

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE CALIDAD DEL
HABITAT PRESENTE EN LA CUENCA ALTA Y MEDIA DEL RÍO
COCA MEDIANTE EL USO DEL PAQUETE COMPUTACIONAL
InVEST 3.3.1**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL**

KARLA SALOMÉ RÍOS GALÁRRAGA
salome_my_sky@live.com

DIRECTORA: ING. MARÍA CRISTINA TORRES GUERRÓN
maria.torresg@epn.edu.ec

Quito, febrero 2019

DECLARACIÓN

Yo, Karla Salomé Ríos Galárraga, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Karla Salomé Ríos Galárraga

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Karla Salomé Ríos Galárraga, bajo mi supervisión.

Ing. María Cristina Torres Guerrón
DIRECTORA DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer al Programa de las Naciones Unidas (PNUMA) y a la Escuela Politécnica Nacional (EPN), los cuales a través del Proyecto TEEB – Cuenca del Río Coca hicieron posible el desarrollo de este proyecto de titulación.

Además, por el acceso a la información base que requirió esta investigación agradezco a las siguientes instituciones: SRTM-SIGTIERRAS, IGM, MAE, MAGAP, PSB, CELEC, CCS, WWF, EcoCiencia, UICN.

Como mención especial agradezco a dos personas sin las cuales este logro no se habría visto culminado: Manual Narváez y Fernando Ortiz, quienes a través de su apoyo, paciencia, consejos y ayuda incondicional pudieron encaminarme durante los obstáculos presentados en el desarrollo de este proyecto.

Agradezco a Dios, mis abuelos, mis padres, hermanos, primo y tíos por ser mi faro y soporte desde siempre, su impulso en los días más grises me ayudo a encontrar una luz al final, por más inalcanzable que pareciera.

De manera muy especial agradezco a dos mujeres admirables: Consuelo Hernández por su amistad, formación profesional, orientación y confianza impartidas a lo largo de la carrera, y también a María Cristina Torres por su paciencia y dedicación durante su labor de guía en este proyecto de titulación.

Finalmente, por su amistad absoluta, risas y angustias compartidas en las aulas de clase y fuera de ellas extiendo mis agradecimientos a: Karina, Camila, María José, Sandrita, Joss, Rithi, Erick, Samuel y Leandro, por hacer más confortable la vida universitaria.

DEDICATORIA

A la mujer que siempre tuvo fe en mí y me enseñó a vencer los miedos para hacer realidad mis sueños.

CONTENIDO

DECLARACIÓN	ii
CERTIFICACIÓN	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA.....	v
CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
LISTA DE SÍMBOLOS	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS	xv
RESUMEN	xviii
ABSTRACT.....	xix
PRESENTACIÓN	xx
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. ÁREA DE ESTUDIO.....	2
1.3. PROBLEMÁTICA ASOCIADA A LA PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD	4
1.4. INICIATIVA TEEB - ECUADOR	6
1.5. OBJETIVOS	7
1.5.1. OBJETIVO GENERAL	7
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
1.6. ALCANCE	8
1.7. JUSTIFICACIÓN	8
1.8. MARCO CONCEPTUAL DE TRABAJO	9
CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE.....	11
2.1. EJE DE INVESTIGACIÓN	11
2.2. DOCUMENTOS REVISADOS	11

2.3.	PRINCIPALES HALLAZGOS	12
2.4.	CONCLUSIONES	16
CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO		17
3.1.	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	17
3.2.	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE APOYO	20
3.2.1.	CALIDAD DEL HÁBITAT	21
3.2.2.	DIVERSIDAD GENÉTICA.....	21
3.3.	EVALUACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	21
3.3.1.	SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)	22
3.3.2.	ARIES (ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR ECOSYSTEM SERVICES)	22
3.3.3.	MIMES	23
3.3.4.	BIODIVERSITY PLANNING TOOLKIT	23
3.3.5.	GLOBIO-ES	24
3.3.6.	COSTING NATURE	24
3.4.	INVEST	25
3.4.1.	HABITAT QUALITY MODEL.....	25
3.5.	LEGISLACIÓN APLICABLE.....	26
CAPÍTULO 4. ÁREA DE ESTUDIO		31
4.1.	ASPECTOS BIOFÍSICOS	31
4.1.1.	CLIMA.....	31
4.1.2.	USO DE SUELO	32
4.1.3.	ÁREAS PROTEGIDAS	33
4.1.4.	FAUNA.....	35
4.1.5.	ECOSISTEMAS Y SUS FORMACIONES VEGETALES	46
4.2.	ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS	51
4.2.1.	ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS (AMENAZAS AL HÁBITAT).....	51
CAPÍTULO 5. MARCO METODOLÓGICO.....		61
5.1.	ANÁLISIS DEL MODELO HABITAT QUALITY	61
5.1.1.	ALGORITMO MATEMÁTICO.....	61

5.1.2.	INTERFAZ	62
5.1.3.	CONSIDERACIONES PREVIAS	63
5.1.4.	INSUMOS	63
5.2.	MODELACIÓN DE ESCENARIOS.....	81
5.2.1.	CALIDAD DEL HÁBITAT 2014	81
5.2.2.	CALIBRACIÓN.....	82
5.2.3.	VALIDACIÓN	89
5.2.4.	CALIDAD DEL HÁBITAT 2030	92
CAPÍTULO 6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		94
6.1.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE CALIBRACIÓN	94
6.2.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE VALIDACIÓN	97
6.3.	ANÁLISIS DE CAMBIOS EN LOS ESCENARIOS MODELADOS AL 2030.....	100
6.3.1.	ANÁLISIS DEL CAMBIO EN LA CALIDAD DEL HÁBITAT A NIVEL DE CUENCA	107
6.3.2.	CAMBIOS EN LA CALIDAD DEL HÁBITAT POR CADA USO Y COBERTURA DE SUELO	108
6.3.3.	COMPARACIÓN DE LA CALIDAD DEL HÁBITAT EN LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS ESPECIES ANALIZADAS	110
6.4.	POSIBLES ACCIONES A CONSIDERAR	112
6.5.	LIMITACIONES	114
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		115
7.1.	CONCLUSIONES	115
7.2.	RECOMENDACIONES	117
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		118
ANEXOS		138

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1	COORDENADAS UTM DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	3
TABLA 1.2	TASAS ESTIMADAS DE DEFORESTACIÓN EN EL ECUADOR CONTINENTAL	4
TABLA 2.1	DOCUMENTOS EXAMINADOS	12
TABLA 4.1	ÁREAS PROTEGIDAS EN LA CUENCA.....	34
TABLA 4.2	PRINCIPALES FAMILIAS DE VERTEBRADOS EN LA CUENCA	35
TABLA 4.3	ESPECIES AMENAZADAS DE MAMÍFEROS.....	35
TABLA 4.4	ESPECIES AMENAZADAS DE AVES	36
TABLA 4.5	ESPECIES AMENAZADAS DE ANFIBIOS	37
TABLA 4.6	ALGUNAS ESPECIES DE FLORA INCLUIDAS EN LA DIETA DEL TAPIR	40
TABLA 4.7	ESPECIES VEGETALES IDENTIFICADAS EN LA DIETA DE TREMARCTOS ORNATUS	43
TABLA 4.8	DATOS CENSALES Y LISTA DE VARIABLES DE LA POBLACIÓN PRESENTE EN LA CUENCA.....	52
TABLA 4.9	PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS EN LA ZONA DE ESTUDIO	54
TABLA 4.10	RESUMEN DE LOS EFECTOS ECOLÓGICOS DE LAS CARRETERAS.....	58
TABLA 5.1	INSUMOS Y FORMATOS PARA LA MODELACIÓN	64
TABLA 5.2	LULC 2014	66
TABLA 5.3	DISTANCIA DE IMPACTO PARA CADA AMENAZA	68
TABLA 5.4	ESCALA FUNDAMENTAL PARA COMPARACIONES A PARES	69
TABLA 5.5	MATRIZ DE COMPARACIÓN DE ELEMENTOS	70
TABLA 5.6	METODOLOGÍA AHP APLICADA EN LA CUENCA DEL RÍO COCA	72
TABLA 5.7	PESOS UTILIZADOS PARA LA MODELACIÓN	72

TABLA 5.8 ABREVIACIONES UTILIZADAS	73
TABLA 5.9 TABLA DE AMENAZAS USADA EN LA MODELACIÓN CON EL TREMARCTOS ORNATUS	73
TABLA 5.10 TABLA DE AMENAZAS USADA EN LA MODELACIÓN CON EL TAPIRUS PINCHAQUE.....	74
TABLA 5.11 TABLA DE SENSIBILIDAD USADA EN LA MODELACIÓN CON EL TREMARCTOS ORNATUS.....	78
TABLA 5.12 TABLA DE SENSIBILIDAD USADA EN LA MODELACIÓN CON EL TAPIRUS PINCHAQUE.....	79
TABLA 6.1 UMBRAL MÍNIMO DE LA CALIDAD DEL HÁBITAT.....	98
TABLA 6.2 CALIDAD DEL HÁBITAT PROMEDIO VS LULC	108
TABLA 6.3 RANGOS DE CALIDAD DEL HÁBITAT ASOCIADO A LAS ESPECIES ANALIZADAS	109

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1	ÁREA DE ESTUDIO	3
FIGURA 1.3	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	10
FIGURA 3.1	EVOLUCIÓN CONCEPTUAL DEL ENFOQUE: SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	18
FIGURA 3.2	CLASIFICACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	19
FIGURA 3.3	BIODIVERSIDAD VINCULADA A LOS SE.....	20
FIGURA 4.1	CLIMAS DE LA CUENCA	32
FIGURA 4.2	USO DE SUELO 2014	33
FIGURA 4.3	ÁREAS PROTEGIDAS Y VOLCANES EN LA CUENCA	34
FIGURA 4.4	TAPIRUS PINCHAQUE	38
FIGURA 4.5	TREMARCTOS ORNATUS.....	42
FIGURA 4.6	ECOSISTEMAS DE LA CUENCA.....	47
FIGURA 4.7	TECNIFICACIÓN DE LAS GANADERÍAS DEL VALLE DE LOS QUIJOS.....	56
FIGURA 4.8	ESTRUCTURAS METÁLICAS.....	59
FIGURA 5.1	INTERFAZ DEL MODELO HABITAT QUALITY - INVEST	62
FIGURA 5.2	COBERTURA Y USO DE SUELO PARA EL AÑO 2014.....	65
FIGURA 5.3	AMENAZAS DE ORIGEN ANTRÓPICO	66
FIGURA 5.4	ÁRBOL DE JERARQUÍAS CON LAS AGRUPACIONES A COMPARAR.....	68
FIGURA 5.5	ÁREAS DE ANÁLISIS USADAS EN EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE FRAGMENTACIÓN.....	75
FIGURA 5.6	ACCESIBILIDAD DE LA ZONA DE ESTUDIO	80
FIGURA 5.7	CUADRO DE DIÁLOGO DE CORRIDAS PRELIMINARES.....	81
FIGURA 5.8	INTERFAZ DE LA HERRAMIENTA HABITAT MODELLING DEL CORRIDOR DESING	82
FIGURA 5.9	DATOS INGRESADOS EN LA MODELACIÓN DE LA IDONEIDAD EL HÁBITAT 2014	84
FIGURA 5.10	PREPARACIÓN DE LAS CAPAS	85

FIGURA 5.11 CREACIÓN DEL RÁSTER DE POSICIÓN TOPOGRÁFICA	86
FIGURA 5.12 INSUMOS DE LA HERRAMIENTA HSM1 DEL CORRIDOR DESING	87
FIGURA 5.13 PROCESO ESQUEMÁTICO DE CALIBRACIÓN DEL MODELO HABITAT QUALITY	88
FIGURA 5.14 PROCESO ESQUEMÁTICO DE VALIDACIÓN DEL MODELO HÁBITAT QUALITY	89
FIGURA 5.15 PUNTOS DE MUESTREO ALEATORIO PARA DETERMINAR EL UMBRAL DE PRESENCIA DE LAS ESPECIES PARAGUAS EN LA CALIDAD DEL HÁBITAT MODELADO.....	90
FIGURA 5.16 INTERFAZ DE LA HERRAMIENTA CURVAS ROC DEL SOFTWARE XLSTAT 2018	91
FIGURA 5.17 DIRECTORIO DE LOS ARCHIVOS RÁSTER DE LAS AMENAZAS PARA LA MODELACIÓN AL 2030	92
FIGURA 6.1 CALIDAD DEL HÁBITAT AL 2014 PARA EL TAPIRUS PINCHAQUE.....	95
FIGURA 6.2 CALIDAD DEL HÁBITAT AL 2014 - CORRIDOR DESIGN.....	96
FIGURA 6.3 VARIACIÓN DE “K” EN EL MODELO HABITAT QUALITY	97
FIGURA 6.4 CURVAS ROC	98
FIGURA 6.5: SUPERPOSICIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS ESPECIES PARAGUAS Y EL UMBRAL DE CALIDAD DEL HÁBITAT PREDETERMINADO	99
FIGURA 6.6 CALIDAD DEL HÁBITAT 2030 PARA EL TAPIRUS PINCHAQUE – ESCENARIO PROGRAMA NACIONAL DE INCENTIVOS	101
FIGURA 6.7 CALIDAD DEL HÁBITAT 2030 PARA EL TAPIRUS PINCHAQUE – ESCENARIO DE TENDENCIA ACTUAL (BAU)	102
FIGURA 6.8 CALIDAD DEL HÁBITAT 2030 PARA EL TAPIRUS PINCHAQUE – ESCENARIO DE DEGRADACIÓN	103

LISTA DE SÍMBOLOS

A_{A-LULC}	Área que interseca la amenaza y el uso de suelo
A_{H-LULC}	Área que interseca la central hidroeléctrica y el uso de suelo
A_{LULC}	Área de uso de suelo
A_T	Área total de estudio
$\% A$	Porcentaje ocupado por la amenaza en la zona de estudio
β_x	Protección legal y accesibilidad
CI	Índice de consistencia
CO_2	Dióxido de Carbono
CR	Razón de consistencia
csv	Valores separados por coma
d_c	Distancia media desde el centroide de una mancha hasta la mancha más cercana
D_{xj}	Degradación
F	Índice de fragmentación
H_C	Hidroeléctricas en construcción
H_{DD}	Hidroeléctricas en diseño definitivo
H_j	Idoneidad del hábitat por tipo de suelo
H_{OP}	Hidroeléctricas en operación
i_{rxy}	Impacto de la amenaza en el espacio
k	Constante media de saturación
n	Dimensión de la matriz
n_{\max}	Multiplicación de la matriz original por los pesos de cada alternativa
N_m	Número de manchas
PH_C	Potencia de las hidroeléctricas en construcción
PH_{DD}	Potencia de las hidroeléctricas en diseño definitivo
PH_{OP}	Potencia de las hidroeléctricas en operación
Q_{xj}	Calidad del Hábitat

R_c	Dispersión de manchas
RI	Consistencia aleatoria
r_y	Amenaza
S_h	Superficie del Hábitat
S_{jr}	Sensibilidad del Hábitat
W_n	Pesos
W_r	Impacto Relativo
z	Parámetro de regulación
λ	Densidad media de las manchas
Σ	Sumatoria

LISTA DE ABREVIATURAS

AEM	Asociación Ecuatoriana de Mastozoología
AHP	(Analytic Hierarchy Process) Método de Proceso Analítico Jerárquico
ALGE	(Association of Local Government Ecologists) Asociación de ecólogos del Reino Unido
ANT	Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador
ARIES	(ARtificial Intelligence for Ecosystem Services) Inteligencia artificial para los servicios ecosistémicos
BAU	(Business As Usual) Tendencia Actual
CDB	Convenio sobre la Diversidad Biológica
CELEC	Corporación Eléctrica del Ecuador
CHANS	(Coupled human and natural systems) Sistema Natural y Humano Acoplado
CITES	(The Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres
CMS	Convención sobre la Conservación de Especies Migratorias de Animales Silvestres
COOTAD	Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización
CR	(Critically endangered) En peligro crítico
CRE	Constitución de la República del Ecuador
DEG	Escenario de Degradación
DEM	(Digital elevation model) Modelo Digital de Terreno
EEUU	Estados Unidos de América
EN	(Endangered) En peligro de extinción
EPN	Escuela Politécnica Nacional

EIA	Estudio de Impacto Ambiental
FAO	(Food and Agriculture Organization) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
HCCS	Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair
HSM	(Habitat sustentability model) Modelo de Idoneidad del Hábitat
IESS	Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social
IGM	Instituto Geográfico Militar
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
InVEST	(Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs) Valoración Integrada de los Servicios Ecosistémicos y Compensaciones
LULC	(Land use and land cover) Cobertura vegetal y uso de suelo
MAE	Ministerio del Ambiente del Ecuador
MAGAP	Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador
MEA	(Millenium Ecosystem Assessment) Evaluación de los Ecosistemas del Milenio
MIMES	(Multiscale Integrated Model of Ecosystem Services) Modelo integrado de escala múltiple de los servicios ecosistémicos
MSA	(Mean Species Abundance) Abundancia promedio de especies
msnm	Metros sobre el nivel del mar
NATCAP	(Natural Capital Project) Proyecto Capital Natural
NBI	Necesidades Básicas Insatisfechas
NOAA	(National Oceanic and Atmospheric Administration) Administración Nacional Oceánica y Atmosférica
NT	(Near Threatened) Casi amenazada
PDOT	Plan de Ordenamiento Territorial
PEA	Población Económicamente Activa
PMA	Plan de Manejo Ambiental
PNI	Plan Nacional de Incentivos

PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PSB	Programa Socio Bosque
ROC	(Receiver Operating Characteristic) Característica Operativa del Receptor
SE	Servicios ecosistémicos
SENAGUA	Secretaría Nacional del Agua del Ecuador
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SNAP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas
SRTM	(Shuttle Radar Topography Mission) Misión Topográfica Shuttle Radar
TCA	Tratado de Cooperación Amazónica
TEEB	(The Economics of Ecosystems and Biodiversity) La economía de los ecosistemas y la biodiversidad
TSG	Grupo de Especialistas de Tapires del Ecuador
TULSMA	Texto Unificado De La Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente Secundaria
UEA	Universidad Estatal Amazónica del Ecuador
IUCN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
UNEP-WCMC	(UN Environment World Conservation Monitoring Centre) Centro de Monitoreo de la Conservación del Ambiente
UNESCO	(United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
USAID	(United States Agency for International Development) Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
VU	(Vulnerable) Vulnerable
WGS 84	(World Geodetic System 1984) Sistema Geodésico Mundial 1984
WWF	(World Wildlife Fund) Fondo Mundial para la Naturaleza

RESUMEN

El Proyecto Piloto "La Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad (TEEB) – de la cuenca del Río Coca (Amazonía Ecuatoriana)", desarrollado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Escuela Politécnica Nacional (EPN), tiene por objetivo analizar los servicios ecosistémicos presentes en el área de aportación del Proyecto emblemático hidroeléctrico Coca Codo Sinclair (CCS).

