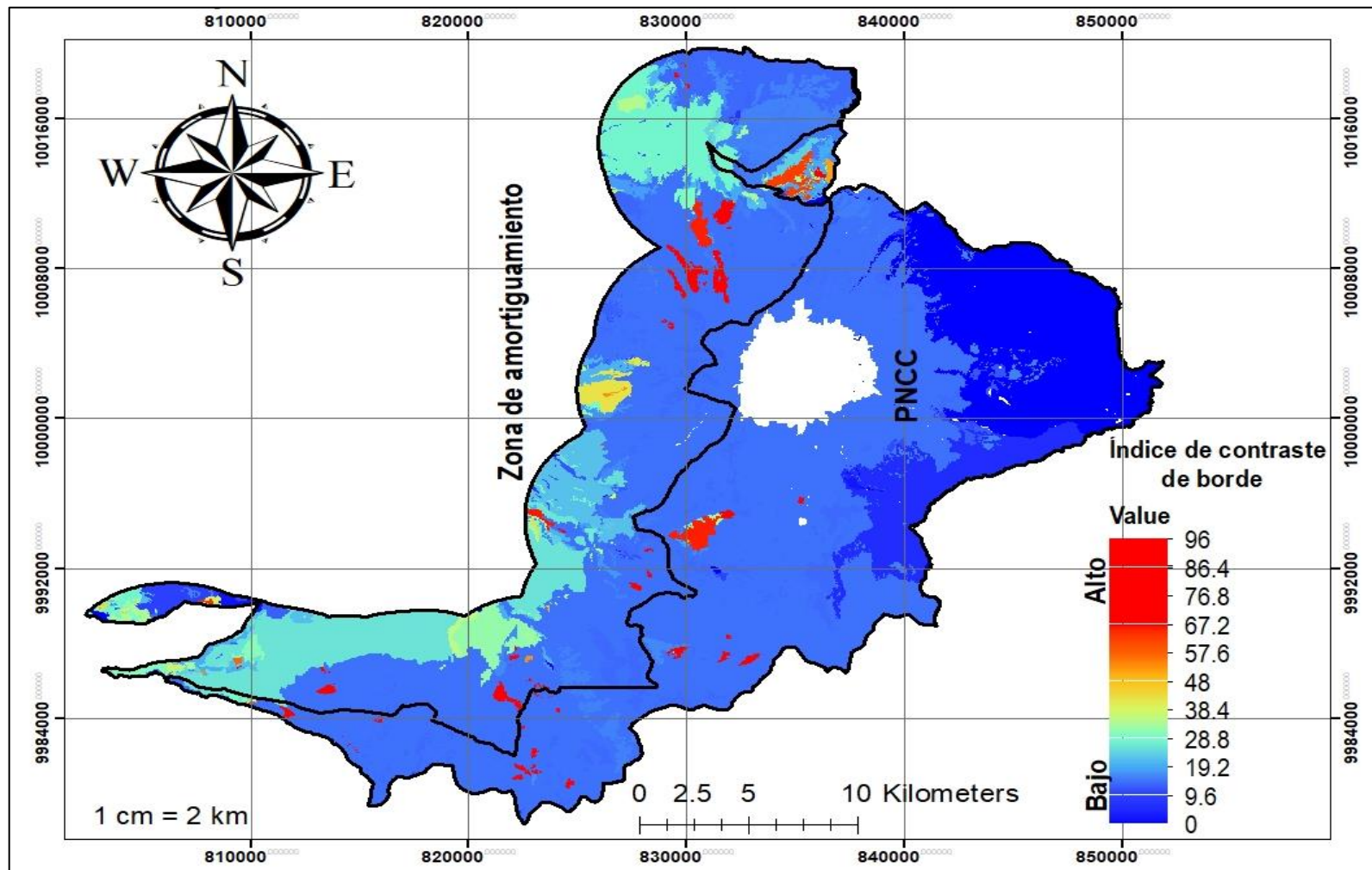


Figura 5: Áreas prioritarias de restauración de la zona nororiental del PNCC, mediante el índice de ECON.
Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024.

CAPÍTULO IV: INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN

Análisis del cambio de cobertura vegetal

Al examinar la tabla 3, se puede constatar que a partir del período 2008 - 2014 hasta el período 2014 - 2020, se ha incrementado significativamente la superficie de la cobertura vegetal persistente, lo que ha generado una significativa disminución en la pérdida de la cobertura vegetal y en la regeneración. Una posible explicación a este suceso radica en que, en Cayambe, debido al incremento de las florícolas, la capacidad de trabajo se incrementó, lo que provocó la movilidad de la población rural joven hacia las zonas urbanas, con el propósito de obtener salarios fijos y mejorar su calidad de vida, dejando abandonadas sus tierras y comunidades [47,48]. Este hecho ha permitido controlar de cierta forma el aumento de actividades antropogénicas que generan el cambio de la cobertura vegetal en la zona de amortiguamiento del PNCC.

Pérdida de cobertura vegetal

Basándonos en los resultados obtenidos, se ha constatado que, a pesar de que el área de estudio se encuentra dentro de un área protegida, no ha frenado por completo la pérdida de la cobertura vegetal durante el transcurso del tiempo. Estos hallazgos encontrados concuerdan con los estudios realizados por [49–52], quienes señalan que gran parte de las APs alrededor del mundo existen solo en papel, pese a que cuentan con restricciones de actividades dentro de las APs, no ha controlado la disminución de la cobertura vegetal.

Se ha verificado que, en la zona de amortiguamiento, tanto en el norte como en el sur, se observa una mayor influencia en la pérdida de la cobertura vegetal, lo cual está generando presión al AP. Según He et al. (2023), afirma que, para preservar la cobertura vegetal y biodiversidad, para las futuras generaciones, es importante aumentar el área de protección en el ámbito de las APs.

En concordancia con los resultados obtenidos, se ha comprobado que la cobertura vegetal más afectada es el bosque andino, con una tasa anual de destrucción del -0,5 %. Este resultado se encuentra vinculado con estudios similares llevados a cabo en Ecuador por Camacho-López et al. (2022) y Narváez (2019), que afirman que la

cobertura boscosa ha sido más afectada dentro de las APs, debido a la disminución de la cobertura vegetal. En la actualidad, en América Latina, los bosques andinos ostentan una superficie de entre 5 y 10 % de su superficie original [55]. En caso de que esta tendencia persista, es probable que con el transcurso del tiempo el bosque andino en el PNCC desaparezca.

De igual manera, la vegetación del páramo ha experimentado una significativa afectación por la disminución de la cobertura vegetal, siendo la tasa anual de destrucción del -0,1 %. Por el contrario, en un estudio similar realizado en la zona de amortiguamiento altoandina del Parque Nacional Cotacachi Cayapas, entre 1990 y 2019, el páramo presentó una ganancia significativa del 12,2 % en su cobertura vegetal, debido a un proceso de paramización [56].

