



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES**  
**RENOVABLES**

**FACTORES ANTRÓPICOS QUE INCINDEN EN LOS CAMBIOS DE**  
**COBERTURA VEGETAL DEL PÁRAMO EN LA RESERVA**  
**ECOLÓGICA “EL ÁNGEL”**

TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERAS EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**AUTORAS:**

Dayonara Nataly Igua Fuertes  
Fernanda Jazmín Rosero Vaca

**DIRECTOR:**

Ing. Gladys Neri Yaguana Jiménez MSc.

Ibarra-Ecuador

**2023**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401705934	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Igua Fuertes Dayonara Nataly	
DIRECCIÓN:	Tulcán	
EMAIL:	dniguaf@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL: 0997986660

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	FACTORES ANTRÓPICOS QUE INCIDEN EN LOS CAMBIOS DE COBERTURA VEGETAL EN EL PÁRAMO DE LA RESERVA ECOLÓGICA "EL ÁNGEL"
AUTOR (ES):	Igua Fuertes Dayonara Nataly Rosero Vaca Fernanda Jazmín
FECHA: DD/MM/AAAA	24/04/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Gladys Yaguana MSc.

## 2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 24 días del mes de abril de 2023

### EL AUTOR:

Firma: .....

Nombre: Igua Fuertes Dayonara Nataly



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**  
**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1003746227		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Rosero Vaca Fernanda Jazmín		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Av.13 de abril y Zaruma		
<b>EMAIL:</b>	fjroserov@utn.edu.ec		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>		<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0989642232

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	FACTORES ANTRÓPICOS QUE INCIDEN EN LOS CAMBIOS DE COBERTURA VEGETAL EN EL PÁRAMO DE LA RESERVA ECOLÓGICA "EL ÁNGEL"
<b>AUTOR (ES):</b>	Igua Fuertes Dayonara Nataly Rosero Vaca Fernanda Jazmín
<b>FECHA: DD/MM/AAAA</b>	24/04/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	Ing. Gladys Yaguana MSc.

## 2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 24 días del mes de abril de 2023

**EL AUTOR:**

Firma:   
Nombre: Fernanda Jazmín Rosero Vaca



**CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

Ibarra, 24 abril 2023.

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación: "FACTORES ANTRÓPICOS QUE INCIDEN EN LOS CAMBIOS DE COBERTURA VEGETAL DEL PÁRAMO EN LA RESERVA ECOLÓGICA EL ÁNGEL", de autoría de las señoritas Iguu Fuyertes Dayonara Nataly y Rosero Vaca Fernanda Jazmín estudiantes de la Carrera de **INGENIERÍA RECURSOS NATURALES RENOVABLES** el tribunal tutor **CERTIFICAMOS** los autores han procedido a incorporar en su trabajo de titulación las observaciones y sugerencia realizadas por este tribunal.

Atentamente,

**TRIBUNAL TUTOR**

**FIRMA**

MSc. Gladys Yaguana  
**DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN**

MSc. Gabriel Jácome  
**MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

MSc. Melissa Layana  
**MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradecemos primero a Dios por la oportunidad de vivir y de estar aquí cumpliendo una de nuestras metas, llenándonos de fuerza y paciencia.*

*Agradecemos de manera especial a nuestros padres que con mucho amor, ejemplo y apoyo nos impulsaron a culminar una etapa más de nuestras vidas.*

*A la MSc. Gladys Yaguana, MSc Gabriel Jácome y MSc Melissa Layana y en especial MSc Oscar Rosales gracias por el apoyo incondicional que nos brindaron durante el proceso de titulación, y a todos los ingenieros que formaron parte nuestra vida académica y que nos formaron con valores y ética profesional.*

*A los compañeros y amigos que hicimos durante los estudios universitarios, siempre les recordaremos con mucho cariño y emoción cada aventura que pasamos juntos, experiencias que serán siempre parte de nuestra vida y guardaremos hermosos recuerdos porque nos enseñaron a que se puede seguir adelante a pesar de los duros momentos.*

*Nataly y Jazmín*

## **DEDICATORIA**

*Agradezco a Dios por iluminarme en cada etapa de mi vida y haber permitido que  
haya llegado a cumplir uno de mis metas.*

*A mis padres quienes día a día me han brindado su amor y apoyo incondicional,  
por ser mi fortaleza y mi pilar fundamental en esta etapa de mi vida.*

*A mi hermano, a mi sobrina por ser el motivo de inspiración y a toda mi familia  
por cada palabra de aliento y apoyo que día a día me brindan.*

*Este logro se lo dedico y lo comparto con todos usted, gracias.*

*Con amor,  
**Nataly Igua***



## **DEDICATORIA**

*Este trabajo dedicó principalmente a Dios por guiar mi camino, a mis padres Armando Rosero y Mirella Vaca por apoyarme en cada etapa de mi vida, por sus consejos, por ser ejemplo de lucha y sobre todo el haberme criado con amor y valores. A mis hermanos Ginna y Alex por ser compañeros de locuras y aventuras, porque sé que más que hermanos son mi inspiración y mi bastón.*

*A mi esposo Esteban Tapia por el apoyo y su amor incondicional, en todos estos años y por la confianza que deposito en mí. Pero dedico mi triunfo a mi hija Victoria Tapia quien es mi inspiración y mi fuerza para seguir cumpliendo muchos más sueños.*

*A las amigas que forme en la universidad Alejandra, Mónica, Consuelito y Naty que fueron parte importante en mi vida universitaria, y que cada una apporto con sus consejos y sus conocimientos*

*A mi familia y amigos por apoyarme durante esta etapa de mi vida, a mi abuelito que ya no está pero que del cielo me cuida y me protege.*

*Con amor,*  
**Jazmín Rosero**

## Índice de contenido

<b>RESUMEN</b> .....	<b>16</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>18</b>
1.1. Revisión de antecedentes o estado del arte .....	18
1.2. Problema de investigación y justificación.....	20
1.3. Objetivos .....	23
1.3.1. Objetivo general .....	23
1.3.2. Objetivos específicos .....	23
1.4. Preguntas directrices de la investigación .....	23
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>24</b>
<b>2.1. Marco teórico referencia</b> .....	<b>24</b>
2.1.1. Cambio de cobertura vegetal y uso de suelo .....	24
2.1.2. Causas de cambio de uso de suelo .....	25
2.1.3. Tasas de cambio de uso de suelo .....	25
2.1.4. Técnicas de teledetección.....	26
2.1.5. Imágenes satelitales .....	27
2.1.6. Clasificación supervisada.....	27
2.1.7. Análisis multitemporal.....	28
2.1.8. Estrategias de conservación de la cobertura vegetal.....	29
2.1.9. Áreas protegidas en Ecuador.....	30
<b>2.2. Marco Legal</b> .....	<b>31</b>
2.2.1. Constitución de la República del Ecuador .....	31
2.2.2. Convenio Internacional Ramsar.....	31
2.2.3. Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía yDescentralización (COOTAD).....	32
2.2.4. Código Orgánico del Ambiente .....	32
2.2.5. Reglamento al Código Orgánico Ambiental .....	33
2.2.6. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua .....	34
2.2.7. Objetivos del Desarrollo Sostenible .....	34
2.2.8. Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 de Ecuador.....	35

2.2.9.	Plan de Manejo de la Reserva Ecológica El Ángel .....	36
2.2.10.	Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial del Cantón Espejo .....	36
<b>CAPÍTULO III METODOLOGIA .....</b>		<b>37</b>
<b>3.1.</b>	<b>Descripción del Área de Estudio .....</b>	<b>37</b>
3.1.1.	Ubicación .....	37
3.1.2.	Geografía.....	38
3.1.3.	Aspecto demográfico .....	38
3.1.4.	Ecosistemas presentes en la Reserva Ecológica El Ángel .....	38
<b>3.2.</b>	<b>Métodos .....</b>	<b>39</b>
3.2.1.	Caracterización de la incidencia de los factores antrópicos que influyen en la cobertura vegetal del páramo .....	39
3.2.1.1.	Recopilación de información bibliográfica .....	39
3.2.1.2.	Visita de campo y recolección de datos .....	40
3.2.1.3.	Aplicación de encuestas.....	40
3.2.2.	Análisis multitemporal sobre el cambio de cobertura vegetal de la Reserva Ecológica El Ángel .....	41
3.2.2.1.	Obtención de imágenes satelitales .....	41
3.2.2.2.	Procesamiento digital de imágenes satelitales.....	42
3.2.2.3.	Cálculo del índice de vegetación .....	42
3.2.2.4.	Clasificación supervisada.....	43
3.2.2.5.	Validación de la clasificación supervisada .....	43
3.2.2.6.	Análisis de patrones espaciales.....	44
3.2.3.	Establecimiento de estrategias de conservación en áreas consideradas de alta importancia ambiental en el páramo de la Reserva Ecológica “El Ángel” .....	45
3.2.3.1.	Áreas consideradas de alta importancia ambiental .....	45
3.2.3.2.	Esquema presión – estado – respuesta .....	45
<b>3.3.</b>	<b>Materiales y equipos .....</b>	<b>46</b>
<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS .....</b>		<b>47</b>
4.1.	Caracterización de los factores antrópicos que influyen en los cambios de cobertura vegetal del páramo de la Reserva Ecológica “El Ángel” .....	47
4.1.1.	Diagnóstico de la situación socioeconómica de la Reserva Ecológica “El Ángel” .....	47
4.1.1.1.	Aspecto demográfico .....	47
4.1.1.2.	Educación .....	48
4.1.1.3.	Servicios básicos.....	48

4.1.1.4.	Tenencia y uso de la tierra.....	50
4.1.1.5.	Actividades económicas.....	50
4.1.1.6.	Atractivos turísticos actuales y potenciales.....	52
4.1.2.	Percepción social de los habitantes de las comunas La Libertad y La Esperanza .	52
4.1.2.1.	Caracterización Socioeconómica.....	52
4.1.2.2.	Importancia del páramo .....	54
4.1.2.3.	Uso del suelo .....	56
4.2.	Análisis multitemporal periodo 1991-2020 del cambio de cobertura vegetal del páramo de la Reserva Ecológica “El Ángel” .....	57
4.2.1.	Índice diferenciado de vegetación (NDVI) .....	57
4.2.2.	Clasificación supervisada.....	58
4.2.3.	Validación de la clasificación supervisada.....	66
4.2.4.	Análisis de patrones espaciales.....	68
4.3.	Estrategias de conservación en áreas consideradas de alta importancia ambiental en el páramo de la Reserva Ecológica “El Ángel” .....	75
4.3.1.	Esquema PER .....	75
4.3.2.	Estrategias de conservación en áreas consideradas de alta importancia ambiental	75
4.3.2.1.	Estrategia 1. Educación ambiental para la conservación de los Páramos .....	76
4.3.2.2.	Estrategia 2. Implementación de prácticas agroecológicas y producción pecuaria responsable .....	78
4.3.2.3.	Estrategia 3. Restauración ecológica de las áreas afectadas .....	82
<b>CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>85</b>
5.1.	Conclusiones .....	85
5.2.	Recomendaciones .....	86
<b>REFERENCIAS.....</b>		<b>87</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>96</b>

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Interpretación de los valores del índice Kappa .....	43
<b>Tabla 2.</b> Métricas para la detección del cambio de uso de suelo .....	44
<b>Tabla 3.</b> Materiales utilizados.....	46
<b>Tabla 4.</b> Información demográfica comunitaria .....	47
<b>Tabla 5</b> Información de educación a nivel comunitario .....	48
<b>Tabla 6</b> Información de algunos servicios a nivel comunitario .....	49
<b>Tabla 7</b> Información sobre actividades económicas a nivel comunitario. ....	51
<b>Tabla 8</b> Principales cultivos de las comunidades.....	51
<b>Tabla 9</b> Género y edad de la población de estudio .....	53
<b>Tabla 10</b> Realización de actividades antrópicas dentro del área .....	55
<b>Tabla 11.</b> Cambios en el páramo de la REEA ocurridos en el periodo 1991-2020.....	55
<b>Tabla 12.</b> Categorías para los años 1991, 2002 y 2020 de la cobertura vegetal del páramo en la Reserva Ecológica “El Ángel” .....	59
<b>Tabla 13</b> Matriz de cambios de área incendiada de la Reserva Ecológica "El Ángel" .....	60
<b>Tabla 14</b> Matriz de cambios de áreas incendiadas en recuperación de la Reserva Ecológica “El Ángel” .....	61
<b>Tabla 15</b> Matriz de cambios de cuerpos d agua de la Reserva Ecológica "El Ángel" .....	61
<b>Tabla 16</b> Matriz de cambios de cultivos de la Reserva Ecológica "El Ángel" .....	62
<b>Tabla 17</b> Matriz de cambios del páramo de la Reserva Ecológica "El Ángel" .....	63
<b>Tabla 18.</b> Matriz de cambios de pasto natural Reserva Ecológica "El Ángel" .....	63
<b>Tabla 19</b> Matriz de cambios de bosque Polylepis de Reserva Ecológica "El Ángel" .....	64
<b>Tabla 20</b> Matriz de cambios de vegetación arbustiva de la Reserva Ecológica "El Ángel" .....	64
<b>Tabla 21</b> Cambios de vegetación del páramo de la Reserva Ecológica "El Ángel" en los años 1991;2002 y 2020 .....	65

<b>Tabla 22.</b> Matriz de contingencia de la clasificación supervisada de la imagen Sentinel 2A de la Reserva Ecológica "El Ángel.....	67
<b>Tabla 23</b> Matriz de cambios de patrones espaciales 1991-2002.....	70
<b>Tabla 24</b> Matriz cambio de patrones espaciales de los periodos 2002-2020 .....	74
<b>Tabla 25</b> Cruce de variable.....	75
<b>Tabla 26.</b> Educación ambiental para la conservación de los páramos .....	78
<b>Tabla 27</b> Implementación de prácticas agroecológicas y producción pecuaria y responsable .....	81
<b>Tabla 28</b> Restauración ecológica de las áreas afectadas .....	83

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Ubicación de la Reserva Ecológica “El Ángel”.....	37
<b>Figura 2</b> Imágenes satelitales obtenidas para los años a) 1991; b) 2002; c) 2020	41
<b>Figura 3.</b> Esquema PER .....	45
<b>Figura 4</b> Nivel de educación.....	53
<b>Figura 5</b> Actividades económicas que se realizan en la zona.....	54
<b>Figura 6</b> Causas del cambio de cobertura vegetal .....	56
<b>Figura 7</b> Índice de vegetación de diferencia normalizada por los años 1991,2002 y 2020.....	58
<b>Figura 8</b> Distribución espacial de las categorías de la cobertura vegetal de Reserva Ecológica "El Ángel" .....	59
<b>Figura 9.</b> Mapas de clases Agrológicas.....	80
<b>Figura 10</b> Diseño de vivero comunal con platas de Frailejón "Espeletia conglomerata" .....	83

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**AMBIENTALES**  
**CARRERA DE INGENIERIA EN RECURSOS NATURALESRENOVABLES**

**FACTORES ANTRÓPICOS QUE INCIDEN EN LOS CAMBIOS DE**  
**COBERTURA VEGETAL EN EL PÁRAMO DE LA RESERVA**  
**ECOLÓGICA “EL ÁNGEL”**

Dayonara Nataly Igua Fuertes y Fernanda Jazmín Rosero Vaca

**RESUMEN**

La Reserva Ecológica del Ángel es un lugar importante en la provincia del Carchi, debido a la presencia del frailejón, especie endémica del Norte de Ecuador y Colombia. La presente investigación permitió analizar los factores antrópicos que inciden en los cambios de cobertura vegetal del páramo de la REEA con el propósito de establecer estrategias de conservación. Para ello se inició con la identificación de los factores antrópicos por medio de encuestas aplicando el método de bola de nieve e investigación bibliográfica, además se aplicó un análisis multitemporal en los periodos de 1991-2002-2020 para determinar el cambio de cobertura vegetal para establecer tres estrategias que permitan contribuir a la sensibilización ambiental de las comunidades La Libertad en el cantón Espejo y La Esperanza del cantón Tulcán. Se evidenciaron aspectos demográficos y económicos de las comunidades aledañas a la REEA, posteriormente se realizaron 187 encuestas logrando identificar que el 34% de la población se dedica a actividades agrícolas. En la clasificación supervisada se obtuvo 8 categorías en los tres periodos analizados, así como la validación de está obteniendo un índice Kappa de 0,83, que de acuerdo con las clasificaciones se la considera una categoría casi perfecta. Finalmente se proponen alternativas de conservación y se establecen proyectos o programas enfocados al manejo, conservación y protección de la Reserva Ecológica “El Ángel”.

Palabra clave: clasificación supervisada, análisis multitemporal, cobertura vegetal, Reserva Ecológica “El Ángel”, conservación, índice Kappa



## **ABSTRACT**

The El Angel Ecological Reserve is an important place in the province of Carchi, due to the presence of frailejon, an endemic species of Northern Ecuador and Colombia. This research allowed for the analysis of anthropic factors that influence changes in vegetation cover in the paramo of the REEA to establish conservation strategies. To achieve this, we began by identifying anthropic factors through surveys using the snowball method and bibliographic research. Additionally, a multi-temporal analysis was applied in the periods of 1991-2002-2020 to determine changes in vegetation cover and establish three strategies to contribute to the environmental awareness of the communities of La Libertad in the Espejo canton and La Esperanza in the Tulcán canton. Demographic and economic aspects of the communities surrounding the REEA were evident, and 187 surveys were conducted, identifying that 34% of the population is engaged in agricultural activities. In the supervised classification, 8 categories were obtained in the three periods analyzed, as well as validation with a Kappa index of 0.83, which, according to the classifications, is considered a nearly perfect category. Finally, conservation alternatives are proposed, and projects or programs focused on the management, conservation, and protection of the El Angel Ecological Reserve are established.

Key word: supervised classification, multitemporal analysis, vegetation cover, "El Angel" Ecological Reserve, conservation, Kappa index.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1.Revisión de antecedentes o estado del arte

Los páramos andinos de Sudamérica forman un corredor insular que se extiende desde la cordillera de Mérida en Venezuela hasta la depresión de huanca Pamba en el norte de Perú. Dado que los páramos se limitan a las zonas más elevadas de la cordillera, se distribuyen como fragmentos o islas de vegetación paramera en las áreas de menor altitud rodeadas por bosques andinos y otros ecosistemas. Además de la cordillera de los Andes, existen complejos aislados de páramo en Panamá, Costa Rica y en la Sierra Nevada de Santa María en Colombia, según lo documentado por (Llambí et al., 2012). Por su valor inmaterial que posee el páramo, muchos ciudadanos y líderes políticos están preocupados por lo que en un futuro pueda ocurrir con ellos, debido a que poco a poco se han transformado por los diferentes impactos de las actividades humanas e influencia de las grandes industrias (Hofstede, Segarra, & Mena, 2003).

En el Ecuador, el páramo abarca alrededor de 1'250.000 hectáreas, lo que representa el 6% del territorio nacional. El hábitat descrito se encuentra en una amplia área que va desde los 2800 msnm, específicamente en el sur del país, alcanza altitudes superiores a los 4000msnm (Morales et al., 2006). En comparación con su tamaño total, Ecuador tiene la mayor cantidad de páramos. Sin embargo, a pesar de su amplia representación a nivel nacional, este ecosistema se encuentra altamente amenazado por actividades humanas, especialmente por la agricultura y la ganadería, las cuales afectan significativamente sus funciones ambientales, tales como a regulación hídrica, el suministro de agua potable y el almacenamiento de carbono, entre otras (Hofstede et al., 2003).

Además, el conocimiento de los efectos de la actividad humana en el medio ambiente podría ser crucial para mejorar la comprensión de los procesos ambientales y como podría modificar la gestión para mejorar el bienestar de la

población. En el país, se ha llevado a cabo varios estudios en los páramos andinos, como el estudio de (Ayala et al., 2017) en el parque nacional Yacurí, en la provincia de Zamora Chinchipe, donde se elaboró un mapa de cobertura vegetal del ecosistema páramo utilizando cartas topográficas, imágenes satelitales, fotografías aéreas y visitas de campo para la verificación y caracterización florística. Sin embargo, muchos de estos estudios no han utilizado técnicas de clasificación de vegetación utilizando sensores remotos y no han considerado el uso de tecnologías y herramientas Sistemas de Información Geográfica (SIG).

No obstante, la investigación elaborada por (Calderón J., 2019), examina la presión antrópica y sus efectos en el páramo de cantón Guamote, en la provincia de Chimborazo. Este análisis fue llevado a cabo por la Pontificie Universidad Católica del Ecuador y empleo una metodología multitemporal para contrastar el porcentaje de área de páramo presente en los años 2014 y 2018, utilizando la teledetección y comparando los resultados con la información disponible sobre la cobertura y uso del suelo.

En el estudio multitemporal llevado a cabo por (Caicedo, 2016) acerca de la evolución en el uso de suelo y la cobertura vegetal el objetivo de conservarlos mediante la aplicación de incentivos económicos en el cantón Colta, se enfocaron en analizar la eficacia Programa Socio Bosque, implementó, para determinar su contribución en la reducción de los impactos de la actividad humana en los páramos de la región.

(Quichimbo et al., 2012) realizaron un estudio para analizar la evolución de la cobertura vegetal y uso de suelo en una microcuenca situada en los páramos Quimsacocha al Sur de Ecuador. La investigación incluyó seis tipos diferentes de cobertura vegetal que corresponden a diferentes usos de suelo (almohadillas, bosque montano alto, bosque de pino, bosque de *Polylepis*, cultivos y pajonal), los cuales se distribuyeron en siete sitios seleccionados a través de muestro en transectos. Además, se evaluaron las características y propiedades del suelo. Como resultado

se descubrió que los cambios en la cobertura vegetales se produjeron principalmente en los suelos andosoles lo que se atribuyó a las actividades humanas.

