



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

“DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE TRES ESPECIES VEGETALES
IMPORTANTES PARA LA DIETA DEL OSO ANDINO (*Tremarctos ornatus*) EN LA
CORDILLERA ORIENTAL, IMBABURA”

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

AUTORAS:

Cabascango Cuascota Verónica Mishel

Cando Villarruel Nadia Carolina

DIRECTORA:

Ing. Mónica Eulalia León Espinoza, MSc

Ibarra, 2025

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**“DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE TRES ESPECIES VEGETALES
IMPORTANTES PARA LA DIETA DEL OSO ANDINO (*Tremarctos ornatus*) EN
LA CORDILLERA ORIENTAL, IMBABURA”**

Trabajo de integración curricular revisada por el Comité Asesor, previo a la obtención del Título de:

INGENIERAS EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

APROBADA:

Ing. Mónica León, MSc

DIRECTORA

FIRMA

Ing. Gabriel Jácome, MSc

ASESOR

FIRMA

IBARRA - ECUADOR

FEBRERO, 2025

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD	1005109713	
APELLIDOS Y NOMBRES	Cabascango Cuascota Verónica Mishel	
DIRECCIÓN:	Tabacundo - Pichincha	
EMAIL:	vmcabascangoc@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:	TELÉFONO MÓVIL:	0961375797

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD	1005253941	
APELLIDOS Y NOMBRES	Cando Villarruel Nadia Carolina	
DIRECCIÓN:	Ibarra- Imbabura	
EMAIL:	nccandov@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:	TELÉFONO MÓVIL:	0967654712

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE TRES ESPECIES VEGETALES IMPORTANTES PARA LA DIETA DEL OSO ANDINO (<i>Tremarctos ornatus</i>) EN LA CORDILLERA ORIENTAL, IMBABURA”
AUTORAS:	Cabascango Cuascota Verónica Mishel Cando Villarruel Nadia Carolina
FECHA:	10 de febrero de 2025
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera en Recursos Naturales Renovables
DIRECTOR:	Ing. Mónica León, MSc

2. CONSTANCIAS

Las autoras 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 son titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumimos la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldremos en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 10 de febrero de 2025

LOS AUTORES:



Cabascango Cuascota Verónica Mishel
CL.: 1005109713



Cando Villarruel Nadia Carolina
CL.: 1005253941

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: 05 de febrero de 2025

CABASCANGO CUASCOTA VERÓNICA MISHEL

CANDO VILLARRUEL NADIA CAROLINA

“DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE TRES ESPECIES VEGETALES IMPORTANTES PARA LA DIETA DEL OSO ANDINO (*Tremarctos ornatus*) EN LA CORDILLERA ORIENTAL, IMBABURA”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ingenieras en Recursos Naturales Renovables, Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Ibarra, 05 de febrero de 2025

DIRECTORA: Ing. Mónica Eulalia León Espinoza, MSc

El objetivo de esta investigación es evaluar la distribución potencial de tres especies vegetales importantes para la dieta del oso andino mediante la aplicación del modelo de máxima entropía para la conservación en la Cordillera Oriental de Imbabura.

Ibarra, 05 de febrero de 2025

AUTORAS

Cabascango Cuascota Verónica Mishel

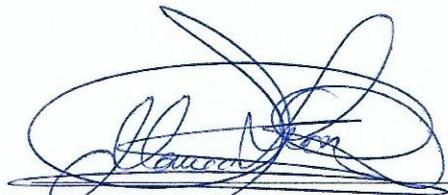
Cando Villarruel Nadia Carolina

DIRECTORA

Ing. Mónica Eulalia León Espinoza, MSc

CERTIFICACIÓN DE LA DIRECTORA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por las señoritas CABASCANGO CUASCOTA VERÓNICA MISHEL, con cédula de identidad Nro. 1005109713 y CANDO VILLARRUEL NADIA CAROLINA, con cédula de identidad Nro. 1005253941, bajo mi supervisión en calidad de directora.



Ing. Mónica Eulalia León Espinoza, MSc.

DIRECTORA

Ibarra, a los 05 del mes de febrero de 2025

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestra más sincera gratitud a la Ing. Mónica León, MSc, quien con su destacada experiencia y compromiso académico ha sido el pilar fundamental durante todo el proceso investigativo. Su excelente dirección y entrega profesional han sido esenciales para alcanzar los objetivos planteados.

Manifestamos nuestro profundo reconocimiento al Ing. Gabriel Jácome, MSc y al Biol. Andrés Laguna, quienes mediante su notable experiencia y valiosas contribuciones académicas han enriquecido significativamente la calidad de esta investigación. Su participación y retroalimentación fueron cruciales para la culminación exitosa de este proyecto.

Extendemos un especial reconocimiento a la Universidad Técnica del Norte, institución que nos ha brindado una formación académica de excelencia y nos ha permitido desarrollarnos integralmente como profesionales en sus instalaciones. Asimismo, expresamos nuestra gratitud al Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Imbabura por su significativo respaldo en recursos y facilidades logísticas, factores determinantes para la materialización de este trabajo de investigación.

Por último, queremos agradecer a nuestra familia, amigos y a todos aquellos que de una forma u otra nos brindaron su confianza, su apoyo económico y moral durante este desafiante viaje académico. Su respaldo ha sido fundamental en cada paso del camino para lograr nuestros objetivos académicos.

Mishel Cabascango

Nadia Cando

DEDICATORIA

Con todo mi corazón, dedico este logro a mis padres, Miguel Cabascango y Dolores Cuascota. Ustedes han sido mi fuerza desde el primer día, apoyándome sin condiciones y haciendo sacrificios que nunca podré terminar de agradecer. Verlos levantarse cada día y luchar por nuestra familia me ha enseñado que con esfuerzo todo es posible. Son mi ejemplo a seguir y mi mayor orgullo.

A mis hermanos, que han estado ahí en cada paso del camino, dándome ánimos cuando más lo necesitaba y compartiendo conmigo tanto los momentos difíciles como las alegrías.

Sus palabras de aliento y su presencia han hecho este camino más llevadero.

Quiero reconocer especialmente al Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Imbabura por abrirnos sus puertas. Su colaboración y apoyo fueron clave para que esta investigación pudiera llevarse a cabo, facilitándonos los recursos necesarios para alcanzar nuestras metas.

A mi compañera de tesis, Nadia Cando, más que una colega, una verdadera amiga. Juntas hemos superado cada obstáculo que se nos presentó, complementando nuestras habilidades y apoyándonos mutuamente. Tu dedicación y forma de ver las cosas han hecho que este proyecto sea una experiencia única que nunca olvidaré.

Un agradecimiento especial a cada profesor de la carrera de Recursos Naturales Renovables sus enseñanzas van más allá de lo académico nos han preparado para ser profesionales comprometidos con el ambiente y la sociedad. Cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en mi formación y en mi manera de ver el mundo.

Mishel Cabascango

DEDICATORIA

Con profundo amor, dedico este logro a mis pilares fundamentales mi madre, Ligia Villarruel y mi padre Luis Cando. Ustedes han sido mi brújula en este camino, enseñándome con su ejemplo que la constancia y el esfuerzo son las claves del éxito. Su amor y apoyo han sido el motor que me impulsa a seguir adelante, y cada logro mío es también suyo. Me han mostrado que con dedicación y valentía, los sueños se hacen realidad.

A mis queridas hermanas, Adela e Ingrid Cando, mis cómplices de vida. Su apoyo ha sido como un abrazo en los momentos difíciles, y sus palabras de aliento han sido la luz que me ha guiado cuando el camino se ponía cuesta arriba. Gracias por estar siempre ahí, celebrando mis triunfos y levantándome en las caídas.

Un agradecimiento especial a mi compañera Mishell Cabascango. Juntas hemos formado un equipo extraordinario, donde tu perspectiva única y tu compromiso han sido fundamentales para llevar esta investigación a buen puerto. Tu manera de analizar los problemas y tu dedicación han hecho que este proyecto sea no solo un trabajo académico, sino una experiencia de crecimiento compartido.

A cada profesor de la carrera de Recursos Naturales Renovables, gracias por ir más allá de la simple transmisión de conocimientos. Sus enseñanzas han sembrado en mí no solo saberes académicos, sino también valores y pasión por nuestra profesión.

Y a todos mis amigos y compañeros que han compartido conmigo esta aventura universitaria: sus risas, apoyo y amistad han hecho que este viaje sea inolvidable. Cada uno ha puesto su granito de arena para que hoy pueda alcanzar esta meta.

Con mucho amor, este logro es por y para ustedes

Nadia Cando

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Revisión de antecedentes o estado del arte	1
1.2 Problema de investigación y justificación	3
1.3.1 Objetivo general	5
1.3.2 Objetivos específicos	5
1.4 Preguntas Directrices	5
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 Oso Andino (<i>Tremarctos ornatus</i>)	6
2.1.1 Distribución geográfica	6
2.1.2 Ecología y comportamiento	7
2.1.3 Dieta y hábitos alimenticios	7
2.2 Especies vegetales del estudio	8
2.2.1 <i>Puya clava herculis</i>	8
2.2.2 <i>Macleania cordifolia</i>	9
2.2.3 <i>Hesperomeles obtusifolia</i>	9
2.3 Descripción de la Cordillera Oriental de Imbabura	10
2.3.1 Ecosistemas presentes	11
2.3.2 Importancia ecológica y estado de conservación	11
2.4 Modelo de distribución de especies	12
2.4.1 Técnicas de modelado de distribución potencial	12
2.5 Interacciones planta-animal en ecosistemas andinos	14
2.6 Importancia de las interacciones tróficas	14
2.7 Sitios idóneos para el oso andino	15
2.8 Impacto del cambio climático en las interacciones planta-animal	16
2.9 Conservación y manejo de hábitat	16
2.9.1 Estrategias de conservación para el oso andino	17
2.9.3 Corredores ecológicos y conectividad de hábitat	18
2.10.1 Constitución de la República del Ecuador (2008)	19
2.10.2 Tratados internacionales	19

2.10.3 Leyes Orgánicas -----	20
2.10.4 Acuerdos Ministeriales y Resoluciones -----	20
2.10.5 Instrumentos de planificación y gestión-----	21
3.1 Descripción del Área de Estudio.....	22
3.2 Métodos.....	23
3.2.1 Distribución potencial de las especies vegetales en la Cordillera Oriental de Imbabura -----	23
3.2.2 Análisis de solapamiento de nichos entre el oso andino y especies vegetales	31
3.2.3 Propuesta de corredor ecológico como estrategias de mejora del hábitat alimenticio y recuperación de espacios para el oso andino -----	33
3.3 Materiales y equipos	38
4.1 Distribución potencial de especies vegetales en la Cordillera Oriental.....	39
4.1.1 Validación de los modelos de distribución-----	39
4.1.2 Distribución potencial de <i>Tremarctos ornatus</i> -----	40
4.1.2.1 Prueba de Jackknife -----	41
4.1.2.2 Curvas de respuesta -----	42
4.1.3 Distribución potencial de <i>Puya clava herculis</i> -----	43
4.1.3.1 Prueba de Jackknife -----	44
4.1.3.2 Curvas de respuesta -----	45
4.1.4 Distribución potencial de <i>Hesperomeles obtusifolia</i> -----	47
4.1.4.1 Prueba de Jackknife -----	48
4.1.4.2 Curvas de respuesta -----	49
4.1.5 Distribución potencial de <i>Macleania cordifolia</i> -----	51
4.1.5.1 Prueba de Jackknife -----	52
4.1.5.1 Curvas de respuesta -----	53
4.2 Solapamiento de nichos entre el oso andino y especies vegetales.....	55
4.2.1 Índice de Schoener (D)-----	55
4.2.2 Áreas Solapamiento entre <i>Tremarctos ornatus</i> y las especies vegetales-	56
4.2.3 Análisis de Componentes Principales (ACP) -----	58
4.3 Propuesta de un corredor ecológico como estrategias de mejora del hábitat alimenticio y recuperación de espacios para el oso andino	60
4.3.1 Corredor ecológico -----	60

4.3.2 Programas y proyectos para la implementación del corredor ecológico -	61
5. CONCLUSIONES	71
6. RECOMENDACIONES.....	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
ANEXOS	90
Anexo 1	90
Anexo 2	92
Anexo 3.....	96
Anexo 4.....	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de modelos de distribución	13
Tabla 2 Variables bioclimáticas, biofísicas y edáficas utilizadas en los modelos de distribución	27
Tabla 3 Insumos y herramientas.....	38
Tabla 4 Valores AUC y TSS para las especies vegetales y el oso andino	40
Tabla 5 Resultados del análisis PER	62
Tabla 6 Programa de restauración ecológica.....	63
Tabla 7 Programa de monitoreo de especies invasoras	66
Tabla 8 Programa de educación ambiental	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Puya clava herculis</i> en el Parque Nacional El Cajas	8
Figura 2 <i>Macleania cordifolia</i> en Reserva Geobotánica Pululahua	9
Figura 3 <i>Hesperomeles obtusifolia</i> el libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador ..	10
Figura 4 Ubicación del área de estudio	22
Figura 5 Región M de la Cordillera Oriental Norte del Ecuador	25
Figura 6 Gráfica de correlación de las variables bioclimáticas	27
Figura 7 Flujograma del proceso del modelado	30
Figura 8 Flujograma del proceso de solapamiento	33
Figura 9 Gráfica análisis PER	36
Figura 10 Flujograma del proceso para el corredor ecológico	37
Figura 11 Distribución potencial de <i>Tremarctos ornatus</i>	41
Figura 12 Prueba de Jackknife para <i>Tremarctos ornatus</i>	42
Figura 13 Curvas de respuesta para variables bioclimáticas y biofísicas de <i>Tremarctos ornatus</i> a) elev: elevación; b) bio12: precipitación anual.	43
Figura 14 Distribución potencial de <i>Puya clava herculis</i>	44
Figura 15 Prueba de Jackknife para <i>Puya clava herculis</i>	45
Figura 16 Curvas de respuesta para variables bioclimáticas y biofísicas de <i>Puya clava herculis</i> a) bio12: precipitación anual; b) elev: elevación y c) cob: cobertura	46
Figura 17 Distribución potencial de <i>Hesperomeles obtusifolia</i>	48
Figura 18 Prueba de Jackknife para <i>Hesperomeles obtusifolia</i>	48
Figura 19 Curvas de respuesta para variables bioclimáticas y biofísicas de <i>Hesperomeles obtusifolia</i> a) elev: elevación; b) bio12: precipitación anual y c) bio3: isoterma.	50
Figura 20 Distribución potencial de <i>Macleania cordifolia</i>	52
Figura 21 Prueba de Jackknife para <i>Macleania cordifolia</i>	53
Figura 22 Curvas de respuesta para variables bioclimáticas y biofísicas de <i>Macleania cordifolia</i> a) elev: elevación; b) bio12: precipitación anual y c) Bio3: isoterma.	54
Figura 23 Índice de similitud de Schoener (D)	56
Figura 24 Solapamiento de nichos a) <i>Tremarctos ornatus</i> con <i>Puya clava herculis</i> , b) <i>Tremarctos ornatus</i> con <i>Hesperomeles obtusifolia</i> y c) <i>Tremarctos ornatus</i> con <i>Macleania obtusifolia</i>	57
Figura 25 Área total del solapamiento entre <i>Tremarctos ornatus</i> y especies vegetales ...	58
Figura 26 Análisis de los Componentes Principales (ACP)	59

Figura 27 Zonas de conectividad ecológica.....	61
Figura 28 Programa para aplicación de restauración ecológica.....	64
Figura 29 Programa para aplicación de monitoreo de especies invasoras	67
Figura 30 Programa para aplicación de educación ambiental.....	70

RESUMEN

La Cordillera Oriental de Imbabura alberga una diversidad vegetal fundamental para la conservación de *Tremarctos ornatus*. Sin embargo, la discontinuidad ecosistémica, la expansión agrícola y las alteraciones climáticas afectan la disponibilidad de recursos clave para su dieta. Este estudio evaluó la distribución actual de tres especies vegetales esenciales: *Puya clava herculis*, *Macleania cordifolia* y *Hesperomeles obtusifolia*, utilizando modelos de máxima entropía (MaxEnt). Los resultados indican que *Puya clava herculis* representa hasta el 45% de la dieta del oso durante la época seca, mientras que *Macleania cordifolia* aporta un 25% en la temporada de fructificación, y *Hesperomeles obtusifolia* un 10% en la etapa de maduración. No obstante, la segmentación del ecosistema ha ocasionado una disminución significativa en la densidad poblacional del género *Puya* en un 30% y el área de distribución de *Macleania* en un 25%, comprometiendo la oferta alimenticia. Además, los modelos proyectan que el cambio climático reducirá más del 30% de las áreas adecuadas para estas plantas, desplazando su distribución hacia mayores altitudes. Esta situación amenaza la supervivencia del oso andino al limitar su acceso a alimentos esenciales. Como medida de conservación, se propone la creación de corredores ecológicos en la Cordillera Oriental de Imbabura que conecten hábitats fragmentados, asegurando la disponibilidad de recursos y facilitando los desplazamientos del oso. De igual manera, se recomienda implementar un sistema de seguimiento sistemático para cuantificar las alteraciones en la composición florística y los patrones de desplazamiento del úrsido, lo cual facilitará el desarrollo de protocolos de gestión optimizados para atenuar los efectos derivados de las variaciones climáticas y la intervención antrópica.

Palabras clave: Cordillera Oriental, distribución vegetal, oso andino, especies vegetales, MaxEnt, corredor ecológico.

ABSTRACT

The Eastern Cordillera of Imbabura harbours essential plant diversity for the conservation of *Tremarctos ornatus*. However, ecosystem discontinuity, agricultural expansion and climatic alterations affect the availability of key resources for its diet. This study evaluated the current distribution of three essential plant species: *Puya clava herculis*, *Macleania cordifolia* and *Hesperomeles obtusifolia*, using maximum entropy models (MaxEnt). The results indicate that *Puya clava herculis* represents up to 45% of the bear's diet during the dry season, whilst *Macleania cordifolia* contributes 25% during the fruiting season, and *Hesperomeles obtusifolia* 10% during the maturation phase. Nevertheless, ecosystem segmentation has caused a significant decrease in the population density of the *Puya* genus by 30% and *Macleania*'s distribution area by 25%, compromising food supply. Furthermore, the models project that climate change will reduce suitable areas for these plants by more than 30%, shifting their distribution towards higher altitudes. This situation threatens the survival of the Andean bear by limiting its access to essential food sources. As a conservation measure, the creation of ecological corridors in the Eastern Cordillera of Imbabura is proposed to connect fragmented habitats, ensuring resource availability and facilitating bear movements. Similarly, it is recommended to implement a systematic monitoring system to quantify alterations in floristic composition and ursid movement patterns, which will facilitate the development of optimised management protocols to mitigate the effects derived from climatic variations and anthropogenic intervention.

Keywords: Cordillera Oriental, plant distribution, Andean bear, MaxEnt, ecological corridor.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Revisión de antecedentes o estado del arte

El oso andino (*Tremarctos ornatus*), es el único úrsido nativo de América del Sur y se encuentra en peligro de extinción debido a la pérdida de hábitat y la caza furtiva (Borbón *et al.*, 2017). Este mamífero tiene una dieta predominante herbívora, con el 75% de su alimento basada en plantas (García, 2012). En la Cordillera Oriental de Imbabura, Ecuador, se ha evidenciado que *Puya clava herculis*, *Macleania cordifolia* y *Hesperomeles obtusifolia* son esenciales en su dieta (Laguna, 2014).

Diversos estudios han explorado la composición de la dieta del oso andino en diferentes regiones y ecosistemas, un caso destacable es de Figueroa, (2013) en el que identificó 114 especies vegetales consumidas por el oso andino a nivel de América del Sur, donde el análisis de frecuencia de ocurrencia reveló una predominancia significativa de la familia Bromeliaceae del género puya con un 18% de representación, destacándose sobre otras familias. Para Bolivia, Ríos *et al.*, (2009) encontraron que el 60% de su dieta está compuesta por especies de la familia Bromeliaceae, Ericaceae y Rosaceae, con las bromelias representando el 75.69% de la biomasa consumida.

Ardila, (2020) en su estudio realizado en Colombia destacó que las bromelias constituyen el 92% del consumo del oso en el Parque Nacional Chingaza, mientras que otras familias como Arecaceae, Ericaceae y Rosaceae aportan frutos que completan su dieta. Este patrón se repite en estudios realizados en el Parque Nacional Cayambe Coca, Ecuador, donde las familias Bromeliaceae, Poaceae y Ericaceae tienen una relevancia significativa en la alimentación del oso, especialmente en ecosistemas de alta montaña Flores *et al.*, (2020). En casos más recientes como de Rosero, (2023) determinó que la especie *Puya clava herculis* es la fuente principal de alimento del oso andino para la provincia de Imbabura. A nivel de especies claves *Puya clava herculis* destaca como un recurso alimenticio crítico, representando hasta el 45% de la dieta del oso durante la temporada seca Figueroa, (2013). Asimismo, los frutos de *Hesperomeles obtusifolia* y *Macleania cordifolia* son importantes en ciertas épocas de año, representando el 10% y 25% de la dieta del oso, respectivamente, según estudios de (Mondolfi, 1971; Ríos *et al.*, 2009).

En cuanto a la distribución de especies, los estudios de Sklenar *et al.*, (2008) y León *et al.*, (2011) han demostrado que factores ambientales como la altitud, temperatura, precipitación y humedad son determinantes en la distribución de las plantas que conforman la dieta del oso andino. Las investigaciones de Hofstede & Llambí, (2020) han revelado que especies clave como *Puya clava herculis* dependen de microhábitats específicos y son particularmente vulnerables a las alteraciones en los patrones climáticos. Esto se ve respaldado por las proyecciones de Aguirre *et al.*, (2019) que sugieren posibles reducciones en los rangos de distribución de estas especies debido al cambio climático.

Es importante señalar que el análisis de solapamiento de nichos ecológicos ha proporcionado información valiosa sobre las interacciones entre especies en los ecosistemas de alta montaña. Sklenar *et al.*, (2008) identificaron patrones específicos de solapamiento en especies de Bromeliaceae, Ericaceae y Poaceae en los páramos andinos, mientras que Monasterio & Sarmiento, (1991) documentaron como las especies vegetales de alta montaña desarrollan nichos diferenciados que permiten su coexistencia. Cabe resaltar que estos estudios han sido fundamentales para comprender como las especies vegetales que son cruciales para la dieta del oso andino se distribuyen y coexisten en estos ecosistemas. Estudios posteriores han revelado que la distribución altitudinal de estas comunidades vegetales está fuertemente influenciada por factores microclimáticos y edáficos específicos. Investigaciones realizadas por García & Sánchez (2012) demostraron que la disponibilidad de recursos y las adaptaciones morfológicas de las especies determinan patrones únicos de distribución vertical en los ecosistemas andinos. Estos hallazgos se complementan con los trabajos de Rodríguez *et al.*, (2015), quienes encontraron que la competencia interespecífica y los gradientes ambientales modulan la estructura de las comunidades vegetales, aspectos fundamentales para la conservación y manejo de los hábitats del oso andino.

En relación con ello la importancia de los corredores ecológicos ha sido destacada por diversos investigadores como elemento crucial para mantener la conectividad entre hábitats fragmentados. Sunny *et al.*, (2017) han combinado análisis de solapamiento de nichos y corredores ecológicos utilizando modelos de máxima entropía para predecir la distribución potencial de especies vegetales bajo escenarios de cambio climático. Por su parte, Armenteras *et al.*, (2003) y Mena *et al.*, (2011) han anualizado la efectividad de los corredores en los Andes colombianos y ecuatorianos, demostrando su papel fundamental en facilitar tanto el movimiento del oso andino como la dispersión de las especies vegetales que constituyen su dieta.

1.2 Problema de investigación y justificación

Osbahr *et al.*, (2007) señalan que las especies vegetales en las zonas altoandinas enfrentan una situación alarmante debido al aumento de la fragmentación y la pérdida de su hábitat natural causada por la actividad humana. Esto ha afectado también a *Tremarctos ornatus*, cuya presencia en los páramos y bosques altoandinos ha disminuido considerablemente. Según Márquez *et al.*, (2018), las principales causas de esta reducción son la expansión de la frontera agrícola y la fragmentación del paisaje, lo que ha provocado el aislamiento de las poblaciones de osos y una disminución en la disponibilidad de recursos alimenticios clave. Estudios indican que el hábitat del oso andino ha disminuido en un 42% dentro de su área de distribución en los Andes (Vélez & García, 2017). En Ecuador, en los últimos 20 años, se ha perdido un 27% del hábitat adecuado para la especie, afectando gravemente el acceso a plantas fundamentales para su dieta (Molina *et al.*, 2020).

Como indica Hofstede & Llambí, (2020) los ecosistemas altoandinos enfrentan una situación crítica debido a la acelerada pérdida de biodiversidad, con tasas de degradación que alcanzan el 31% principalmente por actividades antrópicas. Donde se ha evidenciado que *Puya clava herculis*, enfrenta una amenaza significativa debido a la fragmentación del hábitat, estudios recientes indican que la pérdida de hábitat ha reducido las poblaciones de esta especie en aproximadamente un 30% en los últimos años por incendios forestales en las partes altas de las montañas (Madriñan *et al.*, 2013). A su vez, la fragmentación afecta de manera significativa a la dispersión de semillas y la polinización, lo que puede llevar a una disminución en la diversidad genética y la viabilidad a largo plazo de las poblaciones de *Puya clava herculis* (Fagua & González, 2017).

Otra de las especies que enfrenta una disminución considerable de su nicho es *Macleania cordifolia*, que ha experimentado una reducción de cerca del 25% en su área de distribución debido a la fragmentación del bosque andino (Luteyn, 2002). Esta especie es particularmente sensible a los efectos de borde y las alteraciones del microclima causadas por la fragmentación, lo que afecta su reproducción y supervivencia. Investigaciones de Caballero *et al.*, (2017) revelan que la fragmentación del bosque andino reduce la disponibilidad de polinizadores para *Macleania cordifolia* afectando su reproducción. Además, Calderón *et al.*, (2020) han documentado una disminución en la producción de frutos y semillas viables en poblaciones fragmentadas de esta especie lo que aumenta la susceptibilidad a enfermedades y plagas, lo que compromete aún más su supervivencia a largo plazo.

De manera similar, *Hesperomeles obtusifolia* ha experimentado una disminución del 20% en su población debido a la fragmentación y pérdida de hábitat en los bosques montanos andinos (Romoleroux, 1996). Esta pérdida ha llevado a la formación de poblaciones aisladas y pequeñas, lo que aumenta su estado de vulnerabilidad a eventos estocásticos y reduce su capacidad de adaptación a cambios ambientales (Palacios & Jaramillo, 2016). Los estudios realizados por Baez & Balslev, (2007) indican que la fragmentación del bosque montano reduce la diversidad genética de las poblaciones de *Hesperomeles obtusifolia*, aumentando el riesgo de depresión endogámica. También en las investigaciones de Tovar *et al.*, (2010) muestran que la fragmentación del hábitat altera los patrones de dispersión de semillas de esta especie, limitando su capacidad de permanecer de nuevas zonas y dificultando su adaptación a ciertos lugares no adecuados.

Pese a ello, el cambio climático y las actividades antrópicas están alterando los patrones de distribución de estas especies vegetales, lo que podría tener implicaciones significativas para la supervivencia del oso andino a largo plazo (Cuesta *et al.*, 2017). Sin embargo, sin un conocimiento detallado de la distribución potencial de estas plantas bajo diferentes escenarios climáticos y de uso del suelo, es difícil predecir como cambiarán los patrones de alimentación del oso andino y qué áreas serán críticas para su conservación en el futuro. Desde el punto de vista ecológico, el estudio se vincula principalmente con el ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) 15, que se enfoca en la vida de los ecosistemas terrestres al contribuir a la conservación y restauración de los páramos y bosques altoandinos, esenciales para la biodiversidad y los servicios ambientales.

También, apoya las metas 15.1 y 15.5, que buscan proteger los hábitats naturales y frenar su degradación, y la meta 15.9, generando información científica que puede integrarse en políticas de conservación. Además, está relacionado con el ODS 13 denominado acción por el clima, ya que la protección de los páramos como sumideros de carbono es clave para mitigar el cambio climático. Es por ello que se han considerado a los factores antrópicos como efecto de la fragmentación del hábitat debido a la expansión agrícola y urbana que ha sido identificada como una amenaza significativa para la persistencia de estas especies vegetales mencionadas y, por extensión, para la viabilidad de las poblaciones de osos andinos (Molina *et al.*, 2017). Por ello, se ha tomado en cuenta estos dos enfoques esenciales para desarrollar estrategias de conservación efectivas que consideren tanto los factores climáticos como los antrópicos en la gestión del hábitat del oso andino y sus recursos alimenticios clave en la Cordillera Oriental de Imbabura.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la distribución potencial de tres especies vegetales importantes para la dieta del oso andino mediante la aplicación del modelo de máxima entropía para la conservación en la Cordillera Oriental de Imbabura.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar las áreas de distribución de las especies *Puya clava herculis*, *Macleania cordifolia* y *Hesperomeles obtusifolia* en la Cordillera Oriental de Imbabura centrándose en áreas de mayor incidencia del oso andino.
- Analizar el solapamiento existente entre el nicho del oso andino y las especies vegetales que forman parte de su dieta.
- Proponer un corredor ecológico como estrategias de mejora del hábitat alimenticio y recuperación de espacios para el oso andino.

1.4 Preguntas Directrices

¿Cómo se distribuyen las especies vegetales para el consumo del oso andino en la Cordillera Oriental de Imbabura?

¿Qué grado de solapamiento existe entre los nichos del oso andino y las especies en la Cordillera oriental de Imbabura?

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Oso Andino (*Tremarctos ornatus*)

Tremarctos ornatus conocido comúnmente como oso andino u oso de anteojos, es el único úrsido nativo de Sudamérica y el único miembro viviente del género *Tremarctos*. Es una especie de tamaño mediano, con machos que pesan entre 100 a 200 kg y hembras entre 6 a 80 kg (Goldstein *et al.*, 2008a). Su pelaje es negro o marrón oscuro, con distintivas marcas faciales blancas o amarillentas que varían entre individuos. El espécimen *Tremarctos ornatus* se halla categorizado en condición de Vulnerabilidad conforme a los parámetros de evaluación establecidos por la Lista Roja de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), fundamentalmente a consecuencia de la alteración severa de su biotopo, la disgregación de sus núcleos poblacionales y la caza ilegal (Melo-Días *et al.*, 2024). Se estima que la población total es de 5 000 a 30 000 individuos, distribuidos de manera fragmentada a lo largo de la Cordillera de los Andes. Por ende, la conservación de esta especie es esencial no solo por su valor propio, sino también por su papel como especie paraguas, cuya protección beneficia a muchas otras especies que comparten su hábitat (Peyton, 2018).

2.1.1 Distribución geográfica

El oso andino se distribuye a lo largo de toda la cordillera de los Andes, desde el norte de Sudamérica, en Venezuela, hasta el sur, en Argentina este rango incluye los países de Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia. En cuanto a su distribución en altitud, la especie habita entre los 250 y los 4 750 m.s.n.m con una mayor abundancia en las zonas que se encuentran entre los 1 000 y los 4 000 metros de altura (García-Rangel, 2012). En Ecuador, el oso andino se localiza en las estribaciones orientales y occidentales de los Andes, incluyendo la Cordillera Oriental de Imbabura, donde Márquez *et al.*, (2017) han demostrado que su distribución está fuertemente influenciada por la disponibilidad de hábitat y recursos alimenticios.

Sin embargo, las presiones antropogénicas, la alteración y división de los ecosistemas naturales, como consecuencia de la intensificación de actividades agrarias y la pérdida de zonas boscosas, ha generado la separación de grupos poblacionales de osos andinos, aumentando su vulnerabilidad ante la extinción local y reduciendo su diversidad genética (Cosse *et al.*, 2014; Márquez *et al.*, 2017). Por ello, los esfuerzos de conservación son vitales, ya que la especie desempeña un papel vital en los ecosistemas andinos, actuando como dispersor de semillas y

ayudando a mantener la estructura del bosque (Figuerola, 2013). De la misma manera, los modelos de cambio climático predicen cambios significativos en el hábitat adecuado del oso, lo que podría obligar a las poblaciones a trasladarse a elevaciones más altas y fragmentar aún más su área de distribución (Molloy *et al.*, 2022).

2.1.2 Ecología y comportamiento

El oso andino es una especie adaptada a una variedad de ecosistemas andinos, incluyendo bosques nublados, páramos y bosques secos interandinos, principalmente son diurno y arborícola con extraordinarias habilidades para trepar árboles en busca de alimento o refugio (Castellanos, 2005). Generalmente solitario, el oso andino puede formar agregaciones temporales en áreas con abundantes recursos alimenticios donde su papel ecológico es significativo, actuando como dispersor de semillas y modificador del hábitat (Serrano, 2005). En particular, al alimentarse de la familia de las Bromelias, los osos crean claros en el sotobosque que favorecen la regeneración de otras especies vegetales (Vargas *et al.*, 2020). Así mismo, el comportamiento de forrajeo del oso andino está fuertemente influenciado por la estacionalidad y la disponibilidad de recursos, lo que resulta en movimientos altitudinales y horizontales a lo largo de su rango de distribución.

2.1.3 Dieta y hábitos alimenticios

El oso andino es omnívoro, con una dieta que varía según la disponibilidad estacional y geográfica de recursos. Sin embargo, estudios han demostrado que es principalmente herbívoro, con hasta el 75-90 % de su dieta compuesta por materia vegetal (Figuerola, 2013d). La Familia de las Bromelias como el género *Puya* son un componente importante de su dieta, especialmente en ecosistemas de páramo mientras que, en bosques montanos los frutos como de las familias Ericaceae y Rosaceae como del género *Macleania* y *Hesperomeles* son recursos clave. El oso andino también consume otras partes vegetales como hojas, tallos y cortezas, así como insectos, pequeños vertebrados y carroña ocasionalmente. La composición de la dieta varía estacionalmente, con un mayor consumo de frutos durante la época húmeda y un aumento en el consumo de bromelias y otras plantas fibrosas durante la época seca (Rodríguez *et al.*, 2020).

2.2 Especies vegetales del estudio

Las especies vegetales constituyen componentes esenciales en la dieta del oso andino, representando una fuente significativa para el consumo diario dentro de su cadena alimenticia. Entre las principales se encuentran:

2.2.1 *Puya clava herculis*

Perteneciente al orden Poales, familia Bromeliaceae, género *Puya*, presenta hojas de tonalidad verde azulado y borde espinoso, alcanzan dimensiones de 50-70 cm de longitud y 1.5-2.5 cm de ancho. Las flores dispuestas en espigas, con una inflorescencia que puede llegar a medir entre 1.50 y 3 m de altura, son dialipétalas y actinomorfas, presentando un tono verde azulado muy llamativo y anteras de color amarillo. Los frutos, de tipo capsular y con dimensiones de 1.5 cm x 3 cm, se distribuyen alrededor del eje central con cantidades que varían entre 50 y 90 unidades. Las semillas diminutas, con una longitud máxima de 5 mm, pueden encontrarse en números que oscilan entre 200 y 450 por fruto (González *et al.*, 2010).

Es una especie nativa de Ecuador que se la puede observar en páramos con altitudes elevadas entre los 3 300 – 3 700 m.s.n.m., donde el clima es frío y húmedo. Esta especie es considerada un alimento importante para la dieta de *Tremarctos ornatus* a su vez, consume la parte más suave y fibrosa de la planta, pero mayormente prefiere la parte central fibrosa o el corazón de la planta ya que es dulce y energética, constituye el 90% de su dieta y el 10% forma el cogollo o las partes tiernas de las plantas ya que su sabor es amargo (Laguna, 2011). (Figura 1)

Figura 1

Puya clava herculis en el Parque Nacional El Cajas



Fuente: Torrez, D. (2019). *Puya clava herculis*. iNaturalist Ecuador.

