



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

**ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DEL HÁBITAT DE**  
*Tremarctos ornatus* (OSO ANDINO) EN LA PARROQUIA SIGSIPAMBA, CANTÓN  
**PIMAMPIRO**

TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO/A  
EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**AUTORAS:**

Díaz Cuasqui Nathaly Vanesa

Sarchi Ramos Katherine Gissel

**DIRECTOR(A)**

Ing. Mónica León MSc.

**Ibarra, 2022**



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES

**CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Ibarra, 25 de julio del 2022

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación: “ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DEL HÁBITAT DE *Tremarctos ornatu*s (OSO ANDINO) EN LA PARROQUIA SIGSIPAMBA, CANTÓN PIMAMPIRO”, de autoría de las señoritas DÍAZ CUASQUI NATHALY VANESA y SARCHI RAMOS KATHERINE GISSEL estudiantes de la Carrera de **INGENIERÍA RECURSOS NATURALES RENOVABLES** el tribunal tutor **CERTIFICAMOS** que las autoras han procedido a incorporar en su trabajo de titulación las observaciones y sugerencias realizadas por este tribunal.

Atentamente,

**TRIBUNAL TUTOR**

Ing. Mónica León MSc.  
**DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN**

Biól. Sania Ortega MSc.  
**MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

Biól. Renato Oquendo MSc.  
**MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

**FIRMA**

Misión Institucional:

Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**  
**INGENIERÍA RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**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>	171578531-5		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Sarchi Ramos Katherine Gissel		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Cayambe, Pichincha		
<b>EMAIL:</b>	kgsarchir@utn.edu.ec		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	N/A	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0969254187

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100397482-9		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Díaz Cuasqui Nathaly Vanesa		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ibarra, Imbabura		
<b>EMAIL:</b>	nvdiazc@utn.edu.ec		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	N/A	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0980613992

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DEL HÁBITAT DE <i>Tremarctos ornatus</i> (OSO ANDINO) EN LA PARROQUIA SIGSIPAMBA, CANTÓN PIMAMPIRO
<b>AUTOR (ES):</b>	Díaz Cuasqui Nathaly Vanesa Sarchi Ramos Katherine Gissel
<b>FECHA: DD/MM/AAAA</b>	25 de julio del 2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	INGENIERO/A EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
<b>DIRECTOR:</b>	Ing. Mónica León MSc.



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
INGENIERÍA RECURSOS NATURALES RENOVABLES

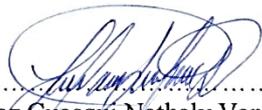
## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### 2. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan 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 son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 25 días del mes de julio de 2022

### LOS AUTORES:

  
.....  
Díaz Cuasqui Nathaly Vanesa  
CI: 100397482-9

  
.....  
Sarchi Ramos Katherine Gissel  
CI: 171578531-5

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradecemos a Dios por darnos la fortaleza y sabiduría necesaria, por acompañarnos en cada momento de nuestra vida y darnos la oportunidad de cumplir cada uno de nuestros objetivos y metas.*

*A nuestros padres por su apoyo incondicional en cada etapa de nuestras vidas, por todo la dedicación y esfuerzo brindado para que logremos cada una de nuestras metas y propósitos en la vida, nuestra infinita gratitud.*

*De manera especial queremos extender nuestro más sincero agradecimiento al Biól. James Rodríguez Echeverry PhD. por brindarnos todo su apoyo y orientación durante la elaboración de este trabajo, por compartir sus conocimientos y solventar cada una de nuestras dudas, a fin de fortalecer y culminar con éxito nuestro trabajo de titulación.*

*A nuestra directora Ing. Mónica León MSc. y asesores Biól. Renato Oquendo MSc. y Biól. Sania Ortega MSc., por tan acertadas observaciones y consejos que nos supieron brindar y permitieron enriquecer nuestro trabajo. Gracias totales por su guía y tiempo invertido en nosotras y en el trabajo.*

*A la Universidad Técnica del Norte y a todos nuestros maestros con quienes compartimos nuestro diario vivir y de quienes recibimos tan valiosos conocimientos y aprendizajes para la vida y nuestra formación profesional.*

*A todos nuestros amigos y compañeros de clase que siempre estuvieron para extendernos la mano y compartir su amistad sincera durante toda nuestra formación universitaria, de quienes nos llevamos los más gratos recuerdos y preciados aprendizajes.*

*¡Muchas gracias!*

**Nathaly y Katherine**

## **DEDICATORIA**

*Quiero dedicar este trabajo y este logro a Dios, quien con su amor me ha demostrado que en él encuentro un refugio y paz en mi corazón. Me ha sostenido y me ha dado la fortaleza y sabiduría necesaria para enfrentarme a cada adversidad que se presenta en mi vida.*

*A mi madre, Katy R. quién ha sido ejemplo de perseverancia y esfuerzo, su amor y su apoyo incondicional han sido un pilar fundamental en mi vida. Sé que, sin su amor, apoyo y oraciones, mi camino por la vida sería mucho más difícil.*

*A mi padre, Jovanny S. quien me ha enseñado a esforzarme, a creer en mí misma y nunca rendirme ante las adversidades. Su amor y su confianza en mí me han impulsado a ser mejor cada día. Su apoyo en mi vida estudiantil me ha dado la oportunidad de hoy lograr este gran sueño.*

*A mis hermanos, Alexis e Isaías, quienes son mi mayor tesoro y la alegría de mi corazón. Han sido mi razón para esforzarme y demostrarles que podemos ser mejores cada día y que todo esfuerzo tiene su recompensa.*

*Por todo el amor y bendiciones, a mis queridas abuelitas Elena y Graciela. A mis primos Carito y Aldo, por todo su cariño, apoyo y consejos brindados cuando más lo he necesitado y a quienes admiro por su tenacidad y superación. Ya toda mi familia que directa e indirectamente me han brindado su ayuda y me han impulsado a culminar con éxito cada meta que me he propuesto.*

*A mis amigos Kathy V., Cristian A., Carlos M., Pame P., Danny M., con quienes compartí momentos de mucha alegría aún en los momentos más difíciles de nuestra vida universitaria; de manera especial a Cinthia P. y Daniela M. quienes estuvieron apoyándome incondicionalmente en mis momentos más difíciles y nunca me dejaron rendir. A Nathaly Díaz, por su valioso apoyo, dedicación y compromiso en la realización de este trabajo y por brindarme su preciada amistad.*

*Con amor*  
**Katherine Sarchi**

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo principalmente a Dios, por darme la sabiduría y fortaleza durante toda esta etapa de formación académica, por iluminar mi camino y por su infinito amor. Por permitirme compartir esta alegría tan anhelada junto a mi familia.*

*Este logro va dedicado con mucho cariño y amor a mis padres Abrahan y Blanca porque han sido el pilar fundamental en mi vida, ejemplo de esfuerzo, trabajo y constancia. Gracias por su amor, cariño y apoyo incondicional de inicio a fin. A ellos, por guiarme e inculcarme sus valores y principios, por enseñarme a luchar y dar todo de mí para triunfar y alcanzar mis sueños y objetivos de vida. ¡Los amo mucho!*

*A mi hermana Lorena y a toda mi familia por creer en mí y apoyarme incondicionalmente, por ser mi inspiración y por estar siempre conmigo. Esta meta refleja el apoyo y cariño que me han brindado durante todo este proceso. Gracias por sus oraciones, consejos y palabras de aliento que hicieron de mí una mejor persona que de ahora en adelante emprenderá un nuevo camino en el ámbito profesional.*

*¡Esto es para ustedes familia!*

Con amor  
**Nathaly Díaz**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenidos	Páginas
<b>RESUMEN</b> .....	xiii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiv
<b>CAPÍTULO I.INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Problema de investigación y justificación.....	2
1.3. Pregunta (s) directriz (ces) de la investigación.....	4
1.4. Objetivo.....	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos.....	4
<b>CAPÍTULO II.REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	5
2.1. Marco teórico referencial.....	5
2.1.1. Cambios de uso de suelo y cobertura vegetal.....	5
2.1.2. Hábitat del oso andino.....	6
2.1.3. Restauración de hábitat.....	7
2.1.4. Corredor biológico.....	8
2.1.5. Estrategia de conservación.....	12
2.2. Marco legal.....	12
<b>CAPÍTULO III.METODOLOGÍA</b> .....	15
3.1. Descripción del área de estudio.....	15
3.2. Métodos.....	16
3.2.1. Evaluar los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal de la parroquia San Francisco de Sigsipamba.....	16
▪ Adquisición y tratamiento de imágenes satelitales.....	16
▪ Identificación y clasificación de coberturas de suelo.....	16

▪ Validación de la clasificación mediante la matriz de contingencia e índice Kappa .....	17
▪ Análisis del cambio de cobertura y uso de suelo .....	19
3.2.2. Analizar cómo los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal inciden en el hábitat del oso andino.....	19
▪ Obtención de puntos de presencia del oso andino.....	19
▪ Obtención del mapa de cambios de uso de suelo y cobertura vegetal del hábitat del oso andino en el software IDRISI Selva.....	19
▪ Identificación de los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal del hábitat del oso andino en el software ArcGIS.....	20
▪ Análisis de los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal del hábitat del oso andino....	20
3.2.3. Proponer un corredor biológico como estrategia de conservación y restauración del hábitat del oso andino. ....	20
3.2.3.1. Zonificación del corredor biológico.....	20
▪ Caracterización del área protegida principal .....	21
▪ Caracterización de los núcleos base para los corredores.....	22
▪ Caracterización de la matriz del corredor .....	22
3.2.3.2. Diseño de los corredores biológicos .....	22
▪ Tamaño de los núcleos .....	23
▪ Ancho del corredor biológico.....	23
▪ Distancia entre núcleos y área protegida principal.....	23
▪ Distancia de corredores con vías y poblados .....	23
▪ Área de la matriz menos antrópica.....	24
▪ Establecimiento de los corredores biológicos .....	24
3.3. Materiales y equipos .....	24
<b>CAPÍTULO IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>25</b>
4.1. Evaluación de los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal de la parroquia San Francisco de Sigsipamba.....	25

4.1.1. Validación de la clasificación mediante la matriz de contingencia e índice kappa .....	25
▪ Validación de la clasificación mediante la matriz de contingencia y el índice kappa para el año 1996.....	25
▪ Validación de la clasificación mediante la matriz de contingencia y el índice kappa para el año 2020.....	26
4.1.2. Análisis del cambio de la cobertura y uso de suelo .....	26
▪ Análisis de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal mediante la matriz de transición para el periodo 1996-2020 .....	26
4.2. Análisis de cómo los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal inciden en el hábitat del oso andino .....	32
▪ Análisis de los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal del hábitat del oso andino....	32
4.3. Diseño del corredor biológico como estrategia de conservación y restauración del hábitat del oso andino .....	34
4.3.1. Criterios y diseño de corredores biológicos.....	34
▪ Tamaño de los núcleos .....	34
▪ Distancia entre núcleos y el área protegida principal.....	36
▪ Matriz del corredor biológico.....	36
▪ Diseño de corredores biológicos .....	38
4.3.2. Programa de restauración.....	40
<b>CAPÍTULO V.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>45</b>
5.1. Conclusiones.....	45
5.2. Recomendaciones .....	46
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>47</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>60</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Principios para la restauración de hábitat a nivel de paisaje.....	9
<b>Tabla 2.</b> Categorías de cobertura vegetal de la parroquia San Francisco de Sigsipamba.....	17
<b>Tabla 3.</b> Categoría de concordancia de validación para el coeficiente Kappa.....	17
<b>Tabla 4.</b> Equipos y herramientas informáticas usadas en la investigación .....	24
<b>Tabla 5.</b> Matriz de contingencia de la clasificación supervisada del año 1996 .....	25
<b>Tabla 6.</b> Matriz de contingencia de la clasificación supervisada del año 2020 .....	26
<b>Tabla 7.</b> Matriz de transición de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal para el periodo de 1996-2020 en porcentaje (%).....	29
<b>Tabla 8.</b> Superficie de las áreas núcleo .....	35
<b>Tabla 9.</b> Longitud y área de los corredores .....	36
<b>Tabla 10.</b> Aplicabilidad e impacto de los corredores biológicos .....	37
<b>Tabla 11.</b> Número de ensayos de restauración a implementar por cada corredor biológico para la restauración del hábitat del oso andino en la parroquia San Francisco de Sigsipamba .....	43
<b>Tabla 12.</b> Programa de restauración para el bosque nativo y páramo en la parroquia San Francisco de Sigsipamba.....	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación de la parroquia San Francisco de Sigsipamba.....	15
<b>Figura 2.</b> Flujograma del proceso de corrección, clasificación supervisada y validación de imágenes .....	18
<b>Figura 3.</b> Área protegida principal - Parque Nacional Cayambe Coca.....	21
<b>Figura 4.</b> Cambio de uso de suelo y cobertura vegetal del año 1996 (A) y 2020 (B).....	27
<b>Figura 5.</b> Ganancia y pérdida (%) de la cobertura vegetal de la parroquia San Francisco de Sigsipamba para el periodo de 1996-2020.....	28
<b>Figura 6.</b> Principales trayectorias de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal para el periodo de 1996-2020 .....	30
<b>Figura 7.</b> Cambio en la cobertura vegetal en el hábitat (bosque nativo y páramo) del oso andino en la parroquia San Francisco de Sigsipamba entre 1996-2020 .....	33
<b>Figura 8.</b> Áreas núcleo definidas para el diseño del corredor biológico.....	35
<b>Figura 9.</b> Diseño de corredores biológicos en la parroquia San Francisco de Sigsipamba ..	38
<b>Figura 10.</b> Técnica de nucleación en los corredores biológicos .....	43

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

ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DEL HÁBITAT DE *Tremarctos ornatus* (OSO ANDINO) EN LA PARROQUIA SIGSIPAMBA, CANTÓN PIMAMPIRO

Díaz Cuasqui Nathaly Vanesa

Sarchi Ramos Katherine Gissel

**RESUMEN**

La fragmentación y pérdida de hábitat son generadas por el cambio de uso de suelo. Este proceso de origen antrópico modifica la conectividad, la densidad de parches y el área del bosque, lo que puede influir en los atributos ecológicos del oso andino y de las comunidades asociadas a su hábitat. En consecuencia, es fundamental establecer estrategias de restauración ecológica en zonas afectadas por la expansión agrícola y ganadera, para incrementar el hábitat de la especie y así garantizar la supervivencia de las poblaciones del oso andino en esta área de gran interés. Es por ello, que el presente estudio tiene como objetivo proponer estrategias de restauración ecológica del hábitat de *Tremarctos ornatus* (oso andino), en la parroquia San Francisco de Sigsipamba. Se evaluó los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal de la parroquia mediante una clasificación supervisada para los años 1996 y 2020 con el Software ArcGIS; posteriormente, se utilizó el Software Idrisi Selva para determinar cómo inciden los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal en el hábitat del oso. Por último, se propuso un corredor biológico como estrategia de conservación y restauración del hábitat de esta especie. En la parroquia San Francisco de Sigsipamba, se evidenció la reducción de bosque nativo en un 13,24%, páramo en un 5,86% y un incremento de pastos y vegetación arbustiva en un 9,72% y 11,89% respectivamente. Durante el período 1996-2020, este cambio impactó 2.890,29 hectáreas de hábitat del oso (bosque y páramo), de las cuales 1.733,09 hectáreas fueron impactadas negativamente y 1.157,20 hectáreas incrementaron. Finalmente, se diseñó 9 corredores biológicos, cada uno de 500 m de ancho con longitudes que varían entre 1,11 km y 2,72 km; para recuperar el hábitat fragmentado, contribuir a la conservación de la biodiversidad y la interconexión de los parches vegetativos en el que se distribuye la especie.

**Palabras clave:** San Francisco de Sigsipamba, cambio de uso de suelo, fragmentación, oso andino, corredor biológico, restauración.

## ABSTRACT

Fragmentation and habitat loss are generated by changes in land use. This process of anthropogenic origin modifies the connectivity, the density of patches and the area of the forest, which can influence the ecological attributes of the andean bear and the communities associated with its habitat. Consequently, it is essential to establish ecological restoration strategies in areas affected by agricultural and livestock expansion, to increase the habitat of the species and thus guarantee the survival of andean bear populations in this area of great interest. For this reason, this study aims to propose ecological restoration strategies for the habitat of *Tremarctos ornatus* (andean bear), in the San Francisco de Sigsipamba parish. The changes in land use and vegetation cover of the parish were evaluated through a supervised classification for the years 1996 and 2020 with the ArcGIS Software; subsequently, the Idrisi Selva Software was used to determine how changes in land use and vegetation cover affect the bear's habitat. Finally, a biological corridor was proposed as a conservation and restoration strategy for the habitat of this species. In the San Francisco de Sigsipamba parish, there was evidence of a reduction in native forest by 13,24%, badland by 5,86% and an increase in pastures and shrubby vegetation by 9,72% and 11,89%, respectively. During the period 1996-2020, this change impacted 2.890,29 hectares of bear habitat (forest and badland), of which 1.733,09 hectares were negatively impacted and 1.157,20 hectares increased. Finally, 9 biological corridors were designed, each one 500 m wide with lengths that vary between 1,11 km and 2,72 km; to recover the fragmented habitat, contribute to the conservation of biodiversity and the interconnection of the vegetative patches in which the species is distributed.

**Keywords:** San Francisco de Sigsipamba, land use change, fragmentation, andean bear, biological corridor, restoration.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se detalla el problema de investigación, la justificación e importancia del estudio, los objetivos y la pregunta directriz que dirige la investigación.

### 1.1. Antecedentes

*Tremarctos ornatus* es la única especie de la familia Ursidae en Sudamérica y su rango de distribución abarca Panamá, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y el Noroeste de Argentina, desde 250 a 4750 m s.n.m. (Vargas y Azurduy, 2006). Sin embargo, la fragmentación y la pérdida de hábitat son las principales amenazas que afectan directamente a la especie en toda la región. Si las amenazas persisten, esta especie se extinguirá en las próximas décadas (Rodríguez et al., 2004).

La fragmentación y pérdida de hábitat son generadas por el cambio de uso de suelo. Este proceso de origen antrópico modifica la conectividad, la densidad de parches y el área del bosque, lo que puede influir en los atributos ecológicos del oso andino y de las comunidades asociadas a su hábitat (Rodríguez et al., 2015). En este contexto, los cambios de uso de suelo implican la reducción de ecosistemas nativos, lo que ocasiona cambios en la configuración espacial del paisaje y efectos negativos en las especies, debido a que se modifica el hábitat y la dinámica de sus poblaciones (Lázaro y Tur, 2018).

El cambio de uso de suelo se debe principalmente a la expansión de los cultivos, pastizales y áreas urbanas, lo que genera la degradación de las funciones ecológicas, la homogenización de las matrices naturales y la alteración de la composición, estructura y funcionalidad de los ecosistemas. En consecuencia, estas alteraciones pueden contribuir en la extinción local de las especies que no logran adaptarse al cambio y a la reducción del hábitat (Parra, 2011).

A partir del progresivo cambio de uso de suelo, la plantación de especies nativas es una actividad que ha ido tomando fuerza en las últimas décadas, surgiendo así la restauración ecológica como una actividad con perspectiva de recuperación de la resiliencia, funciones, procesos e integridad ecológica (Smith-Ramírez et al., 2015). Actualmente, no basta solo con conservar y proteger áreas representativas, sino que es necesario mirar a la restauración ecológica como solución para revertir procesos de degradación de ecosistemas y pérdida acelerada de biodiversidad (Vargas, 2011).

A escala local la restauración permite aumentar la dinámica de la vegetación lo que mejoraría procesos ecológicos clave (p. ej. polinización, dispersión de semillas, entre otros) que influyen en la biodiversidad (Zhang et al., 2014). A la fecha, se han realizado estudios que han permitido identificar sitios potenciales para restaurar (Echeverría et al., 2013; Palo et al., 2013), han evaluado indicadores para medir el éxito de la restauración (Ruiz y Aide, 2005a; Ruiz y Aide, 2005b), estudios sobre enfoques metodológicos (Djupström et al., 2012; Standish et al., 2013), rentabilidad de la restauración (Benayas et al., 2009; Van Looy, 2011) y consecuencias de la restauración a escala local (Smulders et al., 2008; Benayas et al., 2009).

En efecto, la restauración de hábitats es una técnica elemental para recuperar espacios que han sido sometidos a presiones antrópicas. En este contexto, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR, 2018) menciona que la restauración del hábitat del oso andino debe ser considerado como un centro de interés, debido a que esta especie cumple con un papel ecológico importante en el mantenimiento de la estructura y función de los ecosistemas que habita. También, contribuye a la conservación de los páramos y actúa como “sombrialla” efectiva para la subsistencia de diferentes grupos biológicos.

Los territorios andinos se transformaron principalmente por el uso de suelo agrícola, ganadero, extracciones forestales o asentamientos humanos, lo que ha provocado que el oso andino se enfrente a grandes amenazas, como la reducción de su hábitat natural (Rodríguez et al., 2004). Según Vargas y Azurduy (2006), en su estudio realizado en Bolivia, el oso andino ocupa una gran diversidad de hábitats. Sin embargo, se identificaron problemas de deterioro del suelo por pisoteo y alimentación del ganado, demostrando que existe pérdida y fragmentación del hábitat, que pone en riesgo la supervivencia de la especie. Por otra parte, Parra (2011) y Figueroa et al. (2016), determinaron que las poblaciones de esta especie enfrentan amenazas de pérdida de su hábitat natural por la colonización humana, promoviendo la cacería y la fragmentación de su hábitat.

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

Los cambios de uso de suelo conllevan a un cambio progresivo de las condiciones naturales del hábitat y por ende a su pérdida. Esto afecta la supervivencia de las poblaciones presentes en los hábitats alterados, lo que genera la reducción de las poblaciones y división de las poblaciones originales en subpoblaciones cada vez más pequeñas y aisladas (Santos y Tellería, 2006).

En este contexto, el oso andino sobrevive, por su capacidad adaptativa, a una amplia variedad de ecosistemas a pesar de la intensa actividad humana en dichos ambientes. Diferentes actividades antrópicas de uso del suelo han remplazado el hábitat del oso andino por pastizales y sistemas precarios de agricultura y ganadería, lo que, a su vez, reduce sustancialmente la cantidad de alimento silvestre. En consecuencia, es fundamental promover la restauración de las condiciones naturales del hábitat en que se distribuye la especie, esto con el fin de evitar el conflicto oso andino-humano y reducir la tasa de mortalidad por cacería, debido a la frecuente intervención del oso en el consumo de cultivos y animales domésticos (Laguna, 2013).