Por el contrario, se puede apreciar que, mientras el bosque andino y la vegetación del páramo han disminuido, la cobertura vegetal arbustiva ha tenido una ganancia significativa de 3.211,3 ha en el transcurso de 20 años. Los mismos descubrimientos se evidenciaron en las investigaciones llevadas a cabo por Camacho-López et al. (2022b) y Zambrano (2021), donde se constató que, mientras diversos tipos de cobertura vegetal disminuyen, la cobertura arbustiva ha ido ganando superficie paulatinamente.

El incremento de la cobertura arbustiva se vincula con las áreas en las que se llevaba a cabo el pastoreo intenso, ya que, en ausencia de pasto y hierbas, las especies leñosas no encuentran interferencia para colonizar espacios libres y los ecosistemas naturales se incorporan a un ciclo de arbustificación [59,60].

Análisis de deforestación

Los factores como distancia a vías secundarias y distancia a ríos principales son altamente significativos, lo que representa que estas variables están estrechamente relacionadas con la deforestación en el área de estudio, durante el transcurso del periodo 2000 – 2020. Esto se debe a que la deforestación se produce con mayor frecuencia en lugares que son más accesibles, tal como lo han manifestado los estudios realizados por Gellrich y Zimmermann (2007) y (2012).

De igual forma, tanto la altitud como la pendiente, en el presente estudio, son significativas, lo cual nos indica que estas variables influyen en la deforestación en el área de estudio. En una investigación llevada a cabo por Birhanu et al. (2019), se evidencia que los cambios en el uso de tierra y la cobertura vegetal se producen principalmente en áreas con pendientes suaves.

Priorización de sitios de restauración

Los resultados obtenidos en el presente trabajo permitieron identificar las áreas con bordes de hábitat de alto contraste mediante un análisis espacialmente explícito. Los altos valores del índice de ECON pertenecen a la intersección entre el páramo, las áreas con incendios forestales y las áreas con monocultivos de *Pinus*. Los páramos son ecosistemas frágiles, por lo que la introducción de especies exóticas como el *Pinus*, alteran el paisaje interviniendo en el flujo de las especies, también son los responsables de acidificar el suelo y disminuye la capacidad de retención del agua hasta un 50 %, de igual forma, los incendios forestales cambian la estructura y composición de los suelos [14].

En los resultados de la investigación realizada por [42], los valores más altos del índice de ECON ($ECON \geq 50$), corresponden a los hábitats forestales de rodales invadidos por especies exóticas, seguidas por las plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*. Esos resultados son similares a los encontrados en el presente estudio, pues el valor más alto del índice de ECON, corresponden a las plantaciones de monocultivo de *Pinus*, esta es una especie introducida en los páramos ecuatorianos desde el año 1960 [63].

En un estudio llevado a cabo por Peña-Becerril et al. (2005), se evidencia que, al realizar planes de restauración, se puede emplear un modelo de fragmento mejor conservado para facilitar y fortalecer la restauración en las áreas de borde con especies clave que permitan preservar la funcionalidad del ecosistema. Este estudio evidencia que el ecosistema más preservado del ámbito de estudio es el páramo, por lo que resulta crucial identificar las actividades que están ocasionando un impacto negativo en el páramo, con el fin de diseñar estrategias de restauración efectivas y adaptadas a cada situación específica. Esto permitirá abordar las principales causas de degradación de los páramos y fomentar su conservación y recuperación.

En el presente estudio, se consideró un borde de alto contraste a las zonas, que han sido altamente intervenidas, que generan un impacto negativo al ambiente y que forman una barrera que se opone al movimiento de las especies, como un indicador de áreas prioritarias que necesitan ser restauradas, con el fin de aumentar la conectividad en paisaje. La identificación de las áreas prioritarias de restauración a escala de paisaje, es una herramienta que permite a los planificadores evaluar la configuración espacial, para seleccionar las áreas que maximicen los beneficios a escala de paisaje [65].

El mapa presentado en este trabajo, es más apto que el mapa del MAATE para identificar áreas prioritarias de restauración en los ecosistemas andinos, dado que se consideró la dinámica del paisaje, además se realizó un análisis espacial de la heterogeneidad paisajística y fue elaborado a una escala fina, lo que lo hace una herramienta más adecuada para la planificación y gestión de la restauración de paisajes.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- A partir del diagnóstico de la dinámica del cambio temporal y espacial de la zona nororiental del Parque Nacional Cayambe Coca y su zona de amortiguamiento, se determinó que tanto el bosque y el páramo han sido afectados por la pérdida de la cobertura vegetal, en el transcurso de 20 años. Por otro lado, se constató que mientras el bosque y páramo perdían superficie, la cobertura arbustiva aumentaba de extensión.
- La distancia a vías, la elevación y la temperatura emergen como las principales variables que han impulsado la deforestación y la pérdida de cobertura vegetal en el PNCC.
- El paisaje del área de estudio es altamente heterogéneo, por lo cual, identificar las áreas prioritarias de restauración, con enfoque de paisaje nos ayudó a determinar el efecto de cada uno de los parches o los usos de suelo en la composición y estructura del paisaje, que hacen que sean prioritarios para restaurar.
- Las áreas con prioridad de restauración de categoría alta y muy alta se encuentran distribuidos tanto dentro del PNCC como en la zona de amortiguamiento.