Un estudio llevado a cabo por (Arévalo et al., 2023), en la cuenca del río Mira a registrado una tasa elevada de deforestación en los últimos 26 años, debido al aumento gradual de las áreas de cultivo y pastores. En el presente estudio, se empleó el software ArcGIS 10.8 y una técnica de clasificación supervisada para identificar y categorizar la cobertura de suelo. Luego, se realizó la validación de esta clasificación supervisada durante los periodos 1991-2017 utilizando la matriz de confusión y se obtuvo la índice kappa para cada una de las imágenes. Los resultados indicaron que la fragmentación del bosque nativo se debió al incremento del uso de suelo agrícola y la deforestación. En consecuencia, se sugiere la implementación de nuevas estrategias de conservación en la cuenca del río Mira.

Finalmente, en un estudio realizado en Cotacachi sobre el Análisis multitemporal de la cobertura de páramo en la producción de agua en la cuenca del río Apuela se examinó la evolución temporal de la cobertura de páramo y su impacto en la producción de agua en la cuenca alta. El estudio se enfocó en analizar los cambios en la vegetación mediante un análisis multitemporal que utilizó imágenes satelitales capturada en 1991-2010. A través del diagnóstico ambiental y la zonificación ecológica, se obtuvo un conocimiento detallado de los recursos hídricos y de la vegetación, lo que permitió la presentación de propuestas para la conservación, protección y adecuado manejo de los recursos bióticos y abióticos de la zona (Andrade, 2016).

## **1.2. Problema de investigación y justificación**

La conservación de los recursos naturales provenientes de los páramos siempre se ha visto amenazados debido a las actividades que la población realiza; el pastoreo en áreas cercanas a los cuerpos de agua, la extracción de madera para leña de los pequeños remanentes de bosque, la quema y la utilización de superficies

de páramo para actividades agrícolas y ganaderas, han ocasionado diversos impactos (Andrade, 2016).

En la época colonial, la expulsión de los pueblos originarios a las zonas de altura dio lugar a la actividad humana en los ecosistemas. Sin embargo, desde la reforma agraria de los años 70, estas actividades humanas han ganado aún más terreno, lo que ha afectado directa o indirectamente los servicios y funciones de los ecosistemas de estas áreas especialmente los servicios hidrológicos ambientales (Kingman, 2007).

La Reserva Ecológica del Ángel es un lugar importante en la provincia del Carchi, debido a la presencia del frailejón, especie endémica del Norte de Ecuador y Colombia. Durante años se ha visto amenazado por factores antrópicos como malas prácticas agrícolas y ganadería extensiva en la zona de amortiguamiento, en consecuencia, ha ocasionado el deterioro progresivo del suelo y la reducción de las fuentes hídricas, debido a la continua alteración de la forma estructural del páramo por parte de las comunidades cercanas; mismas que son responsables de realizar actividades como quemas agrícolas, utilización de maquinaria pesada, uso inadecuado de agroquímicos y mal manejo de envases de los plaguicidas, de ahí que constituyen un riesgo latente para los servicios ambientales (Toapanta, 2018).

La reserva cuenta con pocas investigaciones con respecto al análisis multitemporal de la cobertura vegetal, en este sentido, el presente estudio permite analizar, determinar y proponer los cambios de cobertura vegetal provocados por factores antrópicos, mediante la utilización de parámetros estadísticos, multitemporales y clasificación de imágenes Landsat y Sentinel del periodo 1990-2020; con el fin de establecer estrategias que minimicen el impacto generado de las actividades antrópicas realizadas por la población que habita los alrededores del área protegida. Este enfoque posibilita la comprensión de la relevancia de la gestión sostenible de los recursos naturales para mejorar las condiciones y la cálidas de vida de la biodiversidad en la Reserva Ecológica “El Ángel”. Además, el análisis

multitemporal brindará datos cartográficos sobre las alteraciones en la cobertura vegetal que han ocurrido en el lapso comprendido entre 1990 y 2020.

Estos estudios de investigación contribuyen al eje de Transición Ecológica del Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025, en el objetivo 11 de Conservación y Uso Sostenible de los Recursos Naturales. Este objetivo se enfoca en la protección y restauración de los ecosistemas naturales mediante la reducción de la vulnerabilidad a riesgos. La información obtenida a través de este estudio será utilizada para implementar medidas que permitan el manejo adecuado de los recursos y asegurar condiciones para la regeneración natural de los ciclos vitales.

El presente trabajo de investigación contribuye al eje de Transición Ecológica del Plan de Creación de Oportunidades 2021 – 2025, en el objetivo 11 de Conservar, restaurar, proteger y hacer uso sostenible de los recursos naturales; el cual hace referencia al cuidado y protección de los ecosistemas naturales a través de la reducción de la vulnerabilidad a riesgos, es así que la información recolectada en este estudio impulsará la toma de medidas para un manejo adecuado de los recursos que, a su vez, asegure condiciones de regeneración natural de ciclos vitales (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo-SENPLADES, 2021).

### **1.3.Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Analizar los factores antrópicos que inciden en los cambios históricos de cobertura vegetal del páramo de la Reserva Ecológica “El Ángel” con el fin de establecer estrategias de conservación.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar los factores antrópicos que influyen en los cambios de cobertura vegetal del páramo de la Reserva Ecológica “El Ángel”.
- Determinar los cambios de cobertura vegetal de la Reserva Ecológica “El Ángel” en el periodo 1991-2020 mediante el análisis multitemporal.
- Establecer estrategias de conservación de las áreas consideradas de alta importancia ambiental en el páramo de la Reserva Ecológica “El Ángel”

### **1.4.Preguntas directrices de la investigación**

¿Qué factores antrópicos influyen en los cambios históricos de cobertura vegetal del páramo en la Reserva Ecológica “El Ángel”?

¿De qué manera ha cambiado la cobertura vegetal del páramo en la Reserva Ecológica El Ángel a través de los años 1991-2020?

¿Cuáles son las medidas más adecuadas para disminuir la incidencia antrópica en las áreas de alta importancia ambiental del páramo en estudio?

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Marco teórico referencia

##### 2.1.1. *Cambio de cobertura vegetal y uso de suelo*

La cobertura vegetal natural proporciona beneficios tanto directos como indirectos a la población, y las alteraciones en la cobertura pueden afectar la capacidad de los ecosistemas para proveer servicios ambientales. La vegetación desempeña un papel crucial en la prevención de riesgos de inundaciones, en el recicle y almacenamiento de agua, en la mejora de la infiltración de agua en el suelo, en la reducción de la erosión y en la regulación de la producción de sedimentos. La disminución de la cobertura vegetal contribuye al cambio climático y a la degradación del suelo como recurso (Loza y Taype, 2021).

Adicionalmente, (Chacón, 2014), señala que en tiempos recientes el suelo ha experimentado cambios por diversas causas, las cuales están fuertemente influenciadas por las acciones humanas, como respuesta a la necesidad de expandir las actividades agrícolas y atender el crecimiento demográfico. A su vez, consideran que las actividades agrícolas son un factor determinante en los impactos ambientales como la pérdida, fragmentación y modificación de ecosistemas, donde se les atribuye el cambio del uso de suelo y pérdida del equilibrio ecosistémico.

En la región centro-norte de México se realizó un estudio para examinar los cambios en la cobertura y uso de suelo en la cuenca baja del río Nazas durante el periodo de 1990-2016. Para esto, se utilizó información de imágenes satelitales LANDSAT TM y ETM para realizar una interpretación visual. En 2016, se encontró que las principales coberturas naturales eran el matorral xerófilo y el bosque de galería, y se determinó que el 32,1% de estas coberturas habían sido deforestadas en periodo de 26 años. Los resultados resaltan la importancia de establecer políticas



públicas que fomenten el uso sostenible del agua y la conservación de los ecosistemas (Leija et al., 2020).

### ***2.1.2. Causas de cambio de uso de suelo***

El cambio de uso de suelo en reservas protegidas es una amenaza crítica para la biodiversidad y los ecosistemas. Según el estudio de (Armenteras et al., 2020), una de las principales causas de deforestación de áreas protegidas es la expansión agrícola y ganadera por lo que estas actividades económicas han impulsado a la construcción de carreteras y la creación de asentamientos humanos dentro de las reservas, lo que conlleva a una pérdida significativa de la biodiversidad.

Otro factor que influye al cambio de uso de suelo es la quema de vegetación para la agricultura y la ganadería siendo estas prácticas comunes que aumentan el riesgo de incendios forestales en áreas protegidas, además el incremento de la temperatura y la disminución de la humedad aumenta el riesgo de incendios en reservas protegidas.

Un estudio por encontró (Geist y Lambin, 2002) que las políticas de desarrollo son un factor clave en el cambio de uso de suelo. Estos autores argumentan que las políticas gubernamentales pueden influir en la forma en que se utilizan las tierras y pueden crear incentivos para la deforestación y expansión agrícola

### ***2.1.3. Tasas de cambio de uso de suelo***

La tasa de cambio de uso de suelo genera un impacto en el medio ambiente y en la biodiversidad, existen factores determinantes en la transformación del uso de suelo en áreas protegidas como son el aumento de la población, el crecimiento económico y la falta de políticas, generando una preocupación en la sociedad.

De acuerdo con varios estudios demuestran que la tasa de cambio de uso de suelo es una amenaza en áreas protegidas. Como menciona la Unión Internacional para la conservación de la naturaleza (UICN), entre 1990 y 2015, el mundo perdió 3,3 % de su superficie de áreas protegidas debido a los factores antrópicos. Sin embargo, pese a las actividades por preservar estos espacios, se ha evidenciado la degradación del medio ambiente y la pérdida de biodiversidad (UICN,2018).

Según el estudio de (Dirzo et al., 2014) la transformación de uso de suelo en áreas protegidas puede llegar a disminuir el 85% de la biodiversidad, lo que genera consecuencias en los ecosistemas y cobertura vegetal, la alteración del ciclo hidrológico la erosión del suelo son también factores negativos de cambio de uso de suelo en áreas protegidas (Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad, 2019).

#### ***2.1.4. Técnicas de teledetección***

La teledetección es un método utilizado para identificar objetos y fenómenos terrestres a una distancia, lo que requiere el uso de un sensor capaz de capturar la radiación electromagnética emitida por la superficie terrestre incluye el procesamiento e interpretación de las imágenes (Pérez et al., 2020). Según el autor (López, 2019), los sistemas de teledetección son herramientas esenciales para monitorear diversos procesos que afectan a la superficie terrestre, como el cambio climático la deforestación y la pérdida de cobertura vegetal.

Las técnicas de teledetección ayudan a mejorar y caracterizar los patrones espaciales de unidades ecosistémicas estructurales. Esta herramienta facilita la evaluación de cambios que existen en la cobertura vegetal y uso de suelo. Para que esta técnica funcione se debe contar con todos los datos necesarios, ya que en muchos de los casos existen problemas a la hora de generar cartografías y que este tenga un alto grado de precisión.

### **2.1.5. *Imágenes satelitales***

La radiometría satelital es un proceso de medición y capture de la radiación electromagnética emitida o reflejada por la superficie terrestre utilizando un sensor situado en un satélite artificial. El procesamiento de las imágenes permite comparar los diferentes periodos de tiempo, ya que gracias al número de pixeles que posee un sensor se define la capacidad de apreciar detalles en la imagen (Sánchez, 2012).

Las imágenes LANDSAT consisten en un conjunto de 7 a 8 bandas espectrales, diseñadas para la monitorización de la vegetación, la explotación geológica y el estudio de los recursos naturales. La combinación de estas bandas permite generar imágenes de colores que amplían significativamente sus posibilidades de aplicación. Al combinar estas bandas, es posible crear una variedad de imágenes en color que amplían significativamente sus posibles usos (INEGI. Dirección General de Geografía y Medio Ambiente, 2013). Las imágenes satelitales permiten visualizar de manera detallada los factores que alteran a los ecosistemas. Estas imágenes se las puede descargar mediante exploradores, la mayoría de estas son de libre acceso al público y permiten obtener información detallada del lugar de estudio.

### **2.1.6. *Clasificación supervisada***

Es una técnica que permite identificar y clasificar objetos o elemento en función de sus características. Para este proceso, se utilizan datos previamente etiquetados para construir un modelo que sea de utilidad para clasificar nuevos datos. En los últimos años, la clasificación supervisada ha sido utilizada en la identificación de especies en las áreas protegidas y la segmentación de imágenes.

Este proceso permite además la identificación de clases en una imagen a través de la asignación de pixeles a una o más categorías. Según el estudio realizado por (Chen et al., 2015), esta técnica es importante para la identificación y monitoreo

de los cambios de uso de suelo en áreas protegidas modificadas por la actividad humana y evolución de los cambios en la cobertura de suelo.

La clasificación supervisada puede utilizarse en combinación con técnicas de análisis de series temporales como el análisis de tendencias. Esta técnica utiliza una serie temporal de imágenes satelitales que permiten el análisis de los cambios de la vegetación a lo largo del tiempo (Verbesselt et al., 2010). Estudios realizados por (Vuille, 2013) muestran una combinación de técnicas de clasificación supervisada y análisis de tendencias para analizar los cambios de cobertura vegetal entre 1984 y 2014. Teniendo como conclusión una disminución significativa en la cobertura vegetal debido a la actividad humana.

#### ***2.1.7. Análisis multitemporal***

Los estudios multitemporales son procesos que implican el procesamiento digital de imágenes satelitales multitemporales, que comparten similitudes en términos de características y propiedades, permite la identificación de cambios en las coberturas vegetales, lo que proporciona indicios precisos sobre la dinámica del cambio del uso del suelo (De la Cruz y Muñoz, 2016).

En la investigación ambiental, los análisis multitemporales son implantados para evaluar el nivel de impacto generado por eventos naturales o antrópicos en distintos ecosistemas, como, por ejemplo, incendios forestales. Una técnica comúnmente empleada para analizar los efectos ambientales a lo largo del tiempo es mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG), los cuales permiten el monitoreo y el diagnóstico de los ecosistemas (Floréz et al., 2016)

Según los autores (Cuasquer y Sangurima, 2019) se han llevado a cabo diversos estudios en Ecuador que han aplicado metodologías de análisis multitemporal. El propósito de estos estudios es comprender la relevancia de recopilar datos sobre los cambios en la superficie terrestre del país, lo que facilita

la comprensión de las condiciones pasadas y su posible evolución en un futuro en un contexto de cambio global.

Es decir, las herramientas de teledetección son parte importante de un análisis multitemporal, debido a que algunos de los autores anteriormente mencionados, establecen que esta técnica permite la identificación y el monitoreo del medio ambiente a través de imágenes satelitales.

En cuanto a la clasificación de coberturas vegetales obtenidas mediante imágenes de sensores remotos, estas representan una base óptima para calcular medidas de paisaje y patrones de cambio, lo que arroja resultados visuales que están vinculados al uso específico y al estado del suelo, ajustados a la escala de trabajo y objetivos del análisis (Ramírez, 2015).

Mediante el análisis multitemporal de la vegetación, es posible comprender las causas y efectos de los cambios en las condiciones ambientales, lo que a su vez facilita la identificación de oportunidades para un aprovechamiento sostenible del espacio y los recursos naturales, y es fundamental para comprender las interacciones entre la sociedad y el medio ambiente (Loza y Taype, 2021)

#### ***2.1.8. Estrategias de conservación de la cobertura vegetal***

Hace énfasis a los diferentes factores antrópicos que se generan en el ecosistema páramo, es indispensable incrementar varias tácticas o estrategias, de modo que permita cuidar y conservar el medio ambiente y por ende a los seres vivos que habitan en él. Estas estrategias de conservación deben ser de carácter eficiente, efectiva y eficaz para tener un correcto cuidado y mantenimiento del ecosistema y de las reservas de agua que este posee (Goldman et al., 2013).

De acuerdo con la interpretación y los resultados que se obtienen de los sistemas cartográficos acerca del cambio, la pérdida de la cobertura vegetal y degradación del suelo permiten a los investigadores tener las herramientas

necesarias para implementar estrategias orientadas al cuidado, manejo y usos de los recursos naturales.

### ***2.1.9. Áreas protegidas en Ecuador***

De acuerdo con (Dudley, 2008), un área protegida es un espacio geográficamente definido, esta incluye áreas terrestres, aguas continentales, marinas y costeras o una combinación de dos o más de ellas con el objetivo de conservación de áreas naturales y servicios ecosistémicos asociados. Así mismo, se indica que la finalidad primordial de toda zona protegida es salvaguardar la integridad de la composición, organización, desempeño y capacidad evolutiva de la biodiversidad, a la vez que se preserva la variedad de hábitats, especies y ecosistemas.

Las zonas boscosas y verdes constituyen el método más eficaz a escala global para detener la deforestación y las modificaciones en el uso de suelo, las cuales generan las emisiones de gases de efecto invernadero que propician el cambio climático. Ecuador se encuentra entre los 17 países considerados megadiversos en el mundo y cuenta con el segundo territorio más grande destinados a la protección de sus ecosistemas en América Latina, ya que el 33.26% de su territorio está bajo algún tipo manejo ambiental o conservación (Ministerio del Ambiente, 2016).

A pesar de las normativas a las que se rigen las áreas protegidas se ha evidenciado alteraciones en los ecosistemas debido a la presión antrópica como es la agricultura, ganadería, y sobreexplotación de servicios ecosistémicos. Frente a la problemática, se ha considerado establecer alternativas que permitan remediar los factores que alteran al cambio de cobertura vegetal y uso de suelo.

## **2.2.Marco Legal**

### **2.2.1. *Constitución de la República del Ecuador***

El presente trabajo hace énfasis en el Art. 14 referente a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado donde se garantice la sostenibilidad, además declara de interés público zonas que sean de alta importancia ecológica y de conservación, para evitar el deterioro del ecosistema y el medio ambiente. El Art. 15 manifiesta que el estado promoverá la conservación y utilización de energías más limpias, donde prohíbe la comercialización, transporte, tenencia o alguna actividad ilícita dentro de alguna zona de protección que atente contra los ecosistemas o soberanía alimentaria (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008).

En los Art. 71 y 72 se refiere a los derechos de la naturaleza, con énfasis sobre el derecho de la naturaleza al respeto integro de su existencia y la regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos; además del derecho a ser restaurada ya sea por personas naturales o jurídicas y a la indemnización a las comunidades que resultaron afectadas por la alteración del medio ambiente. Al mismo tiempo, el Art. 84 y 411 se enfocan en las obligaciones que todos los ciudadanos tienen con la protección de la naturaleza y la regularización de toda la actividad que pueda afectar a los recursos hídricos y al equilibrio del ecosistema. (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

### **2.2.2. *Convenio Internacional Ramsar***

Este convenio se estableció en Irán en el año 1971 como uno de los primeros tratados intergubernamentales que se centra en humedales, donde se enfatiza acerca del cuidado, uso racional y protección de los recursos naturales. Según los Art. 1.1, Art. 3.1, Art. 3.2, Art. 4 y Art. 5 de este convenio el estado está en la obligación de proteger y conservar todo tipo de humedales en planes nacionales de uso de suelo, de

igual forma se comprometen a la reparación integral y aplicar medidas necesarias a casusa del daño que se ha producido por causas antrópicas (Convenio Ramsar, 1971).

### ***2.2.3. Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD)***

El Art. 136 enfatiza acerca de las competencias de gestión ambiental y la responsabilidad de cada gobierno autónomo descentralizado parroquiales en cooperación con la ciudadanía, tiene la obligación de proteger, preservar y conservar los recursos naturales y biodiversidad, con proyectos y programas ambientales que permitan la protección de fuentes hídricas y recuperación de suelos degradados por acción ser humano. Según el COOTAD el Art. 296 alude a la participación y apoyo de los gobiernos autónomos descentralizados con el mejoramiento de la calidad de vida de cada ciudadano, así como también, con la protección y equilibrio del ambiente para futuras generaciones.

En el Art. 297 se hace referencia a que el objetivo principal del ordenamiento territorial es planificar ámbitos sociales, económicos y ambientales; para el uso racional y el aprovechamiento sostenible de los recursos. En este sentido, para el cumplimiento de este artículo se menciona tres objetivos: primero, definir estrategias para la ocupación, uso y manejo del suelo de acuerdo a las necesidades económicas, sociales y ambientales; segundo, acerca del diseño y procedimientos de gestión para evitar el daño en la estructura territorial; el último, crear programas y proyectos con el fin de que se concreten propuestas y estrategias (Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización, 2010).

### ***2.2.4. Código Orgánico del Ambiente***

La presente investigación se enmarcó en los artículos 37, 38, 40 y 41 del Código Orgánico del Ambiente (COA, 2017), donde se manifiesta la obligación de conservar la biodiversidad de un ecosistema que se encuentra de un área protegida,



además de preservar sus recursos naturales de manera sostenible. El Art. 94 y 95 acerca de la prohibición del uso de suelo con fines agrícolas en zonas de alta conservación, donde la autoridad ambiental nacional es la única con el poder de intervenir y precautelar la conservación de este ecosistema.

Además, en los Art. 109 y 111 expresa que es importante acatar las disposiciones que da la autoridad ambiental nacional con respecto al uso y manejo adecuado de bosques y cobertura vegetal, sin que exceda su capacidad de restauración en sus ciclos. Cabe recalcar que, cualquier aprovechamiento de estos recursos que este sujeto a deforestación y de no cumplir con la normativa establecida, se aplicara las sanciones correspondientes (Código Orgánico del Ambiente, 2017).

#### ***2.2.5. Reglamento al Código Orgánico Ambiental***

El Art. 165 y 166 se refiere a las actividades que se realizan dentro de zonas de especial conservación; mismas que, deberán ser controladas por la autoridad ambiental nacional y ser sujetas a políticas y medidas para minimizar los impactos en áreas protegidas, de igual forma, esta entidad en coordinación con los gobiernos autónomos descentralizados deberá integrar las zonas de amortiguamiento a su plan de ordenamiento territorial. En el Art. 261 la autoridad ambiental nacional define los mecanismos para gestionar los páramos, donde las actividades que se realicen, en estos ecosistemas, se deben desarrollar de manera sostenible para la protección de los servicios ambientales que provee el páramo, con el fin de que se garantice la calidad de vida de la población local y la conservación de la biodiversidad. Además, se contempla que la población realice actividades para su desarrollo socioeconómico siempre y cuando estas tengan un propósito y criterio sostenible con el ambiente (Reglamento al Código Orgánico Ambiental, 2019).