El cambio del hábitat del oso andino en cultivos o lugares de pastoreo, ha forzado a algunos individuos de esta especie a aventurarse a los territorios ocupados por las comunidades (Ríos y Wallace, 2008). Por tal motivo, es uno de los mamíferos más perseguido en el país, ya sea por su carne, los usos de su grasa o por el valor comercial de su piel. También, porque destruye plantaciones o mata animales domésticos mayores como ganado vacuno y equino, consideradas estas dos últimas amenazas como las más serias para su conservación (Tirira, 2011).

La parroquia San Francisco de Sigsipamba, perteneciente al cantón Pimampiro, es un área de interés debido al incremento del cambio de uso de suelo y cobertura vegetal. Esto se evidencia en la reducción de bosque nativo en un 20,37%, el páramo en un 7,29%, y el aumento de los pastos en un 15,58% durante el periodo de 1991 y 2017, lo que ha generado una constante incidencia de conflictos oso andino-humano (Bazantes y Revelo, 2018).

Es evidente que existe un aumento de la frontera agrícola y ganadera en la parroquia San Francisco de Sigsipamba, lo que ha ocasionado la pérdida y fragmentación del hábitat natural del oso y su reducción. Ante la falta de información sobre los cambios históricos del hábitat del oso andino, es necesario generar información que permita proponer estrategias para la restauración del hábitat de esta especie y su conservación.

Este estudio se fundamenta en el Art.409 de la Constitución de la República del Ecuador, año 2008, del Capítulo segundo: Biodiversidad y Recursos Naturales, en su Sección quinta, determina de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Donde se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión. Es así que el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación

y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona.

También, se enmarca dentro de los objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas, que plantea en su objetivo 15, la necesidad de: “Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener la degradación de las tierras y la pérdida de biodiversidad”. Esto se ajusta principalmente en dos de sus metas: la primera, se enfoca en adoptar medidas urgentes y significativas para reducir la degradación de los hábitats naturales, detener la pérdida de la diversidad biológica, proteger las especies amenazadas y evitar su extinción. Esto en conjunto con la segunda meta, que es velar por la conservación de los ecosistemas montañosos, incluida su diversidad biológica (Organización de las Naciones Unidas, 2017).

Además, esta investigación aporta al Plan de Creación de Oportunidades 2021– 2025, ya que responde al objetivo 11 referente a “Conservar, restaurar, proteger y hacer uso sostenible de los recursos naturales”. Por tal motivo se debe considerar la investigación científica, desarrollo e innovación con el contingente de las universidades que respondan a las necesidades referentes a la conservación de la biodiversidad (Secretaría Nacional de Planificación, 2021-2025).

### **1.3. Pregunta (s) directriz (ces) de la investigación**

¿Cómo los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal inciden en el hábitat del oso andino?

### **1.4. Objetivo**

#### ***1.4.1. Objetivo General***

Proponer estrategias de restauración ecológica del hábitat de *Tremarctos ornatus* (oso andino), en la parroquia San Francisco de Sigsipamba a partir del estado actual de su hábitat.

#### ***1.4.2. Objetivos Específicos***

- Evaluar los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal de la parroquia San Francisco de Sigsipamba.
- Analizar cómo inciden los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal en el hábitat del oso andino.
- Proponer un corredor biológico como estrategia de conservación y restauración del hábitat del oso andino.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Marco teórico referencial

En el siguiente capítulo se puntualiza y detalla información necesaria para respaldar la interpretación y análisis de los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación.

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

Moreno y Renner (2007), mencionan que el cambio de uso de suelo y cobertura vegetal se ha incrementado debido a la creciente expansión demográfica que requiere cada vez una mayor provisión de alimento. De tal manera que el cambio de uso de suelo contribuye en la pérdida, modificación y fragmentación de ecosistemas (Aguayo et al., 2009). Por otro lado, la degradación del suelo hace referencia al excesivo uso de una o varias de las funciones del suelo, manifestada principalmente en forma de erosión del suelo (López, 2002; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] y Grupo Técnico Intergubernamental de Suelos [GTIS], 2015). Es así, que la degradación del suelo contribuye en la alteración del equilibrio dinámico del ambiente (Espinosa et al., 2011). Actualmente, la degradación del suelo constituye una gran amenaza a los servicios ecosistémicos (FAO y GTIS, 2015).

La fragmentación es definida como la división de un hábitat continuo en pequeños fragmentos, disminuyendo el área total del ecosistema, aumento de borde y número de parches y pérdida de conectividad, reemplazando el ecosistema original por ambientes construidos por el hombre (p. ej. pastizales, cultivos, ciudades, entre otros) (Vargas, 2007). La actividad humana intensiva provoca la reducción del hábitat natural formando paisajes de parches (Ospino y Ramos 2017), siendo esta una de las principales causas de pérdida de biodiversidad en el mundo (Turner, 1996).

Una vez que un ecosistema natural es reducido a fragmentos y se encuentra rodeado por ambientes antrópicos, se producen efectos negativos sobre las especies. Estos efectos pueden ser desde la desaparición total de una especie por eliminación directa o por estar asociada a hábitats perdidos, hasta la afectación de especies que requieren áreas extensas del ecosistema

natural para sobrevivir, reducción del número de individuos en las poblaciones de algunas especies, entre otros (Vargas, 2007).

Por otro lado, la deforestación es un fenómeno que se ha manifestado progresivamente y se ha agudizado los últimos años causando la conversión directa de tierras forestales a tierras no forestales (Sánchez y Rebollar, 1999). Este proceso es provocado principalmente por el aumento de la superficie dedicada a la agricultura y el acelerado crecimiento demográfico (Monjardín et al., 2017). Aunque los procesos de deforestación continúan, la diferencia la hace la recuperación de la vegetación, ya sea por procesos naturales (regeneración natural forestal y sucesión secundaria) o artificiales (plantaciones forestales con propósito de restauración) que han permitido el restablecimiento de ecosistemas perturbados (Rosete et al., 2014).

### **2.1.2. Hábitat del oso andino**

El oso andino es un animal plantígrado de tamaño mediano que va de 1,75 hasta 2,00 m de longitud de la cabeza a la cola cuando se desplaza en cuatro extremidades, su peso varía entre 140 y 170 kg, el pelaje es de color negro. Una de las características principales de este úrsido es la coloración crema tanto en el rostro como en pecho, dando una apariencia de los ojos semejante a lentes, de ahí su nombre “oso de anteojos” (Ministerio del Medio Ambiente, 2001).

Se ha registrado su distribución desde Venezuela hasta el Noroeste de Argentina (Bazantes et al., 2018). De acuerdo con el estudio de Figueroa y Stucchis (2009), el hábitat natural del oso andino comprende ecosistemas tales como bosques secos, bosques montanos, páramos, pajonales, bosques de neblina y bosques tropicales amazónicos. En cuanto a la zona norte del Ecuador, el oso andino habita en páramos y bosques de niebla, los cuales han sido sometidos a cambios como la ganadería y agricultura de alta montaña, ocasionando la reducción del hábitat natural de la especie (Vela et al., 2011).

Según Cuesta et al. (2001), el oso andino tiene una preferencia de uso de hábitats que se encuentran entre los 3495 y 3971 m s.n.m., los cuales corresponden a las formaciones vegetales de páramo herbáceo, bosque siempre verde montano alto y bosque de páramo mixto. Igualmente, Cuesta, (2000), Goldstein y Cancino (2001), Sandoval y Yáñez (2019), mencionan que el oso andino en Ecuador habita en bosques nublados y páramos andinos, generalmente dentro de áreas protegidas, pero eventualmente fuera de ellas.

### **2.1.3. Restauración de hábitat**

La restauración ecológica se define como una actividad intencional realizada con el propósito de iniciar o acelerar el proceso de recuperación de la estructura, composición y funcionalidad de un ecosistema degradado (Zhang et al., 2014), brinda una forma eficaz de revertir la alteración y pérdida de los ecosistemas forestales, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que estos proveen (Bullock et al., 2011).

En este sentido, se entiende por restauración del hábitat al proceso de ayudar en el restablecimiento de un hábitat que se ha degradado o destruido (Mazón y Gutiérrez, 2016). Dicho restablecimiento implica algunos elementos esenciales como composición, complejidad estructural y funcionalidad, así como su dinámica y resiliencia. La restauración ecológica no busca necesariamente alcanzar un estado exacto del hábitat a como estaba antes de la perturbación, pero sí considera el ecosistema de referencia al que pertenece el hábitat a restaurar, sus interacciones y su dinámica (Vargas, 2011).

La destrucción y degradación de algunos ecosistemas ha provocado la extinción o la reducción severa de poblaciones con requerimientos de hábitat específicos. Hoy en día, las actividades de restauración o rehabilitación de hábitats devastados constituyen herramientas fundamentales para la conservación de especies amenazadas y las comunidades a las que pertenecen (Mazón y Gutiérrez, 2016). El objetivo de la restauración de hábitats es la recuperación de las características fundamentales del hábitat, por ejemplo, del suelo, el relieve, el régimen hidrológico, la remoción de contaminantes y la remoción de especies invasoras, entre otras. Su objetivo es restaurar el hábitat “original” con la ayuda de la regeneración natural o asistida cuyo fin es aumentar la diversidad biológica (Zhang et al., 2014).

En este contexto, la restauración de un hábitat perturbado implica la demanda de gran cantidad de recursos humanos y financieros, de aquí la importancia de priorizar los sitios y estrategias de restauración. Además, la restauración de hábitats debe estar fundamentada en conocimiento ecológico sobre la resiliencia de los ecosistemas o la capacidad de recuperación (López et al., 2016). La restauración es un concepto amplio que implica un conjunto de técnicas y procedimientos que busca de manera integral la restauración de sistemas ecológicos degradados (Gálvez, 2002). Éstos pueden restaurarse para alcanzar diversos objetivos mediante diferentes técnicas, como las técnicas de nucleación y transposición de gavillas o abrigos artificiales.

Técnica de nucleación: Esta técnica se basa en la selección de especies pioneras para construir pequeños núcleos de plantas con fuerte poder de nucleación. La nucleación representa una alternativa de restauración de la conectividad del paisaje, una vez que promueve “gatillos ecológicos” (sucesión sobre las áreas degradadas). En los núcleos ocurren todos los procesos ecológicos clave para la manutención de la dinámica de las comunidades naturales (Bechara, 2006);

Técnica de transposición de gavillas o abrigos artificiales: Es una técnica que consiste en formar refugios artificiales para aumentar la frecuencia y permanencia de roedores, reptiles, anfibios, entre otros. Estas acciones se complementan entre sí, con el objetivo de desarrollar una comunidad más estabilizada, por lo que es fundamental elegir técnicas de nucleación adecuadas para un área determinada (Reis et al., 2003).

#### ***2.1.4. Corredor biológico***

La transformación del paisaje es considerada una de las principales razones detrás de la pérdida de especies, a nivel regional y global. La necesidad de mantener los flujos ecológicos en el paisaje y en particular, las rutas de dispersión naturales para los movimientos de la vida silvestre exigen una gestión más integrada de los ecosistemas en los que las consideraciones de conectividad deben ser necesariamente incorporadas. En este sentido, la conectividad se ha convertido en una cuestión fundamental y prioritaria en las políticas actuales de conservación de la biodiversidad (Rivas et al., 2018).

Uno de los temas centrales de la relación entre paisajes y restauración es cómo aumentar la conectividad de paisajes. En este contexto, el concepto de redes ecológicas es una estrategia o modelo de protección territorial que optimiza las relaciones entre hábitats, especie y poblaciones con el objetivo de garantizar la conservación de la biodiversidad (especies, hábitats, paisajes) (Santos y Herrera, 2013).

Desde el punto de vista de la restauración ecológica es importante conservar tanto parches o núcleos grandes como pequeños, los que van a servir de referencia para establecer áreas de restauración en la matriz del paisaje. Una estrategia de restauración es aumentar el tamaño de los parches pequeños y lograr la conectividad con otros parches, ya sean pequeños o grandes, para disminuir los efectos de borde según la forma del parche o fragmento (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Principios para la restauración de hábitat a nivel de paisaje (Traducido y adaptado de Turner et al., 2001)*

Principio	Función
1	Mantener parches grandes de vegetación nativa y prevenir su fragmentación por actividades humanas.
2	Establecer prioridades para la protección de especies y proteger los hábitats que restringen la distribución y abundancia de estas especies.
3	Proteger elementos raros del paisaje y orientar el desarrollo hacia áreas del paisaje que contienen características comunes.
4	Mantener conexiones entre hábitats de vida silvestre, identificando corredores de vida silvestre.
5	Mantener los procesos ecológicos importantes como incendios e inundaciones en áreas protegidas.
6	Contribuir a la persistencia regional de especies raras mediante la protección local de algunos de sus hábitats.

**Fuente:** (Armenteras y Vargas, 2016)

Los tamaños de los parches o núcleos son también muy importantes para la conservación de las especies, dependiendo del tamaño de la especie, su comportamiento y la relación con el tamaño del parche. En un estudio realizado por Paisley (2001), menciona que el tamaño de los núcleos para un omnívoro de 30 kg a 100 kg es mayor a 7 km<sup>2</sup> por individuo. Sin embargo, también se pueden considerar núcleos de 1 km<sup>2</sup> a 6 km<sup>2</sup>, ya que éstos tienen como función ser “Conducto o Paso”; es decir, su función es comunicar parches de hábitat entre sí, y no hábitat como tal (Fierro, 2015).

Armenteras y Vargas (2016), mencionan que en el contexto de la restauración ecológica es muy importante comprender la relación entre la escala local y la del paisaje, donde algunas especies pueden estar extintas localmente pero no regionalmente, y donde es importante rehabilitar sus hábitats ya sean acuáticos o terrestres. Por lo tanto, para contribuir a la persistencia regional de especies raras o amenazadas mediante la protección local de algunos de sus hábitats, es necesario manejar el paisaje. En este sentido, existen varias formas de crear corredores en el paisaje, pero la principal es aumentar la conectividad de parches y formar núcleos de vegetación en la matriz.

En este aspecto, las acciones de restauración consideran la Teoría de Biogeografía de Islas de MacArthur y Wilson (1967), la cual establece que las islas (como tal o hábitats insulares) de mayor tamaño y más cercanas a la fuente de especies (el "continente") tendrán un mayor número de especies que aquellas más pequeñas y más alejadas. La teoría asume también que las poblaciones serán de mayor tamaño en las islas de mayor área, y que por tanto su riesgo de extinción será más reducido. Por otro lado, las islas más cercanas al "continente" tendrán una mayor probabilidad de recibir emigrantes de aquellas especies que se hayan extinguido y por tanto de ser recolonizadas (Sharev, 1996, como se citó en Badii y Abreu, 2006).

De acuerdo con lo anterior, el diseño de corredores biológicos considera tres tipos de elementos en la conectividad entre ecosistemas naturales o conservados, los que pueden restaurarse en un paisaje para mejorar su conectividad y con ello su integridad (Rivas et al., 2018). Estos elementos son:

**Corredores:** Se pueden restaurar franjas de vegetación natural que proveen un camino continuo (o casi continuo) entre dos hábitats, con frecuencia similares, en una matriz de ambiente adverso. Las cercas vivas, los bosques riparios y las franjas de bosque son ejemplos de corredores. Es útil para las especies que tienen una capacidad de movimiento limitada en relación a la distancia que deben atravesar (Rivas et al., 2018). En estos casos, los corredores deben proveer recursos para sostener a los individuos o poblaciones residentes. Para el caso del oso andino y según la metodología de Austin (2014) y Vásquez (2016), el ancho del corredor debe ser de 500 metros; debido a que es una especie grande y de cuerpo robusto, cuyas medidas de cabeza a cola para los machos es de 1,6 – 2,20 m y para las hembras de 1,0 – 1,40 m; el peso en machos adultos es de 175 a 200 kg y de las hembras adultas de 60 a 90 kg (Tirira, 2007; Arbeláez et al., 2017; Sandoval y Yáñez, 2019).

Por otro lado, varios autores han determinado que la longitud de los corredores depende de los hábitos diarios de la especie en estudio (Austin, 2014; Castellanos, 2011; Vásquez, 2016). De tal manera que para el oso andino se ha determinado que éste se desplaza diariamente una distancia media de 0,8 km y el más largo movimiento es > 6 km al día en búsqueda de alimentos (Paisley, 2001; Castellanos, 2011). Además, otro factor que se debe considerar en la longitud de los corredores es la topografía del área de estudio (Vásquez, 2016).

**Núcleos o parches cercanos:** Se pueden restaurar parches o núcleos de vegetación natural separados en el espacio que proporcionen recursos y refugio y que facilitan el movimiento de

las especies a lo largo de un paisaje perturbado. La conectividad se logra por medio de una secuencia de movimientos cortos o “saltos” entre parches. Esto es útil para especies que son relativamente móviles y que no necesitan de un hábitat continuo (Rivas et al., 2018).

Creación de matriz del paisaje: Cuando existe mucha presión alrededor de los ecosistemas conservados, se pueden crear y fomentar agroecosistemas que por sus características brindan conectividad y evitan los efectos negativos de los bordes en los ecosistemas naturales. Algunos ejemplos son los sistemas agroforestales, las plantaciones comerciales con especies nativas, los bosques comestibles y los sistemas silvopastoriles, entre otros (Vásquez, 2016).

Con los tres tipos de elementos de conectividad anteriormente mencionados se diseñan las redes o conexiones ecológicas, la cual es una estructura de componentes ecológicos que provee las condiciones físicas necesarias para que los ecosistemas y las poblaciones de especies sobrevivan en un paisaje dominado por el humano (Bennet, 2006). Las redes o conexiones ecológicas también se han definido como un reacomodo coherente de áreas que representan elementos naturales y seminaturales del paisaje que necesitan ser conservadas, manejadas o, cuando sea apropiado, enriquecidas o restauradas con el fin de asegurar una condición favorable para la conservación de los ecosistemas, hábitats, especies y paisajes de importancia regional en su área de distribución (Bennett, 2003). De tal manera que las redes o conexiones ecológicas se componen de:

Corredores: Estas áreas de hábitat proveen conectividad o vínculo entre las áreas núcleo. Los corredores pueden ser franjas continuas de tierra o parches de hábitat cercanos (“stepping stones”). Los corredores pueden ser manejados mientras su función se mantenga.

Zonas núcleo: Áreas para la conservación de la biodiversidad, generalmente protegidas legalmente y que deben ser representativas de ecosistemas naturales o seminaturales y contener poblaciones viables de especies con frecuencia amenazadas.

Zonas de amortiguamiento: Permiten una transición suave entre los tipos de uso de suelo fuera de los espacios naturales protegidos y las áreas núcleo. El tamaño y utilización de estas áreas depende de las necesidades particulares del ecosistema y la población local.

Zonas de uso sustentable: Estas áreas remanentes pueden actuar como sitios bajo un manejo más intensivo, pero debe tomarse en cuenta la provisión exitosa de servicios y bienes ecosistémicos.

De acuerdo con lo anterior, es necesario impulsar medidas tales como la creación de corredores biológicos que permitan el flujo génico entre individuos (Pitman et al., 2008) y conectar fragmentos de hábitat de vida silvestre que fueron desconectados debido a las diversas actividades humanas como la agricultura, la ganadería, la urbanización o, inclusive, las obras de infraestructura como las carreteras o represas (Rivas et al., 2018).

### ***2.1.5. Estrategia de conservación***

La Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD, 2002), afirma que “el mantenimiento de la biodiversidad implica la conservación de la composición, estructura y función de paisajes, ecosistemas, comunidades y poblaciones y especies, y de la información genética, a diversas escalas de tiempo y espacio”, respaldándose en la cita anterior es vital considerar no solo un enfoque hacia especies, sino también hacia ecosistemas o paisajes; es decir, un corredor que proporcione flujo y conectividad entre parches heterogéneos de ecosistemas para conformar un mosaico diverso de paisaje.

Las grandes reservas ecológicas son un componente indispensable de cualquier estrategia de conservación del bosque, y es importante considerar la conservación de ecosistemas naturales localizados en áreas de menor tamaño ya que estos fragmentos, aun cuando hayan sido perturbados, mantienen funciones ecológicas importantes. Así lo demuestra el estudio realizado por Nepstad et al. (2001), en un remanente de bosque tropical en Fazenda Vitoria, amazonía brasileña, en donde, a pesar de la cercanía a un aserradero con cincuenta casas de trabajadores y a un centro urbano, se encontró una población de cinco especies de primates propias de la región, así como una gran cantidad de especies de árboles, murciélagos, hormigas y una rica avifauna. Los autores señalan que, si bien no hay claridad en la viabilidad reproductiva de estas poblaciones de especies, estos hábitats juegan un papel importante en el corto tiempo, al ser fuente temporal de especies que pueden colonizar bosques secundarios en caso de abandono de tierras y fungir como amortiguadores de riesgo de incendio forestal de grandes extensiones de bosque vecinas.

## **2.2. Marco legal**

La presente investigación se sustenta en el cumplimiento de los siguientes documentos legales:

- Constitución de la República del Ecuador (2008)

La Constitución de la República del Ecuador (2008), en su Art. 72 menciona el derecho de la naturaleza a la restauración, en este contexto se incluye la restauración del páramo, para lo cual el estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas. Además, en el Art. 397 se menciona que en el caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiará los daños ambientales, con el fin de garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Igualmente, en el Art. 406 se menciona que el Estado regulará la conservación, manejo y uso sustentable, recuperación, y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados; entre otros, los páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos y manglares, ecosistemas marinos y marinos-costeros.

- Convenio de Diversidad Biológica

El presente convenio tiene como objeto la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes, promoviendo medidas que conduzcan a un futuro sostenible. Esta investigación se sustenta en el Art. 8 de la Conservación in situ literal f que menciona que se “Rehabilitará y restaurará ecosistemas degradados y promoverá la recuperación de especies amenazadas, entre otras cosas mediante la elaboración y la aplicación de planes u otras estrategias de ordenación” (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 1992).

- Código Orgánico del Ambiente (COA)

Con el propósito de asegurar la integridad de los ecosistemas, la funcionalidad de los paisajes, la sostenibilidad de las dinámicas del desarrollo territorial el Art. 60 sobre los corredores de conectividad menciona que los corredores de conectividad se podrán establecer entre las áreas de propiedad pública, privada o comunitaria que forman parte del patrimonio natural terrestre, marino, marino costero e hídrico del país. El fin de estos corredores de conectividad será reducir la fragmentación del paisaje y los riesgos asociados al aislamiento de poblaciones y vida silvestre, mantener flujos migratorios y dinámicas poblacionales que contribuyan a mantener la salud de los ecosistemas, así como la generación permanente de servicios ambientales. Primordialmente se establecerán estas zonas entre las áreas protegidas del Sistema Nacional de Areas Protegidas, Patrimonio Forestal Nacional y las áreas especiales para la conservación de la biodiversidad.

- Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (RCOA)

En el reglamento al Código Orgánico del Ambiente (2019) en el Art. 334 del Plan Nacional de Restauración Ecológica menciona que la Autoridad Ambiental Nacional formulará e implementará el Plan Nacional de Restauración Ecológica, instrumento que tendrá como objetivos: a) Restaurar ecosistemas degradados por pérdida de cobertura vegetal, b) Priorizar las áreas para la implementación de planes, programas y proyectos de restauración.

Además, en el Art. 93 sobre la Interacción gente-fauna silvestre menciona que la Autoridad Ambiental Nacional, en coordinación con las autoridades competentes, establecerán normas para reducir el conflicto entre las personas y la fauna silvestre, para lo cual se desarrollará procesos preventivos y de concientización sobre buenas prácticas ambientales asociadas a las interacciones entre las personas y los animales silvestres, en zonas urbanas y rurales; para ello contará con la participación de la sociedad civil, así como de comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas.

- Plan de Creación de Oportunidades 2021 – 202

El Plan de Creación de Oportunidades en su Directriz 2: Gestión del Territorio para la Transición Ecológica, propone a este como un subsistema del ordenamiento territorial que inserta la adaptación y mitigación al cambio climático, la preservación del ambiente y manejo del patrimonio natural de forma sostenible. Entre sus fines está lograr una mayor eficiencia socioeconómica con un manejo sostenible de los recursos naturales. En el Objetivo 11 plantea: Conservar, restaurar, proteger y hacer un uso sostenible de los recursos naturales. En el inciso 11.1. estipula: Promover la protección y conservación de los ecosistemas y su biodiversidad; así como, el patrimonio natural y genético nacional. G2. Fortalecer el manejo sostenible de las áreas de conservación. Inciso 11.2: fomentar la capacidad de recuperación y restauración de los recursos naturales renovables. F5. Implementar programas integrales de incremento de la cobertura vegetal priorizando la siembra de especies arbóreas nativas y las actividades de recuperación de los suelos erosionados (Secretaría Nacional de Planificación, 2021).

# CAPÍTULO III

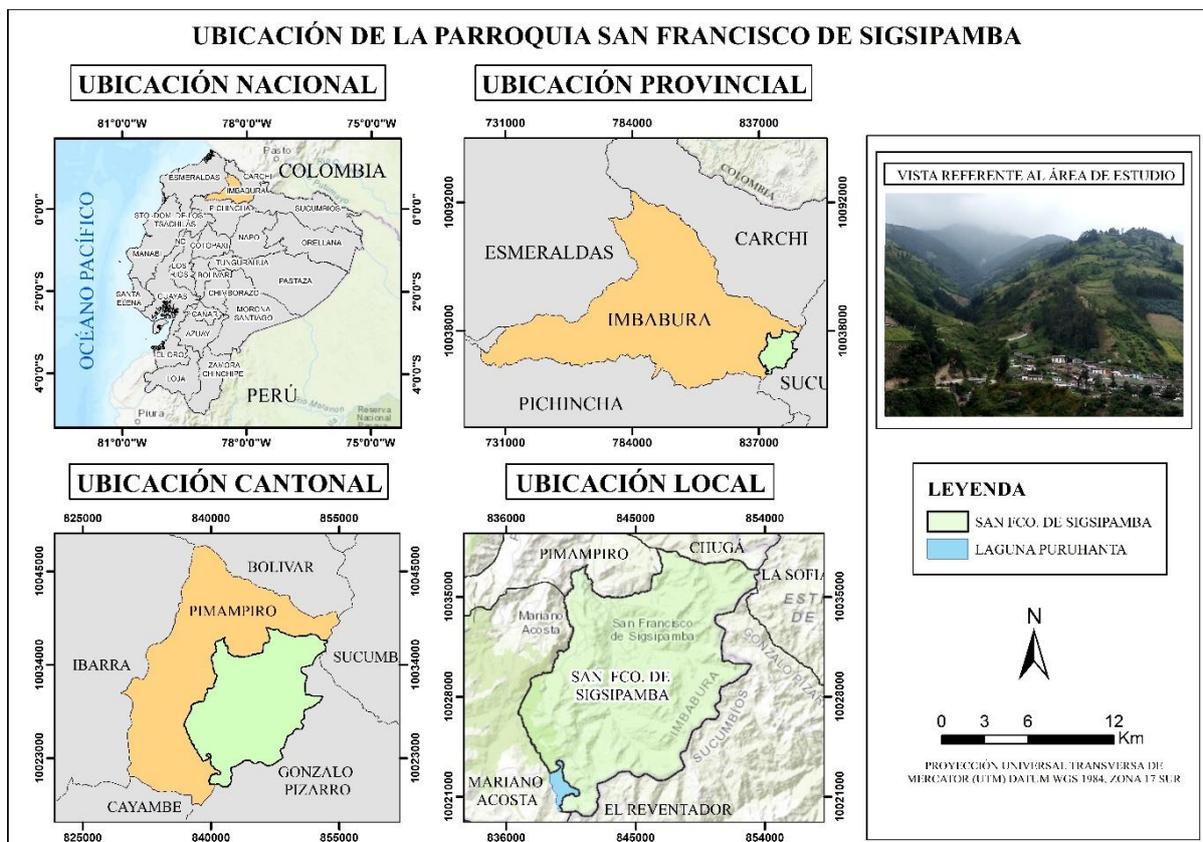
## METODOLOGÍA

### 3.1. Descripción del área de estudio

La parroquia San Francisco de Sigsipamba forma parte de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Cayambe-Coca y pertenece al cantón Pimampiro, provincia de Imbabura, Ecuador y ocupa una superficie de 17.393,5 hectáreas. Limita al norte con las parroquias Pimampiro y Chugá del cantón Pimampiro, al sur y al este con la parroquia El Reventador del cantón Gonzalo Pizarro, y al oeste, con la Parroquia Mariano Acosta del cantón Pimampiro (Figura 1); comprende 12 comunidades: Shanshipamba, San Antonio, La Floresta, San Isidro, La Merced, Bellavista, San Miguel, Ramosdanta, El Carmelo, San José, San Vicente, y La Esperanza (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal San Pedro de Pimampiro, 2014).

**Figura 1**

*Ubicación de la parroquia San Francisco de Sigsipamba*



Además, posee un clima ecuatorial de alta montaña y ecuatorial semi-térmico semi-húmedo; se encuentra entre los 1960 y 3920 m s.n.m. y acorde a su rango altitudinal las zonas de vida características son: bosque húmedo premontano, bosque húmedo montano, bosque húmedo montano bajo y páramo pluvial subalpino bajo (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal San Francisco de Sigsipamba, 2015).

### **3.2. Métodos**

En esta investigación, se evaluaron el cambio de uso de suelo y cobertura vegetal de la parroquia San Francisco de Sigsipamba y se analizó como inciden estos cambios en el hábitat del oso andino. Y finalmente, se propuso un corredor biológico como estrategia de conservación y restauración del hábitat del oso andino en esta parroquia.

#### ***3.2.1. Evaluar los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal de la parroquia San Francisco de Sigsipamba***

Para esta evaluación se elaboraron mapas temáticos de uso de suelo y cobertura vegetal para los años 1996 y 2020. Posteriormente, se analizaron los cambios de cobertura y uso de suelo en la parroquia San Francisco de Sigsipamba durante el periodo de 1996-2020.

- **Adquisición y tratamiento de imágenes satelitales**

Las imágenes satelitales para el procesamiento digital e interpretación de las categorías de cobertura vegetal y uso de suelo fueron adquiridas de la base de datos del Geoportal del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Se consideraron las imágenes con una resolución de 30x30m píxel con la menor cantidad de nubes (<10%), capturadas en luz día y que se encuentren dentro del período de estudio (1996-2020). Por otra parte, para la corrección geométrica se utilizó el sistema de proyección WGS 1984 UTM zona 17 Sur y para la corrección radiométrica se utilizó el software ENVI versión 5.3. a fin de aumentar la calidad de la imagen Landsat (Chander et al., 2009; Rodríguez-Echeverry y Leiton, 2021).

- **Identificación y clasificación de coberturas de suelo**

Para la identificación de los tipos de cobertura y uso de suelo, se utilizó el método de clasificación supervisada mediante el software ArcGis 10.8. El método consiste en la delimitación de polígonos o áreas denominados sitios de entrenamiento (Alparslan et al., 2009). Posteriormente, las imágenes de los años 1996 y 2020 fueron sometidas a una clasificación

empleando el criterio de máxima verosimilitud en la que se clasifican las firmas espectrales superpuestas (Chuvieco, 1996); para ello se consideraron las siguientes categorías: bosque nativo, vegetación arbustiva, páramo, pastos, cultivos y nubes (Tabla 2).

**Tabla 2**

*Categorías de cobertura vegetal de la parroquia San Francisco de Sigsipamba*

ID	Simbología	Coberturas
1	Bn	Bosque nativo
2	Va	Vegetación arbustiva
3	Pr	Páramo
4	Pa	Pastos
5	Cc	Cultivos
6	N	Nubes

▪ **Validación de la clasificación mediante la matriz de contingencia e índice Kappa**

Li et al. (2009), mencionan que la validación de los métodos de clasificación de imágenes satelitales se debe realizar mediante el análisis de la exactitud de las clasificaciones; considerando como base los datos recolectados por el usuario y los datos de referencia como valores de entrenamiento, sobreestimando así la precisión de la clasificación. Para validar la clasificación supervisada de las imágenes se tomaron 96 puntos de control, los cuales se obtuvieron mediante salidas de campo y el visualizador de Google Earth, información que fue ingresada al software ArcGIS 10.8. para el cálculo de la matriz de contingencia y el valor del coeficiente kappa, el cual permitió evaluar la concordancia de la clasificación y el uso de cobertura real. (Dou et al., 2007) menciona que el valor del coeficiente varía de 0 a 1; mientras más cercano a 1, la concordancia es muy alta o casi perfecta (Tabla 3).

**Tabla 3**

*Categoría de concordancia de validación para el coeficiente Kappa*

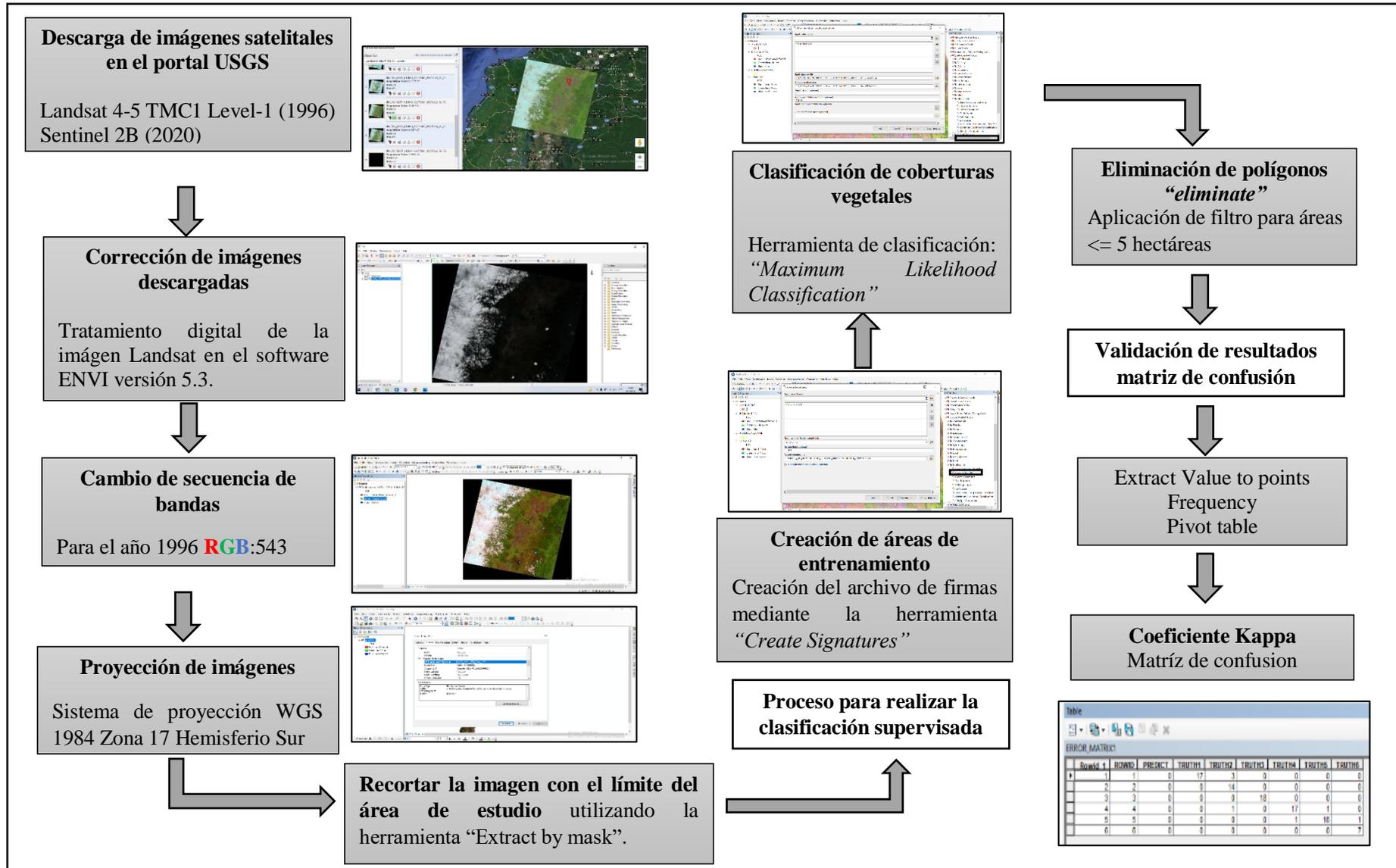
Rango	Concordancia
0	Nula
0,01 – 0,02	Leve
0,21 – 0,40	Aceptable
0,41 – 0,60	Moderada
0,61 – 0,80	Considerable
0,81 – 1,00	Casi perfecta

**Fuente:** (Cerde y Villarroel, 2008)

Para mejor comprensión se realizó un flujograma (Figura 2), con los pasos específicos necesarios para el proceso de corrección de imágenes, clasificación supervisada y validación.

**Figura 2**

*Flujograma del proceso de corrección, clasificación supervisada y validación de imágenes*



- **Análisis del cambio de cobertura y uso de suelo**

El análisis temporal del cambio de cobertura y uso de suelo se determinó mediante la extensión *Land Change Modeler* de IDRISI Selva versión 17.0. (Clark Labs, Worcester, EE. UU.). Esta extensión permite el análisis, predicción del cambio en la cobertura terrestre y la evaluación de dichos cambios en la diversidad biológica (Clark-Labs, 2009). Además, proporciona información sobre los cambios que ocurrieron durante un período de tiempo para cada una de las categorías consideradas en la clasificación supervisada, mostrando las ganancias, pérdidas y estabilidad de las clases de una manera clara y precisa (Rodríguez-Echeverry et al., 2018).

A partir de la comparación de los mapas temáticos de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal de los años 1996 y 2020 se generó la matriz de transición, que interpreta el aumento o disminución de las coberturas vegetales entre el periodo de 1996-2020. En esta matriz los valores en diagonal corresponden a las áreas que se han mantenido en el tiempo, mientras que las que se encuentran fuera corresponden a la transición de una clase a otra; es decir, nos muestra cuanto ha incrementado y cuanto se ha perdido en el período de transición (Osuna et al., 2015).

### ***3.2.2. Analizar cómo los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal inciden en el hábitat del oso andino***

- **Obtención de puntos de presencia del oso andino**

La obtención de puntos de presencia de la especie se obtuvo de la base de datos del GBIF (Global Biodiversity Information Facility) y de los registros de avistamiento del oso andino en la parroquia San Francisco de Sigsipamba, facilitados por la Prefectura de Imbabura para el periodo de 1996-2020. En total se obtuvo 20 puntos de avistamiento del espécimen, 4 puntos corresponden a la base de datos del GBIF y 16 a la base de datos de la Prefectura de Imbabura.

- **Obtención del mapa de cambios de uso de suelo y cobertura vegetal del hábitat del oso andino en el software IDRISI Selva**

Se obtuvo el mapa de los cambios ocurridos en la parroquia San Francisco de Sigsipamba mediante el comando *Cross-classification imagen* del software Idrisi, para ello se exportó las coberturas vegetales de los años 1996 y 2020 obtenidas en el primer objetivo. A partir de estas coberturas el software generó un mapa con los cambios ocurridos en la parroquia San Francisco

de Sigsipamba durante el periodo de 1996-2020. Posteriormente, se exportó el mapa al software ArcGIS para la identificación de los cambios ocurridos en las coberturas que corresponden específicamente al hábitat del oso andino (Bosque y páramo).

- **Identificación de los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal del hábitat del oso andino en el software ArcGIS**

El análisis de los cambios de usos de suelo y cobertura vegetal se realizó mediante una identificación únicamente de las coberturas que corresponden al hábitat de la especie (bosque y páramo). Para ello, se consideró las áreas que presentaron incremento o pérdida de cobertura de bosque o páramo, durante el periodo de transición de 1996-2020. Las áreas con pérdida e incremento de cobertura vegetal del hábitat del oso andino fueron representadas con color rojo y verde respectivamente. A este mapa se sobrepuso los puntos de presencia de la especie registrados durante el periodo de 1996-2020 y se realizó el respectivo análisis.

- **Análisis de los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal del hábitat del oso andino**

Una vez identificadas las áreas con pérdida e incremento del hábitat del oso andino, se realizó el cálculo de cada una de las superficies de estas áreas con la herramienta *Calculate Geometry* de ArcGIS. Posteriormente, en el programa Microsoft Excel se determinó el total de hectáreas con pérdida e incremento del hábitat del oso andino en la parroquia San Francisco de Sigsipamba durante el periodo de 1996-2020.

### ***3.2.3. Proponer un corredor biológico como estrategia de conservación y restauración del hábitat del oso andino.***

Se establecieron corredores biológicos con el propósito de incrementar la conectividad y el flujo entre poblaciones de oso andino, y con ello disminuir la pérdida y fragmentación de hábitat, y evitar la extinción de las poblaciones.

#### ***3.2.3.1. Zonificación del corredor biológico***

Para mantener e incrementar el hábitat del oso andino mediante un corredor biológico efectivo, se zonificó la tierra tanto pública como privada presente en el área de estudio en tres elementos: 1) área protegida principal, correspondiente al área del Parque Nacional Cayambe Coca (PNCC) presente en el área de estudio, 2) núcleos base para los corredores biológicos o áreas

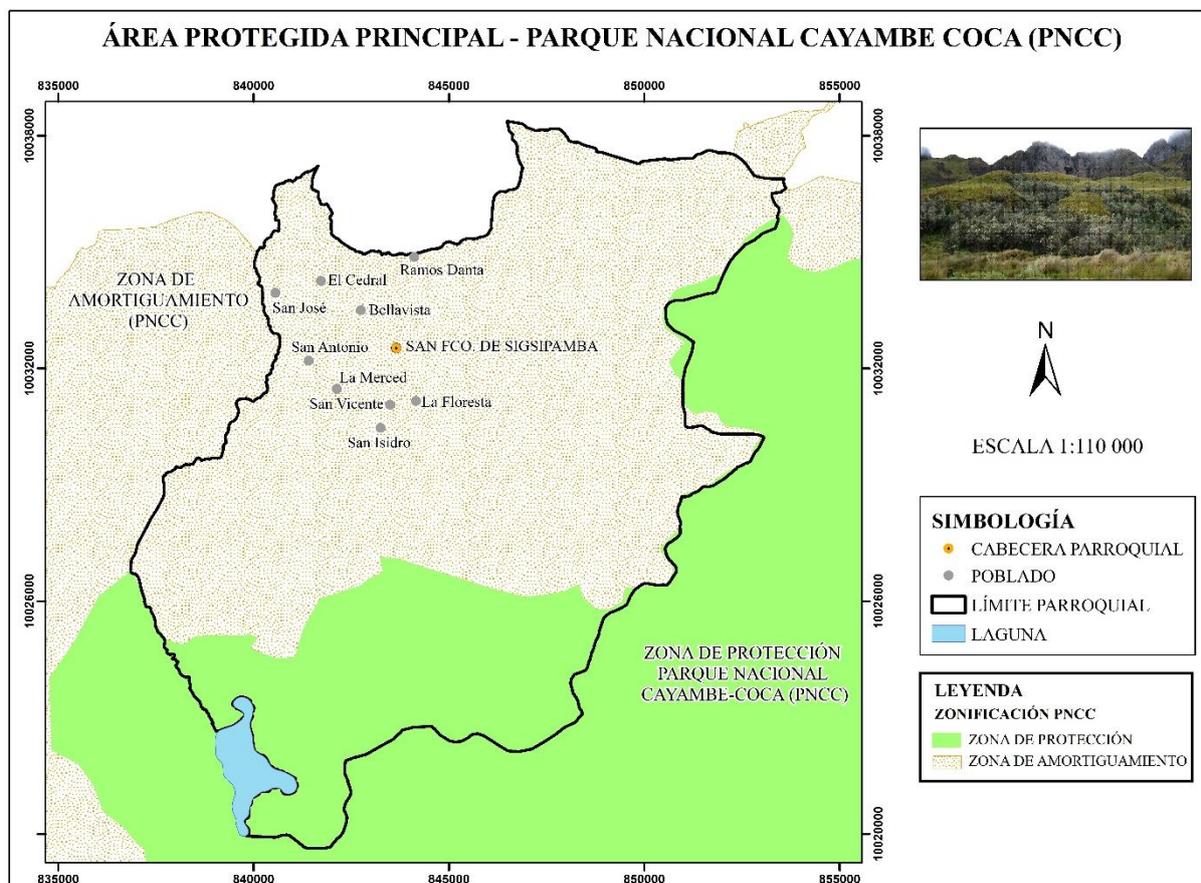
prioritarias, y 3) matriz del corredor, la cual rodea el área central y los núcleos. Esta zonificación se realizó para cumplir con las funciones básicas del corredor biológico en pro de la supervivencia del oso andino, maximizando los usos sostenibles del bosque y los beneficios derivados de los servicios ambientales (Miller et al., 2001).

