

**DETERMINACIÓN DE LOS CORREDORES ECOLÓGICOS PARA SEIS ESPECIES
SOMBRILLA DE LOS ANDES NORORIENTALES DE COLOMBIA MEDIANTE UN
SIG**

Oscar Alejandro Morales Fajardo

Informe final de trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Especialista en Sistemas de Información Geográfica

Directora:

Esp. Vanessa Serna Botero

Línea de Investigación

Análisis de Información

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Manizales, 2022

Resumen

La región Andes Nororientales comprende los departamentos de Norte de Santander, Santander, Boyacá, Cundinamarca y parte del departamento de Arauca. Caracterizada por su gran cantidad de biodiversidad y riqueza hídrica, contribuye a la estabilidad de los regímenes de lluvias, y con los páramos presentes, ayudan en la refrigeración de la superficie del planeta, en esta región hay presentes 331 áreas protegidas del orden público nacional, regional y privada pertenecientes al Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia, (2022) en categorías como: Área Única Natural, Parques Nacionales Naturales, Santuarios de Fauna y Flora, Parques Nacionales Regionales, Distritos Regionales de Manejo Integrado, Reservas Forestales y Reservas de la Sociedad Civil. Estas áreas se conectan por corredores ecológicos los cuales son un mecanismo efectivo para garantizar la conectividad entre ecosistemas y permiten la distribución de especies relevantes y emblemáticas de la región.

El presente trabajo se centra en el análisis de la probabilidad de encontrar especies priorizadas respecto a su comportamiento en variables ambientales y/o regionalizables como: vías, Altitud, pendiente, coberturas, cuerpos de agua. Al finalizar el ejercicio se obtendrán los corredores ecológicos de éstas especies. En este sentido, con la entrega de estos insumos a las autoridades ambientales en territorio para que enfoquen acciones tendientes a la conservación o mejoramiento del estado de los corredores y de esta forma garantizar el paso de la fauna a lo largo y ancho de los Andes Nororientales, quien como escenario constituye el subsistema del Sistema Regional de Áreas Protegidas de los Andes Nororientales de Colombia.

Palabras clave: Corredores ecológicos, conservación, especies sombrilla, mastozoofauna, SIG.

Abstract

The Northeastern Andes region includes the departments of Norte de Santander, Santander, Boyacá, Cundinamarca and part of the department of Arauca. Characterized by its great amount of biodiversity and water richness, it contributes to the stability of rainfall regimes, and with the moorlands present, it helps in the cooling of the planet's surface. In this region there are 331 national, regional and private protected areas belonging to the Colombian National Natural Parks System (2022) in categories such as: Unique Natural Area, National Natural Parks, Fauna and Flora Sanctuaries, Regional Natural Parks, Regional Integrated Management Districts, Forest Reserves and Civil Society Reserves. These areas are connected by ecological corridors which are an effective mechanism to guarantee connectivity between ecosystems and allow the distribution of relevant and emblematic species of the region.

The present work is focused on the analysis of the probability of finding prioritized species with respect to their behavior in environmental and/or regionalizable variables such as: roads, altitude, slope, cover, water bodies. At the end of the exercise, the ecological corridors of these species will be obtained. In this sense, with the delivery of these inputs to the environmental authorities in the territory to focus actions aimed at the conservation or improvement of the state of the corridors and thus ensure the passage of wildlife throughout the Northeastern Andes, which as a scenario constitutes the subsystem of the Regional System of Protected Areas of the Northeastern Andes of Colombia.

Key words: Ecological corridors, conservation, umbrella species, mastozoofauna, GIS.

Contenido

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN	15
1.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PROBLEMÁTICA.....	17
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	23
1.2 JUSTIFICACIÓN	27
2. OBJETIVOS	28
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	28
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
3. ANTECEDENTES	29
4. REFERENTE TEÓRICO	40
4.1 COLOMBIA COMO POTENCIA DE BIODIVERSIDAD EN LATINOAMÉRICA.	40
4.2 SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS.	41
4.3 CONECTIVIDAD DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS	44
4.4 ESPECIES SOMBRILLA DEL SIRAP ANDES NORORIENTALES	46
4.5 MODELOS DE OCUPACIÓN.....	59
5. METODOLOGÍA	63
5.1 ENFOQUE METODOLÓGICO	63
5.2 TIPO DE ESTUDIO	63
5.3 PROCEDIMIENTO.....	63
5.3.1 <i>Fase I Realizar el modelo de probabilidad de presencia de especies a partir de variables ambientales en la región Andes Nororientales de Colombia</i>	65
5.3.2 <i>Fase II Realizar el modelo multiespecie a partir de los Modelos de disponibilidad de especies:</i>	87
5.3.3 <i>Fase III Determinar el modelo de Resistencia de la Región Andes Nororientales de Colombia:</i>	89
5.3.4 <i>Fase IV Determinar corredores ecológicos en la Región Andes Nororientales de Colombia:</i>	90
5.3.5 <i>Fase V: Consolidar la información temática y los modelos generados mediante un SIG que permita a las Entidades del orden Nacional, Regional y/o municipal tomar decisiones en pro de generar acciones sobre las zonas priorizadas o de especial interés de conservación)</i>	92
.....	92

**DETERMINACIÓN POR MEDIO DE UN SIG DE LOS CORREDORES
ECOLÓGICOS PARA SEIS ESPECIES SOMBRILLA DE LOS ANDES
NORORIENTALES DE COLOMBIA**

	92
	92
6.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	94
	<i>6.1 Fase I Realizar el modelo de probabilidad de presencia de especies a partir de variables ambientales en la región Andes Nororientales de Colombia:.....</i>	<i>94</i>
	• <i>6.2 Fase II Realizar el modelo multiespecie a partir de los Modelos de disponibilidad de especies:.....</i>	<i>100</i>
	<i>6.3 Fase III Determinar el modelo de Resistencia de la Región Andes Nororientales de Colombia:</i>	<i>102</i>
	• <i>6.4 Fase IV Determinar corredores ecológicos en la Región Andes Nororientales de Colombia</i>	<i>103</i>
	• <i>6.5 Fase V: Consolidar la información temática y los modelos generados mediante un SIG que permita a las Entidades del orden Nacional, Regional y/o municipal tomar decisiones en pro de generar acciones sobre las zonas priorizadas o de especial interés de conservación).....</i>	<i>111</i>
7.	CONCLUSIONES	114
8.	RECOMENDACIONES	117
9.	REFERENCIAS.....	120

Lista de figuras

<i>Ilustración 1:</i> Ubicación Geográfica área de estudio.....	17
<i>Ilustración 2:</i> Sistema Regional de Áreas Protegidas (SIRAP) Andes Nororientales.....	20
<i>Ilustración 3:</i> Diagrama de flujo metodología fase I del proyecto.....	67
<i>Ilustración 4:</i> Modelamiento Variables 1- Coberturas 2 –Centros poblados 3 –Temperatura 4 – Vías 5- Drenajes Dobles 6- Altitud 7-Drenajes sencillo 8- Pendiente 9- Lagunas para el Tapir o Danta de tierras bajas (Tapirus terrestres) y Danta de montaña (<i>Tapirus pinchaque</i>).....	77
<i>Ilustración 5:</i> Modelo de disponibilidad: 1- Tapir o danta de tierras bajas (<i>Tapirus terrestres</i>) y danta de montaña (<i>Tapirus pinchaque</i>), 2- Jaguar (<i>Panthera onca</i>), 3- Manatí (<i>Trichechus manatus</i> y <i>Trichechus inunguis</i>), 4- Nutría (<i>Lontra longicaudis</i>), 5- Oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>) y 6- Puma (<i>Puma concolor</i>).....	86
<i>Ilustración 6:</i> Diagrama de flujo metodología fase II del proyecto.....	87
<i>Ilustración 7:</i> 1- Modelo multiespecie de la Región Andes Nororientales de Colombia, 2- Mapa zonas aptas de especies sombrilla para la Región Andes Nororientales de Colombia.....	88
<i>Ilustración 8:</i> Diagrama de flujo metodología fase III del proyecto.....	89
<i>Ilustración 9:</i> 1- Modelo de Resistencia Región Andes Nororientales de Colombia.....	89
<i>Ilustración 10:</i> Diagrama de flujo metodología fase IV del proyecto.....	90
<i>Ilustración 11:</i> 1- Mapa corredores ecológicos Región Andes Nororientales de Colombia.....	91
<i>Ilustración 12:</i> Diagrama de flujo metodología fase V del proyecto.....	93
<i>Ilustración 13:</i> GDB con toda la información del proyecto consolidada.....	93
<i>Ilustración 14:</i> Comparación modelo Disponibilidad calculado con Modelo de distribución potencial 1- Tapir o danta de tierras bajas (<i>Tapirus terrestres</i>) y Danta de montaña (<i>Tapirus pinchaque</i>), 2- jaguar (<i>Panthera onca</i>), 3- Manatí (<i>Trichechus manatus</i> y <i>Trichechus inunguis</i>), 4- Nutría (<i>Lontra longicaudis</i>), 5- Oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>), 6- el puma (<i>Puma concolor</i>) según la UICN – Registros biológicos SIB y avistamientos PNNC.....	99
<i>Ilustración 15:</i> 1 -Modelo multiespecie, 2 -Modelo multiespecie con puntos de registros biológicos SIB y Avistamientos PNNC.....	101
<i>Ilustración 16:</i> Mapa zonas aptas de especies sombrilla para la Región Andes Nororientales de Colombia.....	101
<i>Ilustración 17:</i> Modelo multiespecie de la Región Andes Nororientales de Colombia.....	103
<i>Ilustración 18:</i> 1- Mapa Modelado de corredores ecológicos Región Andes Nororientales de Colombia, 2- Corredores ecológicos Región Andes Nororientales de Colombia.....	103
<i>Ilustración 19:</i> Coberturas naturales buffer 20 metros de los corredores modelados.....	105
<i>Ilustración 20:</i> Coberturas antrópicas buffer 20 metros corredores modelados.....	105
<i>Ilustración 21:</i> Mapa estado presión del buffer de 20 metros de los corredores modelados.....	106
<i>Ilustración 22:</i> Mapa de vocación de Uso para el búfer de los corredores modelados de la Región Andes Nororientales de Colombia:.....	110

Lista de tablas

Tabla 1: <i>Número de Áreas Protegidas en la Región Andes Nororientales de Colombia</i>	19
Tabla 2: <i>Fases propuestas para el desarrollo del trabajo</i>	64
Tabla 3: <i>Porcentaje de encontrar las especies priorizadas en determinados rangos de altitud</i> ..	68
Tabla 4: <i>Porcentaje de encontrar las especies priorizadas en determinados rangos de pendiente</i>	69
Tabla 5: <i>Porcentaje de encontrar las especies priorizadas en determinados rangos de temperatura</i>	70
Tabla 6: <i>Porcentaje de encontrar las especies priorizadas en determinados rangos de distancia a cuerpos de</i>	71
Tabla 7: <i>Porcentaje de encontrar las especies priorizadas en determinados rangos distancia a Zonas Urbanas</i>	71
Tabla 8: <i>Porcentaje de encontrar las especies priorizadas en determinados rangos de distancia las vías</i>	72
Tabla 9: <i>Porcentaje de encontrar las especies priorizadas en determinados rangos de distancia a las lagunas</i>	73
Tabla 10: <i>Porcentaje de encontrar las especies priorizadas en determinadas coberturas</i>	73
Tabla 11: <i>Escala numérica para el cálculo de pesos de las variables para cada especie priorizada</i>	78
Tabla 12: <i>Matriz de comparaciones pareadas utilizando el método Saaty para el Tapir o Danta de tierras bajas (Tapirus terrestris) y Danta de montaña (Tapirus pinchaque)</i>	78
Tabla 13: <i>Matriz de comparaciones pareada normalizada para el Tapir o Danta de tierras bajas (Tapirus terrestris) y Danta de montaña (Tapirus pinchaque)</i>	79
Tabla 14: <i>Matriz de comparaciones pareadas utilizando el método Saaty para el Jaguar (Panthera onca)</i>	80
Tabla 15: <i>Matriz de comparaciones pareada normalizada para el Jaguar (Panthera onca)</i>	80
Tabla 16: <i>Matriz de comparaciones pareadas utilizando el método Saaty para el Manatí (Trichechus manatus y Trichechus inunguis)</i>	81
Tabla 17: <i>Matriz de comparaciones pareada normalizada para el Manatí (Trichechus manatus y Trichechus inunguis)</i>	81
Tabla 18: <i>Matriz de comparaciones pareadas utilizando el método Saaty para la Nutría (Lontra longicaudis)</i>	82
Tabla 19: <i>Matriz de comparaciones pareada normalizada para la Nutría (Lontra longicaudis)</i> 82	
Tabla 20: <i>Matriz de comparaciones pareadas utilizando el método Saaty para el Oso de Anteojos (Tremarctos ornatus)</i>	83

Tabla 21: <i>Matriz de comparaciones pareada normalizada para el Oso de Anteojos (Tremarctos ornatus)</i>	83
Tabla 22: Matriz de comparaciones pareadas utilizando el método Saaty para el Puma (Puma concolor)	84
Tabla 23: <i>Matriz de comparaciones pareada normalizada para el Puma (Puma concolor)</i>	84
Tabla 24: <i>Estado - Presión en los departamentos de la región Andes Nororientales de Colombia</i>	107
Tabla 25: <i>Vocación de uso de suelo para el buffer de 20 m del trazado de los corredores ecológicos de la Región Andes Nororientales de Colombia</i>	108

ANEXOS:

- A. Anexo: Modelo de Disponibilidad del Tapir o Danta de tierras bajas (*Tapirus terrestris*) y Danta de montaña (*Tapirus pinchaque*)
- B. Anexo: Modelo de Disponibilidad del Jaguar (*Panthera Onca*).
- C. Anexo: Modelo de Disponibilidad del Manatí (*Trichechus manatus* y *Trichechus inunguis*).
- D. Anexo: Modelo de Disponibilidad de la Nutría (*Lontra longicaudis*).
- E. Anexo: Modelo de Disponibilidad del Oso de Anteojos (*Tremarctos ornatus*).
- F. Anexo: Modelo de Disponibilidad del Puma (*Puma concolor*).
- G. Anexo: Modelo Multiespecie de la Región Andes
- H. Anexo: Modelo de Resistencia Región Andes Nororientales de Colombia.
- I. Anexo: Modelo de corredores óptimos para las especies priorizadas en la Región Andes Nororientales de Colombia.
- J. Anexo: Mapa prioridades de conservación Región Andes Nororientales de Colombia.
- K. Anexo: Mapa corredores ecológicos de las especies sombrillas de la Región Andes Nororientales de Colombia.
- L. Tabla 24: Coberturas de la tierra IDEAM 2018 en el buffer de los corredores modelados.
- M. GEODATABASE
- N. Carta importancia de los insumos del proyecto de parte de Parques Nacionales Naturales de Colombia

Glosario

Adaptación: Proceso mediante el cual se tienen ajustes en respuesta a cambios climáticos.

Ambiente: Todo lo que nos rodea.

Área Natural Única: categoría de Áreas Protegidas en Colombia, en sus condiciones naturales presentan características poco comunes frente a sus condiciones geológicas, fauna o flora.

Biodiversidad: Variedad de especies de fauna o flora y ecosistemas en el medio ambiente, todos interactuando entre sí con un fin específico en sus respectivos hábitats

Bioma: Conjunto de ecosistemas con características como clima, fauna y la vegetación se dividen en terrestres y acuáticos.

Bosques nativos: Bosque que no presentan alteraciones o intervenciones significativas de tipo antrópico.

Capacidad adaptativa de los ecosistemas: Habilidad de un ecosistema para adaptarse a los cambios, en este sentido presentar menores daños con el fin de sacar provecho o ventajas a las nuevas situaciones cambiantes del medio.

Conservación: Acciones que pretenden mantener las condiciones de un ecosistema o de mejorarlas con el fin de que próximas generaciones puedan tener condiciones favorables en el medio ambiente.

Conectividad ecológica: Relación entre individuos de otras poblaciones.

Corredores biológicos: Elemento que une uno o más ecosistemas, de diferentes hábitats o paisajes.

Deforestación: Degradación de la cobertura vegetal boscosa.

Deforestación Antrópica: Degradación de la cobertura vegetal boscosa por acciones antrópicas, generalmente para establecimiento de cultivos o ampliación de áreas de pastos destinados a la ganadería.

Deforestación por procesos naturales: Degradación de la cobertura vegetal boscosa por efectos naturales como incendios forestales, o procesos de remoción en masa.

Desarrollo sostenible: Proceso mediante el cual el ser humano mejora sus condiciones de vida, sin que sus actividades afecten el medio ambiente de manera negativa, o que afecte las condiciones de las generaciones futuras.

Distrito de Manejo Integrado: Categoría de Área Protegida en Colombia, regula pero permite el uso del recurso, así como reglamenta las actividades para que estas generen un menor impacto en los ecosistemas.

Diversidad de especies: Diferentes especies animales o vegetales que hay en un hábitat o territorio.

Degradación ambiental: Se caracteriza por la degradación de las coberturas forestales de un territorio, por alteraciones en los suelos de manera no natural. Esto incide en disminución de poblaciones animales y vegetales trayendo consigo graves problemas a los ecosistemas y al planeta.

Ecosistema: Sistema natural compuesto por la interacción de organismos vivos y el ambiente físico en donde se encuentran.

Especies sombrilla: También denominadas ‘paraguas’, se caracterizan por requerir una gran ocupación en una región, están asociadas a los diferentes ecosistemas de una región y por ende

las acciones de conservación inciden positivamente no sólo en los ecosistemas que habitan, si no en las especies que los habitan.

Hábitat: Lugar donde vive una especie, bien sea animal o vegetal.

Huella ecológica: Es la huella generada y que necesita el hombre para subsistencia, por ende corresponde a la marca que genera las acciones en el ambiente.

Integridad ecológica: Se refiere a la condición de óptima de un ecosistema frente a estructura y composición, en donde las acciones antrópicas son nulas y donde la riqueza en servicios ecosistémicos es Alta.

Ordenamiento territorial: Conjunto de normas de un territorio, por medio del cual organiza y planifica un territorio: con el fin de sacar el máximo provecho a los recursos dispuestos en una región, sin que esto afecte o comprometa la calidad y sostenibilidad de las poblaciones.

Parque Nacional Natural: Categoría de Área Protegida en Colombia, con las más altas restricciones de uso, se caracteriza por su riqueza diversidad de ecosistemas con la característica de no tener alteraciones humanas.

Reserva Natural: Categoría de Área Protegida en Colombia llamada también reserva ecológica, se caracteriza por ser una zona condiciones de flora y fauna primitivas.

Santuario de Fauna: Categoría de Área Protegida en Colombia área destinada a la preservación de especies de fauna de importancia nacional.

Santuario de Flora: Categoría de Área Protegida en Colombia área destinada a la preservación de especies de flora de importancia nacional.

Servicios ecosistémicos: Bienes y servicio que ofrece la naturaleza.

Teoría de grafos: Termino utilizado en ecología y se asemeja a las líneas ocasionadas por la infraestructura producto de actividades humanas, que, por consiguiente causan un deterioro en el

medio ambiente por los daños y pérdidas ocasionados a hábitats y a la biodiversidad de una región. Esta teoría se ha utilizado para la descripción de la conectividad de una región describiendo la ubicación de los parches o zonas óptimas para una determinada especie animal o vegetal.

Tesela: Porción discontinua, diversa y extensa del territorio, caracterizada por mosaicos de parches de coberturas diferentes, y por ende distintos ecosistemas y hábitats.

Variables ambientales: Elementos propios del ambiente, que presentan diferencia en sus valores a partir de diferentes condiciones, algunas asociadas entre sí, ejemplo, temperatura, radiación solar, brillo, humedad, clima, pisos térmicos, coberturas.

Variables regionalizables: Elementos propios de una región o zona, que por sus condiciones de ubicación geográfica pueden incidir de manera positiva o negativa ante el estudio de algún fenómeno en la zona, por ejemplo: conjunto de vías del departamento de Santander.

Abreviaturas

AN: Andes Nororientales.

AP: Área Protegida.

CAS: Corporación Autónoma Regional de Santander.

CAR: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.

CI: Cooperación Internacional.

CDMB: Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga.

CORPOBOYACÁ: Corporación Autónoma Regional de Boyacá.

CORPOCHIVOR: Corporación Autónoma Regional de Chivor.

CORPOGUAVIO: Corporación Autónoma Regional Del Guavio.

CORPONOR: Corporación Autónoma Regional de Norte de Santander.

CORPOORINOQUIA: Corporación Autónoma Regional de la Orinoquía.

DTAN: Dirección Territorial Andes Nororientales.

EOT: Esquemas de Ordenamiento Territorial.

IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

IGAC: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

PNNC: Parques Nacionales Naturales de Colombia.

POT: Planes de Ordenamiento Territorial.

SIG: Sistemas de Información Geográfica.

SIRAP: Sistema Regional de Áreas Protegidas.

UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

WCS: Wildlife Conservation Society.

WWF: World Wide Fund for Nature (Fondo Mundial para la Naturaleza)

1. Planteamiento del problema de investigación y su justificación

Colombia cuenta con ejercicios de determinación de corredores y de áreas de interés de conservación, sin embargo, la información se encuentra desactualizada por la temporalidad de los estudios conocidos, siendo el más reciente el desarrollado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM (2012), en el que usaron las coberturas interpretadas en el año 2011 por el IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi).

Existen otros ejercicios realizados en CORPOORINOQUIA y en la Región Andes Occidentales. Sin embargo, para el Sistema Regional de Áreas Protegidas (SIRAP) Andes Nororientales, no se cuenta con este insumo que sería de utilidad para la secretaria técnica regional del SIRAP AN, donde participa Parques Nacionales Naturales de Colombia como coordinador del SIRAP AN y como secretaria técnica, y para las diferentes Corporaciones Autónomas Regionales (CAR's), que tienen jurisdicción en los departamentos que componen la Región: Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental en Norte de Santander (CORPONOR), Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS), Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CMB), Corporación Autónoma Regional de Boyacá (CORPOBOYACÁ), Corporación Autónoma Regional de Chivor (CORPOCHIVOR), Corporación Autónoma Regional Del Guavio (CORPOGUAVIO) y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).

Mediante el desarrollo del presente proyecto, se busca obtener insumos útiles para la toma de decisiones de las entidades gubernamentales, en la generación de políticas públicas que incidan en la definición de áreas susceptibles para la conservación de especies priorizadas dentro de las zonas de corredores ecológicos de interés para las especies priorizadas, o en su defecto, para identificar

si deben realizarse acciones de restauración que mejoren las condiciones de los ecosistemas, y así, incidir en la conservación de ecosistemas y de las especies priorizadas. Es necesario que las acciones que tomen las autoridades ambientales del orden nacional, regional o municipal, sean trabajadas de la mano con las comunidades para generar conciencia de la necesidad de conservación de estas zonas, mediante ejercicios de restauración participativa e implementación de sistemas productivos sostenibles, todo esto con el fin que la actividad humana deje de impactar negativamente estas zonas.

Desde una perspectiva global, con el mejoramiento de los ecosistemas, desde la disminución de la deforestación en estas zonas y el aumento en las coberturas boscosas, se configura una oportunidad real de incidencia para mitigar el cambio climático y garantizar la conservación del medio ambiente en la región de los Andes Nororientales de Colombia.

departamento de Arauca y Casanare. El Sistema Regional de Áreas Protegidas Andes Nororientales (SIRAP AN) es el ente administrativo encargado del manejo y gestión de las Áreas Protegidas (AP) de los departamentos mencionados, y con él, se articulan las diferentes autoridades ambientales de la región: Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS), Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (CORPONOR), Corporación Autónoma regional de Chivor (CORPOCHIVOR), CORPOBOYACÁ Corporación Autónoma Regional de Boyacá, Corporación autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), Corporación Autónoma Regional del Guavio (CORPORGUAVIO), Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) y Parques nacionales Naturales de Colombia (PNNC), representado por la Dirección Territorial Andes Nororientales (DTAN).

El SIRAP AN, es una instancia de participación de las instituciones tomadoras de decisión en temas ambientales, ratificado mediante el Segundo Memorando de Entendimiento¹, el cual tiene como base transversal “un pacto por la sostenibilidad, denominado: Producir conservando y conservar produciendo”.

Esta apuesta contiene las acciones, metas e indicadores estratégicos para la gestión ambiental que debe realizar el SIRAP AN para la vigencia 2022 – 2030 en el marco del Plan de Acción del CONPES 4050-21 para la consolidación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas - SINAP, siendo una de sus líneas estratégicas la denominada “Biodiversidad y riqueza natural, activos estratégicos de la Nación”, la cual apunta a prevenir el deterioro de la biodiversidad,

¹ Instrumento de naturaleza política, suscrito entre órganos superiores y directivos del Estado, en este caso, con el fin de tomar acciones tendientes al mejorar las condiciones medio ambientales de la Región Andes Nororientales de Colombia.

consolidar su conservación, y generar las condiciones para avanzar en el uso sostenible de los recursos naturales.

El memorando de entendimiento, es la respuesta de los Andes Nororientales a la promulgación de la Política Pública del SINAP – Visión 2020-2030, cuyo propósito es: “Propiciar una alianza interinstitucional para la conformación, consolidación e implementación del Subsistema Regional de Áreas Protegidas de Andes Nororientales, en el marco de los lineamientos establecidos por el documento CONPES 4050-21, el Plan de Acción del SINAP” (AN, 2022).