Recomendaciones

Es fundamental tomar en cuenta a las personas en la identificación de áreas prioritarias de restauración con enfoque de paisaje no solo es importante, sino esencial para garantizar la efectividad, la equidad y la sostenibilidad de las acciones de conservación y restauración de ecosistemas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Turner MG, Gardner RH. Landscape Ecology in Theory and Practice Pattern and Process. New York: Springer ; 2015. doi:10.1007/978-1-4939-2794-4
2. Olaya V. Sistemas de información geográfica. repositorio.upn.edu.pe; 2014. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/25452>
3. Arroyo-Rodríguez V, Moreno CE, ... La ecología del paisaje en México: logros, desafíos y oportunidades en las ciencias biológicas. Revista mexicana de 2017. Available: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532017000500042
4. Turner MG. Landscape ecology: what is the state of the science? Annu Rev Ecol Evol Syst. 2005. doi:10.1146/annurev.ecolsys.36.102003.152614
5. Seppelt R, Beckmann M, Ceașu S, Cord AF, ... Harmonizing biodiversity conservation and productivity in the context of increasing demands on landscapes. 2016. Available: <https://academic.oup.com/bioscience/article-abstract/66/10/890/2236133>
6. Galicia L, Rodríguez-Bustos L. Causas locales de la transformación del paisaje en una región montana del centro de México. Acta Univ. 2016. Available: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-62662016000600083&script=sci_abstract&lng=pt
7. Gallardo M, Contreras I. Fragmentación y biodiversidad del paisaje asociados a la construcción de la autopista Valle Biobío en Concepción. Tiempo y Espacio. 2016. Available: <https://revistas.ubiobio.cl/index.php/TYE/article/view/3254>
8. Turner MG, Gardner RH, O'Neill R. Landscape ecology in theory and practice-Pattern and Process Springer. New York, NY. 2015.
9. Haddad NM, Brudvig LA, Clobert J, Davies KF, ... Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. Sci Adv. 2015. doi:10.1126/sciadv.1500052
10. Granados C, Giné DS, García-Romero A. Efecto de borde en la composición y en la estructura de los bosques templados. Sierra de Monte-Alto, Centro de México. Caldasia. 2014. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0366-52322014000200007&script=sci_arttext
11. González-Moreno P, Delgado JD, Vilà M. Una visión a escala de paisaje de las invasiones biológicas. Ecosistemas. 2015. Available: <http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/1002>
12. Santos T, Tellería JL. Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. Ecosistemas. 2006. Available: <http://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/180>
13. Hoyos C, Rivera C, Vallejo EQ. Bosques Andinos, estado actual y retos para su conservación en Antioquia. Medellín: Fundación Jardín Botánico ...; 2017.
14. Llambí L, Soto Werschitz A, Céleri R, De Bièvre B, Ochoa-Tocachi B, Borja P. Ecología, Hidrología y Suelos del Páramo. 2012.
15. Romoleroux K, Muriel P, Sklenář P, ... La flora de los páramos ecuatorianos: orígenes, diversidad y endemismo. Los páramos del 2023. Available: https://www.researchgate.net/profile/Priscilla_Muriel/publication/371748884_La_flora_de_los_paramos_ecuatorianos_Origenes_diversidad_y_endemismo/links/6554c268b1398a779d8f684c/La-flora-de-los-paramos-ecuatorianos-Origenes-diversidad-y-endemismo.pdf

16. León-Yáñez S. Páramo. Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado. La flora de los páramos ecuatorianos. Hofstede, R, Calles, J, López, V, Polanco, R, Torres 2011.
17. Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Programa de Trabajo sobre Áreas Protegidas (Programas de trabajo del CDB). Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2004: 34. Available: www.biodiv.org
18. Cuenca P, Echeverría C. How do protected landscapes associated with high biodiversity and population levels change? PLoS One. 2017;12. doi:10.1371/journal.pone.0180537
19. Columba K. Manual para la gestión operativa de las Áreas Protegidas de Ecuador. ... para el Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE) 2013.
20. MATTE. BOLETÍN ESTADÍSTICO SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS. 2023.
21. MAATE. Plan de manejo Cayambe Coca. Quito - Ecuador ; 2020.
22. MAATE. Plan Nacional de Restauración Forestal 2019 - 2030. Quito - Ecuador; 2019.
23. Mansourian S, Vallauri D, Dudley N. Forest restoration in landscapes: beyond planting trees. Springer, New York; 2005.
24. Peralvo M, Cuesta F, Baquero F. Prioridades de Conservación de la Biodiversidad y Procesos de Cambio Ambiental: Escenarios a Nivel Nacional Para Promover la Planificación Ministerio del Ambiente, CONDESAN: Quito 2015.
25. Matthews JW, Peralta AL, Flanagan DN, ... Relative influence of landscape vs. local factors on plant community assembly in restored wetlands. Ecological 2009. doi:10.1890/08-1836.1
26. Stanturf J, Mansourian S, Kleine M. IMPLEMENTANDO LA RESTAURACIÓN DEL PAISAJE FORESTAL Una guía para practicantes. 2017.
27. Stanturf J, Mansourian S, Kleine M. Implementando la Restauración del Paisaje Forestal, Una Guía para Practicantes. ... Forestal, Programa Especial para el Desarrollo 2017.
28. Botero EU. El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina. cepal.org; 2015. Available: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/39855-cambio-climatico-sus-efectos-la-biodiversidad-america-latina>
29. Hofstede R, Mena V, Segarra P. Los Páramos del Mundo. Quito: Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia; 2003. Available: <https://dare.uva.nl/record/116313>
30. Stanturf J, Mansourian S, Kleine M. Implementando la Restauración del Paisaje Forestal, Una Guía para Practicantes. Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal, Programa Especial para el Desarrollo de Capacidades (IUFRO-SPDC) . 2017.
31. UICN, WRI. Guía sobre la Metodología de evaluación de oportunidades de restauración (ROAM): Evaluación de las oportunidades de restauración del paisaje forestal a nivel nacional o subnacional. Gland, Suiza: UICN; 2014. Available: www.iucn.org/publications
32. Newton AC. Biodiversity loss and conservation in fragmented forest landscapes: the forests of montane Mexico and temperate South America. books.google.com; 2007. Available: <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=BP0Rpfbk-QC&oi=fnd&pg=PR5&dq=biodiversity+loss+and+conservation+in+fragmented+forest+landscapes+the+forests+of+montane+mexico+and&ots=vPKMZG4cgQ&sig=NscXVb-LJ4mknHmrcBtvAnYOJmM>
33. Peña JFC. Análisis de regresión logística aplicado al modelamiento espacial de las causas de deforestación en el departamento del Guaviare durante el periodo 2005 Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de 2022. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-215X2022000200255&script=sci_arttext