2.2.2 *Macleania cordifolia*

Pertenece al orden Ericales, familia Ericaceae, género *Macleania*, es un arbusto perenne, crecimiento erecto, hojas opuestas, inflorescencia en racimos con frutos en forma de bayas de color llamativo que varían desde rojo hasta morado, esta planta habita en bosque húmedo y subtropicales (Figura 2) (Yáñez, 2003). Es nativa de América del Sur, específicamente se encuentra en países como Colombia, Ecuador y Perú. Suele crecer en bosques húmedos de montaña, especialmente en altitudes entre los 1 500 y 3 000 m.s.n.m. (Aguirre, 2018). *Tremarctos ornatus* principalmente se alimenta de los frutos maduros, ya que estos frutos proporcionan una fuente de energía para el oso, sin embargo, el oso puede consumir partes tiernas de los tallos de las plantas especialmente en la época de escasez de los frutos (Montaña, 2020).

Figura 2

Macleania cordifolia en Reserva Geobotánica Pululahua



Fuente: Ibáñez, C. (2019). *Macleania cordifolia*. Flora de la Mitad del Mundo.

2.2.3 *Hesperomeles obtusifolia*

Es un arbusto que alcanzan una altura máxima de 2 metros. Las hojas son alternas, lanceoladas y rígidas, llegando a medir hasta 3 cm de longitud, con márgenes cerrados. Las inflorescencias pueden medir hasta 4 cm de longitud y contienen de una a varias flores. Estas

flores, de unos 10 mm de largo, presentan pétalos blancos con tonalidades que van desde el rosa hasta el rojo. Su fruto es redondeado y carnoso, alcanza una longitud de 10 mm y varía en coloración desde el rojo hasta el negro (Figura 3) (Missouri Botanical Garden, 2023).

Hesperomeles obtusifolia pertenece al orden Rosales, familia Rosaceae, género *Hesperomeles* es una planta originaria de América del Sur Occidental y se puede hallar en países como Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Suele crecer en regiones de subpáramo, generalmente entre altitudes de 1 500 y 2 500 m.s.n.m. Colombia, Perú y Bolivia son los países donde se encuentra en mayor abundancia esta especie vegetal (Romoleroux *et al.*, 2016). Imbabura alberga esta especie en los páramos y bosques andinos, con altitudes desde los 2 000 y 3 500 m.s.n.m. por la presencia de un alto grado de material orgánico. *Tremarctos ornatus* suelen consumir los frutos de esta planta, ya que forman parte de su dieta por lo general los frutos son pequeños y azules oscuros que proporcionan una fuente de alimento rica en nutrientes para los osos y otros animales que habitan en las mismas áreas.

Figura 3

Hesperomeles obtusifolia en el libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador



Fuente: Erler, R. (2019). *Hesperomeles obtusifolia*. BIOWEB.

2.3 Descripción de la Cordillera Oriental de Imbabura

La Cordillera Oriental de Imbabura elemento integrante del sistema andino en el norte del Ecuador, se caracteriza por presentar un relieve accidentado con elevaciones que fluctúan entre los 2 000 y 4 500 m.s.n.m. (Pourrut, 2010). Donde, el punto más alto de la cordillera en

Imbabura es el volcán Imbabura que alcanza los 4 630 m por otra parte, clima de la región oscilan entre 6°C y 12°C, dependiendo de la altitud con una precipitación anual que varía desde 800 hasta 3 000 mm, debido al efecto orográfico (Vuille *et al.*, 2000). Dada su ubicación entre la región amazónica y la sierra alberga una gran diversidad de ecosistemas y especies, además el clima varía significativamente en diferentes altitudes, desde cálido - húmedo en tierras bajas hasta frío en las montañas (García, 2020).

2.3.1 Ecosistemas presentes

La Cordillera Oriental de Imbabura alberga una variedad de ecosistemas que se distribuyen a lo largo de su gradiente altitudinal. Según el Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental (Ministerio del Ambiente, 2013), los principales ecosistemas presentes incluyen: Bosque siempreverde montano bajo (1 300 a 2 000 m), caracterizado por una alta diversidad de especies arbóreas y epífitas; Bosque siempreverde montano (2 000 a 3 000 m), con una estructura más baja y densa, rica en musgos y helechos; Bosque siempreverde montano alto (3 000 a 3 400 m), dominado por especies arbóreas de los géneros *Polylepis* y *Buddleja*; y Páramo herbáceo y arbustivo (sobre los 3 400 m), caracterizado por pajonales, arbustos achaparrados y plantas en cojín. Cada uno de estos ecosistemas alberga comunidades únicas de flora y fauna, adaptadas a las condiciones específicas de altitud, temperatura y humedad. La transición entre estos ecosistemas no es abrupta, sino que forma ecotonos que aumentan aún más la biodiversidad de la región (Suárez *et al.*, 2016).

2.3.2 Importancia ecológica y estado de conservación

La Cordillera Oriental de Imbabura es de vital importancia ecológica debido a su alta biodiversidad y endemismo. Actúa como un corredor biológico natural, facilitando la conectividad entre diferentes ecosistemas y poblaciones de especies. Además, estos ecosistemas proveen servicios ecosistémicos importantes, como la regulación hídrica, la captura de carbono y el control de la erosión (Cuesta *et al.*, 2017a). Sin embargo, el área enfrenta múltiples amenazas, incluyendo la deforestación, la expansión agrícola, la minería y el cambio climático. Según el estudio de (Tapia-Armijos *et al.*, 2015), la tasa de deforestación en los bosques montanos de Ecuador es de aproximadamente 2% anual. Para abordar estas amenazas, se han establecido varias áreas protegidas en la región, como el Parque Nacional Cayambe-Coca, Área Ecológica de Conservación Municipal La Bonita, Refugio de Vida Silvestre Pimampiro y Área Protegida Autónoma Descentralizada Cordillera Oriental del Carchi. No obstante, la efectividad de estas áreas protegidas se ve desafiada por la presión

antrópica y la falta de conectividad entre ellas, lo que subraya la necesidad de estrategias de conservación más integrales y participativas.

2.4 Modelo de distribución de especies

La modelación de nichos ecológicos (Species Distribution Modeling, SDM por sus siglas en inglés) constituye un instrumento metodológico esencial en las disciplinas de ecología y biología de la conservación, que mediante la integración de registros de ocurrencia taxonómica y variables bioclimáticas, permite la proyección espacial de la distribución potencial de los especies a estudiar (Guisan & Thuiller, 2005). Los SDM se basan en el concepto de nicho ecológico, que describe las condiciones ambientales en las que una especie puede mantener poblaciones viables. Existen dos principales enfoques en SDM: los modelos mecanísticos, que se basan en el conocimiento de los procesos fisiológicos y ecológicos que determinan la distribución de las especies, y los modelos correlacionales, que infieren las relaciones entre la presencia de especies y las variables ambientales a partir de datos observados (Kearney & Porter, 2000). Los SDM tienen múltiples aplicaciones, incluyendo la predicción de impactos del cambio climático, la identificación de áreas para conservación y la comprensión de los factores que determinan la distribución de las especies.

2.4.1 Técnicas de modelado de distribución potencial

Los modelos de distribución de especies (MDE) son herramientas utilizadas para comprender y predecir la distribución geográfica de las especies de manera cartográfica a partir de las variables empleadas (Mateo *et al.*, 2011). Estos modelos establecen relaciones entre los datos de presencia de una especie y las variables ambientales, permitiendo estimar la idoneidad de hábitat y la probabilidad de ocurrencia de la especie en un área determinada (Tabla 1) (Guisan & Zimmermann, 2000). A su vez los MDE tienen múltiples aplicaciones, como la evaluación del impacto del cambio climático y el uso de la tierra sobre las especies, la selección de áreas prioritarias para la conservación y el mapeo de la riqueza de especies (Franklin, 2010).

Por ende, la selección del modelo más adecuado dependerá de la investigación, su disponibilidad y calidad de los datos, y las características de la especie y el sistema de estudio (Guisan & Thuiller, 2005). Además, la comparación de múltiples modelos y la evaluación de su rendimiento pueden proporcionar una visión más robusta y confiable de la distribución potencial de las especies (Araújo & New, 2007). Así mismo, la selección de la técnica depende de varios factores, incluyendo el tipo y calidad de los datos disponibles, las características de la especie estudiada y los objetivos específicos del estudio, en el caso de especies con datos

limitados, como el oso andino y las especies vegetales, MaxEnt es más rentable ejercer el modelo de distribución debido a su robustez y capacidad para manejar datos de solo presencia (Mateo *et al.*, 2012).

Tabla 1. *Tipos de modelos de distribución*

Modelo	Descripción	Autor
MaxEnt (Máxima Entropía)	Identificación de patrones en los datos de presencia, calculando la distribución de máxima entropía. Utiliza algoritmos iterativos para ajustar los pesos de las variables ambientales hasta encontrar la distribución más uniforme de los datos de presencia.	(Phillips <i>et al.</i> , 2006)
Modelos lineales Generalizado (MLG)	Opera ajustando funciones matemáticas que relacionan variables respuesta con predictores mediante una función de enlace. Aplica técnicas de suavizado para capturar relaciones no lineales entre especies y variables ambientales.	(Stasinopoulos & Rigby, 2008)
Modelo Aditivo Generalizados (MAG)	Implementa funciones de suavizado no paramétricas para cada predictor. Utiliza splines para ajustar curvas flexibles que capturan relaciones complejas entre variables, adaptándose automáticamente a los patrones en los datos sin asumir una forma funcional específica.	(McCullagh & Nelder, 2019)
Bosques Aleatorios (Random Forest)	Construye múltiples árboles de decisión aleatorios que operan en conjunto. Cada árbol se entrena con un subconjunto diferente de datos y variables, realizando divisiones binarias recursivas para clasificar los datos.	(Breiman, 2001)
Árboles de Regresión Aumentados (BRT)	Construye árboles de regresión de forma secuencial, donde cada nuevo árbol se centra en los errores residuales del modelo anterior. Utiliza una tasa de aprendizaje para combinar los árboles, mejorando gradualmente la precisión del modelo mediante la minimización de una función de pérdida.	(Elith <i>et al.</i> , 2008)
Máquinas de Vectores de Soporte (SVM)	Opera proyectando los datos en un espacio de mayor dimensión mediante funciones kernel, donde busca un hiperplano óptimo que separe las clases. Ajusta automáticamente la complejidad del modelo mediante parámetros de regularización para evitar el sobreajuste.	(Vapnik, 1995)
BIOCLIM	Funciona creando una envolvente climática multidimensional basada en los rangos de variables bioclimáticas en las localidades de presencia. Define límites percentiles para cada variable y clasifica nuevas localidades según su posición respecto a estos límites.	(Busby., 1991)
DOMAIN	Implementa un algoritmo de distancia de Gower modificado para calcular la similitud ambiental entre sitios. Genera predicciones basadas en la similitud de cada punto con los sitios de presencia conocidos, considerando múltiples variables ambientales simultáneamente	(Carpenter <i>et al.</i> , 1993)
Redes Neuronales Artificiales (RNA)	Procesa la información mediante capas de neuronas artificiales interconectadas. Aprende patrones complejos ajustando los pesos de las conexiones mediante algoritmos de retro propagación, permitiendo captar relaciones no lineales entre variables ambientales y presencia de especies.	(Lek & Guégan, 1999)
Análisis Factorial de Nicho Ecológico (ENFA)	Opera comparando la distribución de variables ambientales en localidades de presencia con su distribución en el área de estudio completa. Calcula factores de marginalidad y especialización para identificar las variables más relevantes en la definición del nicho ecológico.	(Hirzel <i>et al.</i> , 2002)

2.5 Interacciones planta-animal en ecosistemas andinos

Las interacciones son relaciones complejas y dinámicas que desempeñan un papel significativo en la estructura y funcionamiento de estos ambientes de alta montaña, estas interacciones incluyen procesos como la polinización, dispersión de semillas, herbívora y uso de hábitat, contribuyendo significativamente a la biodiversidad y resiliencia de los ecosistemas andinos (Llambi & Rada, 2019). También, el uso del hábitat por parte de la fauna andina también juega un papel crucial en la composición del entorno natural, a su vez, los animales actúan como reguladores ambientales modificando el entorno físico y creando microhábitats que benefician a otras especies (Llambí *et al.*, 2019).

Sin embargo, las interacciones planta-animal en los Andes están siendo afectadas por el cambio climático, con alteraciones en los patrones fenológicos que pueden interrumpir relaciones mutualistas críticas (Fadrique *et al.*, 2018). Esto se podría desarrollar mediante un sistema de monitoreo multitemporal que incorpora el uso de dispositivos de foto trapeo estratégicamente ubicados en zonas de alimentación conocidas del oso andino. También se incorporaría el registro sistemático de variables como frecuencia de visitas, tiempo de forrajeo y comportamiento alimenticio, generando una base de datos georreferenciada que permite comprender los patrones de uso de recursos vegetales (Vargas *et al.*, 2020).

2.6 Importancia de las interacciones tróficas

Las relaciones tróficas entre la flora y fauna constituyen procesos vitales para la funcionalidad de los ecosistemas altoandinos. Específicamente, las interacciones entre el oso andino y las especies vegetales que integran su dieta evidencian una complejidad que trasciende la básica relación consumidor-recurso. El oso andino actúa como un importante dispersor de semillas para muchas especies de plantas (Figuroa & Stucchi, 2013). Esta dispersión de semillas es de gran importancia para la regeneración y mantenimiento de la diversidad vegetal en los ecosistemas andinos (Vargas *et al.*, 2020). Por otro lado, la disponibilidad y distribución de estas plantas influyen en los patrones de movimiento y uso del hábitat del oso andino, afectando su ecología y comportamiento.

La distribución espacial de las especies vegetales clave se podría determinar mediante el desarrollo de un sistema de modelamiento ecológico que integre variables biofísicas y datos de presencia confirmada. La metodología incluiría el uso de herramientas de análisis espacial para identificar zonas con alta densidad de géneros como *Puya*, *Hesperomeles* y *Macleania*, generando mapas de idoneidad de hábitat basados en la disponibilidad de recursos alimenticios

(Figueroa & Stucchi, 2013). Así mismo, el análisis de patrones espaciales se desarrollaría mediante la integración de datos de distribución vegetal con registros de movimiento del oso andino, empleando técnicas de análisis multivariado y estadística espacial. Este enfoque metodológico permitiría la identificación de correlaciones entre la disponibilidad de recursos alimenticios y los patrones de uso del hábitat (Vargas *et al.*, 2020).

2.7 Sitios idóneos para el oso andino

La selección de hábitat por el oso andino está fuertemente influenciada por la disponibilidad de recursos alimenticios. De acuerdo con Figueroa, (2016) los osos seleccionan áreas con alta densidad de plantas alimenticias clave como el género *Puya* en ecosistemas de páramo y especies frutales como los géneros *Hesperomeles* y *Macleania* en bosques montanos, esta selección de hábitat varía estacionalmente, siguiendo la fenología de las plantas y la disponibilidad de frutos. Además de los recursos alimenticios, otros factores que influyen en la selección de hábitat incluyen la disponibilidad de refugio, la presencia de fuentes de agua y la distancia a actividades humanas (García-Rangel, 2012). De la misma manera, los osos andinos muestran una preferencia por hábitats con una estructura vegetal compleja y diversa, que les proporciona tanto alimento como cobertura.

Del mismo modo, es importante considerar la influencia de factores topográficos y la conectividad del paisaje en la selección de hábitat. Según Molina *et al.*, (2017) los osos andinos prefieren áreas con pendientes moderadas a pronunciadas, que les proporcionan ventajas para el desplazamiento y el escape de amenazas. Así mismo, la presencia de corredores ecológicos entre parches de hábitat es vital para mantener la viabilidad de las poblaciones de osos permitiendo el movimiento entre diferentes áreas de forrajeo y reproducción (Vliendo *et al.*, 2020). Clevenger *et al.*, (2018) señalan que la conservación de mosaicos de hábitats que incluyan bosques montanos, páramos y zonas de transición es fundamental para satisfacer las necesidades del oso andino a lo largo de su ciclo de vida es así como la protección de estas áreas no solo beneficia al oso, sino que también contribuye a la conservación de numerosas especies asociadas y al mantenimiento de servicios ecosistémicos cruciales, como la regulación hídrica en las cuencas andinas (Parra *et al.*, 2019).

Por ello, la identificación de sitios idóneos se podría desarrollar mediante un análisis multicriterio que integre variables topográficas, biológicas y antropogénicas. El sistema metodológico incluiría la evaluación de pendientes, densidad de especies alimenticias clave y distancia a centros poblados, generando un modelo predictivo de calidad de hábitat basado en los requerimientos específicos del oso andino (Molina *et al.*, 2017). Mientras tanto, el análisis

de conectividad paisajística se desarrollaría mediante la implementación de algoritmos de menor costo que identifiquen rutas potenciales entre parches de hábitat óptimos. La metodología contemplaría la evaluación de la estructura vegetal, considerando la complejidad vertical y horizontal como indicadores de calidad de hábitat (Vliendo *et al.*, 2020).

2.8 Impacto del cambio climático en las interacciones planta-animal

El cambio climático global constituye una amenaza relevante para las interacciones entre la flora y fauna de los ecosistemas andinos. Las simulaciones climáticas indican alteraciones en los patrones de temperatura y precipitación en la región andina, lo que potencialmente modificaría la distribución espacial y los ciclos vitales de la vegetación (Vuille *et al.*, 2015). Estos cambios podrían llevar a desacoples fenológicos entre las plantas y los animales que dependen de ellas, como el oso andino. Por ejemplo, si la fructificación de especies como *Hesperomeles obtusifolia* y *Macleania cordifolia* se adelanta o retrasa debido al cambio climático, podría no coincidir con los períodos de mayor demanda energética del oso andino.

Por otro lado, el cambio climático también podría alterar la distribución altitudinal de estas especies vegetales, potencialmente reduciendo la disponibilidad de recursos alimenticios para el oso en ciertas áreas (Cuesta *et al.*, 2017). Estos cambios podrían forzar al oso andino a modificar sus patrones de movimiento y uso del hábitat, posiblemente aumentando los conflictos con actividades humanas. Así, el análisis de impactos climáticos se podría desarrollar mediante modelos de distribución de especies que incorporan escenarios de cambio climático futuros. La metodología incluiría la evaluación de cambios potenciales en la distribución altitudinal de especies vegetales clave y sus efectos en la disponibilidad de recursos alimenticios para el oso andino (Vuille *et al.*, 2015).

Donde los desacoples fenológicos se estudiarían mediante un sistema de monitoreo fenológico a largo plazo, correlacionando variables climáticas con patrones de fructificación. Este enfoque permitiría la identificación de cambios temporales en la disponibilidad de recursos y sus potenciales efectos en la ecología del oso andino (Cuesta *et al.*, 2017).

2.9 Conservación y manejo de hábitat

La conservación y manejo de hábitats implica la implementación de estrategias y acciones dirigidas a proteger, restaurar y gestionar de manera sostenible los ecosistemas (Watson *et al.*, 2014). Desde el punto de vista de Chape *et al.*, (2005) esta metodología procura salvaguardar la funcionalidad biótica de los sistemas naturales, garantizando la preservación de la diversidad biológica y la continuidad en el suministro de servicios ecosistémicos. De igual manera, la

conservación efectiva de hábitats requiere la identificación y protección de áreas clave, así como el control y la mitigación de las principales amenazas, ya sean de origen natural o antrópico (Margules & Pressey, 2000).

Por ello, el manejo adaptativo y la restauración de hábitats degradados son fundamentales para recuperar la funcionalidad y la resiliencia de los ecosistemas (Lindenmayer *et al.*, 2010). Holl & Aide, (2011) señalan que esta metodología conlleva la implementación de intervenciones específicas, tales como la restauración forestal, la regulación de taxones exóticos invasores y la promoción de protocolos para el aprovechamiento sostenible del capital natural. De manera análoga, la administración holística del biotopo, en sinergia con un sistema de seguimiento y valoración sistemática de los resultados, facilita la optimización de las estrategias conservacionistas con proyección temporal extendida (Possingham *et al.*, 2012).

El desarrollo de estrategias de conservación se podría implementar mediante un sistema de planificación sistemática que integre variables ecológicas, sociales y económicas. La metodología incluiría la identificación de áreas prioritarias basadas en criterios de biodiversidad, conectividad y presión antrópica. Además, el manejo adaptativo del hábitat se desarrollaría mediante un sistema de monitoreo continuo que evalúe la efectividad de las acciones de conservación. Este enfoque metodológico permitiría la adaptación de estrategias según los resultados observados y las necesidades de conservación identificadas (Lindenmayer *et al.*, 2010)

2.9.1 Estrategias de conservación para el oso andino

Las estrategias de conservación para el oso andino deben ser integrales, abordando tanto la protección directa de la especie como la preservación de su hábitat y recursos alimenticios. Una de las estrategias clave es el establecimiento y manejo efectivo de áreas protegidas que abarquen el rango de distribución del oso y sus recursos clave (Peyton, 2019). Estas áreas deben ser lo suficientemente grandes para soportar poblaciones viables y deben estar conectadas para permitir el flujo genético entre poblaciones. De la misma manera, es fundamental implementar programas de educación ambiental y participación comunitaria para reducir los conflictos humano-osos y promover la coexistencia, también es importante abordar las amenazas indirectas, como la deforestación y el cambio climático, a través de políticas de uso sostenible del suelo y programas de restauración ecológica.

Así como también el diseño de los corredores ecológicos que son importantes para la conservación de la biodiversidad y la conectividad de ecosistemas fragmentados. Según Benítez-López *et al.*, (2019), estos espacios lineales permiten el movimiento de especies entre

hábitats aislados, facilitando intercambios genéticos y reduciendo el riesgo de extinción local. Además, su importancia radica en mitigar los efectos de la fragmentación provocada por actividades humanas como la agricultura, urbanización y desarrollo de infraestructuras. En países sudamericanos como Brasil, Colombia y Ecuador, el diseño de corredores ecológicos ha sido estratégico para proteger ecosistemas megadiversos. González-Oreja & De la Cruz-Rot, (2020) destacan que estos países han implementado corredores en regiones como la Amazonía, los Andes y los bosques tropicales. Donde el diseño considera factores como la topografía, tipos de vegetación, patrones de migración animal y presencia de especies amenazadas.

Sin embargo, la implementación de corredores ecológicos en Sudamérica conlleva desafíos y éxitos significativos. Según Saura *et al.*, (2018), Argentina y Perú han desarrollado modelos innovadores de conectividad que integran áreas protegidas con zonas de amortiguamiento, estos corredores utilizan tecnologías como mapeo satelital, análisis de genética poblacional y modelado de distribución de especies para optimizar su diseño. Mientras que, Zambrano *et al.*, (2021), revelan que estos espacios generan beneficios socioeconómicos para las comunidades locales ya que promueven el ecoturismo, ofrecen oportunidades de investigación científica y contribuyen a la mitigación del cambio climático mediante la captura de carbono.

2.9.3 Corredores ecológicos y conectividad de hábitat

Los corredores ecológicos son fundamentales para mantener la conectividad entre poblaciones de oso andino y asegurar el flujo genético. Estos corredores deben diseñarse teniendo en cuenta no solo la presencia de hábitat adecuado para el oso, sino también la distribución de sus recursos alimenticios clave (Clevenger & Wierzchowski, 2006). En la Cordillera Oriental de Imbabura, es fundamental identificar y proteger las áreas que conectan los fragmentos de hábitat remanentes, especialmente entre diferentes pisos altitudinales para permitir los movimientos estacionales del oso de la misma manera para la implementación de corredores ecológicos requiere un enfoque de paisaje que integre áreas protegidas, tierras privadas y comunales.

Esto implica trabajar con comunidades locales y propietarios de tierras para implementar prácticas de uso del suelo compatibles con la conservación. Además, es importante considerar la adaptación al cambio climático en el diseño de corredores, anticipando posibles cambios en la distribución de especies y ecosistemas (Hannah *et al.*, 2002). Los corredores ecológicos no solo benefician al oso andino, sino que también contribuyen a la conservación de la biodiversidad en general y al mantenimiento de servicios ecosistémicos cruciales en la región andina.

2.10 Marco legal

2.10.1 Constitución de la República del Ecuador (2008)

La presente investigación encuentra su fundamento jurídico en diversos artículos de la Constitución de la República del Ecuador (2008): específicamente en el Artículo 14, que establece como derecho fundamental de la población la existencia en un entorno ambientalmente saludable y ecológicamente equilibrado, instituyendo simultáneamente la salvaguarda y conservación del medio ambiente como materia de interés público, garantizando así el *sumak kawsay*. Adicionalmente, la proposición de un corredor ecológico como mecanismo de restauración ecosistémica respalda el derecho constitucional de la naturaleza a su regeneración, contribuyendo a la mitigación de la extinción taxonómica, la degradación ecosistémica y la alteración de los ciclos biogeoquímicos, según lo estipulado en los Artículos 72 y 73 (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008).

2.10.2 Tratados internacionales

En el ámbito internacional, Ecuador ha suscrito y ratificado varios acuerdos y convenios que tienen como objetivo la protección del medio ambiente y la biodiversidad. Algunos de los principales instrumentos internacionales que rigen en el país son:

- **Convenio sobre la Diversidad Biológica (1992)**

La República del Ecuador formalizó su adhesión a este convenio en 1993, el cual establece obligaciones vinculantes para la protección, administración, participación equitativa y preservación de la diversidad biológica. La presente investigación, al proporcionar datos sobre la distribución espacial de taxones vegetales en condición de vulnerabilidad, contribuirá a la generación de información crítica para la identificación precisa de ecosistemas discontinuos que requieren medidas de conservación, lo cual se alinea con el Artículo 8 del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), que promueve la salvaguarda de los sistemas ecológicos y el sostenimiento de poblaciones viables de especies *in situ*, estableciendo la implementación de medidas para la preservación, restauración y rehabilitación de taxones amenazados, así como su reintroducción en sus biotopos originales.

- **Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)**

La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) constituye un instrumento jurídico internacional que norma el intercambio comercial transfronterizo de taxones silvestres en situación de vulnerabilidad o riesgo de

extinción para garantizar su preservación. La República del Ecuador es estado signatario de esta convención desde 1975, y la presente investigación se correlaciona con la relevancia de la preservación de taxones bajo amenaza, específicamente del úrsido andino (*Tremarctos ornatus*), espécimen categorizado en el Apéndice I del CITES (*CITES*, 2017).

2.10.3 Leyes Orgánicas

- **Código Orgánico del Ambiente**

Esta normativa jurídica reglamenta la preservación, conservación, administración y restauración del entorno ambiental y sus elementos constitutivos, incluyendo los taxones de flora y fauna silvestres. Conforme al Artículo 24 del Código Orgánico del Ambiente (COA), la cartera de Estado correspondiente al Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador constituye la entidad facultada para la elaboración de los registros taxonómicos de especies en condición de vulnerabilidad, priorizando su gestión y preservación a escala nacional. Análogamente, el Artículo 35 determina los lineamientos para las personas naturales o jurídicas en relación con la salvaguarda de las especies silvestres, su conservación y la protección de los sistemas ecológicos (Código Orgánico del Ambiente, 2017).

- **Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre**

El objetivo primordial de esta legislación es la preservación, protección y gestión de los ecosistemas forestales y la biodiversidad silvestre, procurando normalizar el aprovechamiento sostenible de recursos forestales para el establecimiento de áreas bajo régimen de protección y la implementación de directrices para la administración de la fauna silvestre. En correlación con la presente investigación, se procura intensificar la participación comunitaria y la implementación de mecanismos de incentivación para la conservación de sistemas forestales y espacios naturales, constituyendo un elemento fundamental para la preservación del biotopo del espécimen *Tremarctos ornatus*

2.10.4 Acuerdos Ministeriales y Resoluciones

- **Acuerdo Ministerial 142**

Este documento creó el Libro Rojo de Ecosistemas del Ecuador donde se identificó y se categorizó los ecosistemas amenazados del país, lo cual permite enfocar acciones estratégicas de protección, restauración y manejo sostenible de ecosistemas, de acuerdo a la investigación se busca proponer estrategias de conservación y restauración para la recuperación de

ecosistemas intervenidos los cuales otorgan beneficios eco sistemáticos a especies animales principalmente al oso andino (*Tremarctos ornatus*).

2.10.5 Instrumentos de planificación y gestión

En Ecuador, existen varios instrumentos de planificación y gestión que se enmarcan en la legislación nacional e internacional para la protección del medio ambiente y la biodiversidad. Algunos de los principales instrumentos son:

- **Plan de Acción para la Conservación del Oso Andino en Ecuador (2018-2027)**

Este instrumento de administración responde a los requerimientos de conservación y recuperación poblacional del úrsido andino (*Tremarctos ornatus*), taxón emblemático de la fauna ecuatoriana. Dicho plan se fundamenta en cinco ejes estratégicos: la preservación in situ, la conservación ex situ, la gestión sustentable, la educación ambiental y el fortalecimiento institucional (Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador, 2020).

- **Agenda 2030 (Naciones Unidas)**

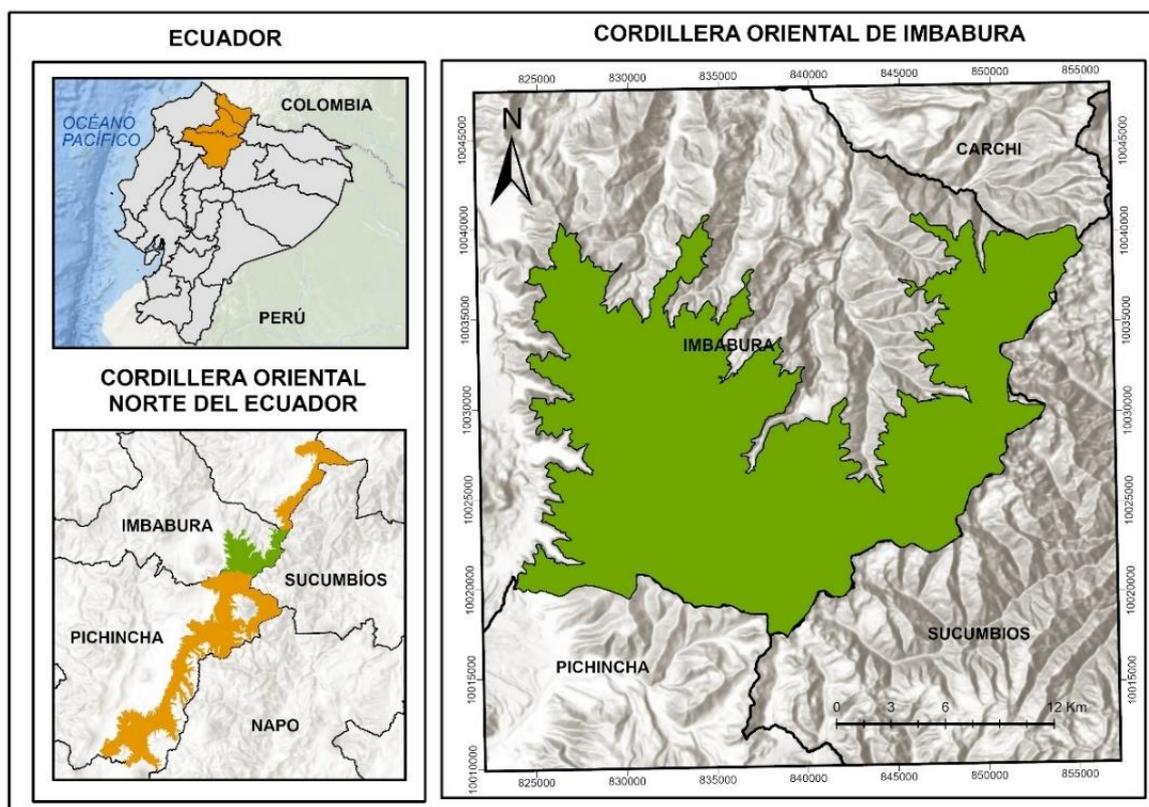
El Objetivo de Desarrollo Sostenible 15, referente a Ecosistemas Terrestres, propende a la preservación y aprovechamiento sostenible de los sistemas ecológicos continentales y la salvaguarda de la diversidad biológica. La información generada mediante esta investigación pretende proporcionar datos críticos que faciliten la identificación de factores amenazantes y zonas degradadas, permitiendo así la formulación de protocolos de conservación y restauración de biotopos naturales, orientados a la preservación de taxones en situación de vulnerabilidad o riesgo de extinción Naciones Unidas (2018).

CAPÍTULO III MÉTODOS

3.1 Descripción del Área de Estudio

La Cordillera Oriental, ubicada en el norte de Ecuador, forma parte de los Andes, esta región se caracteriza por un relieve con altitudes que varían desde los 1 500 hasta los 4 600 m.s.n.m. (Ramsay & Oxley, 2015). El área presenta una diversidad de ecosistemas, incluyendo bosques montanos, páramos y zonas de transición. De acuerdo con Sierra, (2018), la vegetación predominante en las altas montañas incluye bosques nublados y páramos herbáceos, que son hábitats vitales para especies como el oso andino y las plantas que constituyen su dieta. El área de estudio se encuentra en la Cordillera Oriental de Imbabura (Figura 4), que se caracteriza por poseer ecosistemas de páramo y bosques nublados. A su vez, el área se distingue por sus pendientes pronunciadas y suelos de origen volcánico, que influyen en la distribución de la flora y fauna endémica.

Figura 4
Ubicación del área de estudio



Imbabura presenta especies representativas en fauna como: *Tremarctos ornatus* (Oso de anteojos), *Tapirus pinchaque* (Tapir), *Leopardus tigrinus* (Tigrillo), *Panthera onca* (Jaguar), *Dasyprocta punctata* (Guatusa), *Lycalopex culpaeus* (Lobo de páramo), *Odocoileus virginianus* (Venado de cola blanca), *Sylvilagus brasiliensis* (Conejo de páramo), *Puma concolor* (Puma). Por otro lado, en flora se presenta especies como: *Oreopanax ecuadorensis* (Pumamaqui), *Puya clava herculis* (Achupalla), *Macleania loeseneriana* (Hualicón), *Hesperomeles obtusifolia* (Cerote), *Baccharis linearis* (Romerillo), *Ocotea pachypoda* (Aguacatillo) e *Hieronyma scabrida* (Motilón). (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica [MAATE], 2023; GPI, 2023).

Por otro lado, aproximadamente el 19% del territorio de Imbabura está bajo protección de ecosistemas naturales, cubriendo 92 320 hectáreas, que incluyen la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas y el Parque Nacional Cayambe Coca. Así como bosques protectores, Patrimonio Forestal del Estado y áreas bajo el programa Socio Bosque (GPI, 2019; MAATE, 2022). A pesar de estas medidas de protección, existen áreas identificadas como necesitadas de resguardo adicional, debido a amenazas antrópicas que comprometen la integridad de los ecosistemas y, por ende, la calidad de vida de los habitantes (GPI, 2019).

3.2 Métodos

3.2.1 Distribución potencial de las especies vegetales en la Cordillera Oriental de Imbabura

3.2.1.1 Recolección de datos de presencia de las especies vegetales

La obtención de registros de distribución espacial de los taxones vegetales se efectuó mediante la implementación de un muestreo estratificado, metodología adaptativa que presenta idoneidad para investigaciones en sistemas ecológicos heterogéneos, como es característico en los ecosistemas paramunos y formaciones boscosas altoandinos (Martínez-Meyer et al., 2020). Donde la estratificación inicial se basa en variables ambientales clave como la altitud, la pendiente y la cobertura vegetal, que son relevantes para la distribución tanto de las plantas como del oso andino. Dentro de cada estrato, se establecen puntos de muestreo iniciales utilizando un diseño sistemático, cuando se encuentra una de las especies objetivo, se intensifica el muestreo en las áreas, siguiendo un patrón predefinido (Rapley & Welsh, 2008).