La Región que comprende el SIRAP AN, se caracteriza por su biodiversidad y riqueza hídrica, contribuyendo a la estabilidad de los regímenes de lluvias, los páramos presentes y en la refrigeración de la superficie del planeta. En esta región se encuentran 331 áreas protegidas entre Áreas Única Naturales, Parques Nacionales Naturales, Santuarios de Fauna y Flora, Distritos Regionales de Manejo Integrado, Reservas Forestales y Reservas de la Sociedad Civil, distribuidas geográficamente tal y como se muestra la Ilustración 2: Sistema Regional de Áreas Protegidas (SIRAP) Andes Nororientales. A continuación, se presenta la Tabla 1 con el contenido del número total de Áreas Protegidas por categorías en la Región Andes Nororientales de Colombia:

Tabla 1: *Número de Áreas Protegidas en la Región Andes Nororientales de Colombia*

Número de Áreas Protegidas en la Región Andes Nororientales de Colombia

Categoría de AP	No de áreas
Área Natural Única	1
Distritos de Conservación de Suelos	1
Distritos Regionales de Manejo Integrado	33
Parque Nacional Natural	7

DETERMINACIÓN POR MEDIO DE UN SIG DE LOS CORREDORES ECOLÓGICOS PARA SEIS ESPECIES SOMBRILLA DE LOS ANDES NORORIENTALES DE COLOMBIA

Categoría de AP	No de áreas
Parques Naturales Regionales	18
Reserva Natural de la Sociedad Civil	212
Reservas Forestales Protectoras Nacionales	21
Reservas Forestales Protectoras Regionales	36
Santuario de Fauna y Flora	2
Total general	331

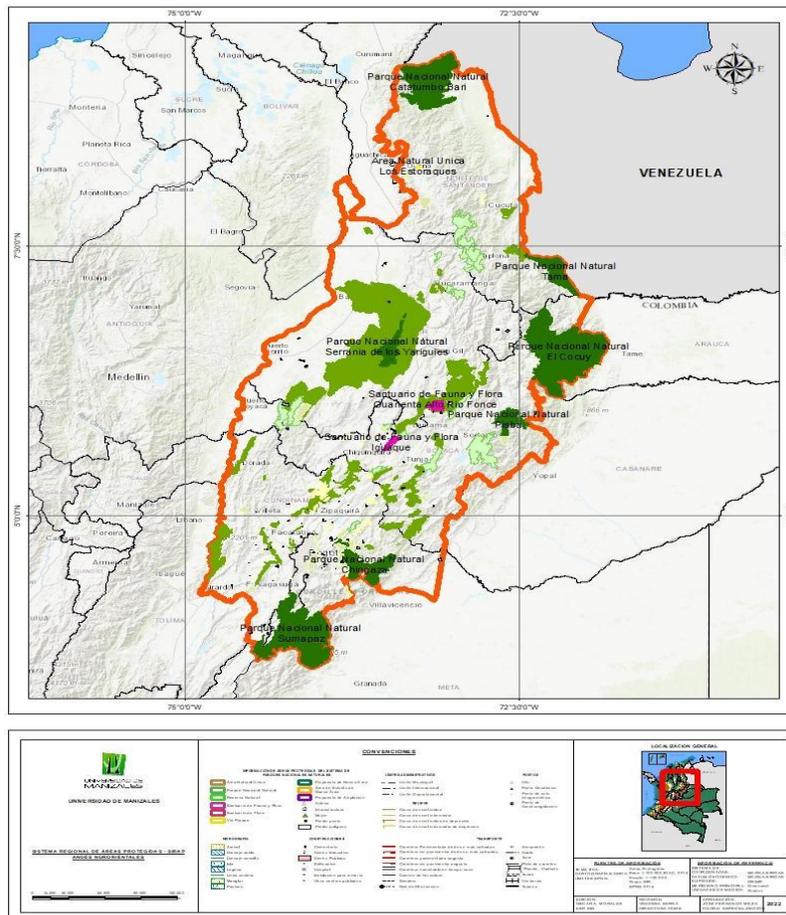


Ilustración 2: Sistema Regional de Áreas Protegidas (SIRAP) Andes Nororientales

Fuente: propia

Las AP son administradas por las diferentes entidades o autoridades ambientales y propietarios privados como es el caso de las Reservas Naturales de la Sociedad Civil - RNSC, se dividen en Áreas Protegidas - AP del orden Nacional y o regional y local aquellas que se enmarcan en la gobernanza privada.. Estas áreas están conectadas por corredores ecológicos, garantizando la distribución y circulación de especies relevantes y emblemáticas de la región como el tapir o danta de tierras bajas (*Tapirus terrestris*), la danta de montaña (*Tapirus pinchaque*), el jaguar (*Panthera onca*), el manatí (*Trichechus manatus* y *Trichechus inunguis*), la nutria (*Lontra longicaudis*), el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) y el puma (*Puma concolor*) (Canet Desanti, L., Finegan, B., & Herrera Fernández, B., 2011). Estas especies de fauna no tienen un hábitat específico, ya que se mueven en el territorio en función de suplir necesidades y cumplir con su función ecosistémica, de ahí la necesidad de determinar los corredores que permitan la distribución de estas especies en la región, lo que depende, en gran medida, del comportamiento de las especies y de la respuesta frente a diferentes variables ambientales como la altura, ríos, pendientes y temperatura y/o regionalizables como vías, centros poblados (Benito, et al. (2007).

La región Andina está compuesta por diferentes ecosistemas, debido a su variabilidad climática, morfología, suelos y geología, tiene gran riqueza en páramos, bosques Andinos (Altos y subandinos) y zonas áridas como los bosques secos, tal y como lo plantea Dinerstein, que para el presente trabajo, abarca lo correspondiente a la cordillera oriental, magdalena medio y zona norte que comprende el Catatumbo, donde se identificaron para los Andes colombianos ocho ecorregiones que corresponden a los bosques montanos de los Andes noroccidentales, bosques húmedos occidentales ecuatorianos, bosques montanos del valle del río Cauca, bosques montanos

del valle del Magdalena, bosques húmedos del Magdalena/Urabá, bosques montanos de la cordillera Oriental, bosques montanos de la cordillera Real Oriental y finalmente los bosques húmedos del Catatumbo. (Dinerstein, 1995).

WWF en 1997 clasificó esta región Andes entre los 200 sitios prioritarios para conservación, lo anterior por la amenaza que enfrentan sus ecosistemas únicos y estratégicos por la actividad humana que ha causado una degradación en el hábitat de las especies que allí ocupan (Armenteras et al. 2003, Garcés y De La Zerda 1994). En este sentido, Conservación Internacional (CI) tiene a los Andes dentro de los 25 *Hotspots* de biodiversidad del mundo (Myers 1998); estos son lugares de gran riqueza de especies pero muy amenazados y con pérdida de coberturas cercanas al 70 % de su superficie. De ahí la razón de generar políticas públicas que incentiven el uso adecuado de los recursos y mejorar las prácticas agrícolas, permitiendo que estas acciones intervengan lo menos posible el estado de los ecosistemas, para que los corredores por donde transitan las diferentes especies se mantengan y puedan cumplir su función.

La degradación de los ecosistemas incide directamente en la disminución del número de individuos por especie que habita una zona, algunos autores como Turner, 1999 y Fahrig, 2003 consideran la degradación de los ecosistemas como una de las amenazas más frecuentes para la conservación de la biodiversidad. En la Región Andina, se llegó al punto de declarar algunas especies en peligro de extinción como es el caso del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*). En el territorio se evidencian patrones discontinuos de distribución, determinados en gran medida por la conectividad entre núcleos, es allí donde los corredores ecológicos toman una relevancia frente a

la función que desempeñan de conectividad de ecosistemas, pero también de subsistencia y distribución de las especies.

El presente trabajo se centra en el análisis de la probabilidad de encontrar las especies priorizadas dependiendo de las variables ambientales y/o regionalizables, para obtener los posibles corredores ecológicos de las especies. Esto con el fin de contar con un insumo para la toma de decisiones de las autoridades ambientales, enfocadas a la conservación o mejoramiento del estado de los ecosistemas, y garantizar de este modo el paso de la fauna por la Región de los Andes Nororientales de Colombia. También será un insumo que les permita tomar decisiones frente a la creación de nuevas áreas de conservación, y generar políticas públicas para la conservación de los corredores.

1.2 Formulación del problema

En Colombia en las últimas décadas se ha necesitado involucrar en el ordenamiento territorial la dimensión ambiental, siendo de gran importancia identificar y caracterizar los servicios ecosistémicos de la región con el fin, de que estos sean tenidos en cuenta los diferentes instrumentos de planificación sectorial y territorial. En este sentido, la Estructura Ecológica Principal definida como “El Conjunto de ecosistemas estratégicos que garantizan la integridad de la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos con el fin de satisfacer las necesidades básicas de la población” (IDEAM, 2011), garantiza la identificación de las potencialidades ecológicas de una región, en tanto que allí se evalúan aspectos como riqueza biológica, conectividad y potencialidad ambiental de una región.

Mediante diferentes leyes propuestas y aprobadas, se ha buscado blindar aquellas áreas que por su importancia ecosistémica deban conservarse mediante políticas de planificación y ordenamiento territorial que se han centrado en el establecimiento de condiciones de uso del suelo, el cual debe ser equitativo, racional y debe tener en cuenta la preservación del patrimonio ecológico y cultural. De igual manera, se hace énfasis en que las condiciones de zonificación territorial deben hacerse bajo la premisa de la función social y ecológica, la prevalencia del interés general sobre el particular. Lo anterior fundamentado en el principio que el ambiente es patrimonio común de la humanidad y se debe velar por la preservación de éste y la conservación de los recursos naturales (Decreto 2811 de 1974). En este sentido, entra a jugar un papel importante el engranaje de diferentes entes territoriales y entidades estatales y de la sociedad civil que deben regular y propender por que se cumplan estas normas, siempre manteniendo la premisa de conservación.

Colombia con su Política Nacional de Biodiversidad se comprometió a conformar y consolidar un Sistema Nacional de Áreas Protegidas – SINAP. Hoy cuenta con más de 1250 áreas protegidas que suman hasta 31 millones de hectáreas, declaradas con el fin de conservación de especies, recurso hídrico y mitigar el cambio climático (Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2022).

Cada Área protegida tiene un fin de conservación, llamado Valor Objeto de Conservación (VOC), que pueden ser especies de fauna o flora, recursos naturales o incluso comunidades nativas. En cuanto a los VOC en las especies de fauna, se tienen las denominadas especies sombrilla, las cuales requieren de grandes extensiones para su conservación, al proteger las áreas que demandan este tipo de especies se contribuye a la preservación de especies mucho más pequeñas que se

encuentran en sus ecosistemas los cuales se encuentran conectados entre sí por medio de corredores ecológicos que permiten la distribución y circulación de las especies.

La región de los Andes Nororientales en Colombia comprende departamentos de Norte de Santander, Santander, Boyacá, Cundinamarca y una zona del departamento de Arauca, y se caracteriza por su riqueza en biodiversidad y recurso hídrico. Esta región contribuye en la estabilidad de los regímenes de lluvias, cuenta con páramos que ayudan en la refrigeración de la superficie del planeta. En esta región hay 331 áreas protegidas entre Áreas Única Naturales, Parques Nacionales Naturales, Santuarios de Fauna y Flora, Distritos Regionales de Manejo Integrado, Reservas Forestales y Reservas de la Sociedad Civil, administradas por entidades estatales como Parques Nacionales y Corporaciones Autónomas Regionales de: Norte de Santander, Santander, Cundinamarca, Boyacá, Corpochivor, Corpoguavio. Tales áreas protegidas están conectadas por corredores ecológicos los cuales permiten la distribución y circulación de especies sombrilla de la región como lo son el tapir o danta de tierras bajas (*Tapirus terrestris* y danta de montaña (*Tapirus pinchaque*), el jaguar (*Panthera onca*), manatí (*Trichechus manatus* y *Trichechus inunguis*), nutria (*Lontra longicaudis*), Oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) y el puma (*Puma concolor*).

En la actualidad la región tiene información desactualizada e imprecisa de zonas de área potenciales para la conservación que han cambiado por las actividades humanas y otras cuya valoración no ha sido estimada. Con el presente trabajo, se tendrá un inventario aproximado de áreas cuyo estado ameriten ser considerados como refugios estratégicos que permitan la protección y el tránsito de las especies, al igual que el estado de estas zonas, y un insumo fundamental para evaluar nuevas áreas de conservación bajo diversos esquemas de gobernanza. No menos

importante será, el contar con herramientas de manejo del paisaje para analizar y evaluar la planificación territorial y la efectividad de sus políticas en materia medioambiental; se podrán crear políticas públicas para garantizar el mejoramiento de los corredores, que por su importancia ecológica son vitales para reducir la extinción de las especies priorizadas en la región de los Andes Nororientales, y con este objetivo contribuir al establecimiento de una base natural suficiente que permita garantizar los beneficios que le otorga la conservación para la supervivencia del ser humano, representada en la calidad y cantidad el recurso hídrico; vital para la vida humana, mejorar en la calidad de aire que se respira, mitigar en el avance del calentamiento global o contribuir con la estabilidad climática de la región, así como disponer paisajes agradables que mejoren la relación del ser humano con la naturaleza para su propio usufructo.

En torno a lo anterior, surge el interrogante: ¿Cómo determinar por medio de un SIG los corredores ecológicos para seis especies sombrilla de la región Andes Nororientales de Colombia?

1.3 Justificación

El país cuenta con ejercicios de determinación de corredores y áreas de interés de conservación desactualizada por la temporalidad en la que se han hecho los estudios, el más reciente lo realizó el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) en el año 2012 para todo el país, en el que usaron las coberturas interpretadas en el año 2011 por el IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). Se conocen algunos otros ejercicios que han realizado en Corporinoquia y en la Región Andes Occidentales.

El Sistema Regional de Áreas Protegidas (SIRAP) Andes Nororientales en cabeza de la secretaría Técnica Regional: Parques Nacionales Naturales de Colombia y las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) que tienen jurisdicción en los departamentos que componen la Región, no cuentan con este insumo. El desarrollo del presente proyecto, permitió obtener productos que sirvan a estas entidades y a los entes territoriales establecer políticas públicas de conservación de zonas de los corredores ecológicos para las especies priorizadas, plantear acciones de restauración que permitan mejorar las condiciones de los ecosistemas, y de esta manera incidir positivamente en la conservación de ecosistemas y por ende de las especies que cohabitan en el territorio.

Los insumos generados permitirán la toma de decisiones frente al manejo que deben darle a la política de conservación de cada territorio, trabajar con comunidades para generar conciencia de la necesidad de conservación de estas zonas con el fin de que la actividad humana deje de impactar en los ecosistemas de la Región.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Determinar por medio de un SIG los corredores ecológicos para seis especies sombrilla de la región Andes Nororientales de Colombia, como insumo para la toma de decisiones de las autoridades ambientales.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar el modelo de probabilidad de presencia de especies a partir de variables ambientales en la región Andes Nororientales de Colombia.
- Realizar el modelo multiespecie a partir de los Modelos de probabilidad de presencia de especies.
- Determinar el modelo de Resistencia de la Región Andes Nororientales de Colombia
- Determinar posibles corredores ecológicos a partir del análisis de distribución de especies en la Región Andes Nororientales de Colombia.
- Consolidar la información temática y los modelos generados mediante un SIG que permita a las Entidades del orden Nacional, Regional y/o municipal tomar decisiones en pro de generar acciones sobre las zonas priorizadas o de especial interés de conservación.

3. Antecedentes

Históricamente, a nivel mundial el concepto de herramientas de conectividad ha sido el centro de estudio de la biogeografía. Desde el viaje de Humboldt y Bonpland hacia América, se inició una tradición investigativa que ha estudiado la relación entre la distribución de las especies vegetales y el clima (Pliscoff, P. *et al.* 2011). Actualmente los estudios enfocados a la conectividad del paisaje son clave para la planificación de la conservación de los ecosistemas, ya que durante los últimos años se ha desarrollado una nueva aproximación investigativa que se centra en evaluar la relación entre variables ambientales, regionalizables y las características de los organismos, poblaciones o comunidades, con el objetivo de construir modelos predictivos de su distribución espacial.

Las primeras aproximaciones para modelar la distribución de especies a partir de sus relaciones con variables ambientales y/o regionalizables tienen casi 50 años (Godron. 1965). Sin embargo, fue a partir del momento que estuvieron disponibles los Sistemas de Información Geográfica (SIG) cuando pudieron estudiarse como capas ambientales distribuidas en una matriz de celdas llamadas ráster. En todas las aplicaciones de los modelos de distribución de especies el problema central es utilizar la información de donde las especies han sido observadas (y donde no), y asociar esta información con un conjunto de covariables medioambientales para determinar la probabilidad que una determinada especie pueda estar presente o no en sitios no muestreados (Latimer et al. 2009). Los primeros estudios se enfocaron en las aves, constituyendo uno de los grupos biológicos mejor estudiados en las regiones tropicales y por ello han sido propuestas

como un grupo o un indicador ideal para establecer prioridades de conservación (Gómez et al. 2016).

Muchos estudios han considerado las variables climáticas y topográficas como factores importantes que influyen en la distribución de las especies, especialmente orientadas al estudio en aves. Plascencia et al (2014) identificó la temperatura, las precipitaciones y la altitud como las variables más importantes en la distribución geográfica potencial del loro Yucatanero (*Amazona xantholora*) y el loro cabeza amarilla (*Amazona oratrix*), estos modelos se generaron usando capas climáticas desde el año 1910 al 2009. La información generada en este proyecto aportó en la planeación, ejecución y evaluación de las acciones de conservación para esta especie. Igualmente, Marini y colaboradores (2010) modelaron rangos de distribución potencial de diez (10) aves raras o en peligro de extinción del bioma del Cerrado sudamericano, utilizaron cuatro variables bioclimáticas y topográficas para obtener la distribución, dando como resultado un mapa de distribución de cada especie. Los resultados obtenidos fueron usados por la UICN para evaluar el estado de amenaza de las especies a nivel nacional o global.

Siguiendo esta metodología Gómez *et al* (2016) establece la distribución espacial de 10 especies de aves amenazadas y su relación con variables ambientales (climáticas, coberturas, topográficas) en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia, (CORANTIOQUIA). Una de las conclusiones de este trabajo hace referencia a la importancia de considerar las especies dentro de una estrategia de conservación, por lo que es necesario recopilar la mayor cantidad de información taxonómica y ecológica posible y diseñar redes de reserva, ya que existen una gran cantidad de áreas sin datos confiables sobre su biodiversidad.

Otra estrategia de conservación que se ha implementado en algunos países del trópico como Ecuador y Colombia son los corredores biológicos o corredores de conectividad. Su implementación data desde la década de 1990, por lo que todavía están en proceso de consolidación, su aplicación no ha sido consistente y existe limitada investigación científica sobre su efectividad (Freile, J. 2022). En Colombia, Ecuador y Perú se ha desarrollado poca investigación sobre corredores de conservación y muchos corredores propuestos nunca llegan a establecerse (Colorado et al. 2017 Cuentas et al. 2016; Zapata et al. 2003).

También existe limitada investigación sobre el rol de corredores potenciales o en proceso de establecimiento en la conectividad entre hábitats, la biodiversidad y la dinámica de poblaciones silvestres (Gutiérrez-Chacón et al., 2021; Montealegre et al., 2017). Si bien existen varias propuestas de conectividad entre áreas protegidas, algunas de ellas incluso transfronterizas, su ejecución y estabilidad en el tiempo suelen estar supeditadas al financiamiento generalmente externo y a decisiones políticas que las hagan viables y sostenibles (Fraile, J. 2022). Algunos autores mencionan la existencia de decenas de corredores de conservación y conectividad en Latinoamérica (Cracco y Guerrero, 2004; Graham y Mulongoy, 2006; Worboys, 2010), la información sobre estas iniciativas está dispersa en la escasa literatura científica al respecto, así como en publicaciones institucionales y en reportes técnicos no publicados y poco accesibles (Anónimo, 2020; Remache et al. 2004). Esto dificulta la revisión de conceptos sobre corredores de conservación y conectividad en la región, pero, además, limita la evaluación de su aplicabilidad y la valoración de experiencias para el establecimiento de nuevos corredores o para mejorar el manejo de los corredores existentes (Freile, J. 2022).

En Ecuador el primer trabajo publicado sobre el tema proponía el diseño de una red de áreas protegidas en la Amazonía nororiental, que conecte el Parque Nacional Yasuní y la Reserva de Producción de Fauna Cuyabeno (Zapata-Ríos y Dyer, 2003). Se utilizaron cinco especies de mamíferos de gran y mediano tamaño, y se analizó su viabilidad y dinámica poblacional en las áreas de conectividad identificadas mediante imágenes remotas. Este tipo de investigaciones enfocadas en especies representativas, desarrolladas también en Colombia y Perú (Bernal et al., 2012; Schaefer-Smith et al. 2016), muestran los corredores biológicos a partir de conceptos biológicos sin tener en cuenta el paisaje natural, productivo y humano que rodea a los corredores propuestos.

En este país las iniciativas de conservación han sido impulsadas desde diferentes enfoques, intereses y objetivos, siguiendo distintos protocolos para su diseño e implementación, sea como herramienta de investigación o como insumo para levantamiento de fondos para investigación, gestión y conservación. La primera iniciativa conocida fue el corredor ecológico Llanganates-Sangay, impulsado por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) y Fundación Natura, con el apoyo de gobiernos autónomos descentralizados (GAD) municipales de Baños, Mera y Palora, y provinciales de Tungurahua y Pastaza. Este corredor, que conecta los parques nacionales Llanganates y Sangay, en los Andes orientales del centro del país, fue declarado en 2002 como “regalo para la Tierra” por parte de WWF (Fierro, 2015), pero no cuenta con un reconocimiento oficial por la autoridad ambiental nacional (en su época Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, MAATE), porque en aquellos años no existía una figura legal que reconociera los corredores como unidades de conservación.

Existen otras iniciativas que no han logrado consolidarse o cuya continuidad en el tiempo se ha mermado por distintas razones administrativas, de gestión o viabilidad. Algunos ejemplos son: 1) Corredor del Valle del Quijos, que proponía conectar la Reserva Ecológica Antisana con los Parques Nacionales Sumaco-Napo Galeras y Cayambe-Coca (GADPN, 2013); 2) Corredor Biológico Awacachi, una iniciativa privada al norte de Esmeraldas que procuraba conectar la Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas y el territorio étnico Awá (Fundación Sirúa, 2006); 3) Corredor de Vida Chiles-Mataje (Ulloa, 2013), que planteaba conectar las reservas ecológicas El Ángel y Cayapas Mataje mediante varias áreas de conservación; 4) Corredor Biológico Cordillera Oriental (Ulloa, 2013), que planteaba conectar bosques andinos y páramos en la cordillera Oriental de la provincia de Carchi; 5) Corredor Biológico Tropo-Andino, que proponía crear un corredor biológico de más de 480 km de longitud en el área de influencia del Oleoducto de Crudos Pesados (Hidalgo et al., 2010); 6) Corredor Cóndor-Cutucú, que planteaba escenarios de manejo de áreas protegidas con gobiernos locales, cambios en las categorías de manejo de ciertos bosques protectores, expansión de áreas protegidas y enlaces entre zonas de hábitat remanente (López et al., 2010). Mariscal (2015) presenta una lista de veintisiete corredores propuestos en Ecuador, la mayoría de los cuales se quedaron en fase de planificación o fueron solamente estrategias de gestión de recursos. Otras, como el Biocorredor Cóndor-Podocarpus o el Corredor Chocó-Andes, derivaron, directa o indirectamente, en la declaratoria de las reservas de biosfera Podocarpus-El Cóndor y Chocó Andino, respectivamente (Mariscal, 2015).

Dos propuestas recientes de corredores de conservación con escenarios distintos, el Corredor Ecológico de la Provincia de El Oro (Garzón-Santomaro et al. 2019) y el Corredor del Oso Andino, en el occidente de la provincia de Pichincha (SA-DMQ, 2014). El primer caso enfrenta

varios desafíos muy complejos, ya que plantea crear áreas de conectividad entre bosques remanentes en una región con escasa protección de bosques y bajos niveles de remanencia de hábitat. Además, abarca una zona extensa bajo distintos regímenes de manejo público y privado, y usos del suelo muy variados, lo cual dificulta la aplicación real de corredores de conectividad.

En el segundo caso, se trata de una unidad de manejo ambiental de escala considerablemente menor al corredor ecológico de El Oro, en la cual se empleó un animal carismático (Oso de Anteojos, *Tremarctos ornatus*) como especie bandera para identificar un corredor de conectividad entre las áreas protegidas más grandes de los Andes occidentales: reservas ecológicas Illinizas y Cotacachi Cayapas (Molina, 2014b). Este corredor está conformado en su mayoría por tierras aptas para conservación y mantiene una alta cobertura de hábitats naturales (SA-DMQ, 2014).

En Colombia, los corredores biológicos y multiculturales se han empleado como insumos de manejo en la planificación territorial, a cargo de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), con casos de establecimiento y planificación de corredores en Valle del Cauca, Quindío, Risaralda, Caquetá y Santander, y la importancia de los corredores biológicos para la restauración de hábitats degradados ha sido destacada en el Plan Nacional de Restauración (Ospina et al. 2015).

No ha sido fácil rastrear las primeras iniciativas ni la evolución de las mismas en buena medida debido a la inaccesibilidad de la literatura gris y a los variados estadios de desarrollo de las iniciativas de corredores (propuestos, en desarrollo, implementados, en “abandono”). No obstante, las primeras propuestas de creación de corredores y las primeras investigaciones sobre conectividad y corredores biológicos provienen también de las décadas de 1990 y 2000 (Freile, J.

2022). De acuerdo a Ortega-Fernández et al., (2010), la primera propuesta de conectividad en Colombia proponía conectar los Parques Nacionales Naturales Munchique y Farallones de Cali. El cual fue promovido por distintas ONG y organizaciones indígenas, con respaldo de universidades y de la CAR del Cauca, que incluyó la propuesta de corredor en su plan de manejo territorial (Ortega-Fernández et al. 2010). Su inclusión en este plan y el establecimiento de áreas de conservación a través del Sistema Local de Áreas Protegidas, bajo administración de las CAR en coordinación con la Unidad Administrativa de Parques Nacionales Naturales ofrece buenas perspectivas para el manejo de corredores. Este corredor no fue reconocido oficialmente, y tiene limitaciones de financiamiento y conflictos por proyectos extractivistas (Freile, J. 2022).

En el departamento de Caquetá se implementó un proyecto a escala de paisaje que promueve la conectividad ecosistémica articulada a programas de desarrollo territorial (Moyano et al. 2021) en el cual desarrollaron el cálculo del índice de conectividad, con el fin de conocer el estado de la conectividad de las áreas protegidas el Departamento de Caquetá, cuenta con 13 áreas Protegidas. A partir de este índice, se identificó el comportamiento múltiples elementos del paisaje cuyo objetivo fue conocer el estado de la conectividad de las áreas protegidas, y se consideraron variables de tipo atmosférico, hidrosférico, geosférico, biosférico y antroposférico. Se usaron también tres especies focales, especies emblemáticas de la región: el jaguar (*Panthera onca*), el mono churuco o mono lanudo gris (*Lagothrix lagotricha lugens*) y el águila arpía (*Harpia harpyja*). Los resultados de este trabajo concluyen que la conectividad no sólo se limita a cada área protegida, también para el área que las circunda se debe tener en cuenta que por la localización del departamento de Caquetá sobre la cordillera de Los Andes y la selva Amazónica hay un área de conectividad entre las AP de estas dos regiones, por lo que el trabajo en desarrollo

también aportara información sobre la disponibilidad de hábitat para la distribución de especies sombrilla, (el jaguar-*Panthera onca*- como especie en común) las cuales necesitan amplios rangos de espacios interconectados para sus actividades de subsistencia.

Hacia 2001 surgió una de las iniciativas pioneras en Colombia y en la región Norandina: los corredores biológicos Barbas-Bremen en el departamento de Quindío, Colombia. Esta iniciativa comprende la creación de cuatro corredores biológicos desde la restauración misma de hábitats para conectar los parques regionales naturales BarbasBremen y Cañón del Río Barbas (Montealegre-Talero et al., 2017). Barbas-Bremen fue establecido hacia 2001, entre 2003 y 2006 inició una regeneración activa de hábitat, y desde 2005 se han desarrollado algunos estudios para evaluar el potencial de conectividad de los corredores, además de monitoreos de biodiversidad, en 2012 y 2014 (Lozano-Zambrano, 2009). Barbas-Bremen es un corredor pionero en la región, en el cual se puede evaluar la efectividad de estos conectores de hábitat al restaurar al menos 100 m de ancho promedio, y monitorear los cambios en la biodiversidad, flujo de poblaciones, estructura del hábitat y otras variables que permitan comprender su funcionalidad como conectores entre dos áreas núcleo. A diferencia de otros corredores en Colombia, Barbas-Bremen fue establecido por entidades públicas como el Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt y la administración municipal de Filandia. Este corredor no se encuentra reconocido oficialmente, pero es manejado como proyecto de gestión, restauración e investigación sobre corredores; reconocimiento internacional por los esfuerzos de investigación implementados (Freile, J. 2022).

El Instituto Humboldt ha promovido el conocimiento y la gestión de la biodiversidad, incluyendo los estudios desarrollados a nivel nacional en la herramienta denominada “Biomodelos” de propiedad del laboratorio de Biogeografía aplicada del Instituto de Investigaciones Bon Alexander Humboldt en los últimos años (2016) la cual contiene información geográfica obtenida de la distribución de especies en Colombia, lo que ha implicado grandes retos como la actualización de sistemas de información que facilite la integración y análisis de diversos tipos de datos. Con el conocimiento de la distribución de las especies se pueden tomar múltiples decisiones de conservación y manejo de las mismas, que en muchas veces es limitado o nulo y en los mejores casos no disponible. La gestión del conocimiento permitirá a las autoridades ambientales la toma de decisiones.