Como parte de este proyecto de titulación se evaluó el servicio ecosistémico de la calidad del hábitat, utilizando el Oso Andino (*Tremarctos ornatus*) y el Tapir de montaña (*Tapirus pinchaque*) como indicadores para determinar el grado de amenaza y sensibilidad de la cuenca alta y media del río Coca ante las diferentes afectaciones de origen antropogénico.

La modelación se llevó a cabo a través del software Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs (InVEST), que requirió información geográfica sobre el uso de suelo y cobertura vegetal, distribución espacial de amenazas, sensibilidad al cambio y grado de accesibilidad.

Los resultados de la modelación de la calidad del Hábitat para el año 2014, fueron calibrados y validados obteniendo rendimientos altos. Además, se modeló la calidad del hábitat al 2030 para tres escenarios propuestos por el Proyecto TEEB: Plan Nacional de Incentivos (PNI), Business As Usual (BAU) y de Degradación (DEG).

Los resultados obtenidos indican que; el escenario PNI, incrementa la calidad del hábitat al incorporar áreas de bosque reforestado; el DEG ocasiona presión en el hábitat del *Tremarctos ornatus* y el *Tapirus pinchaque* y el BAU muestra una disminución en los valores de la calidad del hábitat. Esta información podría sustentar estrategias de protección en pro de la conservación, permitiendo a las autoridades correspondientes realizar una gestión apropiada de la cuenca en términos de manejo territorial.

ABSTRACT

The Pilot Project "The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) – of the Coca River basin (Ecuadorian Amazon)", developed by the United Nations Environment Program (UNEP) and the National Polytechnic School (EPN, spanish acronym), aims to analyze the ecosystem services present in the area of contribution of the hydroelectric project Coca Codo Sinclair (CCS).

As part of this research, the ecosystem service of Habitat Quality was evaluated, using the Andean Bear (*Tremarctos ornatus*) and the Mountain Tapir (*Tapirus pinchaque*) as indicators to determine the degree of threat and sensitivity of the upper and middle Coca river basin to different anthropogenic impacts.

The modeling was carried out through the Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs (InVEST) software, which required geographic information about land use and vegetation cover, spatial distribution of threats, sensitivity to change and degree of accessibility.

The results of the habitat quality modeling for the year 2014 were calibrated and validated obtaining high yields. In addition, habitat quality by 2030 was modeled for three scenarios proposed by the TEEB Project: National Incentive Plan (NIP), Business As Usual (BAU), and Degradation.

The results indicated that the NIP scenario increases habitat quality by incorporating areas of reforested forest; the DEG puts pressure on the habitat of *Tremarctos ornatus* and *Tapirus pinchaque* and the BAU shows a decrease in habitat quality values.

This information will provide supporting information for protection strategies in favor of conservation, allowing the corresponding authorities to carry out an appropriate management of the river basin in terms of territorial management.

PRESENTACIÓN

La presente investigación estudia el servicio ecosistémico de la calidad del hábitat en la cuenca alta y media del río Coca utilizando el software InVEST como herramienta para tener una apreciación de la biodiversidad existente, pretendiendo establecer las pautas para una planificación territorial apropiada a las características de la zona.

En el **Capítulo 1** se introduce la investigación definiendo: los antecedentes, área de estudio, problemática asociada a la pérdida de la biodiversidad, iniciativa TEEB, objetivos, alcance, justificación y el modelo conceptual de trabajo.

El **Capítulo 2** muestra el estado del arte del servicio ecosistémico de la calidad del hábitat, distinguiendo el eje de investigación, los principales documentos revisados y sus respectivos hallazgos y conclusiones.

El **Capítulo 3** establece el sustento teórico de esta investigación, resaltando los servicios ecosistémicos y su evaluación, así como la legislación aplicable.

El **Capítulo 4** permite tener un acercamiento a la realidad de la zona de estudio en términos biofísicos y socioeconómicos.

El **Capítulo 5** expone a detalle la metodología a seguir durante la calibración, validación y modelación del servicio ecosistémico de la calidad del hábitat.

El **Capítulo 6** presenta el análisis de los resultados generados y posibles acciones para el uso de suelo en función de estos.

El **Capítulo 7** presenta las conclusiones generadas a lo largo del proyecto y las recomendaciones para estudios a futuro sobre la calidad del hábitat.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

El Centro de Monitoreo de la Conservación del Ambiente (UNEP-WCMC), perteneciente al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), declara que menos del 10% de la superficie del planeta abarca aproximadamente el 70% de biodiversidad mundial y está distribuida en 17 países conocidos como “megadiversos”, de los cuales el Ecuador es parte (Bravo, 2014).

Este detalle se debe a varios elementos tales como su privilegiada ubicación espacial que lo sitúa dentro del cinturón tropical del planeta, la influencia de los vientos alisios del noreste y sureste, la confluencia de corrientes marinas cálidas y frías y la presencia de la cordillera de los Andes, características que le conceden la mayor concentración de especies de plantas y mamíferos por unidad de área a nivel mundial (Burneo, 2009).

En la Conferencia de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992, se creó el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) (ONU, 2016), en pro del desarrollo sostenible, donde el Ecuador, al estar adscrito, se compromete a precautelar su biodiversidad; esto lo reafirma en la Constitución de Montecristi del 2008, mediante los derechos de la naturaleza; colocando a la biodiversidad como el eje fundamental para transformar la matriz productiva y eliminar la pobreza (MAE, 2016).

En respuesta a esto, el Ministerio del Ambiente (MAE) y otras organizaciones están impulsando diferentes proyectos en zonas de alta diversidad biológica en la región amazónica, específicamente en la Provincia de Napo donde se encuentra la reserva más grande de agua dulce y diversidad biológica del país (Clavijo, 2016), por lo que se han llevado a cabo diferentes proyectos como: el “Proyecto de conservación y uso sostenible de la biodiversidad, los bosques, el suelo y el agua como medio para

lograr el Buen Vivir o Sumak Kawsay”, “Incentivos para la reforestación con fines comerciales”, “Incentivos para la Conservación y el uso sostenible de los Recursos Naturales Renovables en la provincia de Napo”, y el “Programa Socio Bosque” (Universidad del Pacífico & USAID, 2015).

En esta provincia, en la cuenca alta y media del río Coca existen condiciones y procesos característicos de su entorno natural que permite la dotación de una gama de servicios ecosistémicos (SE) (Bolaños et al., 2015; Universidad del Pacífico & USAID, 2015), entendiéndose estos como los beneficios que la naturaleza aporta de manera directa e indirecta al hombre (TEEB, 2010). Se clasifican de acuerdo con sus funciones según Millennium Ecosystem Assessment (2005) en cuatro grupos principales: aprovisionamiento (materias primas, agua dulce), regulación (almacenamiento y retención de CO₂), cultura (turismo) y apoyo (hábitat de las especies, mantenimiento de la diversidad genética), siendo este último muy importante por sustentar el funcionamiento de los otros SE (FAO, 2015).

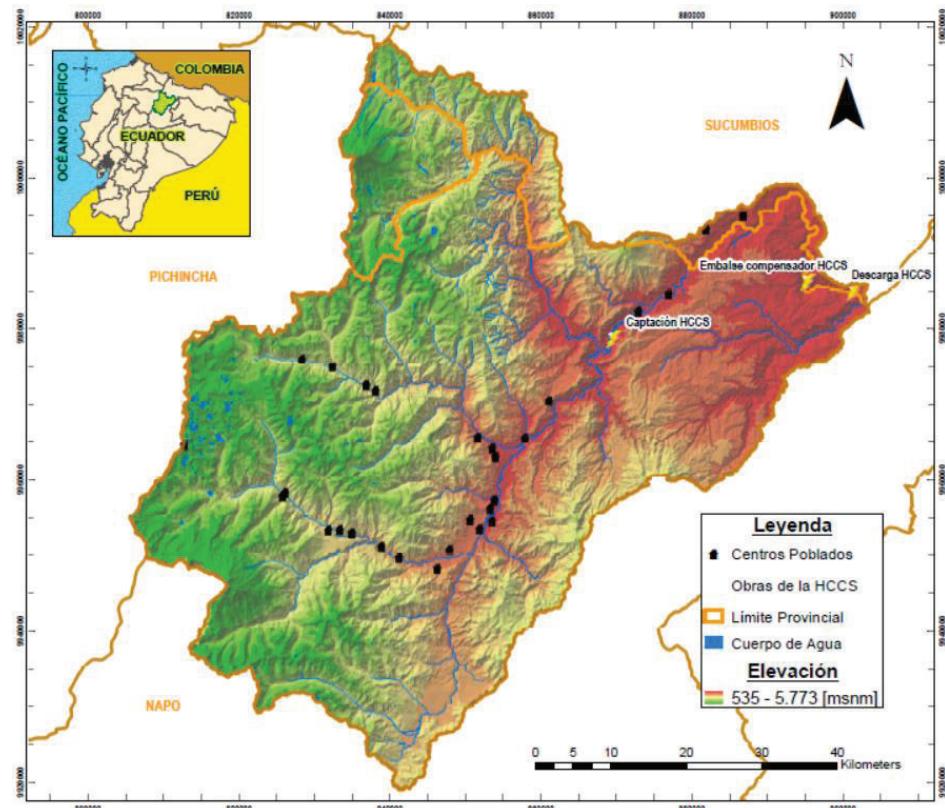
Como parte de los SE de apoyo, la calidad del hábitat desempeña un papel fundamental; debido a que proporciona las condiciones idóneas para el desarrollo de diferentes especies tanto nativas como migratorias (TEEB, 2010), promueve el desarrollo de ciclos biogeoquímicos y permite las interacciones entre factores bióticos y abióticos a largo plazo, constituyendo así una pieza elemental de los diferentes procesos físicos que se generan en una zona determinada (Haines-Young & Potschin, 2010). En este contexto es necesario hacer un análisis de la calidad del hábitat en la cuenca alta y media del río Coca, para conocer las afectaciones ocasionadas por las diferentes amenazas de origen antrópico que se desarrollan dentro de la zona.

1.2. ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca del proyecto “TEEB - Cuenca del Río Coca (Amazonía Ecuatoriana)” (PNUMA & EPN, 2018), es el objeto de este estudio y se caracteriza por estar en

una franja de transición entre el Nororiente de la cordillera de los Andes y la región amazónica (Andrade, 2016), distribuida en tres provincias: Napo, Sucumbíos y Pichincha como se visualiza en la Figura 1.1, a continuación:

FIGURA 1.1 Área de Estudio



FUENTE: IGM, SRTM-SIGTIERRAS Y CCS

Posee un rango altitudinal que varía desde los 535 hasta 5.773 msnm y cubre una extensión aproximada de 459.660 ha (PNUMA & EPN, 2018), que se extiende entre las coordenadas mostradas en la Tabla 1.1:

TABLA 1.1 Coordenadas UTM del área de estudio

Datum: WGS 84 (World Geodetic System 1984)	
Zona: 17 S	
N	E
10'018.425,44	805.500,60
9'918.925,48	903.435,60

FUENTE: PNUMA & EPN, (2018)

El río Coca, se destaca por describir en su rumbo una curva nombrada Codo Sinclair, en honor a Joseph Sinclair quien en 1927 identificó este rasgo morfológico, determinando la existencia de un desnivel de 620 m, crucial peculiaridad que permitió el desarrollo del proyecto emblemático que lleva su nombre “Coca Codo Sinclair” en el 2016 (Andrade, 2016; Guzmán, 2017).

1.3. PROBLEMÁTICA ASOCIADA A LA PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD

A pesar de que el Ecuador posee una elevada tasa de biodiversidad, de manera análoga existe también una elevada tasa de deforestación, siendo la región amazónica la que presenta el mayor ritmo de deforestación anual y volumen total registrado en las últimas décadas, desplazando a la costa en las estadísticas nacionales, tal como se evidencia en la Tabla 1.2 (Granda, 2015; MAE y Programa Socio Bosque, 2011):

TABLA 1.2 Tasas estimadas de deforestación en el Ecuador continental

Región	Deforestación promedio [ha/año] 1990-2000	Deforestación promedio [ha/año] 2000-2008
Amazonía	17.614,6	19.778,6
Vertiente Oriental Andina	12.089,9	-1.161,0
Vertiente Occidental Andina	7.735,6	7.574,8
Valles Interandinos	3.783,7	5.123,3
Costa	3.799,8	13.439,9
Andes del Sur	5.914,4	17.008,9
Nivel Nacional	74.330,9	61.764,5

FUENTE: MAE y Programa Socio Bosque, (2011)

En la cuenca alta y media del río Coca se perdió el 11,9% de cobertura original entre los años 2000-2014, a causa de que en ésta zona se han desarrollado importantes proyectos de infraestructura, y además, se observa el crecimiento de actividades agropecuarias y la paulatina presión de cambio de uso del suelo debida al crecimiento urbano, lo que implica la obtención de recursos naturales, amenazando con reducir la biodiversidad de la cuenca (PNUMA & EPN, 2018; Universidad del Pacífico & USAID, 2015).

Es importante resaltar que está es un área frágil, ubicada en un ecosistema sensible a cambios en la cobertura vegetal, esto se debe a que la perturbación que sufre la dinámica ecológica natural ocasiona alteraciones en las propiedades físico químicas del suelo, desequilibrando la regeneración natural del ciclo de nutrientes, así, el suelo que originalmente tiene una baja fertilidad debido a su alta lixiviación, se vería seriamente comprometido ocasionando la degradación paulatina de este recurso debido a la pérdida de nutrientes (Clavijo, 2016; Granda, 2015).

Además, la relación simbiótica que mantienen la flora y fauna (macroscópica y microscópica) de los bosques primarios amazónicos, permite el equilibrio entre los diferentes niveles de la cadena trófica mediante procesos como la polinización y la dispersión de semillas, los cuales aportan a la regeneración continua del bosque y contribuyen al mantenimiento de una gamma de SE como: la captura de carbono, la provisión y regulación de la calidad del agua, belleza escénica entre otros; así, al afectar las asociaciones existentes entre los diferentes factores bióticos y abióticos, se occasionarían diferentes problemas que se verían traducidos a largo plazo en: la pérdida de biodiversidad, la destrucción de ecosistemas nativos, inundaciones no periódicas, emisiones de dióxido de carbono y disminución o pérdida total de los SE (Amores, 2011; De la Torre, Anda & Garland, 2017; Granda, 2015).

1.4. INICIATIVA TEEB - ECUADOR

La economía de los ecosistemas y la biodiversidad (TEEB por sus siglas en inglés), es una iniciativa internacional que surgió en marzo del 2007, producto del Diálogo del Cambio Climático G8+5 llevado a cabo en Potsdam – Alemania y auspiciado por el PNUMA, su principal objetivo es evidenciar los beneficios de mantener la biodiversidad y los SE, desde un enfoque económico, con la finalidad de que sean tomados en cuenta en la toma de decisiones, el estudio TEEB se rige por tres principios básicos (TEEB, 2015):

- Reconocer los beneficios aportados por la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad,
- Demostrar su importancia en términos económicos;
- Capturar su valor en la toma de decisiones, implementando incentivos de ser necesario para su mantenimiento.

En el 2014, el TEEB realizó un acuerdo bilateral con la Comisión Europea, para realizar estudios pilotos en cinco países del cual el Ecuador es partícipe, por lo que mediante un Acuerdo el PNUMA y la Escuela Politécnica Nacional (EPN), desarrolló el proyecto piloto “La Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad (TEEB)-Cuenca del Río Coca (Amazonía Ecuatoriana)”, el cual busca informar sobre los SE presentes en la zona debido a la falta de información que existe de los mismos, con la finalidad de orientar a la generación de políticas estratégicas; en lineamiento con los cambios propuestos en la matriz productiva y energética, especialmente aquellos que involucran el área de aportación del proyecto hidroeléctrico Coca Codo Sinclair (1.500 MW) (PNUMA & EPN, 2018).