34. Sun W, Song X, Mu X, Gao P, Wang F, ... Spatiotemporal vegetation cover variations associated with climate change and ecological restoration in the Loess Plateau. *Agricultural and Forest ...* 2015. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192315001446>
35. Gessner U, Naeimi V, Klein I, Kuenzer C, Klein D, ... The relationship between precipitation anomalies and satellite-derived vegetation activity in Central Asia. *Global and Planetary ...* 2013. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921818112002111>
36. Yang W, Qi W, Zhou J. Effects of precipitation and topography on vegetation recovery at landslide sites after the 2008 Wenchuan earthquake. *Land Degradation & Development*. 2018. doi:10.1002/ldr.3098
37. Pabón ED. Análisis de los procesos de cambio de uso y cobertura del suelo en la microcuenca del río Tabacay. ... uasb.edu.ec/bitstream/10644/8687 ...; 2022.
38. Hailu A, Mammo S, Kidane M. Dynamics of land use, land cover change trend and its drivers in Jimma Geneti District, Western Ethiopia. *Land use policy*. 2020. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837719317971>
39. Farfán M, Mas JF, Osorio L. Interpolating socioeconomic data for the analysis of deforestation: a comparison of methods. *scirp.org*; 2012. Available: https://www.scirp.org/html/8-8401168_22155.htm
40. Plant R. *Spatial data analysis in ecology and agriculture using R*. cRc Prensa, editor. 2018.
41. Planet. Planet. 2020 [cited 21 Dec 2023]. Available: <https://www.planet.com>
42. Echeverría C, Gatica P, Fuentes R. Habitat edge contrast as an indicator to prioritize sites for ecological restoration at the landscape scale. *Natureza a Conservacao*. 2013;11: 170–175. doi:10.4322/natcon.2013.026
43. García-Feced C, Saura S, Elena-Rosselló R. Improving landscape connectivity in forest districts: A two-stage process for prioritizing agricultural patches for reforestation. *Forest ecology and ...* 2011. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037811271000589X>
44. Orsi F, Geneletti D. Identifying priority areas for Forest Landscape Restoration in Chiapas (Mexico): An operational approach combining ecological and socioeconomic criteria. *Landsc Urban Plan*. 2010. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204609001510>
45. Leroux L, Congedo L, Bellón B, ... Land cover mapping using Sentinel-2 images and the semi-automatic classification plugin: A Northern Burkina Faso case study. ... and Applications in 2018. doi:10.1002/9781119457107.ch4
46. McGarigal K, Marks B, Ene E, Holmes C. ... pattern analysis program for categorical maps. Software program designed to compute a wide variety of landscape metrics for categorical map patterns. ... /fragstats/fragstats.html 05 de ...; 2002.
47. Gualavisi JEP. El crecimiento acelerado de las plantaciones florícolas en el sector de Guachalá y su incidencia en las comunidades aledañas de la parte baja de la Quito: UCE; 2016.
48. Calero D. Florícolas: ¿motores de la expansión urbana? El caso de Cayambe, Ecuador. *Eutopía Revista de Desarrollo Económico Territorial*. 2021. Available: <http://143.198.112.220/index.php/eutopia/article/view/5164>
49. Khaznadar M, Fenni M. Vegetation and land cover change in the National park of EL Kala: Application of NDVI differencing and classification analysis. *J Biodivers Environ Sci*. 2015. Available: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=7b845a1dd6a8319b7d5d40dffa0df3b4ddbe787>

50. Clerici N, Armenteras D, Kareiva P, Botero R, ... Deforestation in Colombian protected areas increased during post-conflict periods. *Sci Rep.* 2020. Available: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-61861-y>
51. Silva PJB. Pérdida de bosque alto andino por procesos de paramización y cambio climático en ecosistemas de alta montaña. *repository.unimilitar.edu.co*; 2022. Available: <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/44152>
52. He X, Ziegler AD, Elsen PR, Feng Y, Baker JCA, ... Accelerating global mountain forest loss threatens biodiversity hotspots. *One Earth.* 2023. Available: [https://www.cell.com/one-earth/pdf/S2590-3322\(23\)00085-4.pdf](https://www.cell.com/one-earth/pdf/S2590-3322(23)00085-4.pdf)
53. Camacho-López CO, Jara-Franco NE, ... Análisis multitemporal de la deforestación y cambio de la cobertura del suelo en Morona Santiago. *Polo del* 2022. Available: <https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3511>
54. Narváez MF. ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL DEL PARQUE NACIONAL YASUNÍ Y SU ZONA DE AMORTIGUAMIENTO, SECTOR CONONACO. UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA. 2019.
55. Kometter R. Panorama del Programa Bosques Andinos en el Sitio de aprendizaje apurímac-perú. Programa Bosques Andinos. 2018. Available: https://www.researchgate.net/profile/Roberto-Kometter/publication/324455067_PANORAMA_DEL_PROGRAMA_BOSQUES_ANDINOS_EN_EL_SITIO_DE_APRENDIZAJE_APURIMAC/links/5bf02dcfa6fdcc3a8ddd4f5d/PANORAMA-DEL-PROGRAMA-BOSQUES-ANDINOS-EN-EL-SITIO-DE-APRENDIZAJE-APURIMAC.pdf
56. Bedón JGP, Cuaycal CEJ. Análisis multitemporal del cambio de cobertura vegetal en la zona de amortiguamiento altoandina del parque nacional Cotacachi-Cayapas (1990-2019). 2022. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11967>
57. Camacho-López CO, Jara-Franco NE, ... Análisis multitemporal de la deforestación y cambio de la cobertura del suelo en Morona Santiago. *Polo del* 2022. Available: <https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3511>
58. Zambrano E. Análisis espacio temporal de la cobertura vegetal y uso del suelo, y fragmentación del paisaje en el cantón Piñas, provincia de El Oro. *repository.ucatolica.edu.co*. Universidad Nacional de Loja. 2021. Available: https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24279/1/EdinsonGabrie_%20ZambranoFeijoo.pdf
59. Zeberio JM, Robles SST, Calabrese GM. Uso del suelo y estado de conservación de la vegetación leñosa del monte en el noreste patagónico. *Ecología austral.* 2018. Available: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1667-782X2018000400004&script=sci_abstract&lng=en
60. Eldridge DJ, Bowker MA, Maestre FT, Roger E, ... Impacts of shrub encroachment on ecosystem structure and functioning: towards a global synthesis. *Ecology* 2011. doi:10.1111/j.1461-0248.2011.01630.x
61. Gellrich M, Zimmermann NE. Investigating the regional-scale pattern of agricultural land abandonment in the Swiss mountains: a spatial statistical modelling approach. *Landsc Urban Plan.* 2007. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204606000685>
62. Schirpke U, Leitinger G, Tappeiner U, Tasser E. SPA-LUCC: Developing land-use/cover scenarios in mountain landscapes. *Ecol Inform.* 2012. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574954112000908>

63. Granda P. Monocultivos de árboles en Ecuador. Quito: Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales; 2006. Available: <http://www.wrm.org.uy>
64. Peña-Becerril JC, Monroy-Ata A, ... Uso del efecto de borde de la vegetación para la restauración ecológica del bosque tropical. ... en Ciencias Químico 2005. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/432/43220804.pdf>
65. Orsi F, Geneletti D, Newton AC. Towards a common set of criteria and indicators to identify forest restoration priorities: An expert panel-based approach. Ecol Indic. 2011. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X10001056>

ANEXOS

Anexo A: Fotografías de las áreas con monocultivo de pino y eucalipto, de la zona norte del área de estudio.