En términos generales los biomodelos describen la relación entre variables ambientales y las ocurrencias de una especie, descritas matemáticamente, finalmente se visualizan en un mapa las zonas espacialmente idóneas para una especie. Toda esta información es validada previamente en términos taxonómicos y geográficos y con base en esta, el Instituto de Investigaciones elabora las diferentes hipótesis de distribución potencial de las diferentes especies. Actualmente existen cuatro grupos taxonómicos que cuentan con biomodelos. Anfibios (25), Reptiles (60) aves (1,803) y mamíferos (131), entre los últimos, se tiene el biomodelo para oso andino (*Tremarctos ornatus*) y el del jaguar (*Puma concolor*; Instituto Humboldt, 2016).

Otro importante proyecto desarrollado en Colombia, específicamente en la región Caribe, fue la evaluación de las áreas de distribución para el jaguar (*Panthera onca*), el cual vinculó varias entidades gubernamentales y un amplio territorio en los departamentos de Magdalena, Guajira, Cesar, Bolívar, Antioquia y Córdoba; donde identificaron las rutas de conectividad para esta

especie y seis zonas prioritarias para su conservación, igualmente señalaron los vacíos de información sistemática que existen en muchas de estas áreas. Sin embargo, algunos de los insumos resultantes permiten conocer algunas zonas con el mayor grado de coberturas y de hábitat viable para estas especies de carnívoros, también se plantea es establecimiento de planes de recuperación de hábitat y corredores biológicos funcionales, que reestablezcan la conectividad entre las zonas prioritarias, incrementando el área apta para la permanencia de estas especies y sus poblaciones (Gonzales et al. 2013).

A nivel regional, existen estudios que se han orientado a evaluar los cambios de la conectividad estructural (Forero, Y. 2019) en un periodo de tiempo determinado (1987 y 2018). En el departamento de Boyacá y Cundinamarca, a través de imágenes de sensores remotos para obtener insumos como las coberturas vegetales: altitud, mapas de pendientes, distancia a fuentes de agua, distancia a vías, en donde, a partir de las métricas del paisaje, se obtuvieron datos cuantitativos de los cambios registrados. De este trabajo se obtuvieron mapas de aptitud de hábitat, identificación de parches de reproducción y poblacionales, y adicional se tuvo un estimado de rutas de conectividad para tres tipos de mamíferos: (*Cuniculus taczanowskii*), (*Dasypus novemcinctus*) (*Didelphis pernigra*). Se encontró una reducción importante de áreas aptas para estas especies, así mismo se evidenció la disminución de parches de reproducción y, por lo tanto, se encontró la razón de la disminución de la población.

Otro corredor promovido principalmente por las CAR y por la academia es el Corredor Biológico Guantiva-La Rusia-Iguaque (Avella et al. 2010). Este corredor grande contempla, básicamente, todas las unidades ecológicas donde hay robledales (*Quercus humboldtii*). Es una

iniciativa que busca recuperar estos ecosistemas altamente fragmentados mediante distintas estrategias de conservación, pero que, a diferencia de los corredores citados previamente, no está circunscrito a un territorio en particular. Este corredor no es reconocido oficialmente; durante la fase de planificación contó con financiamiento para investigación y gestión; comprende varias áreas protegidas y reservas forestales, influyó en el establecimiento de indicadores para ordenación forestal sostenible (Freile, J. 2022).

Cáceres-Martínez (2021) identificó áreas prioritarias para la conservación y evaluó el aporte de 4 áreas protegidas a la conectividad ecológica en algunas regiones del SIRAP-Andes Nororientales, usando como modelo dos especies de grandes mamíferos: oso andino (*Tremarctos ornatus*) y puma (*Puma concolor*) definidas como especies sombrillas y obteniendo registros de presencia mediante el uso de cámaras trampa. Como resultado de este trabajo recomiendan conformar una red de conectividad que integre las áreas de carácter regional y establecer posibles corredores biológicos como herramientas de conservación, lo cual hace parte de los objetivos del presente trabajo.

Los estudios revisados anteriormente, aportan al desarrollo del presente trabajo en varios componentes: la propuesta de estas herramientas de conectividad deben tener el consenso de las comunidades locales para que pueda ser una propuesta viable como instrumento de ordenamiento y planeación; Estos corredores de conectividad deben ser reconocidos por los entes gubernamentales, entidades y organizaciones ambientales para procurar su sostenibilidad y es importante que una vez se hayan establecido cuenten con un proceso de monitoreo incluyendo no solo la biodiversidad presente, sino también los servicios ecosistémicos, y el componente social y administrativo para determinar su efectividad.

4. Referente teórico

4.1 Colombia como potencia de biodiversidad en Latinoamérica.

El Convenio Sobre La Diversidad Biológica define la Biodiversidad como “*la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas* (ONU, 1992).

La biodiversidad es importante porque constituye el sostén de una gran variedad de servicios ambientales de los cuales han dependido las sociedades humanas. Cuando se pierde algún elemento de la biodiversidad los ecosistemas pierden capacidad de recuperación y los servicios que prestan se ven amenazados. Colombia se encuentra catalogada dentro del grupo de los 14 países que alberga el mayor índice de biodiversidad en la tierra, denominados países mega diversos compartiendo esta categoría con Argentina, Bolivia, Brasil, China, Costa Rica, Ecuador, India, Indonesia, Kenia, México, Perú, Sudáfrica y Venezuela (Andrade-C., M. G. 2011).

En Colombia, los bosques tropicales de montaña localizados sobre la vertiente oriental de la cordillera Oriental entre los 1000 y los 3000 m de elevación fueron reconocidos por expertos nacionales como un área prioritaria para el desarrollo de inventarios de biodiversidad, debido a su importancia biológica y al alto grado de desconocimiento y amenaza (Van Velzen, 1992; Gentry, 2001, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial 2010). Estos ecosistemas presentan características ecológicas que los hacen uno de los sitios de mayor riqueza y más diverso en términos de especies, igualmente presenta varios tipos de ecosistemas entre ellos páramos, bosques montanos, y los valles interandino los cuales tienen una importancia

alta por sus excepcionales funciones de regulación hídrica y mantenimiento de una alta calidad del agua (Cuesta F., Peralvo M. y N. Valarezo. 2009). Desafortunadamente, estas regiones desconocidas también están sufriendo una acelerada transformación del paisaje, e históricamente, el crecimiento y expansión de los asentamientos humanos también ha causado un aumento en el número de especies amenazadas (Armenteras et al. 2003; Forero et al. 2010)

Andrade (2011) menciona algunas causas directas e indirectas de la pérdida de la biodiversidad y que en algunos casos hacen que esta pérdida sea irreversible. Entre las causas directas, se encuentran: políticas de estímulo a la ocupación y uso del territorio, transformación de hábitats y ecosistemas naturales, sobreexplotación, fragmentación de las poblaciones, deforestación, consumo de leña, los incendios, actividad agrícola, el cambio climático, la contaminación, la introducción de especies, pesca comercial sin control, la urbanización, minería, destrucción de humedales y zonas de páramo, erosión, desastres naturales, cosecha indiscriminada y como causas indirectas: el desconocimiento del potencial estratégico de la biodiversidad, la débil capacidad institucional para reducir el impacto de las actividades que generan pérdida de biodiversidad, la expansión de la frontera agropecuaria, la baja presencia del Estado en las zonas de alta biodiversidad, el surgimiento y consolidación de los cultivos ilícitos, los problemas del orden público, conflictos armados, la colonización, el desarrollo de proyectos de infraestructura.

4.2 Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

Las áreas protegidas surgen como el instrumento más importante para la conservación de la biodiversidad *in situ* (García-Frapolli & Toledo 2008). Sin embargo, la biodiversidad que se encuentra fuera de las Áreas Protegidas, no es menos importante, muchas veces estas áreas y

sus zonas de amortiguación, terminan de una u otra forma afectadas por la fragmentación del paisaje, Sin embargo, las áreas circundantes son fundamentales para la mejorar la conectividad a diferentes escalas, dependiendo del tamaño del área a conectar (Sepúlveda et al. 1997). Por este motivo es necesario el diseño de herramientas o estrategias que permitan conocer, y evaluar la conectividad que existe entre ellas y si es preciso implementar acciones que permitan recuperar su integridad ecológica.

Actualmente, Colombia cuenta con 59 Áreas Naturales Protegidas, pertenecientes al Sistema de Parques Nacionales Naturales (SPNN), que con un total de 17'537.882,97 hectáreas que representa el 8.47% de la superficie nacional (marina y terrestre). Tiene, a través de la delegación del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la administración de tres (3) áreas protegidas adicionales bajo la categoría de Distritos Nacionales de Manejo Integrado-DNMI, las cuales tienen una extensión total de 3'214.077,68 ha. (Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2022).

La Ley 99 de 1993 configura el Sistema Nacional Ambiental (SINA), coordinado por el Ministerio de Ambiente, el cual abarca todos los temas ambientales, estén o no relacionados con áreas protegidas. Del SINA se desprende el SINAP que se enfoca en la articulación de actores, acciones y estrategias para la conservación de las áreas protegidas (Rojas, 2014).

Colombia suscribió el convenio de Diversidad Biológica a través de la Ley 165 de 1994, con base en la cual se formuló la Política Nacional de Biodiversidad y se adquirió el compromiso de conformar y consolidar un Sistema Nacional de Áreas Protegida. Mediante el decreto 3572 de 2011 (Departamento de la función Pública, 2011) se creó la Unidad Administrativa especial

denominada Parques Nacionales Naturales de Colombia, encargada de la administración y manejo del Sistema de Parques Nacionales y la coordinación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas-SINAP.

Parques Nacionales Naturales de Colombia mediante Resolución N° 029 del 07 de octubre de 2011, estableció la organización de las Direcciones Territoriales. En este sentido Parques Nacionales Naturales de Colombia cuenta con las siguientes seis Direcciones Territoriales: Caribe, Pacífico, Andes Occidentales, Andes Nororientales, Amazonia y Orinoquia (Resolución 029, 2011).

De acuerdo con las categorías de manejo establecidas en el Decreto 1076 de 2015, en la región de los Andes Nororientales que corresponde a los departamentos de Norte de Santander, Santander, Boyacá y Casanare, área objeto del presente estudio se encuentran 331 áreas que conservan gran parte de la biodiversidad del Norte de la Cordillera Oriental, las cuales se clasifican, en: Sistema de Parques Nacionales, Reservas Forestales Protectoras, Parques Nacionales Regionales, Distritos de Manejo Integrado, Distrito de conservación de suelos, Áreas de Recreación, Reservas Naturales de la sociedad civil. Se tienen entre Áreas Única Naturales, Parques Nacionales Naturales, Santuarios de Fauna y Flora, Distritos Regionales de Manejo Integrado, Reservas Forestales y Reservas de la Sociedad Civil. Tales áreas protegidas están conectadas por corredores ecológicos los cuales permiten la distribución de especies relevantes y emblemáticas de la región (Parques Nacionales Naturales de Colombia.-SINAP 2022).

Con la finalidad de ampliar las posibilidades de protección, conservación, y uso sostenible de la biodiversidad, se crea el Sistema Regional de Áreas Protegidas-Andes Nororientales, el cual Integra las siguientes autoridades ambientales competentes: CORPOCHIVOR, CAS,

CORPOBOYACA, CORPOGUAVIO, CORPONOR, CDMB, CAR y Parques Nacionales Naturales de Colombia. En su contexto regional integra los Subsistemas de Áreas Protegidas: SIDAP Boyacá, Comité Regional de Áreas Protegidas Regionales (CORAP), SIRAP Norte de Santander. En este sentido el SIRAP se constituye en la unidad básica del SINAP, que busca articular las iniciativas de conservación del nivel regional y local dentro de un sistema que permita atender las necesidades de conservación de la biodiversidad y asegurar para las generaciones presentes y futuras la oferta de bienes y servicios ambientales. (Corporación Autónoma Regional de la frontera Nororiental) ministerio del medio ambiente sistema ambiental SIMA acuerdo 0011 del 12 de julio 2004).

Desde la perspectiva anterior, la consolidación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia- SINAP requiere que exista conectividad ecológica entre las áreas que lo integran, en sus diferentes escalas (Chaves y Hurtado 2007). Esta consolidación debe sustentarse en el conocimiento de la base biofísica y de los procesos ecológicos y evolutivos que en ésta se desarrollan, lo que además exige una planificación de la conservación en escalas espaciales y temporales más amplias. (Hurtado et al 20013)

4.3 Conectividad de las áreas Protegidas

La tendencia general de las áreas en conservación ha sido la de su aislamiento, a consecuencia de los cambios que promueven las presiones y dinámicas socioeconómicas sobre los paisajes que las rodean, vulnerando y reduciendo su capacidad para mantener la funcionalidad de los ecosistemas y la viabilidad de las poblaciones naturales que sostienen. (Hansen y DeFries 2007).

Por citar un ejemplo Según el IDEAM en Norte de Santander entre 2015 y 2016 la tasa anual de deforestación fue del 1.58% (14.704 ha), la segunda tasa más alta del país después de Sucre, mientras que para Santander fue de 0.59% (4,992 ha) y Boyacá 0.14%, (704 ha) (Barbosa et al. 2017). Lo que influye directamente en la fragmentación de los ecosistemas regionales e incrementado el aislamiento de las Áreas Protegidas (i. e. Catatumbo, Cocuy, Estoraques, Guanentá, Pisba, y Yariguíes), las cuales se ubican principalmente sobre los Andes Nororientales, y son, además, los refugios más importantes de la diversidad a una escala regional (Cáceres, C. 2021)

Esta problemática, sumada a los grandes desafíos que plantea la adaptación del territorio al cambio climático, ha implicado un vuelco en la concepción tradicional de la conservación, fundamentada en la creación y el manejo de áreas individuales de protección estricta, hacia la implementación de sistemas de áreas protegidas y redes ecológicas, con un enfoque funcional y una visión sistémica de la conservación. Actualmente el reto de la conservación en áreas naturales protegidas consiste en enfocar gran parte de su gestión de planificación y manejo en la matriz de paisaje circundante, para buscar oportunidades y estrategias que contribuyan a mantener los procesos ecológicos de los ecosistemas como objetos de conservación.

(Hansen y DeFries 2007). Los procesos de fragmentación, los efectos del tamaño de las áreas, las opciones de conectividad entre las mismas, entre otros factores, son los que determinan la probabilidad de persistencia de la biodiversidad (Kati et ál. 2004, Possingham et ál. 2005, Pressey et ál. 2007)

Por esta razón, dentro de las prioridades del SINAP la generación de estudios de conectividad funcional para especies clave son prioritarios debido a la aplicación que tienen en los planes de manejo y estrategias de conservación (Hurtado-Guerra et al. 2013).

Por otra parte, en Colombia no existen corredores biológicos delimitados que conecten las Áreas Protegidas, ni investigaciones que evalúen la resistencia del paisaje a la dispersión de especies con amplios y diversos requerimientos ecológicos y que validen estos análisis mediante estudios poblacionales en esta región y en el país, por lo que es importante evaluar la conectividad en función de los requerimientos ecológicos de las especies, con el fin de generar información adecuada para el diseño y delimitación de corredores biológicos, priorizando áreas de manejo protección y/o restauración que aseguren la conservación efectiva de hábitats, especies sus poblaciones y la diversidad asociada a una escala regional (Beie y Noss. 1998. Conectividad Carlos Cáceres).

4.4 Especies sombrilla del SIRAP Andes Nororientales

Los mamíferos con frecuencia son el grupo más usado para el diseño de redes ecológicas, debido a sus características, rangos de desplazamiento de escala regional, amplia distribución, sensibilidad a los cambios en el paisaje y al efecto negativo que las vías de comunicación causan en sus movimientos (Benavente & García, 2009). Por esto, en el presente proyecto, se pretende determinar por medio de herramientas SIG las áreas óptimas para las especies priorizadas a partir de variables que inciden en la posibilidad de encontrarse o no en el territorio de los Andes

Nororientales y los corredores que permiten su desplazamiento a nivel regional para determinar zonas a conservar o áreas a priorizar.

Dentro del estudio se incluyen las siguientes especies: Oso andino (*Tremarctos ornatus*), Puma (*Puma concolor*), Jaguar (*Panthera onca*), Tapir o Danta de tierras bajas (*Tapirus terrestris*) y de montaña (*Tapirus pinchaque*), Nutria (*Pteronura brasiliensis*) y Manatí (*Trichechus manatus* y *Trichechus inunguis*). Estas son consideradas especies sombrillas ya que, debido a sus características, las estrategias de conservación generadas para estas especies pueden ser aprovechadas por muchas otras. Estas son especies que requieren de grandes extensiones para el mantenimiento de poblaciones mínimas viables, por lo que garantizar la conservación de sus poblaciones podría implicar la protección de otras especies simpátricas de su mismo gremio (Berger, 1997; Roberger y et al. 2006). Otro uso de las especies es el establecimiento de corredores ecológicos para interconectar áreas naturales relativamente aisladas entre sí, pero que en conjunto pudieran facilitar la conservación de la biodiversidad (Yerena, 1994; Lambeck, 1997; Roberger y. Es importante enfatizar que las especies sombrilla surgen como una necesidad metodológica para implementar planes de conservación ante la carencia de información (Caro et al, 1999; Cro et al. 2004). Con la ayuda de las especies sombrilla pueden delimitarse, normalmente a pequeña escala las áreas que se desean proteger (Caro et al. 2004)

Las autoridades ambientales y entidades de apoyo realizan ejercicios de selección de objetos sustitutos, denominados Objetos de Conservación o Valores Objetos de Conservación-VOC (en algunos casos). Para esto se tiene en cuenta conceptos de especies sombrilla, especies claves, especies indicadoras, focales o bandera (Branton y Richardson, 2011; Fleishman et al., 2000; Roberge y Angelstam, 2004; Wilcox, 1984). Algunas de las especies mencionadas

anteriormente hacen parte de los VOC establecidos por algunas áreas Protegidas pertenecientes a las Territoriales Andes Nororientales y Andes Occidentales, teniendo en cuenta la proximidad que existe entre estas dos regiones. Estas especies modelo permitirán la identificación de áreas de vital importancia para el mantenimiento de la conectividad interregional para garantizar el flujo de energía e interacciones ecológicas que son vitales para el bienestar humano y para el funcionamiento de sus ecosistemas:

Oso Andino (*Tremarctos ornatus*): Es el único oso presente en América del Sur. Por sus amplios requisitos espaciales y el tipo de hábitat que su persistencia requiere el oso andino ha sido propuesto para el diseño de corredores ecológicos que integren áreas protegidas de los Andes Suramericanos (Yerena, 1994). Esta especie es considerada como Vulnerable (VU) a nivel global (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza-UICN 2018) y nacional (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2017), y se encuentra incluido en el apéndice I del CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies de Fauna y Flora Amenazada. 2018). Estas categorías reflejan el fuerte impacto de las principales amenazas como la pérdida y fragmentación de su hábitat y cacería, lo que sumado a su baja diversidad genética, sus tasas de natalidad, mortalidad, entre otras múltiples condiciones intrínsecas y amenazas, hacen a la especie especialmente susceptible y afectan su potencial ecológico a lo largo de su distribución (Castellanos et al. 2005; Vargas & Azurduy 2006; Rivadeneira- Canedo 2008; Goldstein et al. 2013; Cáceres-Martínez & Acevedo 2014; Cáceres-Martínez et al. 2015 Carlos Caceres).

El rango geográfico de distribución del oso andino o en los Andes Orientales contiene el 63% de mamíferos endémicos de Sudamérica, así como el 76% de las especies de mamíferos del continente. Al ser el oso una especie con amplios requerimientos espaciales y posiblemente con un uso estacional de diferentes hábitats y/o ecosistemas, se convierte en un sujeto adecuado para realizar planificaciones de conservación para preservar la alta biodiversidad de estos ecosistemas (Peyton, 1999).

Los bosques andinos son considerados su principal hábitat natural, ya que estos lo proveen de refugio, protección, lugares de descanso, sitios de alimentación y áreas en las cuales proteger a sus crías; en estas áreas establecen senderos para su desplazamiento, y marcan por medio de rasguños y feromonas su territorio, como un mecanismo de comunicación intra- específica, lo cual es útil para su localización (Castellanos et al. 2005; Rivadeneira-Canedo 2008; Cáceres-Martínez et al. 2016). En los árboles encuentran gran parte de su alimento, por lo que en las ramas de los árboles en algunas ocasiones establecen plataformas para alimentación y/o descanso, aunque de igual manera pueden establecer sus madrigueras entre arbustos, raíces, o simplemente en la base de grandes árboles (Peyton 1999; Goldstein 2002.).

Existen múltiples estimaciones del ámbito de hogar de *T. ornatus* a lo largo de su distribución, con áreas de acción propuestas que varían desde 48,57 km² (Yerena et al. 1994), hasta 59 km² para machos y 14.8 km² para hembras. Las áreas de acción de los individuos se superponen (variando el porcentaje entre sexos, y épocas), y en algunos estudios se han evidenciado comportamientos territoriales (Castellanos, 2011).

Actualmente el Oso Andino se encuentra en 21 de las 59 Áreas Protegidas de Colombia siendo

un Valor Objeto de Conservación a nivel de Sistema, razón por la cual Parques Nacionales Naturales de manera conjunta Con Wildlife Conservation Society (WCS) diseñan el Programa de Conservación de Oso Andino (2017) en el cual, dada la falta de conocimiento de las densidades de la especie, y asumiendo la necesidad de redundancia inclusive dentro de un parche de hábitat continuo, asumen como área mínima requerida para una población viable de oso andino un parche continuo de hábitat de oso de al menos 3800 km². Son muy pocas las AP en el área de distribución del oso andino, que tienen un tamaño igual o mayor a 3.800 km², por lo que la conservación de poblaciones viables de oso andino requiere en muchos casos el desarrollo de intervenciones de conservación y manejo en paisajes conformados por un mosaico de áreas protegidas tanto públicas y privadas, así como áreas de propiedad privada con distintos usos del suelo (Márquez et al. 2017 guía para el monitoreo de la ocupación de oso andino).

Puma (*Puma concolor*): Esta especie está catalogada como Preocupación Menor (LC) a nivel global (IUCN, 2015) y está incluida en el Apéndice II de CITES porque es uno de los mamíferos más ampliamente distribuidos en el Hemisferio oeste. Aunque ha sido desplazado de su antiguo rango en el medio oeste y este de América del Norte (Nowell y Jackson, 1996), Sin embargo, se considera que está disminuyendo su rango en otras partes y como un gran carnívoro intrínsecamente vinculado a otras asociaciones de vida silvestre y otros hábitats, desde una perspectiva social y política su conservación y manejo presenta numerosos desafíos (Nielsen *et al.*, 2015).

El Puma o León de monte (*Puma concolor*; Linnaeus, 1771), es considerado el segundo felino

más grande del nuevo mundo después del jaguar (*Panthera onca*), ya que puede pesar entre 60 y 100 kg, tener entre 60 y 76 cm de altura y tener una longitud entre 148-225 cm desde la cabeza a la punta de la cola (Rodríguez-M. et al. 2006). Es una especie solitaria y migratoria que realiza movimientos estacionales dados por el movimiento de sus presas, especialmente en los extremos norte y sur de su distribución (Rodríguez-M. et al. 2006). El rango de hogar es variable a lo largo de su distribución y cambiante de acuerdo a la densidad y diversidad de presas en su entorno, es de 24 km² para machos en Suramérica y de 32 a 800 km² en Norteamérica, siendo el de las hembras mayor (Franklin et al. 1999, Nielsen et al. 2015; Sunquis & Sunquis 2017). Algunos autores la consideran una especie indicadora y sombrilla, por su amplia distribución y requerimientos alimenticios (Ernest et al. 2003).

Botero et al (2017) reportan que especies de mamíferos grandes como el Puma con rangos de hogar de más de 10 km² requieren bosques continuos para mantener poblaciones viables, por esta razón los grandes felinos americanos, principalmente el puma (*Puma concolor*), han sido utilizados como símbolos para promover el desarrollo del programa de conservación del Corredor Biológico Mesoamericano (CBM), conocido originalmente como el “Paseo Pantera”. Este proyecto busca interconectar áreas protegidas de Centroamérica para crear un puente de conservación entre Norte y Sur América Caso (Lambert y Carr, 1998; Ray, 2005)

Puede encontrarse desde tierras bajas, pastizales a bosques húmedos tropicales, regiones montañosas frías, páramos y nieves perpetuas, sin embargo, su rango original de distribución se ha disminuido a causa de la presión antrópica (Gay & Best 1995). A nivel global presenta amenazas por la pérdida y fragmentación de su hábitat, persecución y cacería a causa del conflicto generado por el consumo de animales de granja y/o por temor de la comunidad

(Ernest et al. 2003).

Pocas son las investigaciones que se han realizado en Colombia sobre esta especie, sin embargo, algunos autores aseguran que se debe seguir investigando sobre aspectos ecológicos que permitan un mejor manejo y conservación de la especie en el territorio colombiano (Hernández et al. 2011).

Jaguar (*Panthera Onca*): Es considerado Casi Amenazado (NT) por las Lista Roja de Especies Amenazadas de UICN (Caso et al. 2008), y en Colombia, se considera como Vulnerable (Rodríguez-Mahecha et al. 2006).

El Jaguar vive en una diversidad de ecosistemas desde manglares, selvas húmedas, bosques de pino, desiertos, en 30 países de la América Continental. El Jaguar tiene una dispersión neotropical en Mesoamérica y Suramérica, con distribución amplia en el pasado y distribución actual restringida. Sus hábitos alimenticios incluyen 85 especies (USAIDMIRA, 2006) venados, cocodrilos, capibaras, dantos, esto lo hacen mediante el acecho de las presas y el ataque a la yugular, con muerte por asfixia (Lenening 2022)

La distribución histórica de los jaguares (*Panthera onca*) en Colombia se extendía por todos los ecosistemas por debajo de 2,000 msnm. La distribución actual basada en 245 registros, se ha contraído aproximadamente en un 39%, Sin embargo, aún hay grandes extensiones del país con poblaciones de jaguares, particularmente hay 4 bloques bien conservados: Amazonia (365,952 km²), Orinoquía (113,524 km²), el Chocó Biogeográfico (101,017 km²) y la Serranía de San Lucas (15,424 km²), equivalente a un total del 52% del área continental colombiana. Las

principales amenazas actuales para la supervivencia de los jaguares son la cacería retaliativa por depredación ha ganado, la conversión y pérdida de hábitats a causa de la agricultura, tala de bosques, cacería de presas y la actividad minera. Entre 50 Parques Nacionales Naturales continentales, 25 contienen poblaciones de jaguares, equivalentes a un total de 84,210 km² protegidos. Los Parques Nacionales Naturales juegan un papel crítico en la conservación de esta especie, pero necesitan el complemento de conservación de las áreas no protegidas si el jaguar va conservar su conectividad y sobrevivir a largo plazo (Payan. E. Et al., 2013)

La conservación del jaguar ha pasado del estudio del tamaño y salud de sus poblaciones a poder establecer conexiones entre las islas ecológicas (parques nacionales, áreas protegidas, reservas de biosfera) por medio de corredores biológicos y de esta forma garantizar la heterocigosis y evitar la endogamia y enfermedades genéticas surgidas por homocigosis (Lenening, 2022)

Danta de montaña (*Tapirus pinchaque*; Roulin, 1829): El tapir andino, conocido en Colombia como danta de montaña, es la especie más pequeña de tapires existentes. Se encuentra en los Andes de Colombia, Ecuador y Perú (Lizcano et al., 2002). Habita los bosques montanos y páramos entre 2000 y 4300 msnm (Downer, 1997). En Colombia, se distribuye en la Cordillera Central hacia el sur desde el Parque Nacional Natural Los Nevados y en la Cordillera Oriental en el Páramo de Sumapaz hacia el sur (Lizcano et al., 2002), Adicionalmente, más al norte en esta cordillera, se reporta su presencia en el Parque Nacional Natural Chingaza y al norte de este parque, en 12 localidades más incluyendo el Páramo de Pisba (aún no confirmado; Montenegro, 2002).