En este contexto, este proyecto de titulación evaluó el servicio ecosistémico de la calidad de hábitat, haciendo uso del software libre InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs) versión 3.3.1., desarrollado por el Natural Capital Project (NATCAP), en conjunto con el Fondo Mundial para la Naturaleza (World Wildlife Fund- WWF), la Universidad de Minnesota, la Universidad de

Stanford y otras instituciones; y empleó tres de los cuatro escenarios propuestos en el Proyecto “TEEB - Cuenca del Río Coca (Amazonía Ecuatoriana)” (PNUMA & EPN, 2018), los mismos que fueron proyectados para el año 2030 y son recomendados para determinar la capacidad de aprovisionamiento de los SE. A continuación, se describe cada uno:

- Tendencia Actual (Business As Usual - BAU): Se analizan los efectos futuros de la tendencia histórica del uso de suelo, es decir, no se adicionan programas que beneficien o perjudiquen el cambio de coberturas nativas.
- Aplicación del Plan Nacional de Incentivos (PNI): Complementa el Programa Nacional de Incentivos presente en el Acuerdo Ministerial 131 (MAE, 2013), promoviendo el fortalecimiento de la conservación, restauración y sistemas silvopastoriles, que beneficien a la protección de los ecosistemas existentes.
- Degradación: Se retiran todos los incentivos de conservación dentro de la cuenca y se fomenta el desarrollo de actividades antrópicas como la agricultura y ganadería no sustentable.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar el Servicio Ecosistémico de Calidad del Hábitat en la cuenca alta y media del río Coca, mediante el uso del paquete computacional InVEST 3.3.1., para provisión de información confiable que sustente estrategias de conservación.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el modelo relacionado a la calidad de hábitat del paquete computacional InVEST 3.3.1, para definición los requerimientos de información en la cuenca del río Coca.

- Establecer condiciones para la modelación de la calidad del hábitat en el 2014, mediante la aplicación de metodologías utilizadas en estudios anteriores, para obtener un óptimo desempeño de la herramienta.
- Estimar la calidad del hábitat en tres de los cuatro escenarios propuestos por el Proyecto TEEB-Cuenca del río Coca, mediante la elaboración y comparación de mapas temáticos, que permitan la propuesta de posibles acciones de gestión que fomenten el desarrollo sostenible en la zona de estudio.

1.6. ALCANCE

El presente trabajo de titulación busca examinar el SE de la calidad del hábitat para sustentar propuestas de planificación territorial con un enfoque de conservación dentro de la cuenca alta y media del río Coca, haciendo uso del paquete computacional InVEST 3.3.1. y de la información cartográfica de la zona de estudio, referente al uso y cobertura del suelo, amenazas de origen antropogénico, sensibilidad a cambios en la cobertura y grado de accesibilidad (Sharp et al., 2015).

Los resultados obtenidos permiten identificar zonas de importancia ecológica por cada escenario propuesto dentro de la cuenca, utilizando el tapir de montaña (*Tapirus pinchaque*) y el oso andino (*Tremarctos ornatus*) como objeto de estudio para validar la información generada.

1.7. JUSTIFICACIÓN

En zonas frágiles y diversas como la cuenca alta y media del río Coca, es necesario valorar los SE, especialmente el referente a la calidad del hábitat, información que no ha sido anteriormente generada en la zona y es imperativa en términos biofísicos, debido a que la mayoría de los beneficios aportados por los ecosistemas son indirectos y proceden de procesos ecológicos complejos (Mateus & Caicedo,

2016), los cuales sustentan la capacidad de estos ecosistemas para proveer bienes y servicios a la población ecuatoriana.

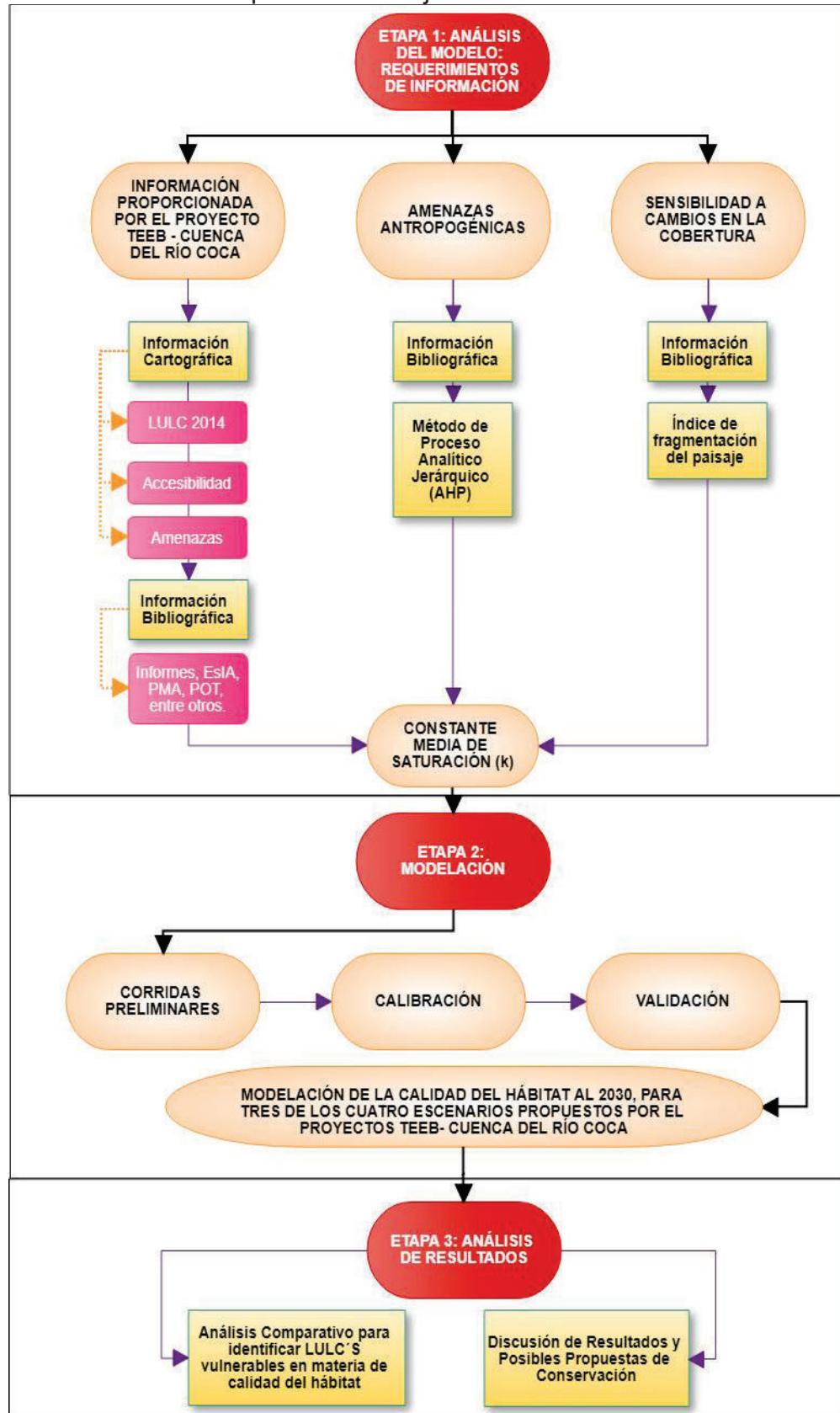
La información generada acerca del SE de la calidad de hábitat sirve como línea base para sustentar estrategias de conservación y protección por parte de los organismos competentes de la región, los sectores claves tanto públicos como privados y la comunidad, identificando áreas de mayor sensibilidad en términos ecosistémicos tanto en áreas protegidas como fuera de estas (Pacha, 2014).

Esta información permitirá priorizar áreas destinadas para protección, permitiendo a futuro plantear posibles planes de manejo que permitan limitar la afectación antrópica, tales como el pastoreo y la agricultura (PNUMA & EPN, 2018), formular e implementar políticas de estado sobre determinados aspectos ambientales, tomar decisiones sobre la planificación del uso del territorio, entre otros; es decir apoyar un manejo integrado de la cuenca (Mateus & Caicedo, 2016).

1.8. MARCO CONCEPTUAL DE TRABAJO

Esta investigación fue desarrollada de acuerdo con lo expuesto en la Figura 1.2:

FIGURA 1.2 Marco Conceptual de Trabajo



ELABORADO POR: Salomé Ríos

CAPÍTULO 2

ESTADO DEL ARTE

2.1. EJE DE INVESTIGACIÓN

Este estudio analiza la calidad del hábitat con el software InVEST en el caso práctico de la cuenca alta y media del río Coca, la cual se encuentra amenazada por la alteración antropogénica de diferentes proyectos de infraestructura y procesos colonizadores que causan la perdida de bosques nativos (Bolaños et al., 2015).

El modelo de la calidad del hábitat perteneciente al software InVEST se ha visto ampliamente difundido a nivel mundial (Zhong & Wang, 2017), entre otras razones debido a que trabaja con información referente al uso de suelo, la cual es de fácil acceso y permite estudiar las afectaciones en la provisión de recursos para las generaciones futuras, por lo que la existencia de información espacial permite mitigar posibles impactos que resulten irremediables para la biosfera (Balvanera & Cotler et al., 2009).

La evaluación de la calidad del hábitat es imperativa para promover la conservación de la biodiversidad (Yan, Fei & Lei, 2016), y el uso del software InVEST permite tener una visión general del valor intrínseco que posee (al mantener diversas interacciones que regulan y proveen diferentes SE a largo plazo), lo cual se traduce en beneficios que aportan al bienestar del ser humano (Balvanera & Cotler et al., 2009; Ochoa, 2015).

2.2. DOCUMENTOS REVISADOS

En la Tabla 2.1 se encuentran los documentos de apoyo seleccionados para desarrollar esta investigación:

TABLA 2.1 Documentos Examinados

FUENTE DE ESTUDIO	CANTIDAD	ÁREA DE ESTUDIO	AÑO DE PUBLICACIÓN
Artículos Científicos	16	Modelación de SE de calidad del hábitat - Biodiversidad – Sensibilidad – Fauna silvestre - Procesos del ecosistema - Riesgos antrópicos - Cambio de Coberturas y usos del suelo - Planificación sistemática de conservación - Autocorrelación espacial	2011-2017
Libros	2	Bibliografía que integra los principios de la ecología de paisaje con la red vial – Uso y manejo efectivo del InVEST de acuerdo con lo propuesto por el Natural Capital Project (Nat Cap)	2003-2016
Tesis	5	Realizadas en Colombia, Ecuador y Perú, concernientes al estudio de SE, principalmente el de calidad del hábitat.	2011-2018
Informe de Consultoría	4	Evaluación de servicios ecosistémicos para hidroelectricidad en la Amazonía ecuatoriana - Evaluación de la calidad del hábitat en la región Mixteca - México	2012-2017
TOTAL	27		

2.3. PRINCIPALES HALLAZGOS

Existe gran controversia acerca de considerar la “calidad del hábitat” como un SE, debido a que su “valor” no se refleja de forma directa ante las necesidades de ser humano, tal como lo expresan De Groot y otros autores (2010), en su estudio “Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making” (p.260). Es por este motivo que el análisis del modelo de la calidad del hábitat se ha visto limitado por

problemas conceptuales y herramientas que permitan valorar dicho servicio de manera sustentada.

Los softwares principalmente difundidos en cuanto al estudio de Biodiversidad y hábitat son: “InVEST” y “ARIES”, de acuerdo al estudio realizado por Ochoa Cardona (2015), sin embargo; a pesar de que ambas herramientas generan resultados equivalentes, “ARIES” resulta más complejo en el sentido de que requiere mayor tiempo y experiencia por parte del usuario, mientras que “InVEST” es reconocido por sus múltiples fortalezas a nivel mundial, entre las que resaltan: ser un software libre, la facilidad de uso, la simplicidad de su interfaz, su multifuncionalidad y la disponibilidad de acceder a un foro donde se puede contactar directamente con el grupo desarrollador y compartir información entre la comunidad creciente de usuarios.

InVEST es reconocido por ser el software más utilizado a nivel mundial para evaluar los SE, así lo demuestra una encuesta en línea realizada a 85 personas en la cual InVEST fue el único modelo preempaquetado que más de un encuestado había manipulado (Nemec & Raudsepp-Hearne, 2013). Respecto a los SE referentes a Biodiversidad y el hábitat; Ochoa Cardona (2015), explica en su estudio que, de los 65 artículos evaluados, 12 hacen mención de esta temática (7 corresponden a la “Calidad del Hábitat”) es decir a penas el 8,6%, además expone que su estudio se lleva a cabo como complemento a la evaluación de otros SE.

De acuerdo a Grunewald & Bastian (2015), en su libro “Ecosystem Services – Concept, Methods and Case Studies”, InVEST ha sido aplicado en diferentes cuencas de EEUU, China, Sumatra, la Amazonía de Ecuador y Colombia; entre otras, estos estudios se centran en la identificación y protección de áreas importantes por su biodiversidad y presencia de SE. Es importante resaltar el hecho de que usualmente se realiza el análisis con cuencas hidrográficas debido a su nexo con el suministro de ciertos SE, al facilitar la visualización de la relación existente entre los factores físicos como la geomorfología, relieve, clima entre otros con el SE que se modela (Ochoa, 2015).

Terrado et al. (2016) en su estudio ponen a prueba el modelo “Habitat Quality”, en ecosistemas terrestres y de agua dulce correspondientes a una cuenca altamente intervenida; sus resultados informan una correlación positiva entre la biodiversidad presente (plantas vasculares, macroinvertebrados y funciones del ecosistema como retención de fósforo) y los valores del modelo, dando fiabilidad a su uso. Además, utilizó diferentes escenarios en su análisis y concluyó que los resultados arrojados son útiles en evaluaciones de biodiversidad y permiten sustentar estrategias de conservación en cuanto a planificación en cuencas fluviales.

De manera similar existen múltiples artículos acerca de la aplicación del modelo de la calidad del hábitat a nivel mundial, tal como se detalla en la Biblioteca de la página oficial del InVEST, generada por el Natural Capital Project (2016).

A pesar de la amplia difusión del InVEST, existen varias falencias que se han venido identificando a lo largo de sus aplicaciones, como la falta de incorporación de parámetros que engloben aspectos espaciales, temporales y socioculturales como: variación climática, inserción tecnológica, valores del mercado, población humana, entre otros; que impiden una adecuada valoración económica en los diferentes modelos que poseen este análisis. Además, encuestas realizadas a usuarios del InVEST, identifica como parte de las debilidades de este software la falta de explicación en la guía del usuario (Nemec & Raudsepp-Hearne, 2013).

También, se reconoce la falta de precisión, confiabilidad e incertidumbre, debido a la ausencia de una metodología que permita establecer un procedimiento para una calibración y validación exitosa (Burkhard & Maes, 2017), la razón se debe a que la calidad del hábitat puede estar enfocado a diferentes objetos de conservación (especímenes representativos de flora o fauna) o a ninguno; ya que no es un requisito indispensable (Sharp et al., 2015), así existen múltiples análisis (Bhagabati et al., 2014; Cotter et al., 2017; Isaacs, 2011; Mateus & Caicedo, 2016) que difieren dependiendo de la respectiva zona de estudio, su sensibilidad y amenazas a las que se encuentra expuesto el hábitat, cabe recalcar que la

metodología aplicada varía dependiendo el usuario y los resultados que se desea obtener.

El potencial de simplificación excesivo en el InVEST limita la transferencia de beneficios; es decir, la utilización de los resultados de un SE en un lugar específico no pueden extrapolarse a otro lugar de características similares, en el cual la información es escasa o nula (Grunewald & Bastian, 2015).

Tal como lo exponen Zhong & Wang (2017) el modelo permite evaluar cambios de uso de suelo en pro de la remediación de estos, sin embargo acotan que debería tomarse en cuenta variables como el crecimiento de la vegetación y las funciones del ecosistema a largo plazo después del tratamiento propiciado en el área de estudio (Daan - China). Por lo anteriormente expuesto, los desarrolladores del software InVEST apuntan a la inserción de estos parámetros en versiones futuras (Burkhard et al., 2015; Daily et al., 2009).

En particular para el caso del Ecuador, el uso del modelo de la calidad del hábitat perteneciente al software InVEST, se aplicó en la Reserva de Producción Faunística de Cuyabeno; como parte de un estudio llevado a cabo en el Corredor Tri-nacional (Colombia, Ecuador y Perú) de áreas protegidas (La Paya, Cuyabeno y Güeppí Sekime), que pertenece a la cuenca alta del río Putumayo donde han sumado estos esfuerzos en pro de la conservación desde el 2005 (Charity, Dudley, Oliveira & Stoltz, 2016; Pacha, 2014). Cabe destacar que este estudio tuvo aportaciones de dimensión social a través del trabajo conjunto llevado a cabo con comunidades indígenas de la zona y habitantes locales (Pacha, 2014).

Otro ejemplo se sitúa en la Provincia de Zamora Chinchipe, específicamente en el “corredor de conectividad Podocarpus-Yacuambi”, al sur del Ecuador, donde la modelación se realizó a través del software ArcGIS, mediante la herramienta “corridor design”, la misma que como sub-producto obtiene la calidad del hábitat, fue sustancial para este estudio al aportar al proceso de calibración, contrastando

el mapa de calidad del hábitat obtenido de la modelación para el 2014 con el software InVEST (Alonso-F., Finegan, Brenes, Günter & Palomeque, 2017).