### ***2.2.6. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua***

La Reserva el Ángel al ser uno de los sitios Ramsar más importantes de nuestro país, debido a la cantidad de lagos y lagunas, se convierte en un sitio de alta protección y conservación de recursos hídricos, a causa de que forma parte de la zona alta de la subcuenca del Río el Ángel. Se enmarca en el Art. 12 que la protección, conservación y recuperación de fuentes hídricas son responsabilidad del estado, sistemas comunitarios, juntas de agua potable, de riego, consumidores y usuarios, así también la conservación y manejo de páramos.

El Art. 13 expresa que se debe garantizar la conservación y protección de toda forma de fuente hídrica en zonas de protección, además, la autoridad única del agua deberá regular el aprovechamiento de cauces o fuentes hídricas de alta prioridad para la conservación. El Art.14 refiere al cambio de uso de suelo, donde el estado debe regular las actividades que puedan causar daños en la cantidad y calidad del agua y que a su vez pongan en riesgo el equilibrio del ecosistema en áreas que son consideradas de protección hídricas; previo a estudios de impacto ambiental que determinen el grado de afectación y su posterior restauración de los ecosistemas (Ley Orgánica de Recursos Hídricos, usos y aprovechamiento del agua, 2014).

### ***2.2.7. Objetivos del Desarrollo Sostenible***

Este estudio se enfoca en los objetivos de desarrollo sostenible como una herramienta para abordar la sostenibilidad económica, social y ambiental a través de políticas transformadoras. El objetivo de la agenda 2030 busca la protección y restauración del uso sostenible de los ecosistemas terrestres, la gestión sostenible de los bosques, la lucha contra desertificación, la prevención y reversión de la degradación del suelo y pérdida de la biodiversidad (Naciones Unidas, 2018).

Conforme a lo establecido por las (Naciones Unidas, 2018), este objetivo tiene su fundamento en el impacto de la deforestación y la desertificación, cuyo origen se encuentra en las actividades antrópicas y el cambio climático. Estos factores representan desafíos significativos para el desarrollo sostenible y han afectado a las existencias y modos de vida de millones de personas en lucha contra pobreza.

El proyecto en cuestión se encuentra relacionado con el Objetivo 15 de la Agenda 2030, cuyo propósito es garantizar la preservación, restauración y utilización sostenible de los ecosistemas terrestres y acuáticos, así como de sus servicios abarcando bosques, humedales, montañas y zonas áridas. Este objetivo se alinea con las obligaciones establecidas en acuerdos internacionales, con el propósito de fomentar el cumplimiento de políticas que promuevan la sostenibilidad económica, social y ambiental (Naciones Unidas, 2018). De acuerdo con este objetivo para el 2030 se permitirá asegurar la conservación de ecosistemas y diversidad biológica. Para que este trabajo funcione es necesario involucrar a la comunidad ya que conocen mucho más la problemática del lugar, esto servirá de ayuda para generar estrategias.

#### ***2.2.8. Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 de Ecuador***

El Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 se configura como el principal instrumento de orientación pública y administrativa que rige la concepción y puesta en marcha de la política pública en Ecuador. Por medio de esta herramienta, el Gobierno Nacional llevara a cabo la ejecución de las iniciativas presentada en el Plan de Gobierno. Es así como, el presente proyecto investigativo está basado en este plan fundamentalmente en el objetivo 11 ya que promueve la protección y conservación de los ecosistemas y su biodiversidad; así como, el patrimonio natural y genético nacional. De la misma forma, brinda las directrices acerca de las políticas que se deben seguir para el planteamiento de estrategias a favor de la conservación del ecosistema y las políticas que se necesitan para que la

comunidad siga con la protección e incentivos para conservar los recursos naturales. (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo-SENPLADES, 2021).

#### ***2.2.9. Plan de Manejo de la Reserva Ecológica El Ángel***

El presente trabajo está basado en el Plan de Manejo de la Reserva Ecológica El Ángel, declarada área protegida en el año 1992 debido a que en sus páramos se encuentra el frailejón una subespecie endémica propia del Norte de Ecuador. Este lugar se caracteriza por su alta biodiversidad y la presencia de varios recursos naturales como agua, suelo, vegetación, flora y fauna, sin embargo, a pesar de varios intentos por conservar su biodiversidad, se encuentra afectada por diferentes factores antrópicos como: el avance de la frontera agrícolas, quema, caza y pesca ilegal; además, fue nombrada como área protegida por sus abundantes recursos hídricos, humedales y páramos, que constituyen una fuente de abastecimiento y aporte para otras cuencas hidrográficas. La extensión más amplia de esta área está compuesta por páramos, lo que la convierte en una fuente crítica de suministro de agua para la provincia del Carchi. En realidad, casi todo el recurso hídrico que se utiliza para la población de la provincia proviene de esta área (Ministerio del Ambiente, 2015).

#### ***2.2.10. Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial del Cantón Espejo***

La Reserva Ecológica El Ángel es una de las principales fuentes de suministro de agua en el cantón y se caracteriza por presentar una gran biodiversidad y atractivos escénicos que favorecen la investigación científica. No obstante, desde hace mucho tiempo se han identificado diversos problemas ambientales, entre los que se destacan la actividad agrícola, el uso excesivo de agroquímicos, la deforestación de los bosques y los conflictos socioambientales (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Espejo, 2011).

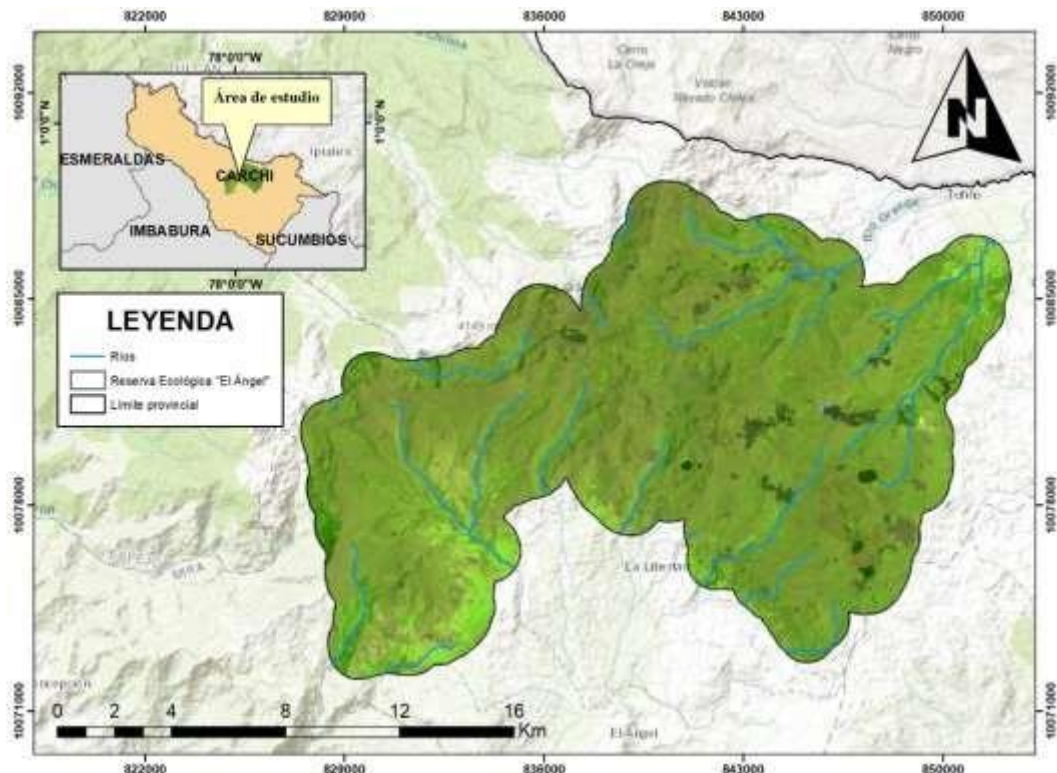
## CAPÍTULO III

### METODOLOGIA

#### 3.1. Descripción del Área de Estudio

##### 3.1.1. Ubicación

La Reserva Ecológica El Ángel (REEA) se encuentra situada en la Sierra Norte de Ecuador, sobre los Andes occidentales en la provincia del Carchi. Tiene una extensión de 15715 compartidas por diferentes parroquias y cantones, incluyendo La Libertad y El ángel en el cantón Espejo, Maldonado y Tufiño en el cantón Tulcán y la Concepción en el cantón Mira. La REEA se encuentra ubicada en la Cordillera Occidental y cuenta con elevaciones importantes como el Chiles y Cerro Negro en sentido Norte-Sur. Fue creada oficialmente el 8 de septiembre de 1992 mediante el Acuerdo Ministerial 0415 y el registro oficial número 21 (*Ministerio del Ambiente, 2015*).



*Figura 1. Ubicación de la Reserva Ecológica "El Ángel"*

### ***3.1.2. Geografía***

En esta región geográfica, las dos cadenas montañosas que se distancian notablemente en dirección sur comienzan a converger en el macizo del nudo de Pasto. Se destacan prominentes volcanes, como el Cumbal en Colombia y el Chiles, justo en la frontera. En esta zona, se encuentran áreas con fuertes pendientes y acantilados impresionantes, debajo de los cuales se extienden grandes llanuras, este paisaje, moldeado por la actividad volcánica y glaciaria es el hogar de una variedad de plantas y animales, incluyendo la paja de páramo, los frailejones y muchos otros organismos adaptados a las altitudes tropicales. La reserva también protege la fuente de muchos ríos que alimentan el río El Ángel, incluyendo Potrerillos, Rasococha, Chilmá, Grande, Santiaguillo y Voladero (Ministerio del Ambiente, 2015).

### ***3.1.3. Aspecto demográfico***

En términos demográficos, los datos del último censo evidencian que Carchi tiene una población de 164.524 individuos, lo que representa 1.1% de la población total del país. En 1990, esta provincia tiene una población de 141.482 personas, mientras que en año 2001 llegó a 152.939 habitantes, lo que indica que durante el periodo intercensal 1990-2001, hubo un aumento de 11.487 individuos en la población. Por otro lado, entre 2001 y 2010, la población aumentó en 11.585 personas. Entre las comunidades y asociaciones cercanas a las REEA, destacan las comunas la Esperanza y Libertad, situadas en las parroquias Tufiño y Libertad (Ministerio del Ambiente, 2015).

### ***3.1.4. Ecosistemas presentes en la Reserva Ecológica El Ángel***

La REEA y su zona de influencia desempeñan un papel importante en la conservación de la biodiversidad de la cordillera Occidental, ya que protege los ecosistemas de montaña, como los páramos, turberas, lagunas, y bosques, en un buen estado. El “Libro Rojo de plantas Endémica del Ecuador” ha registrado 34

especies endémicas en REEA. Según el mapa de vegetación del Ecuador Continental, casi el 90% de la superficie total de la reserva está cubierta por los ecosistemas Rosetal caulescente, herbazal, montano alto y montano alto superior de páramo, conocido anteriormente como páramo de frailejones.

La superficie restante de la REEA está compuesta por los ecosistemas herbazal inundables montano alto y montan alto superior de páramo, que representa un 3% y es conocido como herbazal lacustre montano alto, y una pequeña área de bosque siempre verde montano alto superior de páramo (0.6%), que antes se identificaba como bosque siempre verde montano alto y bosque alto montano norte-andino de *Polylepis* (Ministerio del Ambiente, 2015).

### **3.2.Métodos**

En base a las investigaciones de diferentes autores se planteó los siguientes métodos para cumplir con los objetivos propuestos

#### ***3.2.1. Caracterización de la incidencia de los factores antrópicos que influyen en la cobertura vegetal del páramo***

Se llevo a cabo una recopilación de información bibliográfica a la par con observaciones *in situ* realizadas durante salidas a diferentes sitios dentro de la reserva, para la posterior identificación de los factores que influyen en el cambio de cobertura vegetal. De igual forma se realizó una caracterización biofísica de la reserva para la elaboración de cartografía temática.

##### ***3.2.1.1.Recopilación de información bibliográfica***

Se llevo a cabo una revisión de la información publicada acerca de la zona de estudio específicamente en la relación con la problemática del cambio de uso de suelo y vegetación debido a varios factores antrópicos. Para llevar a cabo la investigación, se analizaron diversas fuentes bibliográficas, tales como el Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Espejo, El Plan de Manejo de la Reserva Ecológica “El Ángel” y la información cartográfica sobre el uso de suelo y la cobertura vegetal a escala 1:50.000. Además, se obtuvieron datos de diversas

fuentes como el Ministerio del Ambiente, Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Espejo y biblioteca de la Universidad Técnica del Norte, estos documentos fueron de utilidad para la investigación.

Se realizó la revisión de información publicada referente a la zona de estudio, la problemática del cambio de uso de suelo y cobertura vegetal debido a varios factores antrópicos. Las fuentes bibliográficas analizadas para llevar a cabo la investigación fueron: Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Espejo, Plan de Manejo de la Reserva Ecológica “El Ángel”, información cartográfica sobre el uso de suelo y cobertura vegetal a escala 1:50.000. De la misma forma, la indagación fue apoyada por datos proporcionados por el Ministerio del Ambiente, Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Espejo y Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte entre otros.

#### ***3.2.1.2. Visita de campo y recolección de datos***

Se llevaron a cabo cinco salidas de campo, una cada mes, a las diferentes áreas de importancia dentro de la Reserva Ecológica “El Ángel” para la recopilación de datos con respecto a los factores que inciden en el cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo, mediante la elaboración de una lista de cotejo (Cuasquer y Sangurima, 2019). Posteriormente, se tomaron 183 puntos de control para la identificar de los tipos de cobertura vegetal con el navegador *Global Position System* (GPS) para la realización de mapas temáticos.

#### ***3.2.1.3. Aplicación de encuestas***

Se realizó encuestas a los residentes de las comunidades de La Libertad y La Esperanza, aledañas a la zona de estudio. La encuesta aplicada fue de tipo descriptiva compuesta por 10 preguntas dicotómicas, las cuales estaban enfocadas en estimar la percepción de las personas acerca de los cambios que ha sufrido el ecosistema páramo por causa de los factores antrópicos, el motivo por el que se da



el cambio del uso del suelo y la perspectiva de las comunidades con respecto a la conservación y protección de la reserva (Hernández y Mendoza, 2021).

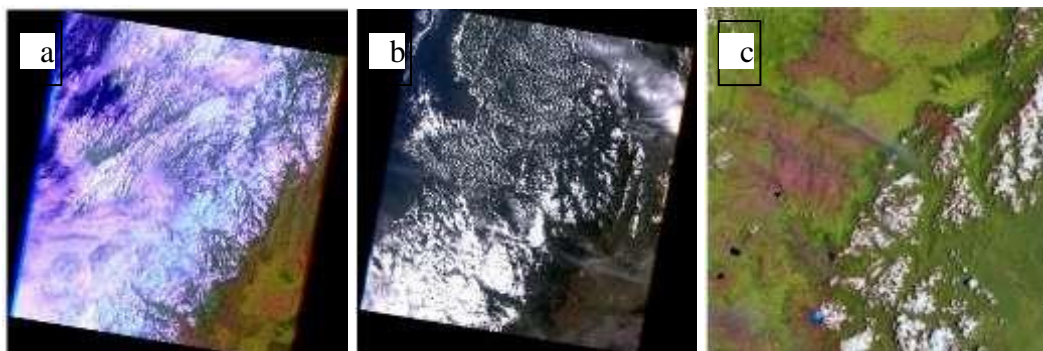
Se utilizaron 187 encuestas a través del método de muestreo no probabilístico de bola nieve, el cual se asocia comúnmente con investigaciones exploratorias, cualitativas y descriptivas. Este método se aplica en casos en los que resulta complicado encontrar a los posibles participantes o si la muestra se limita a un subgrupo muy reducido de la población. Es efectivo cuando el rasgo diferenciador de la población a estudiar tiende a reunir a estos individuos (Baltar y Gorjup, 2012).

### **3.2.2. Análisis multitemporal sobre el cambio de cobertura vegetal de la Reserva Ecológica El Ángel**

#### **3.2.2.1. Obtención de imágenes satelitales**

Se crearon mapas temáticos con el fin de examinar los diseños espaciales de terreno, utilizando imágenes satelitales de LANDSAT y SENTINEL. Estas imágenes se obtuvieron del Geoportal del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), con una resolución de 30x30 metros.

Lo que permitió los cambios que ocurren en dichos usos y coberturas naturales (Molina y Albarran, 2013). La clasificación supervisada se realizó mediante el software ArcGIS 10.7, se utilizó imágenes de los años 1991, 2002 y 2020 (Figura 2).



**Figura 2** Imágenes satelitales obtenidas para los años a) 1991; b) 2002; c) 2020

### 3.2.2.2. Procesamiento digital de imágenes satelitales

El procesamiento digital de las imágenes se efectuó por medio del software ENVI 5.3 en dos fases: la primera, de realce radiométrico para mejorar la imagen por medio de algoritmos, se aplicó técnicas de procesamiento de imágenes satelitales permitió llevar a cabo la identificación de la cobertura vegetal en el área de estudio. Esto incluyó el uso de técnicas de realce multiespectral para facilitar el análisis de los datos correspondientes a cada año, así como la corrección atmosférica con el fin de eliminar el efecto del relieve y las sombras producidas (Chuvieco, 2008).

### 3.2.2.3. Cálculo del índice de vegetación

Se empleó el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) como indicador de biomasa vegetal, el cual permite estimar y caracterizar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación en una zona geográfica determinada (Muñoz, 2004). Para ello, se combinaron bandas espectrales de imágenes satelitales mediante operaciones matemáticas específicas que generaron un valor que representa el vigor de la vegetación presente en un píxel.

La utilización del NDVI permitió estimar y evaluar el estado de salud de la vegetación, mediante la mediación de la radiación emitida o reflejada por las plantas (Díaz, 2015). Para realizar el cálculo, se utilizaron las bandas espectrales mediante la herramienta *Image Analyst* en el software ArcGIS 10.7, empleando la ecuación 2 propuesta por (Gonzaga, 2014).

$$NDVI = \frac{R-IR}{R+IR} \quad (2)$$

Donde:

$R$  = Color rojo del espectro visible

$IR$  = Infrarojo cercano

### 3.2.2.4. Clasificación supervisada

Los puntos recolectados en la zona de investigación fueron procesados mediante el software ArcGIS 10.7, se utilizó la herramienta *Multivariate*, función *Create Signatures* y *Maximun Likelihood Clasification*. Se consideraron 8 categorías para la asignación de clases: áreas sin vegetación, bosques, cuerpos de agua, cultivos, pastos, páramos, vegetación arbustiva y zonas urbanas (Echeverría et al., 2012). De acuerdo con el estudio (Calderón, 2022) se obtuvo una imagen satelital Sentinel del año 2021, además de que se aplicó una técnica de corrección de la imagen que permitió eliminar nubes y sombras que podrían afectar a los resultados, posteriormente se utilizó una técnica de clasificación supervisada que se basa en las firmas espectrales para identificar y presentar las clases que se necesitan extraer.

### 3.2.2.5. Validación de la clasificación supervisada

Se realizó una evaluación comparativa de las imágenes que previamente habían sido clasificadas, utilizando la identificación de píxeles y la distribución espacial de las categorías de vegetación de la zona de estudio. La validación de los resultados de la clasificación de imágenes se llevó a cabo a través de la matriz de contingencia, la cual determina la precisión de la clasificación multitemporal, según lo señalado por (Rodríguez, 2011). Así mismo, se empleó la índice kappa para medir significancia de los datos obtenidos en la clasificación supervisada. Los valores del índice kappa se presentan en la tabla 1, tal como lo describen (López de Ullibarri y Pita, 2001). La cartografía se elaboró utilizando una escala de 1:500.

**Tabla 1.** Interpretación de los valores del índice Kappa

Valor de Kappa	Grado de concordancia
< 0	Malo
0.01 – 0.20	Bajo
0.21 – 0.40	Aceptable
0.41 – 0.60	Moderado
0.61 – 0.80	Substancial (Buena)
0.81 – 1.00	Casi perfecta (Excelente)

*Nota.* Tabla de valores kappa adaptada de (Cerde y Villarroel, 2008).

### 3.2.2.6. Análisis de patrones espaciales

Utilizando la información obtenida y los mapas generados que muestran la cobertura vegetal y el uso del suelo, se llevó a cabo el análisis de los patrones espaciales del ecosistema páramo mediante el uso del *software Fragstats* (Navarro et al., 2012). Se calcularon índices de paisajes específicos para analizar la configuración espacial y fragmentación del paisaje a nivel de parche y de clase, para cada una de las coberturas del suelo. Se aplicaron métricas de cálculo específicas para los distintos tipos de vegetación identificados en el análisis.

**Tabla 2.** Métricas para la detección del cambio de uso de suelo

		Métricas
Área total remanente (CA)		Este método calcula la superficie total de cada clase en estudio en metro cuadrados, la cual es dividida entre 10.000 para ser expresada en hectáreas.
Número de parches (NP)		Explica el nivel de fragmentación, especialmente si la región era previamente homogénea en términos de hábitat o uso del suelo, cuanto mayor sea la cantidad de fragmentos, mayor será la resolución del mosaico y se observará una heterogeneidad más detallada a una escala espacial más pequeña. (Navarro, et al., 2012). Señala la cantidad de fragmento, pero su valor relativo permite realizar comparaciones entre áreas de diferentes tamaños. Un mosaico que presenta una mayor densidad de borde es más heterogéneo y una clase que tiene una mayor densidad de borde se considera más fragmentada (Navarro, et al., 2012).
Densidad de borde (ED)		
Índice de contigüidad o continuidad:		Este indicador permite la evaluación de la continuidad espacial como una medida de la fragmentación de la cobertura forestal (Navarro, et al., 2012).

*Nota.* Tabla de métricas adaptada de (Cuasquer y Sangurima 2019).