La danta de Montaña es considerada una especie carismática o símbolo para atraer el apoyo gubernamental del público o de posibles cooperantes, para la implementación y desarrollo de programas de conservación que involucren a la especie bandera y las especies menos llamativas con las que pudiera estar asociada (Noss, 1990; Andelman y Fagan, 2000; Carignan y Villard, 2002; Caro et al. 2004).

Esta especie está catalogada como En Peligro (EN) según la UICN 2014, debido a una disminución a futuro de la pérdida de hábitat, fragmentación y presión de caza. Se estima que la disminución de la población es mayor al 50% en las últimas 3 generaciones (33 años). Además, las causas de la disminución de la población no han cesado y se infiere que habrá una disminución superior al 50 % en las próximas 3 generaciones (33 años). Esto se infiere de las tendencias actuales de pérdida continua de hábitat, estimaciones de caza e impactos del cambio climático. Además, se estima que quedan menos de 2.500 individuos maduros, con una disminución continua estimada de al menos un 20% en las próximas 3 generaciones (22 años). En general las poblaciones de Danta de montaña están fragmentadas como resultado de las actividades humanas, como la generalización en la zona de la introducción de ganado en las áreas de refugio de la especie (Lizcano D. et al. 2016).

Con las estimaciones de áreas de acción para el tapir de montaña Downer (1996) propone que se requiere de cerca de 300.000 ha (30 km²) para mantener una población de 1000 individuos, considerada viable a largo plazo. De forma similar, Lizcano et al. (2002) proponen que para una población de 150 individuos, considerada viable en el mediano plazo, se requiere de un área de 82.600 ha (82 km²) de hábitat continuo. Con estas consideraciones, puede deducirse que además

de las características del ciclo de vida de los tapires, sus características demográficas y requerimientos espaciales también contribuyen a que sean vulnerables a la extinción.

Los tapires tienen la habilidad de cruzar áreas de baja calidad de hábitat como áreas cultivadas y pasturas a medida que se desplazan entre fragmentos de bosque, pero esto no es indicativo del uso para forrajeo y descanso en estas coberturas (Medici, 2010). A pesar de la habilidad del tapir para moverse entre distintas coberturas y tener un intervalo altitudinal amplio, lo que podría sugerir un hábitat adecuado extenso, existen otros factores que deben ser tomados en cuenta y hacen de esta una especie vulnerable como es el caso de las bajas tasas reproductivas con menos de una cría por año aproximadamente, tamaños pequeños poblacionales y susceptibilidad a la cacería, la cual es una práctica aún presente en la región (García et al. 2012)

Tapir de tierras bajas (*Tapirus terrestris*): Es el mamífero terrestre más grande del Neotrópico de Sudamérica y una de las especies más representativas del ecosistema por la variedad de funciones que desempeña, por lo que se lo considera como una especie bandera en las selvas tropicales de los países en donde se distribuye (Ortiz. S, 2020).

En cuanto a su caracterización en la lista roja de la IUCN 2018, a nivel global esta se encuentra en categoría vulnerable (VU), su población se ha reducido en más del 30% en las últimas tres generaciones (33 años) debido a la pérdida de hábitat, caza ilegal, atropello y la competencia con el ganado, y se prevé que la tasa actual de disminución continúe durante las próximas tres generaciones (33 años). Parece improbable que las poblaciones de tapires de tierras bajas persistan en cualquier lugar donde los humanos se encuentren en densidades superiores a 1/km².

Los tapires tienen densidades más altas en los bosques amazónicos que contienen dos

características cruciales: Aguajales y salinas. Los aguajales son pantanos de palmeras que típicamente oscilan entre 0,1 ha a más de 100 ha y están dominadas por la palma *Mauritia flexuosa*. Los frutos de esta palmera son un recurso alimenticio crucial para los tapires, especialmente durante la estación seca. De hecho, los tapires son los principales dispersores de la semilla de esta palmera indicando la estrecha relación evolutiva entre ambas especies. Además, los Aguajales tienen arroyos o pequeños ríos que también pueden ser cruciales para los requisitos ecológicos de los tapires, incluida la termorregulación (Varela, D., 2018).

De manera general los Tapires, presentan densidades de población bajas independientemente de si se encuentran o no en zonas de presión antropogénica. En cuanto a la ecología de estos organismos, se conoce que requieren de un hábitat con una extensión suficiente para mantener sus poblaciones viables y una cobertura adecuada para su protección. Lo anterior debido a que esta especie presenta una dependencia a la cobertura vegetal dado que se alimentan de esta y también la utilizan como protección y refugio contra los depredadores (Ortiz. S., 2020).

Manatí (*Trichechus manatus* y *Trichechus inunguis*): La investigación sobre el manatí en Colombia, se remite a estudios dispersos que muestran indicios generales sobre el estado de las poblaciones naturales de las especies, así como de aquellas que se encuentran en condiciones de cautiverio y semicautiverio. Las dos especies colombianas (*Trichechus manatus* y *Trichechus inunguis*) forman parte de las listas de especies amenazadas del APENDICE I de la Convención CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies de Fauna y Flora Amenazada) y en categoría vulnerable (VU) en el Libro Rojo de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza); siendo catalogadas como en peligro EN a nivel nacional, según

enmienda a Resolución 584 (especies amenazadas) del 2002, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, debido a un conjunto de factores entre los que se destacan el deterioro de sus poblaciones naturales, la destrucción de sus hábitats por deforestación, la desecación de humedales y la contaminación acuática.

En general, han sido pocas las investigaciones realizadas con *Trichechus manatus* y *Trichechus inunguis* en Colombia, la mayoría de ellas de manera aislada y por iniciativa de algunas entidades gubernamentales y no gubernamentales; esta especie está en la lista roja de especies amenazadas; y se tienen registros de su distribución en el Caribe, la Orinoquía y Amazonía, por esta razón se consideró importante tenerla en cuenta para el presente trabajo; ya que con los resultados se podrán proponer estrategias de conservación y manejo articuladas con las Políticas Ambientales Nacionales, algunos ejemplos de ello son la «Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia», la «Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y Costeros e Insulares de Colombia» y «Conservación y uso sostenible de la biodiversidad», donde los manatíes son especies claves. (Caicedo-Herrera, D. 2004).

Las condiciones biológicas del manatí, al ser una especie de gran tamaño (3,5 m y hasta 1000 kg de peso), y ciclo largo de vida (generaciones de 40 años) e incluso su tolerancia a ciertos niveles de perturbación humana, así como la facilidad de poder utilizarla como una especie carismática o bandera en esfuerzo de conservación la postulan como un buen candidato de especie sombrilla (RODAS-TREJO et al. 2008).

Nutria (*Lontra longicaudis*): La nutria neotropical se encuentra incluida en el Apéndice I del CITES, es una especie amenazada que se encuentra bajo la categoría Vulnerable (VU) de

extinción para Colombia, y con Datos Deficientes (DD) internacionalmente (Trujillo et al. 2016). Estos mamíferos semiacuáticos dependen, en gran medida, de la presencia de ecosistemas acuáticos en buenas condiciones de integridad ecológica. A nivel nacional y regional, sus hábitats presentan fuertes presiones por el incremento de la extensión de la frontera agropecuaria, la deforestación de las riberas, la reducción en la calidad y cantidad del recurso hídrico, la disminución en la oferta de presas debido a la sobrepesca y el cambio climático (Mosquera-Guerra, F. 2018).

En Colombia, se distribuye en todas las regiones biogeográficas (Alberico et al. 2000, Botello 2004) particularmente en los flancos de las cordilleras occidental, oriental y central, en donde alcanza altitudes entre los 2.600 y 3.000 m.s.n.m., igualmente en zonas bajas en lugares cálidos y templados (Arcila et al. 2013, Solari et al. 2013). Se destaca el reporte de la presencia de un individuo juvenil en los páramos de Mamapacha y Bijagüal (Boyacá) a una elevación de 3.110 m.s.n.m., en el área de jurisdicción de Corpochivor, en el año 2016. Este es el registro altitudinal más elevado reportado para la especie, y genera preguntas relacionadas sobre el efecto del cambio climático en ecosistemas altoandinos que debido al incremento de la temperatura favorece procesos de colonización de diferentes especies en estos nuevos hábitats, entre estas, peces introducidos como las truchas (*Oncorhynchus sp.*) que aportan biomasa a estos sistemas oligotróficos (Mosquera. et al. 2018).

En general, esta especie presenta una distribución potencial amplia en la geografía nacional, pero es muy escasa la información que existe sobre el tamaño de sus poblaciones, distribución real, amenazas a su conservación e incluso aspectos sobre su taxonomía. Igualmente, hay estudios

aislados y con poca continuidad que sugieren que, además de la cacería, experimentan otras presiones como la fragmentación de su hábitat, bioacumulación de metales pesados, disminución de alimento por sobrepesca, conflictos con pesquerías y contaminación de cuerpos de agua (Trujillo y Arcila, 2006; Arcila et al. 2013; Trujillo et al. 2013; Trujillo et al. 2014).

Es claro que el tamaño usual de las áreas protegidas no alcanza para conservar poblaciones viables de la mayoría de estas especies (Noss, et al. 1996), en este sentido se hace necesario determinar la disponibilidad actual de hábitat de estas especies a nivel SIRAP. La estructura ecológica principal de este paisaje emergería de la red ecológica conformada por las áreas mínimas requeridas en cuanto a estructura y configuración para mantener poblaciones viables de las especies paisaje (Baguette, et al., 2013, Lambeck, 1997; Roberge & Angelstam, 2004).

Como se mencionó anteriormente, la selección de las especies descritas se basó en criterios ecológicos que permitan cumplir varios objetivos en términos de conservación y conectividad en la región, ya que gracias a los requerimientos de espacio y recursos mayores a las del resto de la comunidad permitirán la protección de otras especies y de los servicios ecosistémicos de estos paisajes por donde ellas se desplacen.

4.5 Modelos de ocupación

Siguiendo métodos basados en principios fundamentales y, validándolos con modelos estadísticos (Craighead & Cross, 2007), se propone generar el modelo de distribución para cada especie priorizada a nivel regional. Estos modelos operan bajo el supuesto de que su rango geográfico es impulsado por los patrones climáticos a gran escala (Rangel y Loyola. 2012). Por ello buscan establecer una relación estadísticamente significativa (modelo estadístico) entre la

ubicación geográfica precisa de un individuo de una determinada especie y el conjunto de condiciones ambientales identificadas en variables continuas (presencia/ausencia) o discretas (capas de información), dependiendo del algoritmo o conjunto de ellos, dichos modelos expresan el resultado en términos de “probabilidad de presencia” o bien la idoneidad del hábitat. Las variables usadas suelen ser geológicas, topográficas o climáticas y se espera que con algunas de ellas individualmente o en combinación, se puedan definir los factores ambientales que delimiten las condiciones favorables para la presencia de la especie (Guisan & Zimmermann. 2000). Las variables definidas para el presente modelo fueron la altitud (Temperatura; pisos térmicos), pendiente, coberturas, cuerpos de agua (Drenajes Dobles/sencillos y lagunas) y centros poblados, esta última como indicador del grado de influencia antrópica.

Para procurar el restablecimiento de la conectividad de estas áreas, se propone determinar los posibles corredores biológicos que permitan el desplazamiento y distribución de las especies, como herramienta para disminuir el efecto de la fragmentación y la pérdida de diversidad biológica, permitiendo al mismo tiempo un uso sostenible de la biodiversidad, la presencia de comunidades dentro de dichos corredores y la conectividad estructural del paisaje (Boraschi 2009). A lo largo de estas estrategias de conservación un amplio rango de animales pueden desplazarse, las plantas pueden propagarse, el intercambio genético puede ocurrir, las poblaciones pueden moverse en respuesta a cambios ambientales y desastres naturales, y las especies amenazadas pueden ser recuperadas desde otras áreas; Walker y Craighead, 1997). Hay que tener en cuenta que no existen corredores universales que sirvan como conductos al

conjunto de especies silvestres presentes en el territorio, sino que pueden favorecer a unas especies concretas o a grupos funcionales con rangos de movilidad y requerimientos similares (WWF. 2015).

Existen tres clases de medidas de conectividad, basadas en las interacciones entre especies focales y el paisaje: conectividad estructural, conectividad funcional potencial y conectividad funcional real. Para el caso del presente proyecto se realizan análisis a partir de la conectividad potencial, la cual combina los atributos físicos del paisaje con la limitada información de la habilidad de dispersión para predecir el grado de conexión de un paisaje y una tesela dada para una especie. En esta clase se encuentran las métricas basadas en la teoría de grafos, que se ha demostrado como muy eficaz y efectiva para representar el paisaje y realizar análisis complejos sobre la conectividad del paisaje.

Los índices más avanzadas y útiles para la toma de decisiones y la planificación del territorio son: Índice Integral de Conectividad (ICC), Índice de la Probabilidad de Conectividad (PC) e Índice del Área Conexa Equivalente (ACE). Como herramienta para analizar la fragmentación del territorio y tratar de predecir la conectividad entre espacios protegidos se aplicará la teoría del circuito (WWF. 2015). Esta teoría se basa en que múltiples conductores o conductores más anchos, permiten una mayor corriente (flujo) entre nodos (parches o bloques a conectar), y por ende un mayor flujo de genes dentro del paisaje (McRae & Beie, 2007). Por esta razón, conceptos como la corriente, el voltaje, la resistencia (R , ohm), la conductancia (G), la resistencia efectiva (R^{\wedge}), la conductancia efectiva (G^{\wedge}), corriente (I), voltaje (V) y la teoría de los caminantes aleatorios (las diferentes rutas o caminos aleatorios que se puede tomar desde un punto de origen a un punto final, la ruta de un animal en busca de comida), son incorporados en

este modelo (Cáceres, 2021).

Finalmente, la aplicación de este tipo de modelos no solo permite reflejar cartográficamente la idoneidad del hábitat potencial para las diferentes especies si no que se convierte en una herramienta para el manejo, la planificación y la toma de decisiones de las diferentes entidades ambientales a nivel local y regional con el fin de diseñar e implementar programas de conservación donde se contemplen las dinámicas sociales del territorio para garantizar el uso sostenible de la biodiversidad.

5. Metodología

5.1 Enfoque metodológico

El enfoque metodológico del presente trabajo está determinado por la analítica de datos secundarios, es de tipo cuantitativo ya que utilizó información medible para hallar los corredores ecológicos de las especies priorizadas en la región Andes Nororientales de Colombia a partir del análisis de probabilidad de encontrarlas en determinados rangos de valores de las variables seleccionadas.

5.2 Tipo de estudio

El tipo de estudio del presente trabajo es descriptivo, relacional explicativo: orientado fundamentalmente al análisis de la probabilidad de encontrar ciertas especies priorizadas frente a su comportamiento ante las variables ambientales y regionalizadas seleccionadas, para determinar el modelo de resistencia de una región, teniendo en cuenta que esta se refiere a la capacidad de un territorio para permitir el flujo de especies, y así poder plantear los posibles corredores por donde se movilizan. A partir de este insumo se obtuvo las áreas a priorizar para conservación, insumo a entregar a la Secretaría Técnica del SIRAP Andes Nororientales y entes territoriales para que puedan tomar las acciones de manejo y conservación que permitan el mejoramiento del estado de los corredores y frenar los impactos antrópicos en el territorio.

5.3 Procedimiento

Para el desarrollo del presente trabajo se plantearon seis etapas o fases con el fin de lograr los objetivos propuestos:

Tabla 2:

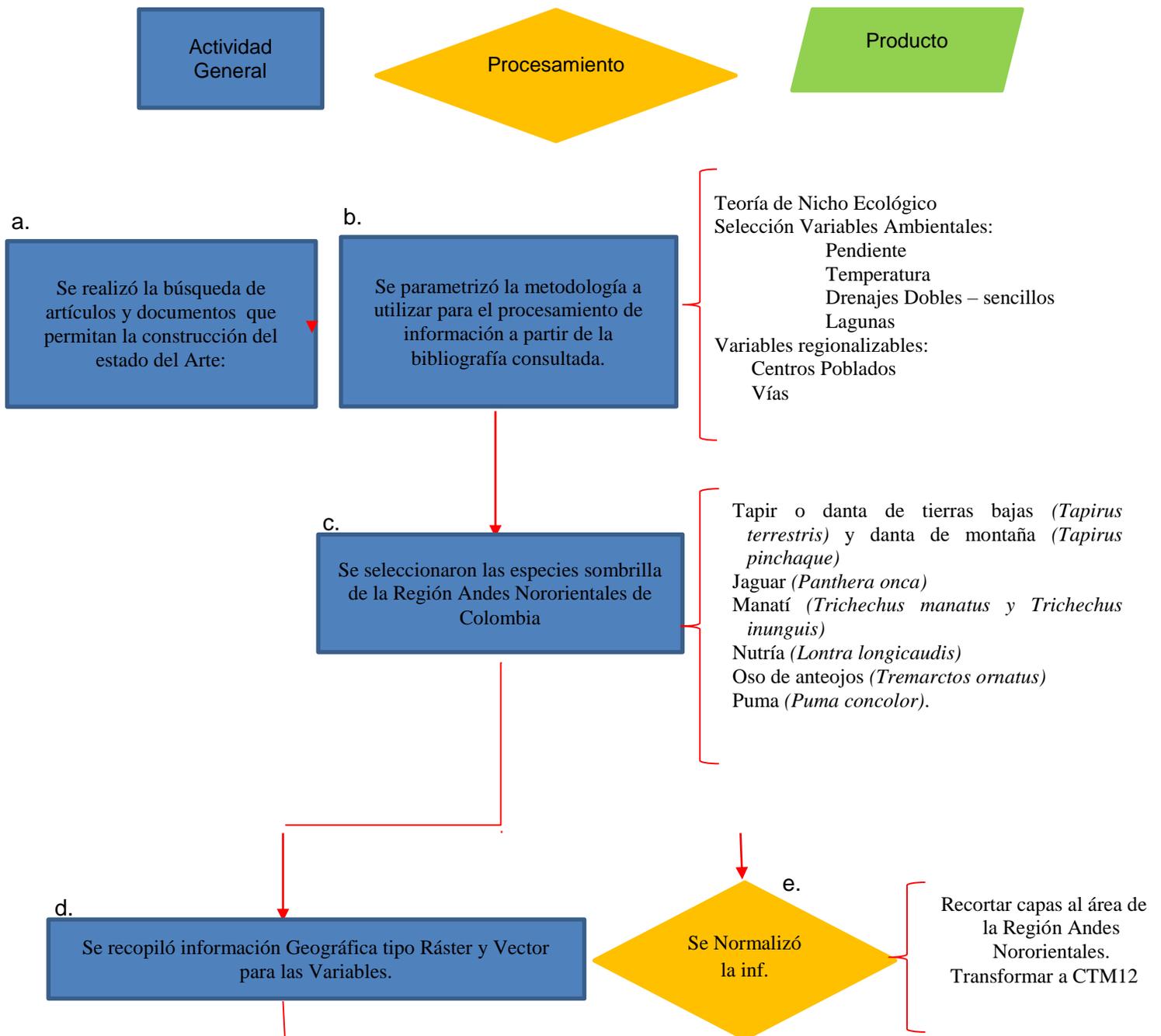
Fases propuestas para el desarrollo del trabajo

FASE

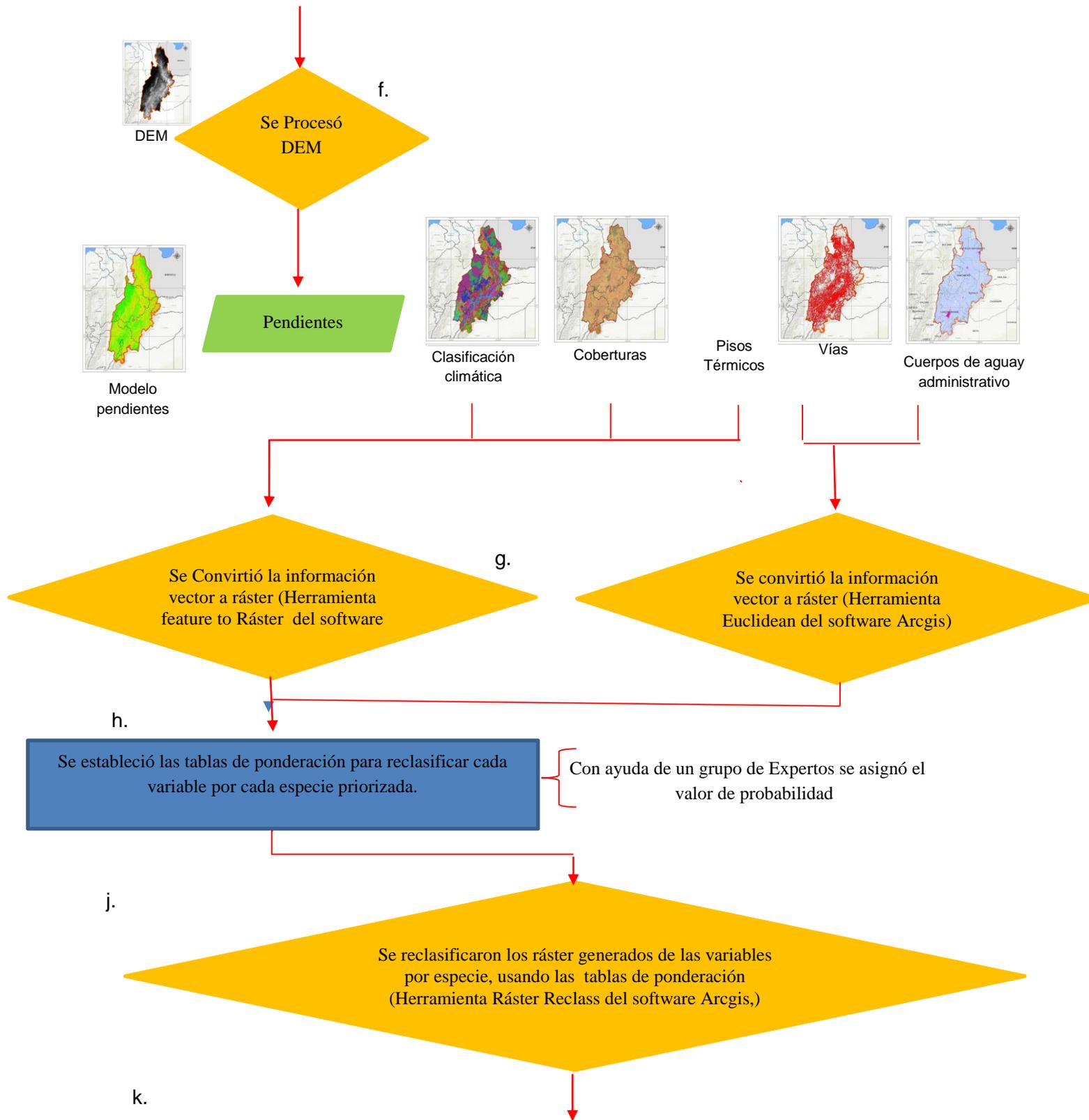
- FASE I** Realizar el modelo de probabilidad de presencia de especies a partir de variables ambientales en la región Andes Nororientales de Colombia.
- FASE II** Realizar el modelo multiespecie a partir de los Modelos de disponibilidad de especies.
- FASE III** Determinar el modelo de Resistencia de la Región Andes Nororientales de Colombia.
- FASE IV** Determinar los corredores ecológicos en la Región Andes Nororientales de Colombia.
- FASE V** Consolidar la información temática y los modelos generados mediante un SIG que permita a las Entidades del orden Nacional, Regional y/o municipal tomar decisiones en pro de generar acciones sobre las zonas priorizadas o de especial interés de conservación.
- FASE VI** Informe final, consolidación de resultados y entregables
-

5.3.1 Fase I Realizar el modelo de probabilidad de presencia de especies a partir de variables ambientales en la región Andes Nororientales de Colombia

A continuación, se presenta un mapa conceptual de los procedimientos llevados a cabo durante la Fase I del proyecto:



DETERMINACIÓN POR MEDIO DE UN SIG DE LOS CORREDORES ECOLÓGICOS PARA SEIS ESPECIES SOMBRILLA DE LOS ANDES NORORIENTALES DE COLOMBIA



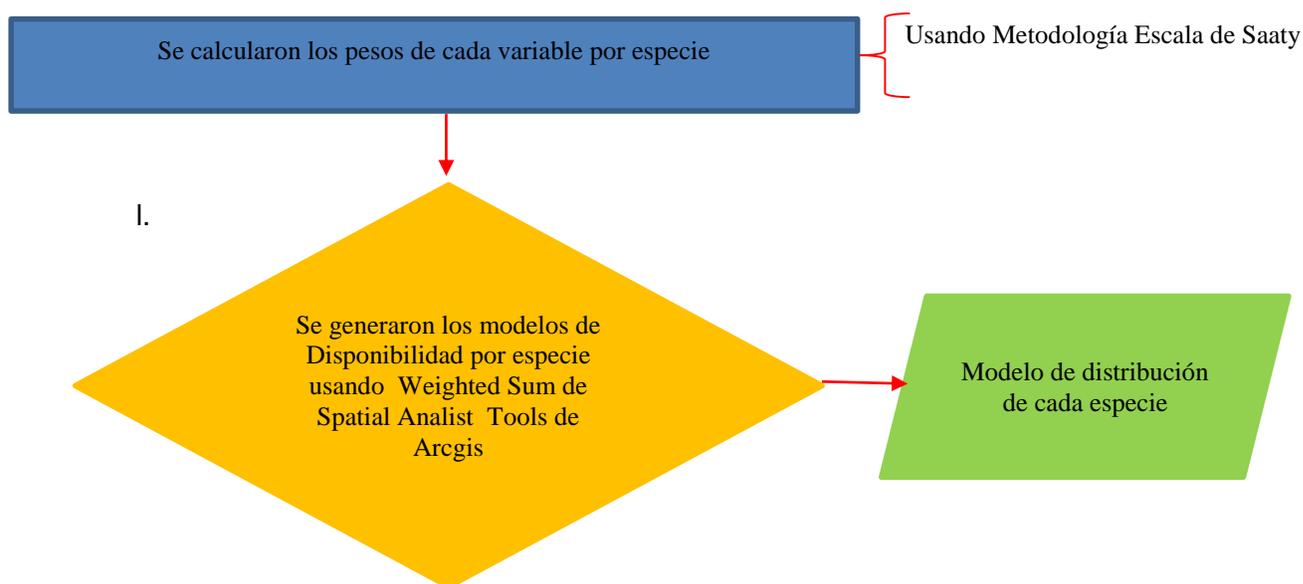


Ilustración 3: Diagrama de flujo metodología fase I del proyecto

Fuente: Propia

La Fase I, comprendió 12 pasos, tal como se muestran en el diagrama de flujo de la Ilustración 3 numerados en letras. Esta fase comprendió principalmente en la captura de la información, parametrización metodológica y clasificación de las variables (*paso “a”, “b” y “c” del diagrama*), posteriormente se normalizó, se realizó el corte y se transformó la información al sistema nacional de referencia para Colombia: CTM12.

Posteriormente, se rasterizaron las variables, mediante el uso del software Arcgis, para ello se definió el tamaño de la celda, el cual se realizó en función de la escala de la información recopilada, por lo que se utilizó la fórmula para el cálculo de Rango de tamaño de celda de un mosaico de Arcgis (ESRI, 2022):

Ecuación 1:

Cálculo tamaño de celda dependiendo de la escala.

- $\text{Tamaño de celda} = \text{Escala} * 0,0254 / 96$
- $\text{Escala} = \text{Tamaño de celda} * 96 / 0,0254$

En este sentido, para efectos del presente trabajo se realizó el siguiente cálculo:

- $\text{Tamaño de celda} = 100.000 * 0,0254 / 96 = 0.26 = 30$

Se definió trabajar un tamaño de pixel de **30m** en todos los Geoprocesamientos.