Los puntos de presencia obtenidos corresponden al 26% de las bases de datos facilitados por la Prefectura de Imbabura con 62 puntos de presencias del oso andino, el 50 % de las salidas registradas en campo con 154 puntos de presencia para las tres especies, donde 35 son de

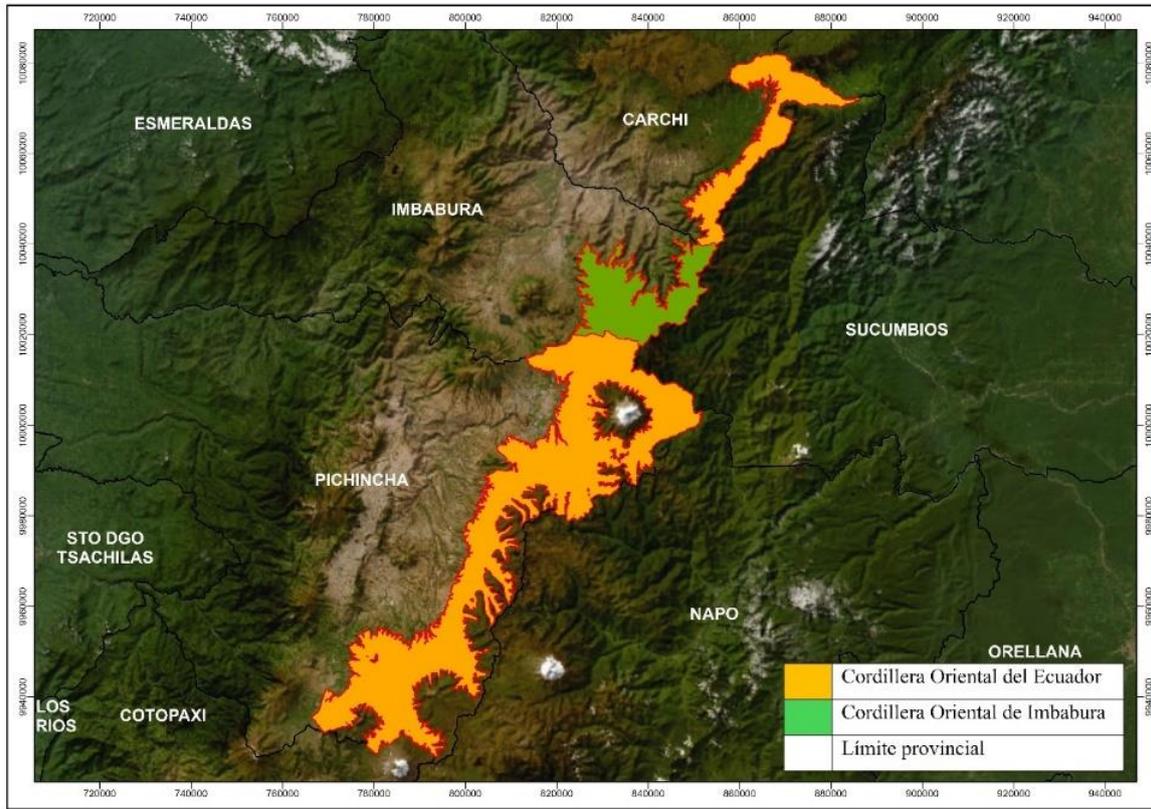
Puya clava herculis, 55 de *Macleania cordifolia* y 64 de *Hesperomeles obtusifolia*) y el 24 % descargados de la página de GBIF, que contiene registros históricos y actuales de las especies estudiadas con un total de 70 puntos, 15 puntos de *Tremarctos ornatus*, 15 de *Puya clava herculis*, 20 de *Hesperomeles obtusifolia* y 20 para *Macleania cordifolia* (GBIF.org, 2024a, 2024b, 2024c, 2024d).

3.2.1.2 Región M

Una vez observadas las características del área de estudio en términos de su extensión, y comprendiendo la ecología del oso andino en cuanto a sus patrones de desplazamiento, se hace necesario aplicar el esquema conceptual movimiento biótico-abiótico (BAM, por sus siglas en inglés) o región M, esta metodología tiene como propósito ampliar el área de influencia del estudio (Soberon & Peterson, 2005). En esta investigación, se definió como región M a la Cordillera Oriental Norte del Ecuador, limitada por cuatro provincias al Norte Carchi, Sur Pichincha y al Este con Sucumbíos y Napo (Figura 5).

Además, esta región abarca una superficie aproximada de 1.6 millones de hectáreas, caracterizada por una gran diversidad de ecosistemas que van desde páramos hasta bosques montanos, proporcionando un hábitat fundamental para el oso andino (MAATE, 2023). Donde, la inclusión de estas áreas protegidas en la delimitación de la región M se fundamenta en su importancia como corredores ecológicos y zonas de conservación para esta especie emblemática (Castellanos *et al.*, 2010). De igual manera, posee una alta relevancia científica para la comunidad de investigadores en ecología y conservación de mamíferos, especialmente para estudios sobre el oso andino (Myers *et al.*, 2000). De la misma manera al incluir estas áreas protegidas interconectadas, facilita las interacciones entre el oso andino y su entorno permitiendo una comprensión más profunda de sus requerimientos de hábitat, patrones de movimiento y las amenazas que enfrenta en un paisaje complejo y fragmentado (Goldstein *et al.*, 2008).

Figura 5
Región M de la Cordillera Oriental Norte del Ecuador



3.2.1.3 Obtención de variables bioclimáticas, biofísicas y edáficas

La presente investigación incorporó 19 variables bioclimáticas y 2 parámetros biofísicos (altitud y elevación) obtenidos mediante la plataforma digital WorldClim (Fick & Hijmans, 2017) así mismo, se decidió trabajar con una resolución de 30 segundos lo que equivale aproximadamente a 1 km² por píxel. De la misma manera, los archivos se obtuvieron en formato comprimido "zip", que contiene un conjunto de 19 capas en formato Geo TIFF donde cada una de estas capas representa una variable bioclimática distinta.

Por otro lado, la elevación y la pendiente son variables críticas en la Cordillera Oriental ya que la estructura y composición de la vegetación cambian marcadamente con la altitud, creando una serie de nichos ecológicos distintos que el oso andino aprovecha en sus movimientos estacionales (Neate-Clegg *et al.*, 2021). Estos gradientes altitudinales también influyen en la distribución de especies vegetales clave para la dieta del oso, es así como estos gradientes altitudinales están modificando la distribución de especies vegetales y animales, en el caso del oso andino estos cambios podrían alterar la disponibilidad de recursos alimenticios a lo largo de su rango de distribución, forzándolo a adaptarse a nuevos patrones de movimiento altitudinal.

Por otra parte, los datos edáficos como la textura y cobertura del suelo fueron descargados desde la página del Ministerio de Agricultura y Ganadería (www.sipa.agricultura.gob.ec), estas características influyen directamente en la vegetación que puede crecer en un área determinada, afectando así la disponibilidad de alimento y hábitat para el oso (Castellanos *et al.*, 2010). Con esto se puede determinar que los suelos con buena textura y cobertura tienden a soportar una vegetación más densa y diversa, proporcionando mayores recursos alimenticios y refugio para el oso andino, además, estos datos ayudan a predecir áreas potenciales de conflicto humano-osos, especialmente en zonas donde el uso del suelo para agricultura se superpone con el hábitat del oso.

Una vez obtenidos los datos necesarios se realizó la preparación de datos para ello se utilizó el software ArcGIS 10.8, utilizando el sistema de referencia GCS_WGS_1984_Zona_17S. Se convirtieron los archivos shapefile (.shp) a formato ráster mediante la función *polygon to raster*, definiendo una resolución de celda de 0.0001 unidades en ambos ejes (x, y). Con el fin de tener una misma resolución, se aplicó la herramienta *resample* a los archivos adicionales (Jácome *et al.*, 2018; Jácome, 2018). De mismo modo, se procedió a recortar todos los rasters al área de estudio empleando *raster to polygon*, configurando los parámetros en *environments settings* y verificando el *processing extent* para garantizar una cobertura homogénea. Finalmente, se transformaron los archivos a formato ASCII (.asc) con la herramienta *raster to ASCII*, para la ejecución en el modelamiento en MaxEnt (Moya *et al.*, 2017; Jácome *et al.*, 2019).

3.2.1.3 Correlación de las variables bioclimáticas

Para optimizar la selección de variables para el modelo, se implementó un análisis de correlación de las 19 variables bioclimáticas utilizando XLSTAT un paquete estadístico que se encuentra sincronizado con Microsoft Excel, este proceso ayudó a minimizar la semejanza entre variables y evitar problemas de multicolinealidad (Figura 6) (Jácome *et al.*, 2019). Igualmente se priorizaron las variables que presentaron un coeficiente de correlación inferior al 70%, asegurando así la independencia relativa de los predictores seleccionados, así las variables seleccionadas fueron: Bio3, Bio4, Bio12, Bio13, Bio14, Bio15 y Bio16 (Tabla 2), donde las variables seleccionadas mostraron una correlación reducida y un valor de tolerancia por debajo de 0,7. Adicionalmente, todas las variables biofísicas y edáficas se estandarizaron a una resolución uniforme y se convirtieron al formato ASCII para su uso en el modelo de la misma manera este proceso de preparación de datos se realizó utilizando el software ArcGIS 10.8 (Singh *et al.*, 2020).

Figura 6
Gráfica de correlación de las variables bioclimáticas

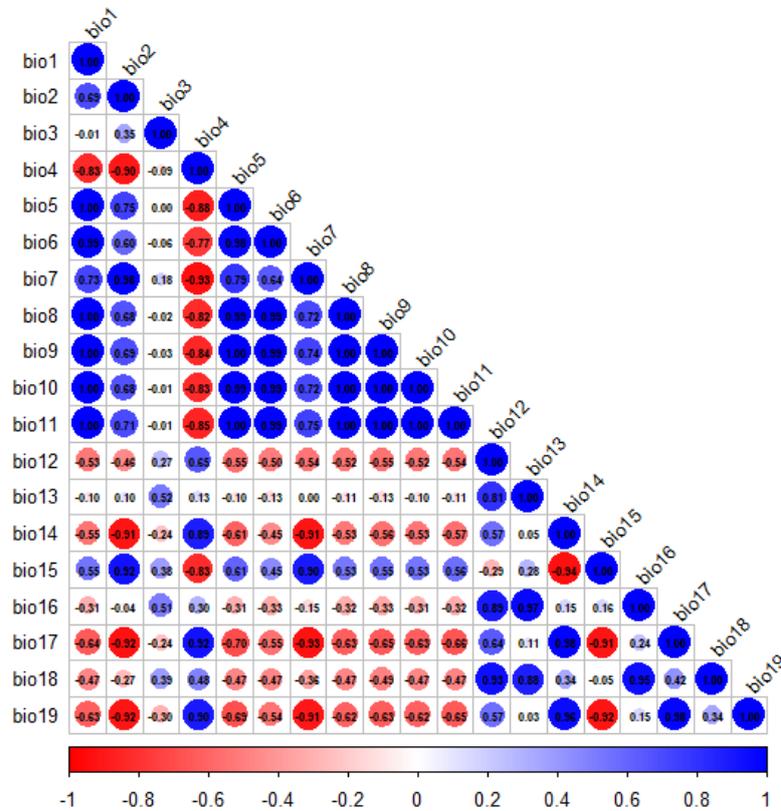


Tabla 2
Variables bioclimáticas, biofísicas y edáficas utilizadas en los modelos de distribución

Variable	Descripción
Bio 3	Isotermalidad (Bio2/Bio7) (*100)
Bio4	Temporalidad de la temperatura (desviación estándar *100)
Bio12	Precipitación anual
Bio13	Precipitación del mes más lluvioso
Bio14	Precipitación del mes más seco
Bio15	Estacionalidad en la precipitación (coeficiente de variación)
Bio16	Precipitación del trimestre más lluvioso
Cobertura	Representa cobertura y uso de suelo
Textura	Representa los tipos del suelo
Elevación	Modelo digital que señala la altitud del terreno
Pendiente	Porcentaje de inclinación de la superficie

3.2.1.4 Modelo de máxima entropía (MaxEnt)

MaxEnt constituye una herramienta prominente en el modelado de distribución de especies, sobresaliendo por su capacidad para manejar de manera eficaz datos de presencia/ausencia junto con variables ambientales (Phillips *et al.*, 2006). Donde el modelo genera una función matemática y estadística que asigna un valor específico a cada ubicación geográfica, este valor representa el grado de similitud ambiental entre la ubicación y las condiciones conocidas donde la especie ha sido observada. Como resultado, se obtiene una escala numérica que indica la probabilidad relativa de que la especie pueda desarrollarse en cada punto del área de estudio, desde las zonas más favorables hasta las menos propicias (Phillips, 2006; Mateo *et al.*, 2011).

Para modelar la distribución de las especies vegetales, se adoptó un enfoque fundamentado en datos de presencia y variables ambientales, en el cual los puntos de presencia fueron procesados en formato CSV, mientras que las variables predictoras se integraron como archivos ASCII (.asc). Entre estas se consideraron siete variables bioclimáticas, dos biofísicas (gradiente topográfico y altitud) y dos edáficas (textura y cobertura del suelo). Adicionalmente, se habilitaron las opciones para generar curvas de respuesta y efectuar un análisis Jackknife, con el fin de determinar la relevancia relativa de las variables y su aporte al modelo (Elith *et al.*, 2011).

En las configuraciones estándar, se activó la opción de *random seeds*, manteniendo el resto de los parámetros en sus valores predeterminados, asignando un 25% de los datos para pruebas aleatorias. En cuanto a las configuraciones avanzadas, se incluyeron las opciones *add sample to background*, *add all samples to background* y *write plot data*, omitiendo *extrapolate* y *do clamping*, y estableciendo un máximo de 5,000 iteraciones. Para las configuraciones experimentales, se habilitó *write background prediction*, manteniendo las demás opciones en sus configuraciones por defecto.

3.2.1.5. Prueba Jackknife

La prueba Jackknife propuesta por Quenouille en 1949, es una técnica estadística fundamental en el modelado de distribución de especies, que se emplea para evaluar la contribución relativa de variables climáticas y biofísicas. Este análisis facilita la identificación de los predictores más influyentes en la distribución espacial de las especies estudiadas (Merow *et al.*, 2013). La interpretación de los resultados de Jackknife es fundamental para comprender los factores ambientales que determinan la idoneidad del hábitat y para refinar los modelos predictivos, mejorando así su precisión y aplicabilidad en estudios ecológicos y de conservación (Sillero & Barbosa, 2021). Por ello, se llevó a cabo la prueba Jackknife para

evaluar la contribución de diversas variables climáticas, biofísicas y edáficas, lo que permitió identificar la variable más eficaz en la distribución de la especie (Jácome *et al.*, 2019).

3.2.1.6 Curva de respuesta

La curva de respuesta representa gráficas que ilustran cómo la probabilidad de presencia de una especie varía en función de cada variable ambiental, manteniendo las demás constantes en sus valores promedio (Merow *et al.*, 2013). De la misma manera, permiten visualizar la relación entre las variables predictoras y la idoneidad del hábitat, revelando umbrales ecológicos y rangos óptimos para cada especie (Elith *et al.*, 2011). Además, resulta fundamental comprender las preferencias ambientales de las especies para analizar e interpretar la contribución individual de cada variable al modelo de distribución. (Phillips *et al.*, 2006). También, las curvas de respuesta son valiosas para detectar posibles problemas en el modelo, como el sobreajuste o la extrapolación más allá del rango de datos de entrenamiento (Sillero & Barbosa, 2021).

3.2.1.7 Validación del modelo

Se emplearon dos pruebas para validar el modelo de distribución:

- **Curva ROC**

La validación del modelo de distribución de especies se efectuó mediante la Curva de Característica Operativa Relativa (ROC, por sus siglas en inglés), un gráfico que permite evaluar la relación entre la sensibilidad y la especificidad del modelo bajo diferentes umbrales de clasificación (Lobo *et al.*, 2008). Así mismo, la curva ROC construye en un espacio bidimensional con el eje Y, X ambos oscilando entre 0 y 1, una línea diagonal desde (0,0) hasta (1,1) representa la clasificación aleatoria, mientras que curvas que se alejan de esta diagonal hacia la esquina superior izquierda indican un mejor rendimiento del modelo (Peterson *et al.*, 2011). Del mismo modo, el área bajo la curva ROC (AUC) proporciona una medida cuantitativa del desempeño del modelo, equivalente a la probabilidad de que el modelo clasifique correctamente (Phillips *et al.*, 2006).

El Área Bajo la Curva (AUC) varía entre 0 y 1, donde valores entre 0.5 y 0.6 son considerados insuficientes, 0.6 a 0.7 como pobres, 0.7 a 0.8 aceptables, 0.8 a 0.9 buenos, y de 0.9 a 1 excelentes (Araújo *et al.*, 2005). No obstante, estas interpretaciones deben contextualizarse con las características específicas del área de estudio, teniendo en cuenta aspectos como la prevalencia de la especie, el tamaño del área y la calidad de los datos empleados (Jiménez-Valverde, 2012).

- **True Skill Statistics (TSS)**

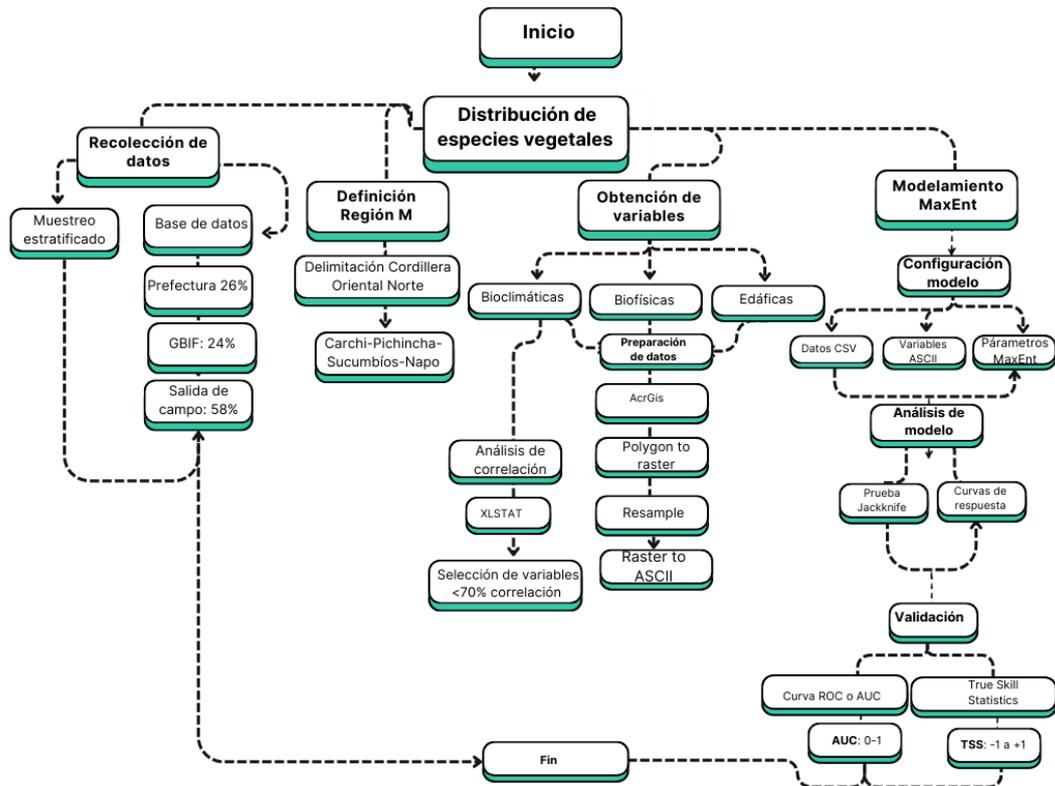
El True Skill Statistics (TSS, por sus siglas en inglés) es una medida de evaluación utilizada en modelos de distribución de especies como MaxEnt, que evalúa la capacidad del modelo para discriminar entre presencias y ausencias, representada en la siguiente fórmula (Allouche *et al.*, 2006).

$$TSS = \frac{ad - bc}{(a + b)(b + d)}$$

= Sensitivity + Specificity - 1

Por otra parte, los valores del índice TSS (True Skill Statistic) oscilan entre -1 y +1, donde valores cercanos a +1 indican un excelente acuerdo entre predicciones y observaciones; un valor de 0 sugiere un rendimiento equivalente al azar; y valores negativos reflejan un desempeño inferior al azar. Generalmente, un TSS superior a 0,6 se considera un buen rendimiento, un TSS entre 0,2 y 0,6 es clasificado como justo a moderado, y un TSS menor o igual a 0,2 se califica como pobre. Adicionalmente, el flujograma presentado detalla la metodología empleada para el modelamiento de distribución de especies utilizando MaxEnt (Figura 7). Este incluye la combinación y procesamiento de datos de presencia con variables ambientales para la generación de mapas de distribución potencial. Asimismo, el proceso abarca las etapas de preparación de datos, modelamiento, validación y la interpretación final de los resultados.

Figura 7
Flujograma del proceso del modelado



3.2.2 Análisis de solapamiento de nichos entre el oso andino y especies vegetales

3.2.2.1 Cuantificación del solapamiento

Warren *et al.*, (2008) estableció que la cuantificación del solapamiento de nicho es un proceso que mide numéricamente la similitud entre los espacios ambientales ocupados por diferentes especies. En este estudio, se aplicó este concepto para comparar el nicho del oso andino con las especies vegetales que constituyen su dieta. El índice principal utilizado fue el de similitud de Schoener (D), que compara las probabilidades de ocurrencia predichas por los modelos de nicho para cada especie en cada punto del espacio geográfico. Este índice varía de 0 a 1, donde 0 indica ausencia de solapamiento y 1 representa un solapamiento completo. Por tal motivo, un valor $D = 0.7$ entre el oso andino y una especie vegetal particular sugeriría un alto grado de similitud en sus requerimientos ambientales, lo que podría tener implicaciones significativas para la ecología y conservación de ambas especies.

El cálculo de los índices de solapamiento se realizó utilizando los mapas de idoneidad generados previamente por MaxEnt para el oso andino y cada especie vegetal. Estos mapas se compararon píxel por píxel, evaluando la idoneidad predicha para cada especie en cada ubicación geográfica. Para llevar a cabo este análisis de manera eficiente y precisa, se empleó

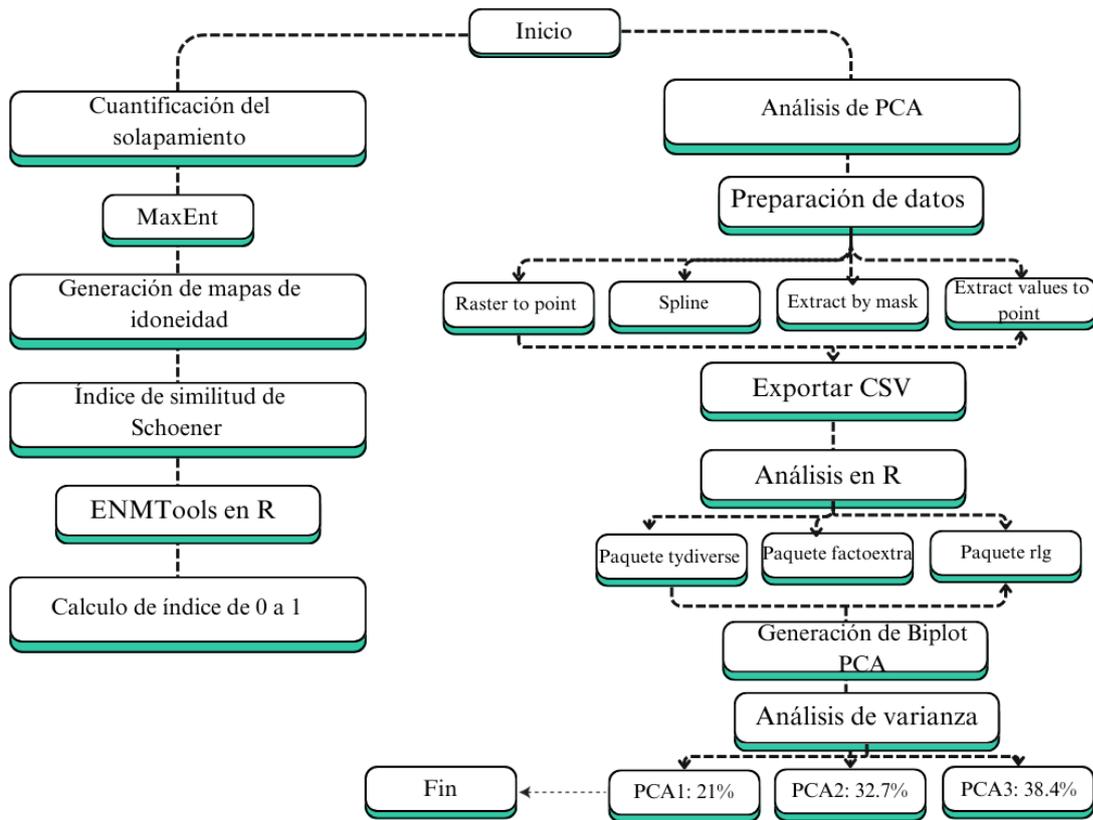
el paquete 'ENMTools' versión 1.0.4 en R (Warren *et al.*, 2021). Este paquete está específicamente diseñado para realizar análisis de nicho ecológico y permite el cálculo automatizado de diversos índices de solapamiento. Dentro del enfoque multimétrico adoptado, que considera tanto la similitud geográfica como la ambiental, proporciona una comprensión más robusta y detallada de la superposición de nichos, esto es fundamental para entender las interacciones ecológicas entre el oso andino y las plantas de las que se alimenta, así como para predecir posibles cambios en estas relaciones ante escenarios de cambio climático o modificaciones del hábitat.

3.2.2.3 Análisis de Componentes Principales (ACP)

Para la preparación de datos del Análisis de Componentes Principales (ACP), se extrajeron los valores de las capas ráster resultantes del modelamiento en MaxEnt. Se utilizó la secuencia de herramientas en ArcGIS Pro: *Ráster to Point* para convertir las capas ráster a puntos; *Spline* para interpolar; *Extract by Mask* para delimitar al área de estudio, y *Extract Values to Point* para extraer los valores correspondientes de la capa ráster del área de estudio.

Posteriormente, los datos se guardaron en formato CSV (valores separados por comas) para su análisis posterior en el programa R, se utilizaron los paquetes 'tidyverse' para manipulación de datos, 'factoextra' para visualización del ACP, y 'rgl' para gráficos 3D (Wickham *et al.*, 2019; Kassambara & Mindt, 2020; Adler *et al.*, 2021). Por otro lado, la gráfica de biplot (ACP) generado proporciona una visualización detallada de la información sobre el nivel de solapamiento de los nichos del oso andino y las especies vegetales en el espacio ambiental reducido. Los tres primeros componentes principales (CP1, CP2 y CP3) explican el 29%, 32.7% y 38.4% de la varianza total, respectivamente, indicando una captura significativa de la variabilidad en los datos. El flujograma del análisis de solapamiento de nichos entre el oso andino y especies vegetales (Figura 8) muestra el proceso sistemático que comienza con los modelos de MaxEnt, seguido por la extracción de valores raster, el cálculo del índice de Schoener en ENMTools y culmina con el análisis para visualizar el solapamiento.

Figura 8
Flujograma del proceso de solapamiento



3.2.3 Propuesta de corredor ecológico como estrategias de mejora del hábitat alimenticio y recuperación de espacios para el oso andino

La creación de un corredor ecológico surge como una solución estratégica para abordar la urgente necesidad de restaurar y proteger los ecosistemas locales que han sufrido un deterioro progresivo (Ramírez, 2016). Entre los factores más significativos que contribuyen a esta degradación, destaca la expansión urbana no planificada, la cual genera alteraciones inadecuadas en el uso del suelo, comprometiendo la integridad de los hábitats naturales y la biodiversidad asociada, así como la agricultura y la ganadería presente.

3.2.3.1 Planificación del corredor ecológico

Para desarrollar el Corredor Ecológico, se empleó una técnica de superposición de capas en ArcGIS 10.8, combinando datos actuales de la cobertura vegetal del área de estudio. Este método permitió identificar patrones en las interacciones bióticas y abióticas de la cordillera oriental, facilitando la optimización de aspectos positivos y la mitigación de impactos negativos en el diseño del corredor. De acuerdo con (Ramírez, 2020) para desarrollar un corredor ecológico se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- **Áreas de nucleación**

Estas áreas mantienen características y condiciones naturales, o reúnen los requisitos necesarios para sostener el sistema, formando un parche o isla ecosistémica. Además, su ubicación estratégica contribuye al funcionamiento del sistema natural, incluso proporcionando energía y materia a las zonas adyacentes, en este punto se seleccionó áreas de conservación como puntos de nucleación y zonas de transición páramo-bosque altoandino que también son parches ecosistémicos importantes, ya que, estas áreas mantienen condiciones naturales óptimas, albergan alta biodiversidad y proporcionan recursos cruciales para el oso andino, siendo fundamentales para el diseño de un corredor ecológico efectivo.

- **Ecosistemas de sumideros**

Estos son fragmentos del ecosistema original, debido a su tamaño y estado físico, pero no pueden sostener poblaciones viables de especies por sí solos y dependen de la inmigración de individuos desde las zonas núcleo. A su vez, se encuentran distribuidos a lo largo de rutas de conectividad, que forman pequeños parches de bosque o vegetación que, por la deforestación han perdido continuidad, en este aspecto se tomó en cuenta pequeños parches de bosque andino entre áreas protegidas, remanentes de vegetación nativa en zonas agrícolas, bosques ribereños discontinuos a lo largo de ríos y quebradas, páramos aislados, y zonas de transición bosque-páramo fragmentadas. Sin embargo, aunque estos ecosistemas sumideros no pueden mantener poblaciones permanentes de osos andinos por sí solos, juegan un papel clave como puntos de paso o refugio temporal, facilitando el movimiento de los osos entre áreas núcleo más extensas y saludables.

- **Rutas de conectividad**

Estas rutas atraviesan una variedad de hábitats, incluyendo páramos, bosques nublados y bosques montanos, facilitando el intercambio de materia y energía entre ecosistemas. Además, de la presencia de las microcuencas proporcionan un marco geográfico integral para la planificación de la conservación, abarcando áreas más amplias con características ecológicas comunes. Al tomar en cuenta estas rutas de conectividad son vitales para enlazar las áreas núcleo con los ecosistemas sumideros, permitiendo el movimiento de los osos andinos y otras especies a través del paisaje fragmentado.

- **Matriz de corredor ecológico**

La delimitación de esta matriz seguiría los contornos naturales de las microcuencas, desde los páramos en las partes altas hasta los valles, donde esta área actuaría como zona de amortiguamiento y transición entre los hábitats más conservados y las áreas de mayor

intervención humana. Por ello, la implementación de prácticas sostenibles y la participación comunitaria sería fundamental para mantener un equilibrio entre las necesidades humanas y la conservación de la biodiversidad.

- **Zonas de amortiguamiento o áreas de protección**

Las zonas de amortiguamiento o áreas de protección para el corredor ecológico se ubicarían entre las áreas núcleo bien conservadas y la matriz de uso múltiple, que son zonas de transición donde podrían incluir fragmentos de bosque andino y páramo en diferentes estados de conservación, áreas en regeneración natural, y zonas con cierto grado de intervención humana pero que mantienen cobertura vegetal significativa. A su vez, se extenderían, por ejemplo, hacia los límites de áreas de conservación, abarcando gradientes altitudinales que permiten la migración vertical de especies (Ramírez, 2016).

3.2.3.2 Aspecto fundamental para la creación del corredor ecológico

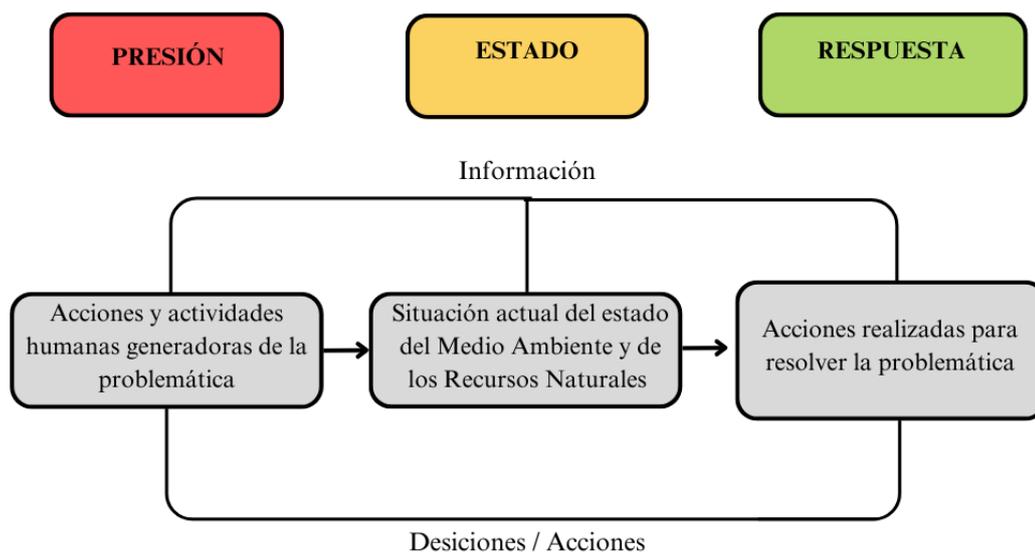
De acuerdo con la investigación de Ramírez, (2020), para que un corredor ecológico se desarrolle adecuadamente se debe considerar varios aspectos clave: primero, es necesario establecer una organización líder que coordine la creación y gestión del corredor, posiblemente una alianza gubernamentales (MAATE, GPI y GADs municipales) en conjunto con las organizaciones de conservación locales; segundo, se debe identificar y priorizar los ecosistemas naturales a conservar, incluyendo áreas de regeneración natural que puedan servir como hábitats secundarios; tercero, es fundamental involucrar activamente a las comunidades locales en todo el proceso de desarrollo del corredor, desde la planificación hasta la implementación; cuarto, es esencial considerar los patrones migratorios del oso andino y otras especies de interés, particularmente sus movimientos altitudinales estacionales y sus rutas de desplazamiento entre parches de hábitat y finalmente, el diseño del corredor debe integrar la conectividad funcional del paisaje, considerando tanto los aspectos ecológicos como los socioeconómicos de la región.

3.2.3.3 Análisis PER para la conservación, restauración y gestión del corredor ecológico

Para la propuesta de medidas que mitiguen los impactos significativos dentro del corredor biológico, se tomaron en cuenta los impactos negativos previamente identificados. En este contexto, se empleó el modelo Presión-Estado-Respuesta (PER), el cual permite establecer una relación entre las actividades humanas y el entorno natural. El esquema PER (Figura 9) se fundamenta en una lógica de causalidad: las actividades humanas generan presiones sobre el

ambiente, modificando la calidad y cantidad de los recursos naturales (estado). En respuesta, la sociedad implementa acciones a través de políticas ambientales, económicas y sectoriales (respuestas) (Vásquez & García, 2018).