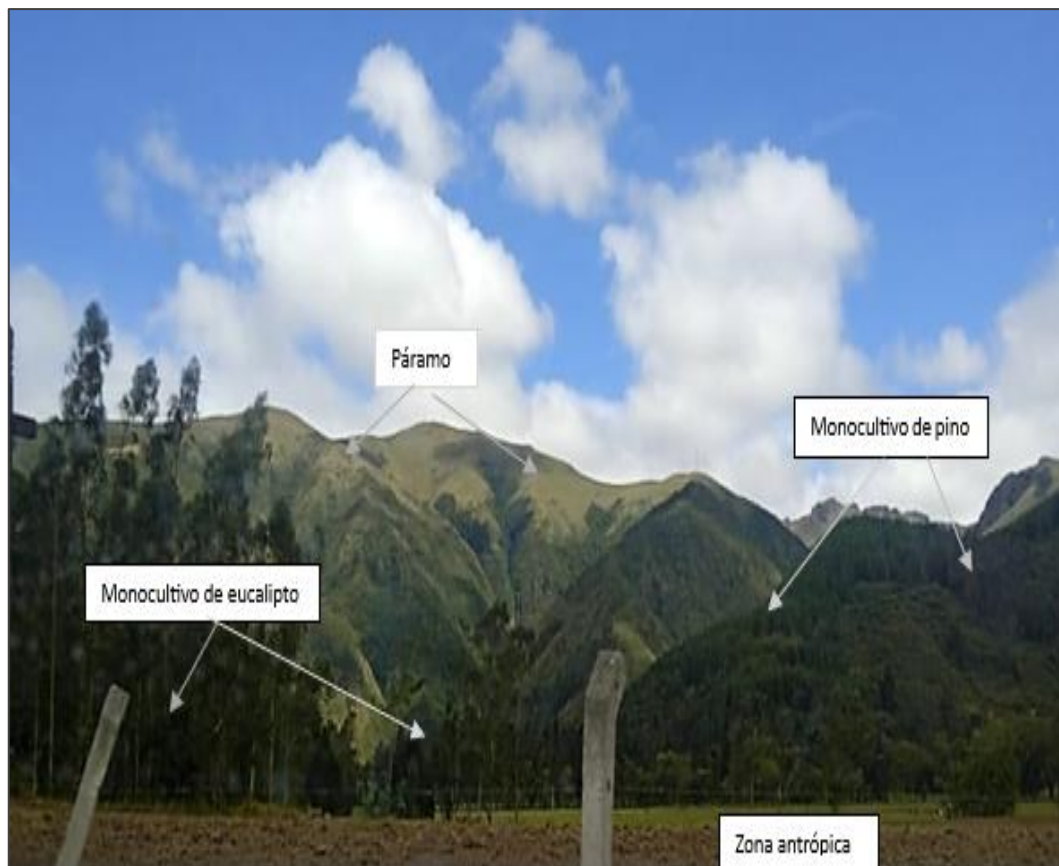
Descripción:

Fotografía tomada en la parroquia de Olmedo.

Actitud: 3460 msnm

Fecha: 15/10/2022

Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024.

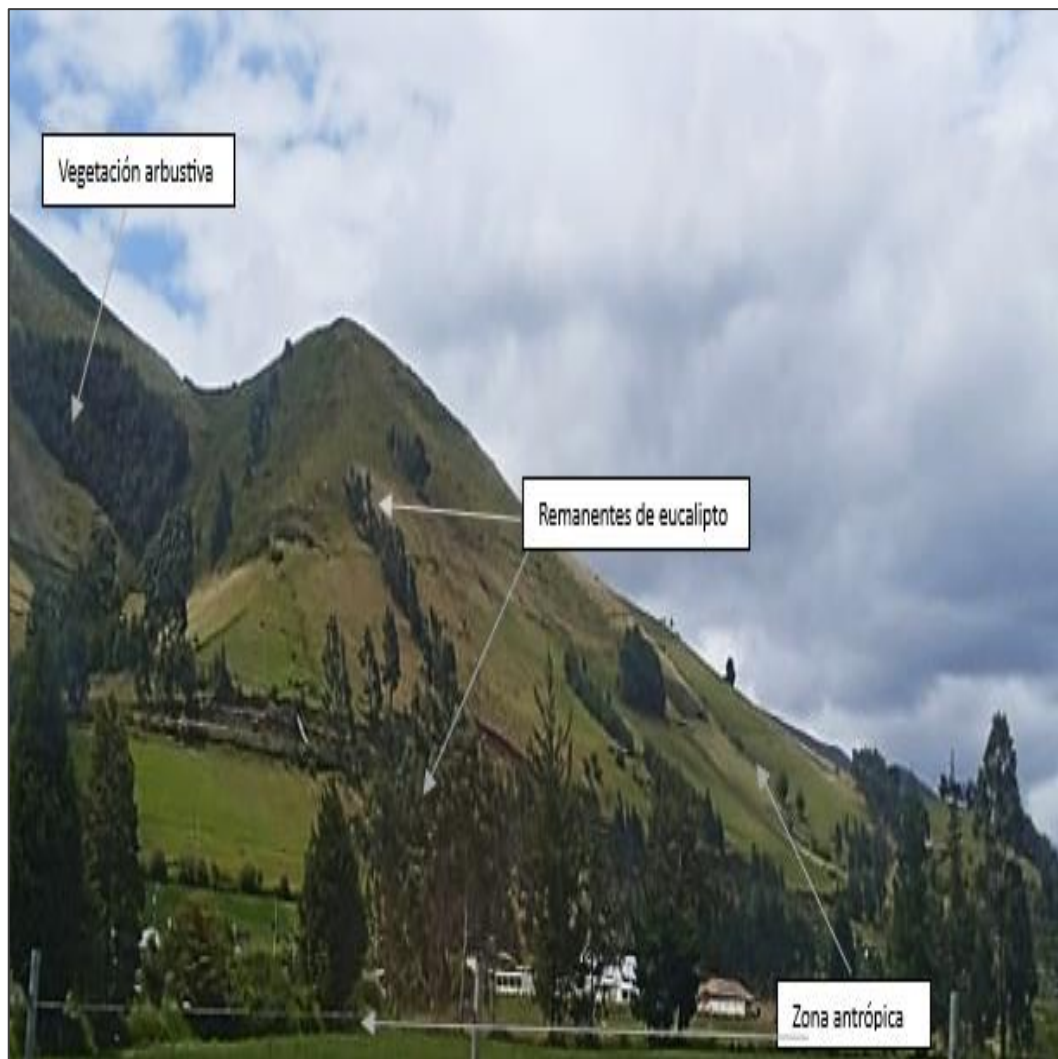
**Descripción:**

Fotografía tomada en la parroquia de Olmedo, en la imagen se puede apreciar la heterogeneidad del paisaje.

Actitud: 3215 msnm

Fecha: 29/10/2022

Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024.