2.4. CONCLUSIONES:

- Los desacuerdos entre la clasificación de los SE y las múltiples herramientas que existen para “valorarlos”, imposibilita el intercambio de información y limita el estudio integrado de los SE a grandes escalas.
- InVEST es el software más difundo a nivel mundial, sus diferentes aplicaciones permiten la valoración de varios SE y posibilita crear mapas que permiten visualizar y entender de manera práctica las afectaciones actuales y futuras referentes a cambios en el uso de suelo.
- Es necesario integrar diferentes variables que permitan el análisis adecuado de la “dinámica de las comunidades” en los diferentes modelos que presenta el software InVEST, permitiéndole evolucionar de acuerdo con las nuevas necesidades en el espacio y tiempo.
- A pesar de encontrar estudios en el Ecuador donde se hace uso del modelo de Calidad del Hábitat (InVEST), el acceso a la información es limitado, debido a que no se detalla de forma específica la metodología aplicada en el modelamiento.
- La Calidad del Hábitat es un modelo que se ajusta a las necesidades del usuario, por lo que los resultados conseguidos dependen del acceso a la información en la zona de interés.

CAPÍTULO 3

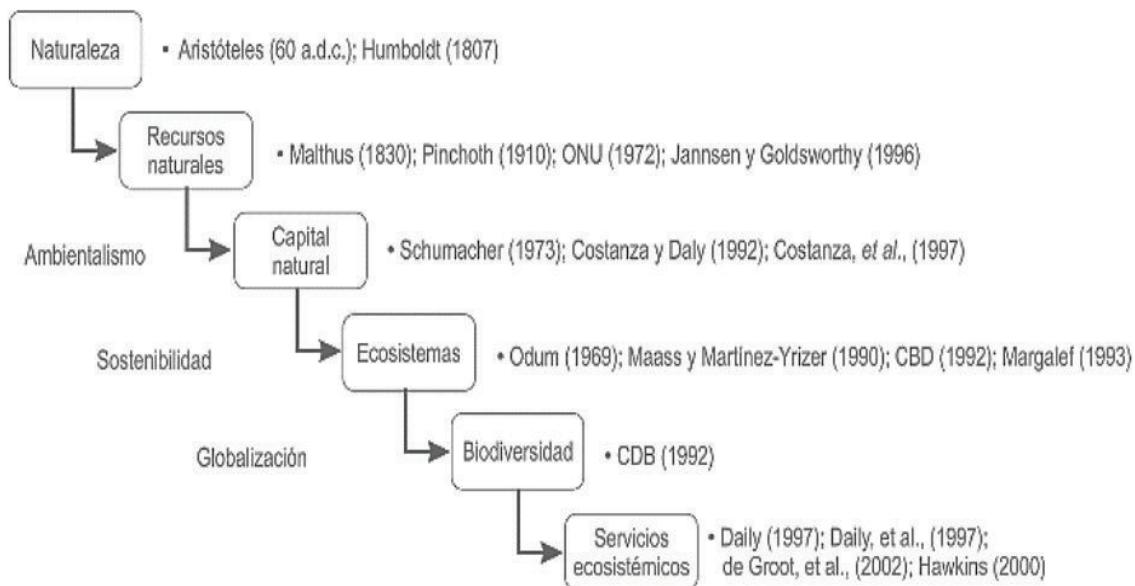
MARCO TEÓRICO

3.1. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Existe una evolución conceptual del enfoque de los SE y parte aproximadamente desde el año 60 a. C., donde Aristóteles reconoce el valor de la naturaleza (Caro & Mora, 2015). A lo largo de la historia han aparecido varios personajes que han buscado interpretar los conceptos y relaciones existentes entre la naturaleza y la sociedad, entre ellos se puede citar a Humboldt (1807), Darwin (1872), Malthus (1960), Rachel Carson (1962), Carrizosa Umaña (1992), entre otros; que aportaron con sus investigaciones a la comprensión de este vínculo (Caro & Mora, 2015).

La cronología de diferentes hitos históricos y científicos ha cambiado la perspectiva del ser humano respecto al mundo que lo rodea, adaptando diferentes nociones como: la conciencia de poseer recursos limitados, la existencia de la contaminación a partir del desarrollo industrial, la economía neoclásica con el enfoque de capital natural y desarrollo sostenible, la ecología de los ecosistemas y la biodiversidad, todos estos paradigmas han evolucionado hasta el estudio de los SE, tal como se visualiza en la Figura 3.1 (Caro & Mora, 2015):

FIGURA 3.1 Evolución conceptual del enfoque: servicios ecosistémicos

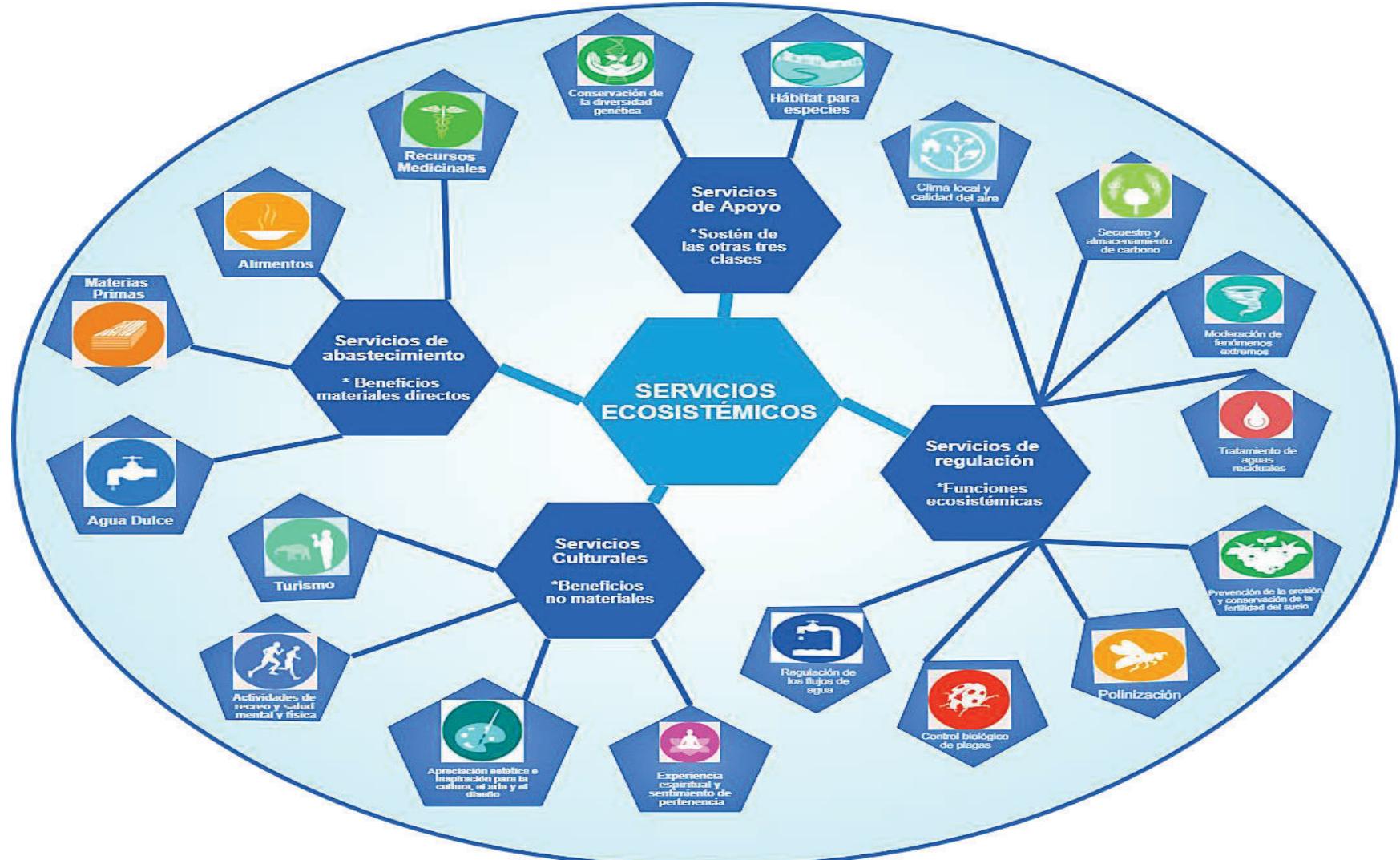


FUENTE: Caro & Mora, 2015

El término de SE nace a finales del siglo XX y principios del XXI y se atribuye a la relación de dependencia que tiene el ser humano con los diferentes vínculos que poseen los ecosistemas y la biodiversidad en conjunto, para poder garantizar su supervivencia y se aplican en la toma de decisiones políticas (Cork et al., 2006; G.C. Daily, 1997; MEA, 2003).

Han existido varias clasificaciones para los SE, sin embargo, la más aceptada es la planteada por Millennium Ecosystem Assessment (2005), el cual los divide en cuatro grupos descritos en la Figura 3.2.

FIGURA 3.2 Clasificación de los Servicios Ecosistémicos



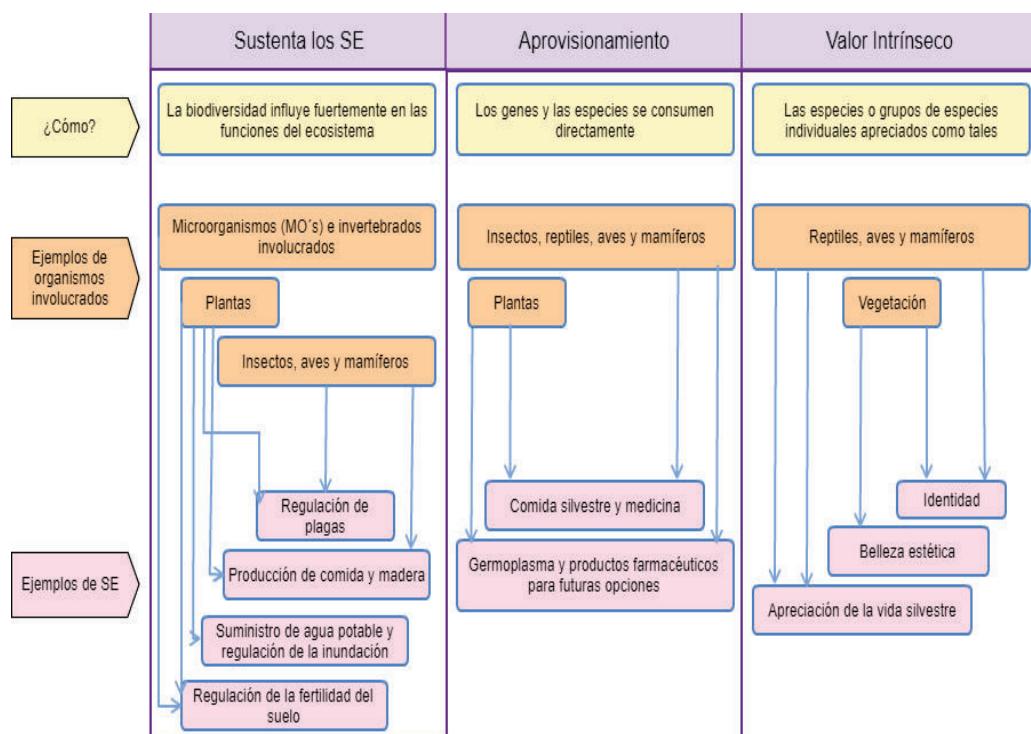
FUENTE: FAO, (2015); MEA, (2005)

3.2. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE APOYO

Los impactos ambientales registrados en los últimos años han dejado en evidencia la importancia de preservar los SE, especialmente los de apoyo o soporte; debido a que los procesos claves que existentes entre los ecosistemas y las especies, afectan de forma directa a la provisión de los otros SE (Caro & Mora, 2015).

La biodiversidad está vinculada a los SE, de tres maneras (Figura 3.3): regulando los procesos esenciales de los otros SE, proporcionando los elementos evolutivos de la vida en la Tierra y por su valor intrínseco, lo que hace que constituya la base para la supervivencia y desarrollo del ser humano (Balvanera et al., 2017).

FIGURA 3.3 Biodiversidad vinculada a los SE



ADAPTADO DE: Balvanera et al., (2017)

Así, es evidente la importancia existente en este grupo específico de SE, para detallar su estudio esta investigación se sustenta en la tipología propuesta por el TEEB, donde los SE de apoyo se clasifican en dos: calidad del hábitat y diversidad genética; a continuación, se describen cada uno de ellos.

3.2.1. CALIDAD DEL HÁBITAT

La supervivencia de las especies depende de los hábitats, debido a que les proveen de alimento, agua, espacio y refugio; características esenciales para poder reproducirse, además; las relaciones producto de la dinámica temporal y espacial que en ellos se lleva a cabo, son el soporte de los beneficios directos que aportan los otros SE (López & Sánchez, 2011).

Existe una relación directa entre la cantidad de especies presentes en una zona y la provisión de servicios existentes (Balvanera, 2012), es así que el área de estudio, al encontrarse en la Amazonía ecuatoriana, considerada un refugio de biodiversidad importante o “punto caliente de biodiversidad” por su nombre en inglés (hot spots) y debido entre otros factores a la variación altitudinal en la que se encuentra, ha originado la existencia de una gran variedad de hábitats (Calles, 2008), siendo de interés el estudio de este SE en específico.

3.2.2. DIVERSIDAD GENÉTICA

Constituye la variedad particular de genes registrados actualmente y los potencialmente aprovechables, presentes tanto en una especie en particular como en poblaciones y comunidades bióticas, que los caracterizan y que son utilizables en procesos biotecnológicos (Casas, Guevara, Torres & Parra, 2017).

3.3. EVALUACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

En los últimos años se han venido acrecentando el número de herramientas que permiten documentar, analizar y evaluar los SE, estos softwares utilizan modelos que permiten representarlos de forma espacialmente explícita mediante una variedad de fuentes de información (Ochoa, 2015).

Los modelos se definen de acuerdo a Kosmus, Renner & Ullrich (2012) como: “representaciones simplificadas de la realidad. Son expresiones matemáticas que

representan las complejas interacciones entre elementos físicos, biológicos y socioeconómicos de los ecosistemas” (p.69).

Es así como en lugares de interés donde existen conflictos entre la biodiversidad y proyectos de desarrollo como las hidroeléctricas y actividades antropogénicas como ganadería, agricultura, áreas urbanas entre otros, el análisis de los SE ayuda a establecer las pautas para políticas referentes al uso y manejo del suelo y fomenta un desarrollo integral (Kosmus et al., 2012).

A continuación, se describen diferentes herramientas que han sido reconocidas por su aporte científico en materia de SE.

3.3.1. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Los SIG son un apoyo en la toma de decisiones, debido a que los resultados que arrojan del análisis de datos digitalizados, permiten tener una evaluación integral de una zona determinada, ya que considera variables científicas, sociales e ingenieriles, permitiendo modelar escenarios futuros y visualizar mediante mapas los posibles efectos de la toma de decisiones respecto al ordenamiento territorial, estudiar las tendencias de cambios espaciales y temporales y considerar compensaciones entre las medidas de desarrollo y los SE (Garzon & Rincon, 2017).

3.3.2. ARIES (ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR ECOSYSTEM SERVICES)

ARIES es un Proyecto desarrollado por la Universidad de Vermont EEUU, en el 2007 y nace por la preocupación de facilitar las tomas de decisiones ambientales, desde un enfoque científico que permita entender la complejidad de las relaciones existentes en los procesos que involucran la generación de un SE y a su vez sean lo suficientemente claros para el manejo del usuario (Valdes Quintero et al., 2017).

El lenguaje que maneja el software es Thinklab GUI, necesita de una conexión a internet, utiliza datos de diferentes servidores a nivel mundial y presenta 5 modelos de SE: carbono, belleza escénica para propietarios, proximidad a espacios abiertos

para propietarios, regulación de inundaciones y regulación de sedimentos (Codato & Locatelli, 2012).

3.3.3. MIMES

MIMES integra para su análisis las siguientes capas terrestres: la atmósfera, la hidrosfera, la biosfera, la litosfera y la antroposfera (Burkhard & Maes, 2017), analizando así sus interacciones mediante una matriz que permite proyectar la pérdida o ganancia de SE, bajo diferentes escenarios económicos, climáticos y políticos (Boumans, Roman, Altman & Kaufman, 2015).

Esta herramienta permite considerar de forma simultánea diferentes bienes y SE, permitiendo visualizar de una forma explícita la respuesta de los diferentes ecosistemas ante la intervención antrópica, lo que lo convierte en un sistema transferible para la dinámica del Sistema Natural y Humano Acoplado (CHANS) (NOAA, 2018). Diferentes análisis de sensibilidad y calibraciones de escenarios base aseveran la confianza en sus modelos (Boumans et al., 2015).

3.3.4. BIODIVERSITY PLANNING TOOLKIT

Es un recurso en línea, que fue desarrollado en el Reino Unido por Association of Local Government Ecologists (ALGE), en asociación con organizaciones dedicadas para la conservación y planificación, con la finalidad de poder incorporar la biodiversidad en diferentes proyectos (Oppla, 2016).

Se destaca por presentar un mapa interactivo que muestra características de biodiversidad y geodiversidad propias de ecosistemas específicos, además posee diferentes herramientas que proporcionan información acerca de especies protegidas y legislación relevante (Baker, 2017). Su desarrollo aún sigue en curso (Kosmus et al., 2012).