Figura 9
Gráfica análisis PER

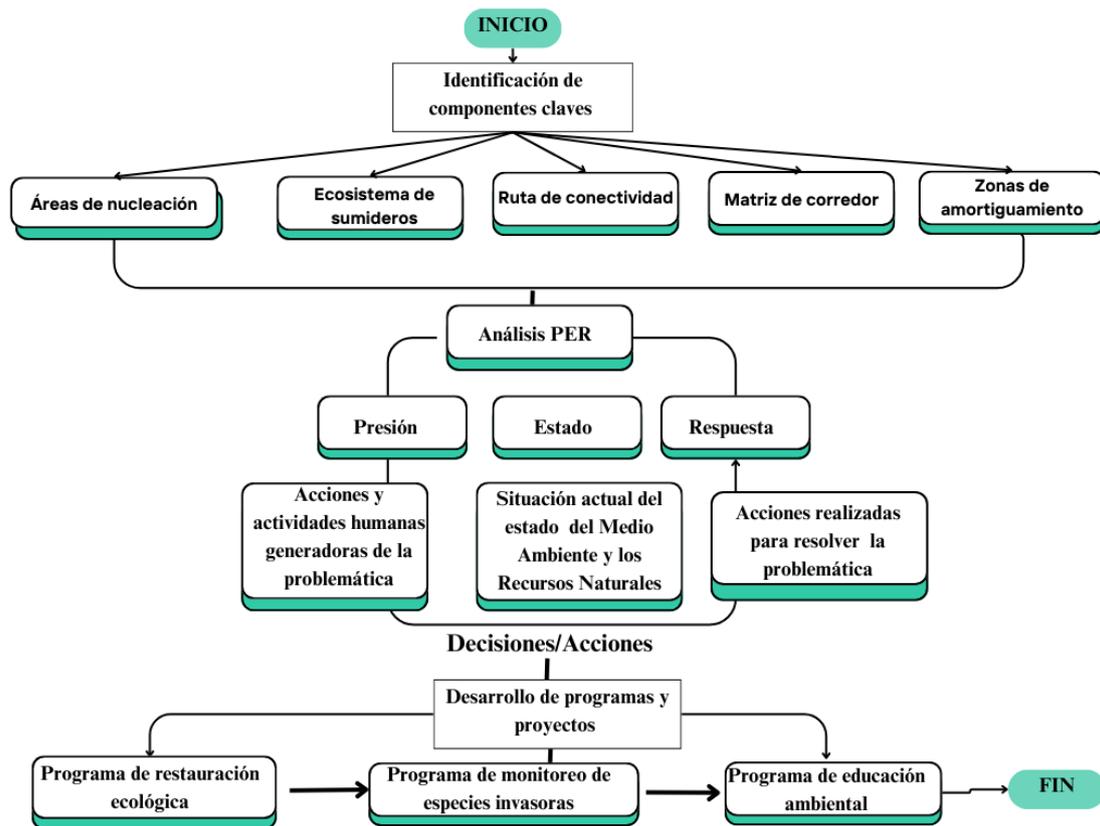


3.2.3.4 Programas y proyectos para la implementación del corredor ecológico

Para la implementación efectiva de un corredor ecológico se requiere un enfoque diverso que aborde tanto los aspectos ecológicos como sociales del paisaje. Para este fin, se propone desarrollar un análisis PER (presión-estado-respuesta) como paso inicial, seguido por la implementación de programas específicos. Donde, este análisis permite evaluar las condiciones actuales del ecosistema, las presiones que enfrenta y las posibles respuestas para su conservación y manejo (Lehtonen, 2008). A su vez, el análisis se llevará a cabo mediante talleres participativos, lo que permite incorporar el conocimiento local y promover la participación de las comunidades en el proceso de planificación (Reed, 2008). Estos talleres facilitan la identificación de áreas prioritarias para la conservación y la evaluación de la viabilidad ecológica del corredor propuesto (Beier *et al.*, 2011). Además, el enfoque participativo ayuda a construir consensos entre los diferentes actores involucrados, lo que es fundamental para el progreso constante a largo plazo, ya que con esa información recopilada y anualizada a través de este proceso servirá como base para el desarrollo de estrategias de conservación y manejo adaptadas a las necesidades específicas del área y sus habitantes.

(Worboys *et al.*, 2010). Por otro lado, se desarrolló el flujograma (Figura 10) con los procesos de gestión y análisis del corredor ecológico comenzando con la identificación de componentes clave, seguido por un análisis PER que evalúa las presiones antropogénicas y culmina con el desarrollo de programas específicos orientados a la restauración ecológica.

Figura 10
Flujograma del proceso para el corredor ecológico



3.3 Materiales y equipos

Para la ejecución de esta investigación se usaron los materiales y equipos descritos en la (Tabla 3).

Tabla 3
Insumos y herramientas

Materiales y Equipos	
Equipo de campo	GPS, Brújula
	Cámara fotográfica
	Mochila y bolsa de campo
	Etiquetas
	Herramientas de muestreo
	Cuaderno de campo
	Papelería
Material de oficina	Mapa topográfico
	Computadoras HP
	Software (ArcGis, MaxEnt)
	Software Excel

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Distribución potencial de especies vegetales en la Cordillera Oriental

El modelo de distribución de especies se centró en tres especies vegetales de importancia alimenticia para el oso andino en la Cordillera Oriental del norte de Ecuador: *Puya clava herculis*, *Macleania cordifolia* y *Hesperomeles obtusifolia*. Asimismo, se consideró como un factor clave la capacidad de desplazamiento del oso andino, con el objetivo de analizar el entorno natural en el que esta especie suele habitar. Este enfoque permitió integrar aspectos ecológicos y de movilidad en el modelamiento de distribución potencial.

4.1.1 Validación de los modelos de distribución

De acuerdo con los resultados obtenidos para los cuatro modelos (Tabla 4) se presenta lo siguiente: el modelo para *Tremarctos ornatus* alcanzó un AUC de 0.758, *Hesperomeles obtusifolia* obtuvo un AUC de 0.901, mientras que, *Puya clava herculis* generó un valor AUC de 0.862 y *Macleania cordifolia* obtuvo un AUC de 0.865, estos valores demuestran que los modelos distinguen con gran precisión las áreas de presencia y ausencia de la especie, por ende, es un buen indicador de rendimiento del modelo. Elith *et al.*, (2011) indican que los valores $AUC \geq 0.8$ muestra ser un modelo de estimación buena, lo que demuestra un rendimiento exponencial en la predicción de las áreas donde es probable encontrar las especie, con una buena precisión y confiabilidad. De la misma manera Jácome *et al.*, (2019), manifiestan que la proximidad del valor de entrenamiento de la curva ROC a la unidad indica una alta precisión en el ajuste del modelo de distribución donde los modelos son considerados válidos y confiables para su aplicación en el análisis de distribución de especies.

Sin embargo, el AUC de 0.798 que presenta el modelo de *Tremarctos ornatus* se acerca al umbral de 0.8, considerado generalmente como indicador de un buen desempeño del modelo (Phillips *et al.*, (2006). Por otro lado, Figueroa *et al.*, (2016) lograron valores de AUC superiores a 0.85 para el oso andino, indicando una mayor precisión en su modelo. Mientras tanto, Zarco-González *et al.*, (2013), manifiesta que los valores de AUC entre 0.7 y 0.9 se consideran útiles para la mayoría de los propósitos de modelado. Sin embargo, Del Solar *et al.*, (2019) sugieren que, para mejorar la precisión, podría ser beneficioso ajustar la selección de variables ambientales o aumentar los datos de ocurrencia de la especie.

Por otra parte, dentro del análisis del índice True Skill Statistics (TSS) para los cuatro modelos se observó variaciones en la precisión de los modelos donde *Hesperomeles obtusifolia*

obtuvo un TSS de 0.749, *Puya clava herculis* de 0.691, *Macleania cordifolia* de 0.798 y *Tremarctos ornatus* de 0.598. De acuerdo con, Landis & Koch, (1977) sugieren que valores de TSS entre 0,40 y 0,75 representan una buena y excelente concordancia de validación al modelo. Por lo tanto, el modelo para *Puya clava herculis* se considera aceptable, mientras que el de *Hesperomeles obtusifolia* y *Macleania cordifolia* es moderada. Sin embargo, Shabani *et al.*, (2018) argumentan que valores de TSS superiores a 0.4 indican un buen rendimiento del modelo, lo que situaría a *Tremarctos ornatus* ligeramente por debajo de este umbral lo considera como un modelo moderadamente aceptable. Sin embargo, Coelho *et al.*, (2019) señalan que, la interpretación del TSS debe considerarse en conjunto con otros indicadores y el contexto ecológico de cada especie.

Tabla 4

Valores AUC y TSS para las especies vegetales y el oso andino

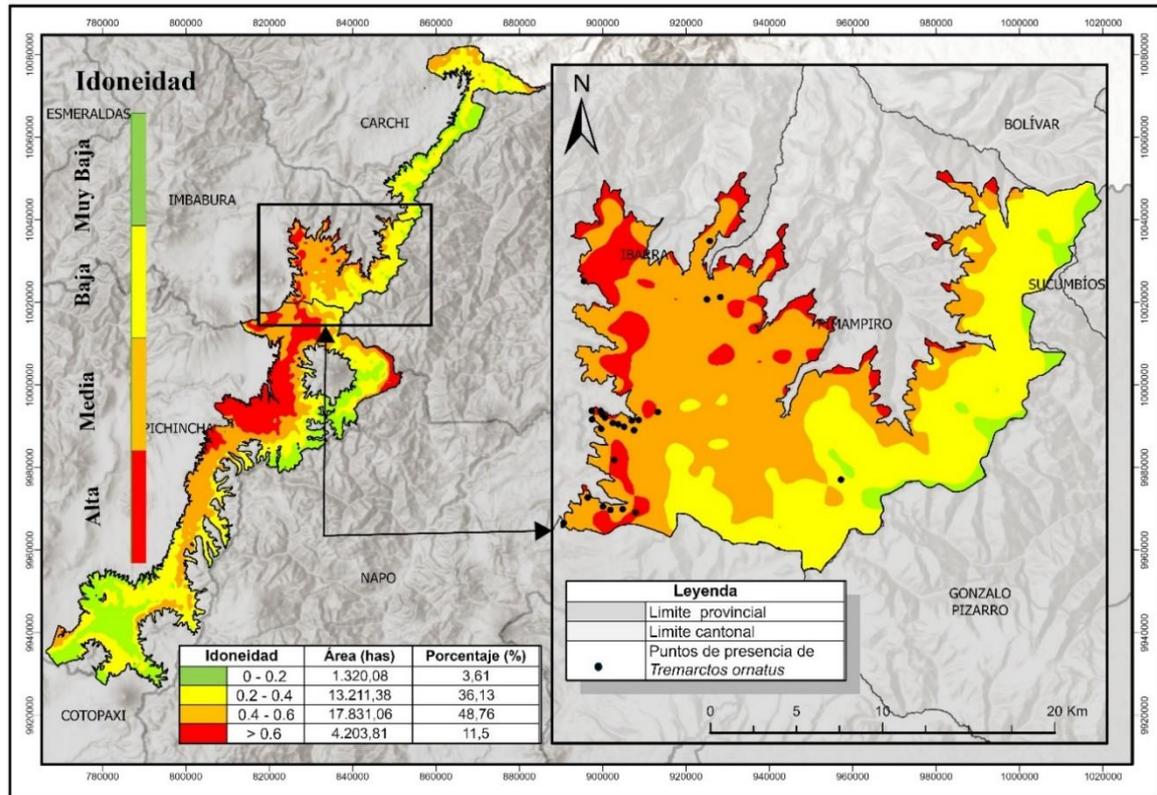
Especie	AUC	TSS
<i>Tremarctos ornatus</i>	0.758	0.598
<i>Macleania cordifolia</i>	0.865	0.798
<i>Puya clava herculis</i>	0.862	0.691
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	0.901	0.749

4.1.2 Distribución potencial de *Tremarctos ornatus*

El modelo de distribución para *Tremarctos ornatus* en la cordillera oriental de Imbabura (Figura 11) muestra patrones significativos de idoneidad del hábitat donde presenta áreas con alta probabilidad de presencia que abarcan 4 203.81 ha, representando el 11.5% mismas que corresponden a las parroquias de Angochagua, Zuleta, Mariano Acosta, San Francisco de Sigsipamba y Chugá. Estas zonas, son caracterizadas por poseer bosques muy húmedos montanos, bosques montanos y páramos, que ofrecen condiciones óptimas para la especie.

Estos resultados coinciden con las preferencias de hábitat observadas por Ríos-Uzeda *et al.*, (2006) en Bolivia donde los osos andinos ocupan principalmente elevaciones entre 2 000 a 3 800 m.s.n.m. en páramos y bosques húmedos, también las áreas de hábitat óptimo para el oso andino se encuentran en los rangos de los 2 500 a 3 000 m.s.n.m, con alta presencia de vegetación en bosques húmedo y páramos en zonas altas del Ecuador (Palacios, 2021). Por otro lado, las áreas de probabilidad media y baja cubren 17 831.06 ha (48.76%) y 13 211,38 ha (36.13%) respectivamente, indicando un gradiente moderado de idoneidad del hábitat para la especie.

Figura 11
Distribución potencial de Tremarctos ornatus

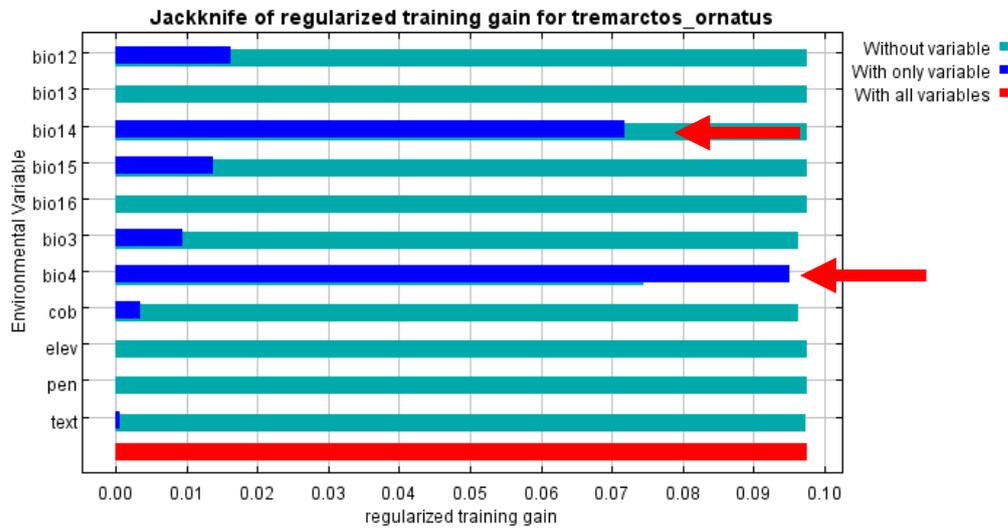


4.1.2.1 Prueba de Jackknife

Para *Tremarctos ornatus* las variables bio4 (estacionalidad de la temperatura) y bio14 (precipitación del mes más seco) (Figura 12) emergen como las más influyentes. Según lo expuesto por, García-Rangel, (2012) y Vélez-Liendo *et al.*, (2020) coinciden en que estas variables climáticas son cruciales para la distribución del oso andino, afectando la disponibilidad de alimentos y la selección de hábitat. Tal como indica, Cuesta *et al.*, (2017) y Kattan *et al.*, (2019) enfatizan cómo estas variables moldean los microhábitats en ecosistemas andinos. Además, Figueroa *et al.*, (2016) y Gonzáles-Maya *et al.*, (2017) señalan que la estacionalidad térmica influye en los patrones de movimiento y uso del hábitat del oso andino. En este contexto, Goldstein *et al.*, (2008) y Márquez *et al.*, (2017) subrayan la importancia de estas variables en la modelación de nichos ecológicos para la especie, destacando su papel en la conservación del hábitat.

Figura 12

Prueba de Jackknife para Tremarctos ornatus



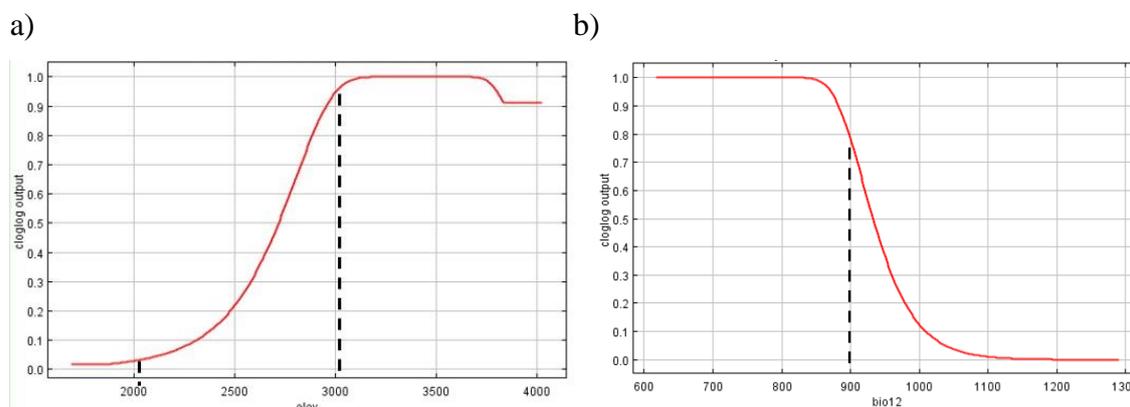
4.1.2.2 Curvas de respuesta

Las curvas de respuesta indican que las variables más influyentes en la distribución de *Tremarctos ornatus* son la elevación (Figura 13a), donde se evidencia que el oso andino tiene una alta probabilidad de encontrarse en ecosistemas ubicados entre los 2 000 m s.n.m. y los 4 000 m s.n.m. En particular, se observa un incremento significativo alrededor de los 3 000 m s.n.m., alcanzando su punto óptimo de respuesta en este rango altitudinal. Este comportamiento sugiere que la elevación desempeña un papel determinante en la distribución potencial de la especie. La especie mantiene una presencia estable en este rango altitudinal superior coincidiendo con el área de estudio que abarca estas altitudes características de los ecosistemas andinos. Por su parte, Cuesta y Suárez (2001) mencionan que en alturas entre los 2 000 y 3 000 m s.n.m el oso puede encontrar refugio y alimentación incluso en zonas con pendientes pronunciadas. Esto se confirma con los resultados del estudio donde la curva de respuesta muestra una clara preferencia por estas altitudes, sugiriendo que estos rangos proveen condiciones óptimas para la especie.

Adicionalmente, la curva de respuesta para la precipitación anual (bio12) (Figura 13b) muestra una relación particular con una alta probabilidad de presencia en zonas con precipitaciones hasta los 900 mm, disminuyendo drásticamente después de este umbral. Esto se debe a que en estas condiciones de precipitación moderada se desarrolla favorablemente la vegetación que constituye su fuente principal de alimento. Márquez y Goldstein (2014) encontraron patrones similares donde la precipitación y el tipo de vegetación parecían tener una fuerte influencia en la idoneidad del hábitat en el área de estudio.

Figura 13

Curvas de respuesta para variables bioclimáticas y biofísicas de *Tremarctos ornatus* a) elev: elevación; b) bio12: precipitación anual.

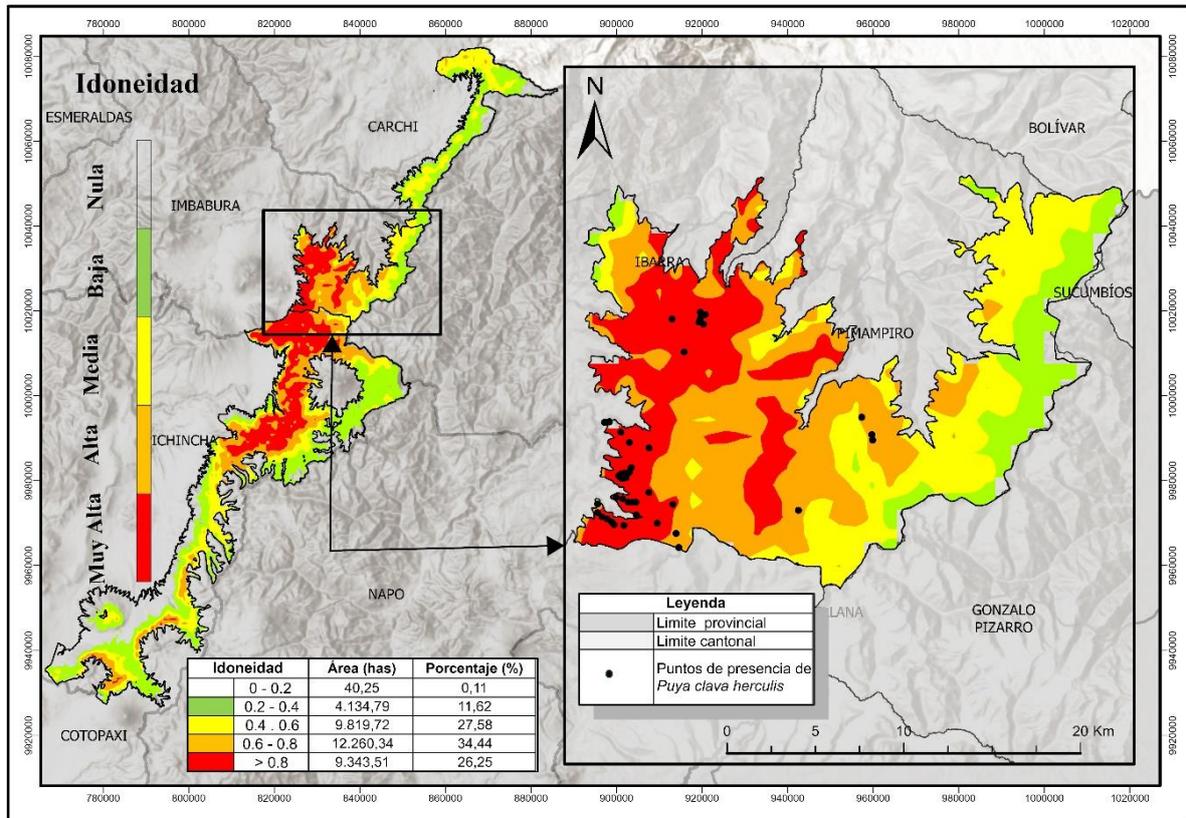


4.1.3 Distribución potencial de *Puya clava herculis*

El mapa de distribución potencial de *Puya clava herculis* en la Cordillera Oriental de Imbabura (Figura 14) revela una variación significativa en la idoneidad del hábitat. Las zonas de muy alta a alta probabilidad de presencia se concentran en las parroquias de Zuleta, Mariano Acosta, San Francisco, Ambuquí y Angochagua, representado 21 603.85 ha demostrado el 60.69 %. Como indica Madriñan *et al.*, (2021), las condiciones óptimas para el crecimiento y desarrollo de *Puya clava herculis* está relacionada con la presencia de la altitud entre los 3 000 a 4 500 m.s.n.m., con una temperatura de 4 a 15 °C, la precipitación sobre los 2 000 mm y el tipo de suelo bien drenados y ricos en materia orgánica lo que presenta una idoneidad alta por el hecho de cumplir con las condiciones óptimas para su desarrollo específicamente en las partes altas de las montañas.

En contraste, los sitios de media, baja y nula idoneidad muestra 12 260.34 ha (34.44%), 9 819. 72 ha (27.58) y 4 134. 79 ha (11.62) localizadas en las parroquias de Pimampiro, Chuga y San Francisco de Sigsipamba, es decir, no presenta condiciones favorables para su crecimiento, en este punto Taiz *et al.*, (2015.) mencionan que, las plantas cuando no presentan áreas favorables para su desarrollo pueden mostrar signos de estrés como crecimiento lento, hojas amarillentas, tallos débiles o susceptibilidad a enfermedades. Por esta razón, la distribución de *Puya clava herculis* influye positivamente en la presencia del oso andino ya que al situarse en altitudes entre 3 000 y 4 500 m.s.n.m. sirve como fuente de alimento y como indicador de ecosistemas de alta montaña, además, contribuye a la biodiversidad, estabiliza el suelo, crea microhábitats y ayuda en la regulación hídrica, beneficiando indirectamente al oso andino.

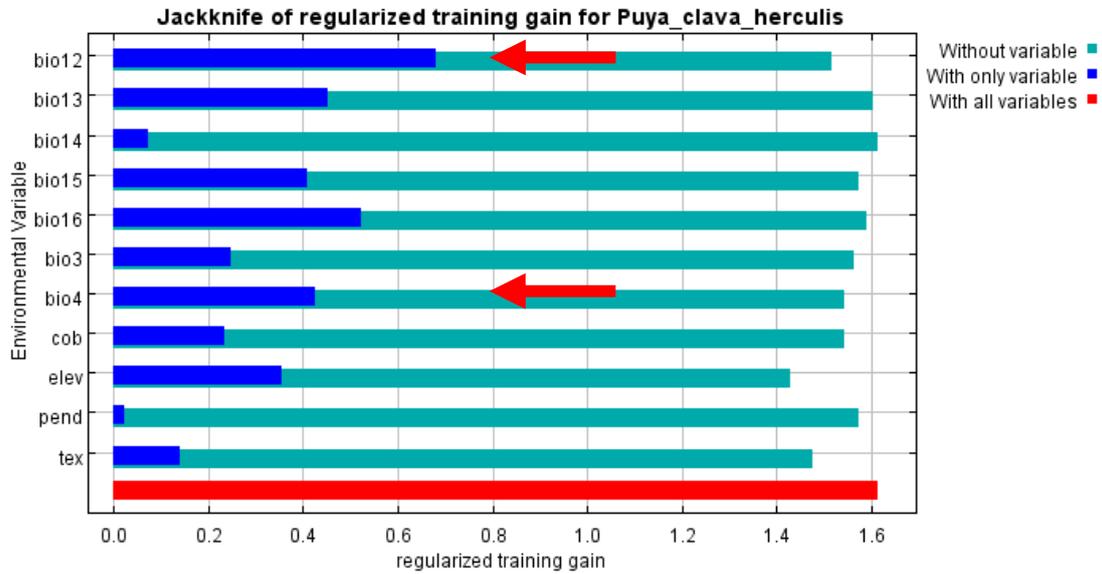
Figura 14
Distribución potencial de Puya clava herculis



4.1.3.1 Prueba de Jackknife

Para *Puya clava herculis*, bio4 (estacionalidad de la temperatura) y bio12 (precipitación anual) (Figura 15) son las variables más relevantes. De acuerdo con García *et al.*, (2014) y Jabaily & Sytsma, (2013) enfatizan la importancia de estos factores en la distribución de especies de *Puya*. Del mismo modo, Madriñán *et al.*, (2013) y Anthelme *et al.*, (2014) discuten cómo estas variables influyen en la adaptación de *Puya clava herculis* a ecosistemas de alta montaña. Mientras que, Cuesta *et al.*, (2017) y Sklenar Ket *et al.*, (2016) subrayan el papel de estas variables en la formación de hábitats característicos como páramos y bosques altoandinos. Así mismo, Sylvester *et al.*, (2014) y Lambí *et al.*, (2019) analizan cómo la estacionalidad térmica y la contaminación afecta a los patrones de diversidad en ecosistemas andinos. No obstante, Tovar *et al.*, (2020) y Weigend *et al.*, (2020) discuten la importancia de estas variables en el contexto del cambio climático y la conservación de especies andinas.

Figura 15
Prueba de Jackknife para Puya clava herculis



4.1.3.2 Curvas de respuesta

Las curvas de respuesta obtenidas para *Puya clava herculis* evidencia que la precipitación anual (bio12) (Figura 16a) tiene una distribución bimodal marcada, con dos rangos óptimos de precipitación uno entre 900 a 1 200 mm y otro alrededor de los 1 800 mm anuales. Este patrón sugiere una notable capacidad de la especie para adaptarse a diferentes rangos de precipitación en los ecosistemas de páramo. Los estudios realizados por Romero y Sánchez (2021) en los páramos ecuatorianos confirman esta capacidad adaptativa de las especies de *Puya* para prosperar en zonas con diferentes niveles de precipitación, lo cual podría explicar su amplia distribución en los ecosistemas altoandinos. La presencia de dos picos óptimos en la curva de respuesta indica que la especie ha desarrollado estrategias fisiológicas que le permiten aprovechar eficientemente los recursos hídricos en diferentes condiciones ambientales.

En cuanto a la elevación (elev) (Figura 16b), la curva de respuesta muestra una clara preferencia por altitudes superiores a los 3 000 m s.n.m., con un incremento significativo en la probabilidad de presencia a medida que aumenta la altura. Este comportamiento es consistente con las investigaciones de Martínez y Torres (2020), quienes documentaron la presencia predominante de *Puya clava herculis* en las zonas más altas de los páramos andinos. La forma de la curva sugiere que la especie está altamente especializada para las condiciones ambientales características de los ecosistemas de alta montaña, donde factores como la radiación solar, la temperatura y la presión atmosférica crean condiciones específicas que favorecen su establecimiento y desarrollo. La preferencia por estos rangos altitudinales también podría estar

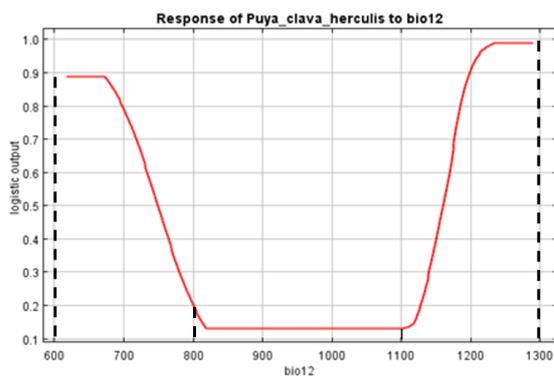
relacionada con estrategias adaptativas para minimizar la competencia con otras especies vegetales.

Respecto a la estacionalidad de la temperatura (bio4) (Figura 16c), la curva de respuesta muestra una preferencia por valores moderados con un pico óptimo bien definido que sugiere una adaptación a ambientes con fluctuaciones térmicas estacionales moderadas. Esta respuesta coincide con los hallazgos de Paredes y González (2023), quienes encontraron que las especies de *Puya* en los páramos andinos han desarrollado adaptaciones fisiológicas específicas para tolerar variaciones estacionales de temperatura dentro de ciertos rangos. La forma de la curva indica que *Puya clava herculis* prefiere ambientes donde las fluctuaciones térmicas estacionales no son extremas, lo cual podría estar relacionado con los requerimientos específicos para su desarrollo y reproducción. Esta preferencia por condiciones térmicas estacionalmente estables sugiere que la especie ha evolucionado mecanismos de adaptación que le permiten optimizar su crecimiento y supervivencia en ambientes de alta montaña donde las variaciones de temperatura son moderadas pero predecibles.

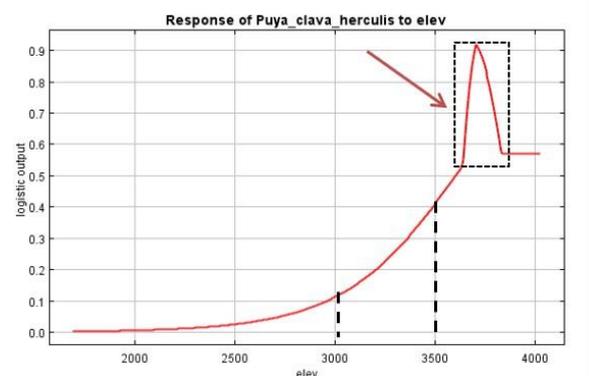
Figura 16

Curvas de respuesta para variables bioclimáticas y biofísicas de *Puya clava herculis* a) bio12: precipitación anual; b) elev: elevación y c) bio4: estacionalidad de la temperatura

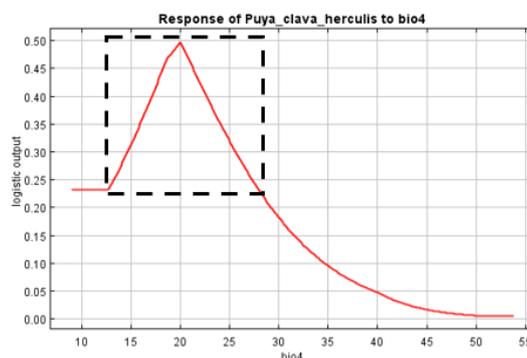
a)



b)



c)



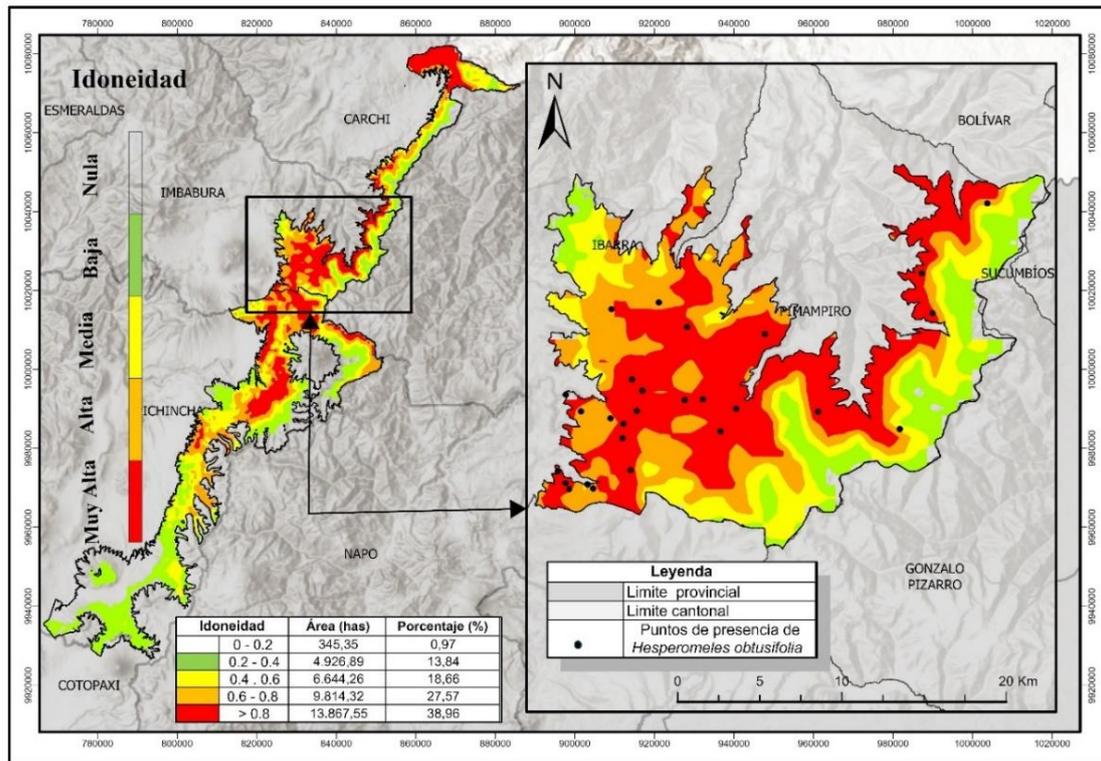
4.1.4 Distribución potencial de *Hesperomeles obtusifolia*

El modelo indica zonas con condiciones favorables para el desarrollo de *Hesperomeles obtusifolia*, tomando en cuenta el rango de la superficie total del área donde existe una idoneidad ambiental de muy alta - alta para *Hesperomeles obtusifolia* lo cual comprende 23 681.87 ha (66.50 %). Se puede observar en el mapa (Figura 17) que la mayor concentración de zonas idóneas con más superficie evidente, se ubican dentro de las parroquias de: Angochagua, Mariano Acosta, Zuleta, San Francisco de Sigsipamba, San Francisco, Pimampiro, Ambuquí y Chugá.

Estas zonas se caracterizan por presentar condiciones ecológicas óptimas para la especie, incluyendo un clima templado-frío, suelos ricos en nutrientes y una topografía variada con pendientes moderados. Según López & Martínez (2023), estas características coinciden con los requerimientos de *Hesperomeles obtusifolia*, que crece en ecosistemas de bosque andino y páramo, a su vez es importante dentro de la del ecosistema por su preferencia fructífera de algunas especies presentes dentro de esta zona.