Descripción:

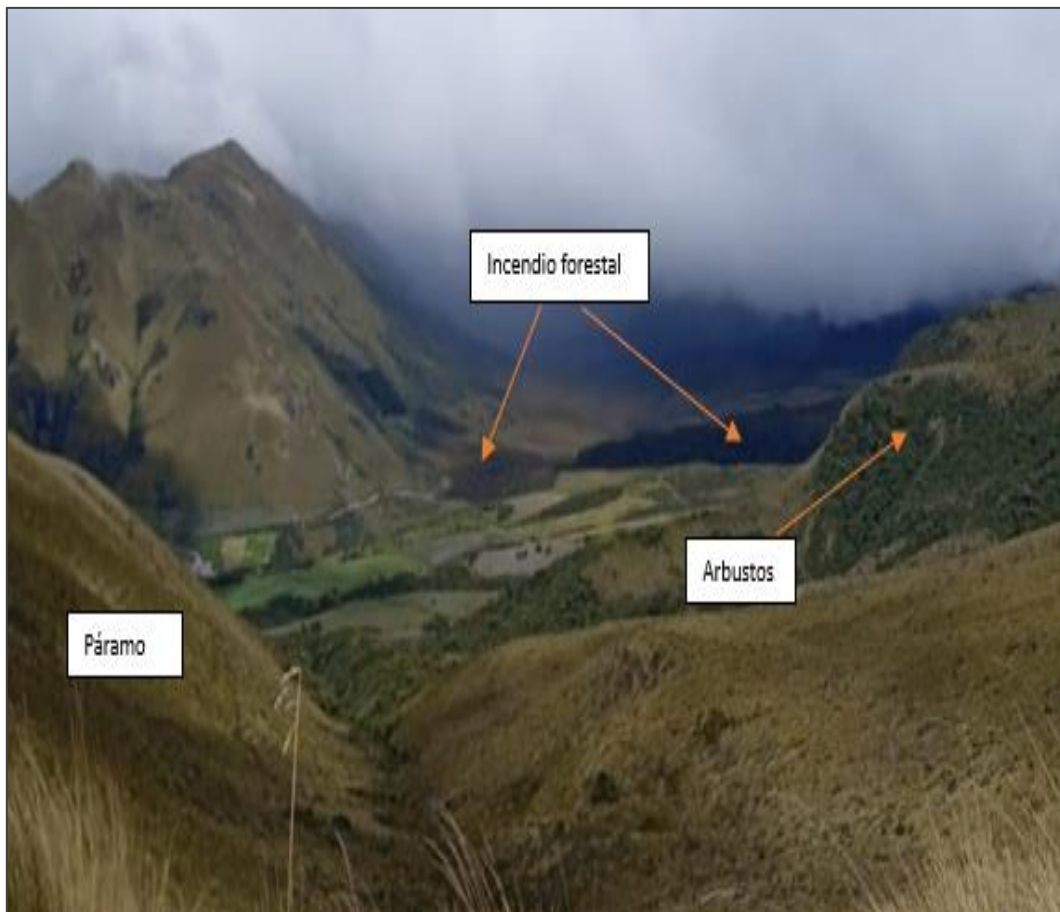
Fotografía tomada en la parroquia de Ayora.

Actitud: 3810 msnm

Fecha: 13/11/2022

Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024.

Anexo B: Fotografías de las áreas con incendios forestales, de la zona norte del área de estudio.



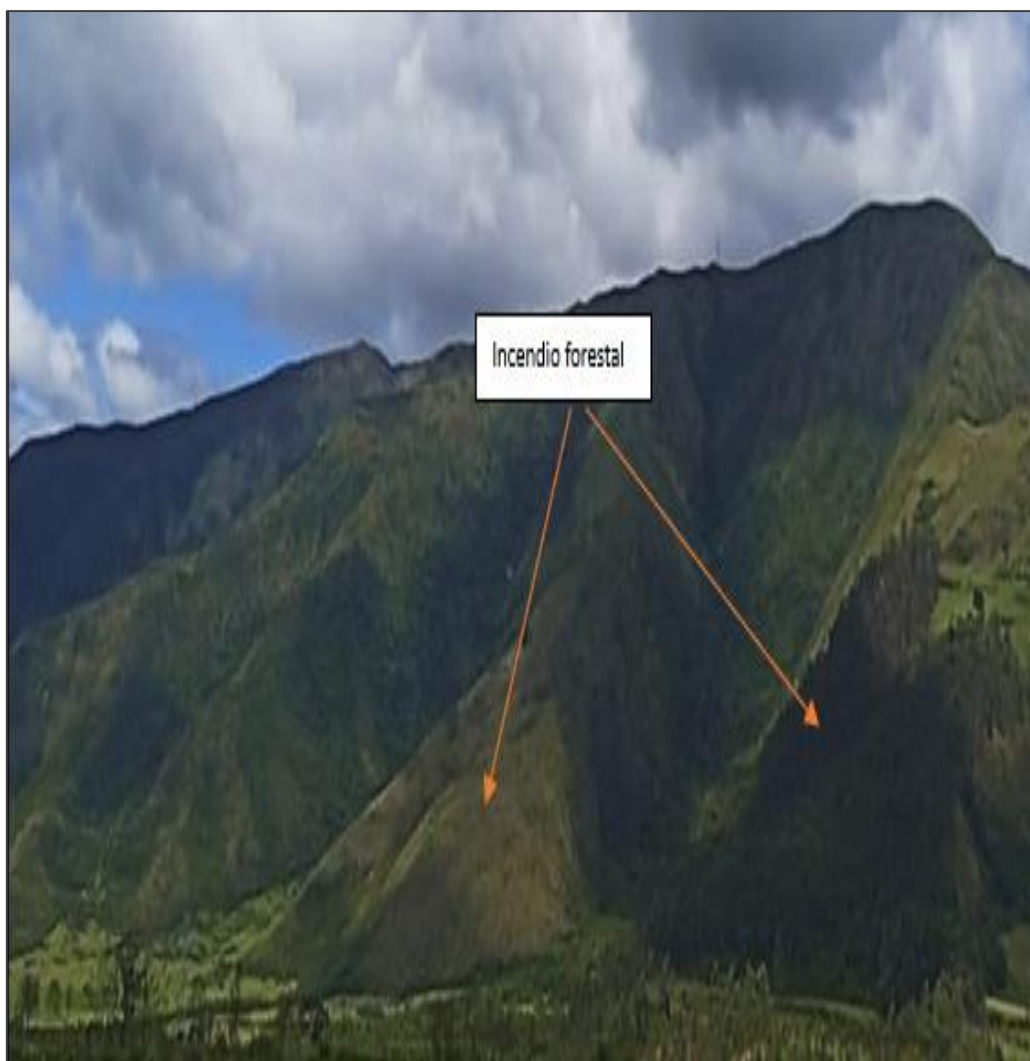
Descripción:

Fotografía tomada en la parroquia de Olmedo.

Actitud: 3850 msnm

Fecha: 15/10/2022

Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024.



Descripción:

Fotografía fue tomada en la parroquia de Olmedo.

Actitud: 3420 msnm

Fecha: 29/11/2022

Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024.

Anexo C: Fotografías de las áreas con monocultivo de pino y eucalipto, de la zona central del área de estudio.