▪ **Caracterización del área protegida principal**

El Parque Nacional Cayambe Coca (PNCC) es el área protegida principal. Este es un núcleo esencial para la protección del hábitat del oso andino (Figura 3). Posee una superficie de 408.287 hectáreas; se localiza al noroeste de Ecuador y está distribuido en cuatro provincias: Imbabura, Pichincha, Napo y Sucumbíos; y siete cantones: Pimampiro, Cayambe, Quito, Quijos, El Chaco, Gonzalo Pizarro y Sucumbíos Alto. Esta área es considerada con el fin de proteger el ecosistema páramo, conservar los recursos hídricos y contribuir a la conservación de la biodiversidad del bosque nublado (Ministerio de Ambiente y Agua, 2020).

**Figura 3**

*Área protegida principal - Parque Nacional Cayambe Coca*



La parroquia San Francisco de Sigsipamba es parte de la zona de amortiguamiento del PNCC y proporciona conectividad con los remanentes de hábitat del oso andino. Esta zona de amortiguamiento corresponde al 75,46 % del área de estudio, comprende los ecosistemas páramo y bosque nativo y alberga gran diversidad biológica. Entre la diversidad de fauna se destacan 42 especies de mamíferos grandes, siendo más de la mitad de estas especies raras o bajo amenaza, entre las que se encuentran el oso andino, jaguar, venado de páramo, tapir andino, entre otros (MAAE, 2020).

- **Caracterización de los núcleos base para los corredores**

Los núcleos base para el establecimiento de los corredores se identificaron en áreas adyacentes al PNCC. Estos núcleos tienen un alto valor estratégico en términos de biodiversidad combinados con uso de tierra restringido. Los núcleos fueron identificados a través del software ArcGIS, en el cual se procedió a calcular el número de hectáreas de cada parche o núcleo. Se consideraron los núcleos de conservación de mayor tamaño ( $\geq 1 \text{ km}^2$ ) y que tienen formas más regulares, ya que son más favorables para la conectividad entre áreas que se encuentran aisladas, debido a que mantienen mayor biodiversidad (Wilson y Willis, 1975; Rosenzweig, 2010; Ulloa, 2013).

- **Caracterización de la matriz del corredor**

La matriz del corredor constituye el área más extensa (Ulloa, 2013). A pesar de que generalmente la matriz está dominada por hábitats abiertos, la presencia de pequeños parches de bosque que sirven como refugios temporales facilita el movimiento de las especies a través del corredor biológico (Miller et al., 2001; Bennett y Mulongoy 2006; Kattan, 2002, como se citó en Ulloa, 2013). Por lo que, en esta zona, el manejo del suelo se enfocará en usos económicos compatibles con la conservación de la conectividad. Es decir, estará centrada en el desarrollo de usos de suelo humano de bajo impacto (Chassot y Monge, 2007).

### ***3.2.3.2. Diseño de los corredores biológicos***

Realizada la zonificación de los corredores se procedió a realizar su diseño y propuesta. Esto se llevó a cabo considerando los siguientes criterios: 1) Tamaño de los núcleos, 2) Distancia entre núcleos y el área protegida principal, 3) Área de la matriz menos antrópica. En este sentido, y mediante el programa ArcGis 10.8, se identificaron los núcleos de mayor tamaño

que estuvieran a una menor distancia y que estuvieran rodeados de una matriz con cobertura vegetal.

- **Tamaño de los núcleos**

Considerando lo propuesto por Paisley (2001) y Fierro (2015), quienes mencionan que el tamaño del núcleo para un omnívoro de 30 kg a 100 kg es mayor a 7 km<sup>2</sup> por individuo, en el presente estudio se consideraron los núcleos que tuvieran un tamaño mayor a 7 km<sup>2</sup>. Al respecto, también es importante destacar que los núcleos deben estar interconectados con otros para mejorar la conectividad de los corredores, por lo que también se han considerado los núcleos mayores a 1 km<sup>2</sup>; debido a que al no estar conectados se corre el riesgo de que el parche no sea apto para sostener vida a largo plazo, por lo que evitar su aislamiento es vital para su existencia y de las especies que alberga (Morlans, 2005; Vásquez, 2016). La determinación de los núcleos se realizó mediante el cálculo de las áreas utilizando la *herramienta Calculate Geometry* de ArcGIS 10.8. Posteriormente, se aplicó un filtro para seleccionar las áreas núcleo que se encuentren dentro del rango establecido.

- **Ancho del corredor biológico**

Este estudio utilizó un ancho de corredor de 500 metros, de acuerdo con la metodología propuesta por Austin (2014) y Vásquez (2016). La metodología propone esta medida para especies cuyas dimensiones de cabeza a cola oscilen en los 1,6 – 2,20 m y cuyos pesos sean 175 a 200 kg aproximadamente.

- **Distancia entre núcleos y área protegida principal**

De acuerdo con lo propuesto (Paisley, 2001; Castellanos, 2011), en el presente estudio se utilizó una distancia entre núcleos de 800 m y 6 km, debido a los hábitos diarios de movilidad del oso. Para este fin se utilizó el modelo digital de elevación que permitió analizar el aspecto físico de la parroquia San Francisco de Sigsipamba. Es importante destacar que mientras más ancho y largo es un corredor, éste puede ser mejor aprovechado por una mayor cantidad de especies (Austin, 2014).

- **Distancia de corredores con vías y poblados**

Para el establecimiento de los corredores biológicos Rodríguez et al. (2004), sugieren que en áreas con presencia de vías, carreteras y poblados se defina un área de influencia de 1,5 km a

2 km sobre cada corredor; con el propósito de evitar el conflicto oso andino-humano y como una medida de protección ante posibles amenazas hacia las poblaciones de *T. ornatus*. Para ello se trabajó con las vías y poblados del Sistema Nacional de Información (SNI) y la herramienta de geoprocésamiento de ArcGIS que crea polígonos de zonas de influencia a una distancia específica.

- **Área de la matriz menos antrópica**

De acuerdo con las diferentes coberturas vegetales presentes en el área de estudio se analizó la composición de la matriz. Este análisis consistió en identificar las coberturas vegetales naturales y antrópicas presente entre núcleos y el área protegida principal. Esto permitió seleccionar las áreas de la matriz menos antrópicas, las cuales son clave para el establecimiento de los corredores (Ulloa, 2013). Este análisis se realizó con el mapa de coberturas del área de estudio y el programa ArcMap 10.8.

- **Establecimiento de los corredores biológicos**

Con la información obtenida en la zonificación de los corredores biológicos se procedió a establecerlos en el mapa del área de estudio. Es decir, la zonificación permitió identificar los núcleos clave o prioritarios, el tamaño y distancia entre ellos y el área protegida principal, el ancho de los corredores y las condiciones de la matriz (Chassot y Monge, 2007). Una vez establecidos estos criterios se realizó el trazado de los corredores en la parroquia San Francisco de Sigsipamba y como resultado se obtuvo un mapa con el diseño de los corredores biológicos para el oso andino en el área de estudio.

### 3.3. Materiales y equipos

A continuación, los materiales y equipos utilizados en esta investigación (Tabla 4).

**Tabla 4**

*Equipos y herramientas informáticas usadas en la investigación*

Equipos		Programas/base de datos	
Oficina	Campo		
Flash memory	Navegador GPS	Software ArcGIS 10.8	Coberturas digitales del SNI
Computador	Cámara	Software IDRISI Selva 17.0	Plataforma Google
Impresiones	fotográfica	Software ENVI 5.3	Earth Pro
	Libreta de campo	Imágenes satelitales USGS	Base de datos del GBIF
		Modelo Digital de elevación	

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se detallan e interpretan los resultados obtenidos a lo largo de la investigación.

#### *4.1. Evaluación de los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal de la parroquia San Francisco de Sigsipamba*

Se presenta los resultados de la evaluación del cambio de uso de suelo y cobertura vegetal de la parroquia San Francisco de Sigsipamba, para el periodo 1996-2020.

##### *4.1.1. Validación de la clasificación mediante la matriz de contingencia e índice kappa*

La matriz de contingencia y la índice kappa se determinaron mediante la clasificación supervisada de imágenes satelitales de la parroquia San Francisco de Sigsipamba para los años 1996 y 2020.

- **Validación de la clasificación mediante la matriz de contingencia y el índice kappa para el año 1996.**

De la matriz de contingencia se obtuvo un coeficiente del índice kappa de 0,90%, que corresponde a una clasificación “casi perfecta”. Lo anterior indica que la clasificación realizada en el software ArcGIS y el uso de cobertura real determinada mediante los 96 puntos de control tiene una fuerza de concordancia alta (Tabla 5).

**Tabla 5**

*Matriz de contingencia de la clasificación supervisada del año 1996*

Clases	Referencias						Total	Exactitud
	Bn	Va	Pr	Pa	Cc	N		
Bn	16	2	0	0	0	0	18	88,88
Va	0	16	0	2	0	0	18	88,88
Pr	0	0	23	0	0	0	23	100
Pa	0	0	0	20	0	0	20	100
Cc	0	0	0	3	11	0	14	78,57
N	0	0	0	0	0	3	3	100
Total	16	18	23	25	11	3	96	
Exactitud	100	88,88	100	80	100	100		

- **Validación de la clasificación mediante la matriz de contingencia y el índice kappa para el año 2020**

Con los valores obtenidos en la matriz de contingencia se obtuvo un coeficiente del índice kappa de 0,91%, que corresponde a una clasificación “casi perfecta”. Esto indica que la clasificación realizada en el software ArcGIS y el uso de cobertura real determinada mediante los 96 puntos de control tiene una fuerza de concordancia alta (Tabla 6).

**Tabla 6**

*Matriz de contingencia de la clasificación supervisada del año 2020*

Clases	Referencias						Total	Exactitud
	Bn	Va	Pr	Pa	Cc	N		
Bn	16	1	0	0	0	0	17	94,11
Va	0	15	0	0	0	0	15	100
Pr	0	0	15	0	0	0	15	100
Pa	0	0	0	17	2	0	19	89,47
Cc	0	0	0	1	15	0	16	93,75
N	1	0	1	0	1	11	14	78,57
Total	17	16	16	18	18	11	96	
Exactitud	94,11	93,75	93,75	94,44	83,33	100		

#### **4.1.2. Análisis del cambio de la cobertura y uso de suelo**

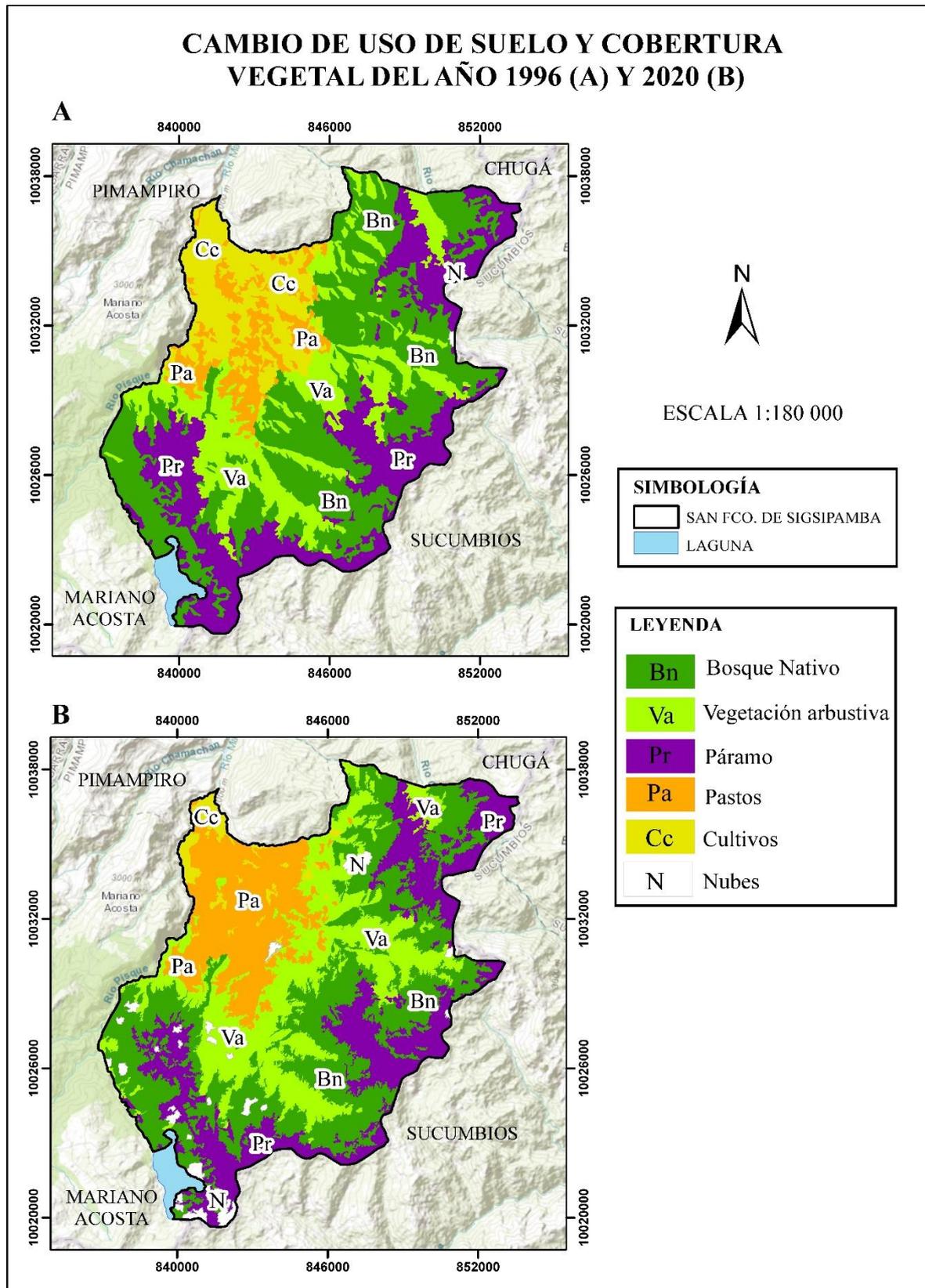
- **Análisis de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal mediante la matriz de transición para el periodo 1996-2020**

La parroquia San Francisco de Sigsipamba posee un área aproximada de 17.393,5 ha, de las cuales 6.587,23 ha estaban constituidas por bosque nativo en 1996, disminuyendo a 6.154,71 ha al 2020. Es decir, en 24 años hubo una pérdida de 13,24% de cobertura de bosque nativo (Figura 4). El bosque nativo fue la cobertura dominante en la parroquia San Francisco de Sigsipamba durante todo el periodo de estudio.

A continuación, se muestran los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal de la parroquia San Francisco de Sigsipamba para los años 1996 (A) y 2020 (B).

**Figura 4**

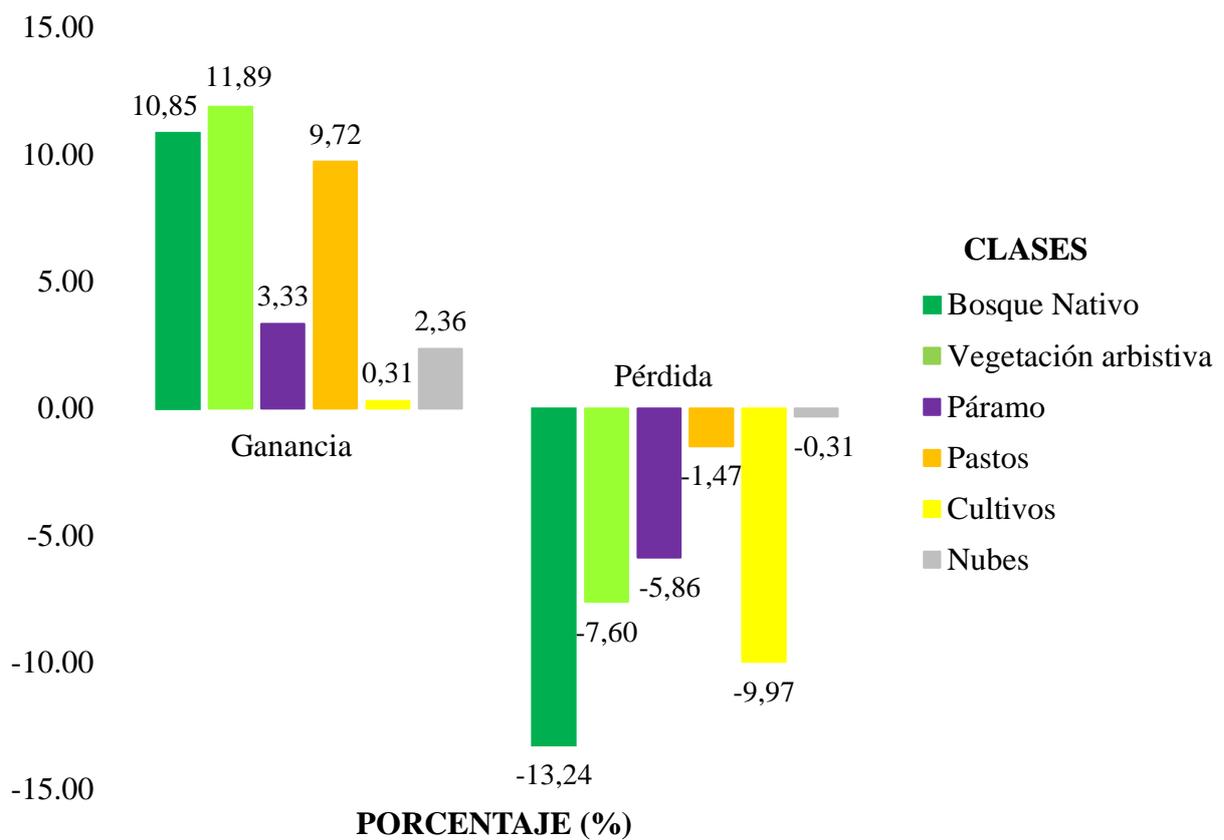
*Cambio de uso de suelo y cobertura vegetal del año 1996 (A) y 2020 (B)*



Además, las coberturas que también registraron pérdidas, después del bosque nativo, son los cultivos y páramo en 9,97% y 5,86%, respectivamente. Por otra parte, la vegetación arbustiva y los pastos registraron un incremento de 11,89% y 9,72% respectivamente, durante los 24 años (Figura 5) y (Tabla 7).

**Figura 5**

*Ganancia y pérdida (%) de la cobertura vegetal de la parroquia San Francisco de Sigsipamba para el periodo de 1996-2020*



**Tabla 7**

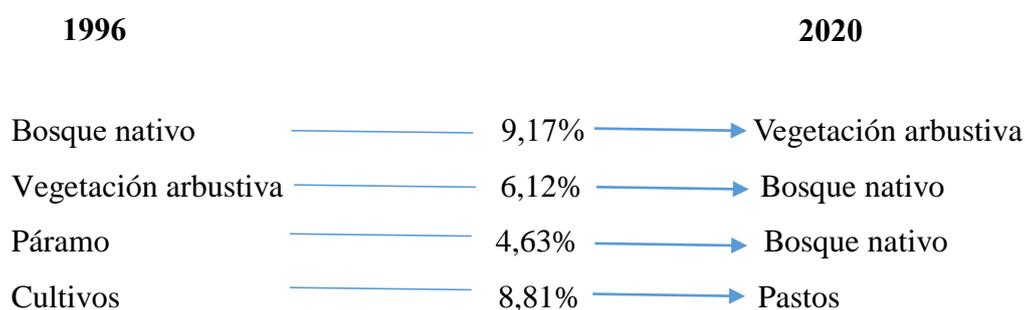
*Matriz de transición de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal para el periodo de 1996-2020 en porcentaje (%)*

		2020					Total 1996	Pérdida	
		Bosque nativo	Vegetación arbustiva	Páramo	Pastos	Cultivos	Nubes		
1996	Bosque nativo	24,58	9,17	2,52	0,33	0,09	1,13	37,82	13,24
	Vegetación arbustiva	6,12	11,48	0,57	0,58	0,03	0,30	19,09	7,60
	Páramo	4,63	0,40	17,89	0,00	0,00	0,82	23,75	5,86
	Pastos	0,02	1,22	0,00	5,64	0,18	0,05	7,12	1,47
	Cultivos	0,00	1,10	0,00	8,81	1,94	0,06	11,91	9,97
	Nubes	0,08	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	0,31	0,31
	Total 2020	35,43	23,37	21,22	15,36	2,25	2,36	100,00	38,46
	Ganancia	10,85	11,89	3,33	9,72	0,31	2,36	38,46	

Se determinó que la categoría que presentó mayor transición hacia vegetación arbustiva fue el bosque nativo con un 9,17% (Figura 6). Mientras que los cultivos tuvieron una transición hacia pastos con un 8,81%. Por otra parte, con un menor porcentaje las categorías de vegetación arbustiva y páramo tuvieron una transición hacia bosque nativo con un 6,12% y 4,63%, respectivamente.

### Figura 6

*Principales trayectorias de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal para el periodo de 1996-2020*



El cambio de uso de suelo antrópico ha generado importantes transformaciones en la cobertura vegetal. En Ecuador, se estima que la pérdida de bosques es cercana al 80%, como consecuencia principal de la conversión de este ecosistema a cultivos agrícolas (Ferrer-Paris et al., 2019; Paladines, 2003; Rodríguez-Echeverry y Leiton, 2021). De igual manera el estudio realizado en los bosques templados de Chile por Rodríguez-Echeverry et al. (2018) demuestran una pérdida de área del 12% de bosque nativo (pérdida media anual del 0,5%) de 1986 a 2011 provocadas por actividades antrópicas; por lo que el cambio de uso de suelo constituye una de las principales causas que desencadenan las transformaciones de los ecosistemas terrestres, por encima de los fenómenos naturales (Rodríguez-Echeverry et al., 2018).

El estudio realizado por Otavo y Echeverría (2017), reveló una pérdida total de bosque nativo del 33,2%, a una tasa de deforestación de 1,6% cada año, entre 1986 y 2011 en la cordillera de Nahuelbuta que hace parte de un paisaje de alto valor de conservación. De la misma manera, Lombeida et al. (2017), menciona que durante el período de 2002-2008 en el cantón Naves, provincia de Bolívar, se evidenció que el tipo de vegetación más afectada fue el bosque nativo, el cual se modificó principalmente en tierras agropecuarias y pastizales. Lo que hace referencia a los cambios ocurridos durante el periodo de 1996-2020 en la parroquia San Francisco de Sigsipamba, donde se evidenció el 13,24% de pérdida de cobertura de bosque y la vegetación

arbustiva registró un incremento de 11,89%, lo que concuerda con el estudio de Bazantes y Revelo, (2018) en el que determinaron una pérdida de bosque nativo de 20,37% y un aumento de la vegetación arbustiva de 10,75%.