Para rasterizar las capas se utilizó el software Arcgis (*paso “g” del diagrama*), la herramienta *feature to Ráster*, teniendo en cuenta el campo a rasterizar: para los pisos térmicos, el campo “Clase”, coberturas con el campo “leyenda”; *en cuanto a* las variables cuerpos de agua, centros poblados y vías, cuyo análisis se centra en función de la distancia, se utilizó la herramienta *operación Euclidian* de las herramientas de análisis espacial de Arcgis.

Para reclasificar los ráster de cada variable (*Paso “j” del diagrama*), se analizaron las probabilidades de encontrar cada especie en los rangos propuestos para cada variable con un equipo de profesionales expertos como biólogos, ecólogos e ingenieros. A continuación, se detallan los valores con los que se trabajó a partir de ese análisis:

Para la altitud se trabajaron los rangos y probabilidades descritos en la tabla 3:

Tabla 3:

Porcentaje de encontrar las especies priorizadas en determinados rangos de altitud

Límite inf.	Límite sup.	Tapir o danta de tierras bajas (<i>Tapirus terrestris</i>) y danta de montaña (<i>Tapirus pinchaque</i>)	Jaguar (<i>Panthera onca</i>)	Puma (<i>Puma concolor</i>)	Nutria (<i>Lontra longicaudis</i>)	Manatí (<i>Trichechus manatus</i> y <i>Trichechus inunguis</i>)	Oso Anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>)
0	353	0	100	100	100	100	10
354	707	0	100	100	100	0	15
708	1061	0	100	100	100	0	25
1062	1415	0	100	100	100	0	65
1416	1769	10	75	100	80	0	85
1770	2123	25	50	100	60	0	100
2124	2477	50	25	100	40	0	100
2478	2831	75	10	100	30	0	100
2832	3185	100	0	100	20	0	100
3186	3539	100	0	100	10	0	100
3540	3893	75	0	100	0	0	80
3894	4247	50	0	100	0	0	50
4248	4601	25	0	80	0	0	25
4602	4955	10	0	25	0	0	0
4956	5309	0	0	0	0	0	0

En la tabla 4 se muestran los valores en rangos en porcentajes propuestos en la variable pendiente:

Tabla 4:

Porcentaje de encontrar las especies priorizadas en determinados rangos de pendiente

Límite inferior	Límite superior	Tapir o danta de tierras bajas (<i>Tapirus terrestris</i>) y danta de montaña (<i>Tapirus pinchaque</i>)	Jaguar (<i>Panthera onca</i>)	Puma (<i>Puma concolor</i>)	Nutria (<i>Lontra longicaudis</i>)	Manatí (<i>Trichechus manatus</i> y <i>Trichechus inunguis</i>)	Oso Anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>)
0	1	20	20	20	20	100	20
1	6	20	20	20	20	50	20
6	12	30	30	30	30	25	30
12	18	40	40	40	40	0	40
18	23	50	50	50	50	0	50

**DETERMINACIÓN POR MEDIO DE UN SIG DE LOS CORREDORES
ECOLÓGICOS PARA SEIS ESPECIES SOMBRILLA DE LOS ANDES
NORORIENTALES DE COLOMBIA**

Límite inferior	Límite superior	Tapir o danta de tierras bajas (<i>Tapirus terrestris</i>) y danta de montaña (<i>Tapirus pinchaque</i>)	Jaguar (<i>Panthera onca</i>)	Puma (<i>Puma concolor</i>)	Nutria (<i>Lontra longicaudis</i>)	Manatí (<i>Trichechus manatus</i> y <i>Trichechus inunguis</i>)	Oso Anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>)
23	29	60	60	60	60	0	60
29	34	70	70	70	70	0	70
34	39	80	80	80	80	0	80
39	46	90	90	90	90	0	90
46	58	100	100	100	100	0	100
58	90	0	0	0	0	0	0

Para la variable ambiental temperatura, a partir del campo pisos térmicos se analizó el porcentaje de probabilidad de encontrar cada especie tal como se muestra en la tabla 5:

Tabla 5:

Porcentaje de encontrar las especies priorizadas en determinados rangos de temperatura

Temperatura	Piso Térmico	Tapir o danta de tierras bajas (<i>Tapirus terrestris</i>) y danta de montaña (<i>Tapirus pinchaque</i>)	Jaguar (<i>Panthera onca</i>)	Puma (<i>Puma concolor</i>)	Nutria (<i>Lontra longicaudis</i>)	Manatí (<i>Trichechus manatus</i> y <i>Trichechus inunguis</i>)	Oso Anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>)
Mayor 24°C	Cálido	0	100	100	100	100	50
0 a 6°C	Extremadamente frío	100	0	100	25	0	80
12 a 18°C	Frío	100	25	100	80	0	100
6 a 12°C	Muy frío	100	0	100	50	0	100
Menor de 0°C	Nival	0	0	100	0	0	0
18 a 24°C	Templado	0	75	100	100	50	100

A continuación se presentan las tablas 6 – 7 y 8, con los porcentajes de encontrar las especies priorizadas en los variables drenajes dobles, sencillos y lagunas a partir del análisis realizado frente a las distancias a dichos elementos en territorio:

Tabla 6:

Porcentaje de encontrar las especies priorizadas en determinados rangos de distancia a cuerpos de agua

Límite inferior	Límite superior	Tapir o danta de tierras bajas (<i>Tapirus terrestris</i>) y danta de montaña (<i>Tapirus pinchaque</i>)	Jaguar (<i>Panthera onca</i>)	Puma (<i>Puma concolor</i>)	Nutria (<i>Lontra longicaudis</i>)	Manatí (<i>Trichechus manatus</i> y <i>Trichechus inunguis</i>)	Oso Anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>)
0	30	100	100	100	100	100	100
30	60	100	90	100	50	0	90
60	120	75	70	75	25	0	70
120	240	60	50	60	10	0	50
240	480	30	30	30	0	0	30
480	960	10	10	10	0	0	10
960	1920	5	5	5	0	0	5
3840	7680	0	0	0	0	0	0

Tabla 7:

Porcentaje de encontrar las especies priorizadas en determinados rangos distancia a Zonas Urbanas

Tabla 9:

Porcentaje de encontrar las especies priorizadas en determinados rangos de distancia a las lagunas.

Límite inferior	Límite superior	Tapir o danta de tierras bajas (<i>Tapirus terrestris</i>) y danta de montaña (<i>Tapirus pinchaque</i>)	Jaguar (<i>Panthera onca</i>)	Puma (<i>Puma concolor</i>)	Nutria (<i>Lontra longicaudis</i>)	Manatí (<i>Trichechus manatus</i> y <i>Trichechus inunguis</i>)	Oso Anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>)
0	30	100	100	100	100	100	100
30	60	100	90	100	50	0	90
60	120	75	70	75	25	0	70
120	240	60	50	60	10	0	50
240	480	30	30	30	0	0	30
480	960	10	10	10	0	0	10
960	1920	5	5	5	0	0	5
3840	7680	0	0	0	0	0	0

Finalmente en la tabla 10 se presentan los valores utilizados de acuerdo al análisis realizado para la variable Cobertura vegetal por cada especie:

Tabla 10:

Porcentaje de encontrar las especies priorizadas en determinadas coberturas

**DETERMINACIÓN POR MEDIO DE UN SIG DE LOS CORREDORES
ECOLÓGICOS PARA SEIS ESPECIES SOMBRILLA DE LOS ANDES
NORORIENTALES DE COLOMBIA**

Tipo	Tapir o danta de tierras bajas (<i>Tapirus terrestris</i>) y danta de montaña (<i>Tapirus pinchaque</i>)	Jaguar (<i>Panthera onca</i>)	Puma (<i>Puma concolor</i>)	Nutria (<i>Lontra longicaudis</i>)	Manatí (<i>Trichech us manatus y Trichech us inunguis</i>)	Oso Anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>)
Aeropuertos	0	0	0	0	0	0
Afloramientos rocosos	0	0	0	0	0	0
Algodón	0	0	0	0	0	0
Arbustal abierto	100	100	100	20	0	60
Arbustal Abierto Esclerófilo	50	100	100	20	0	60
Arbustal Abierto Meso filo	75	100	100	40	0	60
Arbustal denso	100	100	100	50	0	60
Arenales	0	0	0	0	0	0
Arroz	0	0	0	0	0	0
Bosque Abierto Alto de Tierra Firme	100	100	100	80	0	100
Bosque Abierto Alto inundable	100	100	100	80	0	100
Bosque Abierto Bajo de Tierra Firme	0	100	100	80	0	100
Bosque Abierto Bajo Inundable	0	100	100	80	0	100
Bosque de Galería y Ripario	100	100	100	100	0	100
Bosque Denso Alto de Tierra Firme	100	100	100	100	0	100
Bosque Denso Alto Inundable	100	100	100	100	0	100
Bosque Denso Bajo de Tierra Firme	0	100	100	100	0	100
Bosque Denso Bajo Inundable	0	100	100	100	0	100
Bosque Fragmentado	75	100	100	100	0	100
Bosque Fragmentado con Pastos y Cultivos	50	50	50	40	0	100
Bosque Fragmentado con Vegetación Secundaria	50	75	75	40	0	100
Cacao	0	0	0	0	0	0
Café	0	0	0	0	0	0
Canales	0	0	0	50	20	0
Caña	0	0	0	0	0	0
Caña de Azúcar	0	0	0	0	0	0
Caña Panelera	0	0	0	0	0	0

Tipo	Tapir o danta de tierras bajas (<i>Tapirus terrestris</i>) y danta de montaña (<i>Tapirus pinchaque</i>)	Jaguar (<i>Panthera onca</i>)	Puma (<i>Puma concolor</i>)	Nutria (<i>Lontra longicaudis</i>)	Manatí (<i>Trichechus manatus</i> y <i>Trichechus inunguis</i>)	Oso Anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>)
Cuerpos de Agua Artificiales	50	20	20	75	0	0
Cultivos Agroforestales	0	0	0	0	0	0
Cultivos Confinados	0	0	0	0	0	0
Herbazal Abierto Arenoso	0	50	50	40	0	40
Herbazal Abierto Rocosos	20	50	50	40	0	40
Herbazal Denso de Tierra Firme	100	50	50	40	0	40
Herbazal Denso de Tierra Firme Arbolado	100	50	50	50	0	40
Herbazal Denso de Tierra Firme con Arbustos	100	50	50	50	0	40
Herbazal Denso de Tierra Firme no Arbolado	100	50	50	40	0	40
Herbazal Denso Inundable	100	50	50	40	0	40
Instalaciones Recreativas	0	0	0	0	0	0
Lagunas, Lagos y Ciénagas Naturales	100	100	50	100	100	0
Maíz	0	0	0	0	0	0
Mosaico de Cultivos	0	0	0	0	0	0
Mosaico de Cultivos y Espacios Naturales	50	0	0	0	0	0
Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales	0	0	0	0	0	0
Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	0	0	0	0	0	0
Mosaico de Pastos y Cultivos	0	0	0	0	0	0
Obras Hidráulicas	0	0	0	0	0	0
Otros Cultivos Permanentes Arbóreos	0	0	0	0	0	0
Otros Cultivos Permanentes Herbáceos	0	0	0	0	0	0
Otros cultivos transitorios	0	0	0	0	0	0
Palma de aceite	0	0	0	0	0	0
Papa	0	0	0	0	0	0
Pastos Arbolados	0	0	0	0	0	0
Pastos Enmalezados	0	0	0	0	0	0
Pastos Limpios	0	0	0	0	0	0
Plantación Forestal	0	0	0	0	0	0
Plátano y banano	0	0	0	0	0	0

**DETERMINACIÓN POR MEDIO DE UN SIG DE LOS CORREDORES
ECOLÓGICOS PARA SEIS ESPECIES SOMBRILLA DE LOS ANDES
NORORIENTALES DE COLOMBIA**

Tipo	Tapir o danta de tierras bajas (<i>Tapirus terrestris</i>) y danta de montaña (<i>Tapirus pinchaque</i>)	Jaguar (<i>Panthera onca</i>)	Puma (<i>Puma concolor</i>)	Nutria (<i>Lontra longicaudis</i>)	Manatí (<i>Trichech us manatus y Trichech us inunguis</i>)	Oso Anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>)
Playas	0	0	0	30	0	0
Red vial, ferroviarias y terrenos asociados	0	0	0	0	0	0
Ríos	0	100	100	100	100	0
Tejido urbano Continuo	0	0	0	0	0	0
Tejido urbano Discontinuo	0	0	0	0	0	0
Tierras Desnudas y Degradadas	0	0	0	0	0	0
Turberas	100	0	0	0	0	0
Vegetación Acuática Sobre Cuerpos de Agua	50	50	50	100	0	0
Vegetación Secundaria Alta	100	100	100	60	0	80
Vegetación Secundaria Baja	50	75	75	60	0	80
Vegetación Secundaria o en Transición	50	75	75	50	0	80
Zonas Arenosas Naturales	0	0	0	0	0	0
Zonas de Extracción Minera	0	0	0	0	0	0
Zonas Glaciares y Nivales	0	0	0	0	0	0
Zonas Industriales o Comerciales	0	0	0	0	0	0
Zonas Pantanosas	75	0	0	0	0	0
Zonas Quemadas	0	0	0	0	0	0
Zonas Verdes Urbanas	0	0	0	0	0	0

Posteriormente, se realiza la reclasificación para cada variable por cada especie teniendo en cuenta los valores de las tablas de ponderación analizados (*paso "j" diagrama de flujo*) teniendo nueve (9) ráster por cada especie. Al rango trabajado en la tabla de probabilidad de cada variable se asignó el valor analizado. En la ilustración seis se muestran los nueve productos obtenidos sólo para el tapir o danta de tierras bajas (*Tapirus terrestris*) y danta de montaña (*Tapirus pinchaque*), es un proceso que se realizó 54 veces:

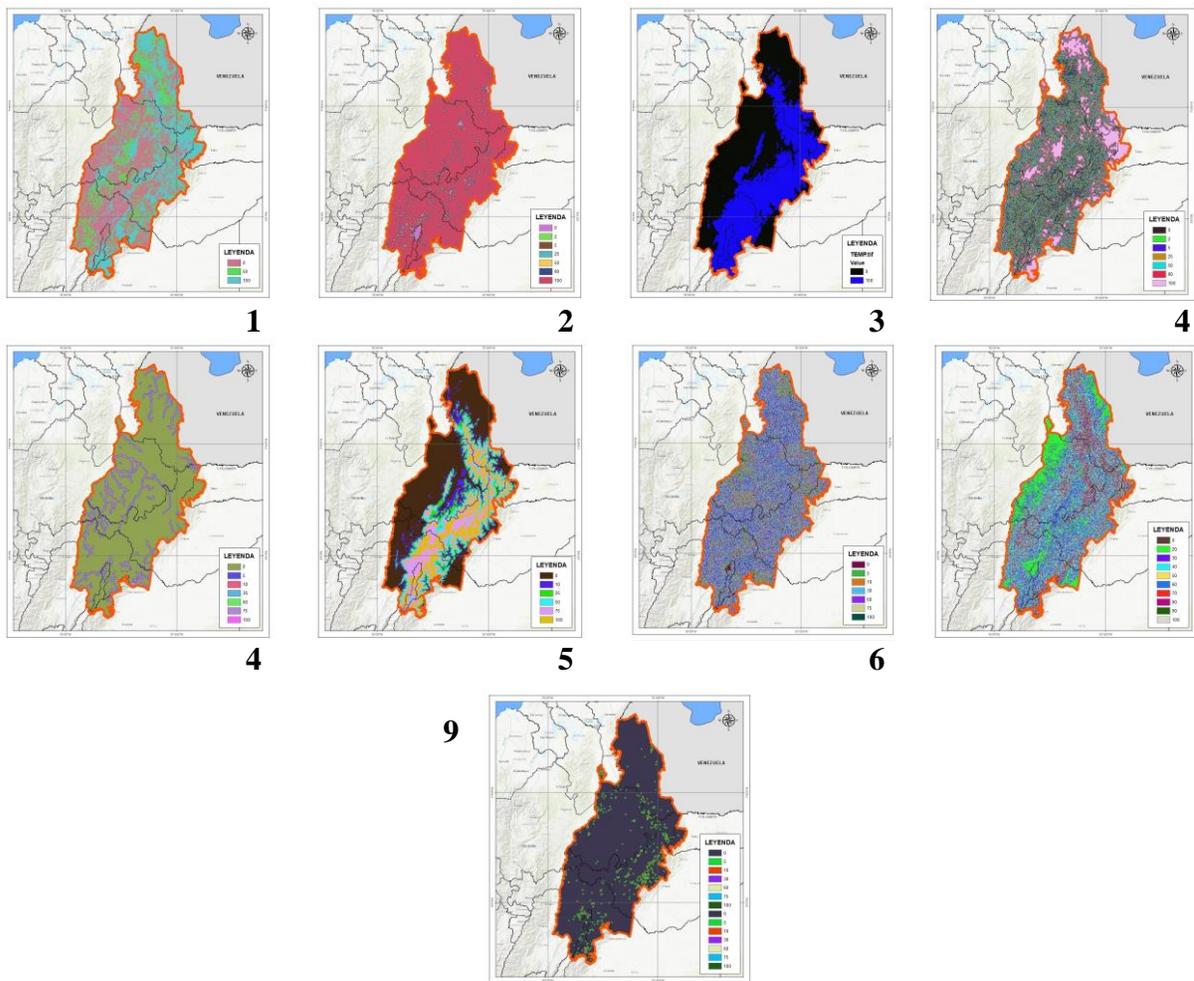


Ilustración 4: Modelamiento Variables 1- Coberturas 2 –Centros poblados 3 –Temperatura 4 – Vías 5- Drenajes Dobles 6- Altitud 7-Drenajes sencillo 8- Pendiente 9- Lagunas para el Tapir o Danta de tierras bajas (*Tapirus terrestris*) y Danta de montaña (*Tapirus pinchaque*)

Fuente: Propia

Para generar el modelo de distribución de cada especie priorizada para la región Andes Nororientales de Colombia se realizó el cálculo de pesos a asignar a cada variable por especie, se utilizó el método de Escala de comparación por pares de Saaty, este es un proceso de análisis

jerárquico que utiliza la escala numérica del 1 al 9 teniendo en cuenta la escala verbal tal como se muestra en la tabla No 11 (Mendoza, Solano, Palencia, & García, 2019)

Tabla 11:

Escala numérica para el cálculo de pesos de las variables para cada especie priorizada

Escala numérica	Escala Verbal	Explicación
1	Igual Importancia.	Los dos elementos contribuyen igualmente a la propiedad o criterio.
3	Moderadamente más importante un elemento que el otro.	El juicio y la experiencia previa favorecen a un elemento frente al otro.
4	Fuertemente más importante un elemento que la del otro.	El juicio y la experiencia previa favorecen fuertemente a un elemento frente al otro. Un elemento domina fuertemente.
7	Mucho más fuerte la importancia de un elemento que la del otro.	Su dominación está probada en práctica.
9	Importancia extrema de un elemento frente al otro.	Un elemento domina al otro con el mayor orden de magnitud posible.

A continuación, se presenta el cálculo de pesos para cada especie con las variables trabajadas:

Tabla 12:

Matriz de comparaciones pareadas utilizando el método Saaty para el Tapir o Danta de tierras bajas (Tapirus terrestris) y Danta de montaña (Tapirus pinchaque)

**DETERMINACIÓN POR MEDIO DE UN SIG DE LOS CORREDORES
ECOLÓGICOS PARA SEIS ESPECIES SOMBRILLA DE LOS ANDES
NORORIENTALES DE COLOMBIA**

El mismo procedimiento se realizó para las otras 5 especies, a continuación se presentan las matrices:

Tabla 14:

Matriz de comparaciones pareadas utilizando el método Saaty para el Jaguar (Panthera onca)

	Coberturas de la Tierra	Distancia a Cuerpos de Agua	Distancia a Lagunas	Temperatura	Pendientes	Altitud	Distancia Vías	Distancia Urbes
Coberturas de la Tierra	1,0	3,0	5,0	7,0	7,0	7,0	3,0	3,0
Distancia a Drenajes	0,3	1,0	1,0	5,0	7,0	5,0	3,0	3,0
Distancia a Lagunas	0,3	1,0	1,0	5,0	7,0	5,0	3,0	3,0
Temperatura	0,1	0,1	0,1	1,0	3,0	1,0	0,1	0,1
Pendientes	0,1	0,1	0,1	0,3	1,0	0,3	0,1	0,1
Altitud	0,1	0,2	0,2	1,0	0,3	1,0	0,2	0,2
Distancia Vías	0,3	0,3	0,3	7,0	7,0	5,0	1,0	1,0
Distancia Urbes	0,3	0,3	0,3	7,0	7,0	5,0	1,0	1,0
Totales	2,8	6,2	8,2	33,3	39,3	29,3	11,5	11,5

Tabla 15:

Matriz de comparaciones pareada normalizada para el Jaguar (Panthera onca).

	Coberturas de la Tierra	Distancia a Cuerpos de Agua	Distancia a Lagunas	Temperatura	Pendientes	Altura	Distancia Vías	Distancia Urbes	Peso Variable
Coberturas de la Tierra	0,4	0,5	0,6	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	33%
Distancia a Cuerpos de Agua	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	18%
Distancia a Lagunas	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	18%

Temperatura	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	3%
Pendientes	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2%
Altura	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3%
Distancia Vías	0,1	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	12%
Distancia Urbes	0,1	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	12%
Totales	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	100%

Tabla 16:

Matriz de comparaciones pareadas utilizando el método Saaty para el Manatí (Trichechus manatus y Trichechus inunguis)

	Cober turas de la Tierr a	Dist ancia a Cuerp os de Agua	Dist ancia a Lagu nas	Temp eratur a	Pendi entes	Altitud	Dist ancia Vías	Dist ancia Urbes
Coberturas de la Tierra	1,0	3,0	1,0	7,0	3,0	7,0	3,0	3,0
Distancia a Cuerpos de Agua	3,0	1,0	0,1	7,0	3,0	7,0	3,0	3,0
Distancia a Lagunas	9,0	9,0	1,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
Temperatura	0,1	0,1	0,1	1,0	0,2	1,0	0,1	0,1
Pendientes	0,2	0,3	0,1	0,2	1,0	5,0	0,2	0,2
Altitud	0,1	0,1	0,1	1,0	0,2	1,0	0,1	0,1
Distancia Vías	0,3	0,3	0,1	7,0	5,0	7,0	1,0	1,0
Distancia Urbes	0,3	0,3	0,1	7,0	5,0	7,0	1,0	1,0
Totales	14,2	14,3	2,7	39,2	26,4	44,0	17,5	17,5

Tabla 17:

Matriz de comparaciones pareada normalizada para el Manatí (Trichechus manatus y Trichechus inunguis)

	Cober turas de la Tierr a	Dist ancia a Cuerp os de Agua	Dist ancia a Lagu nas	Temp eratur a	Pendi entes	Altur a	Dist ancia Vías	Dist ancia Urbes	Peso Varia ble
Coberturas de la Tierra	0,1	0,2	0,4	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	18%
Distancia a Cuerpos de Agua	0,2	0,1	0,0	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	14%

**DETERMINACIÓN POR MEDIO DE UN SIG DE LOS CORREDORES
ECOLÓGICOS PARA SEIS ESPECIES SOMBRILLA DE LOS ANDES
NORORIENTALES DE COLOMBIA**

	Cober turas de la Tierr a	Dist ancia a Cuerp os de Agua	Dist ancia a Lagu nas	Temp eratur a	Pendi entes	Altur a	Dist ancia Vías	Dist ancia Urbes	Peso Varia ble
Distancia a Lagunas	0,6	0,6	0,4	0,2	0,3	0,2	0,5	0,5	43%
Temperatura	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2%
Pendientes	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	3%
Altura	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2%
Distancia Vías	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	9%
Distancia Urbes	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	9%
Totales	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	100%

Tabla 18:

Matriz de comparaciones pareadas utilizando el método Saaty para la Nutría (Lontra longicaudis)

	Cobert uras de la Tierra	Dist ancia a Cuerp os de Agua	Dist ancia a Lagu nas	Tem pera tura	Pendi entes	Altitud	Dist ancia Vías	Dist ancia Urbe s
Coberturas de la Tierra	1,0	1,0	1,0	7,0	7,0	7,0	3,0	3,0
Distancia a Cuerpos de Agua	1,0	1,0	1,0	7,0	7,0	7,0	5,0	5,0
Distancia a Lagunas	1,0	1,0	1,0	7,0	7,0	7,0	5,0	5,0
Temperatura	0,1	0,1	0,1	1,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Pendientes	0,1	0,1	0,1	0,3	1,0	0,3	0,1	0,1
Altitud	0,1	0,1	0,1	1,0	3,0	1,0	0,1	0,1
Distancia Vías	0,3	0,2	0,2	7,0	7,0	7,0	1,0	1,0
Distancia Urbes	0,3	0,2	0,2	7,0	7,0	7,0	1,0	1,0
Totales	4,1	3,8	3,8	37,3	39,1	36,5	15,4	15,4

Tabla 19:

Matriz de comparaciones pareada normalizada para la Nutría (Lontra longicaudis)

	Coberturas de la Tierra	Distancia a Cuerpos de Agua	Distancia a Lagunas	Temperatura	Pendientes	Altura	Distancia a Vías	Distancia a Urbes	Peso Variable
Coberturas de la Tierra	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	21%
Distancia a Cuerpos de Agua	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	25%
Distancia a Lagunas	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	25%
Temperatura	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2%
Pendientes	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2%
Altitud	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	3%
Distancia Vías	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	11%
Distancia Urbes	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	11%
Totales	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	100%

Tabla 20:

Matriz de comparaciones pareadas utilizando el método Saaty para el Oso de Anteojos

(Tremarctos ornatus)

	Cober turas de la Tierra	Distancia a Cuerpos de Agua	Distancia a Lagunas	Temperatura	Pendientes	Altitud	Distancia Vías	Distancia Urbes
Coberturas de la Tierra	1,00	5,00	9,00	7,00	3,00	7,00	3,00	3,00
Distancia a Cuerpos de Agua	0,20	1,00	3,00	5,00	0,33	5,00	0,14	0,14
Distancia a Lagunas	0,11	0,33	1,00	0,33	0,20	0,33	0,14	0,14
Temperatura	0,14	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,14	0,14
Pendientes	0,33	3,00	5,00	1,00	1,00	3,00	0,14	0,14
Altitud	0,14	0,20	3,00	1,00	0,33	1,00	0,14	0,14
Distancia Vías	0,33	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	1,00	1,00
Distancia Urbes	0,33	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	1,00	1,00
Totales	2,60	26,53	38,00	29,33	19,87	31,33	5,71	5,71

Tabla 21:

Matriz de comparaciones pareada normalizada para el Oso de Anteojos (Tremarctos ornatus)

**DETERMINACIÓN POR MEDIO DE UN SIG DE LOS CORREDORES
ECOLÓGICOS PARA SEIS ESPECIES SOMBRILLA DE LOS ANDES
NORORIENTALES DE COLOMBIA**

	Cobertura de la Tierra	Distancia a Cuerpos de Agua	Distancia a Lagunas	Temperatura	Pendientes	Altura	Distancia Vías	Distancia Urbes	Peso Variable
Coberturas de la Tierra	0,385	0,188	0,237	0,239	0,151	0,223	0,525	0,525	31%
Distancia a Cuerpos de Agua	0,077	0,038	0,079	0,170	0,017	0,160	0,025	0,025	7%
Distancia a Lagunas	0,043	0,013	0,026	0,011	0,010	0,011	0,025	0,025	2%
Temperatura	0,055	0,113	0,079	0,034	0,050	0,032	0,025	0,025	5%
Pendientes	0,128	0,113	0,132	0,034	0,050	0,096	0,025	0,025	8%
Altitud	0,055	0,008	0,079	0,034	0,017	0,032	0,025	0,025	3%
Distancia Vías	0,128	0,264	0,184	0,239	0,352	0,223	0,175	0,175	22%
Distancia Urbes	0,128	0,264	0,184	0,239	0,352	0,223	0,175	0,175	22%
Totales	1	1	1	1	1	1	1	1	100%

Tabla 22:

Matriz de comparaciones pareadas utilizando el método Saaty para el Puma (Puma concolor)

	Coberturas de la Tierra	Distancia a Cuerpos de Agua	Distancia a Lagunas	Temperatura	Pendientes	Altitud	Distancia Vías	Distancia Urbes
Coberturas de la Tierra	1,0	5,0	9,0	7,0	7,0	7,0	3,0	3,0
Distancia a Cuerpos de Agua	0,2	1,0	3,0	5,0	7,0	5,0	0,1	0,1
Distancia a Lagunas	0,1	0,3	1,0	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1
Temperatura	0,1	3,0	3,0	1,0	3,0	1,0	0,1	0,1
Pendientes	0,1	0,1	3,0	0,3	1,0	0,3	0,1	0,1
Altitud	0,1	0,2	3,0	1,0	3,0	1,0	0,1	0,1
Distancia Vías	0,3	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	1,0	1,0
Distancia Urbes	0,3	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	1,0	1,0
Totales	2,4	23,7	36,0	28,7	35,3	28,7	5,7	5,7

Tabla 23:

Matriz de comparaciones pareada normalizada para el Puma (Puma concolor)

	Coberturas de la Tierra	Distancia a Cuerpos de Agua	Distancia a Lagunas	Temperatura	Pendientes	Altura	Distancia Vías	Distancia Urbes	Peso Variable
Coberturas de la Tierra	0,4	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	33%
Distancia a Cuerpos de Agua	0,1	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	10%
Distancia a Lagunas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2%
Temperatura	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	6%
Pendientes	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3%
Altitud	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	4%
Distancia Vías	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	21%
Distancia Urbes	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	21%
Totales	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	100%

Finalmente con la herramienta *Weighted Sum* de *Spatial Analyst Tools* del software Arcgis se realizó la suma ponderada de los 9 ráster reclasificados de cada especie (paso “l” del diagrama), asignando el peso calculado previamente. Esta herramienta al ejecutarse, toma los valores de celda de cada ráster de entrada y los multiplica por el peso asignado, los valores de celda resultantes se agregan para producir el ráster de salida, es decir, el modelo de disponibilidad (*Ilustración 5*).