Descripción:

Fotografía fue tomada en la parroquia de Cayambe.

Actitud: 4317 msnm

Fecha: 11/12/2022

Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024.



Descripción:

Fotografía fue tomada en la parroquia de Cayambe, se puede apreciar un extenso monocultivo de pino.

Actitud: 3640 msnm

Fecha: 25/01/2023

Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024.



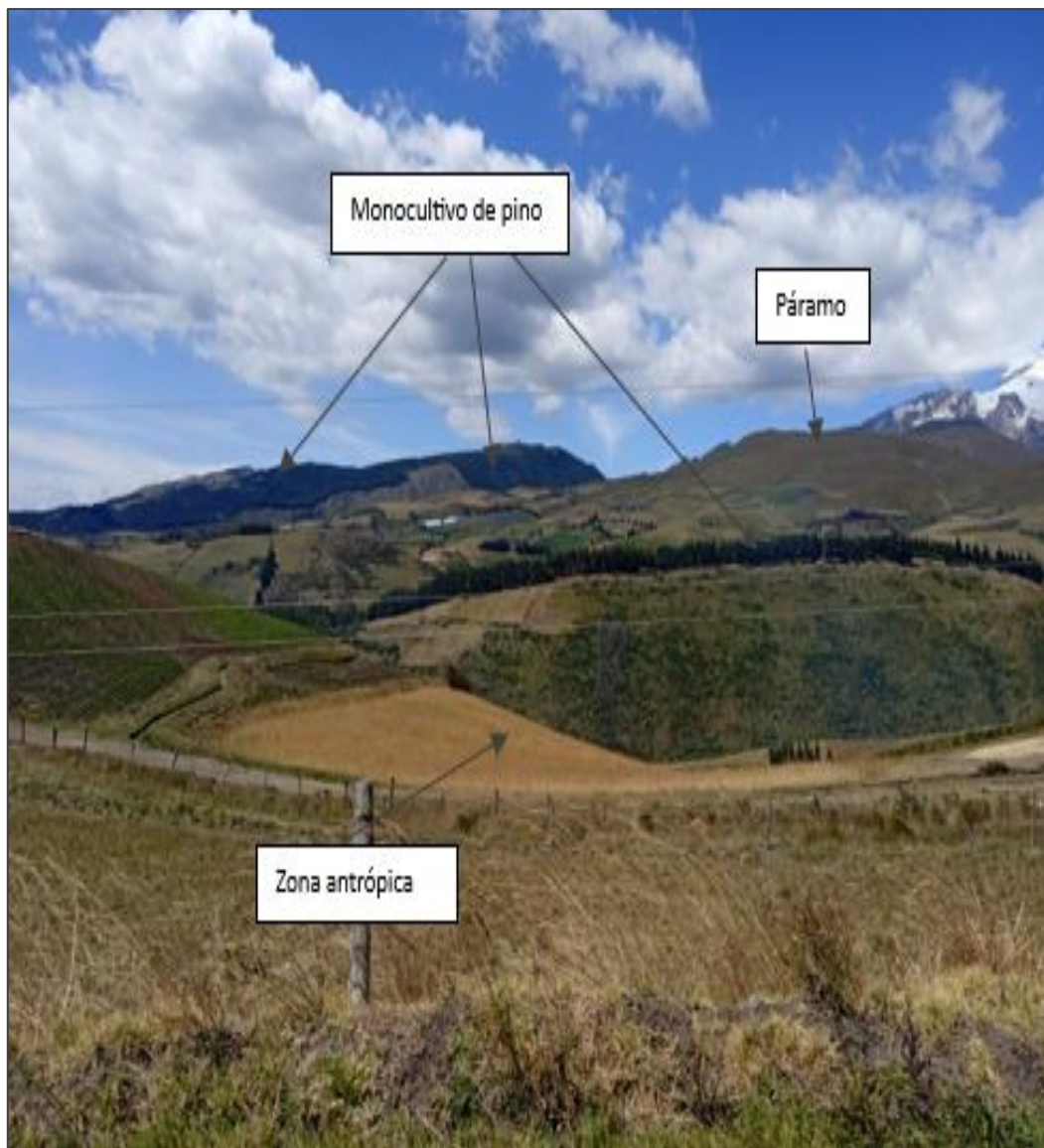
Descripción:

Fotografía tomada en la parroquia de Cayambe.

Actitud: 4428 msnm

Fecha: 25/01/2023

Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024.



Descripción:

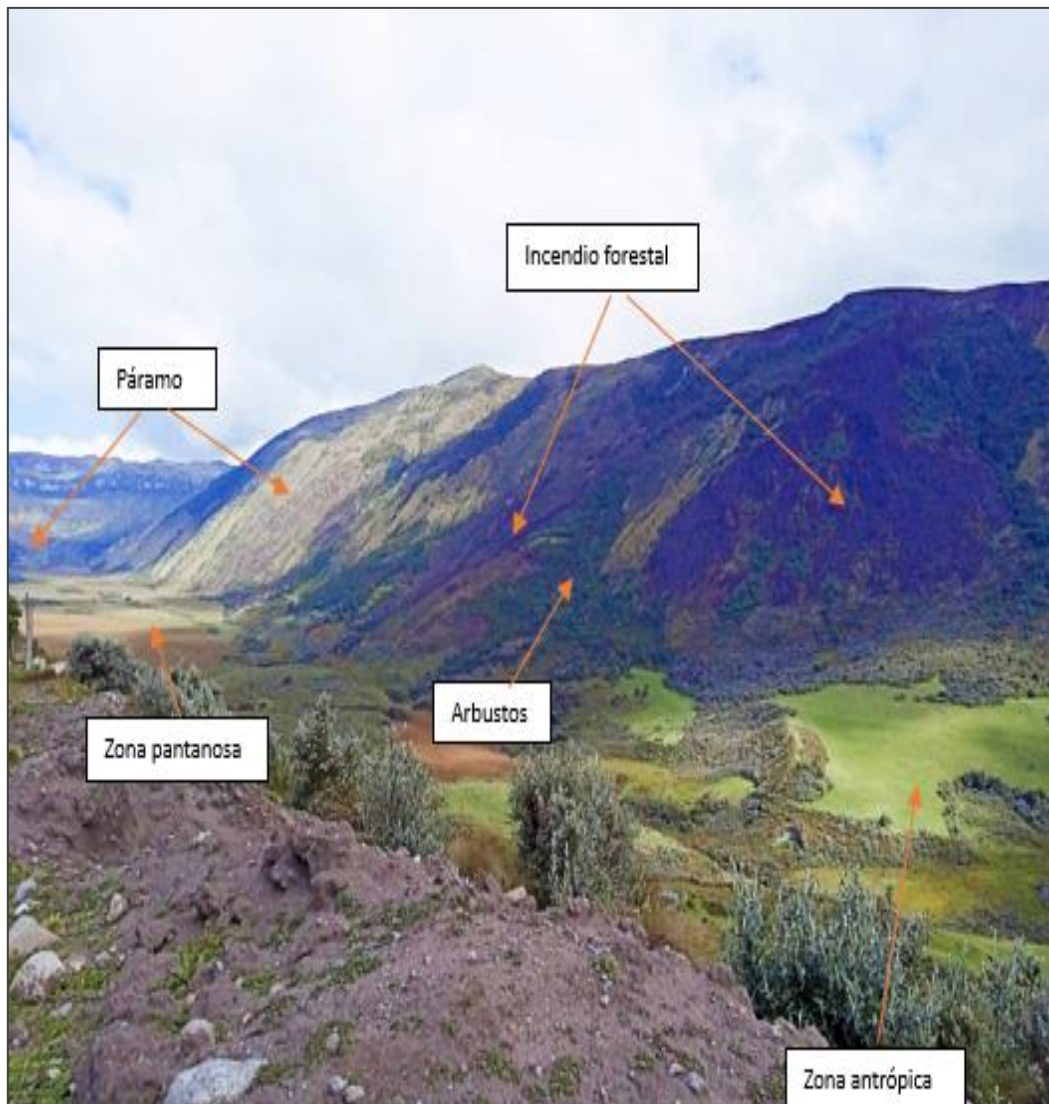
Fotografía tomada en la parroquia de Cayambe.