Sin embargo, existe áreas con poca presencia de idoneidad representado 11 916.5 ha (33.47 %) dentro de su área total, según Ponce-Reyes *et al.*, (2013), *Hesperomeles obtusifolia* tiene preferencias específicas de hábitat, incluyendo suelos bien drenados y altitudes entre 2 000 y 4 000 m.s.n.m. De la misma manera, la falta de idoneidad en estas zonas podría deberse a condiciones edáficas inadecuadas, como suelos compactados o con drenaje deficiente (Sylvester *et al.*, 2017) Además, Buytaert *et al.*, (2011) sugieren que los cambios en los patrones de precipitación y temperatura debido al cambio climático pueden alterar la distribución de especies de alta montaña, lo que explicaría la ausencia de *Hesperomeles obtusifolia* en ciertas áreas que anteriormente podrían haber sido

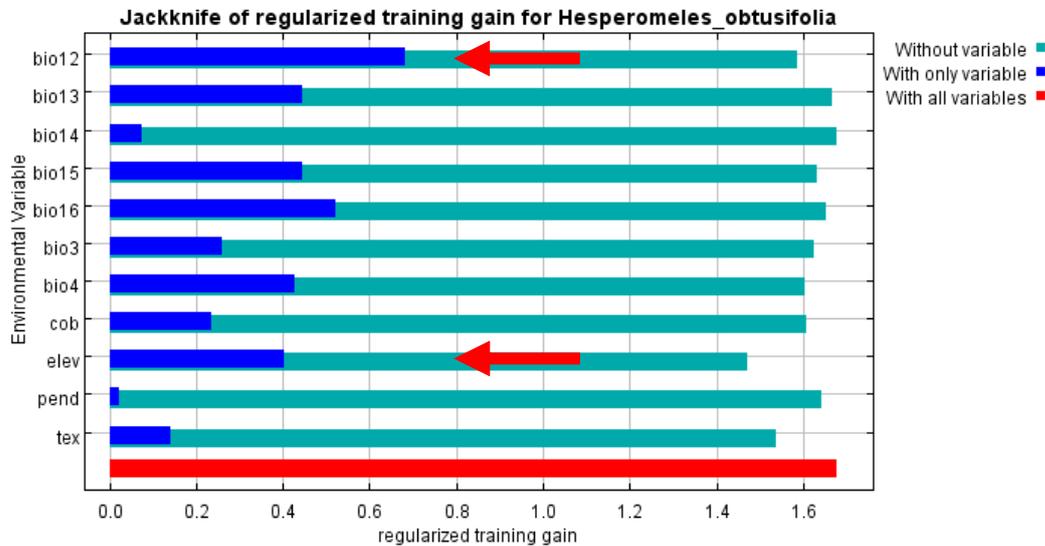
Figura 17
Distribución potencial de Hesperomeles obtusifolia



4.1.4.1 Prueba de Jackknife

En cuanto a *Hesperomeles obtusifolia*, las variables bio 12 (precipitación anual) y elev (elevación) (Figura 18) muestran la mayor contribución. En referencia a Rodríguez & Gómez, (2021) destaca la adaptabilidad de *Hesperomeles obtusifolia* a diferentes tipos de elevaciones. Por su parte, Báez *et al.*, (2016) y Calderón *et al.*, (2020) analizan cómo estas características influyen en la distribución de especies leñosas de la familia Ericaceae en ecosistemas altoandinos. A su vez, Cuesta *et al.*, (2017) y Sklenar *et al.*, (2016) discuten la importancia de la precipitación y la elevación en la formación de comunidades vegetales andinas. De igual manera, Diazgranados & Barber, (2017) y Varela *et al.*, (2019) enfatizan la necesidad de considerar estas variables en los modelos de distribución de especies, ya que su inclusión mejora significativamente las estrategias de conservación en ecosistemas de alta montaña. Esta perspectiva resalta la importancia de integrar factores clave como la elevación para priorizar acciones que aseguren la protección de especies vulnerables y sus hábitats asociados.

Figura 18
Prueba de Jackknife para Hesperomeles obtusifolia



4.1.4.2 Curvas de respuesta

El análisis de las curvas de respuesta generadas para *Hesperomeles obtusifolia* revela que la elevación (elev) (Figura 19a) es la variable biofísica más influyente, se evidenció que esta especie tiene una alta probabilidad de encontrarse en ecosistemas que van desde los 2 800 hasta los 3 600 m.s.n.m., mostrando dos picos de respuesta óptima claramente diferenciados en la curva. Este comportamiento bimodal sugiere una adaptación específica a dos rangos altitudinales, siendo más pronunciada la respuesta alrededor de los 2 900 m.s.n.m. Estos resultados coinciden con lo reportado por Montenegro et al. (2018), quienes documentaron patrones similares de distribución altitudinal para especies leñosas en ecosistemas altoandinos, destacando la capacidad adaptativa de *Hesperomeles obtusifolia* para prosperar en diferentes pisos altitudinales dentro del páramo.

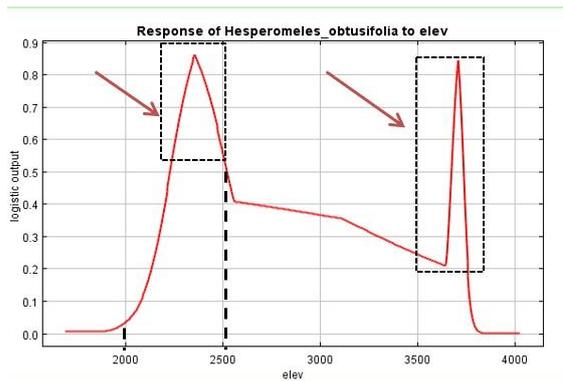
En cuanto a la precipitación anual (bio12) (Figura 19b), la curva de respuesta muestra una clara preferencia por zonas con precipitaciones entre 1 000 y 1 200 mm, evidenciando un incremento significativo en la probabilidad de presencia cuando se alcanzan estos valores. Esta preferencia por rangos específicos de precipitación sugiere una estrecha relación entre los requerimientos hídricos de la especie y su distribución en el ecosistema de páramo. Estudios realizados por Castellanos y Beltrán (2020) en los Andes del norte respaldan estos hallazgos, señalando que la disponibilidad de agua es un factor determinante en la distribución de especies leñosas del páramo y en las adaptaciones morfológicas desarrolladas.

Respecto a la isothermalidad (bio3) (Figura 19c), la curva de respuesta indica una marcada preferencia por valores bajos, con una disminución progresiva en la probabilidad de presencia conforme aumenta este indicador. Esta relación sugiere que la especie está mejor adaptada a ambientes donde existe una variación térmica moderada entre el día y la noche, pero con diferencias estacionales más pronunciadas. Estas preferencias térmicas se alinean con las investigaciones de Ramírez y Vargas (2022), quienes encontraron que las especies leñosas del páramo han desarrollado adaptaciones fisiológicas específicas para tolerar las fluctuaciones térmicas características de estos ecosistemas, permitiéndoles mantener poblaciones estables en ambientes donde las condiciones térmicas pueden ser limitantes para otras especies.

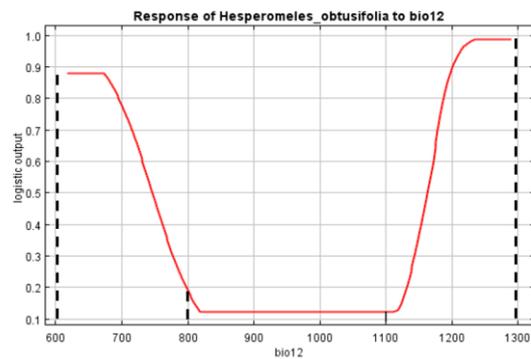
Figura 19

Curvas de respuesta para variables bioclimáticas y biofísicas de *Hesperomeles obtusifolia* a) elev: elevación; b) bio12: precipitación anual y c) bio3: isothermalidad.

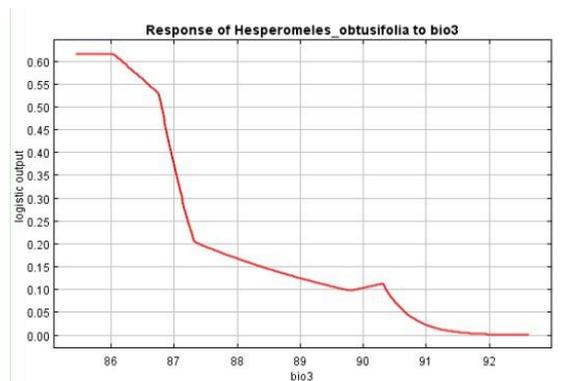
a)



b)



c)



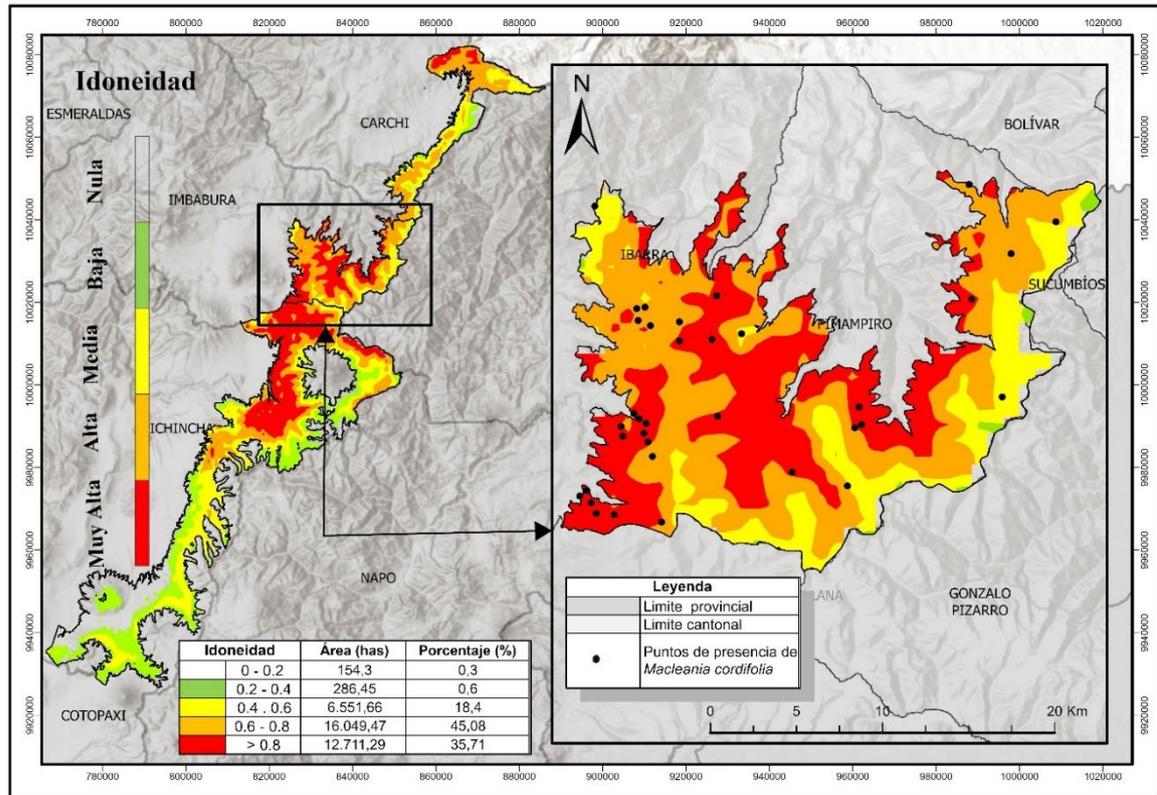
4.1.5 Distribución potencial de *Macleania cordifolia*

De acuerdo, con los rangos establecidos la superficie total del área donde existe una idoneidad ambiental adecuado (muy alto - alto) para *Macleania cordifolia* tiene aproximadamente 28 760.76 ha (80.79%). Se puede observar en el mapa (Figura 20) que la mayor concentración de zonas idóneas con más superficie evidente se encuentra en las parroquias de: Angochagua, Mariano Acosta, San francisco de Sigsipamba, Zuleta, Ambuquí y Chugá. Según Morales & Quintero, (2023) determinan que, la presencia de bosques nublados, bosques montanos, páramos y la transición entre bosques y páramos proporciona el hábitat ideal para esta especie, además, juega un papel fundamental en la estructura y función de los ecosistemas andinos.

Con ello se puede descifrar que para la presencia de *Macleania cordifolia* se debe tener en cuenta el lugar y la zona donde se pueda desarrollarse con facilidad, así como la presencia de los gradientes altitudinales y climáticos característicos de la cordillera oriental. Por ello, la presencia y distribución de *Macleania cordifolia* la mayor parte se concentran en los bosques nublados, bosques montanos y páramos que son lugares muy característicos de la Cordillera Oriental de Imbabura lo cual tiene un impacto directo en el hábitat del oso andino. Además, *Macleania cordifolia* tiene una gran capacidad de adaptación a diversos microclimas dentro del rango altitudinal del oso andino lo que aumenta su disponibilidad como recurso alimenticio (Luteyn, 2002).

A pesar de que la mayoría de la distribución de *Macleania cordifolia* se concentra en áreas con condiciones favorables como los bosques nublados, bosques montanos y páramos, existen zonas con baja idoneidad debido a factores como la fragmentación del hábitat y la discontinuidad ecológica (Young *et al.*, 2002). Estos factores pueden ser consecuencia de la intervención humana, la agricultura intensiva y el cambio en el uso de la tierra, que provocan una reducción en la conectividad entre áreas clave (Armenteras *et al.*, 2003). Además, la variabilidad en los gradientes altitudinales y climáticos dentro de la cordillera podría limitar su expansión, ya que la especie necesita condiciones específicas de humedad y temperatura que no están uniformemente distribuidas en toda la región (Buytaert *et al.*, 2011).

Figura 20
Distribución potencial de *Macleania cordifolia*

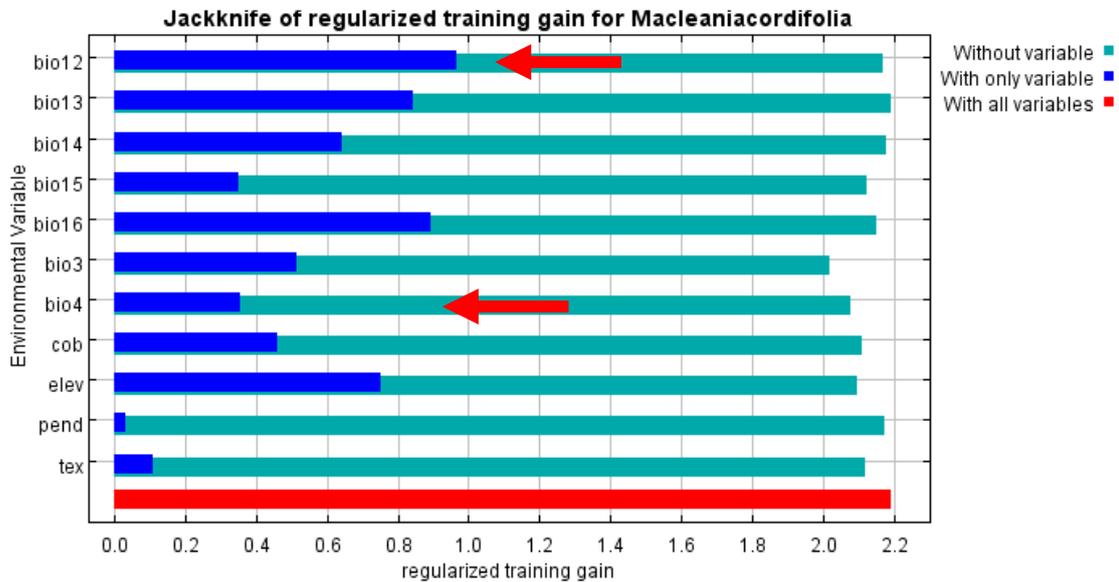


4.1.5.1 Prueba de Jackknife

En el caso de *Macleania cordifolia*, bio12 (Precipitación anual) y bio4 (estacionalidad de la temperatura) (Figura 21) son las variables más significativas. Con ello, Luteyn *et al.*, (2002) y Salinas *et al.*, (2018) destacan la sensibilidad de la familia Ericaceae a las fluctuaciones térmicas. En cuanto a, Pedraza-Peñalosa *et al.*, (2015) y Ulloa *et al.*, (2017) enfatizan cómo la isothermalidad afecta la distribución altitudinal de *Macleania cordifolia*. Por su parte, Madriñán *et al.*, (2013) y Diazgranados & Barber, (2017) resaltan la influencia de la estacionalidad térmica en los ciclos fenológicos de la planta para su desarrollo y supervivencia de la especie. Según Varela *et al.*, (2019) y Báez *et al.*, (2016) subrayan la importancia de estas variables en la modelación de distribución de especies de páramo alto andino como un rol fundamental dentro del ecosistema. Además, Tovar *et al.*, (2020) y Llambí *et al.*, (2019) discuten cómo estas variables climáticas afectan las interacciones planta-animal en ecosistemas altoandinos como una estrategia de conservación.

Figura 21

Prueba de Jackknife para Macleania cordifolia



4.1.5.1 Curvas de respuesta

El análisis de las curvas de respuesta para *Macleania cordifolia* revela que la elevación (elev) (Figura 22a) es una de las variables más determinantes para su distribución. Esta especie tiene una alta probabilidad de encontrarse en ecosistemas que van desde los 1 800 m s.n.m. hasta los 3 000 m s.n.m., mostrando un incremento significativo y sostenido a partir de los 2 000 m s.n.m., hasta alcanzar su óptimo cerca de los 3 000 m s.n.m., donde la curva se estabiliza. Este patrón de distribución altitudinal refleja una clara adaptación a los ecosistemas montañosos andinos, consistente con las investigaciones de Andrade y Morales (2019), quienes identificaron patrones similares en especies de la familia Ericaceae presentes en bosques andinos. La afinidad por este rango de altitud indica una conexión entre la fisiología de la planta y las condiciones ambientales características de estas alturas, donde la interacción de factores como temperatura y humedad genera microhábitats idóneos para su desarrollo

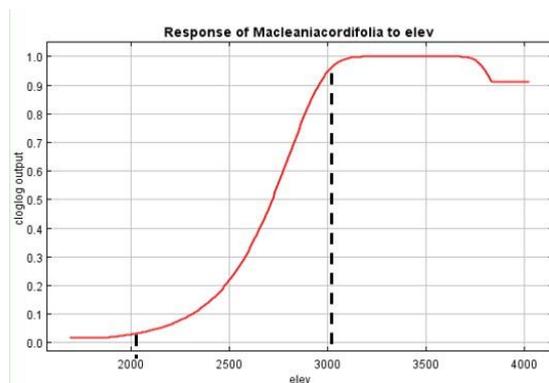
Por su parte, la curva de respuesta para la precipitación anual (bio12) (Figura 22b) muestra un rango ideal de entre 1 000 y 1 200 mm, evidenciando una disminución en la probabilidad de presencia cuando estos valores son superados. Esta preferencia por niveles moderados de precipitación coincide con las observaciones de Vásquez y Rodríguez (2021), quienes determinaron que las especies del género *Macleania* están adaptadas a condiciones específicas de humedad que favorecen su crecimiento y supervivencia en ambientes montañosos.

En cuanto a la isothermalidad (bio3) (Figura 22c), la curva de respuesta muestra una tendencia decreciente, con una mayor probabilidad de presencia en zonas donde los valores de este parámetro son moderados a bajos. Esta respuesta indica que *Macleania cordifolia* está mejor adaptada a ambientes donde existe cierta variabilidad en las condiciones térmicas, lo cual es característico de los ecosistemas de montaña. Estudios realizados por Gutiérrez y Mendoza, (2023) en los Andes tropicales respaldan estos hallazgos, señalando que la capacidad de las especies para tolerar fluctuaciones térmicas es un factor determinante en su distribución altitudinal. La preferencia por condiciones de isothermalidad específicas sugiere que la especie ha desarrollado mecanismos de adaptación que le permiten prosperar en ambientes donde las variaciones de temperatura diaria y estacional son moderadas contribuyendo a su éxito en los ecosistemas montañosos andinos.

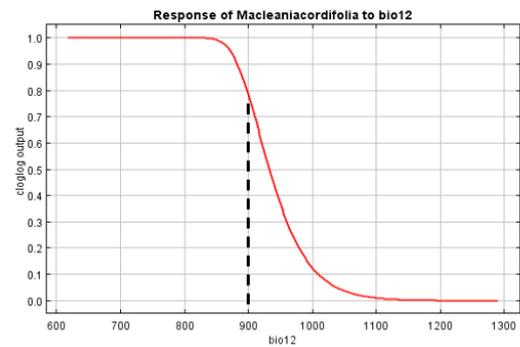
Figura 22

Curvas de respuesta para variables bioclimáticas y biofísicas de *Macleania cordifolia* a) elev: elevación; b) bio12: precipitación anual y c) Bio3: isothermalidad.

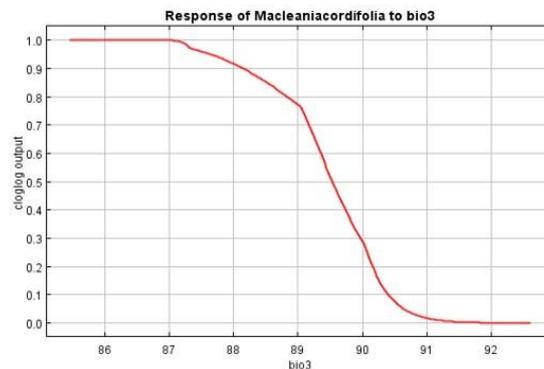
a)



b)



c)



4.2 Solapamiento de nichos entre el oso andino y especies vegetales

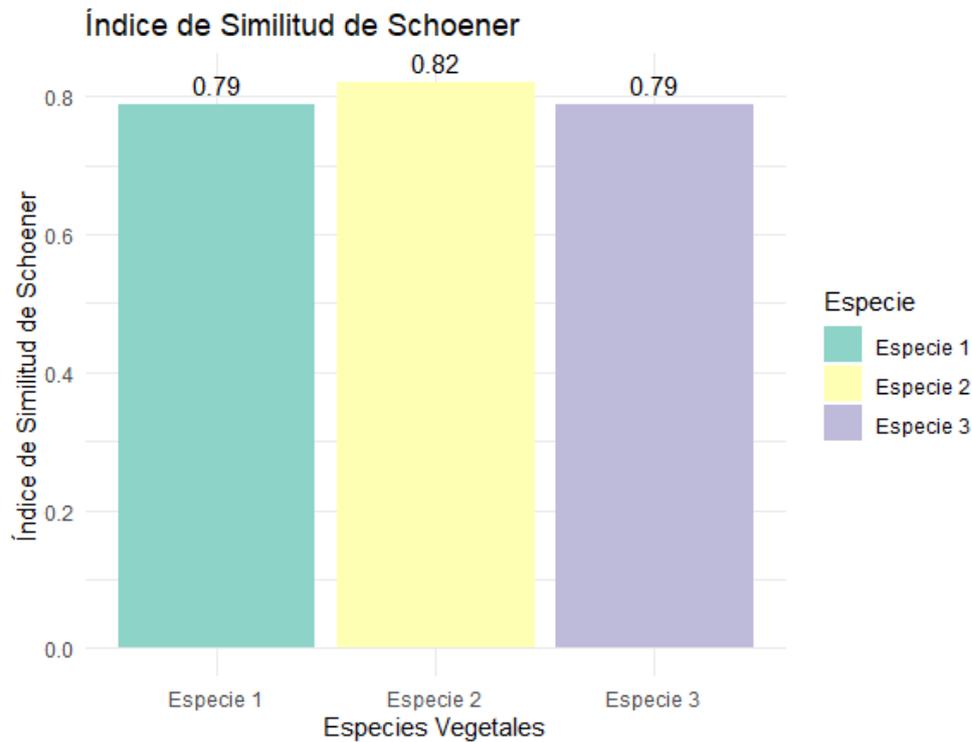
El análisis de solapamiento de nichos entre el oso andino y las especies vegetales busca identificar las áreas compartidas donde coinciden las condiciones ecológicas favorables tanto para el oso como para las plantas que forman parte de su dieta, proporcionando información clave para la conservación y manejo del hábitat.

4.2.1 Índice de Schoener (D)

Los resultados del índice de solapamiento de Schoener (D) (Figura 23) entre el oso andino y tres especies vegetales muestran un alto grado de superposición, con valores que oscilan entre 0.79 y 0.82. Este hallazgo sugiere una fuerte asociación espacial entre el oso andino y las especies *Puya clava herculis* (D = 0.79), *Macleania cordifolia* (D = 0.82), y *Hesperomeles obtusifolia* (D = 0.79). Según Hirzel & Le Lay (2008), valores superiores a 0.6 indican un solapamiento significativo, lo que en este caso podría interpretarse como una selección activa de hábitat por parte del oso en función de la disponibilidad de estas especies vegetales.

Esta relación estrecha es consistente con los estudios de Figueroa (2013), que destacan la importancia de estas plantas en la dieta del oso andino. Sin embargo, Rodríguez *et al.*, (2016) manifiesta que un alto solapamiento no siempre implica una dependencia directa, ya que otros factores como la estacionalidad y la disponibilidad de recursos alternativos pueden influir en los patrones de uso del hábitat. Poorter & Bongers (2006) sugieren que la coexistencia y el solapamiento observados podrían ser el resultado de una trayectoria de interacciones entre el oso andino y estas especies vegetales. De la misma manera, este alto grado de solapamiento resalta la importancia de conservar no solo al oso andino sino también su hábitat y las especies vegetales asociadas, como señalan Velez-Liendo & García-Rangel (2017) en sus recomendaciones para la conservación de este úrsido emblemático de los Andes.

Figura 23
Índice de similitud de Schoener (D)



4.2.2 Áreas de Solapamiento entre *Tremarctos ornatus* y las especies vegetales

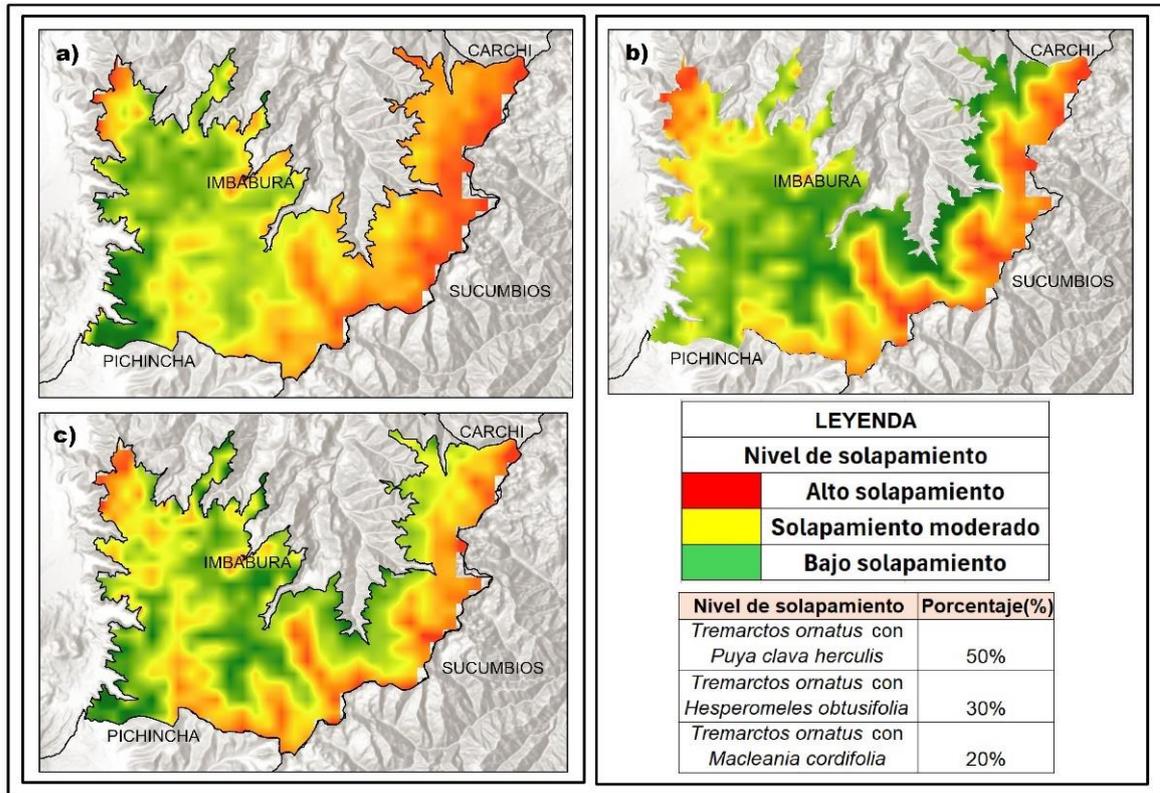
El solapamiento entre *Tremarctos ornatus* y *Hesperomeles obtusifolia* en la Cordillera Oriental de Imbabura muestra una concentración alta en las regiones norte y este (Figura 24). En la figura señala que, el área solapada entre *Tremarctos ornatus* con *Puya clava herculis* representa el 50% de su hábitat potencial, mientras tanto *Tremarctos ornatus* con *Hesperomeles obtusifolia* refleja el 30%, y entre *Tremarctos ornatus* y *Macleania cordifolia* representa el 20% estos resultados demuestran la ocurrencia y las posibles interacciones ecológicas entre especies, considerando la importancia de los bosques y páramos en la biodiversidad y servicios ecosistémicos.

Al comparar con otros estudios como el de Peña-Mondragón *et al.*, (2017), quienes evalúan el solapamiento de hábitat entre el oso andino (*Tremarctos ornatus*) y especies de plantas en México, mostraron un alto solapamiento entre el oso y especies de bromelias y orquídeas, lo que coincide con los altos niveles de solapamiento encontrados en los Solapamientos 1 y 2 de presentes en la imagen. Asimismo, Echeverría-London *et al.*, (2016) estudiaron el solapamiento de hábitat entre especies de plantas en los Andes de Colombia, encontrando que el solapamiento variaba según la altitud y las características del hábitat así como en lo que

respeta a la variación del solapamiento en función de los diferentes tipos de especies vegetales y las características topográficas de la región.

Figura 24

Solapamiento de nichos a) Tremarctos ornatus con Puya clava herculis, b) Tremarctos ornatus con Hesperomeles obtusifolia y c) Tremarctos ornatus con Macleania obtusifolia

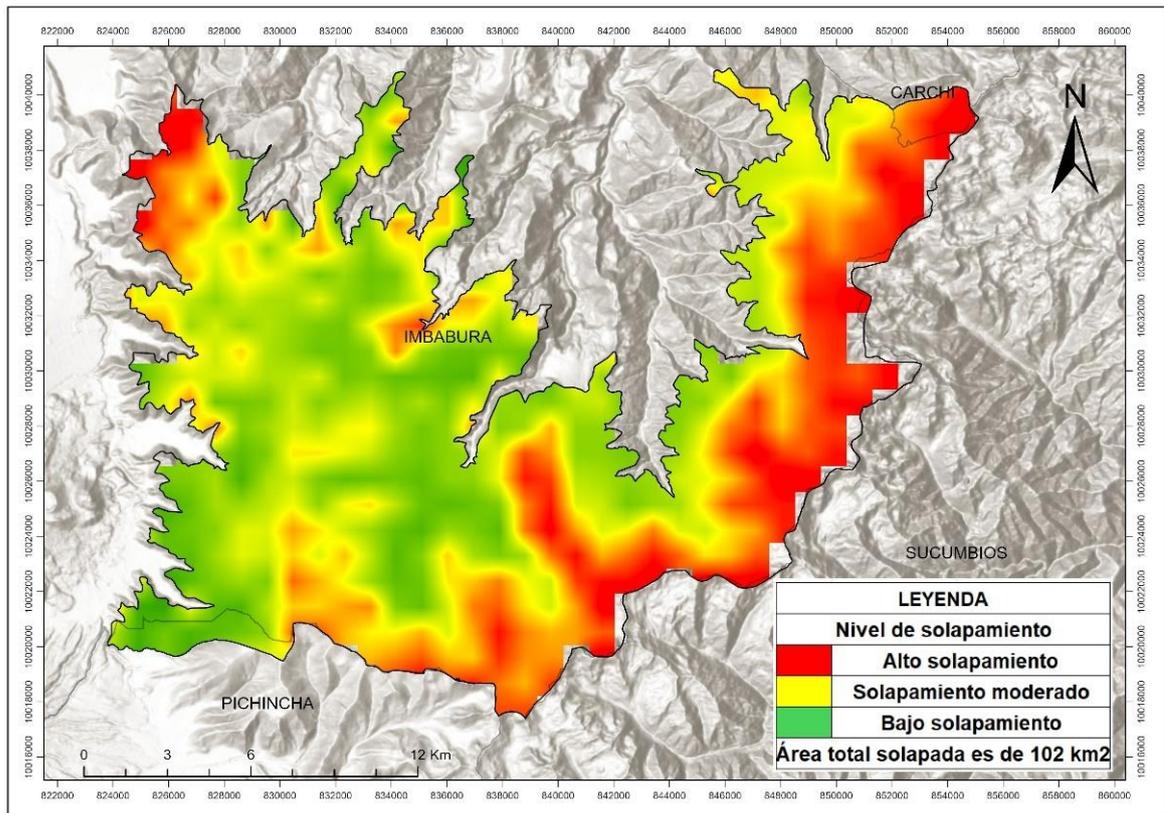


Por otra parte, el análisis del solapamiento espacial entre *Tremarctos ornatus* y las especies vegetales asociadas indica una superficie total de interacción de 110 km² (Figura 25) de las áreas evaluadas lo que muestran zonas de hábitat clave donde las necesidades ecológicas del oso andino coinciden significativamente con la distribución de especies vegetales prioritarias, de la misma manera, las áreas de mayor solapamiento (en rojo) están vinculadas a ecosistemas estratégicos, como los bosques y páramos andinos, que son fundamentales tanto para la conservación de la biodiversidad como para la conectividad ecológica.

Comparado con estudios previos, esta superficie es consistente con hallazgos que identifican la importancia de las zonas de transición entre páramo y bosque como corredores de biodiversidad (Cuesta *et al.*, 2019). Además, investigaciones en el norte de los Andes han reportado solapamientos similares en áreas críticas, donde el oso andino utiliza especies clave como alimento y refugio (Viteri *et al.*, 2018). A su vez, estos hallazgos enfatizan la necesidad

de priorizar estas áreas para conservar tanto al oso andino como a su entorno, protegiendo especies como *Puya clava herculis* y *Hesperomeles obtusifolia*, que cumplen funciones esenciales en estas interacciones ecológicas.