3.3.5. GLOBIO-ES

Esta metodología fue desarrollada por el PNUMA y permite cuantificar los impactos pasados, presentes y futuros, generados por seis actividades humanas (uso de suelo, cambio climático, deposición de nitrógeno atmosférico, infraestructura, fragmentación del hábitat e invasión humana) sobre la biodiversidad, utilizando el índice de Mean Species Abundance (MSA), que permite estimar la densidad media de especies nativas en un hábitat perturbado versus su abundancia en un hábitat sin alteraciones antrópicas (Schipper, Alkemade, Ten Brink & Janse, 2016).

La metodología requiere de datos especialmente explícitos acerca de factores ambientales y uso del suelo; y proporciona información acerca de las interacciones entre el entorno natural y el desarrollo humano basados en elementos claves como las políticas, el crecimiento poblacional y el progreso económico (Burkhard & Maes, 2017).

3.3.6. COSTING NATURE

Esta herramienta fue desarrollada por el Dr. Mark Mulligan en colaboración con el King College of Lond, Ambio TEK y la UNEP-WCMC, su principal objetivo es poder valorar los SE identificando el grupo de individuos que se beneficia directamente, los impactos generados por la acción antropogénica en la zona de análisis y como varía la provisión de los SE (Gutiérrez, 2017).

Permite integrar datos espaciales desde más de 80 conjuntos de datos en la web (como SimTERRA, PSS u otras fuentes), en escala de 1 km^2 y 1 ha a nivel mundial sin apoyarse en SIG; sin embargo, permite al usuario utilizar su propio conjunto de datos previamente procesados en SIG (Gutiérrez, 2017; Mulligan & Burke, 2012).

3.4. INVEST

El NATCAP, el WWF, la Universidad de Stanford y otras instituciones, desarrollaron esta herramienta y ha tenido una gran aceptación a nivel mundial para establecer el impacto de la afectación de los ecosistemas, InVEST posee 18 modelos que permiten valorar los diferentes SE y se destaca por ser una herramienta flexible, asequible y capaz de mostrar resultados de fácil comprensión (Pacha, 2014).

Los resultados de esta herramienta han servido de apoyo en la toma de decisiones, con la finalidad de garantizar la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras (Olalde, 2010), exponiendo hoy la importancia del vínculo existente entre el ser humano y los ecosistemas.

3.4.1. HABITAT QUALITY MODEL

La biodiversidad está estrechamente relacionada con las variaciones espaciales que suscitan en una zona específica, es por esto por lo que puede representarse su afectación mediante el análisis de variables como el uso de suelo y las amenazas existentes en el hábitat (Sharp et al., 2015).

El modelo de calidad del hábitat combina información geográfica previamente depurada acerca del uso de suelo, las amenazas, sensibilidad y accesibilidad con la finalidad de establecer un índice de 0 a 1 (Sharp et al., 2015), el cual se interpreta de acuerdo a Terrado et al. (2016), como más cercano a 1 cuando existe una alta riqueza biológica y disminuye conforme está desaparece, lo cual sucede usualmente en las áreas de mayor intervención antrópica, por esta razón el modelo es especialmente conveniente para evaluar a priori las necesidades existentes de conservación o restauración. Además, la incorporación de diferentes escenarios a futuro permite visualizar los efectos probables antes de que sucedan.

Todas las herramientas descritas anteriormente persiguen el objetivo de simular el efecto del desarrollo humano sobre los diferentes SE y aunque poseen distintos

enfoques e insumos son el soporte de investigadores en materia de uso de suelo, planificación y gestión territorial (Francesconi et al., 2016). A pesar del incremento de estas herramientas en las últimas décadas, no existe un consenso que permita establecer una de ellas como la mejor para evaluar SE, es así como la elección de una herramienta en específico; dependerá del alcance y objetivos que la investigación persigue (Ochoa, 2015).

Para esta investigación se utilizó la herramienta InVEST versión 3.3.1, debido a lo expuesto en el Capítulo 2, es importante señalar que de acuerdo a Nemec & Raudsepp-Hearne (2013), las personas entrevistadas que afirman haber usado InVEST señalan que entre sus ventajas se destacan: relativa facilidad de uso, acceso gratuito, sencillez del programa, apertura de los desarrolladores para responder preguntas en el foro oficial y la facultad de ser usado en diferentes escalas espaciales.

3.5. LEGISLACIÓN APLICABLE

Existen diferentes organismos e instituciones competentes vinculadas por sus diferentes capacidades en la zona de estudio, por cual es imperativo establecer un orden de primacía a partir del Artículo 425, de la Constitución de la República del Ecuador, donde cita: “El orden jerárquico de aplicación de las normas será el siguiente: La Constitución; los tratados y convenios internacionales; las leyes orgánicas; las leyes ordinarias; las normas regionales y las ordenanzas distritales; los decretos y reglamentos; las ordenanzas; los acuerdos y las resoluciones; y los demás actos y decisiones de los poderes públicos”.

A continuación, en la Tabla 3.1 se describe cada una de las diferentes normas de interés para el presente proyecto de investigación regidas principalmente en materia de biodiversidad y conservación.

TABLA 3.1 Marco legal aplicable en la cuenca

INSTRUMENTO LEGISLATIVO	NOMBRE CORTO	FECHA	DESCRIPCIÓN
Constitución de la República del Ecuador	(CRE)	Aprobada el 28 de septiembre del 2008	Mandato Supremo del Ecuador, donde se establece el régimen del buen vivir o <i>Sumak Kawsay y los derechos de la naturaleza</i> . Existen diferentes artículos que hacen referencia a la naturaleza (10, 14, 30, 66, 71 y 259), la biodiversidad y los recursos naturales (desde el 395 hasta el 415).
Tratados y Convenios Internacionales			
Convenio sobre la Diversidad Biológica	(CDB)	Ratificado por el Ecuador el 13 de marzo de 1993	Este convenio aparece en la Cumbre de la Tierra llevada a cabo en Río de Janeiro en junio de 1992 y está enfocado en la protección de la biodiversidad en todas sus formas. A cada Estado participante le acredita (Rodríguez, 2009): *derecho a usar sus recursos de acuerdo con su normativa estatal, *derechos internacionales en pro de la conservación, *soberanía sobre sus recursos genéticos, * obligación de no causar afectaciones transfronterizas.
Convención Ramsar relativa a los Humedales	Convención Ramsar	Aprobado en 1971	Nace en 1971, en la ciudad de iraní de Ramsar situada frente al Mar Caspio, por la preocupación creciente del deterioro en las zonas palustres a pesar de que su enfoque de conservación inicial fue específico para aves acuáticas, después de diferentes reuniones y negociaciones se estableció que fuese para todas las especies existentes en dichos humedales (Arias-García & Gómez-Zotano, 2015). En el Ecuador, para la zona de estudio existe el Complejo de Humedales Ñucanchi Turupamba, localizado en el Parque Nacional Cayambe Coca (MAE, 2015), el cual forma parte del convenio.
Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres	(CITES)	Ratificada el 3 de marzo de 1973	Creada en Washington 1973, reconoce a las especies de flora y fauna silvestres como únicas desde el punto de vista científico, cultural, económico, estético y recreativo; razón por la que los estados se ven obligados a protegerlas del comercio exterior que amenaza su supervivencia, surge con la finalidad de fomentar el apoyo y la colaboración internacional en el tráfico de especies (Rodríguez, 2009). Posee tres apéndices donde se establecen las medidas regulatorias del comercio internacional.

TABLA 3.1 Continuación

INSTRUMENTO LEGISLATIVO	NOMBRE CORTO	FECHA	DESCRIPCIÓN
Convención sobre la Conservación de Especies Migratorias de Animales Silvestres	(CMS)	Ratificado el 23 de febrero de 1993	La fauna migra independientemente de los límites jurisdiccionales establecidos por los diferentes países, por lo cual se vio la necesidad de crear un Convenio que permita proteger y conservar estas especies a nivel internacional (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente - Gobierno de España, 2014). La convención se llevó a cabo en 1983, en la ciudad de Bonn (Alemania) y con el auspicio del PNUMA y comprende dos apéndices donde se listan las especies amenazadas y las favorecidas por la cooperación internacional, este convenio busca fomentar el trabajo conjunto de los países miembros (CMS, 2015).
Convenio para la Protección del Patrimonio Natural y Cultural de la UNESCO	-	16 de junio de 1975	Se crea en 1972, como herramienta que vincula el patrimonio cultural con el medio natural en el que se encuentra; donde se alarma a la comunidad internacional acerca del deterioro que nace de la evolución social y económica de la humanidad (Ciselli, 2015). Entre otros se rige a: monumentos naturales, formaciones geológicas y fisiográficas que constituyen el hábitat de especies de flora y fauna amenazadas y lugares naturales estrictamente delimitados (Rodríguez, 2009).
Tratado de Cooperación Amazónica	(TCA)	Ratificado el 3 de julio de 1978	La cuenca del Amazonas constituye la más grande del mundo y posee una gran capacidad hídrica y riqueza biológica, con la finalidad de conservarla y preservarla; fomentando la cooperación, equidad, soberanía territorial y uso racional de los recursos, surge el TCA el 3 de Julio de 1978 donde participan Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela, Guyana y Surinam (Itamaraty, 2015; OTCA, 2016).
Leyes Orgánicas			
Ley Orgánica Reformatoria al Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización	(COOTAD)	Expedida en el 2014	Esta ley hace referencia a los lineamientos establecidos para el Estado ecuatoriano en materia de ordenamiento territorial. Se destacan los siguientes artículos: Art. 12.- "Biodiversidad amazónica. - (...) se aplicarán políticas de preservación, conservación y remediación acordes con su diversidad ecológica". Art. 111.- "Sectores estratégicos. – (...) Son sectores estratégicos la generación de energía en todas sus formas: las telecomunicaciones; los recursos naturales no renovables; el transporte y la refinación de hidrocarburos; la biodiversidad y el patrimonio genético; el espectro radioeléctrico; el agua (...). Art. 471.- "Fraccionamiento agrícola. - (...) De ninguna manera se podrá fraccionar bosques, humedales y otras áreas consideradas ecológicamente sensibles (...)".

TABLA 3.1 Continuación

INSTRUMENTO LEGISLATIVO	NOMBRE CORTO	FECHA	DESCRIPCIÓN
Leyes Ordinarias			
Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre	-	Expedida en el 2014	Establece los objetivos y principios para fomentar el desarrollo de actividades antrópicas de forma sostenible, racional y armónica con los recursos forestales, áreas protegidas y vida silvestre, así se enlistan ciertos artículos que tienen referencia al estudio: Art.-6, 44, 66 y 88.
Normas Regionales y Ordenanzas Distritales			
Texto Unificado De La Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente Secundaria	(TULSMA)	Expedida el 31 de marzo de 2003	El TULSMA es una herramienta en la cual constan temas legales referentes al ambiente de forma detallada, está compuesto por nueve libros con diferentes anexos según sea el caso, se detallan los referentes al estudio: Libro III: Del Régimen Forestal - Título IV. Capítulo II: De la Conservación de la Flora y Fauna. Libro IV: Biodiversidad - Título II. De la Investigación, Colección y Exportación de Flora y Fauna Silvestre - Título III. Capítulo V: Del Ejercicio de la Cacería. Capítulo VII: De las Prohibiciones. Libro VI: De la Calidad Ambiental - Título IV. Reglamento de la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.
Política Nacional de Gobernanza del Patrimonio Natural para Buen Vivir	-	Expedida el 07 de noviembre de 2013	Art. 5.- Gestión Sostenible de Paisajes Naturales Art. 6.- Incentivos para la Conservación y Uso Sostenible del Patrimonio Natural Art. 7.- Gestión Integral de Bosques y Vida Silvestre Art. 9.- Investigación y monitoreo del patrimonio natural
Acuerdos Ministeriales			
Acuerdo Ministerial 169: Creación del Proyecto Socio Bosque	(PSB)	Expedido en el 2008	En el 2008, bajo el Gobierno de Rafael Correa nace la iniciativa "Socio Bosque", la que consiste en la entrega de incentivos económicos a propietarios de tierras que no sean plantaciones forestales y que posean páramos, bosques y vegetación nativa que se encuentre amenazada por la deforestación buscando limitar la generación de gases de efecto invernadero (GEI) y mejorar las condiciones de vida de las personas rurales asentadas ahí; el aliciente se entrega una vez comprobado que la protección y conservación es la adecuada, las personas que deciden vincularse al programa lo hacen de forma voluntaria mediante un convenio con el MAE (MAE, 2008; Programa Socio Bosque, 2011).

TABLA 3.1 Continuación

INSTRUMENTO LEGISLATIVO	NOMBRE CORTO	FECHA	DESCRIPCIÓN
Acuerdo Ministerial 131: Programa Nacional de Incentivos a la Conservación y Uso Sostenible del Patrimonio Natural	(PNI)	Expedido en el 2013	A través del Acuerdo Ministerial 131, se origina el Programa Nacional de Incentivos a la Conservación y Uso Sostenible del Patrimonio Natural “Socio Bosque” en el 2013. Son objetivos estratégicos los siguientes: * Incentivar, la conservación, protección, producción, comercio sostenible de la biodiversidad e implementar actividades correctivas que permitan la adecuada instauración de diferentes especies nativas que se hayan visto afectadas. * Facilitar y promover la importancia de los SE, así como garantizar la protección de los diferentes bosques y áreas declaras como parte del SNAP y articular los diferentes alicientes existentes de acuerdo a lo expresado en las leyes vigentes. Tiene por objeto la ejecución de diferentes componentes detallados en cinco capítulos (MAE, 2011): a) Conservación; b) Restauración; c) Manejo Forestal; d) Biocomercio; e) Sostenibilidad Financiera.
Planes de Ordenamiento Territorial			
Plan de Ordenamiento Territorial de la Provincia de Napo, Sucumbíos y Pichincha	(PDOT)	Expedidos entre el 2011 y 2012	Estos documentos describen las diferentes características físicas, biológicas, sociales y económicas de un determinado espacio, rescatando los pros y contras de la forma de desarrollo que han tenido en los últimos años y proponiendo acciones específicas que permitan solucionar el crecimiento socioeconómico sin mayores afectaciones al medio ambiente, mediante diferentes análisis que consienten identificar los riesgos potenciales y proponer medidas preventivas o correctivas según corresponda (GAD El Chaco, 2014; GAD Orellana, 2015; GAD Quijos, 2015).
Planes de Manejo Ambiental: Cayambe-Coca y Antisana, Sumaco Napo-Galeras y cuenca del Río Coca - Subcuenca de los ríos Quijos y Salado.	(PMA)	Expedidos en el 2007	Estas herramientas detallan diferentes proyectos que pueden llevarse a cabo en estas zonas, orientados a la protección, manejo, investigación, mantenimiento, administración y monitoreo de los recursos naturales (PNUMA & EPN, 2018).

CAPÍTULO 4

ÁREA DE ESTUDIO

4.1. ASPECTOS BIOFÍSICOS

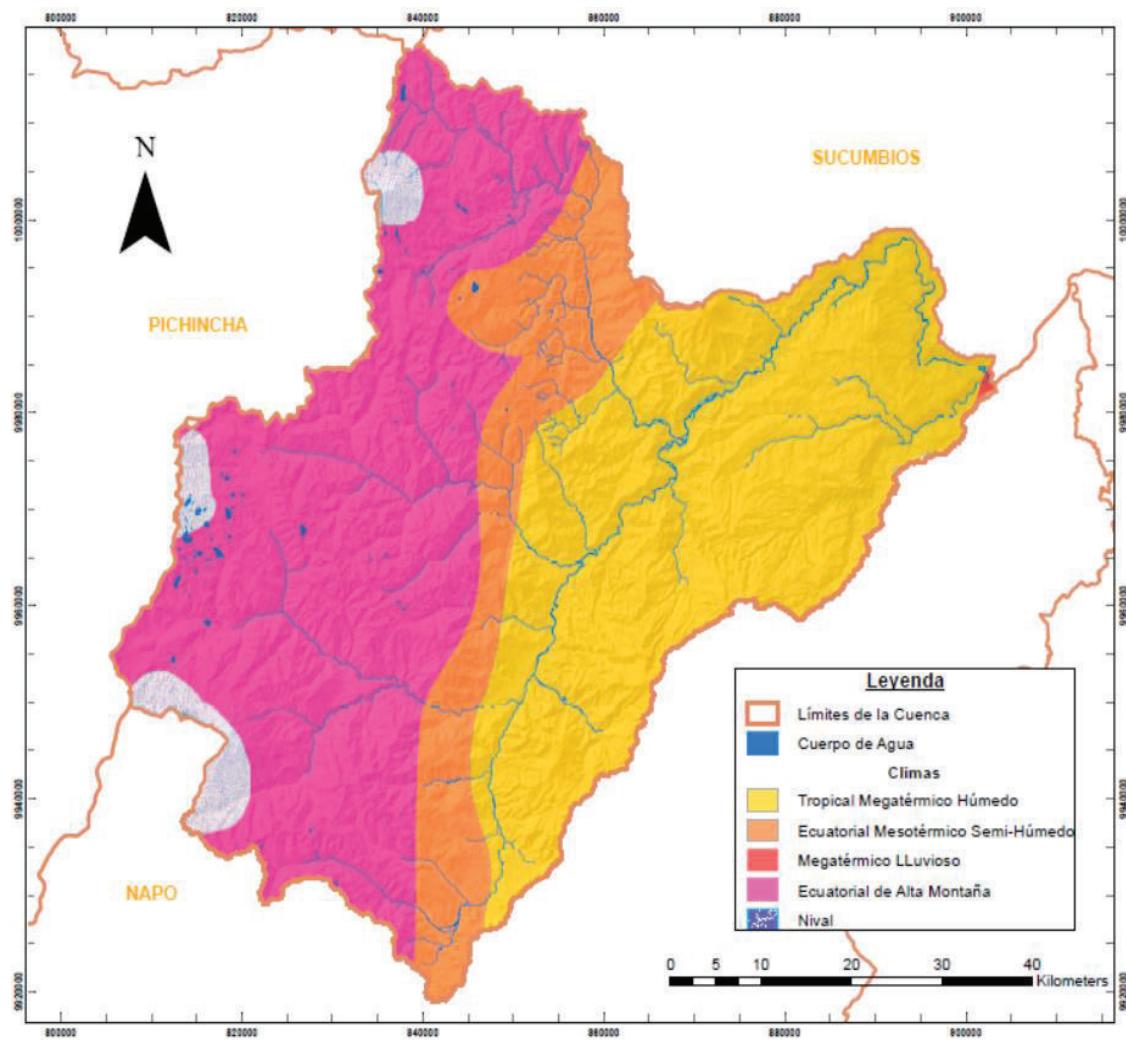
4.1.1. CLIMA

Debido a la geografía de la cuenca, existen diferentes características en cuanto a: altitud, relieve, temperatura y precipitación; que le otorgan a esta área una variedad climática. Se puede describir de manera general el clima como cálido-húmedo, con la presencia constante de lluvias a lo largo del año (Andrade, 2016).