### 3.2.3. Establecimiento de estrategias de conservación en áreas consideradas de alta importancia ambiental en el páramo de la Reserva Ecológica “El Ángel”

#### 3.2.3.1. Áreas consideradas de alta importancia ambiental

Para la determinación de las áreas consideradas de alta importancia dentro de la reserva se consideró la información resultante del cumplimiento de los dos objetivos anteriores. Se analizaron los datos obtenidos en campo en conjunto con las entrevistas y encuestas realizadas a la población aledaña a la reserva (Flores et al., 2008).

#### 3.2.3.2. Esquema presión – estado – respuesta

Se realizó un análisis de las acciones humanas que ejercen presión sobre el ambiente y los recursos naturales mediante la aplicación del esquema PER que organiza la información de forma simple en base a una lógica de causalidad para el posterior establecimiento de medidas o acciones para prevenir o reducir el impacto (Figura 3). Este modelo parte de planteamientos simples como: ¿Qué está afectando el ambiente? (Presión); ¿Cuál es el estado actual del medio ambiente? (Estado) y ¿Qué estamos haciendo para mitigar los problemas ambientales? (Respuesta) (Vázquez, 2018).

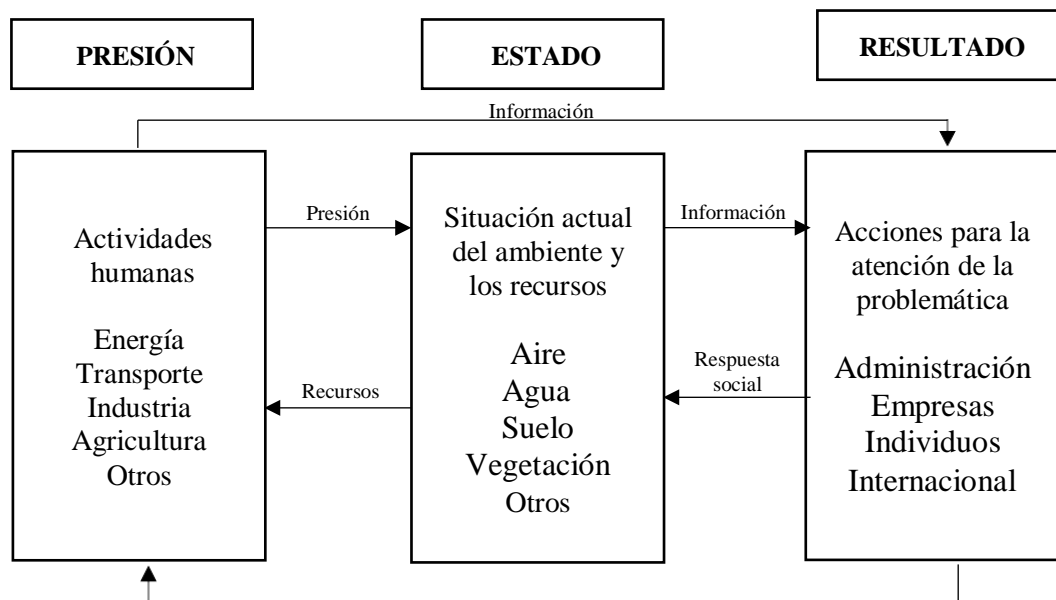


Figura 3. Esquema PER

### 3.3. Materiales y equipos

Los materiales y equipo que fueron empleados en las fases de investigación y salidas de campo a las comunidades de La Libertad y La Esperanza se encuentran detallados en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Materiales utilizados

Materiales	
Campo	Oficina
<ul style="list-style-type: none"><li>• Botas de caucho</li><li>• Poncho de agua</li><li>• Pasamontaña</li><li>• Mochilas de asalto</li><li>• Libreta de campo</li><li>• Encuestas, entrevistas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Imágenes LANDSAT (TM, ETM) de los años 1991, 2002</li><li>• Imagen Sentinel del año 2020</li></ul>
Equipos	
Campo	Oficina
<ul style="list-style-type: none"><li>• Navegador GPS</li><li>• Cámara fotográfica</li><li>• Vehículo 4x4</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Computador portátil</li><li>• Software ArcGIS v10.7 con licencia provisional</li><li>• Software FRAGSTAST</li><li>• Software utilizado ENVI 5.3 para el tratamiento de las imágenes satelitales y el análisis multitemporal</li><li>• Software IDRISI Image selva</li><li>• Internet</li></ul>

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Caracterización de los factores antrópicos que influyen en los cambios de cobertura vegetal del páramo de la Reserva Ecológica “El Ángel”

##### 4.1.1. Diagnóstico de la situación socioeconómica de la Reserva Ecológica Ángel”

###### 4.1.1.1. Aspecto demográfico

Según el plan de gestión de la Reserva Ecológica El Ángel a nivel de parroquia, la mayoría de las poblaciones residen en áreas rurales, excepto en El Ángel, la cabecera cantonal de Espejo, donde el 71,1% de la población vive en áreas urbanas. Al examinar los indicadores de densidad de población y la tasa de crecimiento a este nivel se observa un aumento desproporcionado en la última década en comparación con el promedio nacional, que está alejado términos porcentuales (Ministerio del Ambiente, 2015).

**Tabla 4.** Información demográfica comunitaria

Comunidades	Socios		
	Total	%Hombres	%Mujeres
Comuna La Esperanza	350	65%	35%
Comuna La Libertad	250	70%	30%

Nota: Entrevistas a dirigentes de comunidades colindantes a la REEA – 2014

En cuanto a las comunidades y asociaciones que limitan con la REEA, destacan las comunidades la Esperanza y la Libertad, que se encuentran en las parroquias de Tufiño y la Libertad, respectivamente y que tienen un mayor número de miembros. Históricamente, ambas organizaciones se autoidentifican como parte de la cultura Pasto. En cuanto a la estructura social y organizativa, la comunidad está compuesta principalmente por hombre, aunque es posible que existan otras

organizaciones, como de mujeres y/o jóvenes, que funciones dentro de la estructura oficial (Ministerio del Ambiente, 2015).

#### 4.1.1.2.Educación

La difusión de la importancia de la conservación de un área protegida en la población depende en gran medida de la educación. Por lo tanto, es esencial recopilar información sobre el nivel educativo de la población adulta y la infraestructura educativa disponible en los diferentes niveles administrativos territoriales. A continuación, se proporcionan los detalles pertinentes (Ministerio del Ambiente, 2015).

**Tabla 5** Información de educación a nivel comunitario

Comunidades o Asociaciones		Nivel de educación				Total
		Primaria	Secundaria	Superior	Sin educación	
Comuna Esperanza	La	82,30%	5,90%	0,00%	11,80%	100,00%
Comuna Libertad	La	63,30%	26,70%	10,00%	0,00%	100,00%

Nota: Encuesta sobre percepciones de cambios en el clima en la REEA – 2014

Según lo establecido por el (Ministerio del Ambiente, 2015), se afirma que, de manera general, los residentes de las comunas y asociaciones poseen un nivel educativo que corresponde a educación primaria, y más de una quinta parte se encuentra en el nivel de educación secundaria.

#### 4.1.1.3.Servicios básicos

Según el PDOT del Cantón Tulcán y el Plan de Manejo de la Reserva Ecológica “El Ángel” menciona que es importante conocer la realidad estructural de las comunas colindantes a la REEA ya que año tras año existe expansión en la zona urbana, provocando que ejerza presión sobre los sistemas hidrológicos.



**Tabla 6** Información de algunos servicios a nivel comunitario

Comunidad o Asociaciones		Eliminación de la basura por carro recolector	Eliminación de los envases y fundas de químicos por carro recolector	Eliminación de los envases y fundas de químicos a través de quemas	Enterrar los envases y fundas de químicos en el terreno	Arrojar los envases y fundas de químicos en las zanjas	Otras	Total
Comuna Esperanza	La	100,00%	14,30%	28,60%	14,30%	35,70%	7,10%	100%
Comuna Libertad	La	85,00%	34,00%	28,00%	26,40%	4,60%	7,00%	100%

Nota: Encuesta sobre percepciones de cambios en el clima en la REEA, 2014

La congruencia entre la información sobre la eliminación de residuos sólidos y los datos presentados a nivel parroquial es notable. En cuanto al tratamiento de envases y bolsas plásticas de productos químicos, se observó que prevalecen prácticas como el entierro, la quema y la disposición en el camión recolector. Sin embargo, se identificaron ciertas prácticas perjudiciales para el medio ambiente que ponen en peligro los servicios ambientales que brinda la REEA, como la eliminación de residuos en zanjas y cuerpos de agua (Ministerio del Ambiente, 2015).

#### **4.1.1.4.Tenencia y uso de la tierra**

El Plan de Manejo de la Reserva Ecológica El Ángel establece que los terrenos destinados a la conservación dentro de la REEA fueron legalmente reconocidos en septiembre de 1992 a través del registro oficial. En consecuencia, se concluye que existen diferentes formas de tenencia de la tierra en esta área protegida, según una investigación llevada a cabo por el Sistema de Investigación sobre la Problemática Agraria en el Ecuador (SIPAE) en 2011, se identifican los tipos de tenencia predominantes en el país (Ministerio del Ambiente, 2015).

#### **4.1.1.5.Actividades económicas**

De acuerdo con el PDOT del Cantón Espejo y PDOT del Cantón Tulcán en la comunidad, la mayoría de los pobladores se dedican a tareas agrícolas y ganaderas, como principales actividades. En la siguiente tabla 7 se presentan los detalles.

**Tabla 7** Información sobre actividades económicas a nivel comunitario.

Comunidades o asociaciones	Ocupación principal					Total	
	Agricultura	Ganadería	Jornalearía	Ama de casa	Otras		
Comuna Esperanza	La	17,60%	7,70%	29,40%	36,30%	10,00%	100,00%
Comuna Libertad	La	36,70%	6,70%	10,00%	40,00%	6,60%	100,00%

Nota: Encuesta para el diagnóstico socio ambiental de la REEA, 2014

La comunidad se enfoca principalmente en el cultivo de papas. Además, se cultivan habas y mellocos en menor cantidad para el consumo familiar. Una parte significativa de la comunidad se dedica al cultivo de pastos para alimentar al ganado como se observa en la tabla 8 (Ministerio del Ambiente, 2015).

**Tabla 8** Principales cultivos de las comunidades

Productos	La Esperanza	La Libertad
Habas	8,70%	17,90%
Mellocos	4,30%	10,70%
Papas	47,80%	35,70%
Pasto cultivado	8,70%	10,70%
Otros	4,30%	23,20%
No siembra	26,10%	1,80%
Total	100,00%	100,00%

Fuente: Encuesta para el diagnóstico socio ambiental de la REEA, 2014

Dentro el Plan de Manejo de la Reserva se destaca una de las principales actividades que llevan a cabo los residentes locales está relacionada con la producción de leche mediante la cría de ganado bovino, especialmente en las comunidades La Libertad logrando la sustentabilidad familiar (Ministerio del Ambiente, 2015).

#### **4.1.1.6. Atractivos turísticos actuales y potenciales**

A través del análisis del Plan del Plan de Manejo de la REEA en el periodo de 2008 a 2010, se evidencia un incremento regular en la cantidad de turistas, sin embargo, entre 2011 y 2013 se presentó un aumento significativo en la llegada de visitantes. En particular, en el año 2013 se reportó la llegada de 12.555 turistas, donde el 88.1% fueron nacionales y el 11.9%. Estos datos reflejan el potencial del área en estudio para desarrollar actividades turísticas de manera sustentable y acordes con la demanda nacional e internacional.

#### **4.1.2. Percepción social de los habitantes de las comunas La Libertad y La Esperanza**

La información obtenida a través de las encuestas aplicadas a los habitantes de las comunidades cercanas a la REEA fue dividida en tres apartados: caracterización socioeconómica, importancia del páramo y uso del suelo, con el fin de facilitar su respectivo análisis.

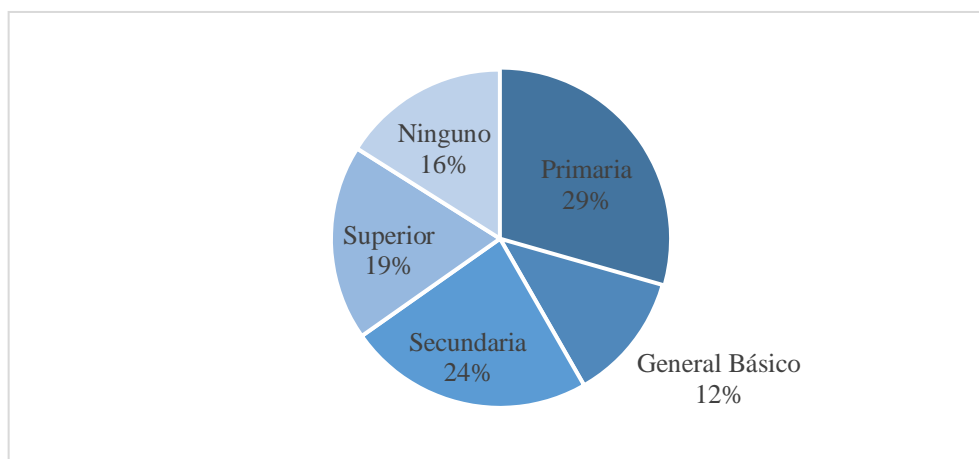
##### **4.1.2.1. Caracterización Socioeconómica**

Se aplicaron un total de 187 encuestas a los habitantes de las comunidades la Libertad y La Esperanza pertenecientes a los cantones Espejo y Tufiño respectivamente y de acuerdo con los datos obtenidos, la población con mayor disposición a participar en el presente estudio corresponde a (n=37) individuos Masculinos con Más de 50 años, dando a entender que dentro de estas comunidades el principal motor productivo de la familia es el hombre. Tal como se indica en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Espejo, donde la población económicamente activa (PEA) se atribuye a los hombres (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Espejo, 2011).

**Tabla 9** Género y edad de la población de estudio

Genero/Edad	Menos de	18 – 24	25 – 30	31 – 40	41 – 50	Más de	Total
	18					50	
<b>Masculino</b>	6	9	6	8	35	37	101
<b>Femenino</b>	5	12	14	10	13	32	86
<b>Total</b>	11	21	20	18	48	69	187

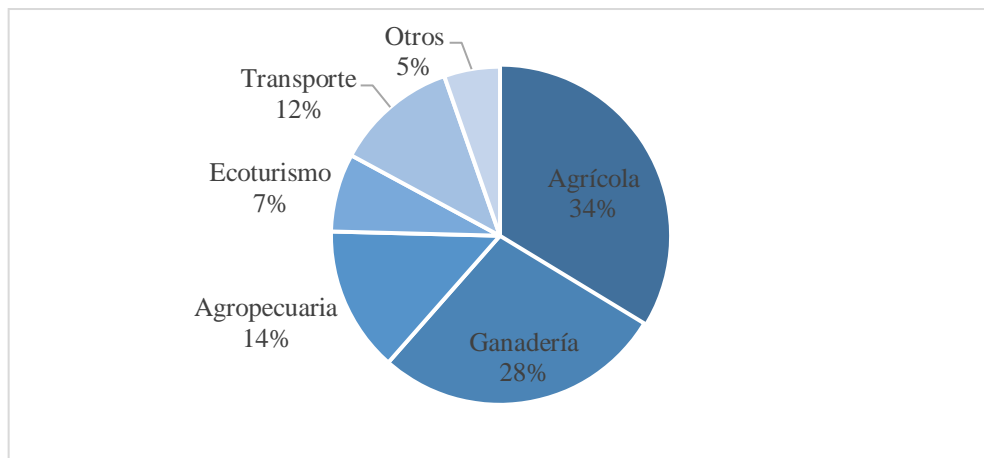
En cuanto al nivel de educación que poseen los encuestados, en la Figura 4, se puede observar que el 29% de los informantes terminaron la *primaria* y tan solo un 19% de los mismos llegaron a completar la educación *superior*, por otra parte, el 16% menciona que no cursaron *ningún* nivel de educación, es decir que son analfabetas. Según el informe emitido por el (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2001), la principal causa de los niveles altos de analfabetismo dentro del cantón Espejo y Tufiño se debe a que la infraestructura educacional es ineficiente, lo cual, impulsa el crecimiento de la migración interna, debido a que los habitantes buscan mejorar la calidad de vida de sus familias.



**Figura 4** Nivel de educación

Otro de los aspectos a analizar mediante las encuestas fue las actividades con fines económicas realizadas por los habitantes de las comunidades La Libertad y La Esperanza, en este sentido, en la Figura 5 se muestran aquellas actividades consideradas como las que conforman la principal fuente de ingreso. De esta manera se determinó que el 34% de los encuestados obtienen su sustento económico principalmente de actividades *agrícolas*, entre los cultivos más mencionados esta:

papa, frejol, arveja y maíz. En el caso del cultivo de papa, se pudo observar durante las salidas a campo como este predomina entre otros cultivos dentro de las comunidades. A su vez, otra actividad de importancia es la *ganadería*, misma que un 28% de los habitantes mencionan realizar. Cabe mencionar que 14% realiza actividades *agropecuarias*, es decir, agrícolas y ganaderas al mismo tiempo.



**Figura 5** Actividades económicas que se realizan en la zona

#### **4.1.2.2. Importancia del páramo**

Los páramos de las comunidades La Libertad y La Esperanza forman parte de la Zona de Amortiguamiento (ZAM) de la REEA, por lo tanto, la interacción hombre – naturaleza es muy limitada, sin embargo, no es nula ya que los servicios ecosistémicos provenientes de la reserva son aprovechados por la población local como materia prima y fuente económica (Guerra, 2017). En este sentido, todos los entrevistados (n=187) indicaron que el ecosistema páramo presenta una alta importancia debido a sus servicios y valores ecosistémicos, de igual forma aludieron a que un adecuado control y vigilancia por parte de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales en asociación con los cabildos de las comunidades, impulsarían una responsabilidad colectiva de conservación del páramo.

En cuanto a las actividades de aprovechamiento ecosistémico, Según lo mencionado por (n=110) encuestados *No* realizan ningún tipo actividad de en las cercanías a la ZAM, no obstante, es evidente la existencia de acciones antrópicas vinculadas a la explotación de recursos en toda la zona (Tabla 10). Este cambio argumentativo en las respuestas puede deberse a la teoría de acción razonada, pues (Pereyra, 2012) en su estudio, atribuye a esta teoría la alteración en el ritmo de respuestas, las cuales buscan complacer y adecuarse a las necesidades del encuestador.

**Tabla 10** Realización de actividades antrópicas dentro del área

<b>Variables</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
Sí	77	41,18
No	110	58,82
<b>Total</b>	<b>187</b>	<b>100%</b>

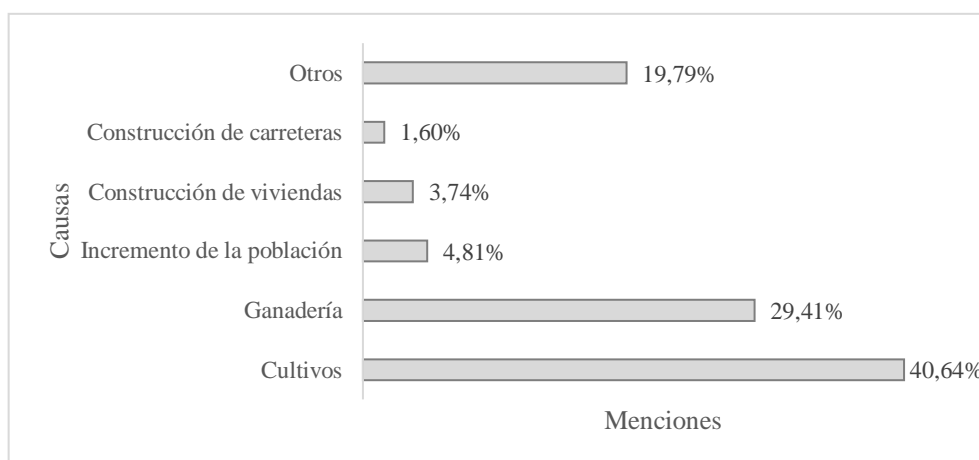
Los esfuerzos realizados por la autoridad ambiental junto con la población de las comunidades cercanas, (n=109) los encuestados mencionaron que los páramos de la REEA se encuentran bajo constantes cambios, debido a la presión que se ejerce sobre los recursos naturales (Tabla 11); según lo mencionado por los informantes y de acuerdo al estudio realizado por (Angulo, 2019), los cambios más notorios en este tipo de ecosistema se atribuyen a la reducción de los caudales y la pérdida de especies de flora y fauna, en consecuencia, se altera la cadena trófica y afecta a la renovación natural.

**Tabla 11.** Cambios en el páramo de la REEA ocurridos en el periodo 1991-2020

<b>Variables</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
Sí	109	58,29
No	78	41,71
<b>Total</b>	<b>187</b>	<b>100%</b>

### 4.1.2.3. Uso del suelo

Conforme a lo obtenido de las encuestas, en la Figura 4 se evidencia que la principal causa por la cual se ha perdido la cobertura vegetal es a la ampliación de la frontera agrícola (40,64%) y ganadera (29,41%). Cabe considerar que los habitantes de las comunidades aledañas a la ZAM consiguen su principal fuente de ingreso del cultivo de la papa y posterior a la finalización de la cosecha se realiza el cultivo de pasto para el ganado, este ciclo se aplica de forma general y crea conflictos ambientales disminuyendo su calidad, lo que conlleva a la sobreexplotación de los recursos ecosistémicos, principalmente el suelo y el agua (Escandón et al., 2018).



**Figura 6** Causas del cambio de cobertura vegetal

En consecuencia, según lo mencionado por los habitantes de las comunidades La Libertad y La Esperanza, la expansión de la frontera agrícola en combinación con actividades de rastrojo excesivo y sobrepastoreo corresponden a los principales factores antrópicos responsables de los cambios de la cobertura vegetal del páramo de la Reserva Ecológica “El Ángel”, tal como se manifiesta en los estudios realizados por (Espinosa et al., 2011; Roldán et al., 2008) de acuerdo con los expertos, el factor principal que contribuye a la degradación del suelo es la combinación de prácticas agrícolas, ganaderas e industriales.