5.3.2 Fase II Realizar el modelo multiespecie a partir de los Modelos de disponibilidad de especies:

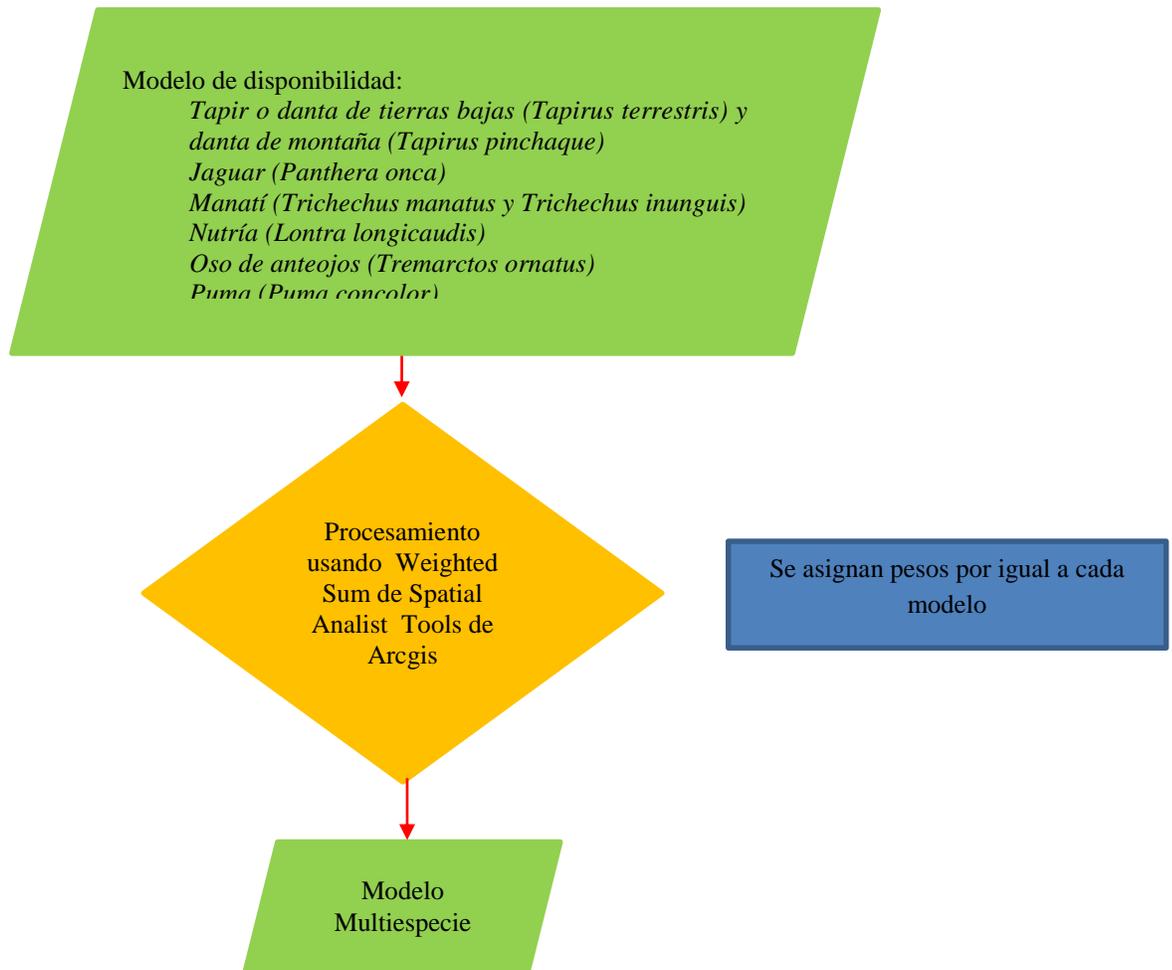


Ilustración 6: Diagrama de flujo metodología fase II del proyecto.

Fuente: Propia

Para obtener el modelo multiespecie, tal como se muestra en diagrama de flujo de la ilustración 6, utilizando como insumos los modelos de disponibilidad de las seis especies generados en la fase anterior, mediante el software Arcgis usando *Weighted Sum de Spatial Analyst Tools* se

DETERMINACIÓN POR MEDIO DE UN SIG DE LOS CORREDORES ECOLÓGICOS PARA SEIS ESPECIES SOMBRILLA DE LOS ANDES NORORIENTALES DE COLOMBIA

realizó la suma ponderada de estos, en este caso se asignaron pesos iguales a los modelos (16.67), en la ilustración 7 se muestra el modelo generado, las áreas de color rojo indican las zonas de óptimas condiciones para encontrar alguna de las especies priorizadas, al igual que el mapa de zonas aptas de especies sombrilla para la Región que resultó de convertir en formato shape las zonas con valores altos (Zonas en rojo) del ráster de Resistencia.

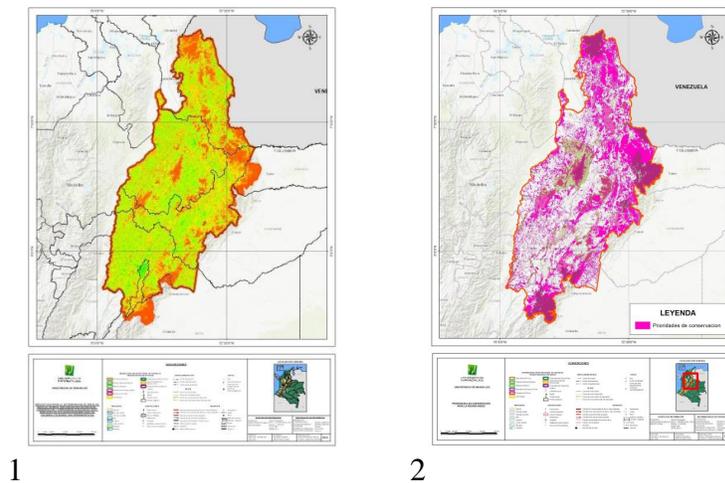


Ilustración 7: 1- Modelo multiespecie de la Región Andes Nororientales de Colombia, 2- Mapa zonas aptas de especies sombrilla para la Región Andes Nororientales de Colombia.

Fuente: Propia

5.3.3 Fase III Determinar el modelo de Resistencia de la Región Andes Nororientales de Colombia:

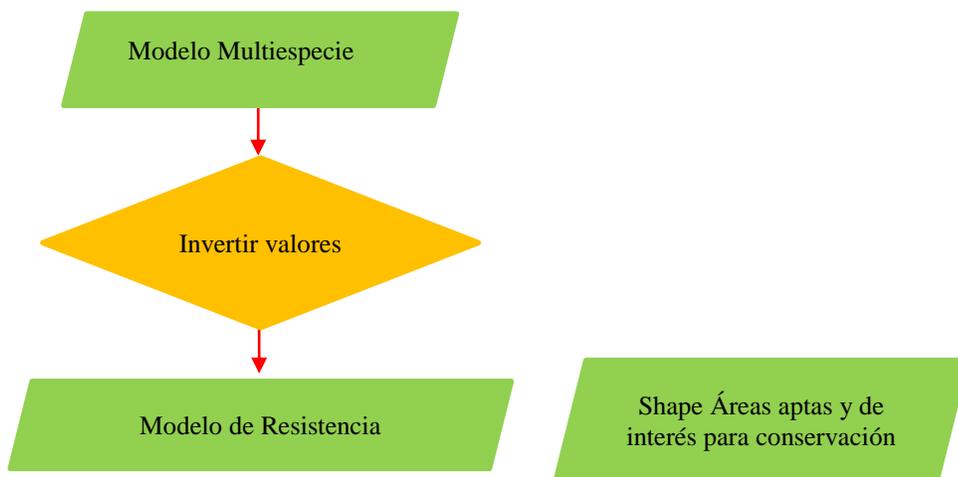


Ilustración 8: Diagrama de flujo metodología fase III del proyecto

Fuente: propia

Para generar el modelo de resistencia, se utilizó como insumo el modelo multiespecie, este modelo indica las zonas con mayor resistencia. Para generar este modelo se invirtieron los valores del ráster generado en el modelo multiespecie, en la figura 9 se muestra el resultado obtenido

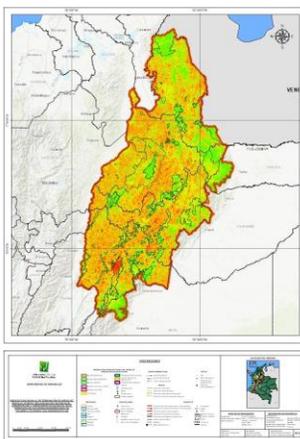


Ilustración 9: Modelo de Resistencia Región Andes Nororientales de Colombia

Fuente: Propia

5.3.4 Fase IV Determinar corredores ecológicos en la Región Andes Nororientales de Colombia:

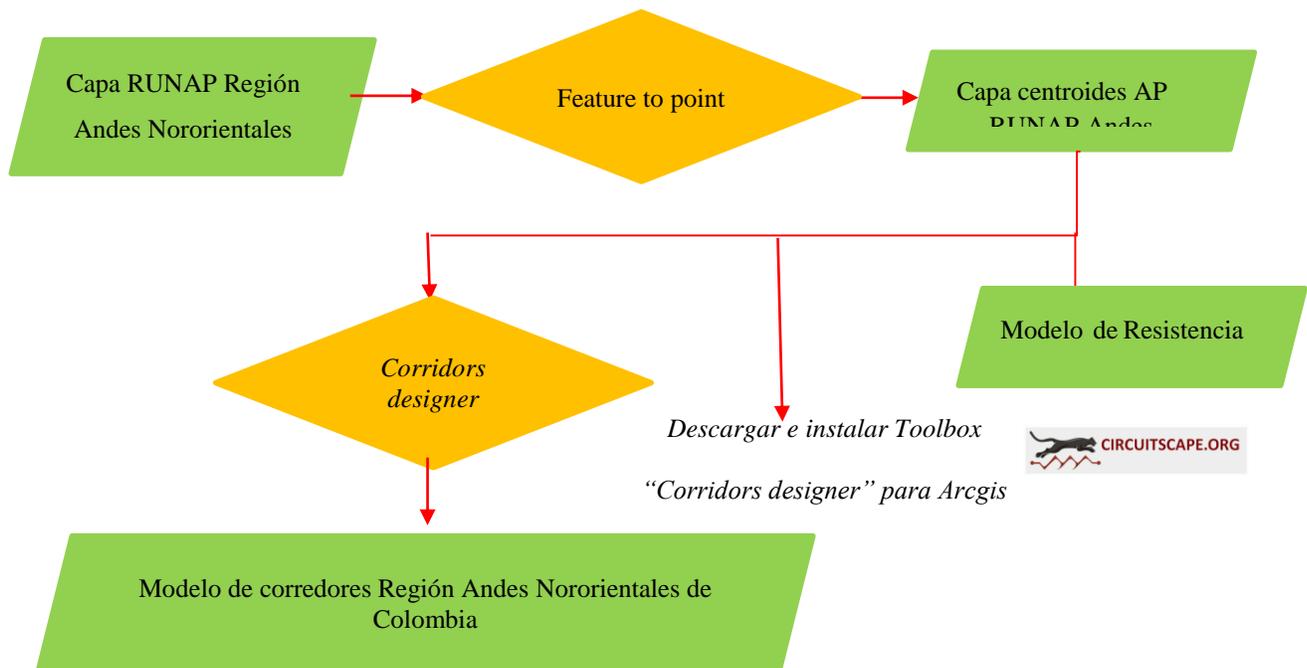


Ilustración 10: Diagrama de flujo metodología fase IV del proyecto

Fuente: Propia

Para llevar a cabo la fase IV del proyecto de acuerdo al Diagrama mostrado en la Ilustración 10, se utilizó el modelo de resistencia obtenido en la Fase II, y la capa de RUNAP (Registro Único Nacional de Áreas Protegidas) de la región Andes Nororientales; de este insumo se calculan los

centroides usando la herramienta *Feature to point* de Arcgis, y estos son los que se cargan junto con el modelo de resistencia en la herramienta *Corridors designer* la cual se descargó de la página *Corridordesign.org*, este tool box se agregó a la caja de herramientas de Arcgis para poder ser ejecutado, de este procedimiento se genera el modelo de corredores y shape de circuito que indican las zonas con alta probabilidad de que las especies utilicen para movilizarse en la región (Ilustración 11)

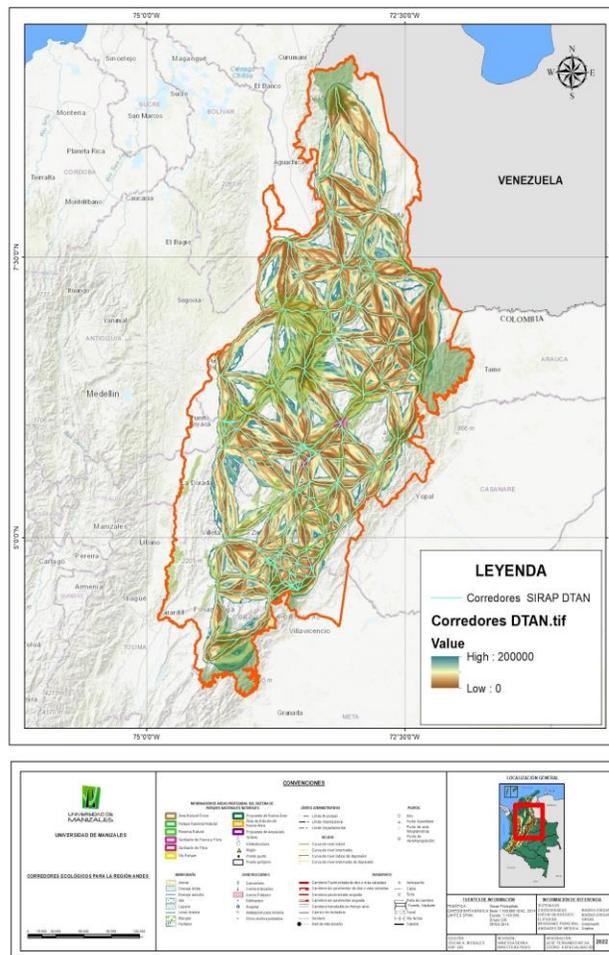


Ilustración 11: 1- Mapa corredores ecológicos Región Andes Nororientales de Colombia

Fuente: Propia

5.3.5 Fase V: Consolidar la información temática y los modelos generados mediante un SIG que permita a las Entidades del orden Nacional, Regional y/o municipal tomar decisiones en pro de generar acciones sobre las zonas priorizadas o de especial interés de conservación).

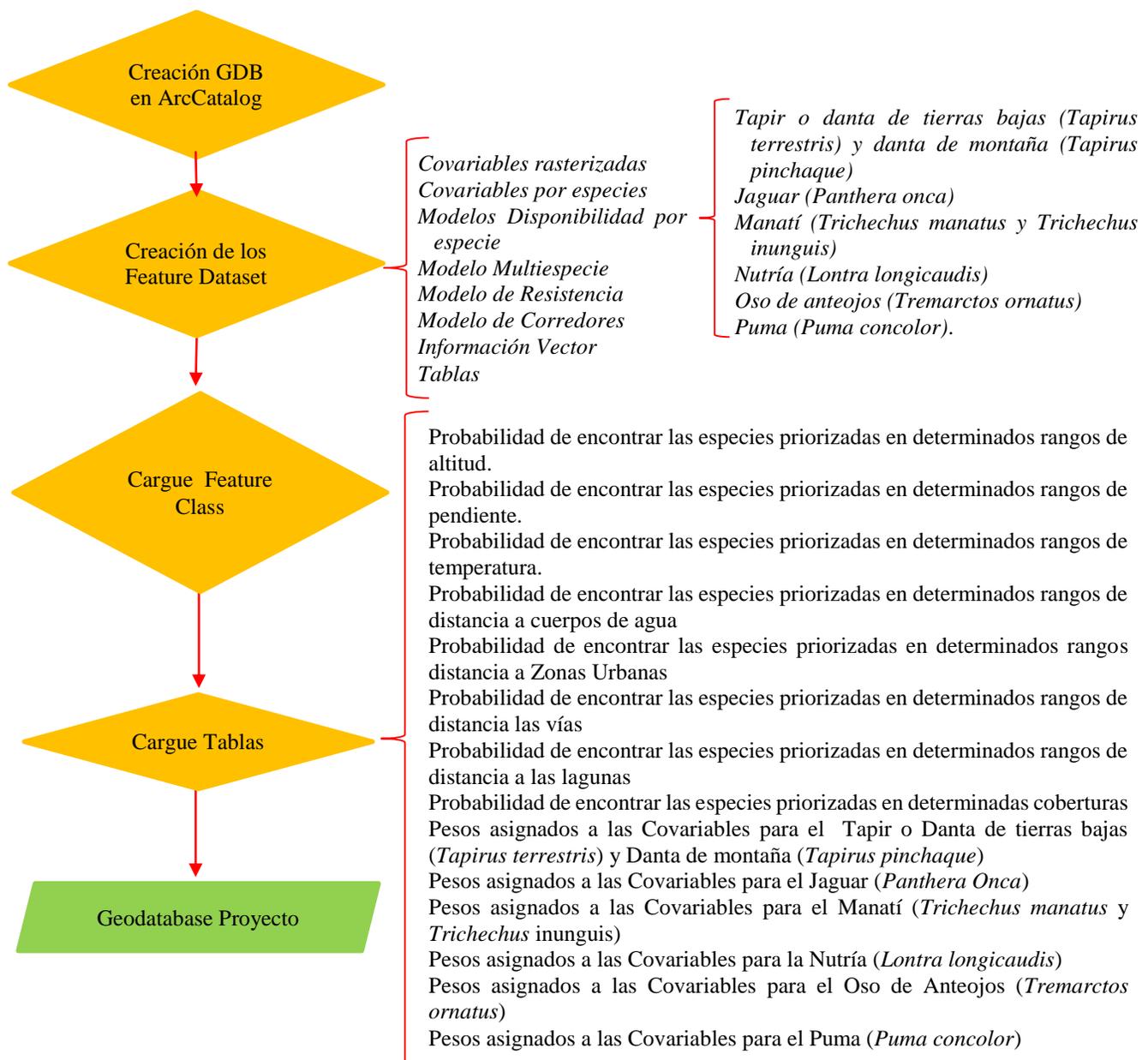


Ilustración 12: Diagrama de flujo metodología fase V del proyecto

Fuente: Propia

La Ilustración 12 muestra el diagrama de flujo de la Geodatabase del proyecto, para lo cual, lo primero que se realizó fue la creación de la Geodatabase en ArcCatalog, se crearon los Datasets y posteriormente se cargaron los Feature Class.

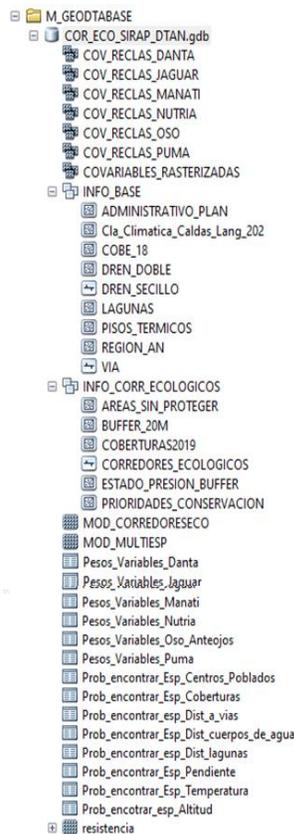


Ilustración 13: GDB con toda la información del proyecto consolidada

Fuente: Propia

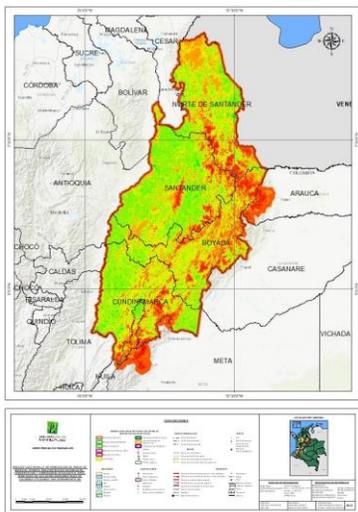
6. Resultados y discusiones

A continuación, se presentan los resultados obtenidos por cada fase:

6.1 Fase I Realizar el modelo de probabilidad de presencia de especies a partir de variables ambientales en la región Andes Nororientales de Colombia:

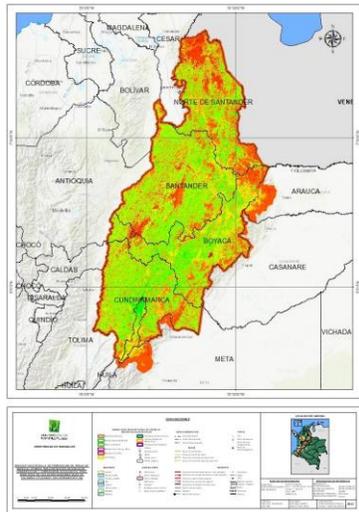
Se reunieron los insumos necesarios en formato ráster (DEM) y vector (vías, cuerpos de agua, centros poblados, coberturas necesarios) para poder hacer los respectivos análisis por especie.

Se realizó un ejercicio que involucró diferentes expertos para definir el comportamiento de cada especie con cada una de las variables ambientales y regionalizables utilizadas. Así mismo, se calcularon los pesos para poder obtener los modelos de disponibilidad:



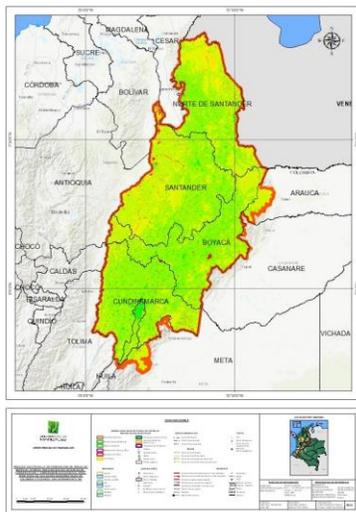
Modelo de disponibilidad del tapir o danta de tierras bajas (*Tapirus terrestris*) y danta de montaña (*Tapirus pinchaque*):

Se puede observar que los sitios más aptos para esta especie se concentran en los Parques Nacionales Chingaza, Yariguíes y Cocuy, se observa un corredor muy marcado empezando desde el sector oriental de la Región Andes a comunicarse con San Turban en dirección norte al PNN Catatumbo Barí



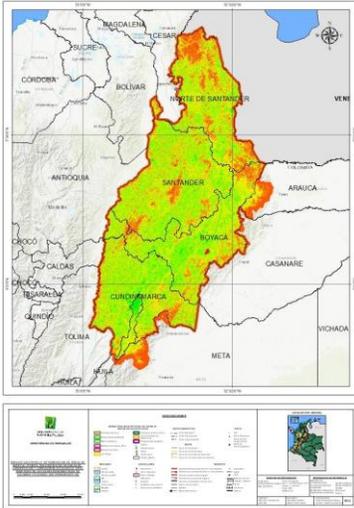
Modelo de disponibilidad del Jaguar (*Panthera onca*):

El modelo calculado indica que los sitios aptos para encontrar esta especie en la región Andes, se concentran en cuatro zonas específicas de la Región: al suroriente en cercanías al PNN Chingaza, al nororiente del departamento de Boyacá en inmediaciones del PNN El Cocuy y PNN Tamá, DRMI Del Rio Minero y sus Zonas Aledañas Parque Regional Serranía de las Quinchas, DRMI Serranía de los Yariguíes y PNN Serranía de los Yariguíes y al norte del departamento de Norte de Santander en el PNN Catatumbo Barí.



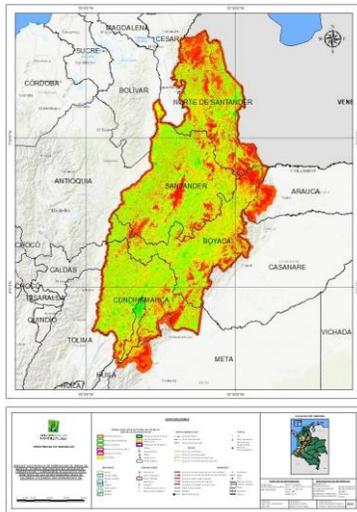
Modelo de disponibilidad del Manatí (*Trichechus manatus* y *Trichechus inunguis*):

La disponibilidad de esta especie se concentra en zonas específicas: ecosistemas acuáticos. Para ver el detalle del modelo generado se debe buscar la escala adecuada, y en términos generales están dados a los drenajes dobles más representativos de la región, en especial los ubicados en el sector del Magdalena medio, al oriente de Norte Santander y sur oriente del departamento de Cundinamarca en cercanías al departamento del Meta



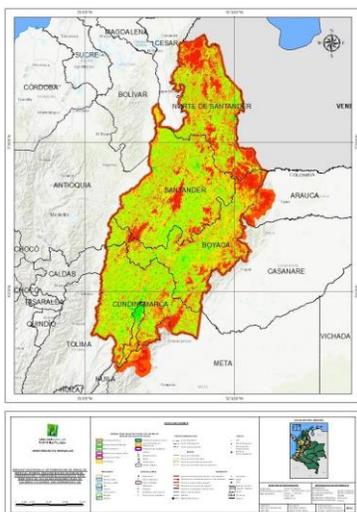
Modelo de disponibilidad de la Nutria (*Lontra longicaudis*):

El modelo generado para esta especie indica que los sitios aptos se concentran en zonas muy específicas de la región; predominando un parche bastante extenso en la región del Catatumbo en el Departamento de Norte Santander, y al sur oriente de este departamento también en límites con Venezuela, en el departamento de Boyacá se observa que los sitios más aptos están ubicados al norte del departamento en inmediaciones con el departamento de Arauca, Norte de Santander y Santander, siendo lugares óptimos el DRMI Del Rio Minero y sus Zonas Aledañas al Parque Regional Serranía de las Quinchas y el PNN Serranía de los Yarigués. Llama la atención que no se ve un corredor muy claro entre estas dos últimas Áreas protegidas, creando una especie de Isla en el PNN Yarigués. En Arauca en el municipio de Tame al interior del PNN EL Cocuy en su extremo oriental se ve una extensa área apta para esta especie.