De acuerdo con la clasificación de Pierre Pourrut (1983), se identifican cinco tipos de climas (Figura 4.1):

- Tropical Megatérmico Húmedo: En este clima la pluviosidad promedio anual varía entre 1.000 y 2.000 mm, la temperatura media anual aproximadamente es de 25 °C y la humedad relativa fluctúa entre el 70 y 90%.
- Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo: La precipitación media anual varía entre 500 a 2.000 mm, la temperatura media anual fluctúa entre 12 y 20 °C, con una humedad relativa que oscila entre el 65 y 85%
- Megatérmico Lluvioso: Posee una precipitación anual superior a 2.000mm, con temperatura media variable y elevada, además de una humedad relativa del 90%.
- Ecuatorial de Alta Montaña: Presenta una temperatura media que fluctúa alrededor de 8 °C, la precipitación media anual varía entre 800 y 2.000mm con lluvias débiles y prolongadas, su humedad relativa sobrepasa el 80%.
- Nival: Tiene temperaturas menores a 4 °C y su pluviosidad en mayor a 800mm por año, usualmente se encuentra congelado y cubierto por nubes.

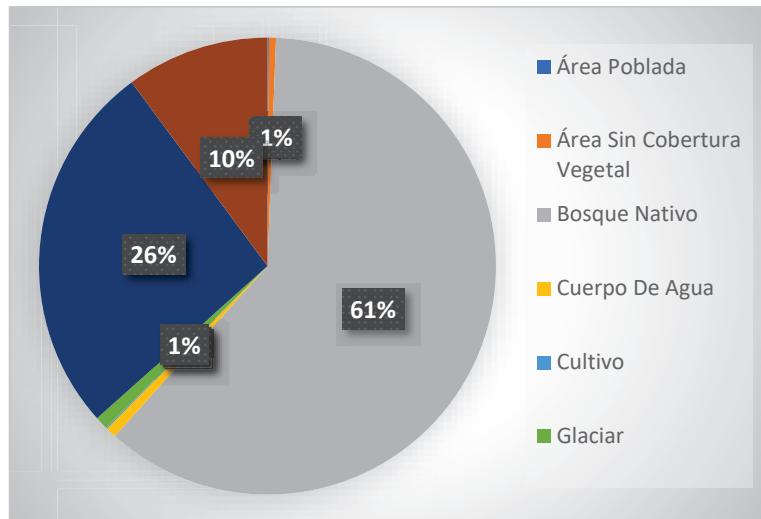
FIGURA 4.1 Climas de la cuenca



4.1.2. USO DE SUELO

De acuerdo con la información proporcionada por el proyecto “TEEB - Cuenca del Río Coca (Amazonía Ecuatoriana)” (PNUMA & EPN, 2018), se determinaron ocho coberturas vegetales y usos de suelo para el año 2014, siendo preponderante el bosque nativo, seguido por el páramo y el pastizal (Figura 4.2).

FIGURA 4.2 Uso de Suelo 2014



FUENTE: PNUMA & EPN, (2018)

Es importante recalcar que el mayor porcentaje de cobertura se ve directamente influenciado por la presencia de áreas protegidas; sin embargo, la creciente tendencia de las afectaciones antrópicas distribuidas principalmente a lo largo de la zona de influencia de la vía troncal amazónica, ejercen presión en el cambio de uso de suelo, convirtiéndose en una potencial amenaza a los recursos naturales presentes en la zona.

4.1.3. ÁREAS PROTEGIDAS

El Estado Ecuatoriano, a través del MAE desde 1959 conforma el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) con la finalidad de conservar, mantener y preservar la biodiversidad de los ecosistemas y hábitats garantizando la continuidad de especies y la prevalencia de recursos genéticos (Moscoso, 2003).

En la cuenca el 76% de la superficie corresponde a Parques Nacionales y Reserva Ecológica (dos de las siete categorías del SNAP), el 6,15% son Bosques Protectores, los cuales, a pesar de no entrar en la clasificación del SNAP, son áreas declaradas no aptas para la agricultura o ganadería, debido a su función de

conservar el suelo, agua, flora y fauna silvestre (MAE, 2017). La distribución de las áreas protegidas se muestra en la Tabla 4.1.

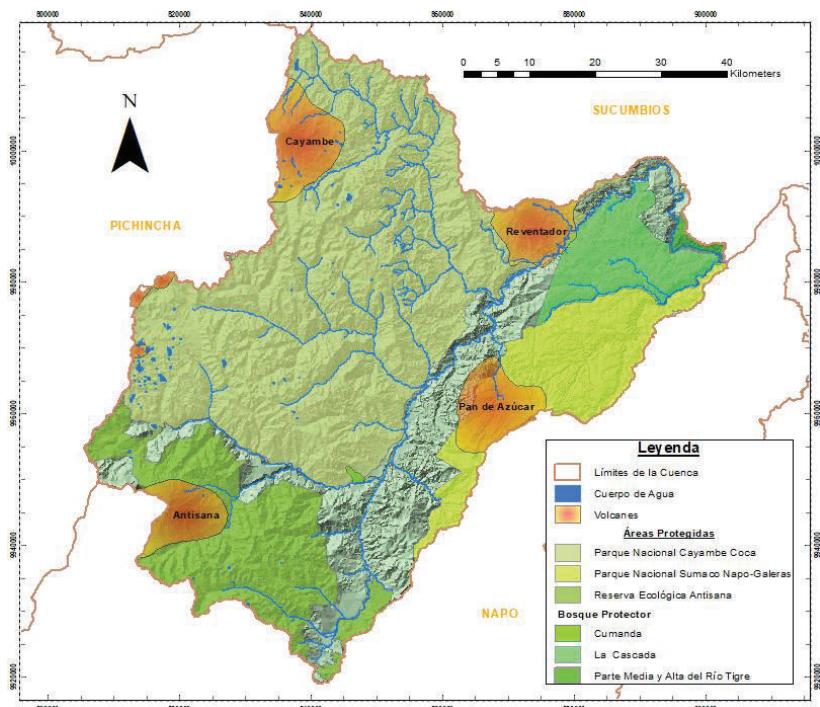
TABLA 4.1 Áreas protegidas en la cuenca

Área Protegida (AP)	Año de Creación	Área Total AP [ha]	AP en la cuenca [ha]	% de la cuenca dentro del AP	% de superficie en la cuenca
Parque Nacional Cayambe – Coca	1970	404.103,00	230.584,32	50,16	76 %
Parque Nacional Sumaco – Napo Galeras	1994	205.752,00	50.580,89	11,00	
Reserva Ecológica Antisana	1993	119.574,00	68.235,73	14,84	
Bosque Protector de La Cascada	1998	31.000,00	25.839,20	5,62	6,15%
Bosque Protector Cumandá	1991	363,20	357,81	0,08	
Bosque Protector parte media y alta del río Tigre	1998	4.908,00	2.087,39	0,45	
TOTAL		357.810,00		82,15 %	

FUENTE: PNUMA & EPN, (2018)

Estas están rodeadas por los siguientes volcanes: Reventador, Cayambe, Sumaco, Pan de Azúcar, Antisana, Chacana, Pambamarca y Puntas, tal como se visualiza en la Figura 4.3 (PNUMA & EPN, 2018):

FIGURA 4.3 Áreas protegidas y volcanes en la cuenca



FUENTE: MAE, (2015); PNUMA & EPN, (2018)

4.1.4. FAUNA

Como se había mencionado anteriormente, la zona de estudio posee una amplia biodiversidad, por lo que de forma general solo se va a enunciar las familias más representativas de las cinco clases de vertebrados, presentes en la Provincia de Napo que es la más amplia de la cuenca (Tabla 4.2).

TABLA 4.2 Principales familias de vertebrados en la cuenca

AVES	MAMÍFEROS	REPTILES	ANFIBIOS	PECES
Tyrannidae	Phyllostomidae	Boidae	Bufonidae	Characidae
Thraupidae	Muridae	Colubridae	Dendrobatidae	Cichlidae
Trochilidae	Didelphidae	Elapidae	Hylidae	Loricariidae
Thanomophilidae	Mustelidae	Gekkonidae	Strabomantidae	Salmonidae
Furnariidae	Felidae	Gymnophthalmidae	Leptodactylidae	Cichlidae
	Cebidae	Viperidae		

FUENTE: Calles, (2008)

Es importante resaltar que en la cuenca existen diferentes especies que presentan algún grado de amenaza a su supervivencia (Tablas 4.3, 4.4 y 4.5).

TABLA 4.3 Especies amenazadas de mamíferos

Nº	Vertebrados MAMÍFEROS	Familia	Especie	Nombre Común	Categoría de Amenaza
1	MAMÍFEROS	Cervidae	<i>Mazama rufina</i>	Corzuelo roja pequeña	NT
2		Cervidae	<i>Pudu mephistophiles</i>	Ciervo enano	NT
3		Canidae	<i>Spheotos venaticus</i>	Perro selvático	VU
4		Felidae	<i>Panthera onca</i>	Jaguar	NT
5		Felidae	<i>Leopardus tigrinus</i>	Tigrillo chico	NT
6		Mustelidae	<i>Pteronura brasiliensis</i>	Nutria gigante	EN
7		Ursidae	<i>Tremarctos ornatus</i>	Oso de anteojos	VU
8		Tapiridae	<i>Tapirus pinchaque</i>	Tapir de montaña	EN
9		Tapiridae	<i>Tapirus terrestris</i>	Tapir amazónico	NT
10		Atelidae	<i>Ateles belzebuth</i>	Mono araña de vientre amarillo	VU
11		Nyctipithecidae	<i>Aotus lemurinus</i>	Mono nocturno lemurino	VU
12		Agoutidae	<i>Agouti taczaniowski</i>	Guanta andina	NT

(NT) Casi Amenazados, (VU) Vulnerable, (EN) En Peligro, (CR) En Peligro Crítico

FUENTE: Calles, (2008); Granizo, Pacheco, Ribadeneira, Guerrero & Suarez, (2002); Tirira, (2001)

TABLA 4.4 Especies amenazadas de Aves

Nº	Vertebrados	Familia	Especie	Nombre Común	Categoría de Amenaza
1	AVES	Trochilidae	<i>Campylopterus falcatus</i>	Colibrí ala de sable lazulita	NT
2		Trochilidae	<i>Heliodoxa gularis</i>	Colibrí diamante de Napo	VU
3		Cathartidae	<i>Vultur gryphus</i>	Cóndor de los Andes	CR
4		Accipitridae	<i>Harpia harpyja</i>	Águila arpía	VU
5		Cracidae	<i>Aburria aburri</i>	Pava carunculada	VU
6		Cracidae	<i>Mitu salvini</i>	Pavón de Salvin	VU
7		Cardinalidae	<i>Saltator cinctus</i>	Saltador enmascarado	NT
8		Corvidae	<i>Cyanolyca armillata</i>	Urraca nigricollareja	VU
9		Cotingidae	<i>Doliornis remseni</i>	Cotinga de vientre castaño	VU
10		Cotingidae	<i>Pipreola chlorolepidota</i>	Frutero golifuego	NT
11		Dendrocolaptidae	<i>Campylorhamphus pucherani</i>	Picoguadaña grande	NT
12		Dendrocolaptidae	<i>Xiphorhynchus erythropygius</i>	Tretatroncos manchado	NT
13		Emberizidae	<i>Atlapetes leucopis</i>	Gorrión montés parduzco	NT
14		Formicariidae	<i>Grallaria alleni</i>	Gralaria vigotuda	EN
15		Formicariidae	<i>Grallaricula lineifrons</i>	Gralarita medialuna	VU
16		Thraupidae	<i>Butthraupis wetmorei</i>		VU
17		Thraupidae	<i>Oreomanes fraseri</i>	Picocono gigante	VU
18		Tyrannidae	<i>Pipreola frontalis</i>	Frutero pechiescarlata	NT
19		Tyrannidae	<i>Phylloscartes orbitalis</i>	Orejerito de anteojos	NT
20		Galbulidae	<i>Galbula pastazae</i>	Jacamar pechirrojizo	VU
21		Ramphastidae	<i>Andigena hypoglauca</i>	Tucán andino pechigrís	NT
22		Ramphastidae	<i>Andigena nigrirostris</i>	Tucán celeste	NT
23		Psittacidae	<i>Ara chloroptera</i>	Guacamayo rojo y verde	VU
24		Psittacidae	<i>Ara macao</i>	Guacamayo escarlata	NT
25		Psittacidae	<i>Ara militaris</i>	Guacamayo militar	EN
26		Psittacidae	<i>Touit stictoptera</i>	Periquito alipunteado	VU

(NT) Casi Amenazados, (VU) Vulnerable, (EN) En Peligro, (CR) En Peligro Crítico

FUENTE: Calles, (2008); Granizo et al., (2002); Tirira, (2001)

TABLA 4.5 Especies amenazadas de Anfibios

Nº	Vertebrados ANFIBIOS	Familia	Especie	Nombre Común	Categoría de Amenaza
1		Bufonidae	<i>Osornophryne aff. bufoniformis</i>	Osornosapo de Santa Bárbara	NT
2		Bufonidae	<i>Osornophryne antisana</i>	Osornosapo de Antisana	EN
3		Bufonidae	<i>Osornophryne talipes</i>	Osornosapo trompudo	EN
4		Strabomantidae	<i>Pristimantis lividus</i>	Cutín de Papallacta	EN
5		Strabomantidae	<i>Pristimantis prolatus</i>	Cutín oculto	EN
6		Plethodontidae	<i>Bolitoglossa cf. palmata</i>	Salamandra palmeada	VU

(NT) Casi Amenazados, (VU) Vulnerable, (EN) En Peligro, (CR) En Peligro Crítico

FUENTE: Calles, (2008); Granizo et al., (2002); Tirira, (2001)

En la zona de estudio se encuentran especies de alto interés conservacionista debido a sus características que les permiten ser objetos de estudio para una efectiva planificación y gestión del territorio. Por este motivo a continuación, se definen los siguientes términos: especie bandera, especie paraguas o sombrilla y especie focal; con la finalidad de orientar mejor al lector (Kattan, Naranjo, & Rojas, 2008).

- Especie bandera: Se denomina así a aquellos especímenes distintivos que generan interés (respeto, admiración, ternura, aprecio, o sentido de pertenencia) en el público al usarse como estandarte o insignia en campañas de conservación, estimulando su apoyo, compromiso político y financiero.
- Especie paraguas o sombrilla: Son especies que tienen altos requerimientos de área, lo que ocasiona que de forma indirecta al preservarlas se protejan a otras especies de flora y fauna que abarcan esa extensión, preservando los procesos ecológicos del ecosistema.
- Especie focal: Corresponde a especies que engloban los requerimientos o necesidades de una gamma de otras especies, facilitando la planificación, monitoreo y manejo del paisaje. Además, este término aplica a especies que poseen un valor intrínseco de conservación debido a un grado de amenaza o vulnerabilidad geográfico (local, regional o global).

En el grupo de mamíferos existen dos especies que se describen a continuación, debido a la importancia que presentan para el desarrollo de esta investigación:

4.1.4.1. *Tapirus pinchaque*

El tapir es una de las especies de megafauna sobrevivientes al Pleistoceno, pertenece al orden Perissodactyla, familia Tapiridae, género *Tapirus* y existen cuatro especies: *Tapirus indicus*, *Tapirus bairdi*, *Tapirus terrestris* y *Tapirus pinchaque*, sin embargo, en el Ecuador está confirmado la existencia de las dos últimas (Achig y Tapia, 2013; Bernal, 2015; Viteri, 2013).

El tapir de montaña, conocido también como danta, sacha wagras o grandes bestias (Achig y Tapia, 2013), es el más pequeño de las cuatro especies, sin embargo, uno de los mamíferos más grandes en Sudamérica, se encuentra distribuido en la zona andina, desde los 1.400 msnm hasta la línea de nieve perpetua (Narváez, 2013), especialmente en áreas protegidas (Bernal, 2015).