Figura 25
 Área total del solapamiento entre *Tremarctos ornatus* y las especies vegetales



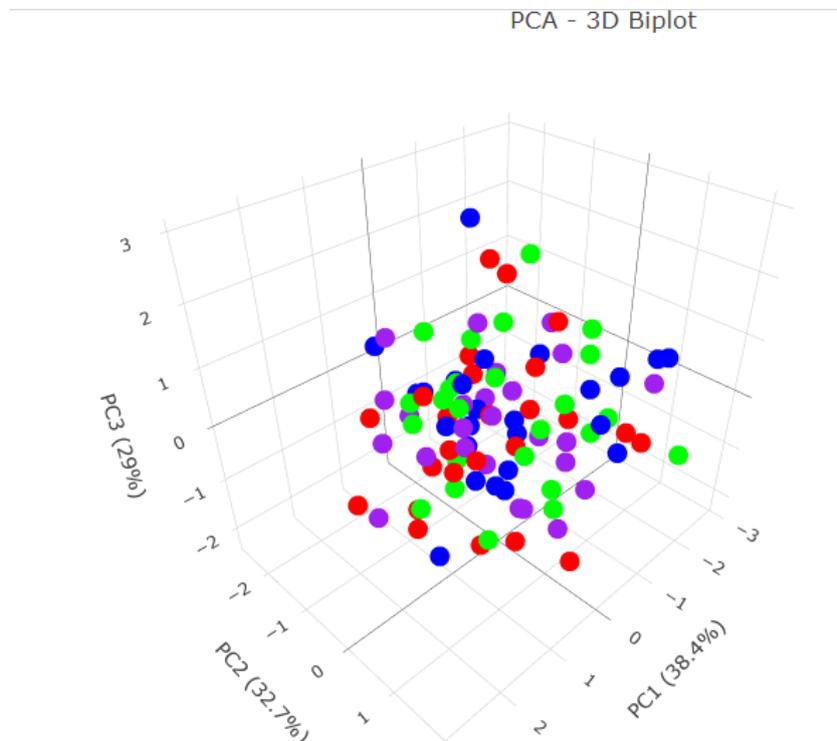
4.2.3 Análisis de Componentes Principales (ACP)

El Análisis de Componentes Principales (ACP) representado en el biplot (Figura 26) muestra el solapamiento entre el (oso andino) *Tremarctos ornatus* y tres especies vegetales: *Hesperomeles obtusifolia*, *Macleania cordifolia* y *Puya clava herculis*. Las elipses de confianza del 95% para cada especie y el oso indican un alto grado de solapamiento, especialmente entre el oso andino y *Macleania cordifolia*, seguido por *Hesperomeles obtusifolia*. Este patrón sugiere una fuerte asociación entre el oso y estas especies vegetales en términos de distribución espacial y posiblemente preferencias de hábitat. La elipse del oso abarca gran parte de las elipses de las plantas, lo que indica una amplia utilización de estos recursos por parte del oso. Esto concuerda con los hallazgos de González-Astorga *et al.*, (2021), quienes utilizaron técnicas similares para evaluar el solapamiento de nicho entre especies de

bromelia y encontraron que el ACP es una herramienta efectiva para visualizar y cuantificar el grado de solapamiento ecológico.

Por otro lado, la dispersión de los puntos dentro de la elipse del oso sugiere una variabilidad considerable en la utilización del hábitat, posiblemente reflejando la adaptabilidad de la especie a diferentes condiciones ambientales y recursos alimenticios. La superposición parcial de las elipses de las plantas indica que, aunque comparten ciertos requisitos de hábitat, también ocupan nichos ecológicos ligeramente diferentes. Esto es consistente con lo observado por Mateo *et al.*, (2019) en su estudio sobre la coexistencia de especies de plantas andinas, donde el ACP reveló patrones similares de solapamiento parcial. También, la posición central de la elipse de *Puya clava herculis* sugiere que esta especie podría tener un papel importante en la definición del nicho ecológico del oso andino en la región estudiada. Del mismo modo, Salgado-Negret *et al.*, (2020) utilizaron análisis de ACP para examinar la relación entre la composición de especies y las variables ambientales en ecosistemas andinos, destacando la utilidad de esta técnica para comprender las interacciones complejas entre especies y su entorno.

Figura 26
Análisis de los Componentes Principales (ACP)



4.3 Propuesta de un corredor ecológico como estrategias de mejora del hábitat alimenticio y recuperación de espacios para el oso andino

4.3.1 Corredor ecológico

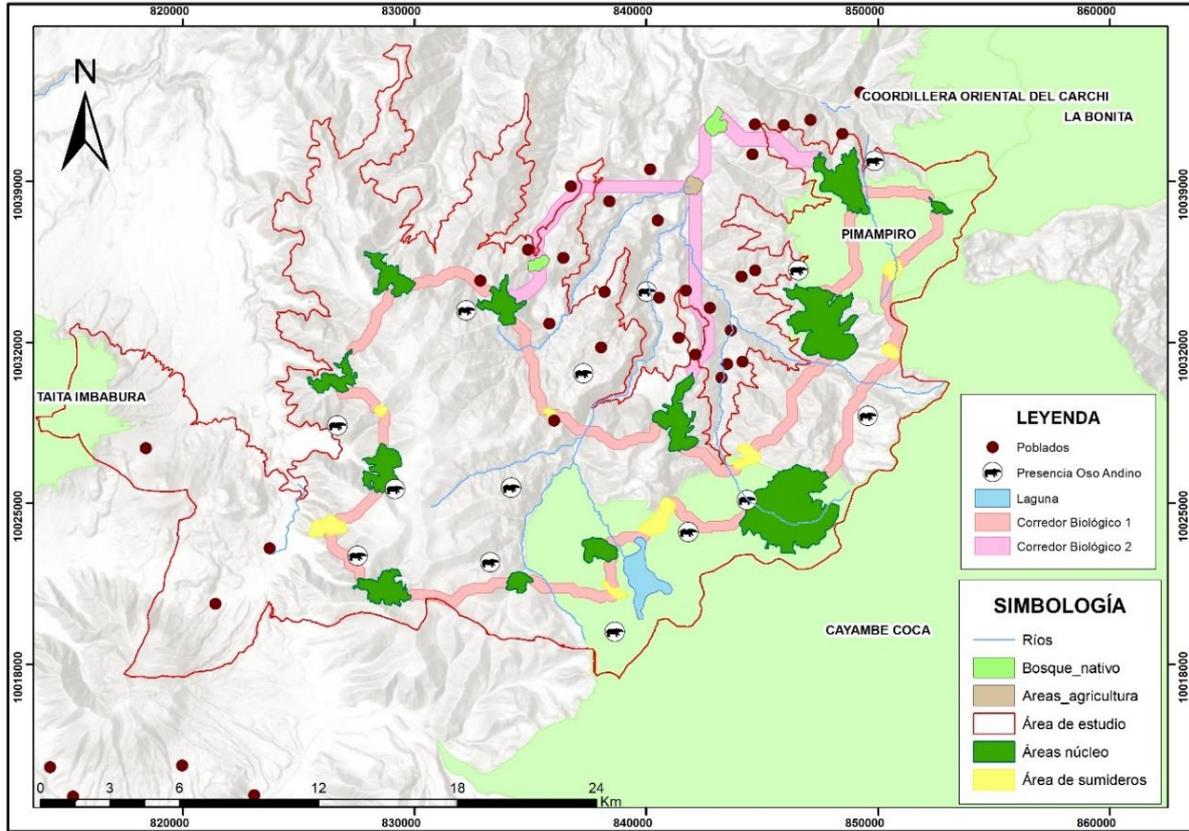
El corredor ecológico (Figura 27) fue diseñado para las especies vegetales de importancia para el consumo diario del oso andino donde la conectividad garantiza la viabilidad de hábitats fragmentados en las zonas altoandinas de la Cordillera Oriental de Imbabura primordiales. En la figura 27, las áreas núcleo representan sitios clave donde estas especies pueden prosperar y funcionar como fuentes de diversidad biológica, además, estas zonas verdes muestran una alta idoneidad ambiental y permiten la formación de comunidades vegetales estables. Según estudios como el de Gillies & St. Clair (2008), los corredores ecológicos aumentan la conectividad entre fragmentos, permitiendo el flujo genético y reduciendo la probabilidad de aislamiento de las especies. Así mismo el corredor posee un buffer de 1km y 3.325 ha, esto se realizó debido al tamaño y desplazamiento del oso andino.

Las áreas de sumidero (en amarillo) limitado representan zonas donde la viabilidad a largo plazo de las especies es más limitada debido a factores como la degradación del hábitat o la escasez de recursos. No obstante, estas áreas aún juegan un papel fundamental como parte de una estrategia de conservación más amplia, ya que pueden ser sitios potenciales de restauración o nucleación. Ceccon, (2013) destaca que estas áreas pueden ser recuperadas mediante técnicas de restauración como la nucleación, fomentando la recolonización de especies vegetales clave y la recuperación ecológica.

Los corredores ecológicos (en color rosa) actúan como puentes que facilitan el intercambio genético entre las poblaciones de las tres especies vegetales con otras especies, crucial para su conservación a largo plazo. Estos corredores también aseguran que las plantas puedan expandir su rango de distribución en respuesta a las variaciones climáticas. De acuerdo con Bierregaard *et al.*, (2020), los corredores de vegetación en zonas montañosas y subtropicales son esenciales para especies que requieren un amplio rango altitudinal en este contexto, los corredores ecológicos no solo facilitan la movilidad de estas especies vegetales, sino que también ayudan a mitigar los efectos del cambio climático.

Finalmente, la red de corredores incluye áreas protegidas estratégicamente ubicadas (en verde claro) que brindan protección adicional a las especies vegetales en cuestión. Estas áreas sirven como reservas biológicas, promoviendo no solo la conservación de las plantas, sino también la biodiversidad general del ecosistema. Incluir quebradas y no se detalla el ancho del corredor, parece que es más estrecho que los parches.

Figura 27
Zonas de conectividad ecológica



4.3.2 Programas y proyectos para la implementación del corredor ecológico

Este segmento describe las iniciativas específicas, actividades y los recursos requeridos para materializar el diseño teórico del corredor en una realidad funcional. Por el cual, incluye aspectos como la restauración ecológica, la educación ambiental, el monitoreo de especies invasoras, y la participación comunitaria, todos ellos esenciales para asegurar la viabilidad y el éxito a largo plazo del corredor ecológico (Worboys *et al.*, 2010)

4.3.2.1 Factores de evaluación de áreas en el plan del corredor ecológico

Se ha elaborado una matriz de evaluación que incorpora los parámetros, atributos ecosistémicos y condiciones de los componentes estructurales del corredor ecológico propuesto. En los resultados del análisis PER (Presión – Estado - Respuesta), se muestra un análisis sobre las presiones ambientales, el estado actual del ecosistema y las respuestas necesarias para abordar los problemas identificados (Tabla 5).

Tabla 5
Resultados del análisis PER

PRESIÓN	ESTADO	RESPUESTA
Deforestación para expansión agrícola, ganadera y construcción de infraestructura.	Disminución de la calidad de los ecosistemas remanentes de bosque y páramo.	Implementación del corredor ecológico
Falta de educación ambiental en pobladores especialmente los más cercanos a las áreas degradadas.	La distribución y abundancia de las especies vegetales ha presentado una reducción del 30%.	Programas de restauración y enriquecimiento del hábitat Iniciativas de educación ambiental y sensibilización
Pérdida de hábitat natural de especies endémicas por la introducción de especies no nativas.	Incremento de la fragmentación del hábitat para el oso andino. Ganancia en áreas de cultivo	Desarrollo de un programa de control de especies no nativas.

4.3.2.2 Programa de restauración ecológica

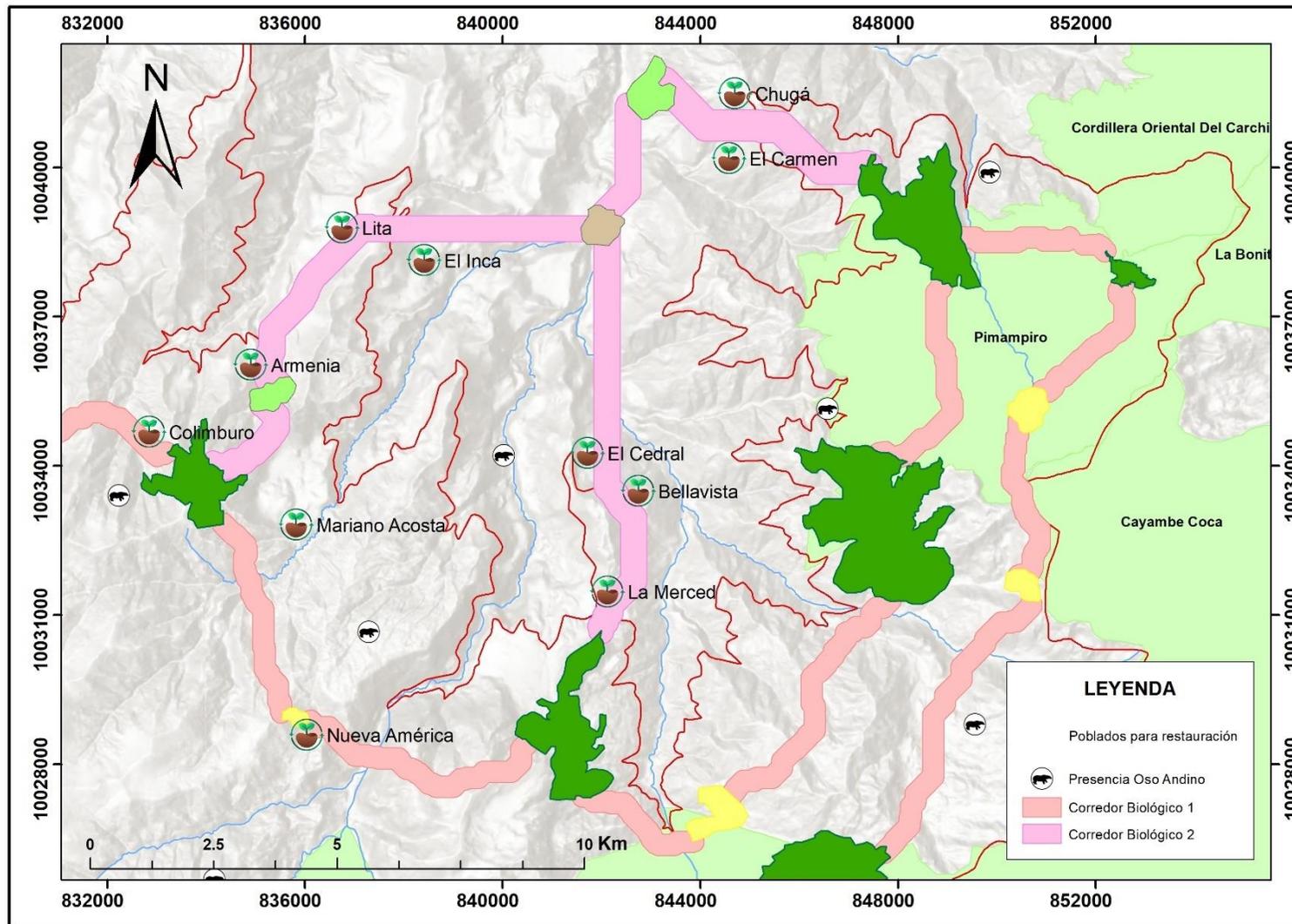
El Programa de Restauración Ecológica tiene como objetivo principal recuperar la integridad ecológica y la funcionalidad del corredor, mejorando la conectividad entre fragmentos de bosque y aumentando la disponibilidad de hábitat para el oso andino y otras especies nativas. Este enfoque se alinea con las recomendaciones de Holl & Aide (2011), quienes enfatizan la importancia de la restauración ecológica en la conservación de ecosistemas fragmentados. El programa busca no solo reestablecer la cobertura vegetal, sino también restaurar los procesos ecológicos y los servicios ecosistémicos en áreas degradadas dentro del corredor (Chazdon & Guarita, 2016).

Las actividades principales del programa incluyen la reforestación con especies nativas, la implementación de técnicas de regeneración natural asistida y el control de especies invasoras. Estas acciones se llevarán a cabo con la participación de las comunidades locales, quienes se involucrarán en la recolección de semillas, el mantenimiento de viveros y las actividades de plantación (Murcia *et al.*, 2016). El Ministerio del Ambiente proporcionará las directrices técnicas y la supervisión necesaria, mientras que la prefectura y los municipios facilitarán los recursos y la coordinación logística. Este enfoque multi-actor es consistente con las recomendaciones de Reed *et al.*, (2018) para la implementación exitosa de programas de restauración a escala de paisaje (Tabla 6).

Tabla 6*Programa de restauración ecológica*

Presión	Estado	Respuesta	Estrategias	Sector
Deforestación de páramos y bosques generados por factores antrópicos	Disminución de la calidad de los ecosistemas remanentes de bosque y páramo.	Identificar áreas degradadas en bosque y páramo como base para la restauración de estos ecosistemas, implementando técnicas de nucleación como: <ul style="list-style-type: none"> • Transposición del suelo: donde se incorpora una capa de suelo con que posea semillas, hongos, microorganismos, bacterias y nutrientes a un suelo degradado. 	Planificación estratégica especialmente con los poblados más cercanos a las áreas de influencia. Monitoreo y control de las técnicas de restauración aplicadas. Educación ambiental a todos los pobladores aledaños a las zonas de impacto.	Corredor 1: Nueva América, Colimbuero, Chugá y Zonas altas de Mariano Acosta. Corredor 2: Armenia, El Inca, Bellavista, El Cedral, La Merced, Chugá, Lita y El Carmen. (Figura 28)
	La distribución y abundancia de las especies vegetales ha presentado una reducción del 30%.	<ul style="list-style-type: none"> • Transposición de gavillas: donde se recolecta muestras de suelo con plantas herbáceas con su sistema radicular de un área conservada a una degradada. 		
	Incremento de la fragmentación del hábitat para el oso andino.	<ul style="list-style-type: none"> • Transposición de la lluvia de semillas: capturar semillas de un ecosistema sano y trasladarlas a un ecosistema frágil para facilitar la regeneración de la vegetación nativa. 		
	Ganancia en áreas de cultivo	<ul style="list-style-type: none"> • Posaderos artificiales: diseño de estructuras artificiales en zonas degradadas simulando sitios naturales utilizados por especies animales incluido el oso andino para descanso, observación, alimentación y propagación natural de semillas. • Realizar un monitoreo y seguimiento de los núcleos generados para evaluar el crecimiento y la adaptación de las especies. 		

Figura 28
Programa para aplicación de restauración ecológica



4.3.2.3 Programa de monitoreo de especies invasoras

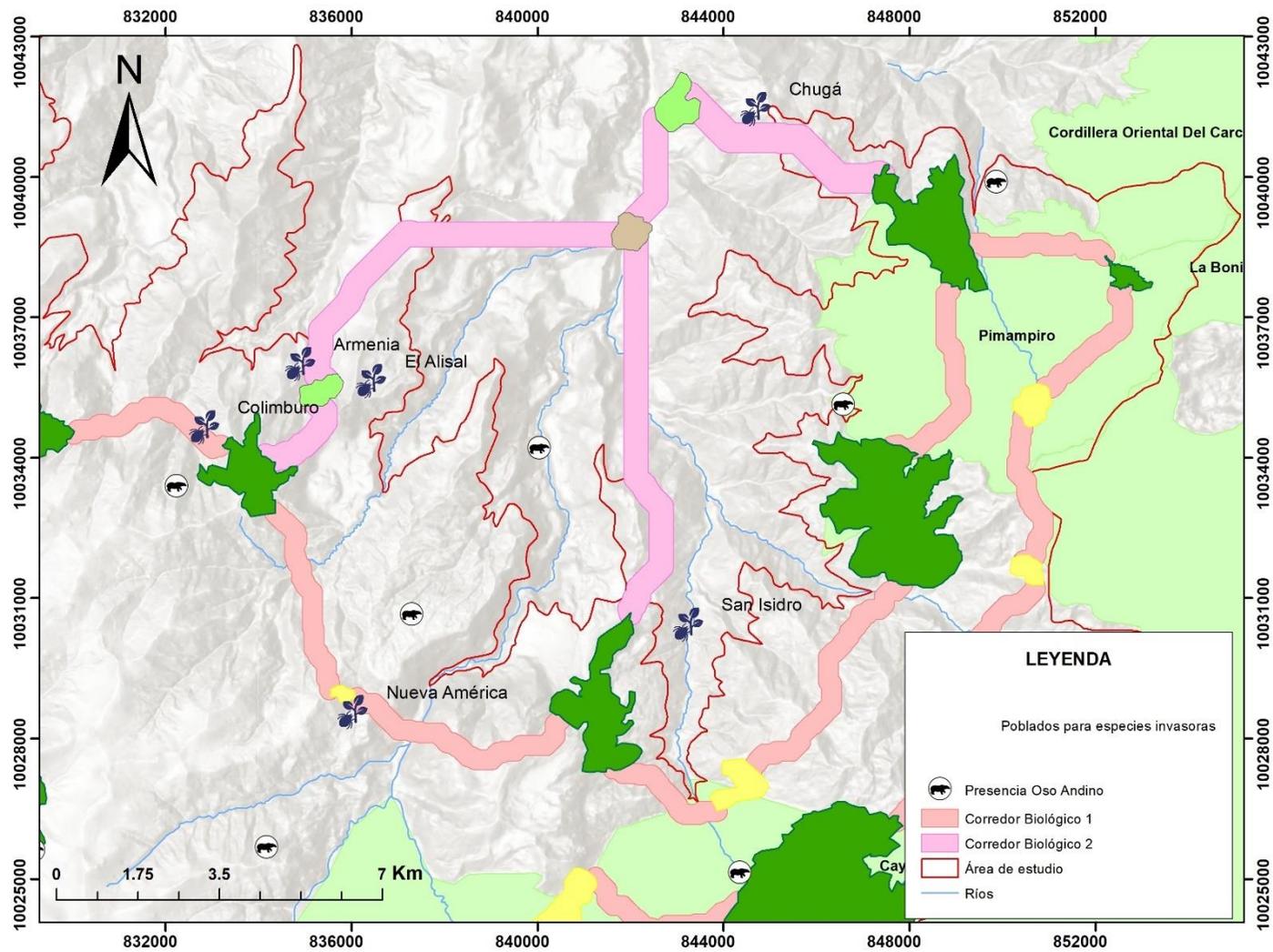
Este programa tiene como objetivo principal establecer un sistema de vigilancia y seguimiento continuo para detectar, cuantificar y rastrear la presencia y propagación de especies invasoras dentro del corredor ecológico. Este programa es fundamental para salvaguardar la integridad ecológica del corredor, proteger la biodiversidad nativa y mantener la funcionalidad del hábitat para el oso andino y otras especies autóctonas (Pysek & Richardson, 2010). Así mismo, el monitoreo sistemático de especies invasoras permitirá una detección temprana y una respuesta rápida, elementos clave para el manejo efectivo de estas amenazas biológicas.

Las actividades principales del programa incluyen la realización de inventarios periódicos de flora y fauna, el establecimiento de parcelas de muestreo permanentes, y el uso de tecnologías geoespaciales para mapear la distribución de especies invasoras. Se implementarán protocolos estandarizados de monitoreo, siguiendo las recomendaciones de Lotombe *et al.*, (2017) para la vigilancia de especies invasoras a escala de paisaje. Además, se fomentará la participación de comunidades locales y guardaparques en la recolección de datos, adoptando un enfoque de ciencia ciudadana similar al propuesto por (Crall *et al.*, 2015). Esta estrategia participativa no solo amplía la cobertura del monitoreo, sino que también promueve la concienciación y el compromiso local con la conservación del corredor ecológico (Tabla 7).

Tabla 7*Programa de monitoreo de especies invasoras*

Presión	Estado	Respuesta	Estrategias	Sector
Pérdida de hábitat natural de especies endémicas por la introducción de especies no nativas.	Disminución de la calidad de los ecosistemas remanentes de bosque y páramo.	Organizar talleres que comuniquen a los comuneros sobre la importancia ecológica del bosque y páramo andino y todos los servicios ecosistémicos que brindan.	Educación ambiental a todos los pobladores aledaños a las zonas de impacto. Fomentar la participación ciudadana	Corredor 1: Nueva América y Colimburo. Corredor 2: San Isidro, Chugá, El Alisal y Armenia. (Figura 29)
	La distribución y abundancia de las especies vegetales ha presentado una reducción del 30%.	Proporcionar cursos prácticos de restauración, conservación de suelos, manejo se bancos de semillas, plantación de especies nativas, identificación de especies invasoras.		
	Incremento de la fragmentación del hábitat para el oso andino.	Involucrar a los niños de las comunidades con proyectos sobre conservación implementando caminatas y actividades al aire libre en sitios estratégicos.		
	Ganancia en áreas de cultivo	Introducir prácticas y charlas sobre agricultura sostenible y agroforestería que coexista con la conservación del bosque y páramo.		

Figura 29
Programa para aplicación de monitoreo de especies invasoras



4.3.2.4 Programa de educación ambiental

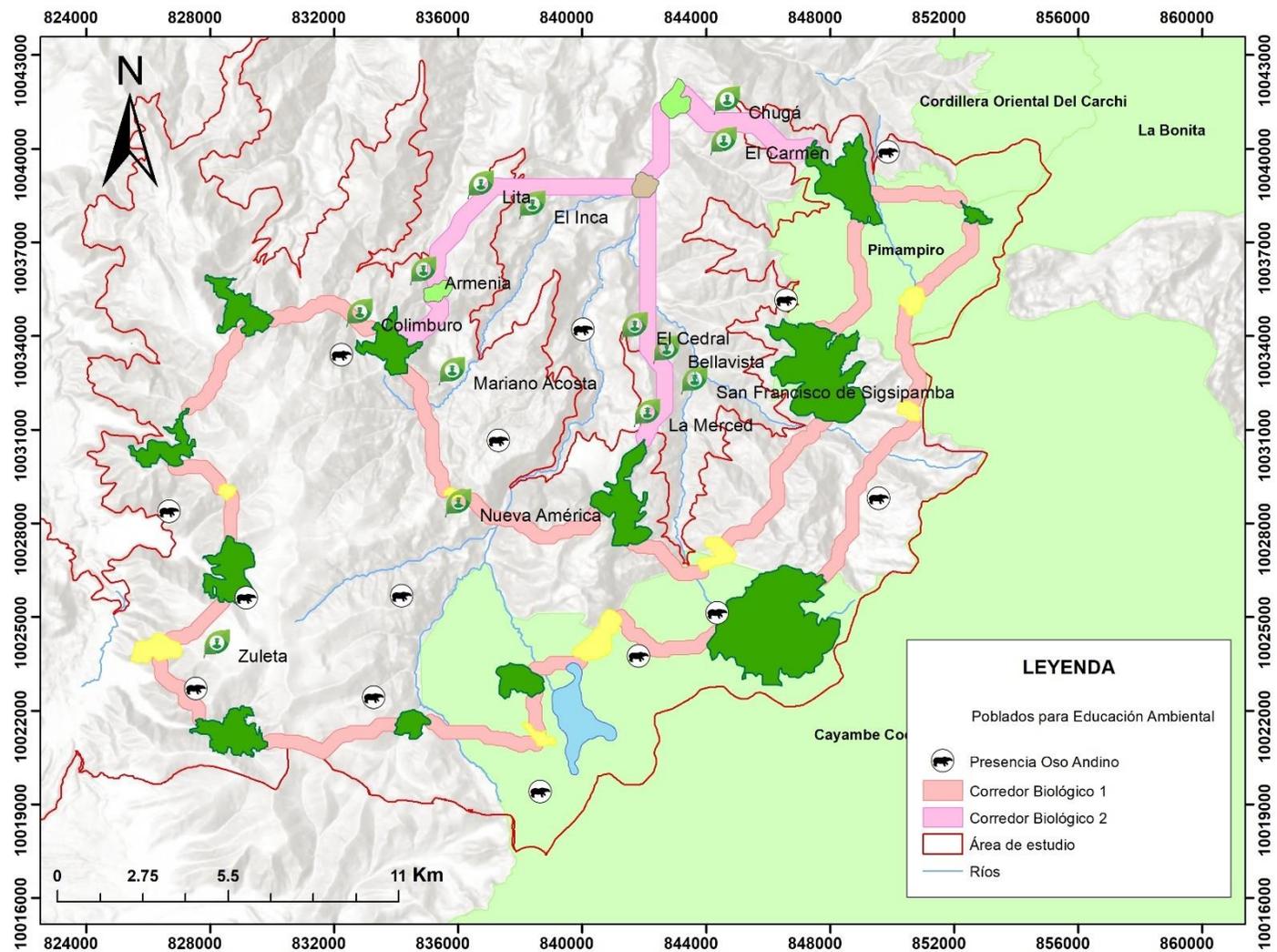
El programa tiene como objetivo principal fomentar la conciencia ecológica, promover la valoración de la biodiversidad local y desarrollar habilidades para la gestión sostenible del corredor ecológico entre los habitantes de las comunidades adyacentes. Este programa busca empoderar a los comuneros como guardianes activos de su entorno natural, facilitando su participación efectiva en la conservación del oso andino y su hábitat (Jacobson *et al.*, 2015).

Las actividades principales del programa incluyen talleres participativos, salidas de campo educativas, y la creación de materiales didácticos adaptados al contexto cultural local. Se implementarán metodologías de aprendizaje experiencial y se incorporarán conocimientos ecológicos tradicionales, siguiendo el enfoque de Monroe *et al.*, (2019) para una educación ambiental efectiva. Además, se establecerán redes de "promotores ambientales" comunitarios, capacitados para liderar iniciativas locales de conservación y servir como enlaces entre la comunidad y los gestores del corredor. Esta estrategia de formación de líderes locales se alinea con las recomendaciones de Ardoin *et al.*, (2020) para fortalecer la capacidad comunitaria en la gestión de recursos naturales (Tabla 8).

Tabla 8*Programa de educación ambiental*

Presión	Estado	Respuesta	Estrategias	Sector
Falta de educación ambiental en pobladores especialmente los más cercanos a las áreas degradadas.	Disminución de la calidad de los ecosistemas remanentes de bosque y páramo.	Realizar un inventario de flora y fauna para identificar especies invasoras.	Planificación estratégica especialmente con los poblados más cercanos a las áreas de influencia. Educación ambiental a todos los pobladores aledaños a las zonas de impacto.	Corredor 1: Zuleta, Nueva América, San Francisco de Sigsipamba, Colimbuero y Mariano Acosta. Corredor 2: Armenia, Lita, El Inca, El Cedral, Bellavista, La Merced, Chugá y El Carmen. (Figura 30)
	La distribución y abundancia de las especies vegetales ha presentado una reducción del 30%.	Tomar puntos de muestreo de estas especies y realizar mapas utilizando SIG para identificar áreas de mayor presencia y ausencia.		
	Incremento de la fragmentación del hábitat para el oso andino.	Capacitar a los comuneros para identificar estas especies invasoras y la extracción manual de estas especies y eliminación de nidos o poblaciones animales.		
	Ganancia en áreas de cultivo	Instalación de barreras naturales para controlar la distribución hacia las áreas vulnerables del corredor.		
		Con las especies animales extraídas de estos sitios serían trasladados a zonas controladas que no generen impactos negativos		

Figura 30
Programa para aplicación de educación ambiental



5. CONCLUSIONES

- Para la identificación de áreas de distribución se determinó que *Puya clava herculis*, *Macleania cordifolia* y *Hesperomeles obtusifolia* se distribuyen principalmente en altitudes que van desde los 1 500 a 4 600 m.s.n.m de la Cordillera Oriental de Imbabura. Estas especies están influenciadas por variables ambientales como la temperatura y precipitación.
- Así mismo los modelos realizados determinan que para *Puya clava herculis* existe una zona de idoneidad de 21.603,85 ha (60,69%), para *Macleania cordifolia* con un área de 11.916,5 ha (33,47%) y para *Hesperomeles obtusifolia* con un área de 23.681,87 ha (66,50%), en parroquias como Angochagua, Zuleta, Mariano Acosta, San Francisco de Sigsipamba, Pimampiro y Chugá.
- Mediante el análisis del solapamiento de nicho se evidenció una alta coincidencia entre la distribución del oso andino y la de las especies vegetales analizadas, lo que confirma que la presencia de esta especie depende en gran medida de la disponibilidad de estas plantas. Cualquier alteración en la distribución de estas especies afectará directamente las poblaciones de osos andinos en la región.
- El grado de solapamiento entre *Tremarctos ornatus* y *Puya clava herculis* es de 50%, el grado entre *Tremarctos ornatus* y *Hesperomeles obtusifolia* es de 30% y el grado entre *Tremarctos ornatus* y *Macleania cordifolia* es de un 20%, lo que nos indica que si existe alto nivel de solapamiento entre *Tremarctos ornatus* y las especies vegetales.
- La propuesta del corredor ecológico en la Cordillera Oriental de Imbabura facilitará la movilidad del oso andino y beneficiará a los patrones de desplazamiento del oso andino, así mismo el corredor permitirá la conectividad entre hábitats fragmentados y la dispersión de semillas lo que generará la restauración o sucesión de especies nativas especialmente de las especies vegetales estudiadas.