El aumento de la vegetación arbustiva en la parroquia San Francisco de Sigüipamba puede sugerir un proceso de regeneración por evolución natural, que sucede en un ecosistema como producto de un disturbio de origen natural (incendios espontáneos, fuertes vientos, terremotos, inundaciones, entre otros) o por las actividades antrópicas (tala, ganadería, agricultura, incendios provocados, entre otros) (De la Orden, 2020). En el estudio realizado por Sierra (2013), menciona que el proceso de abandono de tierras agropecuarias o la recuperación de bosques degradados dan lugar a la regeneración de bosques naturales y determina que, en Ecuador entre los años 1990 y 2000, se regeneraron 0,3 ha de bosque y entre el 2000 y 2008 se regeneraron 0,47 ha de bosque por cada hectárea deforestada, lo que corresponde a un incremento de alrededor del 50% respecto al periodo anterior. El oso andino también participa activamente en la sucesión vegetal de los bosques debido a que en ocasiones rompe ramas y crea claros en el dosel, lo que permite la entrada de luz solar al suelo y activa el desarrollo de plántulas y árboles jóvenes, renovando la vegetación (Vela et al., 2011).

Los páramos ecuatorianos, debido a su fragilidad, están siendo amenazados por los cambios de uso de suelo y la presencia de sistemas agrícolas. Los páramos del norte del país en especial se han visto afectados por actividades como la quema, el pastoreo y la presencia de plantaciones de coníferas exóticas, por ejemplo, las plantaciones de pino (*Pinus radiata*) que se establecieron para el control de la erosión en áreas degradadas y para la producción de madera (Chuncho y Chuncho, 2019). Por lo que, la transición de páramo a bosque, identificada en el área de estudio puede significar el límite superior del ecotono correspondiente a la zona donde pequeñas islas de bosque se encuentran insertas en diferentes comunidades de páramo andino. Estos bosquetes están generalmente inmersos en la matriz del páramo andino, siendo posible encontrarlos también en zonas a mayor elevación en el páramo altoandino (Llambí, 2015).

Por otra parte, esta transición también se puede deber al incremento de las plantaciones de pino en el Ecuador donde, la cantidad de especies de plantas aumentó en comparación con el páramo natural, lo que soporta la hipótesis de que una plantación, aunque sea de una especie exótica, crea un microclima de bosque en un páramo y contribuye a la regeneración de bosque (Hofstede, 2001; Chuncho y Chuncho, 2019).

Con respecto a las plantaciones de especies exóticas Llambí (2015), menciona que es particularmente preocupante la práctica extendida, a lo largo de los Andes del norte, de promover procesos de “reforestación” de los páramos y otros ecosistemas altoandinos utilizando únicamente especies exóticas. Estos procesos de forestación, que prestan además muy poca atención a la vegetación de referencia y la historia de uso del área a recuperar, se realizan de manera errónea en los ecosistemas altoandinos.

En referencia a la transición generada de cultivos a pastos, ésta se debe principalmente a la necesidad de alimentar al ganado bovino, ya que la ganadería es una de las principales actividades económicas que se desarrollan en la parroquia de San Francisco de Sigsipamba. El estudio realizado por Irua (2012), reportó un incremento de los pastos cultivados en un 13,33% en los últimos años, el cual estuvo relacionado con un aumento en el ganado bovino. Lo anterior ayuda a confirmar que el incremento de los pastos en el área de estudio está directamente relacionado con la expansión de actividades económicas locales.

#### ***4.2. Análisis de cómo los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal inciden en el hábitat del oso andino***

En el presente apartado, se presenta los resultados de los cambios ocurridos en el hábitat del oso andino durante el periodo 1996-2020.

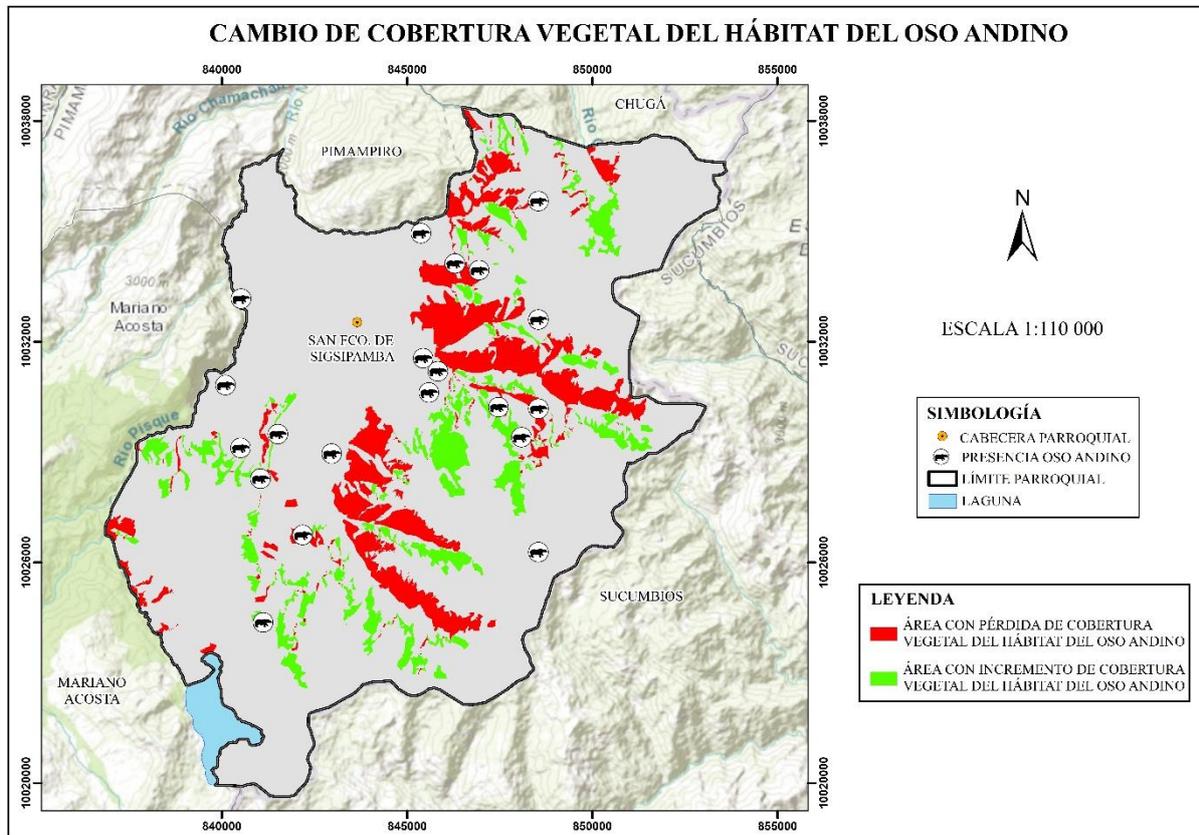
- **Análisis de los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal del hábitat del oso andino**

En el año 1996 el hábitat de *T. ornatus* (bosque y páramo) en la parroquia de San Francisco de Sigsipamba representó un total de 10.713,92 ha y para el año 2020 representó un total de 9.858,68 ha. Los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal durante el período de 1996-2020 impactaron 2.890,29 hectáreas del hábitat. De las cuales 1.733,09 hectáreas se impactaron negativamente, que representan el 59,96%. Sin embargo, durante el mismo período se registró un incremento de 1.157,20 hectáreas de hábitat, que representan el 40,04% de la superficie impactada. En términos generales fue mayor el impacto o los cambios negativos sobre la cobertura vegetal que conforma el hábitat de esta especie (Figura 7).

Además, con los puntos de presencia de la especie sobrepuestos en el mapa se verificó que el oso andino ha sido registrado en las áreas impactadas. Por lo tanto, es necesario considerar estas áreas dentro de la estrategia de conservación y restauración del hábitat del oso andino.

**Figura 7**

*Cambio en la cobertura vegetal en el hábitat (bosque nativo y páramo) del oso andino en la parroquia San Francisco de Sigispamba entre 1996-2020*



En el norte de Sudamérica, especialmente en Colombia, Venezuela y Ecuador, el hábitat del oso andino se ha reducido cerca de un 42%, debido a que las zonas de distribución de la especie se superponen con las áreas de desarrollo humano y la expansión de las fronteras agrícolas y ganaderas, lo que contribuye al declive poblacional del oso andino debido a la pérdida y fragmentación de su hábitat (Kattan et al., 2004; Bazantes et al., 2018). En Colombia, cerca del 1% (2 mil kilómetros cuadrados, aproximadamente) de bosque de niebla y páramo son talados anualmente para establecer nuevas áreas de cultivo, sin ningún tipo de plan de manejo (Vela et al., 2011).

Esto también se refleja en el estudio realizado por Buenaño (2007), que menciona que el patrón de deforestación en un período de 15 años (1986-2001) en el Noroccidente del Distrito Metropolitano de Quito es de 16,67% para el bosque siempre-verde montano bajo y de 4,41% para el bosque de neblina montano. Lo anterior indica que esta área en poco tiempo podría no estar en capacidad de proporcionar los suficientes recursos de alimento, conectividad y espacio para las poblaciones de oso, lo que influye en la probabilidad de que una hembra de oso pueda

encontrar abundante alimento y de alta calidad para asegurar la sobrevivencia de sus oseznos. Estas tendencias coinciden con las estimadas para Ecuador, debido a que entre los años 1990 y 2008 se perdieron cerca de 19.000 km<sup>2</sup> de bosque natural, lo que representa una reducción del 69,6% al 60,7% de la superficie del país (Sierra, 2013).

Según Vela et al. (2011), en Ecuador específicamente se ha perdido el 38% de la superficie de páramos y bosques de niebla, ya que se ubican en terrenos utilizados para la agricultura de alta montaña y ganadería extensiva, lo que disminuye rápidamente los hábitats disponibles para el oso andino, aumentando las interacciones con humanos. Actualmente, las amenazas principales que enfrenta son la caza furtiva y la destrucción de su hábitat natural; con su entorno fragmentado, las poblaciones de osos se reducen lo que hace que las pocas poblaciones que aún quedan en Ecuador se encuentren generalmente aisladas entre sí (Sandoval y Yáñez, 2019).

Por otra parte, el Proyecto Páramo encaminado por la División de Áreas Protegidas del Ministerio del Ambiente y Agua de Ecuador planteó que las causas de la fragmentación, deterioro y destrucción del hábitat y de la persecución al oso están relacionadas íntimamente con la pobreza y la insatisfacción de necesidades básicas de la población rural (Rodríguez et al., 2004).

#### ***4.3. Diseño del corredor biológico como estrategia de conservación y restauración del hábitat del oso andino***

##### **4.3.1. Criterios y diseño de corredores biológicos**

El diseño de los corredores biológicos se llevó a cabo considerando los siguientes criterios: 1) Tamaño de los núcleos, 2) Distancia entre núcleos y el área protegida principal, 3) Área de la matriz menos antrópica.

- **Tamaño de los núcleos**

Se identificaron 6 áreas núcleo, los cuales oscilan entre 1 km<sup>2</sup> y 8 km<sup>2</sup>. El núcleo más grande tiene una superficie de 8 km<sup>2</sup> y podría actuar como hábitat. Mientras que, los núcleos de 1,10 km<sup>2</sup> a 5,64 km<sup>2</sup> actúan como sitios de conducto o paso para conectar el núcleo más grande con los núcleos de menor tamaño e incrementar la conectividad entre estos y el PNCC (Tabla 8).

**Tabla 8**

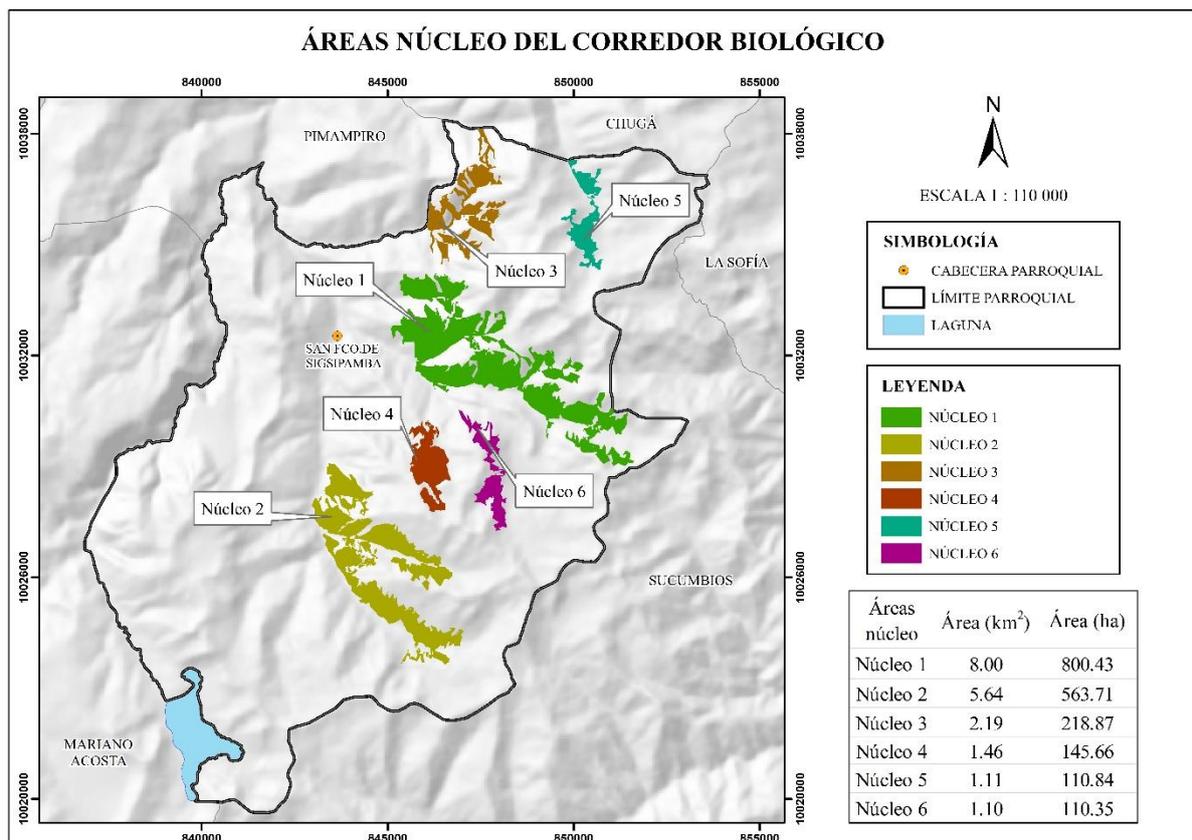
*Superficie de las áreas núcleo*

N° áreas núcleo	Simbología	Área (km <sup>2</sup> )	Área (ha)
Núcleo 1	N1	8,00	800,43
Núcleo 2	N2	5,64	563,71
Núcleo 3	N3	2,19	218,87
Núcleo 4	N4	1,46	145,66
Núcleo 5	N5	1,11	110,84
Núcleo 6	N6	1,10	110,35

A continuación, se muestra el mapa de las áreas núcleo definidas para el establecimiento de los corredores biológicos en el área de estudio (Figura 8).

**Figura 8**

*Áreas núcleo definidas para el diseño del corredor biológico*



- **Distancia entre núcleos y el área protegida principal**

Considerando los hábitos de movilidad diarios del oso andino, se establecieron distancias que bordean entre los 0,8 km a 6 km entre núcleos y área protegida. La longitud de los corredores varía entre 1,11 km y 2,72 km. El ancho de los corredores es de 500 m, por lo que sus superficies varían entre 55,30 y 135,88 hectáreas (Tabla 9).

**Tabla 9**

*Longitud y área de los corredores*

N° de corredores	Corredor	Conectividad	Longitud (km)	Área corredor (ha)
1	C1	N2-N4	1,38	68,38
2	C2	N4-N6	1,14	56,71
3	C3	N6-N1	1,42	71,16
4	C4	N4-N1	1,49	74,48
5	C5	N1-N3	1,11	55,30
6	C6	N3-N5	2,72	135,88
7	C7	N5-PNCC	1,97	98,59
8	C8	N1-PNCC	1,23	61,36
9	C9	N6-PNCC	2,04	101,65

- **Matriz del corredor biológico**

A partir del mapa de coberturas del área de estudio para el año 2020 (Figura 4B) se estableció que los corredores se encuentran dentro de las áreas menos antrópicas. Por lo tanto, se encuentran inmersos en una matriz de paisaje compuesta por bosque nativo, páramo y vegetación arbustiva, siendo el bosque nativo y páramo las coberturas dominantes.

A continuación, se detalla la aplicabilidad e impacto de los corredores biológicos propuestos en al área de estudio y la composición de la matriz de cada uno de los corredores (Tabla 10).

**Tabla 10***Aplicabilidad e impacto de los corredores biológicos*

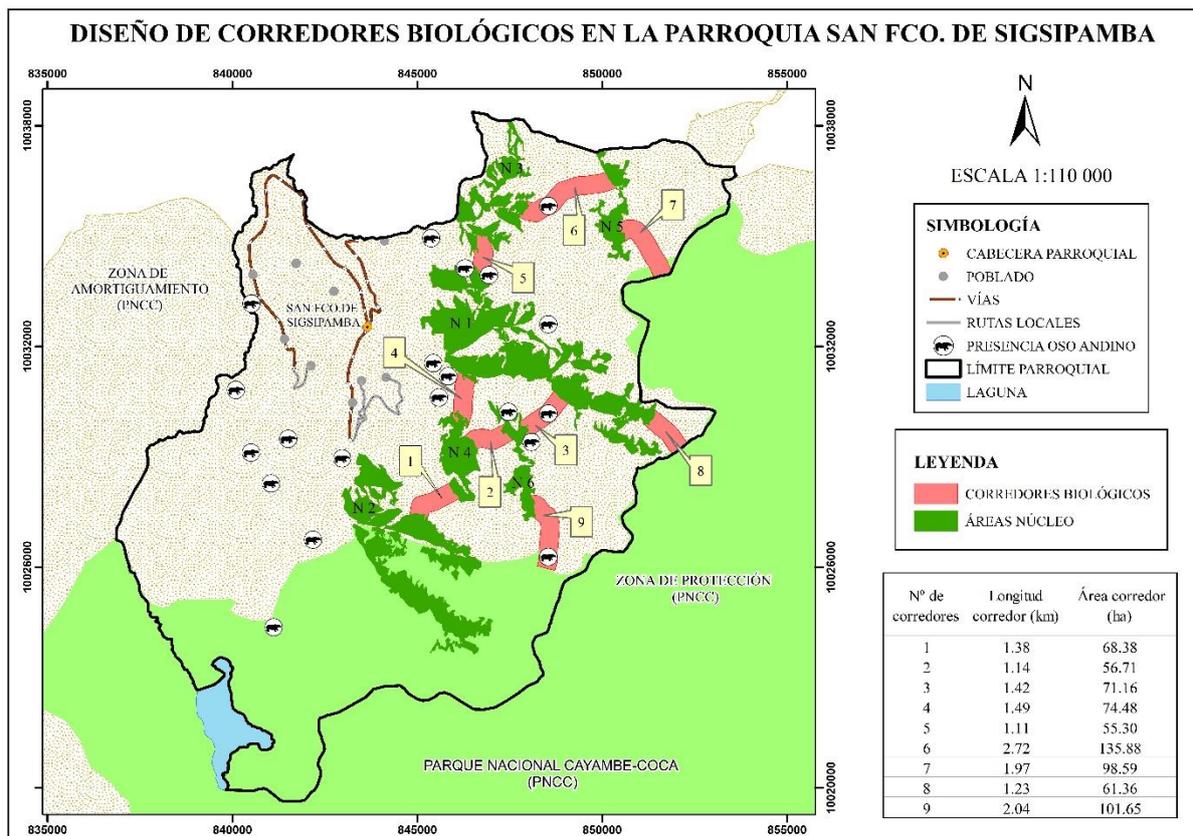
Corredor	Área núcleos que conecta		Matriz del corredor biológico	Impactos potenciales	
	Simbología	Superficie (ha)		Positivo	Negativo
1	N2-N4	68,38	Bosque nativo y páramo	Facilita el desplazamiento del oso andino y de la fauna asociada	Sirve de conducto para especies oportunistas.
2	N4-N6	56,71	Bosque nativo y páramo	Beneficia a gran diversidad de especies	Favorece la hibridación de formas taxonómicas.
3	N6-N1	71,16	Vegetación arbustiva y bosque nativo	Aumenta la tasa de migración de individuos	Facilita la propagación de incendios y otras perturbaciones.
4	N4-N1	74,48	Vegetación arbustiva y bosque nativo	Provee hábitat, refugio y otros recursos a especies silvestres	
5	N1-N3	55,30	Vegetación arbustiva y bosque nativo	Favorece el intercambio genético interpoblacional	
6	N3-N5	135,88	Bosque nativo, vegetación arbustiva y páramo	Aumenta la diversidad paisajística	
7	N5-PNCC	98,59	Bosque nativo y páramo	Permite conservar e incrementar las poblaciones de oso andino	
8	N1-PNCC	61,36	Bosque nativo, vegetación arbustiva y páramo	Permite la recolonización de hábitats y el restablecimiento de poblaciones	
9	N6-PNCC	101,65	Bosque nativo y páramo	Disminuye el aislamiento de poblaciones.	

- **Diseño de corredores biológicos**

Se diseñaron nueve corredores o enlaces para conectar seis áreas núcleo, las cuales fueron determinadas de acuerdo con los criterios establecidos en este estudio. Con los corredores diseñados se logrará mejorar la conexión de los parches entre sí y con el Parque Nacional Cayambe Coca (Figura 9). Los corredores de 500 m de ancho son apropiados para asegurar la conexión ecosistémica y tránsito de mamíferos grandes y otros especímenes. Además, éstos son indispensables para la recuperación de las coberturas vegetales mediante procesos de interacción biológica (Ruiz et al., 2012). Por tanto, el diseño de corredores biológicos contribuye a la conservación de la biodiversidad y la interconexión de los parches vegetativos que aún existen, considerándose necesarios para mantener el flujo de materia, especies y organismos (Pérez y Rosero, 2019).

**Figura 9**

*Diseño de corredores biológicos en la parroquia San Francisco de Sigispamba*



El planteamiento de corredores está directamente ligado a incrementar la conectividad de los parches de un área determinada. La distribución del oso andino se ha reducido significativamente debido a la pérdida y fragmentación de su hábitat. El estudio de (Kattan et

al., 2004; Peralvo et al., 2005; Wallace et al., 2014) menciona que una parte importante de las poblaciones remanentes de esta especie se encuentran en paisajes fragmentados conformados por mosaicos de parches silvestres inmersos en una matriz de uso humano. Por lo que, la conservación de poblaciones viables de oso andino requiere del desarrollo de intervenciones de conservación y manejo. Siendo las Áreas Protegidas (AP) en muchos casos, los sitios en mejor estado de conservación de los paisajes silvestres, convirtiéndose en elementos fundamentales en la conservación de las poblaciones (Márquez et al., 2017).