Modelo de disponibilidad del Oso Andino (*Tremarctos ornatus*):

Llama la atención del modelo un corredor no muy continuo que va de norte a sur de la Región Andes por toda la cordillera occidental pasando desde Sumapaz, Chingaza a conectar al PNN Pisba, PNN El Cocuy, PNN Tamá, PNR San turban Salazar de las Palmas y PNN Catatumbo Barí. Por otro lado, en el sector Guantiva La Rusia en inmediaciones del Depto. de Santander con Boyacá, donde se ubica el SFF Guanentá Alto Río Fonce e Iguaque se ve una alta posibilidad de encontrar esta especie. Y por último en la zona que comprende el PNR Serranía de las Quinchas a conectar con el PNN Serranía de los Yariguíes se ve un sector de óptimas condiciones para esta especie.



Modelo de disponibilidad del Puma (*Puma concolor*):

Al igual que el oso se ve claramente un corredor de norte a sur conectado por las AP ubicadas al oriente de la región Andes hasta San Turban en donde se ve que cambian las condiciones ya que no se identifican zonas aptas tan claras o tan conectadas, sin embargo se observa que en el sector norte del Depto. de Norte de Santander hay una zona apta para esta especie concentrada especialmente en el PNN

Catatumbo Barí. Por otro lado, se observa el corredor Serranía las Quinchas al PNN Serranía de los Yarigués y el sector comprendido entre el SFF Iguaque hacia el norte a conectar con el DRMI Páramos Guantiva la Rusia.

Los modelos de Disponibilidad de especies muestran a nivel región las zonas aptas para las especies priorizadas a partir de los análisis realizados con cada una de las variables ambientales y regionalizables, a partir de su comportamiento ante los rangos definidos.

Se realizó una comparación de los modelos generados con modelos de otras fuentes y con registros de especies reportados en diferentes repositorios, con el fin de comparar la veracidad de los resultados obtenidos. Se utilizó las capas de distribución potencial de las especies priorizadas de UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), información de Registros dispuesta en SIB (Sistema de Información sobre la Biodiversidad de Colombia); estos registros reposan en GBIF (Global Biodiversity Information Facility), datos de avistamientos reportados mediante ejercicios de PVYC en la plataforma de SicoSmart en Parques Nacionales Naturales de Colombia, de esta comparación se pudo observar que los modelos generados tienen un nivel alto de veracidad, se encontraron similitudes en los modelos calculados, con los de otras fuentes. A continuación, se presentan mapas por cada modelo de disposición:

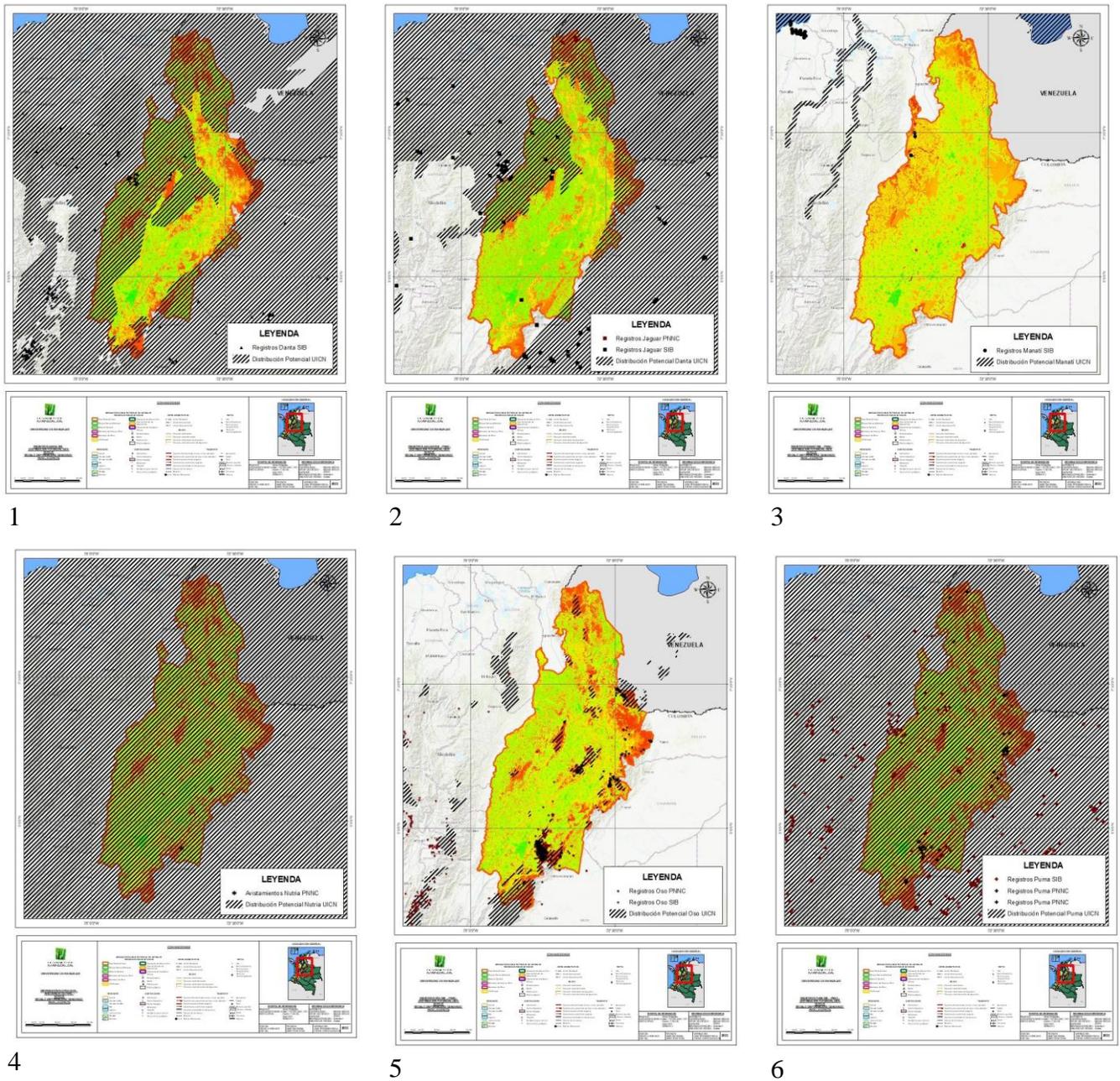
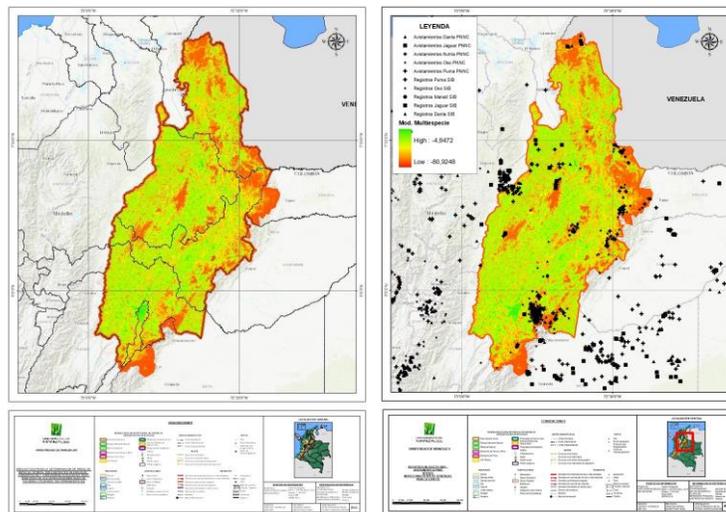


Ilustración 14: Comparación modelo Disponibilidad calculado con Modelo de distribución potencial 1- Tapir o danta de tierras bajas (Tapirus terrestres) y Danta de montaña (Tapirus pinchaque), 2- jaguar (Panthera onca), 3- Manatí (Trichechus manatus y Trichechus inunguis), 4- Nutria (Lontra longicaudis), 5- Oso de anteojos (Tremarctos ornatus), 6- el puma (Puma concolor) según la UICN – Registros biológicos SIB y avistamientos PNNC

Fuente: Propia

- **6.2 Fase II Realizar el modelo multiespecie a partir de los Modelos de disponibilidad de especies:**

Se obtuvo el modelo Multiespecie de la Región Andes Nororientales de Colombia, el cual indica las zonas óptimas para encontrar las especies sombrilla en la región, por tener condiciones aptas a partir de las variables analizadas para las especies priorizadas, de igual manera se comparó con los datos de otras fuentes y se evidenció que las zonas en donde la Región Andes Nororientales presenta mayor resistencia, hay registros de datos en GBIF o en Parques Nacionales Naturales de Colombia, lo que indica que el modelo se acerca a la realidad de territorio. A continuación, se muestra la imagen 27 con el modelo de resistencia y el resultado de la comparación con datos de otras fuentes:



1

2

Ilustración 15: 1 -Modelo multiespecie, 2 -Modelo multiespecie con puntos de registros biológicos SIB y Avistamientos PNNC

Fuente: Propia

El *shape* de Áreas potenciales obtenido tiene 4'731.092,4049 de Ha, de las cuales 1'607.033,8584 Ha ya están protegidas por encontrarse dentro de los polígonos alinderados del SIRAP AN. A continuación, se presenta el mapa en donde se muestra de color magenta las zonas aptas y en oscuro las áreas que ya se encuentran dentro de Áreas Protegidas.

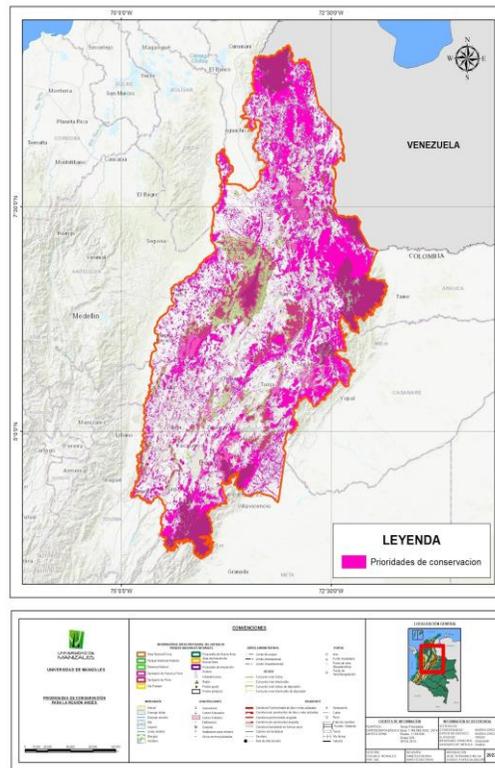


Ilustración 16: Mapa zonas aptas de especies sombrilla para la Región Andes Nororientales de Colombia.

Fuente: Propia

Este insumo servirá de base para que autoridades ambientales y entes territoriales de la Región Andes Nororientales de Colombia puedan utilizar en sus ejercicios de ordenamiento, y puedan generar acciones que permitan el mejoramiento del estado de estas zonas para que los corredores no se corten y puedan cumplir su objetivo que es permitir el paso de especies y de esta manera se pueda llevar a cabo el ciclo de vida y permitan a los ecosistemas regenerarse y/o mantenerse.

6.3 Fase III Determinar el modelo de Resistencia de la Región Andes Nororientales de Colombia:

Se obtuvo el modelo de resistencia de la Región Andes Nororientales de Colombia, el cual indica las zonas con óptimas condiciones y por las cuales hay alta probabilidad de flujo de especies en la región Andes Nororientales. Se evidencia que las Zonas declaradas como Áreas protegidas presentan mayor resistencia, y se evidencia con este modelo algunas zonas que deberían tenerse en cuenta por su alta resistencia, esto con el fin de generar mayores áreas para conservación, contribuyendo en gran medida no sólo a disminución de efectos de calentamiento global, si no que permitiendo la conservación de las especies que habitan la zona.

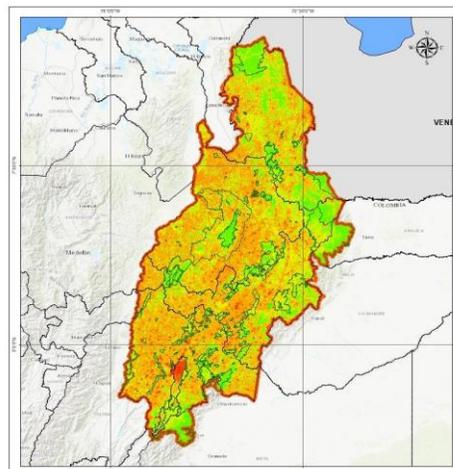
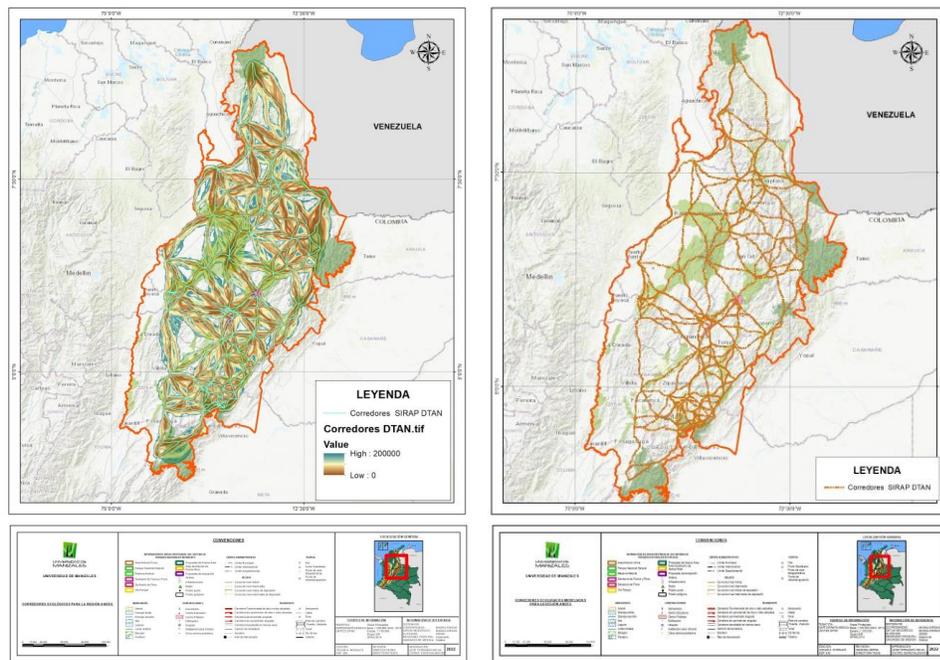


Ilustración 17: Modelo multiespecie de la Región Andes Nororientales de Colombia

Fuente: Propia

• **6.4 Fase IV Determinar corredores ecológicos en la Región Andes Nororientales de Colombia**

A partir del modelo de resistencia, y con la información de la ubicación del Sistema Regional de Áreas Protegidas de la región Andes Nororientales se generó el modelo de corredores ecológicos el cual indica las zonas óptimas por donde transitan las especies en busca de alimentación, o mejorar sus condiciones de vida o cumplir la función en el ecosistema.



1

2

Ilustración 18: 1- Mapa Modelado de corredores ecológicos Región Andes Nororientales de Colombia, 2- Corredores ecológicos Región Andes Nororientales de Colombia

Fuente: Propia

Del *shape* de corredores ecológicos principales para la Región Andes Nororientales de Colombia, se calculó una distancia total de 10.600,77 km. Para evaluar el estado de estos, se generó un buffer de 20 metros a los corredores modelados (Ilustración 18 – 2) y utilizando información de coberturas 2018 del IDEAM, se clasificaron en coberturas naturales y antrópicas para determinar el estado de los mismos, siendo las naturales todas aquellas que no presentan perturbaciones, y las antrópicas, aquellas coberturas transformadas por las actividades humanas. Del buffer creado, se obtuvo un área total de 32.570,404 Ha calculadas en sistemas de referencia CTM12 (ANEXO L).

El 70% (22.778,1434 Ha) de las áreas del buffer estudiado están en coberturas naturales, el restante equivale a 9.792,2607 Ha se encuentran transformadas o en presión.

En cuanto a las coberturas naturales predominan los Bosques Densos altos de tierra firme con 6581,4706 Ha que corresponden al 20% de las coberturas totales dentro del buffer estudiado, de igual manera en la Ilustración 19 se presentan las coberturas en estado natural más representativas encontradas en el buffer de los corredores:

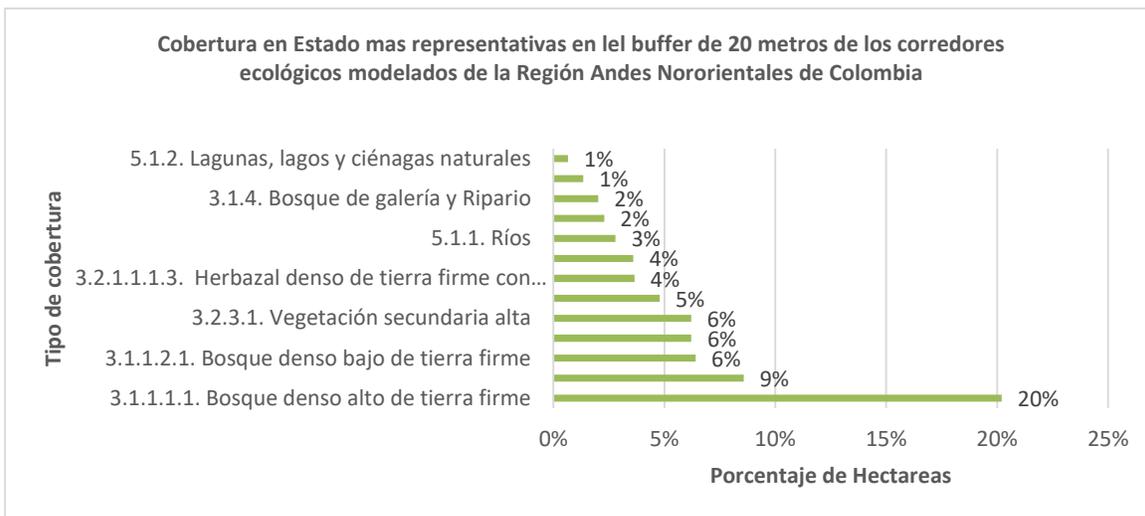


Ilustración 19: Coberturas naturales buffer 20 metros de los corredores modelados

Fuente: Propia

Frente a las coberturas antrópicas, predominan los Pastos Limpios con 3412,1886 Ha, lo que equivale a un 10% del total de coberturas del buffer estudiado, el 25% del área total de la zona del buffer corresponden a pastos, en la ilustración 20 se muestran las coberturas antrópicas más representativas de la zona que comprende los 20m a ambos lados de los corredores modelados:

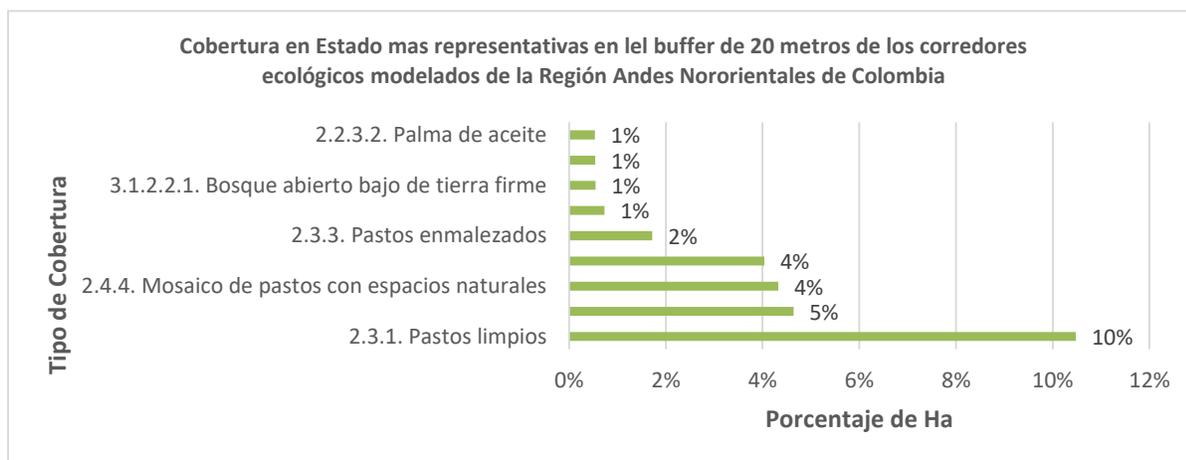


Ilustración 20: Coberturas antrópicas buffer 20 metros corredores modelados

DETERMINACIÓN POR MEDIO DE UN SIG DE LOS CORREDORES ECOLÓGICOS PARA SEIS ESPECIES SOMBRILLA DE LOS ANDES NORORIENTALES DE COLOMBIA

Fuente: Propia

A continuación, se presenta el mapa estado – Presión de los corredores ecológicos modelados a partir del análisis descrito anteriormente, en rojo las áreas transformadas por acciones antrópicas y en verde las zonas de coberturas naturales:

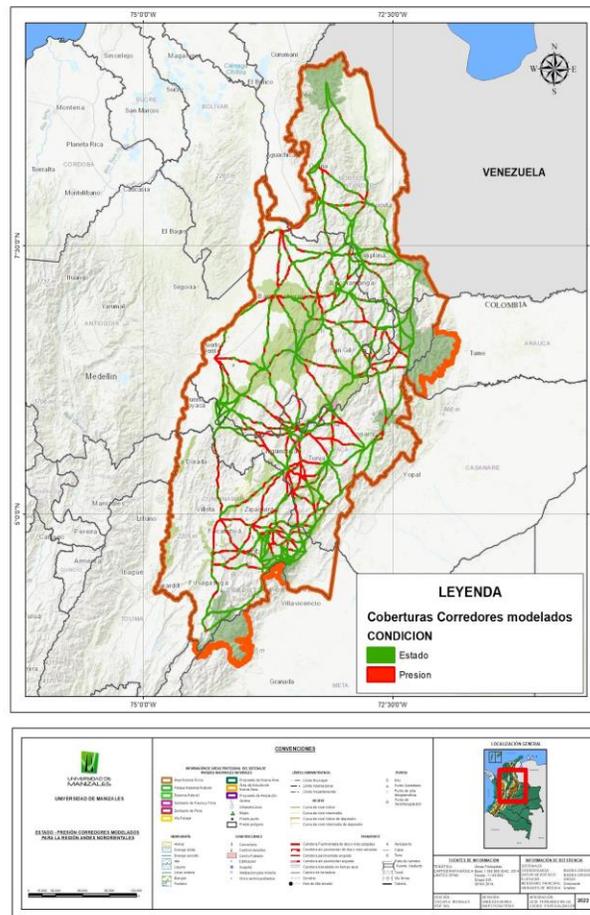


Ilustración 21: Mapa estado presión del buffer de 20 metros de los corredores modelados

Fuente: Propia

En cuanto a áreas por departamento, en la Tabla 24, se muestra el valor de las coberturas naturales y antrópicas por los departamentos que componen la Región Andes Nororientales de Colombia:

Tabla 24:

Estado - Presión en los departamentos de la región Andes Nororientales de Colombia

<u>Departamento/ condición</u>	<u>Área (Ha)</u>	<u>% áreas por Depto.</u>	<u>% condición</u>
<u>ARAUCA</u>	<u>11,3662</u>	0%	
Estado	11,3662		0,035%
<u>BOYACÁ</u>	<u>9115,0188</u>	28%	
Estado	6153,9430		18,894%
Presión	2961,0757		9,091%
<u>CASANARE</u>	<u>32,9706</u>	0%	
Estado	32,9701		0,101%
Presión	0,0005		0,000%
<u>CUNDINAMARCA</u>	<u>6904,6615</u>	21%	
Estado	4627,2305		14,207%
Presión	2277,4310		6,992%
<u>META</u>	<u>117,4177</u>	0%	
Estado	113,6732		0,349%
Presión	3,7445		0,011%
<u>NORTE DE SANTANDER</u>	<u>4738,1239</u>	15%	
Estado	3783,8365		11,617%
Presión	954,2874		2,930%
<u>SANTANDER</u>	<u>4</u>	36%	
Estado	8055,1249		24,731%
Presión	3595,7214		11,040%
	<u>32570,405</u>		
<u>Total general</u>	<u>1</u>	<u>100%</u>	<u>100%</u>

**DETERMINACIÓN POR MEDIO DE UN SIG DE LOS CORREDORES
ECOLÓGICOS PARA SEIS ESPECIES SOMBRILLA DE LOS ANDES
NORORIENTALES DE COLOMBIA**

El departamento con mayores coberturas en presión de los corredores ecológicos es Santander con el 11.04%. A su vez, también es el departamento que más área de corredores ecológicos tiene, con un 36% del total de los corredores modelados.

Al revisar la vocación de uso del suelo del buffer generado a los corredores, se calcularon las áreas destinadas en las zonas dentro de los corredores. A continuación, se presenta la Tabla 25, en donde se observa el 58 % de los usos del suelo de la región comprendida en el buffer de estudio de los corredores modelados es de uso forestal. Desde el punto de vista ambiental el 19% de las áreas están destinadas a conservación, y el 18% destinada a uso agrícola y agroforestal. A favor se tiene que, destinadas a ganadería sólo hay 471 Ha, que equivalen al 1% del total de coberturas de la región, siendo esta actividad una de las que más contribuye a la degradación de los ecosistemas.

Tabla 25:

Vocación de uso de suelo para el buffer de 20 m del trazado de los corredores ecológicos de la Región Andes Nororientales de Colombia

<u>Vocación</u>	<u>Área Ha (CTM12)</u>	<u>Área Ha (CTM12)</u>
Agrícola	29,365,392	9.0%
Agroforestal	30,112,178	9.2%
Conservación de Suelos	60,851,309	18.7%
Cuerpo de agua	11,085,148	3.4%
Forestal	188,052,759	57.7%
Ganadera	4,713,455	1.4%
Zonas urbanas	1,524,111	0.5%

<u>Vocación</u>	<u>Área Ha</u> <u>(CTM12)</u>	<u>Área Ha</u> <u>(CTM12)</u>
<u>Total general</u>	<u>325,704,352</u>	100.0%

De lo anterior se presume que hay un conflicto de uso del suelo en las zonas de los corredores ecológicos modelados, ya que los porcentajes de áreas pastos que corresponde al 25% según las coberturas IDEAM y el uso establecido en la zona sólo es de 1.4% destinado a ganadería. Se evidencia una alerta que debe abordar los entes territoriales en virtud de velar por la continuidad y conservación de los corredores ecológicos. A continuación se presentan el mapa de usos de los corredores identificados en el área de interés:

- **6.5 Fase V: Consolidar la información temática y los modelos generados mediante un SIG que permita a las Entidades del orden Nacional, Regional y/o municipal tomar decisiones en pro de generar acciones sobre las zonas priorizadas o de especial interés de conservación).**

Todos los modelos generados forman parte integral de la Geodatabase generada, la cual constituye el ANEXO M del presente documento. Esta contiene toda la información espacial procesada y las tablas de probabilidad de encontrar una especie a partir del análisis realizado de cada variable, junto con las tablas de los pesos asignados y trabajados en el procesamiento de los modelos.