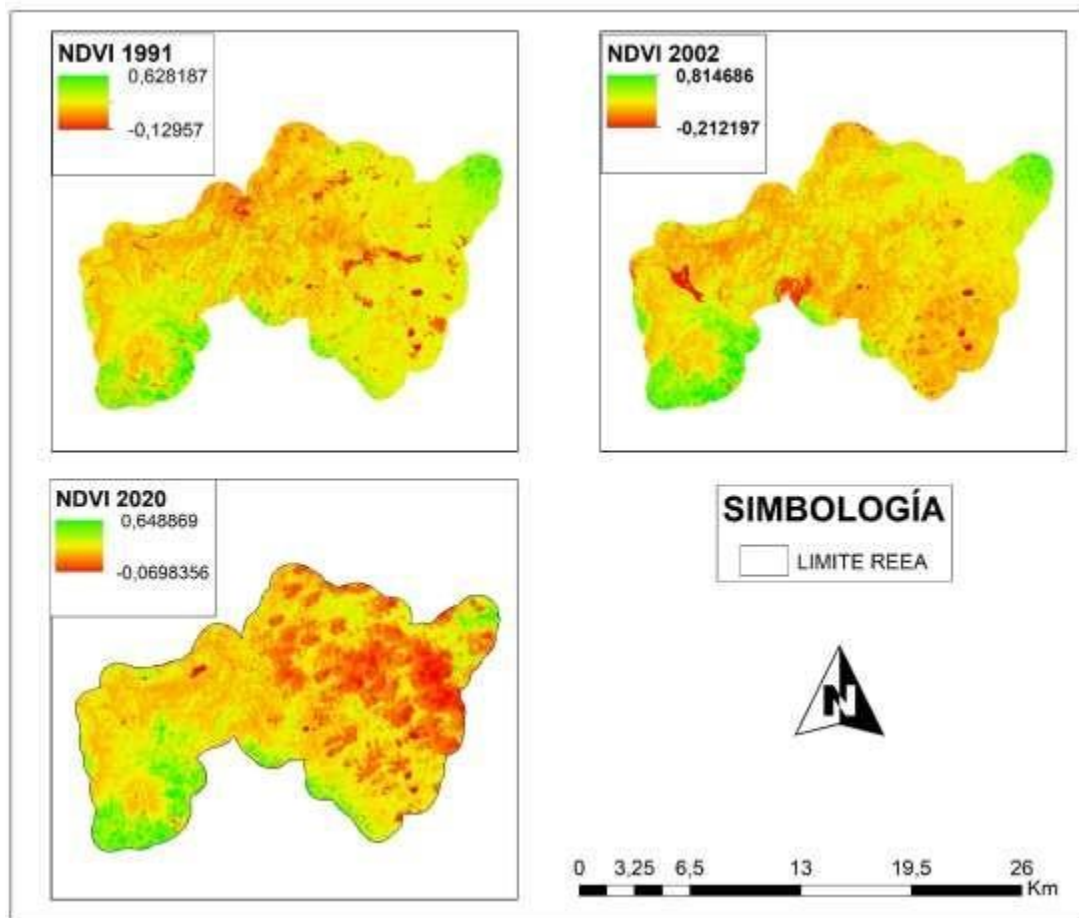


## **4.2. Análisis multitemporal periodo 1991-2020 del cambio de cobertura vegetal del páramo de la Resera Ecológica “El Ángel”**

### **4.2.1. Índice diferenciado de vegetación (NDVI)**

El resultado obtenido en el NDVI para los años 1991, 2002 y 2020 correspondiente a la vegetación de la REEA se muestra en la Figura 7, en dicha figura se observa un valor positivo de 0,63 para el año 1991, que representa una cobertura vegetal moderadamente sana, representada por vegetación de páramo, vegetación arbustiva y bosque de *Polylepis* (Zutta et al., 2012). Los valores negativos (menores a -0,1) representan vegetación poco densa, esto se debe a los constantes incendios generados por las comunidades La Libertad y La Esperanza, con la finalidad de preparar los terrenos para ser utilizados como suelos agrícolas o ganaderos.

En el resultado de NDVI del año 2002 se observa que presenta valores positivos menores a 0,81, esto refleja una vegetación densa en crecimiento como es el caso de la vegetación arbustiva y pasto natural. Además, el páramo incendiado en proceso de regeneración presenta valores negativos de -0,21. En el resultado de NDVI del año 2020 se observa que el páramo no fue afectado por los incendios ocurridos en años anteriores. En estudios similares los autores (Moyao et al., 2021) indican que valores positivos superiores a 0,64 son atribuidos a zonas con mayor abundancia en vegetación y un estado de salud estable; la respuesta espectral que tiene la vegetación sana muestra un alto contraste en el espectro del infrarrojo, debido a esto se presentan los altos valores de índice en la cobertura vegetal.



**Figura 7** Índice de vegetación de diferencia normalizada por los años 1991,2002 y 2020

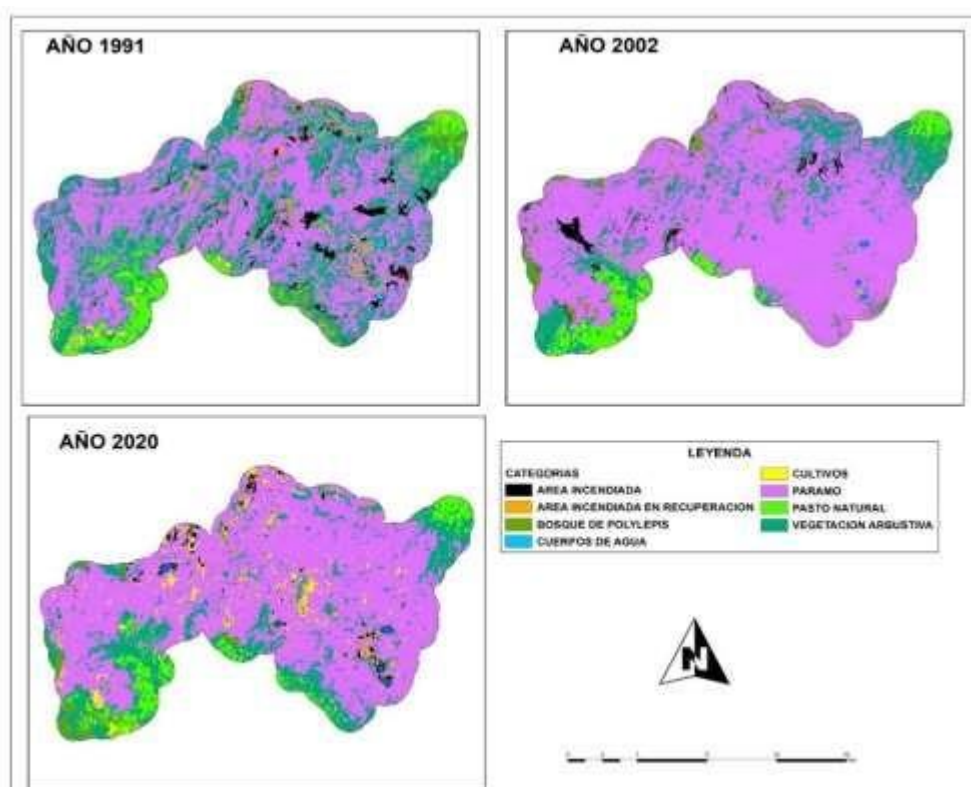
#### 4.2.2. Clasificación supervisada

En el análisis multitemporal de los años 1991, 2002 y 2020 se puede observar el aumento y disminución de factores que alteran la cobertura de la Reserva Ecológica “El Ángel”, considerando varias categorías como: áreas incendiadas, áreas incendiadas en recuperación, cuerpos de agua, cultivos, páramo, pasto natural, bosque de *Polylepis* y vegetación arbustiva (Tabla 12). En el año de 1991 se destaca la categoría de áreas incendiadas con 646,63 hectáreas, en el año 2002 esta categoría disminuyó a 402,64 ha., sin embargo, otra categoría que se puede destacar son los cultivos, ya que en año 1991 ocupa 62,47 ha. De superficie y para el año 2020 este se ha incrementado en 942 ha. Por lo que se identifica una alteración y cambio en la cobertura vegetal del páramo.

**Tabla 12.** Categorías para los años 1991, 2002 y 2020 de la cobertura vegetal del páramo en la Reserva Ecológica “El Ángel”

Categorías	1991	2002	2020
Área incendiada (Ha)	646.63	402.64	363.15
Área incendiada En Recuperación (Ha)	318.56	22.06	244.42
Cuerpos de agua (Ha)	42.42	46.54	70.55
Cultivo (Ha)	62.47	30.53	942.69
Páramo (Ha)	12150,07	17868.51	17082.22
Pasto natural	1736.79	1315.38	1200.35
Bosque Polylepis (Ha)	410.8	687.98	433.32
Vegetación arbustiva (Ha)	7412.68	3745.03	4506

De acuerdo con las investigaciones de (Cuasquer y Sangurima, 2019): (Gonzaga, 2014), mediante imágenes satelitales Landsat, se demuestra que el incremento y pérdida de cobertura vegetal se debe al cambio de uso del suelo, ocasionado por factores naturales o antrópicos. Además, se puede destacar en la Figura 8, que en el año 1991 el pasto natural contaba con 1736,79 ha; sin embargo para el año 2020 esta categoría se redujo a 1200,35 ha.



**Figura 8** Distribución espacial de las categorías de la cobertura vegetal de Reserva Ecológica "El Ángel"

Para este análisis multitemporal se tomó en cuenta los cambios que ha sufrido la categoría de áreas incendiadas en los años de 1991-2002 (Tabla 13 y 21) se puede observar que las áreas incendiadas representan el 0,52%, es decir una variación de 243,99 ha. Para los últimos 18 años (2002-2020) ha existido una pequeña disminución de 39,49 ha que representan el 0,38% de áreas incendiadas (Tabla 13 y 21). Sin embargo, en el periodo de 1991-2020 hay una disminución de incendios del 0,40%. Esto puede ser a que las comunas que se benefician directamente de la Reserva Ecológica “El Ángel”, se hayan visto incentivadas de forma económica por parte del Gobierno y Ministerio del Ambiente a fin de ayudar a preservar esta reserva.

De acuerdo con los estudios de (Angulo, 2019), las zonas afectadas por incendios en la cobertura vegetal se identifican a partir de la interacción de los distintos factores con la ignición, precipitación, temperatura y características fenológicas y fisiológicas de la vegetación. Además, la pendiente y velocidad del viento son factores que influyen en la velocidad de propagación e intensidad de los incendios de cobertura vegetal.

**Tabla 13** Matriz de cambios de área incendiada de la Reserva Ecológica "El Ángel"

<i>Categorías</i>	Área incendiada de 1991	Área incendiada 2002	Área incendiada 2020
Área incendiada de 1991	Sin cambios	243.99	283.48
Área incendiada 2002	243.99	Sin cambios	39.49
Área incendiada 2020	283.48	39.49	Sin cambios

En el análisis de áreas incendiadas en recuperación para los periodos de 1991-2002 (Tabla 14 y 21), existe una pequeña variación de 296,5 ha (0,17%) y que para el periodo 2002-2020 (Tabla 14 y 21) presenta una disminución de 222,36 ha. (0,13%). En los últimos 31 años se puede observar que estas áreas se han recuperado de manera progresiva, a pesar de ello, es casi imposible una regeneración por completo, debido a que fueron sometidas a constantes alteraciones y modificaciones durante todo este periodo; aunque hoy en día existan incentivos, charlas y talleres que permiten a las personas concientizar y evitar la quema de este lugar, el conseguir resultados satisfactorios es aún una tarea difícil ya que se

necesita mayor interés por parte de las personas en querer preservar los recursos que brinda la reserva (Zutta et al., 2012).

**Tabla 14** Matriz de cambios de áreas incendiadas en recuperación de la Reserva Ecológica “El Ángel”

<b>Categorías</b>	<b>Área incendiada en recuperación 1991</b>	<b>Área incendiada en recuperación 2002</b>	<b>Área incendiada en recuperación 2020</b>
Área incendiada en recuperación 1991	Sin cambios	296.5	74.14
Área incendiada en recuperación 2002	296.5	Sin cambios	-222.36
Área incendiada en recuperación 2020	74.14	-222.36	Sin cambios

Se tomó en cuenta dentro de las categorías los cuerpos de agua que se ubican dentro de la REEA. Es así como para los periodos de 1991-2002 (Tabla 15 y 21) hubo una disminución de 4,12 ha. (0,04%); sin embargo, también existen cambios considerables en los últimos dieciocho años 2002-2020 con la disminución de 24,01 ha (0,06%) (Tabla 15 y 21). Esto puede ser debido a que algunos cuerpos de agua son estacionarios y según las investigaciones realizadas por (Cuasquer y Sangurima, 2019), la disminución también se debe, es probable que el aumento de la temperatura en la región de la región de los Andes tropicales, posiblemente debido a factores climáticos, haya llevado a la disminución de espejos de agua y a la desertificación en la región interandina, así como a cambios en los ecosistemas. La variabilidad de la temperatura, cada vez más extrema, puede incidir significativamente en la frágil estabilidad de las formaciones vegetales andinas.

**Tabla 15** Matriz de cambios de cuerpos d agua de la Reserva Ecológica "El Ángel"

<b>Categorías</b>	<b>Cuerpos de agua 1991</b>	<b>Cuerpos de agua 2002</b>	<b>Cuerpos de agua 2020</b>
Cuerpos de agua 1991	Sin cambios	-4.12	28.13
Cuerpos de agua 2002	-4.12	Sin cambios	-24.01
Cuerpos de agua 2020	28.13	-24.01	Sin cambios

Los cultivos son parte fundamental en este análisis ya que ayuda a conocer cómo esta actividad influye en el cambio de cobertura de la REEA. Es así como en

los periodos de 1991-2002 (Tabla 16 y 21) existe un pequeño aumento de 31,94 ha. (0,05%) y para los periodos 2002-2020 (Tabla 16 y 21) hay una disminución de 912,16 ha. (0,49%); por lo tanto, se puede decir que estos aumentos y disminución son evidencia de la fuerte presión antrópica que ejercen las comunidades en el REEA haciendo que esta cobertura vegetal sea remplazada por monocultivos y cultivos agrícolas.

En este sentido, el informe emitido por el (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2001) establece que la mayor parte de la población económicamente activa de la provincia de Carchi se dedica a actividades agropecuarias, además, (Cuasquer y Sangurima, 2019); (Loza y Taype, 2021), manifiestan que el 50% del cantón Espejo se dedica a actividades agrícolas, en especial las parroquias que tiene gran representatividad de estas actividades agropecuarias son en El Ángel (38,3%) y La Libertad (66,9%).

**Tabla 16** Matriz de cambios de cultivos de la Reserva Ecológica "El Ángel"

<b>Categorías</b>	<b>Cultivos 1991</b>	<b>Cultivos 2002</b>	<b>Cultivos 2020</b>
Cultivos 1991	Sin cambio	31.94	880.22
Cultivos 2002	31.94	Sin cambio	-912.16
Cultivos 2020	880.22	-912.16	Sin cambio

Una de las coberturas vegetales más extensas y que sobresalen en este análisis es el pajonal, sin embargo, en los periodos de 1991-2002 (Tabla 17 y 21) existe una disminución de 5.718,44 ha. (15,01%) de la cobertura total de la REEA. Por su parte para los años 2002-2020 (Tabla 17 y 21) existe una variación de 786,29 ha. Estas variaciones se deben a varios factores ya sea ambiental o social. Pero según los estudios hechos por (Floréz et al.,2016); (Cuasquer y Sangurima, 2019) el aumento y disminución de este tipo de vegetación es porque los ecosistemas son inundables y los consideran azonales.

**Tabla 17** Matriz de cambios del páramo de la Reserva Ecológica "El Ángel"

<b>Categorías</b>	<b>Páramo 1991</b>	<b>Páramo 2002</b>	<b>Páramo 2020</b>
Páramo 1991	Sin cambios	-5718.44	4932.15
Páramo 2002	-5718.44	Sin cambios	786.29
Páramo 2020	4932.15	786.29	Sin cambios

Además, es importante analizar la categoría de pasto natural, debido a que estos son sustanciales en la ganadería por su uso como forrajes. Es por eso que para los periodos de 1991-2002 (Tabla 18 y 21) hay una variación de 421,41 ha (1,53%) sin embargo para el año 2002-2020 (Tabla 18 y 21) existe una disminución de 778,94 ha. Al igual que en el análisis de la categoría de cultivo hay una fuerte dinámica de cambio en la cobertura vegetal debido a la presión que ejercen las personas que se dedican a las actividades ganaderas.

Es así como lo anterior corrobora con lo publicado por (Pozo, 2016), en la región altoandina el 25,2% y el 21,8% de los suelos se utilizan en producción de pastos naturales y cultivados respectivamente. Además, el cantón Tufiño es una de las parroquias en donde la ganadería lechera es una de las actividades económicas principales, razón por la cual el suelo de esta parte del cantón posee propiedades ricas en alto contenido de materia orgánica.

**Tabla 18.** Matriz de cambios de pasto natural Reserva Ecológica "El Ángel"

<b>Categorías</b>	<b>Pasto natural 1991</b>	<b>Pasto natural 2002</b>	<b>Pasto natural 2020</b>
Pasto natural 1991	Sin cambios	421.41	536.44
Pasto natural 2002	421.41	Sin cambios	115.03
Pasto natural 2020	536.44	115.03	Sin cambios

En cuanto a la categoría del bosque de *Polylepis*, esta es una de las vegetaciones predominantes e importante de la reserva. En los periodos de 1991-2002 (Tabla 19 y 21) existe una disminución de 277,28 ha. (0,55%); sin embargo, para los periodos del año 2002-2020 (Tabla 19 y 21) aumentó en 254,66 ha (0,56%). Según las investigaciones de (Romoleroux et al.,2016) actualmente los bosques de *Polylepis* representan uno de los ecosistemas andinos más amenazados, pues están

en riesgo de desaparecer debido al aislamiento de sus áreas y a la reducción del tamaño poblacional causada principalmente por las actividades antrópicas.

**Tabla 19** Matriz de cambios de bosque *Polylepis* de Reserva Ecológica "El Ángel"

<b>Categorías</b>	<b><i>Polylepis</i> 1991</b>	<b><i>Polylepis</i> 2002</b>	<b><i>Polylepis</i> 2020</b>
Bosque <i>Polylepis</i> 1991	Sin cambios	-277.18	22.52
Bosque <i>Polylepis</i> 2002	-277.18	Sin cambio	254.66
Bosque <i>Polylepis</i> 2020	22.52	254.66	Sin cambio

Para el análisis de la vegetación arbustiva en los periodos 1991-2002 (Tabla 20 y 21) se puede decir que existe una variación de 3667,65 ha que representa el 5,58%, además para el periodo de 2002 a 2020 (Tabla 20 y 21) esta vegetación ha disminuido en 760,97 ha (4,13%) de su superficie. Esto indica que existe un alto contenido de la humedad ambiental debido a que estas especies predominan en el páramo.

Según la investigación de (Bastidas, 2018), la vegetación arbustiva se considera como uno de los componentes más importantes en la cordillera occidental del Carchi, sin embargo, aproximadamente 5936,88 hectáreas han sido transformadas en áreas de bosque plantado, tierras destinadas a la agricultura y a la ganadería, lo que ha afectado principalmente a los ecosistemas de rosetales caulescentes, herbazales de páramo (frailejones) y bosque siempre verde montano y montano alto. Este cambio ha dado lugar al aumento de actividades como la agricultura, la cría de ganado, la deforestación y la quema de terrenos sin control.

**Tabla 20** Matriz de cambios de vegetación arbustiva de la Reserva Ecológica "El Ángel"

<b>Categorías</b>	<b>Vegetación arbustiva 1991</b>	<b>Vegetación arbustiva 2002</b>	<b>Vegetación arbustiva 2020</b>
Vegetación arbustiva 1991	Sin cambios	3667.65	2906.68
Vegetación arbustiva 2002	3667.5	sin cambios	-760.97
Vegetación arbustiva 2020	2906.68	-760.97	Sin cambios



**Tabla 21** Cambios de vegetación del páramo de la Reserva Ecológica "El Ángel" en los años 1991;2002 y 2020

Categorías	1991	2002	2020	1991-2002	1991-2002	2002-2020	2002-2020	1991-2020	1991-2020
				%	(has)	%	(has)	%	(has)
Área incendiada (Ha)	646.63	402.64	363.15	0.52	243.99	0.38	39.49	0.50	283.48
Área incendiada En recuperación (Ha)	318.56	22.06	244.42	0.17	296.5	0.13	-222.36	0.28	74.14
Cuerpos de agua (Ha)	42.42	46.54	70.55	0.04	-4.12	0.06	-24.01	0.06	28.13
Cultivo (Ha)	62.47	30.53	942.69	0.05	31.94	0.49	-912.16	0.50	880.22
Páramo (Ha)	12150.07	17868.51	17082.22	15.01	-5718.44	17.48	786.29	14.62	4932.15
Pasto natural	1736.79	1315.38	1200.35	1.53	421.41	1.26	115.03	1.47	536.44
Bosque <i>Polylepis</i> (Ha)	410.8	687.98	433.32	0.55	-277.18	0.56	254.66	0.42	22.52
Vegetación arbustiva (Ha)	7412.68	3745.03	4506	5.58	3667.65	4.13	-760.97	5.96	2906.68

### **4.2.3. Validación de la clasificación supervisada**

La matriz de contingencia para la clasificación supervisada de la imagen Sentinel. 2A del año 2020 registró valores de frecuencias para la categoría 1: Área incendiada, con un valor de 4 con una predicción 4; categoría 2: Área incendiada en recuperación, un valor de 1 con una predicción de 1; categoría 3: Cuerpos de agua, un valor de usuario de 18 con una predicción de 18; categoría 4: Cultivos, con un valor de usuario de 75 y un valor de predicción de 75; categoría 5: Pajonal, con un valor de usuario 1 y de predicción 1; categoría 6: Pasto natural, con un valor de usuario 6 y predicción 6 y en la categoría 7: Vegetación arbustiva, con un valor de usuario de 1 y predicción 1. Aquí se puede observar un aumento de las categorías de cobertura vegetal del páramo en un 100% (Tabla 22).