Por lo tanto, el establecimiento de los corredores biológicos en la parroquia San Francisco de Sigsipamba se enfoca en asegurar la conectividad entre parches de hábitat del oso andino, muchos de estos asociados al Parque Nacional Cayambe Coca. Según (Goldstein et al., 2015; Márquez et al., 2017) la asociación de parches a las AP permite reducir la pérdida y fragmentación del hábitat y evita el conflicto por la coexistencia e interacción entre los osos y la gente.

En esta misma línea de la importancia ecológica de los fragmentos o relictos de bosque, un estudio realizado por Guindon (2001), en la vertiente pacífica de la cordillera de Tilarán, en Costa Rica, entre los 900 y 1500 m s.n.m, mostró la importancia de la conservación de fragmentos de bosque para mantener la biodiversidad regional, al considerar en primer lugar el gradiente altitudinal, luego el tamaño y la proximidad o conexión con otros fragmentos de bosque y áreas extensas de altura bajo la figura de protección. El autor estudió y correlacionó abundancia y diversidad de especies de aves frugívoras con la abundancia de frutos de diversas especies de Lauraceae, el tamaño del fragmento de bosque, la distancia entre fragmentos, el porcentaje de bosque y la altitud, y encontró correlaciones positivas con varias de las especies.

Conforme se establece en el Art. 60 del Código Orgánico del Ambiente (COA), el bosque y páramo fragmentado que aún permanece en la parroquia San Francisco de Sigsipamba y que mantiene aún remanentes de hábitat viable del oso andino, constituye una gran oportunidad para crear una conexión entre ellos, mediante los corredores biológicos, para así ayudar a mantener la viabilidad de esta especie. En este sentido, establecer y consolidar el corredor biológico en el área de estudio constituye también una importante oportunidad para contribuir en la integridad ecológica de estos ecosistemas.

Por otra parte, para el establecimiento de los corredores biológicos es fundamental el grado de organización, la participación comunal y el apoyo de instancias políticas y locales nacionales,

que permitan convertir estas áreas en prioridad geográfica y coordinar las iniciativas de desarrollo rural con el manejo de los recursos naturales; a fin de lograr la participación de la comunidad en programas que involucren incentivos, ya sean estos forestales o por servicios ambientales, o también no se descarta la posibilidad de que a futuro existan incentivos para el establecimiento de corredores biológicos. Además, se debe incluir el ordenamiento territorial y la estructura de la tenencia de la tierra para evitar conflictos entre sectores y establecer mecanismos de gestión entre actores locales, externos e instituciones para implementar mejores prácticas agrícolas y agroforestales compatibles con los objetivos del corredor biológico, como una forma de dar viabilidad a largo plazo a estos espacios (Sánchez y Rodríguez, 2010).

#### **4.3.2. Programa de restauración**

La práctica de la restauración con uso de plantas nativas puede contribuir a la protección a largo plazo y a la valorización del patrimonio natural y cultural de los ecosistemas nativos, así como a la protección, gestión y ordenación del territorio. En este sentido, se presentan la nucleación y transposición de gavillas como técnicas de restauración ecológica para la conectividad del hábitat del oso andino, lo que representa un proceso de integración de los ecosistemas fragmentados. Reis et al. (2003), sugieren a la nucleación como propuesta para la restauración de la conectividad de ecosistemas demostrando que algunos organismos vegetales tienen capacidad de formar micro-hábitats, que mejoran las condiciones ambientales y atraen a otros organismos, formando de esta manera, núcleos de diversidad. Las técnicas nucleadoras propuestas por Reis et al. (2003), conciben la formación de núcleos, dejando gran parte de las áreas para las eventualidades locales, o sea, para acción de la propia regeneración natural.

De acuerdo con lo anterior, se plantea el siguiente programa de restauración para el bosque nativo y páramo en la parroquia San Francisco de Sigsipamba, la que tiene una proyección de diez años. El fin de ésta radica en conservar e incrementar el hábitat del oso andino. En consecuencia, la metodología utilizada garantizará la recuperación de los atributos ecológicos de los ecosistemas naturales degradados.

#### **Meta:**

Restaurar la conectividad estructural y funcional de los ecosistemas bosque nativo y páramo en la parroquia San Francisco de Sigsipamba, con el fin de garantizar la recuperación del hábitat del oso andino.

## **Objetivo General:**

Recuperar la composición y estructura de los ecosistemas bosque nativo y páramo en la parroquia San Francisco de Sigsipamba.

## **Objetivos Específicos:**

- Establecer plantaciones de especies nativas mediante la técnica de nucleación.
- Evaluar la efectividad de las técnicas mediante la comparación de los procesos de sucesión ecológica considerando el crecimiento y supervivencia de las especies plantadas.

**Técnicas.** Para la restauración del bosque nativo y páramo se proponen implementar dos técnicas en cada ecosistema, las que se llevarán a cabo con especies nativas que hacen parte a la composición en cada uno de ellos. A continuación, se describen las técnicas y se indicarán las potenciales especies con las cuales se puede realizar la restauración:

- **Nucleación:** Se debe establecer 1 núcleo por cada hectárea del corredor, formando núcleos de 13 plantas cada uno, de forma homogénea o heterogénea (Reis et al., 2003). En total se requieren 9.347 plantas para los 9 corredores biológicos. Para el desarrollo de esta técnica el presente estudio propone restaurar con las siguientes especies vegetales para el ecosistema bosque nativo: *Pouteria lucuma* (Luma), *Eugenia* spp (Arrayán), *Myrica pubescens* (Laurel), *Oreopanax* sp (Pumamaqui), *Podocarpus oleifolios* (Podocarpus) y *Polylepis incana* (Yahual). Para el ecosistema páramo se propone restaurar con las siguientes especies: *Chuquiraga Jussieui* (Chuquiragua), *Hypericum laricifolium* (Romerillo) e *Hypericum lancioides* (Bura bura).
- **Transposición de gavillas o abrigos artificiales:** Estas áreas abiertas dan la oportunidad a la exposición de animales a sus predadores. Con fines de formar un abrigo seguro para la fauna, la transposición de gavillas (acumulo de retoños, residuos forestales o grandes cantidades de rocas) es una estrategia efectiva para aumentar la frecuencia y permanencia de visitantes (roedores, reptiles, anfibios, entre otros.). Esta técnica consiste en: i) Proporcionar ramas y restos vegetales de bosques o plantaciones apilados, para formación de abrigos artificiales para la fauna; ii) Asegurar la dinámica de organismos descomponedores para incrementar la recuperación de los suelos por la formación de humus; iii) Desarrollar núcleos que actúen como refugios artificiales para la fauna con el

fin de crear un micro-clima adecuado; y iv) Colocar materia orgánica generada por la descomposición del material (Reis et al., 2003).

### **Adquisición de plantas**

Para la restauración se utilizará especies nativas con el objetivo de recrear una cobertura vegetal similar a la que puede encontrarse en las áreas naturales cercanas. Las especies deben ser adquiridas en viveros que recrean condiciones ambientales propias de la zona, con rangos altitudinales comprendidos entre los 2000 m s.n.m. hasta 3900 m s.n.m.

Las técnicas utilizadas en los viveros determinarán la calidad morfológica y fisiológica de las plántulas producidas y la adaptación en el terreno frente a condiciones de estrés actuales y futuras. Es importante mencionar que la calidad de las semillas y los tratamientos para estimular la germinación de las plantas son aspectos a tener en cuenta (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2017).

Es recomendable que las plántulas y semillas sean manejadas en viveros locales, que permitan a la población incrementar su conocimiento en cuanto a recursos naturales. Asimismo, es esencial la comunicación y coordinación entre los profesionales de la restauración a cargo, los responsables de la gestión de viveros y los proveedores de semillas. Lo anterior debido a que en la fase de planificación los profesionales de la restauración deberán informar y guiar a los responsables de los viveros sobre las particularidades y necesidades de las semillas y materiales para la propagación vegetativa como esquejes, y colaborar con la identificación de los proveedores de insumos (FAO, 2017).

### **Número de núcleos y plantas a implementar en cada corredor**

El período de plantación debe estar bien planificado, de modo que las plántulas estén listas para su plantación en el momento más apropiado, con una etapa de desarrollo adecuado de las raíces para que puedan sobrevivir a los primeros períodos (FAO, 2017). A continuación, se presenta como debe ser realizada la plantación en términos de número de núcleos y número de plantas en cada uno de los nueve corredores biológicos (Tabla 11).

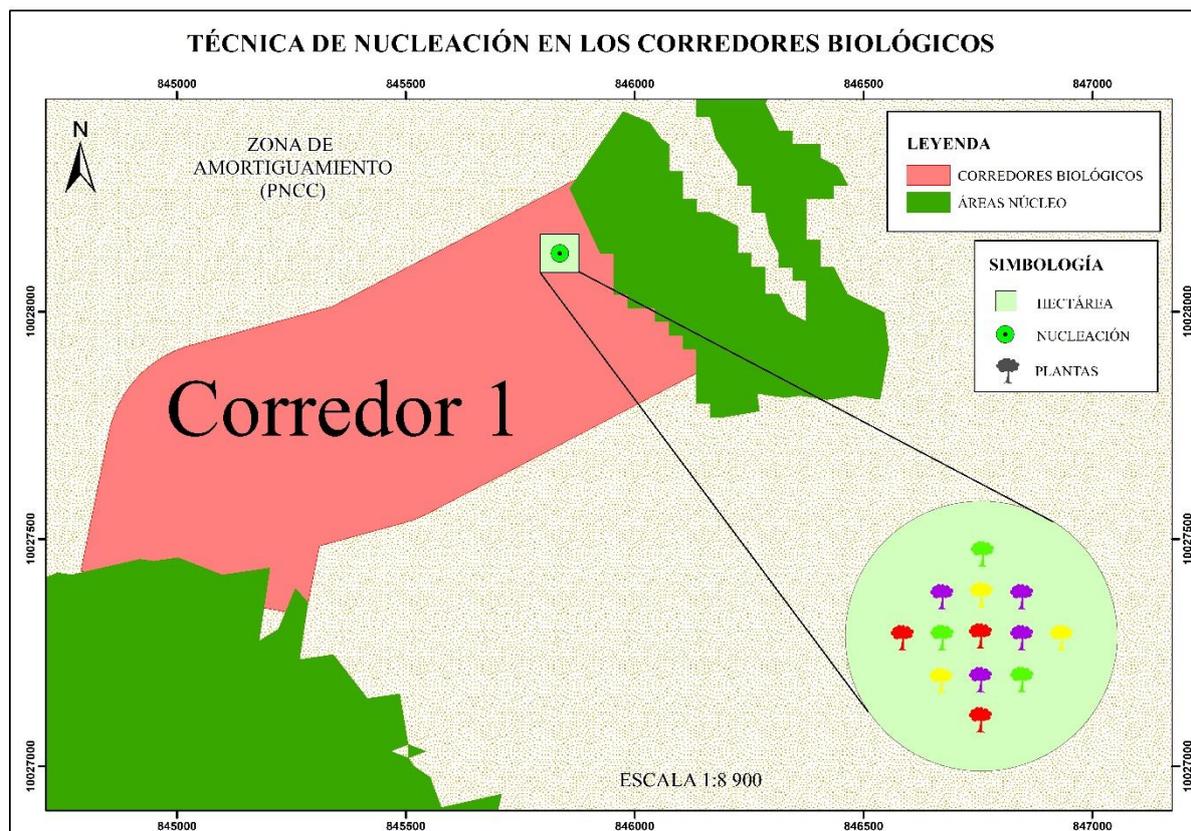
**Tabla 11**

*Número de ensayos de restauración a implementar por cada corredor biológico para la restauración del hábitat del oso andino en la parroquia San Francisco de Sigsipamba*

Corredor Biológico	Extensión (ha)	Nº de núcleos por corredor biológicos	Nº de plantas total por corredor biológico
1	68,38	68	884
2	56,71	56	728
3	71,16	71	923
4	74,48	74	962
5	55,30	55	715
6	135,88	135	1.755
7	98,59	98	1.274
8	61,36	61	793
9	101,65	101	1.313
<b>TOTAL</b>			<b>9.347</b>

**Figura 10**

*Técnica de nucleación en los corredores biológicos*



De acuerdo con lo anterior, a continuación, se plantean las actividades, alcances y responsables por objetivo del programa de restauración del bosque nativo y páramo en la parroquia San Francisco de Sigsipamba (Tabla 13).

**Tabla 12**

*Programa de restauración para el bosque nativo y páramo en la parroquia San Francisco de Sigsipamba*

<b>Objetivos específicos</b>	<b>Actividades</b>	<b>Alcance</b>	<b>Responsables</b>
<b>Establecer plantaciones de especies nativas mediante la técnica de nucleación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diseño espacial para la implementación de las técnicas de restauración en cada uno de los nueve corredores biológicos.</li> <li>▪ Preparación del terreno para la plantación: trazado del diseño en campo para cada uno de los núcleos a implementar.</li> <li>▪ Manejo de factores limitantes o estresantes como el ganado, para lo cual se requeriría implementar un sistema de cercas.</li> <li>▪ Apertura de hoyos de acuerdo al diseño de implementación.</li> <li>▪ Implementación de las técnicas de restauración: Plantación de las especies nativas y etiquetado de las plantas.</li> <li>▪ Implementación activa de la participación de los actores sociales y las comunidades beneficiarias.</li> </ul>	Garantizar la recuperación de la composición y estructura del bosque nativo y páramo en la parroquia San Francisco de Sigsipamba.	GAD de Pimampiro, Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAAE), Instituto Nacional de Biodiversidad (INABIO), Universidad Técnica del Norte y la comunidad en general.
<b>Evaluar la efectividad de las estrategias mediante la comparación de los procesos de sucesión ecológica considerando el crecimiento y supervivencia de las especies plantadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Realización de monitoreos para evaluar la supervivencia y crecimiento de cada una de las plantas, esto implicará monitorear con una frecuencia mensual:               <ul style="list-style-type: none"> <li>A) Mediante observación visual de las plantas vivas o muertas</li> <li>B) Altura total</li> <li>C) Longitud del ápice</li> <li>D) Diámetro basal</li> </ul> </li> </ul>		GAD de Pimampiro, Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAAE), Instituto Nacional de Biodiversidad (INABIO), Universidad Técnica del Norte y la comunidad en general.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Durante el periodo 1996-2020, se evidenció una pérdida de bosque nativo y páramo, como consecuencia de la presión por parte del ser humano y a la conversión del hábitat nativo en sistemas agrícolas y ganaderos. Además, se registró una pérdida de cultivos que fueron reemplazados por pastos, debido a la necesidad de alimentar al ganado bovino, dado que la ganadería es una de las principales actividades económicas que se maneja en la parroquia. Por otra parte, se registró un mayor incremento de vegetación arbustiva, lo que sugiere un proceso de regeneración natural, que sucede como producto de disturbios de origen natural o antrópicos.

Los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal incidieron en la pérdida y fragmentación del hábitat del oso andino en la parroquia, donde se evidenció que fue mayor el impacto o los cambios negativos sobre el hábitat de la especie; lo que contribuye a la disminución y aislamiento espacial de sus poblaciones, impidiendo el desplazamiento y reduciendo la cantidad de alimento silvestre.

Se diseñaron nueve corredores biológicos de 500 m de ancho, algunos de ellos asociados al Parque Nacional Cayambe Coca, con el propósito de incrementar la conectividad entre parches y el área protegida principal; a fin de reducir la pérdida y fragmentación del hábitat y el conflicto oso-humano. Además, se propone un programa de restauración con las técnicas de nucleación y transposición de gavillas; para lo cual se plantea 1 núcleo por cada hectárea del corredor, formando núcleos de 13 plantas cada uno, con un total de 9.347 plantas para los corredores biológicos.

## **5.2. Recomendaciones**

Es necesario que la información de monitoreo de especímenes sea compartida en bases de datos especializadas y de libre acceso, a fin de promover la conservación de la biodiversidad y el desarrollo de futuras investigaciones.

Para restaurar la conectividad estructural y funcional de los ecosistemas en la parroquia San Francisco de Sigsipamba, las entidades gubernamentales deberían considerar la estrategia planteada en esta investigación, con el fin de garantizar la recuperación del hábitat del oso andino.

Se debe trabajar de manera conjunta con los pobladores locales, academia, GADs y Organismos e Institutos Nacionales en la ejecución de este proyecto, ya que es necesario la participación de cada uno de ellos para garantizar la recuperación de los atributos ecológicos de los ecosistemas naturales degradados y la creación de oportunidades para la población local.

## REFERENCIAS

- Aguayo, A., Pauchard, A., Azócar, G. y Parra, O. (2009). Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX. Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. *Revista chilena de historia natural*, 82(3), 361-374. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2009000300004>
- Arbeláez, E., Vega, A. y Arbeláez, V. (2017). Manual de protocolos de manejo, rehabilitación y crianza para la conservación del Oso Andino (*Tremarctos ornatus*). Amaru Bioparque Cuenca. Comisión de Gestión Ambiental del Municipio de Cuenca. Cuenca, Ecuador.
- Armenteras D, Vargas O. (2016). Patrones del paisaje y escenarios de restauración: acercando escalas. *Acta Biológica Colombiana*, 21(1). 229-239. <https://doi.org/10.15446/abc.v21n1Supl.50848>
- Austin, G. (2014). *Green Infrastructure for Landscape Planning*. Londres: Routledge.
- Aguilar, M. (2014). *Restauración de Hábitats para la Fauna*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Aguirre N, Torres J. y Velasco P. 2014. *Guía para la Restauración Ecológica en los Páramos del Antisana*. Quito, Ecuador: Fondo para la Protección del Agua-FONAG.
- Alsparlan, E., Coskun, H. y Alganci, U. (2009). Water quality determination of Kucukcekmece Lake, Turkey by using multispectral satellite data. *The Scientific World JOURNAL*, 9, 1215-1229. <http://doi.org/10.1100/tsw.2009.135>
- Ardila, A. (2020). *Caracterización de la dieta del oso andino Tremarctos ornatus Cuvier, 1825, en la región occidental del Parque Nacional Natural Chingaza*. Universidad de La Salle.
- Badii, M. y Abreu, J. (2006). Metapoblación, conservación de recursos y sustentabilidad (Metapopulation, resource conservation and sustainability. *International Journal of Good Conscience/Spenta University México*, 1(1): 37-51.
- Bazantes, J. y Revelo, N. (2018). *Interacción Ser Humano – Oso Andino (Tremarctos ornatus) en la parroquia San Francisco de Sigsipamba, Cantón Pimampiro: Propuesta para su Conservación*. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Institucional-Universidad Técnica del Norte.
- Bazantes, J., Revelo, N. y Moncada, J. (2018). Conflicto ser humano-oso andino (*Tremarctos ornatus*) en San Francisco de Sigsipamba, provincia de Imbabura, Ecuador. *Revista*

*Mexicana de Mastozoología (Nueva Época)*, 8(2), 81–95.  
<http://doi.org/10.22201/ie.20074484e.2018.1.2.260>

- Bechara, F.C. (2006). Unidades demostrativas de restauración ecológica através de técnicas nucleadoras: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Recursos Florestais, ESALQ-USP, Piracicaba, 248p.
- Benayas, J., Newton, A., Diaz, A. y Bullock, J. (2009). Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: a meta-analysis. *Science*, 325(5944), 1121-1124. <https://doi.org/10.1126/science.1172460>
- Bennett, A.F. (2003). Linkages in the Landscape: The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Bennett, G. y Mulongoy, K. (2006). Review of experience with ecological networks, corridors and buffer zones. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Technical Series No. 23, 100 page. Montreal.
- Bullock, J., Aronson, J., Newton, A., Pywell, R. y Rey-Benayas, J. (2011). Restoration of ecosystem services and biodiversity: conflicts and opportunities. *Trends in ecology & evolution*, 26(10), 541-549. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.06.011>
- Buenaño, X. (2007). *Modelamiento del cambio de la cobertura de bosques montanos en la cuenca alta del río Guayllabamba para mejorar la gestión ambiental del área* [Tesis de Maestría, Universidad San Francisco de Quito, Ecuador]. Repositorio Institucional-Universidad San Francisco de Quito.
- Castellanos, A. (2011). Andean bear home ranges in the Intag region, Ecuador. *Ursus*, 22(1), 65–73. <https://doi.org/10.2192/URSUS-D-10-00006.1>
- CCAD (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo). (2002). Convenio para la conservación de la biodiversidad y protección de áreas silvestres prioritarias en América Central.
- Chassot, O. y Monge, G. (2007). Corredor Biológico San Juan-La Selva: una experiencia participativa. Chassot, O. y Morera, C. (Eds.), *Corredores Biológicos: acercamiento conceptual y experiencias en América. San José, Costa Rica: Centro Científico Tropical/Universidad Nacional de Costa Rica*, 67-84.
- Clark- Labs. (2009). The Land Change Modeler for Ecological Sustainability. USA: Idrisi Focus Paper.

Convenio sobre la Diversidad Biológica relativo a la conservación de la diversidad biológica, utilización sostenible de sus componentes, promoviendo medidas que conduzcan a un futuro sostenible. Artículo 8°. 5 de junio de 1992.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. 2018. Plan de manejo y conservación del Oso Andino (*Tremarctos ornatus*) en la jurisdicción CAR Cundinamarca. Bogotá D.C., Colombia, 47 pp.

Cerda, J. y Villarroel, L. (2008). Evaluación de la concordancia interobservador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. *Revista Chilena de Pediatría*, 79 (1), 54-8. <http://dx.doi.org/10.4067/S0370-41062008000100008>

Código Orgánico del Ambiente [COA]. Suplemento Registro Oficial No. 507 de 2019, 12 de junio de 2019 (Ecuador).

Constitución de la República del Ecuador [Const]. Art.72, 397, 406. 20 de octubre de 2008 (Ecuador).

Cuesta, F., Peralvo, M., Sanchez, D. (2001). Métodos para investigar la disponibilidad del hábitat del oso andino: el caso de la cuenca del río Oyacachi, Ecuador. *EcoCiencia*. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56643.pdf>

Cuesta, F. (2000). La distribución del oso andino en el Ecuador. Quito: Fundación EcoCiencia.