Actitud: 3446 msnm

Fecha: 25/ 01/2023

Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024.

Anexo D: Fotografías de las áreas con incendios forestales, de la zona central del área de estudio.



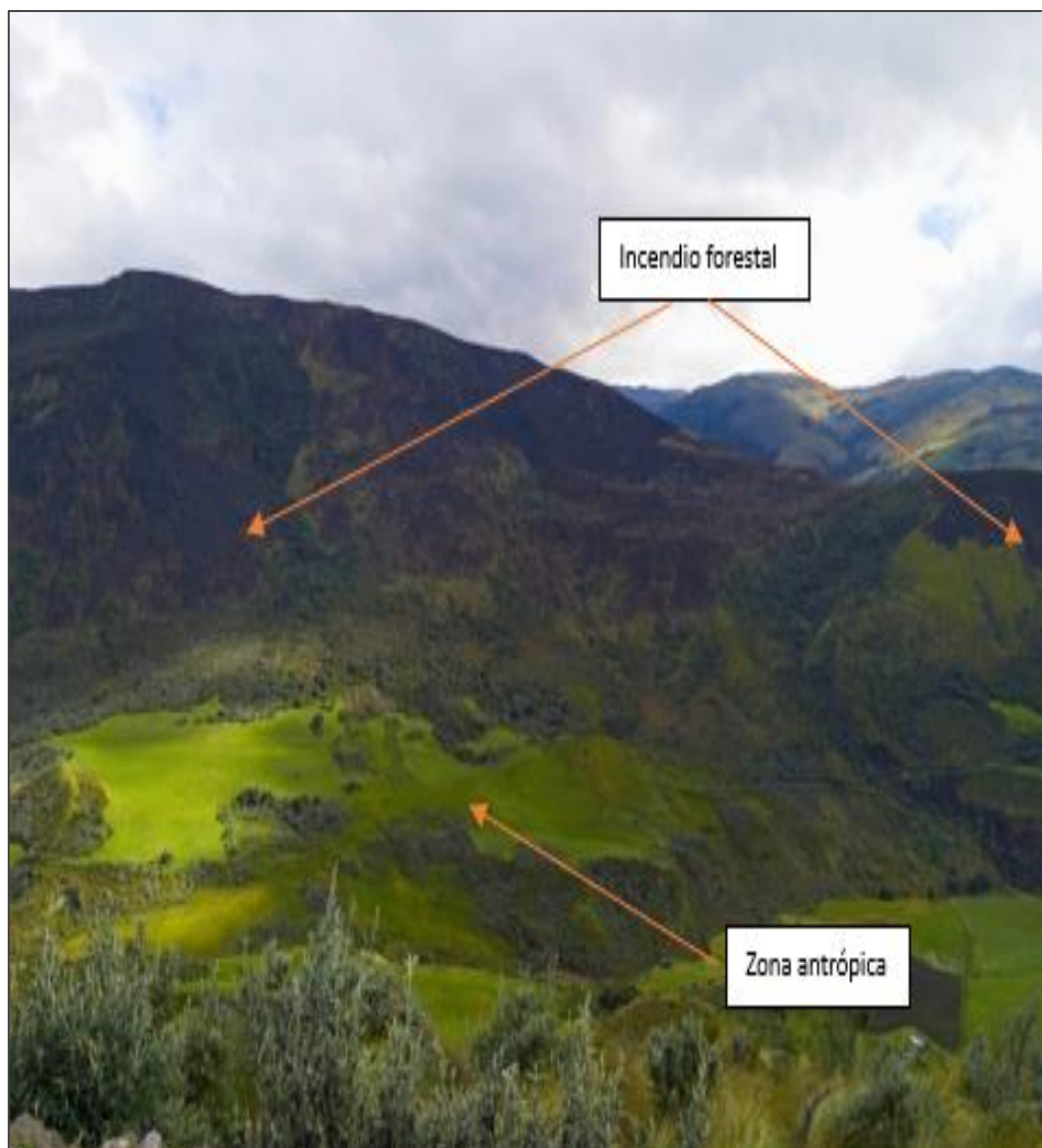
Descripción:

Fotografía tomada en la parroquia de Cayambe, se puede apreciar la heterogeneidad del paisaje.

Actitud: 3.450 msnm

Fecha: 5/02/2023

Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024.



Descripción:

Fotografía tomada en la parroquia de Cayambe.

Actitud: 3.450 msnm

Fecha: 5/02/2023

Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024.

Anexo E: Fotografías de las áreas con monocultivo de pino y eucalipto, de la zona sur del área de estudio.



Descripción:

Fotografía tomada en la parroquia de Cangahua.

Actitud: 3610 msnm

Fecha: 3/06/2023

Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024.

Anexo F: Fotografías de las áreas con incendios forestales, de la zona sur del área de estudio.



Descripción:

Fotografía tomada en la parroquia de Cangahua. Se observa la regeneración de la cobertura vegetal.

Actitud: 3615 msnm

Fecha: 29/07/2023

Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024.



Descripción:

Fotografía tomada en la parroquia de Olmedo, se puede apreciar un área recientemente afectada por un incendio forestal.

Actitud: 3450 msnm

Fecha: 3/06/2023

Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024.



Descripción:

Fotografía tomada en la parroquia de Cangahua.

Actitud: 4310 msnm

Fecha: 29/07/2023

Realizado por: Pulamarín, Carmen, 2024.