**Tabla 22.** Matriz de contingencia de la clasificación supervisada de la imagen Sentinel 2A de la Reserva Ecológica "El Ángel"

Predicción (Software ArcGIS)	Usuario								Sumatoria predicción	Precisión de la predicción
	1	2	3	4	5	6	7	8		
<b>1</b>	<b>0</b>	0	0	0	0	0	0	1	1	0%
<b>2</b>	0	<b>1</b>	0	0	0	0	0	0	1	100%
<b>3</b>	0	0	<b>1</b>	0	0	0	0	0	1	100%
<b>4</b>	1	0	0	<b>1</b>	0	0	0	0	2	50%
<b>5</b>	0	0	0	0	<b>73</b>	0	0	3	76	96,1%
<b>6</b>	0	0	0	0	0	<b>6</b>	0	1	7	85,71%
<b>7</b>	0	0	0	0	0	0	<b>1</b>	0	1	100%
<b>8</b>	0	0	0	0	2	0	0	<b>13</b>	15	86,67%
<b>Sumatorio usuario</b>	1	1	1	1	75	6	1	18	104	
Precisión de la predicción	0%	100%	100%	100%	97,33%	100%	100%	72,22%		

**Precisión general:** 92,31%;

**Índice Kappa:** 0,83

En cuanto al índice Kappa resultante de la clasificación supervisada, el valor obtenido es de 0,83 lo que se considera dentro de la categoría casi perfecta, es así que se puede validar el análisis multitemporal para estos periodos de estudio y de acuerdo con establecido en el estudio de (Cerdeña y Villarroel, 2008) el valor de kappa de 0,83 se encuentra dentro de la categoría casi perfecta, por lo que la clasificación de los mapas se pueden dar por válidos aproximándose a los valores y condiciones reales del área de estudio.

#### **4.2.4. Análisis de patrones espaciales**

Durante el periodo de 1991 a 2002 en áreas incendiadas existe una disminución en número de parches de (702 a 507 parches) y la densidad de borde sufre una reducción de (11,08 a 5,63 hectáreas), esto hace que exista una variación en la fragmentación del ecosistema. Para la categoría de área incendiada en recuperación al igual que el área incendiada existe una disminución de número de parches 174 a 63 y una densidad de borde es 2,27 a 0,05 hectáreas.

En cuanto a los cuerpos de agua en los periodos de 1991 a 2002 (Tabla 23) hubo una pequeña variación en número de parches de 12 a 6 y en cuanto a la densidad de su borde es de 0,18 a 0,0014. Según las investigaciones (Rosero, 2017), se puede inferir que existen cuerpos de agua superficiales que no experimentan cambios notables. Esto se debe a que, en el análisis de patrones espaciales, la mayoría de los sistemas lacustres son discriminados debido a su tamaño como unidad mínima cartografiable.

En cuanto a los cultivos en el periodo 1991 a 2002 (Tabla 23) hay una variación de 89 a 22 el número de parches y su densidad de borde se redujo de 0,08 a 0,04 esto hace que exista un disturbio y fragmentación en el paisaje que, de acuerdo con las investigaciones de (Molina, 2019) la práctica de quema a lo largo del tiempo va generando parches en el paisaje donde se presenta la agricultura y vegetación secundaria. De acuerdo con la categoría de pajonal en los periodos de 1991 a 2002 (Tabla 23) hay una disminución en número de parches de (1954 a 1013) al

igual que su densidad de borde se redujo de esto se debe 105,38 a 56,46 hectáreas esto al igual que las anteriores categorías que existe un disturbio, pero hay menos fragmentación de acuerdo con las investigaciones de (Cuasquer y Sangurima, 2019);(Velasco, 2021) el cambio de uso de suelo a lo largo del tiempo hace que se presentemenor grado de deforestación ya que la fragmentación disminuye.

La categoría de vegetación arbustiva en los periodos de 1991 a 2002 (Tabla 23) se ha visto poco afectado en cuanto a la fragmentación ya que su número de parches es de 4190 a 2703 y la densidad de borde es de 59,18 hectáreas. De acuerdo con los autores (Martínez et al., 2009) las coberturas vegetales se genera un proceso de ruptura en el continuo, dando como resultado parches de menor tamaño y formas irregulares que distan entre si disminuyendo su conectividad.

**Tabla 23** Matriz de cambios de patrones espaciales 1991-2002

Categorías	1 Área incendiada		2 Área incendiada en recuperación		3 Cuerpos de agua		4 Cultivo		5 Páramo		6 Pasto natural		7 Bosque <i>Polylepis</i>		8 Vegetación arbustiva	
	1991	2002	1991	2002	1991	2002	1991	2002	1991	2002	1991	2002	1991	2002	1991	2002
Métricas paisaje	1991	2002	1991	2002	1991	2002	1991	2002	1991	2002	1991	2002	1991	2002	1991	2002
Área total CA	656.2	325.5	455.3	38.79	42.03	37.80	65.79	18.45	11979.6	16036.74	1774.3	1094.6	426.9	626.5	7450.3	3442.3
Número de parches NP	712	507	174	63.0	12.0	6.00	89.0	22.0	1954	1013	2835	372	818	1082	4190.	2703
densidad de borde. ED	11.08	5.63	2.27	0.05	0.18	0.001	0.08	0.04	105.3	56.46	32.85	7.22	10.22	14.78	123.9	59.18
Cont_ Min	0.18	0.12	0.10	0.12	0.27	0.52	0.25	0.17	0.15	0.13	0.098	0.19	0.12	0.14	0.16	0.16

Según (Cuasquer y Sangurima, 2019), las métricas de área total y densidad de borde muestran un aumento significativo en la fragmentación del paisaje a medida que aumenta el tamaño de los parches y se vuelve más irregular en su forma. Por lo que para los periodos de 2002-2020 (Tabla 24) en cuanto a la categoría de áreas incendiadas se aumentado significativamente la fragmentación con un área total de 325,53 a 366,40 hectáreas y una densidad de borde de 5,63 a 7,02 hectáreas esto puede deberse a diferentes factores como ambientales y socioeconómicos. Además, (Alva et al., 2018) mencionan que los incendios forestales originan paisajes más fragmentados y con menor conectividad.

También se puede observar que en cuanto a la categoría de áreas incendiadas en recuperación en los periodos de 2002-2020 (Tabla 24) ha aumentado el número de parches de (63 a 465 parches ), además ha aumentado el área total a 251,44 hectáreas y su densidad de borde de (0,05 a 6,23 hectáreas), por lo que se puede decir que hay un aumento considerable en la fragmentación de este paisaje en recuperación, de acuerdo a (Echeverría et al.,2012), la ocurrencia repetida de incendios en los ecosistemas provoca una importante fragmentación de nuevos hábitos, lo que a su vez estima la generación de nuevos incendios, alterando los regímenes habituales de fuego.

En cuanto a los cuerpos de agua en el periodo 2002-2020 (Tabla 24) presento muy poca alteración con un número de parches de seis, densidad de borde de 0,42 hectáreas e índice de contagio de 0,83%, por lo que según los estudios realizados de (Cuasquer y Sangurima, 2019); (Arévalo y Duarte, 2017) los autores señalan que los efectos de borde no son perceptibles en las superficies de los cuerpos de agua debido a la resolución espacial limitada de la imagen utilizada para la clasificación, lo que implica un nivel de detalle demasiado general para poder analizar dichos cambios.

De acuerdo con la categoría de cultivos en los años 2002-2020 (Tabla 24) su área total se ha incrementado de 18,45 a 979,72 hectáreas, además se observa que el número de parches ha incrementado considerablemente de 22 a 1540 parches

y una densidad de borde de 22,03 hectáreas, indica el aumento de la fragmentación de del ecosistema de la reserva. Los autores (Llambí et al., 2014) establecen que los efectos principales que se derivan de la fragmentación a nivel de categoría taxonómica son la disminución de la dimensión, el aumento del perímetro y la multiplicación de los fragmentos.

La categoría páramo en los periodos de 2002 a 2020 (Tabla 21) en cuanto al número de parches disminuyó la fragmentación en (498 parches), densidad de borde de 55,79 hectáreas, además un índice de contagio aumento en 0,32%. De acuerdo con lo que menciona (Lara, 2016) que la disminución en los valores de estas métricas es importante ya que esto indica que se encuentra en un buen estado de conservación y que además estas métricas de paisaje permiten mantener estables los servicios ecosistémicos y la biodiversidad vegetal y animal.

En la categoría de pasto natural para los periodos 2002-2020 existe una disminución en su fragmentación con un número de parches de 334 y en cuanto a la densidad de borde existe un aumento de 7,22 a 11,80 hectáreas y un índice de contagio de 0,40%, esto hace que la reserva sufra cambios de uso de suelo por efectos de presión antrópica, y de acuerdo a (Cuasquer y Sangurima 2019) indican que la disminución en la capacidad de parches se debe a la estabilidad dinámica que se presenta en la zona de transición ecológica, que permite la interacción y el flujo de los ecosistemas.

De acuerdo con la categoría del bosque de *Polylepis* en el periodo 2002 a 2020 (Tabla 24) el área total (486,84 hectáreas), número de parches (288) y la densidad de borde (6.6 hectáreas) se puede observar que de acuerdo con estas métricas de paisaje estas presentan cambios de uso del suelo con menor grado de fragmentación y pérdida de cobertura vegetal. Según los autores (Cuasquer y Sangurima 2019), se hace referencia a la posible ocurrencia de estos eventos como resultado de las acciones antropogénicas que ocasionan la fragmentación de las coberturas naturales, lo que disminuye su capacidad de resiliencia.



Se puede observar la categoría de vegetación arbustiva en los periodos 2002-2020 (Tabla 24) el área total aumento en 4523 hectáreas, sin embargo, el número de parches (1702), densidad de borde (53,15 hectáreas) presentaron una disminución en la fragmentación, sin embargo, en el índice de contagio se observó un aumento de 0,32%. (Miranda et al., 2013) mencionan la variación en ciertas medidas indica una baja presencia de fragmentación y una disminución limitada en la superficie de la cubierta vegetal.

**Tabla 24** Matriz cambio de patrones espaciales de los periodos 2002-2020

Categorías	1 Áreas incendiadas		2 Áreas incendiadas en recuperación		3 Cuerpos de agua		4 Cultivos		5 Páramo		6 Pasto natural		7 Bosque Polylepis		8 Vegetación arbustiva	
	2002	2020	2002	2020	2002	2020	2002	2020	2002	2020	2002	2020	2002	2020	2002	2020
Métricas paisaje	2002	2020	2002	2020	2002	2020	2002	2020	2002	2020	2002	2020	2002	2020	2002	2020
Área total CA	325.5 3	366.4 0	38.7 9	251.4 4	37.80	70.6 4	18.4 5	979.7 2	16036.7 4	17013.8 0	1094.6 7	1204.4 0	626.5	436. 8	3442.3 2	4523.00
Numero de parches NP	507.0 0	391.0	63.0	465.0 0	6.00	6.00	22.0	1540. 0	1013.00	498.00	372.00	334.00	1082. 0	288. 0	2703.0	1702.00
Densidad de borde. ED	5.63	7.02	0.05	6.23	0.001 4	0.42	0.04	22.03	56.46	55.79	7.22	11.80	14.78	6.6	59.18	53.15
Cont1_Mi n	0.12	0.33	0.12	0.30	0.52	0.86	0.17	0.31	0.13	0.31	0.19	0.40	0.14	0.32	0.16	0.32

### 4.3. Estrategias de conservación en áreas consideradas de alta importancia ambiental en el páramo de la Reserva Ecológica “El Ángel”

#### 4.3.1. Esquema PER

Como se observa en la tabla 25 se definieron cuatro principales factores antrópicos como es el avance de la frontera agrícola, malas prácticas agrícolas, quemadas para la renovación de pasto para el ganado y la pérdida de cobertura vegetal nativa por el sobrepastoreo, factores los cuales nos permiten actuar de manera estratégica para contrarrestar el deterioro del ecosistema páramo, por ello se implementa tres respuestas a la presente problemática.

**Tabla 25** Cruce de variable

Presión	Estado	Respuesta
Avance de la frontera agrícola	El 34% de la zona de amortiguamiento de la reserva presenta parches agrícolas	Educación Ambiental para la conservación de los páramos
Malas prácticas agrícolas	La calidad de las fuentes de agua se ven afectadas por el mal manejo y la disposición de los productos químicos empleados en la agricultura	Implementación de prácticas agroecológicas y producción pecuaria responsable
Quemadas para la renovación de pasto para el ganado		
Perdida de cobertura vegetal nativa por el sobrepastoreo	El 26% del área de estudio presenta áreas incendiadas en recuperación	Recuperar las áreas afectadas por incendios y ganadería

#### 4.3.2. Estrategias de conservación en áreas consideradas de alta importancia ambiental

La Reserva Ecológica El Ángel se distingue por su ecosistema principal de páramo húmedo o pantanoso, el cual es el hogar de una gran cantidad de frailejones (*Espeletia pycnophylla subsp angelesis*), una especie endémica de plantas que se encuentra. Los suelos de la Reserva Ecológica El Ángel tienen una baja capacidad de drenaje, lo que provoca la acumulación de agua y da origen a numerosos ríos alimentados por quebradas y lagunas. Estos cuerpos de agua son vitales para las actividades agrícolas, de hidroenergía consumo humano y animal, y recreativas de los habitantes de la microcuenca del río El Ángel. Además, la reserva alberga una

gran biodiversidad que está siendo amenazada por la expansión de la frontera agrícola, la quema, la caza, la pesca, los cambios climáticos y del régimen hidrológico. Por esta razón, es necesario reforzar la estrategia de conservación en la zona para proteger las numerosas especies de flora y fauna que se encuentra en peligro de extinción según la UICN.

#### **4.3.2.1. Estrategia 1.** Educación ambiental para la conservación de los Páramos

La educación ambiental es una herramienta empleada para concientizar a los pobladores en materia ambiental, con el objetivo de generar una conciencia conservacionista y sensibilizar sobre el impacto que generan las actividades antrópicas en el cuidado y manejo de los recursos.

La problemática identificada en la Reserva Ecológica El ángel se relaciona con la falta de gestión adecuada de los residuos sólidos y peligrosos, lo que tiene un impacto negativo en la cobertura vegetal del páramo. Este problema se debe en gran medida a la falta de organización y desconocimiento de la normativa legal por parte de los habitantes locales que dependen de los recursos de la reserva.

En la Tabla 26 se muestran las actividades lúdicas enfocadas a niños, jóvenes y adultos de las comunas con el acompañamiento de autoridades parroquiales, cantonales, MAATE y academia. Sensibilizando a las comunas en especial a los jóvenes acerca de las buenas prácticas ambientales y sobre la importancia de cuidar, conservar y proteger el ecosistema del páramo.

#### **Objetivo General**

Implementar un programa de educación ambiental con énfasis en la conservación de la cobertura natural y fuentes de agua presentes en la REEA.

## Objetivo Especifico

- Sensibilizar a la población sobre los impactos ambientales negativos consecuente de la realización de actividades antrópicas.
- Realizar campañas de divulgación para niños, jóvenes y adultos con el propósito de generar conciencia en el cuidado del ambiente.

**Tabla 26.** Educación ambiental para la conservación de los páramos

Proyectos	Responsables	Actividades	Medios de verificación
La naturaleza te habla		Campañas de sensibilización a niños, jóvenes y adultos sobre los impactos generados por la agricultura y ganadería.	Número de campañas, seminarios y talleres realizados
		Seminarios y talleres prácticos en campo de concientización para el análisis de los factores antrópicos responsables de la degradación del ecosistema y establecimiento de medidas preventivas a través de interacciones persona-naturaleza.	Registro de las personas capacitadas
Formación aprender desde la experiencia	Gobiernos Parroquiales, Cantonales y Provincial, Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador, Juntas de Agua y Academias.	Divulgación de los impactos ambientales negativos provocados por la realización de actividades antrópicas.	Número de instituciones educativas visitadas
Transformaciones para la sostenibilidad		Formación de mesas de diálogo entre los pobladores y la autoridad ambiental sobre el análisis de los conflictos socioambientales, problemática, causas, consecuencias y posibles soluciones.	Número de mesas de dialogo celebradas
		Campañas de concientización y divulgación de la importancia del desarrollo de un turismo eco	Documentos elaborados durante las capacitaciones

#### **4.3.2.2.Estrategia 2.** Implementación de prácticas agroecológicas y producción pecuaria responsable

Se conoce como buenas prácticas agropecuarias al conjunto de normas y recomendaciones técnicas aplicables para la producción de alimentos de manera sostenible. En el Ecuador la producción agrícola y pecuaria se ha desarrollado progresivamente en su mayoría en la región sierra; dentro de la producción pecuaria, la mayor producción corresponde a la ganadería bovina de doble propósito, es decir, para la producción de carne y leche; por su parte dentro de la producción agrícola, actividades que se practican en el área de estudio.

Actualmente los habitantes se encuentran cada vez más preocupados por obtener alimentos sanos y producidos de forma amigable con el ambiente, en este contexto nace la necesidad de implementar acciones relacionadas con buenas prácticas agropecuarias como una respuesta a la problemática generada a causa de los impactos generados por estas actividades (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2012).

Es importante que dentro de esta actividad la población ponga en práctica las alternativas que se plantean en el estudio, como la implementación de abonos orgánicos para disminuir el consumo de agroquímicos y evitar la pérdida y degradación del suelo, con el apoyo de las autoridades.

#### **Objetivo General**

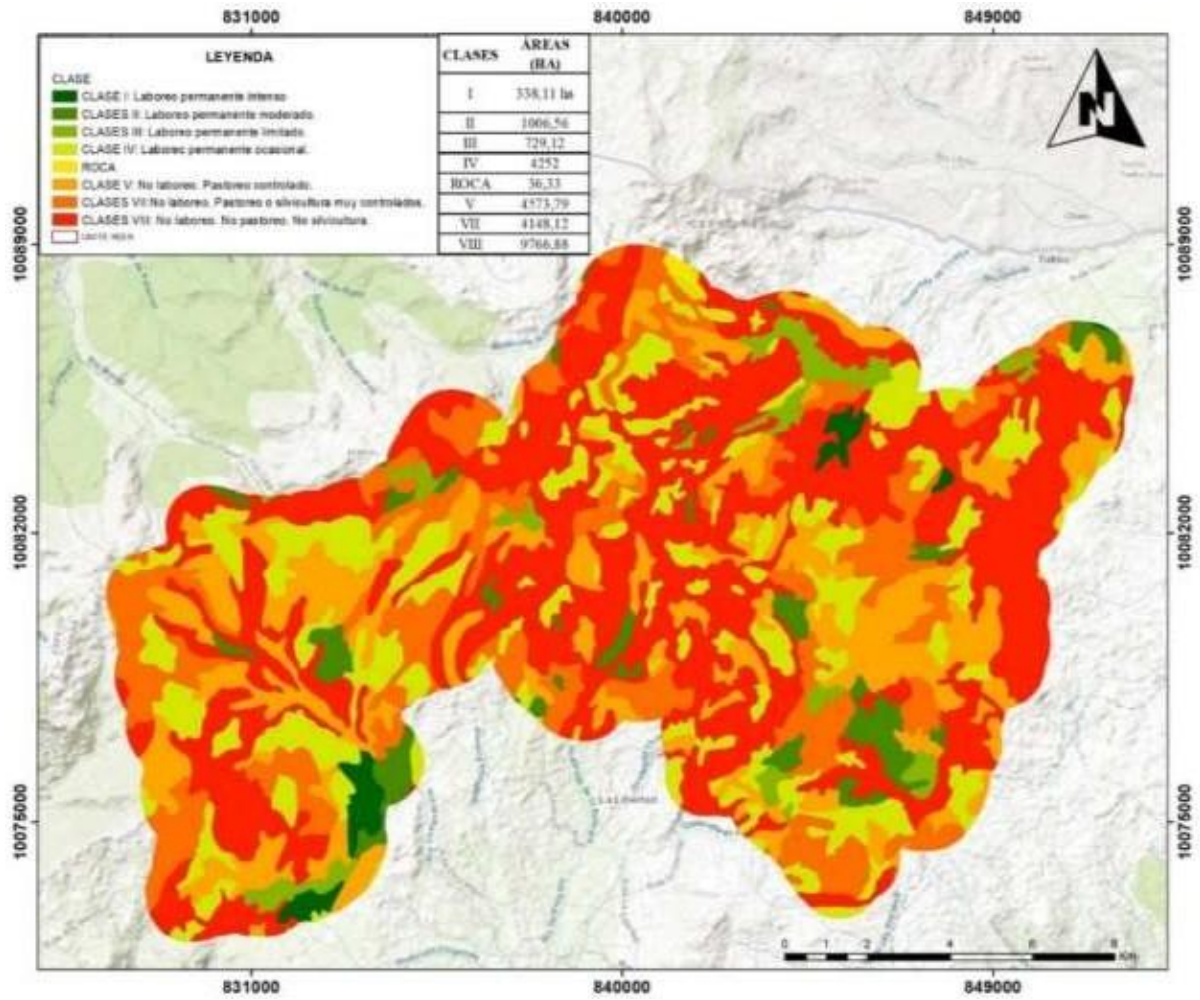
Implementación de prácticas agroecológicas en los predios circundantes a la zona de amortiguamiento de la REEA

#### **Objetivo Específico**

- Implementar prácticas agrícolas y pecuarias sustentables para el

aprovechamiento óptimo de los recursos y su conservación

- Establecer agroecosistemas que no dependan de agroquímicos para mitigar los impactos al ecosistema natural



*Figura 9. Mapas de clases Agroecológicas*



En la Figura 9 se observa las áreas donde se pueden realizar las actividades sin afectar a la REEA ni alterar su ecosistema, este mapa permite visualizar las zonas que se podrían implementar los cultivos de ciclo corto y sistemas agrosilvopastoriles. En las zonas de tonalidad verde nos indica que son áreas que permiten implementar estas actividades; sin embargo, también las tonalidades de color rojo nos permiten observar los lugares que no se pueden realizar ninguna actividad por la importancia de conservación.