Chander, G., Markham, B.L., Helder, D.L., (2009). Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*. 113, 893-903. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.01.007>

Chuvieco, E. (1996). *Fundamentos de teledetección espacial*. Ediciones RIALP, S.A., Tercera edición.

Chuncho, C, y Chuncho, G. (2019). Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión. *Bosques Latitud Cero* 9(2): 71-83.

De la Orden, E. (2020). *Sucesión ecológica. Tendencias esperadas*. San Fernando del Valle de Catamarca, Argentina. ISSN:1852-3013. <http://editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/Ecologia/imagenes/pdf/ecologia%202/Sucesion.pdf>

- Dou, W., Ren, Y., Wu, Q., Ruan, S., Chen, Y., Bloyet, D. y Constans, J. (2007). Fuzzy kappa for the agreement measure of fuzzy classifications. *Neurocomputing*, 70 (4-6), 726-734. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2006.10.007>
- Djupström, L., Weslien, J., Hoopen, J. y Schroeder, L. (2012). Restoration of habitats for a threatened saproxylic beetle species in a boreal landscape by retaining dead wood on clear-cuts. *Biological Conservation*, 155: 44-49. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.06.009>
- Echeverría, C., Gatica, P. y Fuentes, R. (2013). Habitat edge contrast as an indicator to prioritize sites for ecological restoration at the landscape scale. *Brazilian Journal of Nature Conservation* 11(2)170-175. <http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/natcon.2013.026>
- Espinosa, M., Andrade, E., Rivera, P y Romero, A. (2011). Degradación de suelos por actividades antrópicas en el norte de Tamaulipas, México. *Papeles de Geografía*, (53-54), 77–88. <https://revistas.um.es/geografia/article/view/143451/128731>
- Ferrer-Paris, J. R., Zager, I., Keith, D. A., Oliveira-Miranda, M. A., Rodríguez, J. P. y Josse, C. (2019). An ecosystem risk assessment of temperate and tropical forests of the Americas with an outlook on future conservation strategies. *Conservation Letters*, 12, e12623. <http://doi.org/10.1111/conl.12623>
- Fierro, C. (2015). *Corredores biológicos como una estrategia de conservación: el caso del Corredor de Conservación Llanganates-Sangay, Ecuador*. [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio Institucional-Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Figuroa, J. y Stucchi, M. (2009). *El Oso Andino: alcances sobre su historia natural*. Asociación para la Investigación y la Conservación de la Biodiversidad. Primera Edición.
- Figuroa, J., Stucchi, M. y Rojas-VeraPinto, R. (2016). Modelación de la distribución del oso andino *Tremarctos ornatus* en el bosque seco del Marañón (Perú). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(1), 230–238. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.01.008>
- Gálvez, J. (2002). *La restauración ecológica: conceptos y aplicaciones*. Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, Universidad Rafael Landívar. Guatemala.

- Guindon, C.F. (2001). The Importance of Forest Fragments to the Maintenance of Regional Biodiversity in Costa Rica, in J. Schelhas & R. Greenberg (Eds), *Forest Patches in Tropical Landscapes*. Washington, D.C. Island Press, 168- 186.
- Gobierno Autónomo Descentralizado San Pedro de Pimampiro (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Cantón San Pedro de Pimampiro*. [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/DOCUMENTO%20PDOT%20BORRADOR%20PIMAMPIRO\\_1\\_17-11-2014.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/DOCUMENTO%20PDOT%20BORRADOR%20PIMAMPIRO_1_17-11-2014.pdf)
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial San Francisco de Sigsipamba, (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento de la Parroquia San Francisco. <https://www.imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/K-Planes-programas/PDOT/Parroquial/PDOT%20SIGSIPAMBA.pdf>
- Goldstein, I. y L. Cancino (2001). Distribución y Status del Oso Andino: una iniciativa regional de conservación a largo plazo. Mérida: Andean Bear Program-WCS Northern Andes. Disponible en Online: [http://wcsfrontino.ula.ve/docs/AB\\_Dist\\_dic2006.pdf](http://wcsfrontino.ula.ve/docs/AB_Dist_dic2006.pdf)
- Goldstein, I., Márquez, R. y Bianchi, G. (2015). *Guía para el uso de trampas cámara: oso andino*. Wildlife Conservation Society Colombia. Santiago de Cali. pp. 44.
- Hofstede, R. (2001). El impacto de las actividades humanas sobre el páramo. En: Mena, P., Medina, G. y Hofstede, R (eds.). *Los Páramos del Ecuador. Particularidades, Problemas y Perspectivas*. Abya Yala/Proyecto Páramo. Quito.
- Irua, L. (2012). *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora y comercializadora de quesos en la parroquia San Francisco de Sigsipamba del cantón San Pedro de Pimampiro con el auspicio del MIES*. [Tesis de Pregrado Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Institucional- Universidad Técnica del Norte.
- Kattan, G., Hernández, O., Goldstein, I., Rojas, V., Murillo, O., Gómez, C., Restrepo, H. y Cuesta, F. (2004). Range fragmentation in the spectled bear *Tremarctos ornatus* in the northern Andes. *Oryx*, 38:155-163. <https://doi.org/10.1017/S0030605304000298>
- Laguna, A. (8-11 de mayo de 2013). *Estudio del conflicto Oso Andino - Humano en los andes norte de Ecuador* [Resumen de presentación de la conferencia]. II Congreso Ecuatoriano de Mastozoología & I Congreso Latinoamericano de Tapires, Puyo,

- Ecuador. <http://aem.mamiferosdelecuador.com/images/pdf/AEM-2013-Memorias-II-CEM-I-CLT.pdf>
- Lázaro, A. y Tur, C. (2018). Los cambios de uso del suelo como responsables del declive de polinizadores. *Ecosistemas* 27(2), 23-33. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1378>
- Li, M., Wu, Y. y Zhang, Q. (2009). SAR Image segmentation based on mixture context and wavelet hidden - class - label Markov random field. *Computers and Mathematics with Applications*, 57 (6), 961-969. <https://doi.org/10.1016/j.camwa.2008.10.042>
- Lizzi, J. M., Garbulsky, M. F., Golluscio, R. A. y Deregibus, A. V. (2007). Mapeo indirecto de la vegetación de Sierra de la Ventana, provincia de Buenos Aires. *Ecología Austral*, 17 (2), 217-230. [http://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia\\_Austral/article/view/1408](http://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/1408)
- Lombeida, A., Calderón, M., Santos, A. y Párraga, C. (2017). Evaluación geoespacial del cambio de cobertura y uso del suelo: caso del cantón Las Naves, provincia Bolívar. *Ciencia*, 19(2). <https://doi.org/10.24133/ciencia.v19i2.293>
- López, R. (2002). *Degradación del suelo: causas, procesos, evaluación e investigación*. Universidad de los Andes. [https://www.researchgate.net/publication/264311522\\_Degradacion\\_del\\_Suelo\\_causas\\_procesos\\_evaluacion\\_e\\_investigacion](https://www.researchgate.net/publication/264311522_Degradacion_del_Suelo_causas_procesos_evaluacion_e_investigacion)
- López, F., Garcia, J., Mehlreter, K., Rojas, O., Aguirre, A., Landgrave, R., Ortega, A y Rojas, B. (2016). Ecología de la restauración del bosque nublado en el centro de Veracruz en E. Ceccon y C. Martínez-Garza (Eds.), *Experiencias mexicanas en restauración de ecosistemas* (pp. 103-130). UNAM-Crim, UAEM, CONABIO
- Llambí, L. (2015). Estructura, diversidad y dinámica de la vegetación en el ecotono bosque-páramo: revisión de la evidencia en la cordillera de Mérida. *Acta Biológica Colombiana* 20(3):5-19. <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v20n3.46721>
- MacArthur, R. H. y Wilson, E. O. (1967). *The theory of island biogeography*. Princeton, USA. Princeton University Press, 203
- Márquez, R., Bianchi, G., Isasi-Catalá, E., Ruiz Gutiérrez, V. y Goldstein, I. (2017). *Guía para el Monitoreo de la Ocupación de Oso Andino*. Andean Bear Conservation Alliance. Wildlife Conservation Society. pp. 56.

- Mazón, M. y Gutiérrez, N. (2016). Pasado y presente de la restauración ecológica en el contexto venezolano. *Interciencia*, 41(7), ISSN: 0378-1844. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33946267003>
- Miller, K., Chang, E. y Johnson, N. (2001). En busca de un enfoque común para el Corredor Biológico Mesoamericano. Washington: World Resources Institute.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2001). Programa Nacional para la Conservación en Colombia del Oso Andino (*Tremarctos ornatus*). Colombia: Ministerio del Medio Ambiente.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). (2015). Estadísticas de Patrimonio Natural. Datos de bosques, ecosistemas, especies, carbono y deforestación del Ecuador continental. Quito: MAE.
- Ministerio de Ambiente y Agua. (2020). Plan de Manejo del Parque Nacional Cayambe Coca. Quito – Ecuador.
- Monjardín., S., Pacheco, C., Plata, W. y Corrales, G. (2017). La deforestación y sus factores causales en el estado de Sinaloa, México. *Madera y bosques*, 23(1), 7-22. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2311482>
- Moreno, A. y Renner, I. (2007). *Gestión Integral de Cuencas. La experiencia del proyecto Regional Cuencas Andinas*. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa-CIP.
- Morlans, M. (2005). Introducción a la ecología del paisaje. Editorial científica universitaria. Universidad Nacional de Catamarca.
- Nepstad D.C., Moutinho P.R., Uhl C., Vieira I.C. y Cardosa da Silva J.M. (1996). The Ecological Importance of Forest Remnants in an Eastern Amazonian Frontier Landscape, In J. Schelhas & R. Greenberg (Eds). *Forest Patches in Tropical Landscapes*. Washington, D.C.: Island Press, 133-150.
- Organización de las Naciones Unidas. (2017). Objetivos de Desarrollo Sostenible. New York: Autor.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Grupo Técnico Intergubernamental de Suelos (2015). *Resumen técnico: Estado mundial del recurso suelo (EMRS)*. <https://www.fao.org/3/i5126s/i5126s.pdf>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). *Directrices mundiales para la restauración de bosques y paisajes degradados en las tierras secas*. Roma: ONU.
- Ospino, J. y Ramos, A. (2017). *Identificación de áreas aptas para la reforestación del bosque seco tropical en Córdova-Colombia por medio de un sistema de información geográfico* [Tesis de Posgrado Universidad de Manizales, Colombia]. Repositorio Institucional- Universidad de Manizales.
- Osuna, K., Torres, J., Sánchez, J., García, E., Valdez, J. y Vázquez, G. (2015). Evaluación de cambio de cobertura vegetal y uso de suelo en la cuenca del río Tecolutla, Veracruz, México; periodo 1994-2010. *Revista Ambiente y Agua*, 10, 350– 362. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1539>
- Otavo, S., Echeverría, C. (2017). Fragmentación progresiva y pérdida de hábitat de bosques naturales en uno de los hotspot mundiales de biodiversidad. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88, 924-935. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.041>
- Paisley, S. (2001) Andean bears and people in Apolabamba, Bolivia: culture, conflict and conservation. [Doctor of Philosophy (PhD) thesis, University of Kent]. Kent Academy Repository.
- Paladines, R. (2003). Propuesta de conservación del bosque seco en el Sur de Ecuador. *Lyonia*, 4, 183–186.
- Palo, A., Ivask, M. y Liira, J. (2013). Biodiversity composition reflects the history of ancient semi-natural woodland and forest habitats—compilation of an indicator complex for restoration practice. *Ecological indicators*, 34, 336-344. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.05.020>
- Parra, A. (2011). *Análisis integral del conflicto asociado a la presencia del oso andino (Tremarctos ornatus) y el desarrollo de sistemas productivos ganaderos en áreas de amortiguación del PNN Chingaza* [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, Colombia]. Repositorio Institucional – Pontificia Universidad Javeriana.
- Peralvo, M., Cuesta, F. y van Manen, F. (2005). Delineating priority habitat areas for the conservation of Andean bears in northern Ecuador. *Ursus* 16(2):222–233. [https://doi.org/10.2192/1537-6176\(2005\)016\[0222:DPHAFT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2192/1537-6176(2005)016[0222:DPHAFT]2.0.CO;2)

- Pérez, A. y Rosero, S. (2019). “Estado de fragmentación del matorral seco montano en la cuenca del río Chota, Ecuador”. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Institucional – Universidad Técnica del Norte.
- Pitman, R., Scott, A., Scott, J. y Apaza, Y. (2008). Manual de la Biología y Conservación del Oso de Anteojos. Programa Ciencia para todos Proyecto pasos para la vida Silvestre. pp. 4-90.
- Reis, A., Bechara, F., Espindola, M., Vieira, N. y Souza, L. (2003). Restoration of damaged land areas: using nucleation to improve sucesional processes. *The Brazilian Journal of Nature Conservation*, 1 (1), 85-92.
- Ríos, B. y Wallace, R. (2008). El Jucumari en el Gran Paisaje Madidi - Tambopata. Bolivia: Artes Gráficas Sagitario S.R.L.
- Rivas, F. Mujica, G. y Brassiolo, M. (2018). Corredores biológicos y la conservación de la biodiversidad: el caso del corredor norte en Santiago del Estero. En: A. Giménez y G. Bolzón de Muñiz (Ed). Los Bosques y el Futuro. Consolidando un vínculo permanente en la educación forestal (pp.151-177). Cooperación Binacional Argentina-Brasil.
- Rodríguez, D., Cuesta, F., Goldstein, I., Bracho, A., Naranjo, L. y Hernández, O. (eds). (2004). *Estrategia ecorregional para la conservación del oso andino Tremarctos ornatus en los Andes del norte*. World Wildlife Fund. Inc. WWF.
- Rodríguez-Echeverry, J., Echeverría, C. y Nahuelhual, L. (2015). Impacts of anthropogenic land-use change on populations of the Endangered Patagonian cypress *Fitzroya cupressoides* in southern Chile: implications for its Conservation. *Oryx*, 49(3), 447-452. <https://doi.org/10.1017/S0030605314000945>
- Rodríguez-Echeverry, J., Echeverría, C., Oyarzún, C. y Morales, L. (2018). Impact of land-use change on biodiversity and ecosystem services in the Chilean temperate forests. *Landscape Ecology*, 33, 439–453. <http://doi.org/10.1007/s10980-018-0612-5>
- Rodríguez-Echeverry, J., Fuentes, R., Leiton, M. y Jaque, E. (2018). Changing landscapes forest: implications for its conservation. *Environment and Natural Resources Research*, 8(3), 44. <https://doi.org/10.5539/enrr.v8n3p44>
- Rodríguez, P. (2016). *Evaluación de calidad del hábitat del oso andino (Tremarctos ornatus, F. Cuvier, 1825) en los macizos de Mamapacha y Bijagual, Boyacá Colombia*. [Tesis de Pregrado, Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia]. Repositorio Institucional – Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia.

- Rodríguez-Echeverry, J., Leiton, M. (2021). State of the landscape and dynamics of loss and fragmentation of forest critically endangered in the tropical Andes hotspot: implications for conservation planning. *Journal of Landscape Ecology*, 14(1), 73-91. <https://doi.org/10.2478/jlecol-2021-0005>
- Rodríguez-Echeverry, J., Leiton, M. (2021). Pérdida y fragmentación de ecosistemas boscosos nativos y su influencia en la diversidad de hábitats en el hotspot Andes tropicales. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 92:923449. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2021.92.3449>
- Rosete, A., Pérez, J., Villalobos, M., Navarro, E., Salinas, E. y Remond, R. (2014). El avance de la deforestación en México 1976-2007. *Madera y Bosques*, 20(1). [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-04712014000100003&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712014000100003&lng=es&tlng=es).
- Rosenzweig, M. (2010). Species diversity in space and time. Cambridge University. Cambridge Books Online. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511623387>
- Ruiz-Jaén, M. y Aide, T. (2005) a. Vegetation structure, species diversity, and ecosystem processes as measures of restoration success. *Forest Ecology and Management*, 218(1-3), 159-173. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.07.008>
- Ruiz-Jaen, M., y Aide, T. (2005) b. Restoration success: how is it being measured? *Restoration ecology*, 13(3), 569-577. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2005.00072.x>
- Ruiz, C., Cardona, D. y Duque, J. (2012). Corredores biológicos una estrategia de recuperación en paisajes altamente fragmentados. Estudio de caso Microcuenca La Bolsa, municipio de Marinilla. *Gestión y Ambiente*, (15), 1, 7-18.
- Sánchez, L. y Rebollar, S. (1999). Deforestación en la Península de Yucatán, los retos que enfrentar. *Madera y Bosques*, 5(2). <https://doi.org/10.21829/myb.1999.521344>
- Sánchez, K. y Rodríguez, L. (2010). *Determinación de parámetros para corredores biológicos de uso múltiple: el caso de Texiguat, El Paraíso, Honduras*. [Tesis de Pregrado, Universidad Zamorano]. Repositorio Institucional – Universidad Zamorano.
- Sandoval, P. y Yáñez, P. (2019). Aspectos biológicos y ecológicos del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*, Ursidae) en la zona andina de Ecuador y perspectivas para su conservación bajo el enfoque de especies paisaje. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 30(2), 19-27. <https://doi.org/10.17163/lgr.n30.2019.02>

- Santos, L. y Herrera, P. (2013). Planificación espacial y conectividad ecológica: los corredores ecológicos. Santos, L. y Herrera, P. (Eds.), *Introducción corredores ecológicos*. Valladolid, España: Instituto Universitario de Urbanística/Universidad de Valladolid, 11-28.
- Santos, T., Tellería, J. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas* 15 (2): 3-12. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/180>
- Secretaría Nacional de Planificación. (2021-2025). Plan de Creación de Oportunidades. Secretaría Técnica del Sistema Nacional Descentralizado de Planificación Participativa. (2017). Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. Toda una Vida. Quito, Resolución N.º CNP-003-2017.
- Sierra, R. (2013). Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010. Y un acercamiento a los próximos 10 años. Conservación Internacional Ecuador y Forest Trends. Quito, Ecuador.
- Smith-Ramírez, C., González, M., Echeverría, C. y Lara, A. (2015). Estado actual de la Restauración ecológica en Chile, perspectivas y desafíos. *Anales Instituto Patagonia*, 43 (1), 11-21. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-686X2015000100002>
- Smulders, M., Cottrell, J., Lefèvre, F., Van der Schoot, J., Arens, P., Vosman, B., Boerjan, W. (2008). Structure of the genetic diversity in black poplar (*Populus nigra* L.) populations across European river systems: Consequences for conservation and restoration. *Forest Ecology and Management*, 255(5-6), 1388–1399. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.10.063>
- Standish, R., Hobbs, R. y Miller, J. (2013). Improving city life: options for ecological restoration in urban landscapes and how these might influence interactions between people and nature. *Landscape Ecology*, 28(6), 1213-1221. <https://doi.org/10.1007/s10980-012-9752-1>
- Tirira, D. 2007. Guía de campo de los mamíferos del Ecuador. Ediciones Murciélago Blanco. Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador 6. Quito. 576 pp.
- Tirira, D. (2011). Libro rojo de los Mamíferos del Ecuador. Quito - Ecuador: Fundación Mamíferos y Conservación, Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Ministerio del Ambiente del Ecuador.

- Turner, I. (1996). Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. *Journal of Applied Ecology*, 33, 200-209. <https://doi.org/10.2307/2404743>
- Ulloa, R. (2013). Biocorredores: una estrategia para la conservación de la biodiversidad, el ordenamiento territorial y el desarrollo sustentable en la Zona de Planificación 1 (Carchi, Imbabura, Esmeraldas y Sucumbíos). MAE. Ibarra, Ecuador.
- Vargas, R. y Azurduy, C. (2006). Nuevos registros de distribución del oso andino (*Tremarctos ornatus*) en el departamento de Tarija, el registro más austral en Bolivia. *Mastozoología Neotropical*, 13(1), 137-142. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45713112>
- Vargas, O. (Ed.). (2007). *Guía Metodológico para la Restauración Ecológica del Bosque Altoandino*. Universidad Nacional de Colombia.
- Vargas, O. (2011). Restauración ecológica: Biodiversidad y Conservación. *Acta Biológica Colombiana*, 16 (2), 221-246. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319028008017>
- Vargas, O. (2011). Los pasos fundamentales en la restauración ecológica en Vargas O., S. Reyes (Eds.), *La restauración ecológica en la práctica: Memoria del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica* (pp. 19-40.). Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, Red Colombiana de Restauración Ecológica, ACCEFYN.
- Van Looy, K. (2011). Restoring river grasslands: Influence of soil, isolation and restoration technique. *Basic and applied ecology*, 12(4), 342-349. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2011.03.003>
- Vásquez, L. (2016). *Propuesta de un corredor ecológico como alternativa ante la fragmentación y pérdida de hábitat del oso de anteojos (Tremarctos ornatus) en el distrito de Ollachea (Provincia de Carabaya-Puno)*. [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional-Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Vela, I., Vázquez, G., Galindo, J. y, Pérez, J. (2011). El oso andino sudamericano, su importancia y conservación. *Ciencia*, 14:44-51. [http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/62\\_2/PDF/09\\_OsoAndino.pdf](http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/62_2/PDF/09_OsoAndino.pdf)
- Wallace, R., Reinaga, A., Siles, T., Baiker, J., Goldstein, I., Ríos-Uzeda, D., Van Horn, R., Vargas, R., Vélez-Liendo, X., Acosta, L., Albarracín, V., Amanzo, J., De La Torre, P., Domic, E., Enciso, M., Flores, C., Kuroiwa, A., Leite-Pitman, R., Noyce, K., Paisley,

S., Peña, B., Plenge, H., Rojas, R., Pinto, V., Tapia, T. y Vela, H. (2014). *Unidades de Conservación Prioritarias del Oso Andino en Bolivia y en Perú*. En: R, Wallace (Ed). Wildlife Conservation Society, Centro de Biodiversidad y Genética de la Universidad Mayor de San Simón de Bolivia, Universidad Cayetano Heredia de Perú y Universidad de Anthwerpen de Bélgica. La Paz, Bolivia. 82 pp.

Wilson, E. y Willis, E. (1975). Applied biogeography en: Cody, M.L. y J.M. Diamond (Eds.). Ecology and evolution of communities. The Belknap Press Cambridge, MA, 522-534.