Se distingue por su pelaje grueso de color negro intenso y franjas blancas alrededor de la boca, orejas y en algunos casos pezuñas (Figura 4.3); sus pezuñas son más prolongadas que en el resto de especies, por lo que está característica le permite cruzar ríos torrentosos, transitar por pendientes escarpadas, terrenos escabrosos y vegetación densa (Castellanos, Vallejo & Boada, 2017), llegando a pesar 250 kg con una longitud de 180 cm y una altura de 75 a 90 cm (Ramos, 2012).

FIGURA 4.4 *Tapirus pinchaque*



FUENTE: Castellanos, (2016)

Alcanzan su madurez sexual entre los 2 y 4 años, con un período de gestación de 393 días y el intervalo entre partos varía de 423 a 788 días, teniendo una cría por parto siendo muy raros los casos de gemelos y dado que mantienen su actividad hasta los 10 años o más se considera que su tasa de reproducción es baja.

A pesar de no ser territoriales, requieren un área promedio de 440 a 880 ha/individuo, 300.000 ha/1.000 individuos para considerarse viable su población (Alonso Fernández, Günter, Finegan & Brenes, 2014) y factores antropogénicos como: la expansión de la red vial, centros poblados, agricultura, ganadería, entre otros amenazan su hábitat (AEM, UEA & UICN/TSG, 2013). Debido a su tamaño sus depredadores naturales son: el puma (*Puma concolor*) y el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), los cuales suelen atacar a especímenes vulnerables (crías, enfermos o viejos) (IUCN Tapir Specialist Group & MAE, 2010). Además, el ser humano lo caza debido a la creencia de que al ingerir su pezuña y medula espinal ayudan a tratar enfermedades como la epilepsia y el reumatismo (Viteri, 2013).

Esta especie es de interés nacional e internacional al encontrarse en la categoría de peligro de acuerdo a la Lista Roja de la “Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza” (UICN), la Lista Roja del Ecuador y el Apéndice I de la “Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres” (CITES) (Castellanos et al., 2017).

El tapir de montaña es considerada como una especie bandera (corredor Yawi-sumak) y paraguas, debido a su importancia ecológica (AEM et al., 2013; Alonso-F et al., 2017; Ríos Alvear, 2016), la cual se relaciona con su dieta herbívora que comprende 264 especies de flora con un alto contenido de nitrógeno, de las cuales se enlista en la Tabla 4.6 las más representativas de su dieta.

TABLA 4.6 Algunas especies de flora incluidas en la dieta del tapir

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Asteraceae	<i>Pentacalia peruviana</i>	Desconocido
Asteraceae	<i>Dendrophorium lloense</i>	Desconocido
Asteraceae	<i>Baccharis odonata</i>	Chilca
Campanulaceae	<i>Centropogon glabrifilis</i>	Campanita
Ericaceae	<i>Vaccinium floribundum</i>	Mortiño
Fabaceae	<i>Lupinus pubescens</i>	Ashpachocco
Lauraceae	<i>Ocote purpurea</i>	Aguacatillo
Loganiaceae	<i>Buddleja incana</i>	Quishuar
Lycopodiaceae	<i>Huperzia crassa</i>	Dedo del diablo
Oxalidaceae	<i>Oxalis fotoides</i>	Chuleo
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca bogotensis</i>	Alugsara
Poaceae	<i>Chusquea scandens</i>	Suro
Scrophulariaceae	<i>Castilleja pumila</i>	Brocha de indio
Tropaeolaceae	<i>Tropaeolum adpressum</i>	Capuchina

FUENTE: Proaño (citado en Achig et al., 2013, p. 9)

La capacidad de dispersar semillas que posee el *Tapirus pinchaque* enriquece el suelo y aporta al reciclaje de nutriente, los lugares por los cuales transita sirven de senderos para otras especies y sus heces fecales contribuyen a la microfauna del suelo (IUCN Tapir Specialist Group & MAE, 2010). Al hábitat de esta especie se asocia la presencia de la siguiente fauna: “*Tremarctos ornatus* (oso de anteojos), *Puma concolor* (Puma), *Leopardus tigrinus* (Tigrillo chico), *Mazama Rufina* (Corzuelo roja pequeña), *Nasuella olivácea* (Coatí andino), *Cuniculus taczanowskii* (Guanta andina) y *Sylvilagus brasiliensis* (Conejo silvestre)” (AEM et al., 2013).

A causa de su agudo sentido del olfato esta especie puede detectar la presencia de sus depredadores y el ser humano, lo cual ocasiona que abandone el territorio en busca de refugio en lugares que no se encuentren alterados (Acosta, Cavelier & Londono, 1996), los cuales son cada vez más reducidos, occasionando la disminución del 30% de su población en los últimos años (Bennett & Saunders,

2010), evidencia la necesidad que tiene esta especie por acceder a una cobertura vegetal que le permita cubrir sus requerimientos alimenticios y le otorgue refugio.

4.1.4.2. *Tremarctos ornatus*

Esta especie fue descrita por F. G. Cuvier en 1825 y pertenece al orden Carnívora, familia Ursidae, género *Tremarctos*, especie *ornatus* donde: *Tremarctos* proviene de la voz griega “*trema*” que significa agujero y “*arktos*” oso; lo cual hace alusión al orificio en su hueso húmero; y *ornatus* que se proviene de “*ornar*” vocablo latín y significa llevar puesto algo y “*atus*” equipado de decorados; haciendo referencia a las manchas que posee en su rostro cerca de los ojos (Castellanos & Boada, 2018), está misma característica ha ocasionado que se lo conozca generalmente como oso de anteojos, oso achupallero, oso andino, ucumari, ukuku ukuri, entre otros. y constituye la única especie de oso presente en Sudamérica (Narváez, 2013).

Se estima que el 60% de su población está en Venezuela, Colombia y Ecuador, comprendiendo un área de 260.000 km^2 , desplazándose por una franja de 200-650 km de ancho y 4.600 km de largo, sin embargo, solo el 18% de esta superficie se encuentra en áreas protegidas (Peyton, 1980).

El oso andino se encuentra distribuido en el Ecuador en hábitats que van desde el bosque nublado hasta páramos, debido al gradiente altitudinal en el que reside y que varía desde los 450 msnm hasta el punto de nieve perpetua, comprende un área total de 58.000 km^2 , de los cuales 19.000 km^2 se encuentran en áreas legalmente protegidas (Peralvo, Cuesta & Van Manen, 2005) y según Rodríguez-Clark & Sánchez-Mercado (2006) se calcula que 2.000 especies de 20.000 existentes se encuentran en territorio ecuatoriano.

El oso andino se caracteriza por presentar un pelaje grueso y relativamente largo de tonalidad negra o café oscuro (Figura 4.4), a excepción de ciertos ejemplares que presentan matices amarillos o blancos situados alrededor de los ojos, quijada, garganta o pecho, las variaciones son propias de cada individuo (Castellanos & Boada, 2018), puede llegar a medir entre 1.5 - 2 m de altura apoyado sobre sus

patas traseras y pesar entre 140 - 175 kg, las hembras pueden alcanzar 2/3 del tamaño del macho, posee un tamaño intermedio en comparación al resto de úrsidos y también es plantígrado (Chero, 2017), posee un cuerpo fornido con cuello corto, sus extremidades posteriores son más cortas que las anteriores, sus patas son amplias y pequeñas respecto a su tamaño, poseen cinco dedos con garras fuertes, curvadas, achatadas lateralmente y no retráctiles; las mismas que le permiten trepar a las copas de los árboles en busca de alimento, refugio o reposo (Aldás, 2017).

FIGURA 4.5 *Tremarctos ornatus*



FUENTE: Ron, (2017)

Este mamífero se destaca por su particular hocico que es más corto que el resto de sus semejantes, así su mandíbula y dientes han sufrido adaptaciones que le permiten a esta especie ingesta alimentos sin masticarlos, tragando así diferentes semillas, que serán trasladadas por el tracto digestivo hasta ser expulsadas en las heces del animal sin sufrir algún tipo de alteración (zoocoria), promoviendo el mantenimiento de la estructura del paisaje al dispersar semillas en diferentes hábitats que recorre en busca de alimento para cumplir su demanda energética (Chero, 2017).

Es probablemente la especie más herbívora dentro de esta familia, debido a que su dieta está basada en un 95% en plantas fibrosas, mientras que el 5% restante se basa en carne proveniente de insectos, roedores, aves, anélidos y carroña (Pérez-

Torres, 2001), son animales diurnos, usualmente solitarios pero capaces de compartir espacios en zonas con alta concentración de alimentos y en época de reproducción (Aldás, 2017), en la Tabla 4.7 se lista una serie de especies de flora presente en la dieta del oso andino, donde la familia más apetecida es la Bromeliaceae seguida de la Arecaceae:

TABLA 4.7 Especies vegetales identificadas en la dieta de *Tremarctos ornatus*

FAMILIA	ESPECIE	TIPO DE ÓRGANO
Arecaceae	<u>Euterpe sp.</u>	Drupas suculentas
Arecaceae	<u>Geonoma sp.</u>	Drupas suculentas
Arecaceae	<u>Oenocarpus bataua</u>	Drupas suculentas
Arecaceae	<u>Prestoea acuminata</u>	Drupas suculentas
Arecaceae	<u>Wettinia logipetala</u>	Drupas suculentas
Bromeliaceae	<u>Guzmania sp.</u>	Hojas y parénquima medular de tallos suculentas, y frutos
Bromeliaceae	<u>Pitcairnia spp.</u>	Hojas y parénquima medular de tallos suculentas
Bromeliaceae	<u>Puya aristeguietae</u>	Hojas y parénquima medular de tallos suculentas
Bromeliaceae	<u>Puya atra</u>	Hojas y parénquima medular de tallos suculentas
Bromeliaceae	<u>Puya eryngioides</u>	Hojas y parénquima medular de tallos suculentas
Bromeliaceae	<u>Puya maculata</u>	Hojas y parénquima medular de tallos suculentas
Bromeliaceae	<u>Puya raimondii</u>	Hojas y parénquima medular de tallos suculentas
Bromeliaceae	<u>Puya sodiroana</u>	Hojas y parénquima medular de tallos suculentas
Bromeliaceae	<u>Puya venezuelana</u>	Hojas y parénquima medular de tallos suculentas
Bromeliaceae	<u>Puya spp.</u>	Hojas y parénquima medular de tallos suculentas
Bromeliaceae	<u>Tillandsia fendleri</u>	Hojas y parénquima medular de tallos suculentas
Bromeliaceae	<u>Tillandsia rubella</u>	Hojas y parénquima medular de tallos suculentas
Bromeliaceae	<u>Tillandsia spp.</u>	Hojas y parénquima medular de tallos suculentas
Cactaceae	<u>Opuntia engelmannii</u> <u>subsp. lindheimeri</u>	Frutos y ramas jóvenes
Cyclanthaceae	<u>Asplundia sp.</u>	Frutos y médula
Ericaceae	<u>Gaultheria myrsinoides</u>	Frutos
Ericaceae	<u>Gaultheria vaccinioides</u>	Tallos, hojas, frutos y semillas
Ericaceae	<u>Vaccinium floribundum</u>	Tallos, hojas, frutos y semillas
Lauraceae	<u>Nectandra cuneatcordata</u>	Hojas
Moraceae	<u>Ficus cuatrecasasiana</u>	Frutos
Moraceae	<u>Ficus sp.</u>	Frutos
Passifloraceae	<u>Passiflora sp.</u>	Frutos
Poaceae	<u>Chusquea baculifera</u>	Hojas
Poaceae	<u>Chusquea pinifolia</u>	Hojas
Poaceae	<u>Chusquea quila</u>	Hojas
Poaceae	<u>Saccharum officinarum</u>	Hojas y tallos
Poaceae	<u>Zea mays</u>	Hojas, tallos y semillas
Rosaceae	<u>Rubus sp.</u>	Tallos, hojas, frutos y semillas
Symplocaceae	<u>Symplocos cernua</u>	Tallos, hojas, frutos y semillas
Symplocaceae	<u>Symplocos sp.</u>	Frutos
Urticaceae	<u>Cecropia sp.</u>	Frutos

FUENTE: Sánchez Ocharan, (2015)

La disminución del hábitat de esta especie, se debe a la creciente demanda de recursos agrícola-ganaderos, la expansión de vías de comunicación y proyectos de envergadura como centrales hidroeléctricas que han fragmentado, reducido y exiliado al oso andino a lugares inhóspitos (Figueroa et al., 2016; Chero, 2017).

Existen registros de osos cerca al río Guayllabamba y la carretera, que evidencian el hecho de que está tratando de cruzar estas barreras con la finalidad de desplazarse tanto al norte como al sur en busca de alimento (Molina b, 2012) y reproducción, sin embargo, solo los osos machos adultos son capaces de transitar estos ambientes fraccionados (Aldás, 2017), lo cual pone en peligro el flujo genético de la especie, desencadenando problemas de endogamia que resultaría a largo plazo en la extinción de la especie.

A pesar de que esta especie suele tener un comportamiento tranquilo, se ha registrado conflictos socioambientales entre el oso y el ser humano, especialmente en áreas no protegidas, esto se debe a los ataques suscitados a lo largo del Ecuador por parte de esta especie hacia el ganado o los cultivos aledaños, en busca de una fuente alternativa de alimento, lo cual ha desencadenado que los habitantes afectados lo consideren una amenaza y procedan a atacarlo o cazarlo, como medida correctiva del problema (Chero, 2017).

La cacería se ha convertido en un grave problema que atenta contra la fauna silvestre, en especial para el oso andino; debido a la creencia popular de que el consumo de ciertas partes del animal posee efectos medicinales, mágicos o afrodisíacos y el dispendio de carne de monte en las comunidades locales o el exterior bajo previo pedido (Adrián, 2015; AEM et al., 2013; Figueroa, 2014).

En Perú existe un estudio detallado por parte de Figueroa (2014), donde expone el tráfico ilegal de la especie, se detalla la venta de oseznos y partes del animal como garras, patas, caninos, amuletos con trozos de lengua o huesos, carne, vesículas biliares y grasa sólida; estas dos últimas son altamente demandadas debido a la creencia popular de que curan diferentes enfermedades que van desde fiebres altas

hasta cáncer. De forma similar, la carne del oso se considera saludable debido a los “efectos reproductivos” que generan en las personas con problemas de fertilidad (Molina c, 2014).

Esta especie se caracteriza por poseer un agudo sentido del olfato, el cual le facilita encontrar su alimento y huir ante la presencia de peligro, usualmente cuando se ve amenazado suele trepar a las copas de los árboles y de ser acorralado puede llegar a lanzarse al vacío en las quebradas (Aldás, 2017; Castellanos & Boada, 2018). Se estima que, si la caza avanza a este ritmo, en los próximos treinta años esta especie emblemática podría desaparecer (Secretaría de Ambiente, 2014).

La preocupación de la extinción para esta especie radica en su reproducción, debido a que la hembra tiene solo siete días de celo al año, los cuales entre los meses de marzo y octubre aproximadamente, de acuerdo a varios estudios de especies en cautiverio se sabe que la gestación varía desde 160 – 225 días, esto se debe a su capacidad de detener el desarrollo embrionario hasta que las condiciones externas ambientales sean las más propicias, siendo así que los partos ocurren en épocas de alta disponibilidad de frutas maduras, a este fenómeno biológico se lo conoce como implantación tardía y usualmente en cada parto nacen de 1 a 4 crías, siendo lo más usual 2 y el tamaño varía de acuerdo a las condiciones externas a las que estuvo expuesta la madre durante el desarrollo del embrión. Además, se conoce que el osezno al alcanzar su primer mes abre los ojos y para este momento ya se manifiestan el pelaje y las manchas características de la especie (Aldás, 2017; Bruque, 2016).

En este contexto, la preocupación actual por el oso andino van en incremento durante las últimas décadas, debido principalmente a que es una especie focal utilizada en programas de planificación con fines de conservación, está aseveración se basa en el hecho de que cada individuo requiere de al menos 800 ha en condiciones óptimas para vivir lo que lo convierte en una especie sombrilla y además de bandera (Distrito Metropolitano de Quito) debido a su atractivo visual (Kattan, Naranjo & Rojas, 2008).