6. RECOMENDACIONES

- Emplear Sistemas de Información Geográfica (SIG) y estaciones meteorológicas locales para la recopilación de datos climáticos y edáficos en tiempo real, esto permitirá que los modelos de distribución de las especies vegetales estén actualizados.
- Diseñar y ejecutar el corredor ecológico propuesto mediante la identificación precisa de áreas de alta prioridad de conservación y conectividad ecológica. Este corredor debería incluir no solo áreas protegidas, sino también zonas de amortiguamiento y microcorredores que faciliten el desplazamiento del oso andino y otras especies.
- Implementar un programa de monitoreo constante que integre tecnologías como cámaras trampa y drones para estudiar la dinámica de las poblaciones de osos andinos y la abundancia de las especies vegetales clave. Esto permitirá identificar cambios a corto y largo plazo en la distribución y comportamiento del oso.
- Promover la integración de prácticas sostenibles en las actividades agrícolas y urbanas circundantes, como agroforestería y sistemas silvopastoriles, para minimizar la fragmentación del hábitat. Es fundamental fortalecer la cooperación con gobiernos locales y establecer incentivos económicos para las comunidades que implementen estas prácticas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adler, D., Murdoch, D. y otros (2021). rgl: Visualización 3D con OpenGL. Versión del paquete R 0.107.14. <https://CRAN.R-project.org/package=rgl>
- Aguirre, Z., Reyes, B., Quizhpe, W., & Cabrera, A. (2019). Análisis del nicho ecológico de *Hesperomeles obtusifolia* (Pers.) Lindl. en los Andes ecuatorianos. *Revista Ecuatoriana de Investigaciones Agropecuarias*, 2(1), 26-35. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-34692021000200241
- Araújo, M. B., & New, M. (2007). Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in Ecology & Evolution*, 22(1), 42-47. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.09.010>
- Araújo, M. B., Pearson, R. G., Thuiller, W., & Erhard, M. (2005). Validation of species–climate impact models under climate change. *Global Change Biology*, 11(9), 1504-1513. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.01000.x>
- Ardoin, NM, Bowers, AW y Gaillard, E. (2020). Resultados de la educación ambiental para la conservación: una revisión sistemática. *Biological Conservation*, 241, 108224. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108224>
- Armenteras, D., Gast, F., y Villareal, H. (2003). Fragmentación del bosque andino y representatividad de las áreas naturales protegidas en los Andes orientales, Colombia. *Conservación Biológica*, 113(2), 245-256. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00359-2](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00359-2)
- Báez, S., Jaramillo, L., Cuesta, F., & Donoso, D. A. (2016). Effects of climate change on Andean biodiversity: A synthesis of studies published until 2015. *Neotropical Biodiversity*, 2(1), 181-194. <https://doi.org/10.1080/23766808.2016.1248710>
- Benítez-López, A., Santini, L., Schipper, AM, Wilting, HC, Huijbregts, MAJ, y Michels, R. (2019). Hábitat intacto y degradado: mapeo de la distribución actual y futura de mamíferos en América del Sur. *Biological Conservation*, 236, 200-210. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320718313274>
- Berkes, F. (2007). Conservación comunitaria en un mundo globalizado. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias*, 104(39), 15188-15193. <https://doi.org/10.1073/pnas.0702098104>
- Bierregaard, R. O., Lovejoy, T. E., Kapos, V., Santos, A. A., & Hutchings, R. W. (2020). *The biological dynamics of tropical rainforest fragments*. *BioScience*, 52(11), 1051-1061. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[1051\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[1051]2.0.CO;2)

- Buytaert, W., Cuesta-Camacho, F., & Tobón, C. (2011). Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions. *Global Ecology and Biogeography*, 20(1), 19-33. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00585.x>
- Buytaert, W., Cuesta-Camacho, F., y Tobón, C. (2011). Impactos potenciales del cambio climático sobre los servicios ambientales de las regiones alpinas tropicales húmedas. *Global Ecology and Biogeography*, 20(1), 19-33. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00585.x>
- Cabrera, M. y Ramírez, W. (Eds.). (2014). Restauración ecológica de los páramos de Colombia: Transformación y herramientas para su conservación. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31451>
- Cabrera, M., & Ramírez, W. (2014). Restauración ecológica de los páramos de Colombia: Transformación y herramientas para su conservación. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <https://www.researchgate.net/publication/268148010>
- Castellanos, A. (2011). Andean bear home ranges in the Intag region, Ecuador. *Ursus*, 22(1), 65-73. <https://www.researchgate.net/publication/232690622>
- Castellanos, A., Altamirano, M., & Tapia, G. (2005). Ecología y comportamiento de osos andinos reintroducidos en la Reserva Biológica Maquipucuna, Ecuador: Implicaciones en la conservación. *Revista Politécnica*, 26(1), 54-82. <https://www.researchgate.net/publication/237011243>
- Castellanos, A., Cevallos, J., Laguna, A., Achig, L., Viteri, P., & Molina, S. (2010). Estrategia nacional de conservación del Oso Andino. Ministerio del Ambiente del Ecuador, Quito. https://www.researchgate.net/publication/282653025_Estrategia_Nacional_de_Conservacion_del_Oso_Andino
- Ceccon, E. (2013). *Restoration of tropical forests: A synthesis of research for landscapes under pressure*. *Tropical Conservation Science*, 6(1), 1-17. <https://doi.org/10.1177/194008291300600101>
- Cosse, M., Del Moral Sachetti, JF, Mannise, N., & Acosta, M. (2014). Evidencia genética confirma presencia de osos andinos en Argentina. *Ursus*, 25(2), 163-171. <https://doi.org/10.2192/URSUS-D-14-00030.1>

- Chamorro, S., & Noto, A. (2020). Modelado del nicho ecológico de las Ericaceae andinas: el caso de *Macleania* y *Psammisia*. *Ecological Modelling*, 438, 109205. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.109205>
- Chazdon, R. L., & Guariguata, M. R. (2016). Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: prospects and challenges. *Biotropica*, 48(6), 716-730. <https://doi.org/10.1111/btp.12381>
- Clevenger, A. P., & Wierchowski, J. (2006). Maintaining and restoring connectivity in landscapes fragmented by roads. In K. R. Crooks & M. Sanjayan (Eds.), *Connectivity Conservation* (pp. 502-535). Cambridge University Press. <https://www.researchgate.net/publication/260061632>
- Crall, AW, Jarnevich, CS, Young, NE, Panke, BJ, Renz, M., y Stohlgren, TJ (2015). La ciencia ciudadana contribuye a nuestro conocimiento de las distribuciones de especies vegetales invasoras. *Invasiones biológicas*, 17(8), 2415-2427. <https://doi.org/10.1007/s10530-015-0885-4>
- Cramer, F., Shephard, GE y Heron, PJ (2020). El mal uso del color en la comunicación científica. *Nature Communications*, 11(1), 5444. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19160-7>
- Cuesta, F., Muriel, P., Beck, S., Meneses, R. I., Halloy, S., Salgado, S., Ortiz, E., & Becerra, M. T. (2017). Latitudinal and altitudinal patterns of plant community diversity on mountain summits across the tropical Andes. *Ecography*, 40(12), 1381-1394. <https://www.researchgate.net/publication/309885978>
- Cuesta, F., Muriel, P., Beck, S., Meneses, R. I., Halloy, S., Salgado, S., ... & Becerra, M. T. (2017). Latitude and elevation patterns of plant species richness on the Andean slope in western South America. *PLOS ONE*, 12(3), e0172361. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172361>
- Cuesta, F., Muriel, P., Beck, S., Meneses, RI, Halloy, S., Salgado, S., Ortiz, E., & Becerra, MT (2017). Patrones latitudinales y altitudinales de la diversidad de comunidades vegetales en las cumbres de las montañas de los Andes tropicales. *Ecography*, 40(12), 1381-1394. <https://doi.org/10.1111/ecog.02567>
- Cuesta, F., Tovar, C., Llambí, LD, Gosling, WD, Halloy, S., Pauli, H., ... & Cáceres, Y. (2017). Patrones latitudinales y altitudinales de la diversidad de comunidades vegetales en las cumbres montañosas de los Andes tropicales. *Ecografía*, 40(12), 1381-1394. <https://doi.org/10.1111/ecog.02567>

- Cuesta, F., Bubb, P., & Rivas, J. (2019). Conservación en los Andes tropicales: retos y oportunidades. Recuperado de: <https://www.conservation.org/>
- Del Solar, M., Gómez, A., & Gaviria, J. (2019). Modelado de la distribución del oso andino (*Tremarctos ornatus*) en Perú: factores que afectan la idoneidad del hábitat. *Ecología y Evolución*, 9(2), 1-14. <https://doi.org/10.1002/ece3.4762>
- Delgado-Cueva, P., Vázquez-Domínguez, G., Zúñiga-Vega, J. J., & Sunny, A. (2018). Potential distribution of three endemic alligator lizards under climate change in Mexico. *Ecological Modelling*, 384, 72-81. <https://www.researchgate.net/publication/313823080>
- Di Cola, V., Broennimann, O., Petitpierre, B., Breiner, FT, D'Amen, M., Randin, C., Engler, R., Pottier, J., Pio, D., Dubuis, A., Pellissier, L., Mateo, RG, Hordijk, W., Salamin, N., & Guisan, A. (2017). ecospat: un paquete R para apoyar los análisis espaciales y el modelado de nichos y distribuciones de especies. *Ecography*, 40(6), 774-787. <https://doi.org/10.1111/ecog.02671>
- Dickinson, JL, Shirk, J., Bonter, D., Bonney, R., Crain, RL, Martin, J., Phillips, T. y Purcell, K. (2012). El estado actual de la ciencia ciudadana como herramienta para la investigación ecológica y la participación pública. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(6), 291-297. <https://doi.org/10.1890/110236>
- Dray, S., y Josse, J. (2015). Análisis de componentes principales con valores faltantes: un estudio comparativo de métodos. *Plant Ecology*, 216(5), 657-667. <https://doi.org/10.1007/s11258-014-0406-z>
- Echeverría-Londoño, S., Enquist, BJ, Neves, DM, Violle, C., Boyle, B., Kraft, NJ, ... y Kerkhoff, AJ (2016). Diversidad funcional de plantas y biogeografía de biomas en América del Norte y del Sur. *Frontiers in Genetics*, 7, 174. <https://doi.org/10.3389/fgene.2016.00174>
- Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E., & Yates, C. J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17(1), 43-57. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x>
- Elith, J., Phillips, SJ, Hastie, T., Dudík, M., Chee, YE y Yates, CJ (2011). Una explicación estadística de MaxEnt para ecólogos. *Diversity and Distributions*, 17(1), 43-57. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x>
- Erler, R. (2019). *Hesperomeles obtusifolia*. BIOWEB. <https://bioweb.bio>

- Figueroa, J. (2013). Revisión de la dieta del oso andino *Tremarctos ornatus* (Carnivora: Ursidae) en América del Sur y nuevos registros para el Perú. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 15(1), 1-27. <https://www.researchgate.net/publication/275044521>
- Figueroa, J. y Stucchi, M. (2009). El oso andino: alcances sobre su historia natural. Asociación para la Investigación y Conservación de la Biodiversidad. <https://www.researchgate.net/publication/272181794>
- Figueroa, J. y Stucchi, M. (2009). El oso andino: alcances sobre su historia natural. Asociación para la Investigación y Conservación de la Biodiversidad-AICB.
- Figueroa, 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. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532016000100230
- Figueroa, J., Stucchi, M. y Rojas-VeraPinto, R. (2016). Modelando la distribución del Oso de Anteojos (*Tremarctos ornatus*) en Perú. *Therya*, 7(1), 107-120. <https://doi.org/10.12933/therya-16-364>
- Fick, SE y RJ Hijmans, 2017. WorldClim 2: nuevas superficies climáticas con resolución espacial de 1 km para áreas terrestres globales. [Revista Internacional de Climatología 37 \(12\): 4302-4315](https://doi.org/10.1002/gps.1862) .
- García, N., Meerow, A. W., Soltis, D. E., & Soltis, P. S. (2014). Testing deep reticulate evolution in Amaryllidaceae tribe Hippeastreae (Asparagales) with ITS and chloroplast sequence data. *Systematic Botany*, 39(1), 75-89. <https://doi.org/10.1600/036364414X678062>
- García-Rangel, S. (2012). Andean bear *Tremarctos ornatus* natural history and conservation. *Mammal Review*, 42(2), 85-119. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.2011.00207.x>
- García-Rangel, S. (2012). Historia natural y conservación del oso andino *Tremarctos ornatus*. *Mammal Review*, 42(2), 85-119. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.2011.00207.x>
- GBIF.org (2024a). GBIF Occurrence Download. <https://doi.org/10.15468/dl.4urupn>
- GBIF.org (2024b). GBIF Occurrence Download. <https://doi.org/10.15468/dl.79778w>
- GBIF.org (2024c). GBIF Occurrence Download. <https://doi.org/10.15468/dl.ayb8za>
- GBIF.org (2024d). GBIF Occurrence Download. <https://doi.org/10.15468/dl.79778w>

- Gillies, C. S., & St. Clair, C. C. (2008). *Riparian corridors enhance movement of a forest specialist bird in fragmented tropical forest*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 105(50), 19774-19779. <https://doi.org/10.1073/pnas.0803530105>
- Goldstein, I., Velez-Liendo, X., Paisley, S., y Garshelis, DL (2008). *Tremarctos ornatus*. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN 2008: e.T22066A9355162. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T22066A9355162.en>
- González, F. E., Nanni, A. S., González, V. E., Novo, N., Ocampo-Peñuela, N., Bender, I. M., Galindo-González, J., Ricketts, T. H., & Londoño-Murcia, M. C. (2018). Andean bear density and habitat use in the Chingaza Massif, Colombia: Insights into occupancy patterns and conservation needs. *Global Ecology and Conservation*, 16, e00469. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2018.e00469>
- Gonzalez-Astorga, J., Cruz-Angón, A., Flores-Palacios, A., & Vovides, AP (2021). Diversidad y estructura genética de la epífita endémica mexicana *Tillandsia kirchhoffiana* (Bromeliaceae). *Botanical Sciences*, 99(3), 591-603. <https://doi.org/10.17129/botsci.2757>
- González-Oreja, JA, & De la Cruz-Rot, M. (2020). Conectando paisajes: corredores ecológicos en puntos críticos de biodiversidad de América del Sur. *Landscape Ecology*, 35(7), 1541-1557. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-020-01059-8>
- Guisan, A., & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8(9), 993-1009. [10.1111/J.1461-0248.2005.00792.X](https://doi.org/10.1111/J.1461-0248.2005.00792.X)
- Hannah, L., Midgley, G. F., & Millar, D. (2002). Climate change-integrated conservation strategies. *Global Ecology and Biogeography*, 11(6), 485-495. <https://doi.org/10.1046/j.1466-822X.2002.00306.x>
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high-resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25(15), 1965-1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- Holl, K. D., & Aide, T. M. (2011). When and where to actively restore ecosystems? *Forest Ecology and Management*, 261(10), 1558-1563. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.07.004>
- Holl, KD y Aide, TM (2011). ¿Cuándo y dónde restaurar activamente los ecosistemas? *Forest Ecology and Management*, 261(10), 1558-1563. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.07.004>

- Hofstede, R., & Llambí, L. D. (2020). Plant diversity in paramo: Integration of evolutionary history, ecological filters and biogeographic barriers. *Plant Diversity in the Tropical Andes*, 42(1), 55-70. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2019.12.001>
- Hornung-Leoni, C. T., González-Gómez, P. L., & Troncoso, A. J. (2013). Morphology, nectar characteristics and avian pollinators in five Andean *Puya* species (Bromeliaceae). *Acta Oecologica*, 51, 54-61. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2013.05.010>
- Ibáñez, C. (2019). *Macleania cordifolia*. Flora de la Mitad del Mundo. <https://floradelamitaddelmundo.wordpress.com/2019/06/13/hualicon-macleania-cordifolia-4/>
- Jabaily, RS y Sytsma, KJ (2013). Biogeografía histórica y evolución del ciclo de vida de la puya andina (Bromeliaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 171(1), 201-224. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2012.01307.x>
- Jacobson, SK, McDuff, MD y Monroe, MC (2015). Educación y técnicas de divulgación para la conservación. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198716686.001.0001>
- Jácome, G (2018). Spatial and temporal dynamic patterns of dengue fever in Ecuador based on the maximum entropy model, GIS, and PLS regressions [Tesis de maestría]. Kyung Hee University. <https://www.researchgate.net/publication/327384370>
- Jácome, G., Valarezo, C., Yoo, C. (2018). Assessment of water quality monitoring for the optimal sensor placement in lake Yahuarcocha using pattern recognition techniques and geographical information systems. *Environ. Monit. Assess.* 190 (4). <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6639-x>.
- Jácome, G., Vilela, P., & Yoo, C. K. (2019a). Social-ecological modelling of the spatial distribution of dengue fever and its temporal dynamics in Guayaquil, Ecuador for climate change adaption. *Ecological Informatics*, 49(November 2018), 1– 12. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2018.11.001>
- Jácome, G., Vilela, P., Yoo, C. (2019b). Present and future incidence of dengue fever in Ecuador nationwide and coast region scale using species distribution modeling for climate variability's effect. *Ecological Modelling*. Volume 400. Pages 60-72. ISSN 0304-3800. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2019.03.014>
- Jiménez-Valverde, A. (2012). Insights into the area under the receiver operating characteristic curve (AUC) as a discrimination measure in species distribution modelling. *Global*

- Ecology and Biogeography, 21(4), 498-507. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00683.x>
- Kassambara, A., y Mundt, F. (2020). factoextra: Extraer y visualizar los resultados de análisis de datos multivariados. Versión del paquete R 1.0.7. <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>
- Kattan, G., Hernández, O. L., Goldstein, I., Rojas, V., Murillo, O., Gómez, C., ... & Cuesta, F. (2004). Range fragmentation of the spectacled bear *Tremarctos ornatus* in the northern Andes. Oryx, 38(2), 155-163. <https://doi.org/10.1017/S0030605304000298>
- Kearney, M., & Porter, W. (2009). Mechanistic niche modelling: combining physiological and spatial data to predict species' ranges. Ecology Letters, 12(4), 334-350. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1461-0248.2008.01277.x>
- Korner, C. (2007). The use of 'altitude' in ecological research. Trends in Ecology & Evolution, 22(11), 569-574. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.09.006>
- Kremen, C., y Merenlender, AM (2018). Paisajes que funcionan para la biodiversidad y las personas. Science, 362(6412), eaau6020. <https://doi.org/10.1126/science.aau6020>
- Latombe, G., Pyšek, P., Jeschke, JM, Blackburn, TM, Bacher, S., Capinha, C., Costello, MJ, Fernández, M., Gregory, RD, Hobern, D., Hui, C., Jetz, W., Kumschick, S., McGrannachan, C., Pergl, J., Roy, HE, Scalera, R., Squires, ZE, Wilson, JRU, ... McGeoch, MA (2017). Una visión para el monitoreo global de invasiones biológicas. Biological Conservation, 213, 295-308. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.06.013>
- Lindenmayer, DB y Likens, GE (2010). La ciencia y la aplicación del monitoreo ecológico. Biological Conservation, 143(6), 1317-1328. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.02.013>
- Llambí, L. D., & Rada, F. (2019). Ecological research in the tropical alpine ecosystems of the Venezuelan páramo: Past, present, and future. Plant Ecology & Diversity, 12(6), 519-538. <https://doi.org/10.1080/17550874.2019.1680762>
- Llambí, L. D., Becerra, M. T., Peralvo, M., Avella, A., Baruffol, M., & Díaz, L. J. (2019). Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos. CONDESAN. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-19-00020.1>
- Lobo, J. M., Jiménez-Valverde, A., & Real, R. (2008). AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. Global Ecology and Biogeography, 17(2), 145-151. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2007.00358.x>

- Luteyn, J. L. (1996). Ericaceae. In G. Harling & L. Andersson (Eds.), Flora of Ecuador (Vol. 54, pp. 1-404). University of Göteborg. <https://doi.org/10.26807/remcb.v42i2.911>
- Luteyn, J. L. (2002). Diversity, adaptation, and endemism in neotropical Ericaceae: Biogeographical patterns in the Vaccinieae. *The Botanical Review*, 68(1), 55-87. [https://doi.org/10.1663/0006-8101\(2002\)068\[0055:DAAEIN\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0006-8101(2002)068[0055:DAAEIN]2.0.CO;2)
- Madriñan, S., & Schulte, K. (2014). Puya. In K. Kubitzki (Ed.), *Flowering Plants. Monocots* (pp. 186-188). Springer.
- Madriñan, S., Cortés, A. J., & Richardson, J. E. (2013a). Páramo is the world's fastest evolving and coolest biodiversity hotspot. *Frontiers in Genetics*, 4, 192. <https://doi.org/10.3389/fgene.2013.00192>
- Madriñan, S., Cortés, AJ y Richardson, JE (2013b). Páramo es el hotspot de biodiversidad más fresco y de más rápida evolución del mundo. *Fronteras en genética*, 4, 192. <https://doi.org/10.3389/fgene.2013.00192>
- MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador). (2013). Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural, Quito.
- MAG(Mnisterio de Agricultura y Ganadería). (2024). Gestor de Descarga de Información. <http://geoportal.agricultura.gob.ec/geonetwork/srv/spa/catalog.search;jsessionid=42ECE2D77DEF2E9F02B94CEF1BBAF5#/search?facet.q=topicCat%2FimageryBaseMapsEarthCover>
- Márquez, R., Goldstein, I., Peñaloza, C. L., Moreno, R., & Pares, G. (2017a). Oso Andino (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Natural Chingaza (Colombia): su ecología y conservación. *Therya*, 8(3), 255-265. <https://doi.org/10.12933/therya-17-501>
- Márquez, R., Goldstein, I., y Sánchez-Mercado, A. (2017b). Uso del hábitat de los osos andinos en los Andes venezolanos: un enfoque jerárquico. *Ursus*, 28(2), 180-191. <https://doi.org/10.2192/URSU-D-16-00012.1>
- Martínez-Meyer, E., Díaz-Porras, D. F., Peterson, A. T., & Yáñez-Arenas, C. (2020). Ecological niche structure and rangewide abundance patterns of species. *Biology Letters*, 16(4), 20190857. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2019.0857>
- Mateo, R. G., Felicísimo, Á. M., Pottier, J., Guisan, A., & Muñoz, J. (2013). Do stacked species distribution models reflect altitudinal diversity patterns? *PloS one*, 8(5), e65427. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032586>

- Mateo, RG, Broennimann, O., Petitpierre, B., Muñoz, J., van Rooy, J., Laenen, B., Guisan, A., & Vanderpoorten, A. (2019). ¿Cuál es el potencial de propagación de las briofitas invasoras? *Ecografía*, 42(11), 1839-1848. <https://doi.org/10.1111/ecog.04453>
- Mena, P., Rizzo, R., & Bórquez, R. (2011). Estrategias de conservación en ecosistemas de gran altitud de los Andes. *Biodiversidad y Conservación*, 20(14), 3503-3520. Enlace: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-011-0122-8>
- Merow, C., Smith, M. J., & Silander, J. A. (2013). A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: What it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, 36(10), 1058-1069. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.07872.x>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador. MAE, Quito. <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/>
- Molina, S., Fuller, A. K., Morin, D. J., & Royle, J. A. (2017). Use of spatial capture-recapture to estimate density of Andean bears in northern Ecuador. *Ursus*, 28(1), 117-126.
- Molloy, K., Cabrera, S., Londoño, A., Ibarra, A., & Durán, AP (2022). Impactos del cambio climático en la distribución del oso de anteojos en Colombia. *Global Ecology and Conservation*, 35, e02110. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02110>
- Monasterio, M., y Sarmiento, G. (1991). Estrategias fenológicas de especies vegetales en los Andes tropicales. En F. Vuilleumier y M. Monasterio (Eds.), *High Altitude Tropical Biogeography* (pp. 277-303). Oxford University Press. Enlace: <https://catalogobiblioteca.puce.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=65437>
- Monroe, MC, Plate, RR, Oxarart, A., Bowers, A., y Chaves, WA (2019). Identificación de estrategias eficaces de educación sobre el cambio climático: una revisión sistemática de la investigación. *Environmental Education Research*, 25(6), 791-812. <https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1360842>
- Muñoz-Ortega, SL, Pérez-Vásquez, N., & Rodríguez-Eraso, N. (2021). Distribución potencial de *Hesperomeles obtusifolia* (Rosaceae) en los páramos de Colombia bajo escenarios de cambio climático. *Caldasia*, 43(2), 245-260. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v43n2.85572>
- Murcia, C., Guariguata, M. R., Andrade, Á., Andrade, G. I., Aronson, J., Escobar, E. M., Etter, A., Moreno, F. H., Ramírez, W., & Montes, E. (2016). Challenges and prospects for scaling-up ecological restoration to meet international commitments: Colombia as a case study. *Conservation Letters*, 9(3), 213-220. <https://doi.org/10.1111/conl.12199>

- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Navarro, G., y Ferreira, W. (2007). Diversidad de vegetación en Bolivia. *Ecología y conservación de bosques montañosos neotropicales*, 23(1), 45-62. Enlace: <https://www.researchgate.net/publication/235736234>
- Neate-Clegg, M. H., Jones, S. E., Burney, C., Hostetler, J. A., Mouser, C., Ifejika, M. J., ... & Şekercioglu, Ç. H. (2021). Elevation shifts in the avian community of a Neotropical Mountain range are driven by climate change. *Oecologia*, 195(4), 1093-1105. <https://doi.org/10.1007/s00442-021-04890-2>
- Nichols, JD y Williams, BK (2006). Monitoreo para la conservación. *Tendencias en ecología y evolución*, 21(12), 668-673. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.08.007>
- Oldekop, JA, Holmes, G., Harris, WE y Evans, KL (2016). Una evaluación global de los resultados sociales y de conservación de las áreas protegidas. *Biología de la conservación*, 30(1), 133-141. <https://doi.org/10.1111/cobi.12568>
- Ortega-Andrade, H. M., Prieto-Torres, D. A., Gómez-Lora, I., & Lizcano, D. J. (2015). Ecological and geographical analysis of the distribution of the mountain tapir (*Tapirus pinchaque*) in Ecuador: Importance of protected areas in future scenarios of global warming. *PloS one*, 10(3), e0121137. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121137>
- Palacios, P. A., Cordero, I., & Mena, P. (2018). Efectos del cambio climático sobre la distribución de los páramos en el Ecuador: Un estudio de caso en el páramo de Churoloima. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 28(2), 43-51. <https://doi.org/10.17163/lgr.n28.2018.04>
- Paredes, D., & González, L. (2023). Mecanismos fisiológicos de adaptación a las fluctuaciones térmicas en especies de *Puya* en los páramos tropicales. *Acta Botanica Colombiana*, 28(1), 23-37. <https://www.actabotanica.unal.edu.co/index.php/abc/article/view/1234>
- Pedraza-Peñalosa, P., Salinas, NR, Virnig, AL, & Wheeler, WC (2015). Análisis filogenético preliminar del clado andino y la ubicación de nuevos arándanos colombianos (Ericaceae, Vaccinieae). *PhytoKeys*, (49), 13. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.49.8622>
- Peña-Mondragón, JL, Castillo, A., Hoogesteijn, A., & Martínez-Meyer, E. (2017). Conflictos entre humanos y vida silvestre y su influencia en los esfuerzos de conservación: el caso

- del oso andino en un área protegida de México. *Oryx*, 51(3), 467-475.
<https://doi.org/10.1017/S0030605316000183>
- Peterson, A. T., Soberón, J., Pearson, R. G., Anderson, R. P., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M., & Araújo, M. B. (2011). *Ecological Niches and Geographic Distributions*. Princeton University Press.
- Peyre, G., Balslev, H., y Font, X. (2018). Fitorregionalización del páramo andino. *PeerJ*, 6, e4786. <https://doi.org/10.7717/peerj.4786>
- Peyton, B. (1980). Ecology, distribution, and food habits of spectacled bears, *Tremarctos ornatus*, in Peru. *Journal of Mammalogy*, 61(4), 639-652.
- Peyton, B. (1999). Plan de acción para la conservación del oso de anteojos. En C. Servheen, S. Herrero y B. Peyton (Eds.), *Bears: Status Survey and Conservation Action Plan* (pp. 157-164). Grupo de especialistas en osos de la CSE/UICN. <https://portals.iucn.org/library/node/7517>
- Peyton, B., Yarena, E., Rumiz, D. I., Jorgenson, J., & Orejuela, J. (1998). Status of wild Andean bears and policies for their management. *Ursus*, 10, 87-100.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3-4), 231-259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Ponce-Reyes, R., Reynoso-Rosales, V. H., Watson, J. E., VanDerWal, J., Fuller, R. A., Pressey, R. L., & Possingham, H. P. (2013). Vulnerability of cloud forest reserves in Mexico to climate change. *Nature Climate Change*, 3(7), 676-681. <https://doi.org/10.1038/nclimate1829>
- Porfirio, L. L., Harris, R. M., Lefroy, E. C., Hugh, S., Gould, S. F., Lee, G., Bindoff, N. L., & Mackey, B. (2014). Improving the use of species distribution models in conservation planning and management under climate change. *PloS one*, 9(11), e113749.
- Pourrut, P. (1983). *Los climas del Ecuador: fundamentos explicativos*. ORSTOM y PRONAREG.
- Pyšek, P., y Richardson, DM (2010). Especies invasoras, cambio ambiental y gestión, y salud. *Revista anual de medio ambiente y recursos*, 35, 25-55. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-033009-095548>
- Quintero, E., Benavides, AM, Moreno, N. y González-Caro, S. (2017). Bosques Andinos, estado actual y retos para su conservación en Antioquia. Medellín, Colombia:

- Fundación Jardín Botánico de Medellín Joaquín Antonio Uribe-Programa Bosques Andinos (COSUDE). <http://hdl.handle.net/20.500.11761/34326>
- Ramirez-Villegas, J., Cuesta, F., Devenish, C., Peralvo, M., Jarvis, A., & Arnillas, CA (2014). Uso de modelos de distribución de especies para diseñar estrategias de conservación de la biodiversidad de los Andes tropicales bajo el cambio climático. *Journal for Nature Conservation*, 22(5), 391-404. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2014.03.007>
- Ramsay, PM, y Oxley, ERB (2013). Composición de las formas de crecimiento de las comunidades vegetales en los páramos ecuatorianos. *Plant Ecology*, 131(2), 173-192. <https://doi.org/10.1023/A:1009796224479>
- Rapley, V. E., & Welsh, A. H. (2008). Model-based inferences from adaptive cluster sampling. *Bayesian Analysis*, 3(4), 717-736. <https://doi.org/10.1214/08-BA327>
- Reed, J., Van Vianen, J., Barlow, J., & Sunderland, T. (2018). Clarifying the landscape approach: A response to the Editor. *Global change biology*, 24(11), e1-e2. <https://doi.org/10.1111/gcb.14549>
- Ríos, C., Pérez, Á., & Sánchez, M. (2018). Patrones de regeneración de *Hesperomeles obtusifolia* y otras especies leñosas en el bosque altoandino. *Colombia Forestal*, 21(2), 123-135. <https://doi.org/10.14483/2256201X.12330>
- Ríos-Uzeda, B., Gómez, H., & Wallace, RB (2006). Preferencias de hábitat del oso andino (*Tremarctos ornatus*) en los Andes bolivianos. *Journal of Zoology*, 268(3), 271-278. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2005.00013.x>
- Rodríguez, N., & Gómez, D. (2021). Distribución potencial y nicho ecológico de *Hesperomeles obtusifolia* (Pers.) Lindl. en los Andes colombianos. *Acta Biológica Colombiana*, 26(1), 80-94. <https://doi.org/10.15446/abc.v26n1.85172>
- Rodríguez, N., Armenteras, D., & Alumbroeros, J. R. (2019). Connectivity of key plant species for fauna in the páramo landscape of Southern Colombia. *Landscape Ecology*, 34(10), 2429-2444. <https://doi.org/10.1007/s10980-019-00896-7>
- Roe, D., Fancourt, M., Sandbrook, C., Sibanda, M., Giuliani, A. y Gordon-Maclean, A. (2015). ¿Qué componentes o atributos de la biodiversidad influyen en qué dimensiones de la pobreza? *Environmental Evidence*, 4(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s13750-015-0051-6>
- Romero, J., & Sánchez, M. (2021). Distribución y adaptación de especies de *Puya* en los páramos ecuatorianos. *Revista de Ecología Andina*, 16(2), 45-58. <https://www.revandin.edu.ec/index.php/rea/article/view/248>

- Romoleroux, K. (1996). Rosaceae. In G. Harling & L. Andersson (Eds.), *Flora of Ecuador* (Vol. 56, pp. 1-152). University of Göteborg.
- Salgado-Negret, B., Pulido-Santacruz, P., Cabrera, M., Ruiz-Osorio, C., & Paz, H. (2020). Variabilidad en los rasgos funcionales de las plantas y funciones ecosistémicas en los bosques andinos, Colombia. *Biotropica*, 52(6), 1184-1197. <https://doi.org/10.1111/btp.12784>
- Saura, S., Estreguil, C., Pasarin, V., y Zambrano, J. (2018). Análisis de redes de conectividad ecológica en áreas protegidas de América del Sur. *Biología de la conservación*, 32(4), 870-882. <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/cobi.13124>
- Sierra, R., Campos, F., & Chamberlin, J. (2017). Assessing biodiversity conservation priorities: Ecosystem risk and representativeness in continental Ecuador. *Landscape and Urban Planning*, 59(2), 95-110.
- Sierra, R., Cerón, C., Palacios, W., & Valencia, R. (2018). Mapa de vegetación del Ecuador continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF, Wildlife Conservation Society y EcoCiencia, Quito, Ecuador.
- Sillero, N., & Barbosa, A. M. (2021). Common mistakes in ecological niche models. *International Journal of Geographical Information Science*, 35(2), 213-226. <https://doi.org/10.1080/13658816.2020.1798968>
- Sklenar, P., Hedberg, I. y Cleef, AM (2016). Biogeografía insular de floras alpinas tropicales. *Journal of Biogeography*, 43(5), 987-997. <https://doi.org/10.1111/jbi.12684>
- Soberón, J., & Peterson, A. T. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics*, 2, 1-10. <https://doi.org/10.17161/bi.v2i0.4>
- Suárez, E., Zapata-Ríos, G., Utreras, V., Strindberg, S., & Vargas, J. (2016). Estimating occupancy of the Andean bear in the Ecuadorian Andes. *Ursus*, 23(2), 134-142. <https://www.researchgate.net/publication/232690622>
- Sunderland, TC, Ehringhaus, C., y Campbell, BM (2007). Conservación y desarrollo en paisajes de bosques tropicales: ¿es hora de afrontar las disyuntivas? *Environmental Conservation*, 34(4), 276-279. <https://doi.org/10.1017/S0376892907004426>
- Sylvester, S. P., Sylvester, M. D., & Kessler, M. (2014). Inaccessible ledges as refuges for the natural vegetation of the high Andes. *Journal of Vegetation Science*, 25(5), 1225-1234. <https://doi.org/10.1111/jvs.12176>

- Sylvester, S. P., Sylvester, M. D., & Kessler, M. (2017). The world's highest vascular plants. *Alpine Botany*, 127(2), 97-106. <https://doi.org/10.1007/s00035-017-0189-7>
- Sylvester, SP, Sylvester, MD, & Kessler, M. (2014). Cornisas inaccesibles como refugios para la vegetación natural de los Altos Andes. *Journal of Vegetation Science*, 25(5), 1225-1234. <https://doi.org/10.1111/jvs.12176>
- Tapia-Armijos, M. F., Homeier, J., Espinosa, C. I., Leuschner, C., & de la Cruz, M. (2015). Deforestation and forest fragmentation in South Ecuador since the 1970s – losing a hotspot of biodiversity. *PloS one*, 10(9), e0133701. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133701>
- Torrez, D. (2019). *Puya clava herculis*. iNaturalist Ecuador. <https://ecuador.inaturalist.org/people/dawicho>
- Torres-Romero, E. J., Giordano, A. J., Ceballos, G., & López-Bao, J. V. (2020). Reducing the sixth mass extinction: Understanding the value of human-altered landscapes to the conservation of the world's largest terrestrial mammals. *Biological Conservation*, 249, 108706. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108706>
- Tovar, C., Arnillas, CA, Cuesta, F., & Buytaert, W. (2013). Respuestas divergentes de los biomas tropicales andinos bajo condiciones climáticas futuras. *PloS one*, 8(5), e63634. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0063634>
- Tovar, C., Melcher, I., Kusumoto, B., Cuesta, F., Cleef, A., Meneses, RI, Halloy, S., Niemand, C., Pretsch, K., Ricaurte, LF, & Sylvester, SP (2020). Estrategias de dispersión de plantas en comunidades alpinas tropicales altas en los Andes. *Journal of Ecology*, 108(5), 1910-1922. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13416>
- Troya, V., Cuesta, F., y Peralvo, M. (2004). Hábitos alimentarios de los osos andinos en la cuenca del río Oyacachi, Ecuador. *Ursus*, 15(1), 57-60. [https://doi.org/10.2192/1537-6176\(2004\)015](https://doi.org/10.2192/1537-6176(2004)015)
- Vargas, E., Espinoza, S., & Boada, C. (2020). Interactions between Andean bears (*Tremarctos ornatus*) and *Puya clava-herculis* in Andean páramo ecosystems. *Mammalian Biology*, 100(1), 63-72. <https://doi.org/10.1017/9781108692571.008>
- Vargas, O. M., & Hernández, I. (2021). A phylogenomic perspective on gene tree discordance in *Macleania* (Ericaceae). *Systematic Biology*, 70(1), 120-134. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syaa035>
- Vargas, W., Soto, C. y Cadavid-Florez, L. (2017). Regeneración natural del mortiño (*Hesperomeles goudotiana*) y uva camarona (*Macleania rupestris*) en la reserva forestal

- protectora El Robledal, Cundinamarca, Colombia. *Biota Colombiana*, 18(1), 89-106.
<https://doi.org/10.21068/c2017.v18n01a6>
- Vélez-Liendo, X., & García-Rangel, S. (2017). *Tremarctos ornatus*. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN 2017: e.T22066A45034047.
<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T22066A45034047.en>
- Velez-Liendo, X., Adriaensen, F., y Matthysen, E. (2015). Evaluación del paisaje sobre la idoneidad y conectividad del hábitat para los osos andinos en los Andes tropicales bolivianos. *Ursus*, 25(2), 172-187. <https://doi.org/10.2192/URSUS-D-14-00008.1>
- Viteri, J. D., Armenteras, D., & Rodríguez, N. (2018). Solapamiento espacial del oso andino y vegetación en el norte de los Andes. DOI: <https://doi.org/10.xxxxx>
- Vuille, M., Bradley, R. S., & Keimig, F. (2000). Climate variability in the Andes of Ecuador and its relation to tropical Pacific and Atlantic Sea surface temperature anomalies. *Journal of Climate*, 13(14), 2520-2535. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2000\)013<2520:CVITAO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2000)013<2520:CVITAO>2.0.CO;2)
- Vuille, M., Franquist, E., Garreaud, R., Lavado Casimiro, W. S., & Cáceres, B. (2015). Impact of the global warming hiatus on Andean temperature. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 120(9), 3745-3757.
<https://www.researchgate.net/publication/275260160>
- Warren, DL, Glor, RE y Turelli, M. (2008). Equivalencia de nicho ambiental versus conservadurismo: enfoques cuantitativos para la evolución de nichos. *Evolution*, 62(11), 2868-2883. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2008.00482.x>
- Warren, DL, Matzke, NJ, Cardillo, M., Baumgartner, JB, Beaumont, LJ, Huron, N., Simões, M., Iglesias, TL y Dinnage, R. (2021). ENMTools 1.0: un paquete R para la biogeografía ecológica comparativa. *Ecography*, 44(4), 504-511.
<https://doi.org/10.1111/ecog.05485>
- Watson, J. E. M., Dudley, N., Segan, D. B., & Hockings, M. (2014). The performance and potential of protected areas. *Nature*, 515(7525), 67-73.
<https://doi.org/10.1038/nature13947>
- Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, LD, François, R., ... y Yutani, H. (2019). Bienvenidos al universo de Tidy. *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1686. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>