Esta será el insumo que puedan usar las entidades gubernamentales y autoridades ambientales para generar análisis particulares de territorio, en pro de implementar políticas públicas tendientes a mejorar el estado de los corredores y generar conciencia en los territorios en pro de la conservación mediante acciones que permitan el trabajo mancomunado con las comunidades. Los modelos obtenidos tienen similitudes con los modelos comparados: GBIF, UICN, Registros de Parques Nacionales. De estas tres fuentes de datos llama la atención las coincidencias obtenidas con los registros aportados por Parques Nacionales en tanto que estos datos coincidieron con las zonas modeladas como aptas para las especies mediante el presente trabajo de grado, esto indica que los análisis realizados con los diferentes expertos pero también la metodología utilizada están acordes y tienen un grado de confianza tal que permita ser tenidos en cuenta como un insumo para la planeación con miras a la ordenación del territorio, pero también para temas de investigación frente a las especies sombrilla estudiadas.

En la definición de los corredores se definió un buffer de 20 metros a lado y lado de los trazados obtenidos mediante el modelamiento, no obstante este valor se debe ajustar al hacer un ejercicio de conservación de los mismos para garantizar la estructura, composición y función de las áreas a conservar. De acuerdo al análisis realizado, en el buffer de 20 metros, se evidenció un conflicto de uso del suelo en las zonas de los corredores ecológicos modelados, ya que el porcentaje de área de pastos corresponde al 25% según las coberturas IDEAM y el uso establecido en la zona sólo es de 1.4% destinado a ganadería. Es de aclarar que los pastos generalmente se asocian al pastoreo o actividades ganaderas o pecuarias.

Se evidencia una alerta que debe abordar los entes territoriales en virtud de velar por la continuidad y conservación de los corredores ecológico, este insumo constituye una herramienta para que se evalúen desde cada EOT o POT o PBOT de los municipios por donde pasan los corredores modelados, para que se tomen las decisiones a que haya lugar.

De acuerdo a los trabajos realizados por Cáceres, 2015 en donde modeló los sitios óptimos para el jaguar (*Panthera onca*) y Oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en la región Andina de Colombia, se encuentran similitudes en las zonas definidas por Cáceres como óptimas y las modeladas mediante el presente trabajo, especialmente en el corredor que comprende El Santuario de Fauna y Flora Guanentá Alto Río Fonce, Parque Nacional Natural Pisba, Parque Nacional Natural El Cocuy y el Parque Nacional Natural Tamá.

Frente al tránsito de las especies por los corredores modelados, mediante el análisis del estado presión de las coberturas por las áreas de estos, se evidencia que la movilidad de las especies puede estar reducida en especial en los corredores entre el parque Nacional Natural Chingaza y

el Santuario de Fauna y Flora Iguaque. En términos generales la zona centro del Departamento de Boyacá, se evidencia un alto deterioro de los corredores.

7. Conclusiones

Los corredores ecológicos constituyen un insumo para la conservación de especies, ya que por medio de ellos se distribuye la fauna a lo largo del territorio. Con datos de poblaciones, registros de avistamientos, o analizando la probabilidad de encontrar determinadas especies a partir de su comportamiento frente a las características de una región o territorio, se puede obtener modelos que permitan estimar desde la distribución de las mismas hasta delimitación de zonas aptas para su supervivencia.

Los modelos de disponibilidad, o corredores ecológicos son insumos necesarios para estudiar áreas potenciales para conservación cuando el objeto es la preservación de una especie específica. Dentro de la ruta declaratoria de un Área Protegida se requieren otro tipo de análisis adicionales, pero sin duda, esta información permitirá priorizar las zonas del territorio de los Andes Nororientales a las que se debe prestar especial atención, para permitir la conectividad de los ecosistemas, su conservación y así mismo la distribución de las especies que habitan la región.

El modelo multiespecie aporta información relevante para la región, por la importancia y el papel fundamental de las especies seleccionadas para el presente estudio, ya que cada una de ellas cumple un papel fundamental en los diferentes ecosistemas, y algunas como el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) están en peligro de extinción. Por lo que, mirar hacia las zonas en donde el modelo multiespecie presenta altos valores de aptitud para efectos de ver qué acciones necesitan para garantizar los hábitats, contribuirá en gran medida a la preservación de las especies, no solo las sombrilla, si no también aquellas con las cuales cohabitan.

Los modelos obtenidos tienen similitudes con los modelos comparados (Humboldt, UICN), para efectos de estadística de datos faltó un análisis más profundo en compañía de un equipo interdisciplinar con el fin de ajustar mejor los modelos obtenidos a partir de la estadística de datos espaciales. No obstante, esto puede ser objeto de una segunda parte al trabajo propuesto.

Al realizar la comparación de los modelos obtenidos con datos de registros de GBIFF y SIB Colombia, muchos de los registros de especies encontrados coinciden con las zonas aptas de especies, lo cual es un indicador positivo frente a la veracidad de los modelos generados mediante el presente estudio.

De acuerdo al análisis realizado, hay un conflicto de uso del suelo en las zonas de los corredores ecológicos modelados, ya que el porcentaje de área de pastos corresponde al 25% según las coberturas IDEAM y el uso establecido en la zona sólo es de 1.4% destinado a ganadería. Se evidencia una alerta que debe abordar los entes territoriales en virtud de velar por la continuidad y conservación de los corredores ecológico, este insumo constituye una herramienta para que se evalúen desde cada EOT o POT o PBOT de los municipios por donde pasan los corredores modelados, para que se tomen las decisiones a que haya lugar.

Los insumos generados del presente trabajo constituyen una propuesta viable como instrumento de ordenamiento y planeación para los entes gubernamentales y para las autoridades ambientales del orden nacional, regional y local.

Estos corredores de conectividad deben ser reconocidos por los entes gubernamentales, entidades y organizaciones ambientales para procurar su sostenibilidad, y es importante que una vez se hayan establecido cuenten con un proceso de monitoreo incluyendo no solo la biodiversidad

presente, sino también los servicios ecosistémicos, y el componente social y administrativo para determinar su efectividad.

Es importante aclarar que no todos los corredores ecológicos están en condiciones óptimas, por eso también es responsabilidad de los entes gubernamentales generar estrategias que permitan la restauración de estas zonas y generar proyectos de compensación o incentivos a los habitantes de territorio al implementar un hábito de conservación en su cotidianidad.

8. Recomendaciones

El presente trabajo constituye un insumo para aquellas entidades del estado y no gubernamentales que tiene que ver con la conservación del medio Ambiente, específicamente, aquellas que tienen su mirada puesta en la región de los Andes Nororientales de Colombia, ya que los insumos generados van a permitir la toma de decisiones sobre la creación de áreas protegidas del orden local (SILAP: Sistema Local de Áreas Protegidas) o Áreas de mayor envergadura que contribuyan al SIRAP o al SINAP.

Estas decisiones deben contribuir al mejoramiento de las condiciones de los corredores en términos de poder mejorar su estructura y composición, y si no es posible esto, generar estrategias con los campesinos en territorio con el fin de darle manejos adecuados a sus actividades con el fin de mitigar los daños ocasionados, o generar estrategias de conservación con el fin de ampliar los corredores.

En el desarrollo del presente trabajo se tuvo dificultad del uso de métodos y herramientas para el análisis de la conectividad, en tanto que hay muchas herramientas o desarrollos de software, que generan insumos similares con sólo tener algunas capas estructuradas, así como así como muchos autores, cada uno con una metodología diferente o que requieren insumos diferentes (otro tipo de variables); por esta razón los resultados difieren mucho. Esto imposibilita hacer comparaciones en la misma zona de estudio o en regiones aledañas. De ahí la adopción de la metodología utilizada, en tanto que ya en la Dirección Territorial Andes Occidentales de Parques Nacionales Naturales de Colombia se había implementado, y al ser regiones colindantes

los trabajos en algún momento podrán ser complementarios para la toma de decisiones a una escala mayor.

El SIRAP Andes Nororientales debe generar un esfuerzo por la divulgación de trabajos e información de este tipo, generar conciencia en la importancia de la conservación.

Si se quisiera ser más riguroso, se podrían mejorar los modelos de disponibilidad con modelos de distribución, o con datos de transeptos de especies, uso de hábitat, que permitan mejores análisis de conectividad y por supuesto mejorar la escala de la información trabajada.

Es realmente importante generar proyectos que contribuyan al mejoramiento de la conectividad ecológica de la Región Andes Nororientales, para mejorar el estado de los corredores ecológicos modelados. Es importante que desde los entes se revise la posibilidad de declaratoria de corredores biológicos, para que sean administrados, monitoreados por entidades del estado, se necesita de voluntad política para poder permitir no solo la declaratoria de corredores de este tipo, también se requiere presupuesto para investigación y para velar por el estado de estas áreas.

El insumo presente puede ser usado como instrumento en la ordenación del territorio, en tanto se puedan evaluar los usos e las zonas de interés por su vocación para conservación o por ser zonas de corredores de especies.

Así mismo en los análisis de impacto ambiental de proyectos de gran envergadura puede ser un elemento que permita el análisis de viabilidad o no de grandes proyectos, evaluando la afección que puede generar sobre estas zonas priorizadas.

Este proyecto logró el modelamiento de los corredores ecológicos en la región Andes Nororientales de Colombia, no tuvo en cuentas Áreas Protegidas de las regiones aledañas: por el norte la Región Caribe, por el occidente: Andes Occidentales, oriente, Orinoquia y sur Amazonia, y es por esto que en las zonas aledañas hay zonas sin información. Se recomienda para próximos estudios, utilizar las AP en un buffer cercano a la recién para que en el modelamiento, se tengan en cuenta los corredores interregionales.

Para efectos de las áreas propuestas como zonas de priorización para conservación se requiere de un estudio de estructura, composición y paisaje, para evaluar la pertinencia de crear nuevas Áreas Protegidas en la Región Andes Nororientales de Colombia.

9. Referencias

AN, S. T. (2022). Memorando de Entendimiento- MdeE para la consolidación del SIRAP AN - Periodo 2020-2030. Bucaramanga.

Anónimo. (2020). Modelo de Gestión del Corredor de Conectividad Sangay-Podocarpus (Reporte no publicado). Ministerio del Ambiente del Ecuador y Naturaleza y Cultura Internacional, Cuenca, Ecuador. 93 pp.

Avella, A& Cardenas, I. (2010). Conservación y uso sostenible de los bosques de roble en el corredor de conservación Guantivá- La Rusia-Iguaque, departamento de Santander y Boyacá, Colombia. *Revista forestal* 13(1):5-30.

Benito, B., & Peñas, J. (2007). Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica. *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, (7), 100-119.

Bernal, A.M., J. Cordovez y E. Payan. 2012. Spatial explicit dispersal modeling for the conservation of jaguars in Colombia. *Biomat* 2011: 23–42.

Canet Desanti, L., Finegan, B., & Herrera Fernández, B. (2011). Metodología para la evaluación de la efectividad del manejo de corredores biológicos. Serie técnica. Informe técnico. No. 386. Publicación no. 6.

Colorado-Zuluaga, G.J., J.L. Vásquez-Muñoz e I.N. Mazo-Zuluaga. 2017. Modelo de conectividad ecológica de fragmentos de bosque andino en Santa Elena (Medellín, Colombia). *Acta Biológica Colombiana* 22 (3): 379–393.

Cuentas-Romero, M.A. 2016. Análisis del hábitat del zorro costeño (*Lycalopex sechurae*) en el departamento de Lambayeque y propuesta de corredores ecológicos con herramientas SIG. *Espacio y Desarrollo* 28: 129–152.

ESRI. (27 de 06 de 2022). *Resource Center*. Obtenido de Resource Center: <https://resources.arcgis.com/es/help/main/10.2/index.html#//009t00000042000000>

Forero, Y. (2019) Conectividad ecológica entre los páramos Guacheneque y Los Cristales, complejo Rabanal-Río Bogotá (Boyacá-Cundinamarca). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Ambiental. Tunja Boyacá.

Freile, J., Pardo, A., & Ordoñez, L. (2022). Corredores de conectividad en los Andes del norte: revisión de experiencias. *Áreas Naturales Protegidas Scripta*, 2022. Vol. 9 (1): 1-25. <https://doi.org/10.18242/anpscripta.2022.08.08.01.0001>

Fierro, C.A. 2015. Corredores biológicos como una estrategia de conservación: el caso del Corredor de Conservación Llanganates-Sangay, Ecuador. Monografía previa al título de Licenciado en Ciencias Biológicas. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. 88 pp.

Fundación, Sirúa. (2006). Plan de manejo adaptativo y plan de acción institucional de la Fundación Sirúa para el manejo y gestión del Corredor Biológico Awacachi (Documento técnico). Fauna & Flora International y Fundación Sirúa, Ecuador. 85 pp

Garzón, C., Prieto, F., Brito, J., & Mena, J. (Eds.). (2019). Propuesta para el establecimiento del subsistema de áreas naturales de conservación y diseño del corredor

ecológico de la provincia de El Oro: una guía para el desarrollo de estrategias de investigación, conservación y manejo de la biodiversidad orense. Gobierno Autónomo Descentralizado de El Oro e Instituto Nacional de Biodiversidad, Quito, Ecuador. 404 pp.

Gómez, A., & Álvarez, E (2006). Modelación de la distribución espacial de 10 especies de aves amenazadas en jurisdicción de Corantioquia. Universidad Nacional De Colombia. Medellín. Colombia.

Gonzáles, J., Romero, J., Zárrate, D., Castaño, C., Gonzales, M., Víquez, L., & Arias A.(2013). Evaluación geográfica y prioridades de conservación de hábitat para felinos en el Caribe Colombiano.

Goodron, M (1965) Les principaux types de profils ecologiques CNRS-CEPE. Montpellier, Francia.

Gutiérrez-Chacón, C., C. Valderrama-A. y A.M. Klein. (2020). Biological corridors as important habitat structures for maintaining bees in a tropical fragmented landscape. *Journal of Insect Conservation* 24: 187–197.

Graham, B., & Mulongoy, K. (2006). Review of experience with ecological networks, corridors and buffer zones. Secretariat of the Convention on Biological Diversity Technical Series No. 23, Montreal, Canadá. 97 pp

Hidalgo, A., Rodríguez, F., Castro, M., Millán, P., Fonseca, J., Sierra, R., & Ron, G. (2010). Informe de línea base temático en el marco del proyecto generación de la Línea de Base

Territorial y Temática del EcoFondo junto con la Construcción de un Sistema de Seguimiento Espacial (Documento Técnico). EcoFondo, Quito, Ecuador. Sin pp.

Instituto Von Alexander Humboldt (2016). Guía de curaduría de registros biológicos en biomodelos. Biomodelos.humboldt.org.co.

Cáceres, C. (2021). Grandes mamíferos como especies clave para la priorización de Áreas de Conservación en la Cordillera Oriental de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias. Medellín Colombia.

Latimer, A., Banerjee, S., & Moxher, S (2009). Hierarchical models facilitate spatial analysis of large data sets: A case study on invasive plant species in the northeastern United States *Ecology Letters* 12:144-154.

Lozano, F. (2009). Herramientas de manejo para la conservación de biodiversidad en paisajes rurales. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), Bogotá, Colombia. 237 pp

Marini, A., M, Morgane., E. Lopes, L., & Jiguet, F (2010). Predicting the occurrence of rare Brazilian birds with species distribution models.

Mariscal, C. (2015). Los corredores de conservación: una oportunidad para unir esfuerzos entre la cooperación internacional, Estado y sociedad civil para conservar la biodiversidad. Análisis de factores críticos de éxito en la implementación de corredores. Tesis previa al título de Magíster en Relaciones Internacionales. Universidad Andina Simón Bolívar, Quito, Ecuador. 159 pp.

Mendoza, A., Solano, C., Palencia, D., & Garcia, D. (2019). Aplicación del proceso de jerarquía analítica (AHP) para la toma de decisión con juicios de expertos. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052019000300348>

Montealegre-Talero, C., M.A. Echeverry-Galvis y L.M. Renjifo. 2017. Restored corridors as potential habitat for resident bird species in the Central Andes of Colombia. *Ornitología Colombiana* 16: eA07.

Morales, M., & Armenteras, D. (2013). Estado de conservación de los bosques de niebla de los Andes colombianos, un análisis multiescalar. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 17(1), 64-72.

Moyano, A, Molano, L., Rusinque, G., & Montoya, A. (2021). Análisis de la conectividad ecológica de las áreas protegidas a través del paisaje del departamento de Caquetá, Colombia. *Revista Cartográfica* 104.

Ortega, L., Paz, A., Mazariegos, L., Cortés, A., & Salazar, F. (2010). Articulating local visions to build macro-corridors: The Munchique-Pinche example. pp. 221–226. En: Worboys, G.L W.L. Francis y M. Lockwood (Eds.). *Connectivity conservation management. A global guide*. ICIMOD, IUCN, WCPA, The World Bank, The Nature Conservancy, WWF, Wilburforce Foundation y Australian ALPS National Parks & Earthscan, Londres, Inglaterra. 382 pp.

Ospina-Arango, O.L., L. Vanegas-Pinzón, G.A. Escobar-Niño, W. Ramírez y J.J. Sánchez. 2015. Plan nacional de restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas. Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá, Colombia. 91 pp.

Parques Nacionales Naturales de Colombia. (26 de 06 de 2022). Registro Único Nacional de Áreas Protegidas. Bogotá, Bogotá, Colombia.

Pliscoff, P., & Fuentes T. (2011). Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles

Plasencia, A., Escalonia, G., & Esparza, L (2014). Modelación de la Distribución geográfica potencial de dos especies de Psitácidos Neotropicales utilizando variables climáticas y Topográficas. *Acta Zoologica mexicana* 30(3):471-490.

Remache, G., F. Cuesta, L. Ordóñez, A. Sánchez, R. Aguilera y R. Cisneros. 2004. Integridad ecológica del Micorredor de Conservación Yacuambi-Podocarpus-Sabanilla (Documento técnico). Fundación EcoCiencia, Fundación Arcoíris, Fundatierra, Herbario Loja, Cinfa y Ministerio del Ambiente del Ecuador, Quito, Ecuador. 38 pp

Santos, T., & Tellería, J. L. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas*, 15(2).

Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito (SA-DMQ). 2014. Programa de Conservación del Oso Andino en el Nor-occidente del Distrito Metropolitano de Quito (Documento técnico). Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador. 61 pp

Schaffer, D., Swenson, J., & Bóveda, A. (2016). Rapid conservation assessment for endangered species using habitat connectivity models. *Environmental Conservation* 43 (3): 221–230.

Ulloa, R. (Ed.). 2013. Biocorredores: una estrategia para la conservación de la biodiversidad, el ordenamiento territorial y el desarrollo sustentable en la Zona de Planificación 1 (Carchi, Imbabura, Esmeraldas y Sucumbíos). Dirección Provincial del Ambiente de Imbabura–Coordinación Zonal 1, Mesa Técnica de Trabajo de Biocorredores, Ministerio del Ambiente del Ecuador, Conservación Internacional Ecuador y Fundación Altrópico, Ibarra, Ecuador. 332 pp.

Worboys, G. (2010). The connectivity conservation imperative. pp. 3–21. En: Worboys, G.L., W.L. Francis y M. Lockwood (Eds.). Connectivity conservation management. A global guide. ICIMOD, IUCN, WCPA, The World Bank, The Nature Conservancy, WWF, Wilburforce Foundation y Australian ALPS National Parks & Earthscan, Londres, Inglaterra. 382 pp

Zapata-Ríos, G. y J. Dyer. 2003. Diseño de una Red de Áreas Protegidas en la Amazonía nororiental ecuatoriana: uso combinado de sistemas de información geográfica y los análisis de viabilidad poblacionales. *Lyonia* 5 (2): 169–178

ANEXOS

- A. **Anexo: Modelo de Disponibilidad del Tapir o Danta de tierras bajas (*Tapirus* terrestres) y Danta de montaña (*Tapirus pinchaque*)**

B. Anexo: Modelo de Disponibilidad del Jaguar (Panthera Onca).

- C. **Anexo: Modelo de Disponibilidad del Manatí (*Trichechus manatus* y *Trichechus inunguis*).**

D. Anexo: Modelo de Disponibilidad de la Nutría (*Lontra longicaudis*).

E. **Anexo: Modelo de Disponibilidad del Oso de Anteojos (*Tremarctos ornatus*).**

F. Anexo: Modelo de Disponibilidad del Puma (Puma concolor).

G. Anexo: Modelo Multiespecie de la Región Andes Nororientales de Colombia.

H. **Anexo: Modelo de Resistencia Región Andes Nororientales de Colombia.**

- I. **Anexo: Modelo de corredores óptimos para las especies priorizadas en la Región Andes Nororientales de Colombia.**

J. Anexo: Mapa prioridades de conservación Región Andes Nororientales de Colombia.

- K. Anexo: Mapa corredores ecológicos de las especies sombrillas de la Región Andes Nororientales de Colombia.**

L. **Tabla 24: Coberturas de la tierra IDEAM 2018 en el buffer de los corredores modelados.**

<u>Condición / Cobertura</u>	<u>Área Ha (CTM12)</u>
<u>Estado</u>	<u>22778,1434</u>
1.4.1. Zonas verdes urbanas	5,7435
1.4.1.6. Rondas de cuerpos de agua de zonas urbanas	3,7773
3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme	6581,4706
3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable	0,5330
3.1.1.2.1. Bosque denso bajo de tierra firme	2086,7347
3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable	30,5703
3.1.2.1.1. Bosque abierto alto de tierra firme	80,9785
3.1.3.1. Bosque fragmentado con pastos y cultivos	439,8300
3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria	747,8740
3.1.4. Bosque de galería y Ripario	660,7252
3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado	2795,5263
3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado	6,0109
3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos	1192,8520
3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado	12,7788
3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado	0,2951
3.2.1.2.1. Herbazal abierto arenoso	0,0153
3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso	15,7823
3.2.2.1. Arbustal denso	2025,7891
3.2.2.2. Arbustal abierto	1558,7021
3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	21,4497
3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	2022,8833
3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	1173,9627
3.3.1. Zonas arenosas naturales	14,6223
3.3.1.2. Arenales	16,5258
3.3.2. Afloramientos rocosos	21,3730
4.1.1. Zonas pantanosas	100,0471
4.1.2. Turberas	3,8787
4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	14,4013
5.1.1. Ríos	911,3037
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	216,5303
5.1.1. Río	15,1765
<u>Presión</u>	<u>9792,2607</u>
1.1.1. Tejido urbano continuo	142,0895
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	20,2772

**DETERMINACIÓN POR MEDIO DE UN SIG DE LOS CORREDORES
ECOLÓGICOS PARA SEIS ESPECIES SOMBRILLA DE LOS ANDES
NORORIENTALES DE COLOMBIA**

<u>Condición / Cobertura</u>	<u>Área Ha (CTM12)</u>
1.2.1. Zonas industriales o comerciales	12,8808
1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	2,6798
1.2.4. Aeropuertos	1,1730
1.3.1. Zonas de extracción minera	43,4998
1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	2,1956
1.3.2. Zona de disposición de residuos	1,8060
1.4.2. Instalaciones recreativas	20,8012
2.1.4. Hortalizas	0,8223
2.1.5.1. Papa	23,9723
2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos	18,3285
2.2.1.2.2. Caña panelera	49,9065
2.2.2.2. Café	35,4773
2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	1,7753
2.2.3.2. Palma de aceite	173,9191
2.2.5. Cultivos confinados	31,3605
2.3.1. Pastos limpios	3412,1886
2.3.2. Pastos arbolados	52,2889
2.3.3. Pastos enmalezados	560,2059
2.4.1. Mosaico de cultivos	175,7749
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	1314,4750
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	1511,6353
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	1408,7740
2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	237,7619
3.1.2.2.1. Bosque abierto bajo de tierra firme	178,0660
3.1.5. Plantación forestal	129,5503
3.1.5.1. Plantación de coníferas	3,7258
3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	94,2996
3.3.4. Zonas quemadas	2,6417
5.1.3. Canales	0,3678
5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	4,8441
5.1.4.1. Embalses	120,7114
5.1.4.2. Lagunas de oxidación	1,9849
<u>Total general</u>	<u>32570,4040</u>

M. GEODATABASE

**N. CARTA IMPORTANCIA DE LOS INSUMOS DEL PROYECTO DE PARTE DE
PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA**



**PARQUES NACIONALES
NATURALES DE COLOMBIA**

20225500001151

Al contestar por favor cite estos datos:

Radicado No.: 20225500001151

Fecha: 22-06-2022

Código de dependencia 550
DTAN - DIRECCION TERRITORIAL ANDES NORORIENTALES
Bucaramanga,

Señor:

OSCAR ALEJANDRO MORALES FAJARDO

Estudiante Especialización Sistemas de Información Geográfica
Bucaramanga

ASUNTO: Respuesta solicitud autorización para utilizar información PPN para tesis de grado Especialización con radicado PNNC No 20225540000742

En atención a su solicitud, para Parques Nacionales Naturales de Colombia será de gran importancia contar con los productos planteados en la Tesis propuesta **“DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE ESPECIAL INTERÉS PARA DEFINICIÓN DE ZONAS DE CONSERVACIÓN Y CORREDORES ECOLÓGICOS EN EL TERRITORIO DE LOS ANDES NORORIENTALES DE COLOMBIA UTILIZANDO UNA HERRAMIENTA SIG”**, ya que para la entidad como Secretaría técnica del Sistema Regional de Áreas Protegidas de la Región Andes Nororientales de Colombia el insumo constituirá una herramienta para trabajar de la mano con las Corporaciones Autónomas regionales en la construcción de políticas públicas tendientes al mejoramiento del estado en las áreas priorizadas por ser corredores ecológicos para las especies priorizadas en su proyecto, así mismo se tendrán delimitadas áreas posibles para poder generar declaratorias de Nuevas Áreas Protegidas siempre y cuando tras el análisis social, tenencia de tierras, y análisis de la representatividad, servicios ecosistémicos y potencial para crear nuevas áreas bien sean del orden Nacional, Regional o municipal.

La información que solicita permiso es de uso público, por lo tanto no requiere autorización, no obstante, se recomienda citar la fuente de la misma (límites de Parques Nacionales, RUNAP y



**El ambiente
es de todos**

**Ministerio del
Ambiente**

Dirección Territorial Andes Nororientales
Calle 22 No.24-54 Barrio Alarcón, Bucaramanga
Teléfono: 6454868 - 6349423
www.parquesnacionales.gov.co

DETERMINACIÓN POR MEDIO DE UN SIG DE LOS CORREDORES ECOLÓGICOS PARA SEIS ESPECIES SOMBRILLA DE LOS ANDES NORORIENTALES DE COLOMBIA



**PARQUES NACIONALES
NATURALES DE COLOMBIA**

coberturas al interior de las Áreas Protegidas) en tanto que Parques Nacionales Naturales de Colombia es el autor de dicha información.

Cordialmente:

**LIBARDO SUAREZ FONSECA
DIRECTOR (E) TERRITORIAL ANDES NORORIENTALES
PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA.**

Proyecto CJIMENEZ

Revisó y aprobó: Libardo Suarez Fonseca - Coord. Técnica DTAN
Revisó y aprobó: Geiver Bermúdez - Coord. Jurídico DTAN
Revisó y aprobó: Cristian Jiménez - Abogado



El ambiente
es de todos Minambiente

Dirección Territorial Andes Nororientales
Calle 22 No.24-54 Barrio Alarcón, Bucaramanga
Teléfono: 6454868 - 6349423
www.parquesnacionales.gov.co