**Tabla 1** Implementación de prácticas agroecológicas y producción pecuaria y responsable

Proyectos	Responsables	Actividades	Medios de verificación
Agricultura familiar	Gobiernos Parroquiales, Cantonales y Provincial, Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador y Juntas de Agua	Campañas de divulgación sobre impactos del monocultivo al suelo y sus nutrientes y las prácticas agroecológicas como alternativa y solución	Número de campañas, seminarios y talleres realizados
Prácticas de conservación de ecosistemas		Talleres prácticos sobre la importancia de implementar cultivos de ciclo corto y cultivos asociados	
Abono verde		Implementación de sistemas agrosilvopastoriles que permitan un adecuado manejo de plagas y enfermedades	Número de sistemas agrosilvopastoriles implementados
		Optimizar la carga animal por hectárea mediante el empleo de mapas de uso potencial del suelo	Registro de las personas capacitadas
		Implementar un sistema de recolección de abono bovino para la fertilización de terrenos de pastoreo y cultivo previo a la época de siembra	
		Controlar la realización de quemas agrícolas para la limpieza de terrenos, control de plagas o renovación de pasto con el objetivo de disminuir posibles focos de incendios	Documentos elaborados durante las capacitaciones

### **4.3.2.3. Estrategia 3. Restauración ecológica de las áreas afectadas**

La restauración ecológica es la clave para la recuperación de los ecosistemas degradados que el hombre con sus actividades ha afectado; mediante la restauración se pretende recuperar los espacios naturales a través de pequeñas alteraciones intencionales que permitan activar la capacidad de resiliencia del entorno y permita restaurar las condiciones ambientales de modo similar al estado antes de la degradación, cabe mencionar que se debe identificar la problemática causante del daño antes de recuperar el lugar y debe ser empleada desde una aproximación holística que contemple conocimientos ecológicos (Meli, 2003).

Los incendios de cobertura vegetal causan pérdida de biodiversidad, especialmente en ecosistemas de páramo, por esta razón el presente estudio aporta con acciones restauración ecológica para disminuir la afectación de la cobertura vegetal de los páramos de la REEA y la zona de amortiguamiento. De acuerdo con (Rodríguez y Leiton, 2020), en las estrategias para selección de sitios de restauración de páramo, se debe tener en cuenta la pendiente del terreno y la cobertura vegetal nativa en el diseño y planificación de la restauración de este importante ecosistema altoandino. Por consiguiente, en la Tabla 29 se establecen las estrategias adecuadas para recuperar la cobertura vegetal y la calidad del suelo

#### **Objetivo General**

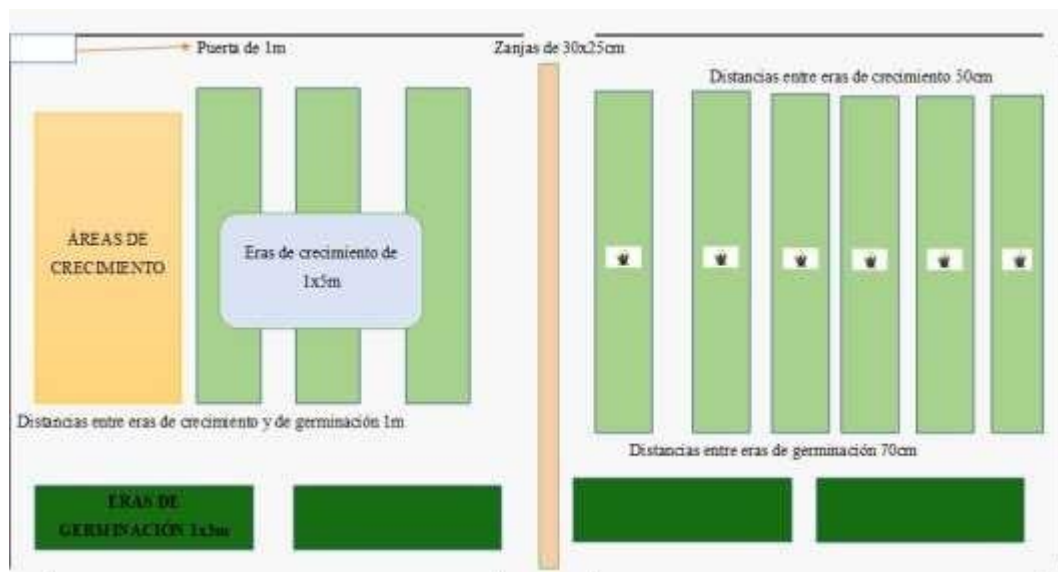
Establecer acciones de restauración ecológica para disminuir el grado de alteración en los páramos de la REEA.

#### **Objetivos Específicos**

- Identificar los factores responsables de la degradación del ecosistema.
- Incrementar la diversidad florística con especies nativas.

**Tabla 28** Restauración ecológica de las áreas afectadas

Proyectos	Responsables	Actividades	Medios de verificación
Proyectos de reforestación	Gobiernos Parroquiales, Cantonales y Provincial,	Identificar los factores causantes de la degradación del suelo y la pérdida de la cobertura vegetal Zonificar las áreas degradadas por incendios forestales, agricultura y ganadería mediante elaboración de cartografía temática	Número de campañas y talleres realizados Registro de las personas capacitadas
	Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador y Juntas de Agua	Restauración de la cobertura vegetal con la participación de las comunidades e instituciones Delimitar y cercar las áreas de recuperación para evitar la pérdida de las especies nuevas Campañas de sensibilización de la importancia de las plantas nativas Recolectar semillas de plantas nativas Implementar un vivero comunal para la producción de plantas nativas, tanto arbustivas como arbóreas que serán empleadas en la recuperación de los terrenos figura 14	Número de participantes en el programa de restauración Número de semillas recolectadas y plantas germinadas en el vivero
Diseño de un vivero comunal		Control y seguimiento de las áreas restauradas	Documentos elaborados durante las capacitaciones



**Figura 10** Diseño de vivero comunal con plantas de Frailejón "*Espeletia conglomerata*"

Para la restauración ecológica se tomó en cuenta una de las especies nativas más importantes y representativas de la REEA, es el frailejón “*Espeletia conglomerata*”, esta especie es de vital importancia para el páramo ya que son captadoras y reguladoras del ciclo hídrico. Por lo que se diseñó un vivero comunal donde participen todas las personas que se beneficien de la REEA, para la ubicación se debe escoger un espacio ideal donde existan las condiciones necesarias y pueda tener éxito la propagación, crecimiento y trasplante de la especie. Este va a constar de cinco áreas: sombra artificial, eras de germinación, eras de crecimiento, área de preparación de la tierra y sistemas de riego, como se observa en la Figura 10.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y**

### **RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Conclusiones**

En las zonas de amortiguamiento de la Reserva ecológica El Ángel se evidencio mediante la aplicación de 187 encuestas que los factores antrópicos han ocasionado cambios en la cobertura vegetal de páramo debido al avance de la frontera agrícola, obteniendo 40,64% en la actividad agrícola y 29,41% en la actividad ganadera.

Los cambios de cobertura vegetal de páramo durante el período 1991 a 2020, se relacionan con un comportamiento dinámico, caracterizado por incrementos y reducciones de la cobertura vegetal. La tasa promedio de incrementos de cobertura fueron el 16, 67 ha/año, mientras la tasa promedio de disminución fue de 4.25ha/año, lo cual indica que los cambios de cobertura del páramo, en el periodo 1991-2020, favorecieron la recuperación de cobertura vegetal del páramo de la Reserva Ecológica El Ángel.

La estructura de la reserva se ha visto afectado principalmente por la fragmentación donde se ve el aumento en los cultivos de número de parches de 89, 22 y 1540 en los años del 1991, 2002 a 2020, esto demuestra que el avance de frontera agrícola puede llegar a generar cambios en los procesos ecológicos de la cobertura vegetal. Además, también se muestra que la mayor fragmentación se encuentra en la vegetación arbustiva con número de parches de 4190, 2703 y 1702 durante los periodos 1991, 2002 y 2020 lo que demuestra la reducción de la cobertura vegetal del páramo, esta fragmentación se debe principalmente por factores antrópicos como el avance de la frontera agrícola y actividades ganaderas.

Con base en los resultados se propusieron tres estrategias de conservación que se consideran útiles para recuperar las áreas afectadas por la presión antrópica en la Reserva Ecológica “El Ángel”. Su implementación permitirá sensibilizar a las

dos comunidades donde se desarrolló el presente estudio y a la vez fortalecer el conocimiento, el cuidado y la protección del ecosistema Páramo con el apoyo de actores gubernamentales, institucionales, academia y comunidad. Se destaca la importancia del correcto uso de las áreas destinadas a la conservación y manejo sostenible del suelo mediante actividades de reforestación para disminuir el impacto generado por el avance de la frontera agrícola y las actividades ganaderas.

## **5.2.Recomendaciones**

Es importante que para este tipo de investigaciones se trabaje con imágenes satelitales con una buena calidad de imagen para obtener mejores resultados. Además, para desarrollar análisis multitemporales que impliquen el uso de varias imágenes satelitales es recomendable aplicar la clasificación supervisada, recomendada y respaldada por varios autores, ya que es más preciso por los criterios máximos de verosimilitud, como se demuestra en la presente investigación.

Los resultados de investigaciones, como la presente, al ser socializados, permiten que los pobladores conozcan las diferentes problemáticas que se evidencian en las zonas de estudio –en este caso La Reserva Ecológica El Ángel–, con lo cual es más probable su involucramiento en la adopción de medidas orientadas a la prevención y reducción de los efectos causados por factores antrópicos.

Con el fin de incentivar la conservación de la REEA mediante la educación ambiental, es necesario que se suscriban convenios con instituciones gubernamentales y no gubernamentales para facilitar los procesos de capacitación, asesoramiento técnico, equipamiento y financiamiento que implica la implementación de proyectos con esta finalidad.

## REFERENCIAS

- Armenteras, D., González, T., Vargas, O., Meza, M. C., & Oliveras, I. (2020). Incendios en ecosistemas del norte de Suramérica: avances en la ecología del fuego tropical en Colombia, Ecuador y Perú. *Caldasia* 42(1), 1-16 <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/cal>.
- Alva, G. I., Reyes, H., Palacio, Á. G., Núñez, D., & Muñoz, C. (2018). Cambios en el paisaje ocasionados por incendios forestales en la región de Madera, Chihuahua. *MaderayBosques* vol.24, núm.3, e2431697, 1-15 doi: 10.21829/myb.2018.2431697.
- Andrade, D. (2016). *Análisis multitemporal de la cobertura de páramo en la producción de agua en la cuenca alta del Río Apuela, Cantón Cotacachi, Provincia de Imbabura*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Angulo, E. (2019). *Análisis de zonas susceptibles a incendios de cobertura vegetal de la Reserva Ecológica "El Ángel"*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Arévalo, C., Jácome, G., Ortega, S., Rosales, O., & Rodríguez, J. (2023). Evaluación del cambio del paisaje boscoso y su impacto en la distribución de *Dipsas elegans* en el norte de Ecuador. *Investigaciones Geográficas*, (79), 231-250.
- Arévalo, D. A., & Duarte, J. C. (2017). *Análisis temporal de la cobertura vegetal y la degradación en la extensión de la cobertura de páramo subcuenca San José páramo Rabanal*. Tunja: Universidad Santo Tomás.
- Ayala, L., Villa, M., Aguirre, Z., & Aguirre, N. (2017). *Cuantificación del carbono en los páramos del parque nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador*. Loja: Universidad Nacional de Loja.
- Baltar, F., & Gorjup, M. (2012). *Muestreo mixto online: Una aplicación en poblaciones ocultas*. Barcelona, España: Universidad Politécnica de Catalunya.
- Bastidas, K. (2018). *Caracterización de las condiciones del páramo en la cordillera occidental de la provincia del Carchi. análisis desde la perspectiva de la aplicación del Código Orgánico del Ambiente COA*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

- Caicedo, M. (2016). *Análisis multitemporal de la dinámica de uso de suelo y cobertura vegetal con fines de conservación por aplicación de incentivos económicos en el cantón Colta*. Quito: Pontificia Universidad Católica .
- Calderón, J. (2019). *La presión antrópica y sus consecuencias en el páramo del cantón Guamote provincia de Chimborazo*. Quito: Pontificie Uniersidad Católica.
- Calderón, N. (2022). *Análisis de Factores Ambientales Determinantes en la Distribución de Bactericera Cockerelli (Sulc.) en cultivos de Solanum Tuberosum de Imbabura*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte .
- Cerda , J., & Villarroel, L. (2008). Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. *Chil Pediatr* 2008; 79 (1): , 54-58.
- Chacón, H. (2014). *Reducción de áreas con cobertura vegetal natural en las laderas orientales del volcán Pichincha, ubicado en el cantón Quito, como efecto de la presión antrópica durante el período 1987-2010*. Quito: Pontificia Universidad Católica.
- Chen, J., Chen, J., Anping, L., Cao, X., Chen, L., Chen, X., . . . Mills, J. (2015). Global land cover mapping at 30 m resolution: A POK-based operational approach. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 7-27 <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.09.002>.
- Chuvieco, E. (2008). *Teledetección ambiental*. Barcelona, España: Universidad de la Rioja.
- Código Orgánico del Ambiente. (12 de Abril de 2017). Registro Oficial Suplemento 983. *Código Orgánico del Ambiente*. Quito, Pichincha, Ecuador: MAE.
- Constitución de la Republica del Ecuador . (20 de Octubre de 2008). Registro oficial, 449. *Contitución de la República del Ecuador*. Quito, Pichincha, Ecuador: Asamblea Constituyente.
- Convenio Ramsar. (2 de Febrero de 1971). Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas. *Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas*. Irán, Irán, Irán: UNESCO.



- Cuasquer, F., & Sangurima, T. (2019). *Análisis multitemporal de la cobertura vegetal y uso del suelo en le Reserva Ecológica El Ángel, periodo 1990-2017*. Ibarra, Ecuador.
- De la Cruz, J. M., & Muñoz, G. (2016). *Análisis multitemporal de la cobertura vegetal y cambio de uso del suelo del área de influencia del programa de reforestación de la Federación Nacional de Cafeteros en el municipio de Popayán, Cauca*. Manizales: Universidad de Manizales.
- Díaz, J. (2015). *Estudio de Índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Dirzo, R., Young, H., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N., & Collen, B. (2014). Defaunation in the Anthropocene. *Science*, 401-406.
- Dudley, N. (2008). *Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas*. Suiza: UICN / CMAP/ Fundación biodiversidad.
- Echeverría, C., Newton, A., Nahuelhual, L., Coomes, D., & Rey, J. M. (2012). How landscapes change: Integration of spatial patterns and human processes in temperate landscapes of southern Chile. *Applied Geography* 32 (2012), 822-831.
- Escandón, J., Benjamín, J. A., Nieto de Pascual, M. C., & Ordóñez, M. (2018). Cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo del 2000 al 2009 en Morelos, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 27-53.
- Espinosa, M., Andrade, E., Rivera, P., & Romero, M. (2011). Degradación de suelos por actividades antrópicas en el Norte de Tamulipas México. *Papeles de Geografía 2011*, 53-54, 77-88.
- Flores, M., Vegas, F., & Rivas, A. (2008). Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (F.O.D.A.) al Programa “Misión Árbol” del MPP para el Ambiente, municipio Heres, estado Bolívar, Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, 201-211  
<http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/30286/articulo7.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

- Floréz, G., Rincon, A., Cardona, P., & Alzate, A. (2016). Multitemporal analysis of the vegetation cover in the area of influence of the mines located in the high part of Maltería in Manizales, Colombia. *DYNA*, 1-7.
- Geist, H., & Lambin, E. (2002). Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation: Tropical forests are disappearing as the result of many pressures, both local and regional, acting in various combinations in different geographical locations. *BioScience*, 143–150  
[https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0143:PCAUDF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0143:PCAUDF]2.0.CO;2).
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Espejo. (2011). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial 2011-2031 del Cantón Espejo*. Espejo: Gobierno Autonomo Descebrtalizado del Cantón Espejo.
- Goldman, R., Benitez, S., Calvache, A., Ramos, A., & Veiga, F. (2013). Water Funds: A New Ecosystem Service and Biodiversity Conservation Strategy. *Encyclopedia of Biodiversity (Second Edition)*, 352-356  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384719-5.00330-0>.
- Gonzaga, C. (2014). *Aplicación de índices de vegetación derivados de imágenes satelitales Landsat 7 ETM+ y ASTER para la caracterización de la cobertura vegetal en la zona centro de la provincia de Loja, Ecuador*. La Plata: Universidad Nacional de La Plata.
- Guerra, A. (2017). *Diseño de centro de interpretación y senderos naturales para la Reserva Ecológica El Ángel en la parroquia La Libertad [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]*. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/12169>
- Hernández, H., & Mendoza, E. (2021). *Evaluación diagnóstica de la pérdida de cobertura vegetal por incendios forestales y propuesta de plan de acción para su prevención en el Municipio de Puerto Carreño – Vichada*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas de Bogotá.
- Hofstede, R., Segarra, P., & Mena, P. (2003). *Los Páramos del Mundo*. Quito: Global Peatland /UICN /Ecociencia.
- INEGI. Dirección General de Geografía y Medio Ambiente. (2013). *Aspectos técnicos Landsat*. Dirección General de Geografía y Medio Ambiente.

[https://www.inegi.org.mx/temas/imagenes/imgLANDSAT/doc/Aspectos\\_tecnicos\\_landsat.pdf](https://www.inegi.org.mx/temas/imagenes/imgLANDSAT/doc/Aspectos_tecnicos_landsat.pdf).

- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2001). *Difusión de Resultados Definitivos de VI Censo y V de Vivienda 2021*. Quito: INEC.
- Kingman, S. (2007). *Áreas Protegidas y Pueblos Indígenas Un Estudio de Caso en ECUADOR*. Santiago- Chile: Redparques.
- Lara, B. D. (2016). Fragmentación de pastizales en el centro de la provincia de Buenos Aires, mediante imágenes LANDSAT. *Revista Cartográfica* 92 enero-junio 2016, 91-109.
- Leija, E., Valenzuela, S., Valencia, M., Jiménez, G., Castañeda, G., Reyes, H., & Mendoza, M. (2020). Análisis de cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo en la región centro-norte de México. El caso de la cuenca baja del río Nazas. *Ecosistemas*, 29(1), 1826 <https://doi.org/10.7818/ECOS.1826>.
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos, usos y aprovechamiento del agua. (6 de agosto de 2014). Registro Oficial Suplemento 305. *Ley Orgánica de Recursos Hídricos, usos y aprovechamiento del agua*. Quito, Pichincha, Ecuador: Asamblea Nacional.
- Llambí, L., Soto, A., Céleri, R., De Bievre, B., Ochoa, B., & Borja, P. (2012). *Páramos Andinos: Ecología, hidrología y suelos de páramo*. Quito-Ecuador: Flacsoandes.
- Llambí, L., Fariñas, M., Smith, J., Castañeda, S., & Briceño, B. (2014). Diversidad de la vegetación en dos páramos de Venezuela: un enfoque multi escala con fines de conservación. *CONDESAN*, 1-29.
- López de Ullibarri, I., & Pita, S. (2001). Medidas de concordancia: el índice de Kappa. *Cad Aten Primaria* 1999; 6: 169-171.
- López, C. (2019). Fundamentos Básicos para la Teledetección Ambiental. *Universidad Católica del Norte*, <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.20684.44161>.
- Loza, A., & Taype, I. (2021). Análisis multitemporal de asociaciones vegetales y cambios de uso del suelo en una localidad altoandina, Puno-Perú. *Universidad Nacional de Costa Rica*, 1-19.

- Martínez, J. P., Figueroa, A., & Ramírez, B. (2009). Cambios de cobertura y fragmentación a través de un análisis espacio temporal en el Parque Nacional Natural Puracé. *Universidad del Cauca.*, 137-155.
- Meli, P. (2003). Restauración ecológica de bosques tropicales. veinte años de investigación académica. *Interciencia*, 28(10), 581-589.
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Áreas protegidas del Ecuador socio estratégico para el desarrollo*. Quito: MAE.
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Plan de Manejo de la Reserva Ecológica El Ángel*. Quito, Ecuador: MAE. Obtenido de <http://190.152.46.74/documents/10179/242256/24+PLAN+DE+MANEJO+EL+ANGEL.pdf/134234ba-a47d-459c-956b-37b0155df002>
- Miranda, L., Treviño, E., Jiménez, J., Aguirre, O., González, M., Pompa, M., & Aguirre, C. (2013). Tasas de deforestación en San Luis Potosí, México (1993-2007). *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, vol. 19, núm. 2, 201-215.
- Molina, G., & Albarran, A. (2013). *Análisis multitemporal y de la estructura horizontal de la cobertura de la tierra: Parque Nacional Yacambú, estado Lara, Venezuela*. Venezuela: Universidad Nacional de Colombia.
- Molina, G., & Albarran, A. (2013). Análisis multitemporal y de la estructura horizontal de la cobertura de la tierra: Parque Nacional Yacambú, estado Lara, Venezuela\*. *Análisis multitemporal*, 62.
- Molina, J. A. (2019). *Análisis de fragmentación y herramientas de manejo del paisaje en el Corredor Biológico La Unión, Honduras*. Zamorano-Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.
- Morales, M., Ollgaard, B., Kvist, L., Borchsenius, F., & Balslev, H. (2006). *Botánica económica de los Andes Centrales*. La Paz-Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.
- Moyao, G., Ramos, R., Vásquez, R., Nájera, A., & Guinto, E. (2021). Cálculo de Índices de Vegetación NDVI y SAVI a Partir de Imágenes Multiespectrales Obtenidas con un Dron. *Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Morellia 2021*, 1175-1182.