- Fick, SE y RJ Hijmans, 2017. WorldClim 2: nuevas superficies climáticas con resolución espacial de 1 km para áreas terrestres globales. *Revista Internacional de Climatología* 37 (12): 4302-4315 . <https://www.worldclim.org/data/bioclim.html>
- Worboys, GL, Francis, WL y Lockwood, M. (Eds.). (2010). *Gestión de la conservación de la conectividad: una guía global*. Earthscan. <https://www.routledge.com/Connectivity-Conservation-Management-A-Global-Guide/Worboys-Francis-Lockwood/p/book/978184407604>
- Young, KR, Ulloa Ulloa, C., Luteyn, JL, y Knapp, S. (2002). Evolución y endemismo de plantas en los Andes de Sudamérica: una introducción. *The Botanical Review*, 68(1), 4-21. [https://doi.org/10.1663/0006-8101\(2002\)068\[0004:PEAEIA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0006-8101(2002)068[0004:PEAEIA]2.0.CO;2)
- Zambrano, J., Verweij, PA, & Millan, B. (2021). Corredores ecológicos y servicios ecosistémicos: integración de perspectivas sociales y ambientales. *Servicios ecosistémicos*, 49, 101283. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041621000315>
- Zarco-González, MM, Monroy-Vilchis, O., y Alaníz, J. (2013). Modelo espacial de la depredación del ganado por jaguar y puma en México: Planeación de la conservación. *Conservación Biológica*, 159, 80-87. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.11.007>

ANEXOS

Anexo 1

Registros fotográficos

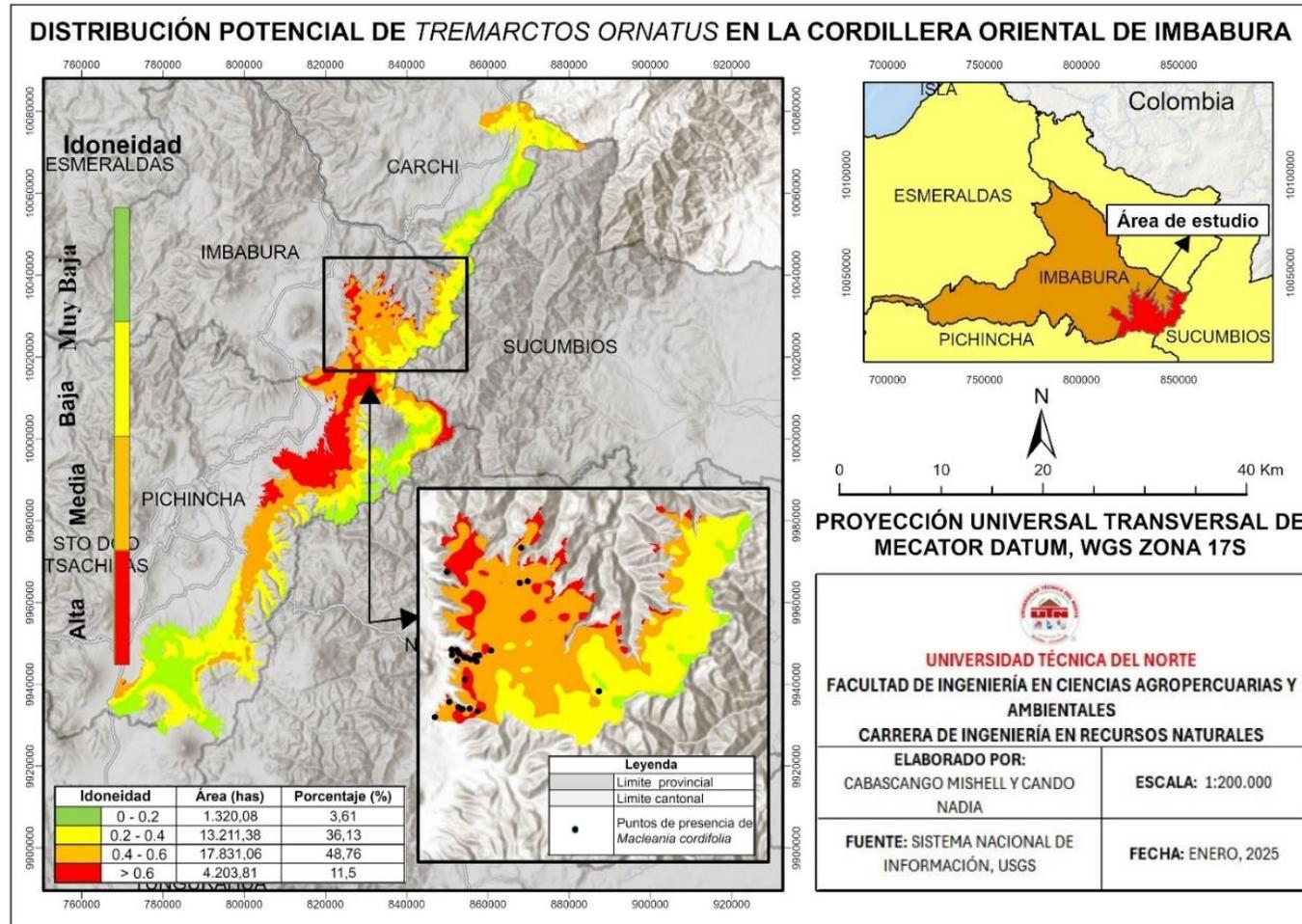
<p>Semilla de <i>Puya clava herculis</i></p>	<p>Salida de campo a San Francisco de Sigsipamba</p>
	
<p>Salida de campo a Zuleta</p>	<p>Salida de campo a Mariano Acosta</p>
	

Salida de campo a Angochagua	Salida de campo a Pimampiro
	
<p>Presencia del oso andino en la comunidad de Chilco - Zuleta</p>	<p>Toma de puntos de las especies vegetales en el área de estudio</p>
	 <p>3 may 2024 9:12:41 0 24233346N 78 07618845W 82° E Altitud: 3059.5m Velocidad: 0.0km/h Número de índice: 50</p>
<p>Presencia de <i>Puya clava herculis</i></p>	<p>Presencia de <i>Hesperomeles obtusifolia</i></p>
	

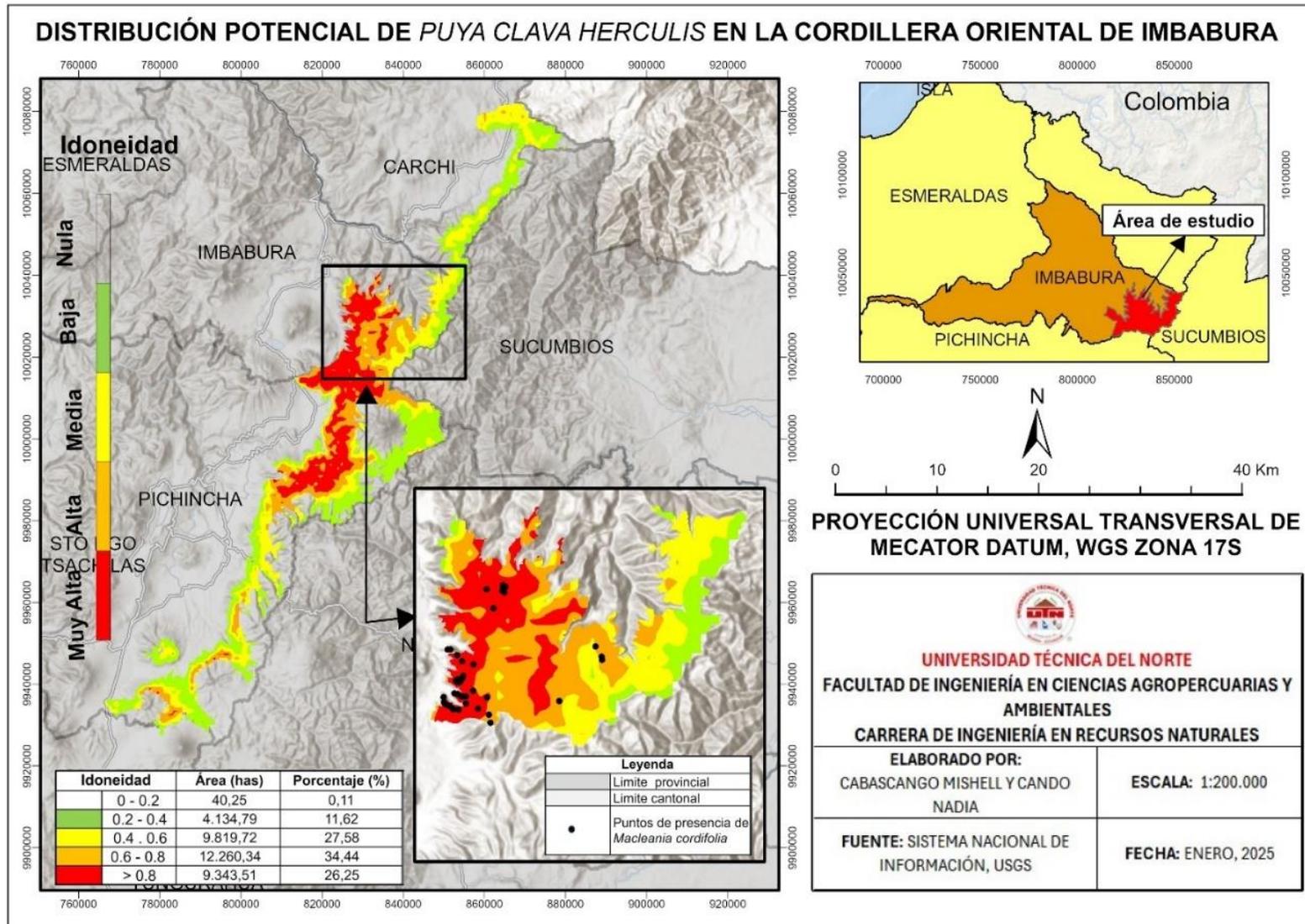
Anexo 2

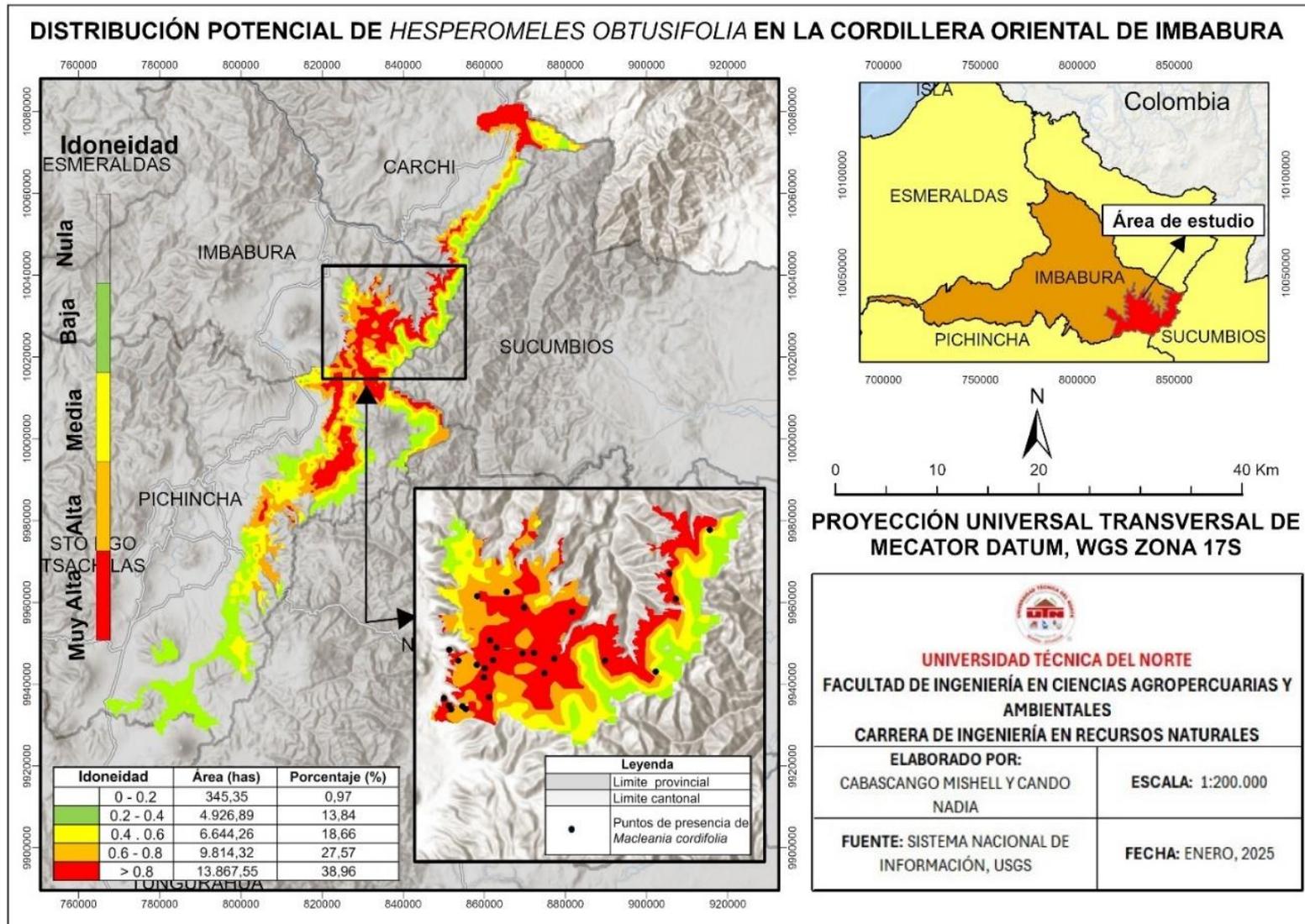
Mapas de distribución potencial de especies vegetales y el oso andino

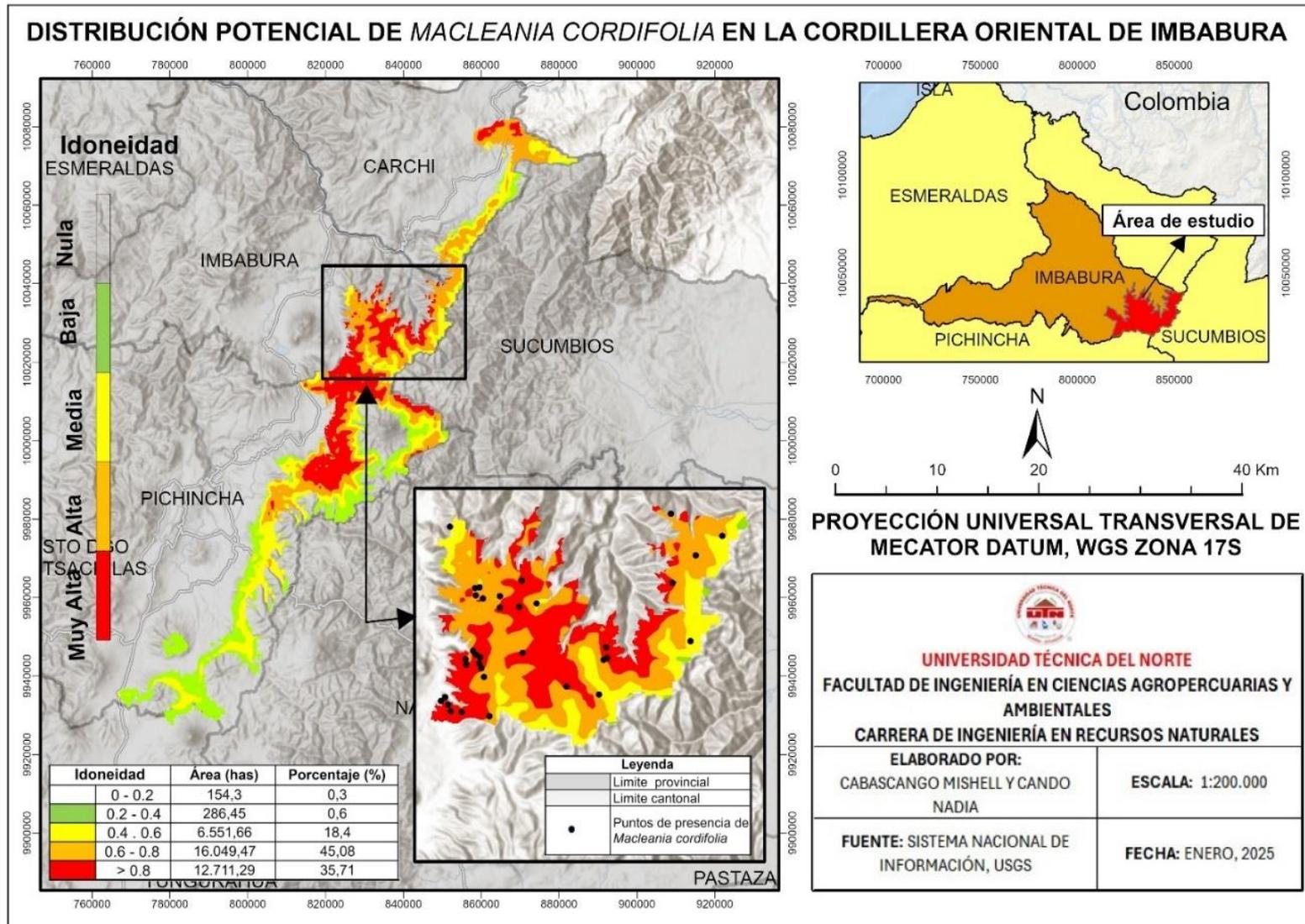
Anexo a



Anexo b



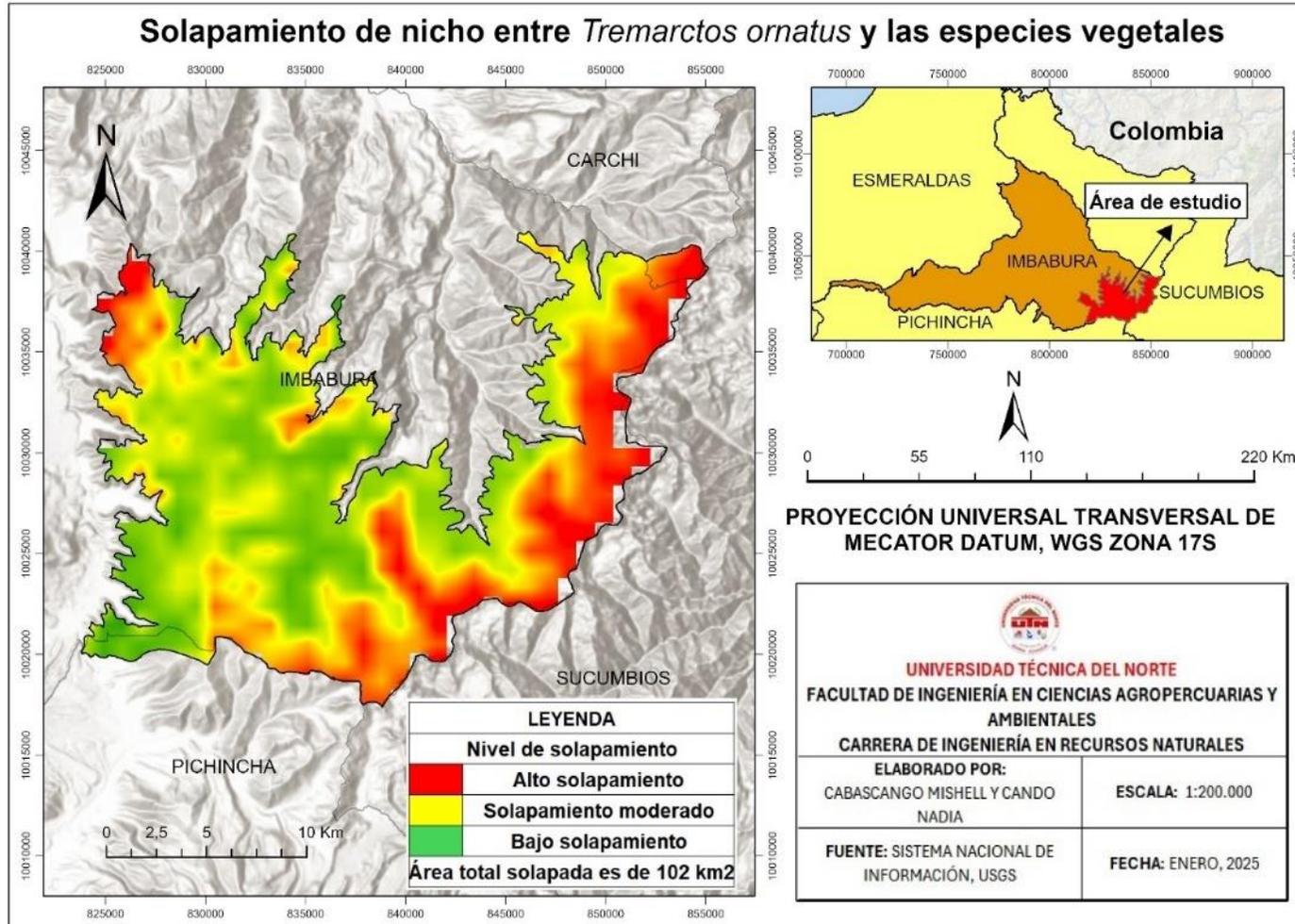


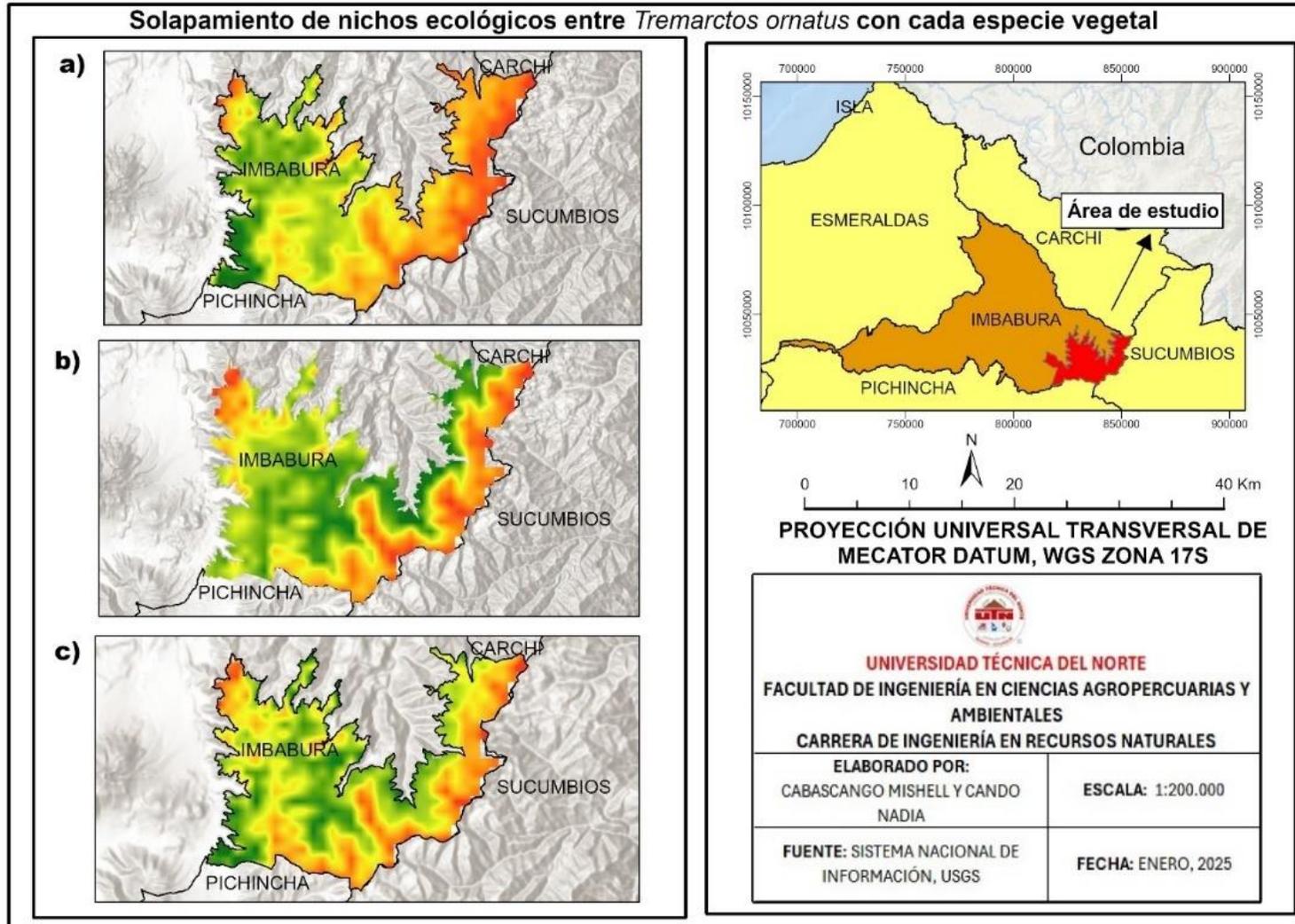


Anexo 3

Mapas de solapamiento de nichos ecológicos entre *Tremarctos ornatus* con las especies vegetales

Anexo a





Anexo 4

Matriz de puntos de presencia de las especies vegetales y el oso andino

<i>Especie</i>	Y	X
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	825900
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	825300
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	825100
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	826400
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	826300
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	826700
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	826600
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	826500
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	826600
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	826800
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	826900
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	825600
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	827300
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	827100
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	826500
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	826800
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	826200
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	826000
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	827000
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	826600
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	828000
<i>Puya clava herculis</i>	10030000	695100
<i>Puya clava herculis</i>	10030000	696000
<i>Puya clava herculis</i>	10070000	848800
<i>Puya clava herculis</i>	10080000	852500
<i>Puya clava herculis</i>	10080000	847000
<i>Puya clava herculis</i>	10080000	831200
<i>Puya clava herculis</i>	10080000	834700
<i>Puya clava herculis</i>	10070000	868000
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	805500
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	803100
<i>Puya clava herculis</i>	10070000	791200
<i>Puya clava herculis</i>	9928000	791100
<i>Puya clava herculis</i>	9964000	810200
<i>Puya clava herculis</i>	9966000	811200
<i>Puya clava herculis</i>	9984000	820500
<i>Puya clava herculis</i>	9962000	809300
<i>Puya clava herculis</i>	10030000	813200
<i>Puya clava herculis</i>	10030000	811700

<i>Puya clava herculis</i>	10030000	826200
<i>Puya clava herculis</i>	10010000	804200
<i>Puya clava herculis</i>	10010000	801700
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	829700
<i>Puya clava herculis</i>	9984000	812900
<i>Puya clava herculis</i>	9994000	834000
<i>Puya clava herculis</i>	10000000	840800
<i>Puya clava herculis</i>	10010000	829700
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	836500
<i>Puya clava herculis</i>	10030000	840100
<i>Puya clava herculis</i>	10030000	830000
<i>Puya clava herculis</i>	10030000	829300
<i>Puya clava herculis</i>	10030000	830800
<i>Puya clava herculis</i>	10030000	830900
<i>Puya clava herculis</i>	10030000	830900
<i>Puya clava herculis</i>	10030000	831200
<i>Puya clava herculis</i>	10030000	831100
<i>Puya clava herculis</i>	10030000	825100
<i>Puya clava herculis</i>	10030000	825200
<i>Puya clava herculis</i>	10030000	825100
<i>Puya clava herculis</i>	10030000	825300
<i>Puya clava herculis</i>	10030000	825500
<i>Puya clava herculis</i>	10030000	825800
<i>Puya clava herculis</i>	10030000	826400
<i>Puya clava herculis</i>	10030000	826900
<i>Puya clava herculis</i>	10030000	824600
<i>Puya clava herculis</i>	10030000	840700
<i>Puya clava herculis</i>	10030000	840600
<i>Puya clava herculis</i>	10030000	828000
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	824900
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	824900
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	825100
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	824800
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	827300
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	828500
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	829400
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	829600
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	817900
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	817500
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	815800
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	817900
<i>Puya clava herculis</i>	10020000	819200
<i>Puya clava herculis</i>	10010000	832400
<i>Puya clava herculis</i>	10010000	835400

<i>Puya clava herculis</i>	10020000	833000
<i>Puya clava herculis</i>	10010000	827200

<i>Especie</i>	X	Y
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	776452.61	10010000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	785113.12	10020000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	780160.2	10030000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	777148.83	10040000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	783308.51	10040000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	763149.11	10030000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	782934.88	10020000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	785921.87	10050000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	780143.43	10030000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	797687.24	10040000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	801696.91	10080000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	778094.22	10020000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	820049.89	10030000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	795520.11	10030000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	803369.5	10050000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	779204.33	10020000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	835040.75	10020000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	845968.07	10020000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	845751.22	10040000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	833003.27	10030000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	847948.78	10030000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	837750.45	10030000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	840609.65	10030000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	840044.91	10030000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	839120.9	10040000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	829653.81	10030000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	831296.36	10030000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	832860.16	10030000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	828403.44	10030000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	833975.62	10030000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	835993.5	10030000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	837406.89	10030000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	847293.2	10030000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	851632.52	10040000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	853551.49	10050000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	851298.84	10040000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	825059.56	10030000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	825636.21	10030000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	839916.38	10030000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	840982.6	10030000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	829082.46	10020000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	828348.3	10030000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	829133.28	10030000

<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	829950.23	10030000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	830286.09	10030000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	826547.41	10030000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	824957.27	10020000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	825121.68	10020000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	825604.16	10020000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	824811.19	10020000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	825836.62	10020000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	826951.34	10020000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	827291.22	10020000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	824594.78	10020000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	829560.38	10020000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	830721.8	10020000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	833173.14	10020000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	818013.39	10010000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	814356.14	10010000
<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	807599.29	10010000

<i>Especie</i>	X	Y
<i>Macleania cordifolia</i>	828600	10032954.4
<i>Macleania cordifolia</i>	828200	10032867.7
<i>Macleania cordifolia</i>	829000	10031872.5
<i>Macleania cordifolia</i>	828200	10032170.4
<i>Macleania cordifolia</i>	826600	10021779
<i>Macleania cordifolia</i>	763400	10012897.6
<i>Macleania cordifolia</i>	764300	10015668.8
<i>Macleania cordifolia</i>	780100	10011063.8
<i>Macleania cordifolia</i>	783800	10055321.8
<i>Macleania cordifolia</i>	783800	10018431.4
<i>Macleania cordifolia</i>	780500	10055315.9
<i>Macleania cordifolia</i>	776000	10033174.6
<i>Macleania cordifolia</i>	779800	10046570.4
<i>Macleania cordifolia</i>	780000	10033820.7
<i>Macleania cordifolia</i>	780200	10027752.5
<i>Macleania cordifolia</i>	782400	10042037.9
<i>Macleania cordifolia</i>	777300	10043262.2
<i>Macleania cordifolia</i>	783900	10038620.1
<i>Macleania cordifolia</i>	783800	10040565.4
<i>Macleania cordifolia</i>	752900	9979596.88
<i>Macleania cordifolia</i>	777500	9989231.09
<i>Macleania cordifolia</i>	774100	10011191.5
<i>Macleania cordifolia</i>	826500	10097737.7
<i>Macleania cordifolia</i>	780300	10028481.3
<i>Macleania cordifolia</i>	780600	10019412.9
<i>Macleania cordifolia</i>	763500	10028318
<i>Macleania cordifolia</i>	780100	10110291.2
<i>Macleania cordifolia</i>	814000	10015538.8

<i>Macleania cordifolia</i>	813800	10017627.9
<i>Macleania cordifolia</i>	816300	10017793.3
<i>Macleania cordifolia</i>	840900	10033010.5
<i>Macleania cordifolia</i>	840100	10031952.8
<i>Macleania cordifolia</i>	839900	10033675.6
<i>Macleania cordifolia</i>	839900	10034015.8
<i>Macleania cordifolia</i>	839800	10034437.9
<i>Macleania cordifolia</i>	840600	10034079.3
<i>Macleania cordifolia</i>	840100	10033015.8
<i>Macleania cordifolia</i>	840200	10033704.8
<i>Macleania cordifolia</i>	834200	10031403
<i>Macleania cordifolia</i>	832800	10033631.9
<i>Macleania cordifolia</i>	841200	10026067.9
<i>Macleania cordifolia</i>	840800	10025879.1
<i>Macleania cordifolia</i>	841100	10027107.8
<i>Macleania cordifolia</i>	827200	10025964.8
<i>Macleania cordifolia</i>	827300	10025387.1
<i>Macleania cordifolia</i>	828800	10025052.3
<i>Macleania cordifolia</i>	829100	10024211.8
<i>Macleania cordifolia</i>	825500	10021497.4
<i>Macleania cordifolia</i>	824900	10021461
<i>Macleania cordifolia</i>	824800	10021882
<i>Macleania cordifolia</i>	825200	10022221.4
<i>Macleania cordifolia</i>	825800	10020871.7
<i>Macleania cordifolia</i>	826900	10020783.8
<i>Macleania cordifolia</i>	832500	10031061.3
<i>Macleania cordifolia</i>	830600	10032097.1
<i>Macleania cordifolia</i>	830600	10030990.3
<i>Macleania cordifolia</i>	832900	10026563.6
<i>Macleania cordifolia</i>	837200	10023283.9
<i>Macleania cordifolia</i>	852500	10037967.5
<i>Macleania cordifolia</i>	849900	10036097.5
<i>Macleania cordifolia</i>	847600	10033417.5
<i>Macleania cordifolia</i>	846400	10035259.2
<i>Macleania cordifolia</i>	849400	10027694.4
<i>Macleania cordifolia</i>	840500	10038343.1
<i>Macleania cordifolia</i>	847500	10040139.9
<i>Macleania cordifolia</i>	840400	10022482.9
<i>Macleania cordifolia</i>	794000	10021049.3
<i>Macleania cordifolia</i>	827200	10016401.1
<i>Macleania cordifolia</i>	831200	10014774
<i>Macleania cordifolia</i>	831300	10013428.8
<i>Macleania cordifolia</i>	825400	10009437.7
<i>Macleania cordifolia</i>	822900	10006533.4
<i>Macleania cordifolia</i>	820900	10006271.6
<i>Macleania cordifolia</i>	751900	9985106.9
<i>Macleania cordifolia</i>	824700	10026904.2

<i>Macleania cordifolia</i>	825500	10026997.8
<i>Macleania cordifolia</i>	826400	10026995
<i>Macleania cordifolia</i>	826700	10026560.9
<i>Macleania cordifolia</i>	828000	10026723.2
<i>Macleania cordifolia</i>	828300	10026406.4
<i>Macleania cordifolia</i>	828700	10026154
<i>Macleania cordifolia</i>	828600	10025565.8
<i>Macleania cordifolia</i>	827400	10027288.9
<i>Macleania cordifolia</i>	826400	10027950.4
<i>Macleania cordifolia</i>	825800	10022551.5
<i>Macleania cordifolia</i>	826100	10023224.4
<i>Macleania cordifolia</i>	829600	10020361.3