Zhang, J., Hull, V., Huang, J., Yang, W., Zhou, S., Xu, W. y Liu, J. (2014). Natural recovery and restoration in giant panda habitat after the Wenchuan earthquake. *Forest Ecology and Management*, 319, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.01.029>

## ANEXOS

### ANEXO 1. REGISTRO FOTOGRÁFICO

#### Anexo 1.1

*Reconocimiento del área de estudio - parroquia San Francisco de Sigsipamba*



#### Anexo 1.2

*Reconocimiento del GAD rural parroquial San Francisco de Sigsipamba*



### **Anexo 1.3**

*Georreferenciación de coberturas vegetales en la parroquia San Francisco de Sigsipamba*



### **Anexo 1.4**

*Verificación de las coberturas vegetales y uso del suelo en la parroquia*



## **Anexo 1.5**

*Verificación de pastos y cultivos en el área de estudio*



## **Anexo 1.6**

*Reconocimiento de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Cayambe Coca*



**Anexo 1.7**

*Reconocimiento del bosque nativo en la parroquia*



**Anexo 1.8**

*Observación de rutas locales en la parroquia*



## ANEXO 2. OFICIOS

### Anexo 2.1

Oficio dirigido al Gobierno Provincial de Imbabura - puntos avistamiento oso andino



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

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN NRO. 001-073-CEAACES-2013-13  
Ibarra-Ecuador

Memorando Nro. UTN-FICAYA-CIRNR-2021-772-M ✓  
Ibarra, 30 de noviembre de 2021 ✓

Abogado  
Pablo Jurado Moreno ✓  
**PREFECTO GOBIERNO PROVINCIAL DE IMBABURA**

Señor Prefecto:

A nombre de la Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables de la Universidad Técnica del Norte, reciba un cordial saludo y el deseo de mejores éxitos en importantes funciones en beneficio de la sociedad ecuatoriana.

La formación profesional y titulación de los estudiantes de esta Unidad Académica establece el desarrollo de una investigación de grado; para el efecto las estudiantes: NATHALY VANESA DÍAZ CUASQUI y KATHERINE GISSEL SARCHI RAMOS, se encuentra realizando su trabajo de titulación "ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DEL HÁBITAT DE *Tremarctos ornatus* (OSO ANDINO) EN LA PARROQUIA SIGSIPAMBA, CANTÓN PIMAMPIRO" con la dirección de la ingeniera Mónica León ([meleone@utn.edu.ec](mailto:meleone@utn.edu.ec) 0982478123), docente.

Por lo indicado solicito comedidamente, autorizar a las estudiantes mencionadas, tener acceso a información sobre los puntos de avistamiento del Oso Andino en la parroquia San Francisco de Sigsipamba de los años 1996-2020.

Es importante indicar que la información obtenida, permitirá identificar problemáticas y proponer estrategias para la conservación de la especie. Reitero mi agradecimiento y apoyo al desarrollo profesional de nuestros estudiantes.

Atentamente,  
"CIENCIA Y TÉCNICA AL SERVICIO DEL PUEBLO"

Biol. Renato Oquendo, M.Sc.  
COORDINADOR CARRERA (E)



Guía:

Srta. Nathaly Diaz: [nydiazc@utn.edu.ec](mailto:nydiazc@utn.edu.ec) Tel. 0980613992  
Srta. Katherine Sarchi: [kgsarchir@utn.edu.ec](mailto:kgsarchir@utn.edu.ec) Tel. 0969254187  
Elaborado por:  
M.gs. Edith Burbano.

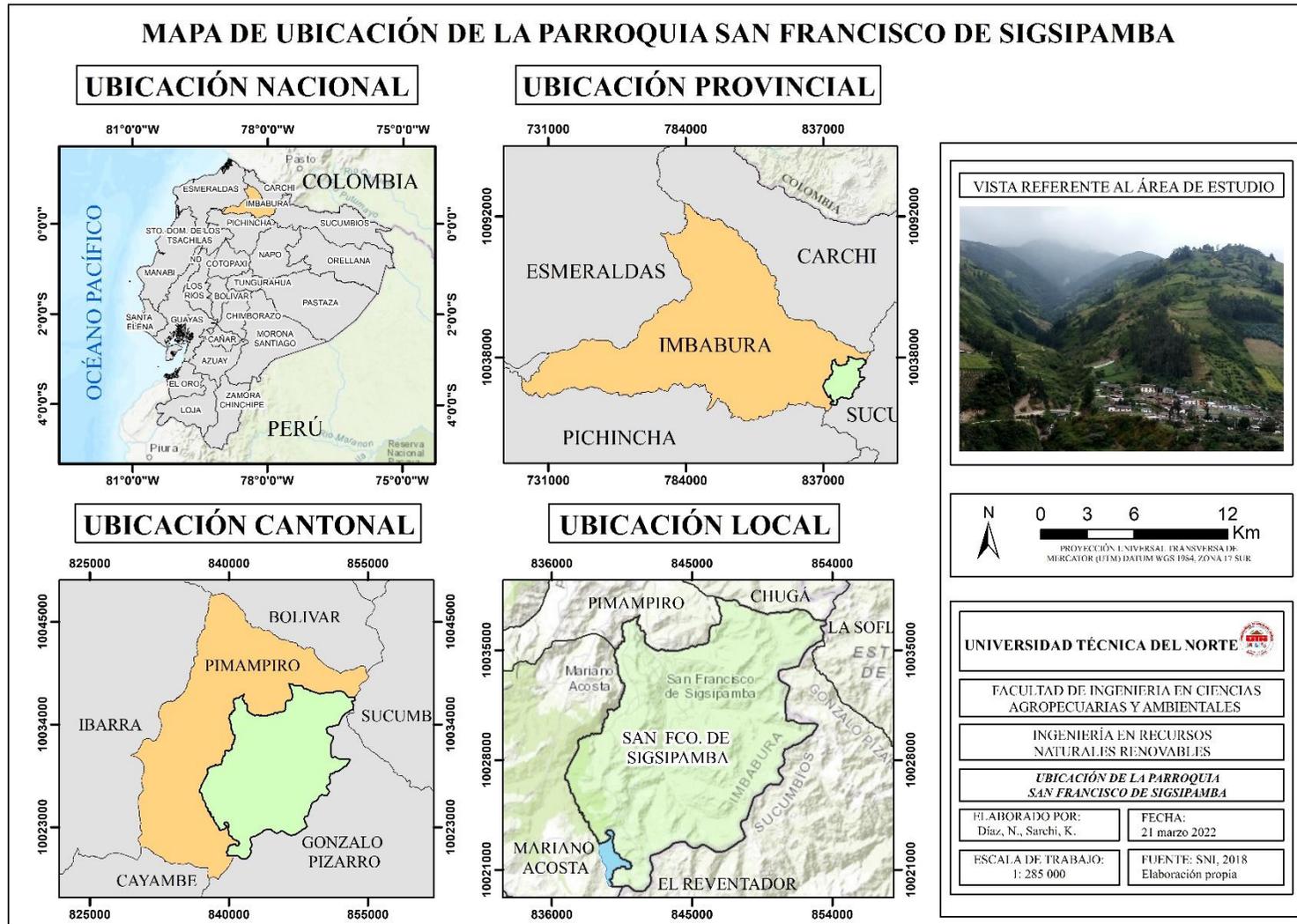


**MISIÓN INSTITUCIONAL:** Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.

## ANEXO 3. CARTOGRAFÍA

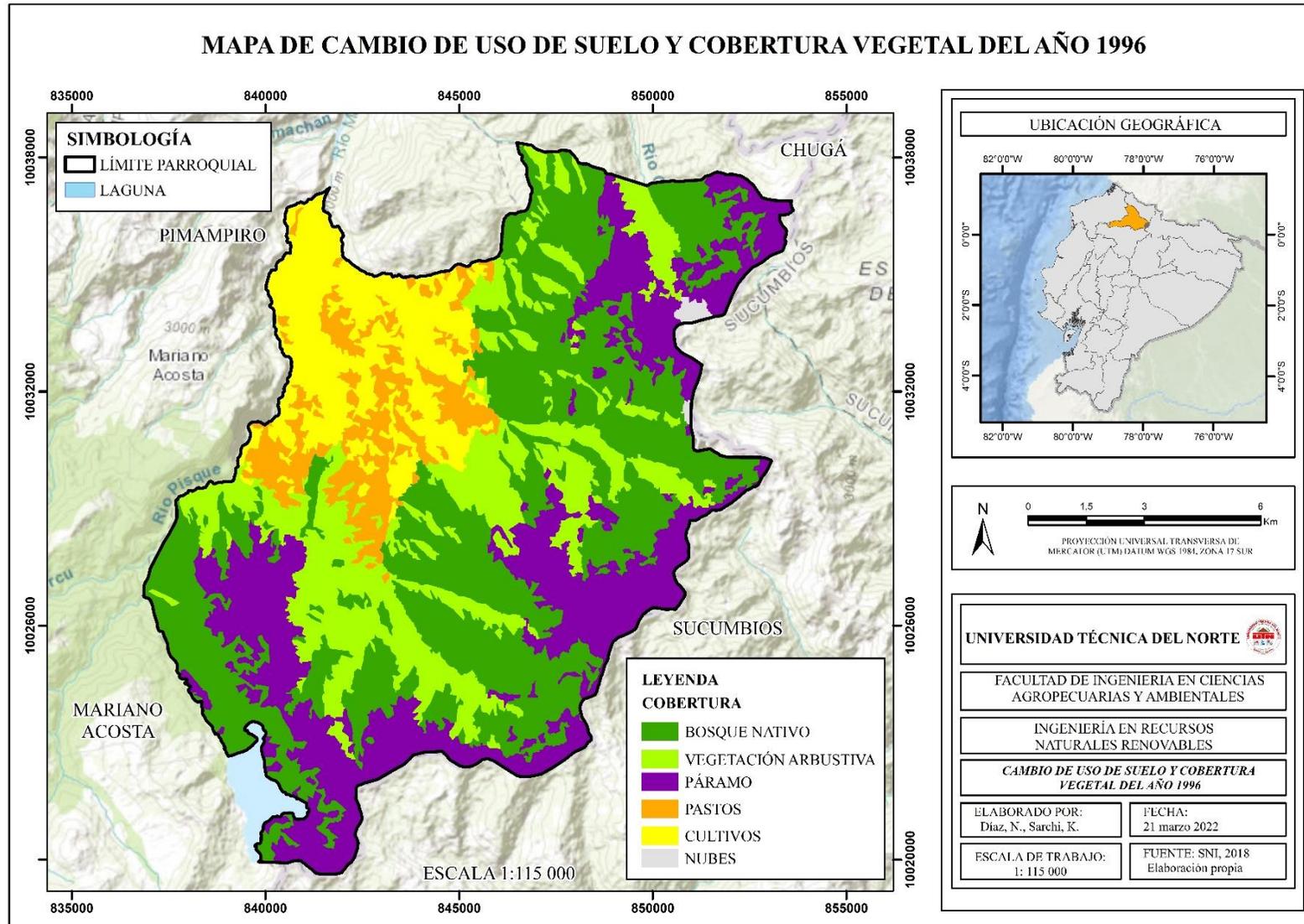
### Anexo 3.1

Mapa de ubicación de la parroquia San Francisco de Sigsipamba



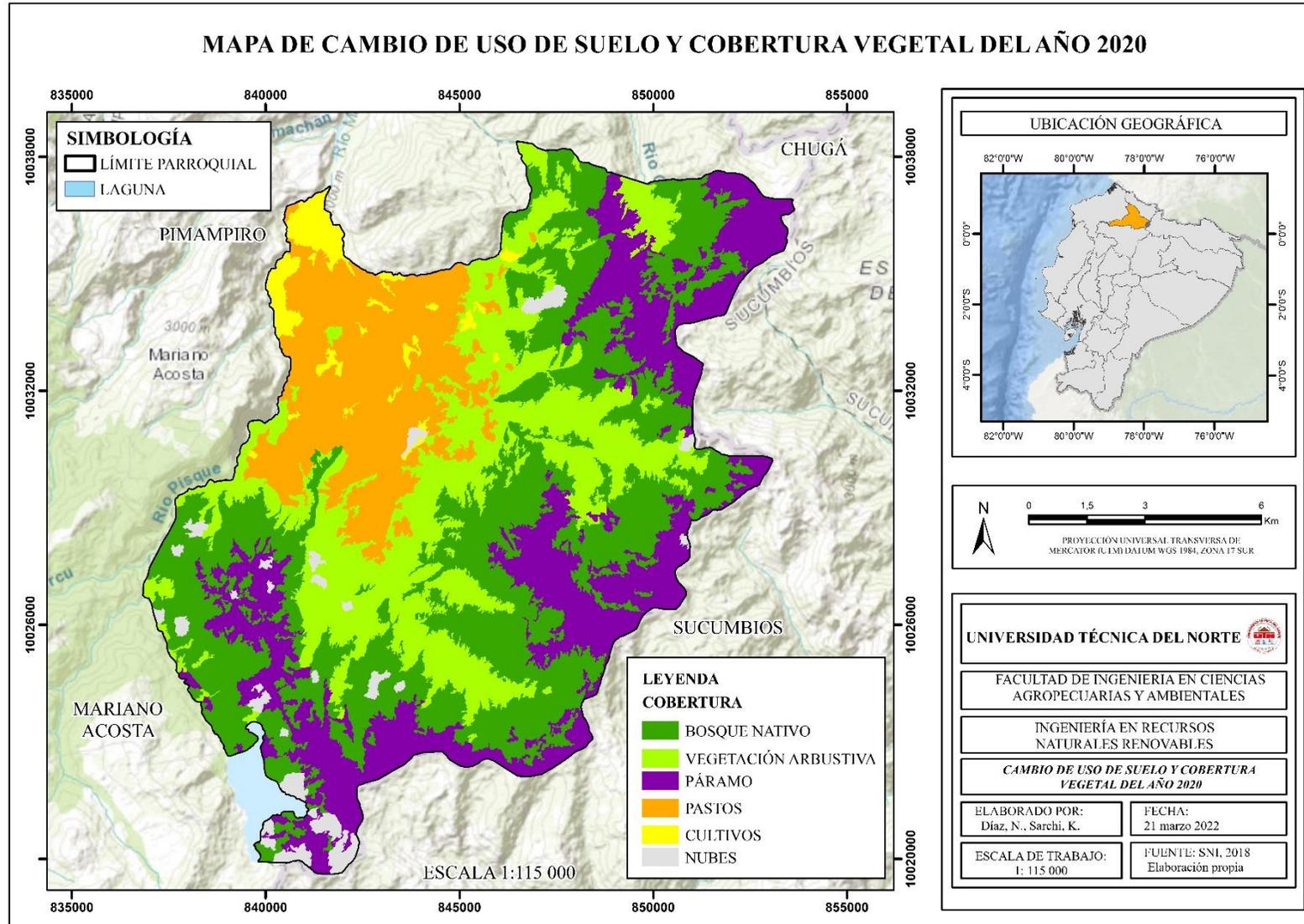
### Anexo 3.2

Mapa de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal del año 1996



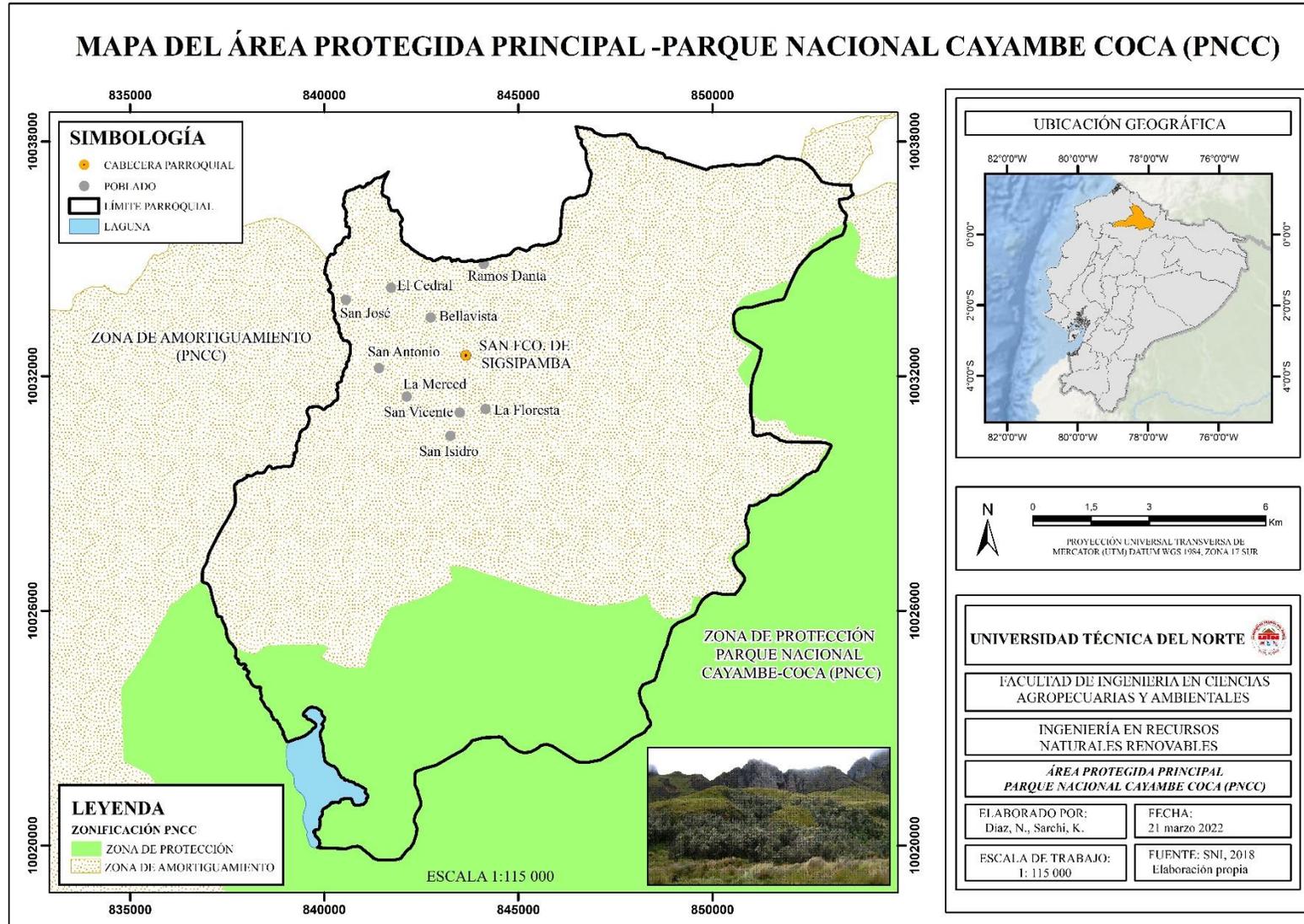
### Anexo 3.3

#### Mapa de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal del año 2020



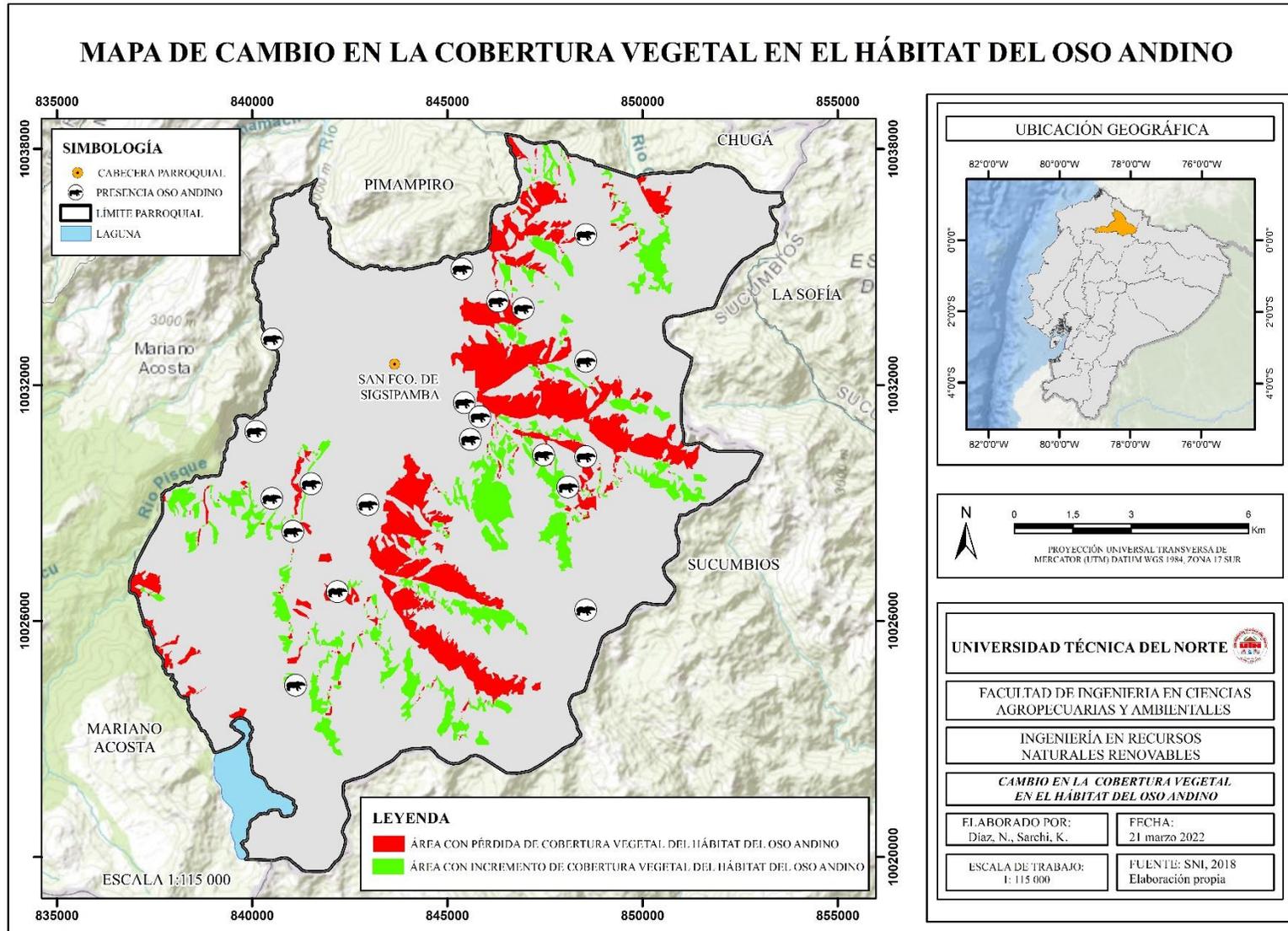
### Anexo 3.4

Mapa del área protegida principal – Parque Nacional Cayambe Coca



### Anexo 3.5

Mapa de cambio en la cobertura vegetal en el hábitat (bosque nativo y páramo) del oso andino



### Anexo 3.6

#### Mapa de corredores biológicos en la parroquia San Francisco de Sigispamba