- Muñoz, A. (2004). *La evaluación del paisaje: una herramienta de gestión ambiental*. Temuco, Chile. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2004000100011>
- Navarro, R. M., Guzmán, J. R., Clavero, I., & Ceaceros, C. (2012). Spatial pattern of landscape changes and consequence changes in species diversity between 1956-1999 of *Pinus halepensis* Miller plantations in Montes de Malaga State Park (Andalusia, Spain). *Open Journal of Ecology*, 154-165.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2012). *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas para el Productor Hortofrutícola*. Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Pereyra, J. (2012). *Un estudio sobre la responsabilidad ciudadana y el medio ambiente en la ciudad de Lima*. Surco: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Pozo, J. (2016). *Caracterización fisicoquímica de suelos actualmente productores de pastos y/o forrajes en el periodo lluvioso (PLL) y poco lluvioso (PPLL) para determinar su aptitud, Hacienda "La Concepción" Parroquia Tufiño*. Tulcán: Universidad Estatal Politécnica del Carchi.
- Quichimbo, P., Tenorio, G., Borja, P., Cárdenas, I., Crespo, P., & Célleri, R. (2012). Efectos sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos por el cambio de la cobertura vegetal y uso de suelo: Páramo de Quimsacocha al sur del Ecuador. *Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo*, 138-153.
- Ramírez, A. (2015). *Análisis multitemporal mediante sensores remotos de cobertura de la tierra para el periodo de tiempo 1999 - 2011 en el Municipio de San Jacinto, Bolívar*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Reglamento al Código Orgánico Ambiental. (12 de junio de 2019). Registro Oficial Suplemento 507. *Reglamento al Código Orgánico Ambiental*. Quito, Pichincha, Ecuador: MAE.
- Rodríguez, J., & Leiton, M. (2020). Estrategias de restauración para el páramo de frailejones perturbado por incendios en el norte de Ecuador. *Ecosistemas*, 29(3), <https://doi.org/10.7818/ECOS.2018>.

- Rodríguez, A. (2011). *Metodología para detectar cambios en el uso de la tierra utilizando los principios de la clasificación orientada a objetos, estudio de caso piedemonte de Villavicencio, Meta*. Bogotá: Universidad de Colombia.
- Romoleroux, K., Cárate, D., Erler, R., & Navarrete, H. (2016). *Plantas Vaculares de los Bosques de Polylepis en los páramos de Oyacachi*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Rosero, M. (2017). *Análisis Multitemporal del Uso del Suelo y Cobertura Vegetal de la Cuenca del Río Tahuando y Proyección de Cambios al Año 2031, en el Cantón Ibarra, Provincia de Imbabura*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Sánchez, P. (2012). *La teledetección enfocada a la obtención de mapas digitales*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Sangurima, A., & Cuasquer, F. (2019). *Análisis multitemporal de la cobertura vegetal y uso del suelo en la reserva ecológica El Ángel, periodo 1990-2017, Carchi-Ecuador*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo-SENPLADES. (2021). *Plan Todo un Vida- Plan Nacional de Desarrollo 2021-2025*. Quito: Consejo Nacional de Planificación.
- Toapanta, M. (2018). *Uso de Suelo en actividades agropecuarias de la comunidad de la Esperanza y su impacto sobre la conservación del recurso hídrico de la Reserva Ecológica del Ángel*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Velasco, J. S. (2021). *Análisis multitemporal del cambio de la cobertura del Complejo de Páramos Guanacas-Puracé-Coconucos*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Verbesselt, J., Hyndman, R., Zeileis, A., & Culvenor, D. (2010). Phenological Change Detection while Accounting for Abrupt and Gradual Trends in Satellite Image Time Series. *Remote Sensing of Environment*, 114(12), 2970-2980 <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2010.08.003>.
- Vuille, M. (2013). *Climate Change and Water Resources in the Tropical Andes*. Inter-American Development Bank.

Zutta, B., Rundel, P., Saatchi, S., Casana, J., Gauthier, P., Soto, A., . . . Buermann, W. (2012). Prediciendo la distribución de *Polylepis*: bosques Andinos vulnerables y cada vez más importantes. *Rev. peru. biol.* 19(2), 205-211.

## ANEXOS

Anexo 1. Encuesta realizada a la Comunidad la Libertad y La Esperanza

### ENCUESTA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES  
RENOVABLES



La presente encuesta es realizada como parte del proyecto de investigación:  
**Factores antrópicos que inciden en los cambios de cobertura vegetal el páramo de la Reserva Ecológica “El Ángel”.**

El objetivo de la presente encuesta es: *Caracterizar factores antrópicos que influyen en los cambios de cobertura vegetal del páramo de la Reserva Ecológica “El Ángel”.*

Por ello, le solicitamos lea atentamente cada pregunta y responda marcando con una “x” en el espacio que usted considere su respuesta.

Sección 1: Características generales

**1. Edad (años):**

- Menor de 18
- Entre 18-24
- Entre 25-30
- Entre 31-40
- Entre 41-50
- Más de 50

**2. Género:**

- Masculino
- Femenino
- GLBTI

**3. ¿Cuál es su nivel de educación?**

- Primaria



- General básico
- Secundaria
- Superior
- Ninguno

**4. Actividad económica que realiza en la zona:**

- Agrícola
- Ganadera
- Agropecuaria
- Ecoturismo
- Transporte
- Otros

---

**5. ¿Ha desarrollado actividades dentro del REEA?**

- Si
- No

Cuáles \_\_\_\_\_

**Sección 2:** Percepción sobre la conservación del ecosistema páramo

El ecosistema páramo en el REEA es importante ya que brinda muchos servicios importantes como es el consumo de agua.

**6. ¿Cómo califica la importancia del ecosistema páramo?**

- Baja
- Media
- Alta

¿Por qué? \_\_\_\_\_

**7. ¿Conoce cuáles son los cambios que ha sufrido el páramo del REEA a través del tiempo?**

- Si
- No

Si su respuesta Sí pase a la pregunta 8.

**8.** Indique cuál de las siguientes opciones cree usted que es la principal causada cambio de cobertura vegetal en el páramo de la REEA durante los últimos años

- Cultivos
- Ganadería
- Construcción de viviendas
- Construcción de carreteras
- Incremento de la población
- Otros

Cuáles (especifique): \_\_\_\_\_

**9.** ¿Cómo afectan las opciones que mencionó en el numeral anterior? Describa brevemente.

---

---

**10.** ¿Cuál es su percepción sobre la conservación de la cobertura vegetal nativa del REEA? ¿Cree que se debería conservar y por qué?

---

---

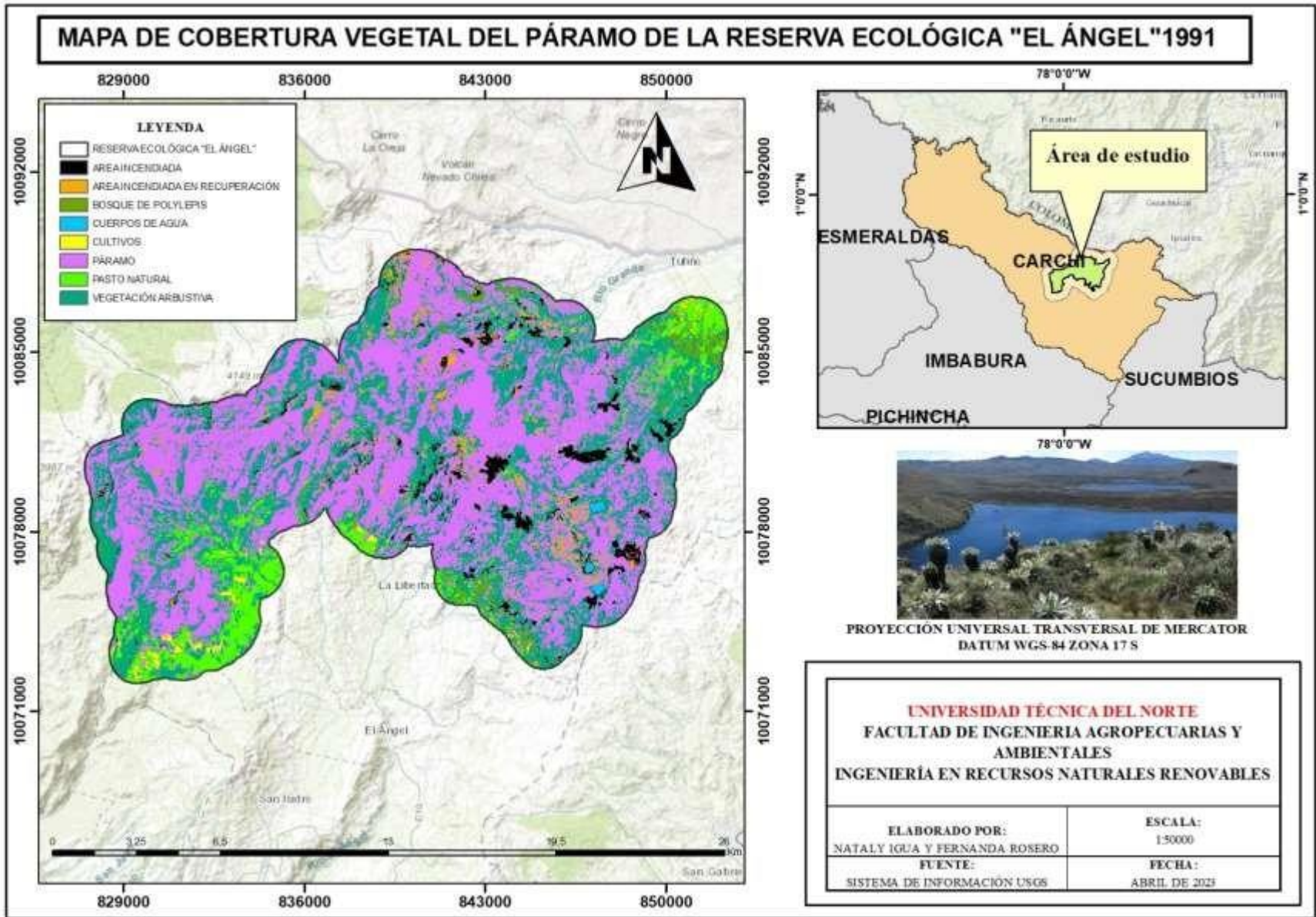
**11.** ¿Qué alternativas considera que son importantes para la conservación de la cobertura vegetal de la REEA?

**Elaborado por:** Nataly Igua y Fernanda Rosero

Anexo 2. Mapa de ubicación de la Reserva Ecológica “El Ángel”

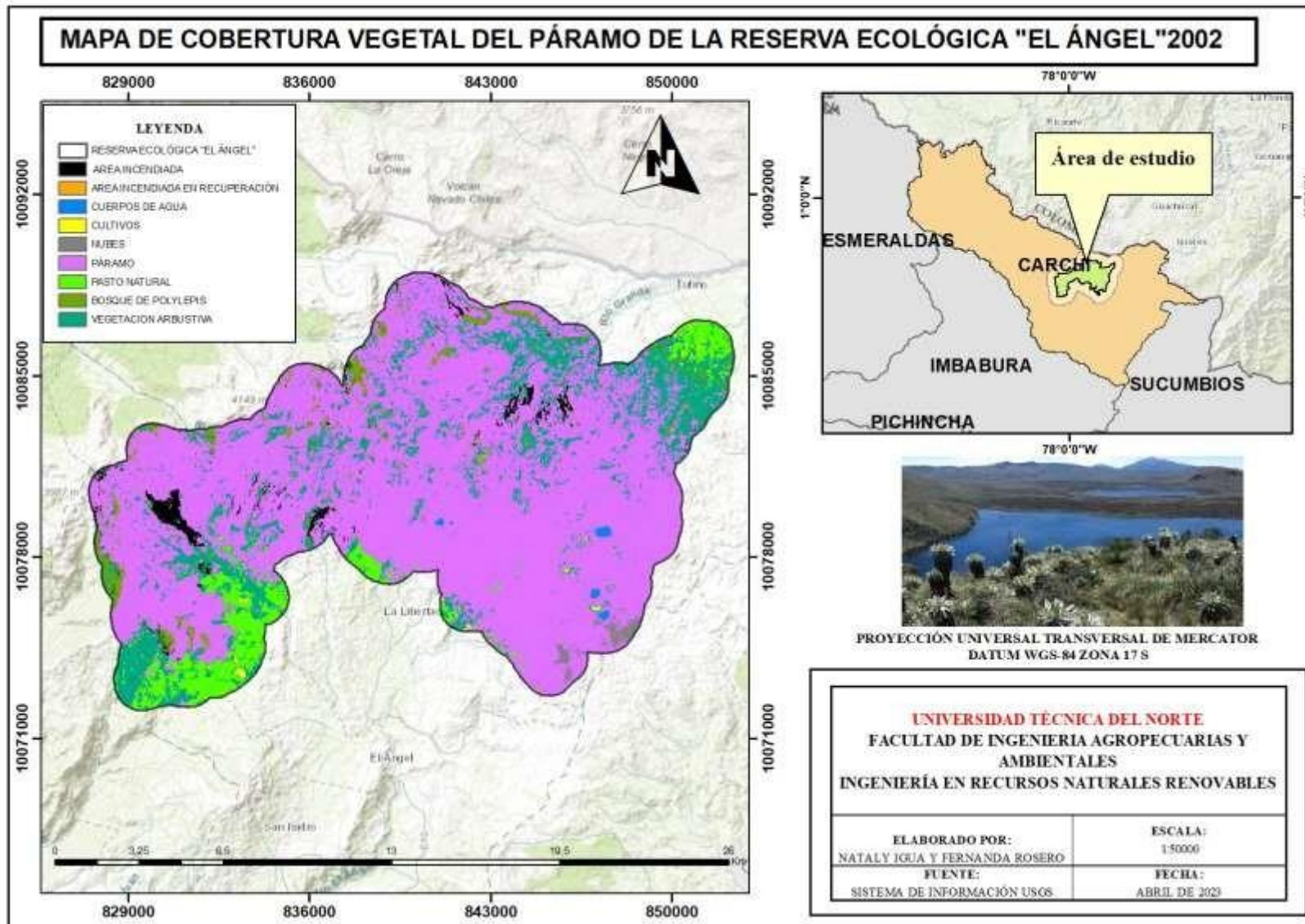


Anexo 3. Mapa de cobertura vegetal del páramo de la reserva ecológica "El Ángel" 1991

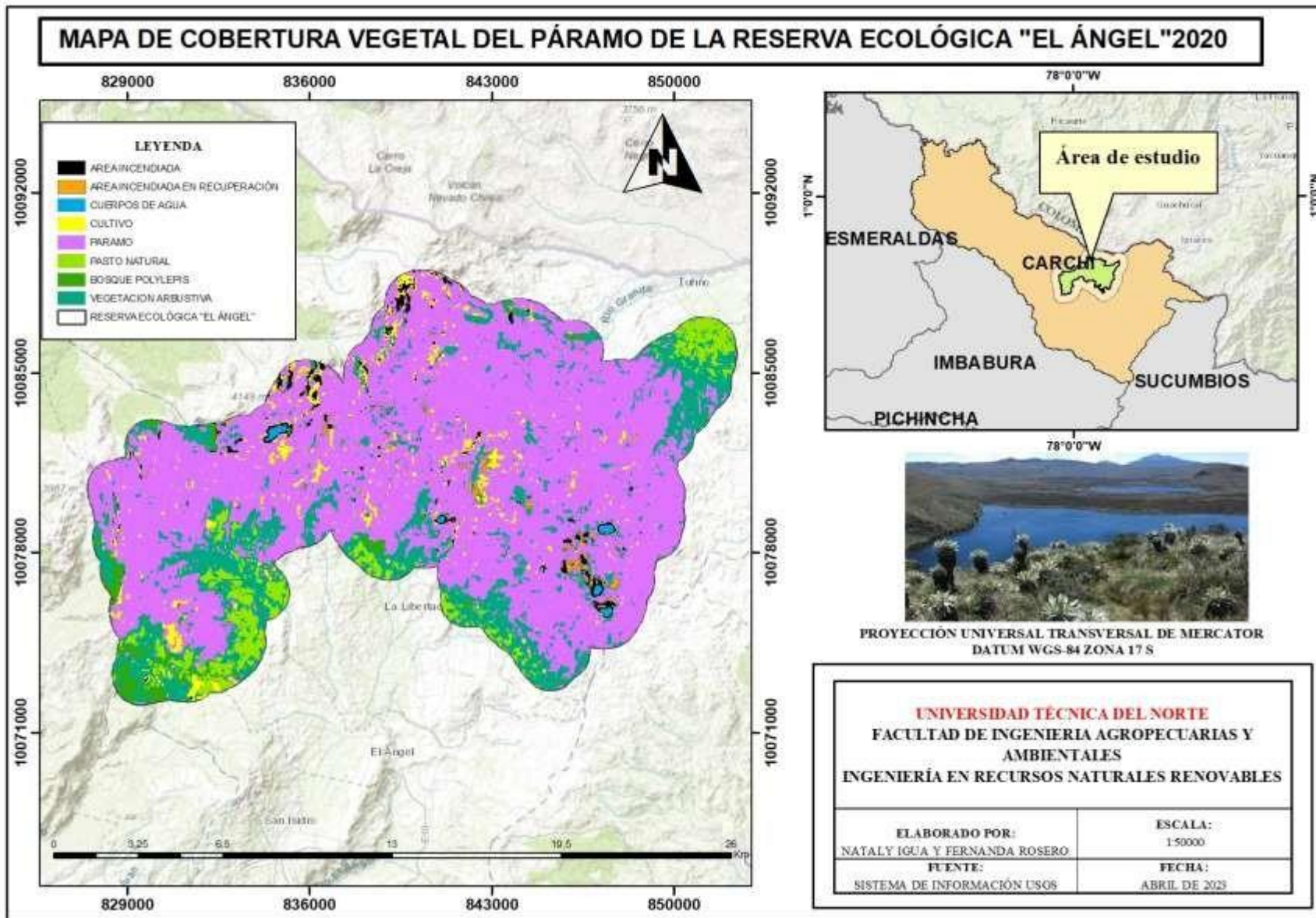




Anexo 4. Mapa de cobertura vegetal del páramo de la reserva ecológica "El Ángel" 2002

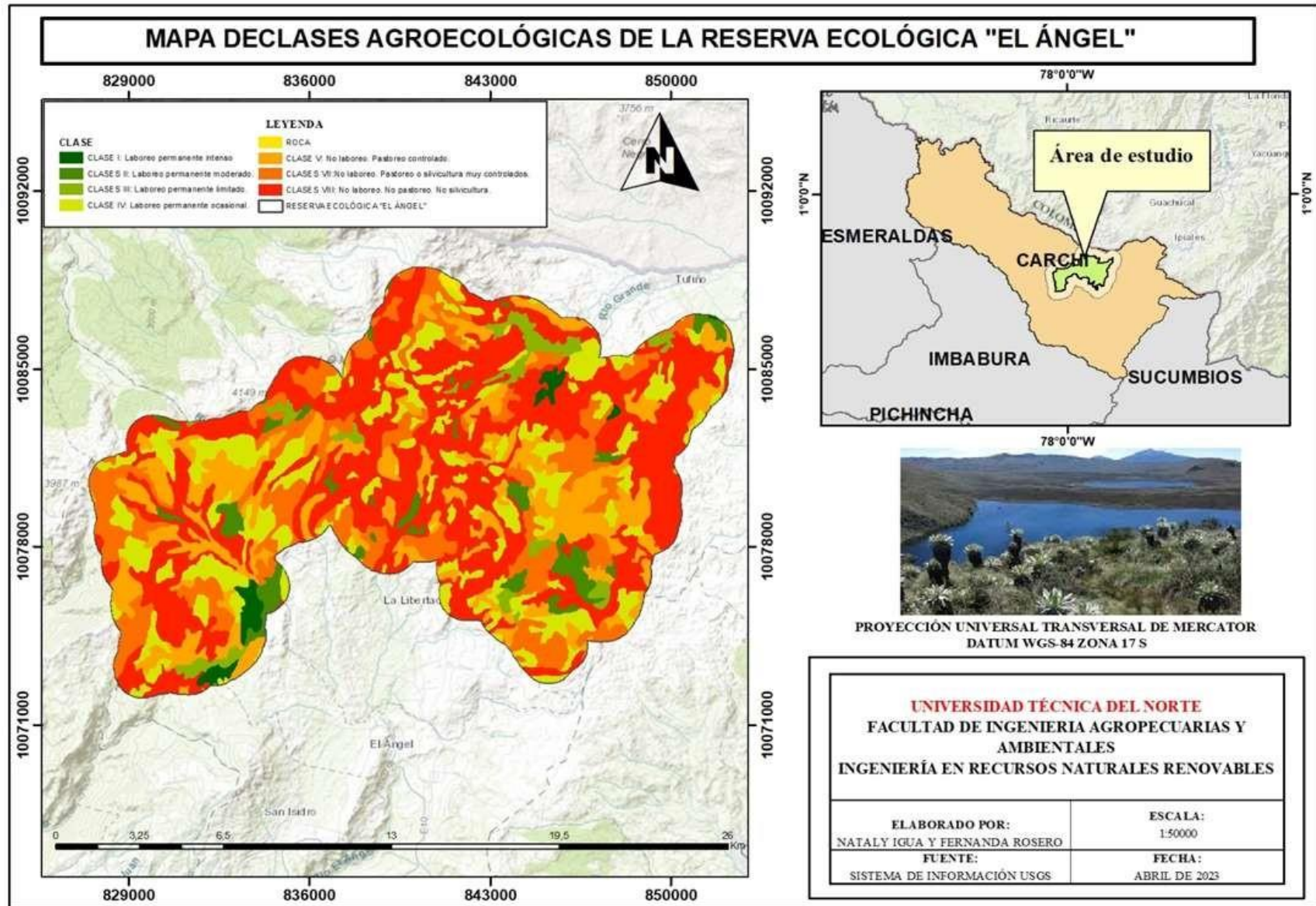


Anexo 4. Mapa de cobertura vegetal del páramo de la reserva ecológica "El Ángel" 2020





Anexo 6. Mapa de clases agroecológicas de la Reserva Ecológica "El Ángel"



Anexos 7 Salidas de campo a la Reserva Ecológica “El Ángel”





Anexo 8 Encuestas en las comunas La Libertad y La Esperanza