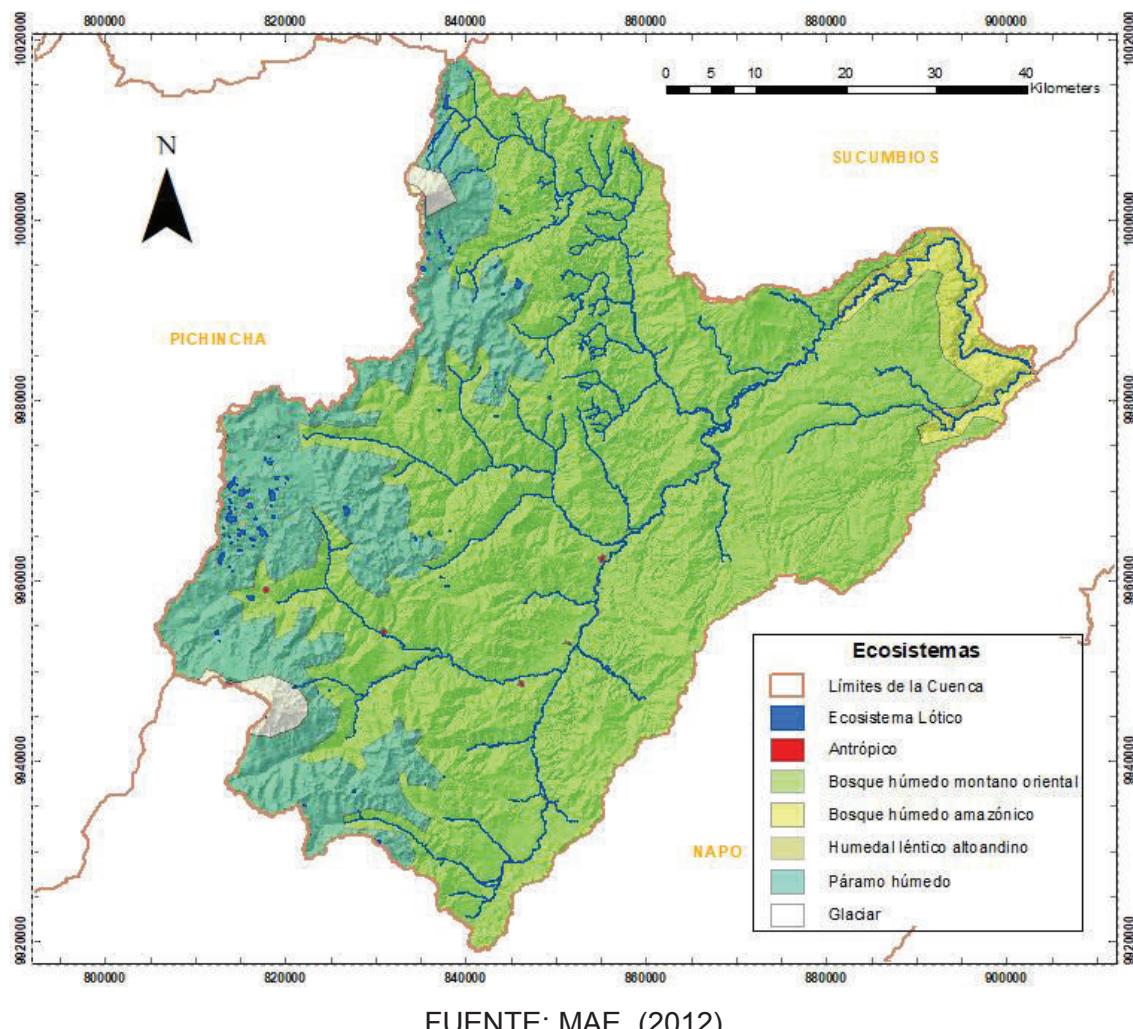
Adicional a esto en el “Programa de Conservación del Oso Andino en el Noroccidente del Distrito Metropolitano de Quito” (2014), afirma que al conservar el hábitat de esta especie el ser humano se beneficia por: “la conservación y mejora de la calidad, la estabilización de los caudales, la producción de oxígeno, la captura de carbono, la dispersión de especies vegetales, la formación de suelo fértil, oportunidades de educación, recreación y descanso al aire libre”, esto es reforzado por la USFQ en su revista Enfoque (2014), donde declara que el hábitat del oso además de poseer una alta riqueza en biodiversidad en especial endémica, son también zonas donde se dan importantes procesos de captación, filtración y distribución del agua.

De acuerdo a la categoría A2bc de la UICN se lo clasifica como una especie Vulnerable (Rodríguez, 2015) y de acuerdo al “Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador” está en peligro de extinción, además de constar en el Apéndice 1 del CITES (Castellanos et al., 2011; IUCN, 2016).

4.1.5. ECOSISTEMAS Y SUS FORMACIONES VEGETALES

El conjunto de cambios altitudinales, geomorfológicos y climatológicos ocasionan el desarrollo de diferentes formaciones vegetales, originando la existencia de varios ecosistemas (Calles, 2008). En la Figura 4.6 se encuentran los siete ecosistemas presentes en la cuenca.

FIGURA 4.6 Ecosistemas de la cuenca



Los ecosistemas y formaciones vegetales presentes en el área de la cuenca se describen a continuación:

4.1.5.1. Glaciar

Este ecosistema es conocido también como superpáramo o nieve perpetua, se sitúa en las cumbres de los volcanes y su temperatura varía desde los 0°C hasta -20°C. Este ecosistema posee una gran importancia ecológica debido a que constituyen reservorios de agua, los cuales al derretirse en épocas de sequías abastecen a los ríos impidiendo que se sequen (PNUMA & EPN, 2018).

Además, durante el deshielo es común observar líquenes, musgos, hongos, aves y mamíferos. Usualmente los únicos organismos que habitan en este ecosistema son los psicrófilos (microalgas y bacterias resistentes a bajas extremas de temperatura), los cuales permiten la supervivencia de pequeños invertebrados como la lombriz de hielo (PNUMA & EPN, 2018).

En la zona de estudio este ecosistema solo se presenta en las cumbres de los volcanes Antisana y Cayambe.

4.1.5.2. Páramo Húmedo

La confluencia de corrientes marinas cálidas y frías desde la Costa, y las fuentes perhúmedas del Oriente le otorgan a este ecosistema una riqueza única en biodiversidad (PNUMA & EPN, 2018).

Se sitúa desde los 3.500 msnm hasta limitar con el superpáramo, su vegetación se conforma por diferentes familias de almohadillas, pequeños árboles de Polylepis y Escallonia, Calamagrostis, Festuca spp., arbustos, pajonal y rosetas. De acuerdo a la clasificación de Sierra (1999), están presentes dos formaciones vegetales: Páramo de Almohadillas y El Páramo Herbáceo (Calles, 2008).

4.1.5.3. Humedal Léntico Altoandino

Los Humedales se caracterizan por mantener una capa freática no mayor a seis metros sobre la superficie terrestre, esto se debe a que la biota actúa como una esponja que permite almacenar el agua proveniente de glaciares, lluvia o niebla, de esta forma los ríos que nacen ahí siempre tienen agua (Molina a, 2012).

Además, los humedales abastecen a diferentes acuíferos por medio de la infiltración y poseen un valor cultural al ser considerados sitios sagrados en varias culturas andinas y ser una fuente de inspiración para mitos y leyendas (Joignant, 2014).

Existen dos tipos de humedales en la cuenca, estos son del tipo “*lacustres*” (adjunto a lagos) y “*palustres*” (pantanos– sumideros de carbono) (PNUMA & EPN, 2018).

4.1.5.4. Bosque Húmedo Montano Oriental

Este ecosistema se caracteriza por mantener altos niveles de humedad debido a la presencia constante de neblina en la franja de condensación, se sitúa entre los 1.300 a 3.600 msnm en pendientes escarpadas (Hamilton, 2001).

Debido a la exuberante vegetación el agua producto de las constantes precipitaciones se distribuye entre el suelo y el dosel, es común observar árboles con abundante musgo, helechos, bromelias y orquídeas (Calles, 2008).

Las formaciones vegetales presentes en la cuenca son (Sierra, 1999):

- Bosque siempreverde montano alto
- Bosque de neblina montano
- Bosque siempreverde montano bajo

4.1.5.5. Bosque Húmedo Amazónico

Este ecosistema presenta precipitaciones entre 1.500 y 3.000 mm/año y temperaturas promedio de 24°C, ocasionando la presencia de una vasta vegetación la cual compite por la luz, llegando a presentar doseles de hasta 30 m (Sáenz & Onofa, 2005).

Los bosques presentes en estos ecosistemas se caracterizan por ser muy dinámicos debido a que los procesos ecológicos son altamente eficientes, sin embargo, son muy vulnerables al cambio (PNUMA & EPN, 2018).

La vegetación que caracteriza estos ecosistemas es: varías epífitas, herbazales lacustres, esteros herbáceo-arbustivos, lianas, especies propias de la Amazonía y algunas características de la zona andina, conforman los bosques presentes en las colinas semi disectadas o disectadas (suelo agrietado por erosión hídrica) en zonas

no inundables, toda la vegetación es ampliamente heterogénea y diversa (Calles, 2008).

Sin embargo, la zona presenta problemas ocasionados por la tala con fines agrícolas, dejando escasos relictos de bosque nativo (Calles, 2008).

Se identificaron cuatro formaciones vegetales en la cuenca (Sierra, 1999):

- Bosque Siempreverde Piemontano
- Bosque Siempreverde de Tierras Bajas
- Bosque Inundable de Tierras Bajas por Aguas Blancas
- Matorral Húmedo Montano Bajo.

4.1.5.6. Cuerpo de Agua

Hace referencia a los ríos provenientes de las múltiples subcuenca que aportan a la cuenca del Río Coca, que son altamente dinámicos. La vegetación ribereña existente aporta con sombra y refugio a la fauna acuática, además reduce la evaporación y el impacto del agua lluvia ocasionando que la escorrentía freática aumente (PNUMA & EPN, 2018).

4.1.5.7. Antrópico

Hace referencia a todas las actividades de origen humano llevadas a cabo en la zona de estudio, las cuales han causado alteraciones en los ecosistemas nativos.

4.2. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

4.2.1. ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS (AMENAZAS AL HÁBITAT)

4.2.1.1. Centros Poblados

Corresponde a las ciudades, pueblos o urbes humanas presentes en el área de estudio, la cual posee 3 provincias, 5 cantones y 16 parroquias distribuidas como se establece en la Tabla 4.8, se exceptúa del análisis la parroquia de Cayambe, debido a que sus datos distorsionan la realidad de la cuenca.

Parroquias como: Cotundo, El Reventador, Gonzalo Pizarro, Olmedo, Sumaco, Linares y Gonzalo Díaz de Pineda tienen un porcentaje menor del total de su superficie en la cuenca analizada, por lo que se estimó la población al 2010 usando la densidad poblacional y la superficie en la cuenca (Tabla 4.8).

Bajo esta consideración se establece que el Cantón que presenta más habitantes posee es El Chaco, además de tener la densidad poblacional más alta (68,16 hab/Km²). El crecimiento poblacional de la cuenca varía entre el 4,14% (El Chaco) y -2,74% (Cosanga), debido a factores socioeconómicos.

La pobreza medida por NBI, en la zona de estudio es preocupante, este valor oscila entre el 39,84% (Baeza) y el 100% (Sumaco), lo que se traduce en que la población no tiene acceso a servicios básicos adecuados (INEC, 2015)

TABLA 4.8 Datos censales y lista de variables de la población presente en la cuenca

Provincia	Cantón	Parroquia	Área [Km2]	Área en la cuenca [Km2]	% Parroquia en la cuenca	Población 2010	Población Estimada en la cuenca 2010	Densidad Poblacional	Tasa de crecimiento anual	NBI [%]	Índice de Analfabetismo	PEA (15-65 años)	% PEA dedicada a: agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	% Población que no Aporta al IESS
Napo	El Chaco	El Chaco	70,50	70,50	100	4.816	4.816	68,16	4,14%	55,3	5,59	2.919	15,62	88,69
		Gonzalo Díaz de Pineda	1.937,45	1.061,06	55	535	293	0,28	3,66%	85,79	10,54	322	42,55	40,75
		Oyacachi	858,24	855,50	100	620	618	0,72	2,10%	78,7	13,75	358	49,72	41,13
		Santa Rosa	306,92	306,92	100	1.243	1.243	4,05	1,90%	79,64	8,69	679	43,74	40,71
		Sardinas	111,94	111,94	100	537	537	4,81	1,09%	75,42	6,28	326	30,06	52,51
		Linares	216,31	77,93	36	209	75	0,97	0,77%	89	10	115	63,48	42,58
	Quijos	Baeza	174,25	174,25	100	1.946	1.946	11,18	1,72%	39,84	4,19	1.205	15,02	55,24
		Cosanga	398,11	397,67	100	505	504	1,27	-2,74%	91,49	8,08	312	40,06	61,19
		Cuyuja	315,26	314,63	100	614	613	1,94	1,34%	83,55	6,01	373	40,75	60,10
		Papallacta	316,62	315,47	100	920	917	2,91	1,47%	75,54	4,76	634	12,78	50,00
		San Francisco de Borja	136,94	136,94	100	2.200	2.200	15,98	1,97%	66,03	4,09	1.351	21,91	51,14
		Sumaco	247,27	113,54	46	39	18	0,16	-	100	7,69	25	28,00	74,36
		Archidona	Cotundo	1.919,09	107,07	6	8.376	467	4,36	2,33%	96,75	10,39	4.428	44,17
Sucumbíos	Gonzalo Pizarro	El Reventador	972,56	270,43	28	1.501	417	1,55	3,20%	86,89	6,21	901	23,75	47,57
		Gonzalo Pizarro	239,01	26,11	11	2.955	323	12,37	2,89%	88,32	8,51	1.541	38,48	34,01
Pichincha	Cayambe	Olmedo	397,26	212,39	53	6.772	3.621	17,25	0,56%	89,08	16,99	3.775	46,54	52,38

FUENTE: INEC, (2010)

En las parroquias de Cosanga (27,27%) y Gonzalo Díaz de Pineda (41,67%), la principal fuente del líquido vital proviene de ríos, vertientes, acequias o canales cercanos, cabe recalcar el grave problema de salud al que se ven expuestos los pobladores al ingerir agua contaminada (PNUMA & EPN, 2018).

De manera similar existen varias parroquias que registran bajos valores de acceso a eliminación de excretas mediante la red pública de alcantarillado, donde menos del 50% de sus habitantes tiene acceso a este servicio, la mayoría de la población en estas zonas utilizan pozos sépticos o ciego; lo cual repercute en el saneamiento de la población y por ende en su bienestar (PNUMA & EPN, 2018).

La principal actividad económica llevada a cabo en la cuenca son las actividades referentes a agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (17,5%), siendo mayoritariamente practicada por la Población Económicamente Activa (PEA) en las parroquias: Linares (63,48%) y Oyacachi (49,72%). De forma decreciente le siguen actividades referentes a la administración pública (16%), actividades profesionales e inmobiliarias (12,3%), enseñanza (11,4%), construcción (10,5%), comercio (9,3%), entre otras (PNUMA & EPN, 2018).

En la Tabla 4.8 existe un alto porcentaje de la población que no aporta al IESS, así en diez de las dieciséis parroquias el 50% o más de sus habitantes no se encuentra asegurado.

Por otra parte, el grado de analfabetismo (Tabla 4.6) es alto en parroquias como Oyacachi, Olmedo Gonzalo Díaz de Pineda, Linares y Cotundo, esto se debe a que los colonos instalados en estas zonas son indígenas, lo cual dificulta su adaptación a una enseñanza mestiza.

4.2.1.2. Centrales Hidroeléctricas

A pesar de existir 22 proyectos hidroeléctricos en el área de estudio, para esta investigación se consideró aquellos que se encuentran en etapas de operación, construcción o diseño definitivo (Tabla 4.9).

TABLA 4.9 Proyectos hidroeléctricos en la zona de estudio

Proyecto Hidroeléctrico	Etapa	Caudal de Diseño [m ³ /s]	Caída [m]	Capacidad [MW]
Coca Codo Sinclair	En operación	222	608,1	1500
Quijos	En construcción	22	293,5	50
Baeza	Diseño definitivo	25	238,0	50
Papallacta – Blanco Grande	Diseño definitivo	4,68	197,5	14,7
Victoria	En operación	2,74	448,06	10
Loreto	En operación	1,1	225,0	2,1
Oyacachi	En operación	0,5	20	0,08

FUENTE: PNUMA & EPN, (2018)

En este contexto, cabe señalar que el Ecuador apuesta al cambio de matriz productiva enfocándose en proyectos hidroeléctricos, los cuales se sitúan mayoritariamente en la amazonía ecuatoriana, debido a que existe una alta pluviosidad especialmente en la cuenca del río Napo - Coca (Izko & Tobar, 2012), lo cual le otorga un alto potencial eléctrico, es por esto que ahí se sitúa el proyecto más ambicioso y emblemático del Ecuador HCCS, el cual se estima que provea 1500 MW de potencia durante su vida útil, sin embargo este valor está ligado a la regulación hidrológica que se genera en los bosques nativos del SNAP presentes en la cuenca alta (López, 2010).

A pesar de que el gobierno ecuatoriano busca fortalecer su soberanía energética, reduciendo la importación de energía y la generación de CO₂, al mismo tiempo que

genera fuentes de empleo locales (CELEC, 2015), existen diferentes aspectos socioambientales que deben considerarse, como son: la transformación física de los ríos al encausar su caudal, impactos en los ecosistemas ribereños, forman barreras antrópicas, limitan el acceso a recursos naturales, promueven altas tasas de sedimentación, afectaciones al equilibrio dinámico de los cuerpos de agua y riesgos potenciales para las comunidades aguas abajo en el caso del fallo de la represa, tornando vulnerable la dinámica ecosistémica, a pesar de promover menor presión en el uso de combustibles fósiles y por tanto ser una energía “amigable con el ambiente” (CONELEC, 2013; Palma, 2017).

Todo lo descrito anteriormente hace que se considere a estos proyectos de gran infraestructura como amenazas directas al hábitat.

Debido a la explotación petrolera y la promulgación de la “Ley de Reforma Agraria” en los años setenta existió un flujo migratorio considerable hacia la provincia de Napo, los cuales transformaron el paisaje nativo en tierras dedicadas a la producción de cultivos y la ganadería (PNUMA & EPN, 2018), para su análisis respectivo en este estudio se los define como agricultura y pastizales.

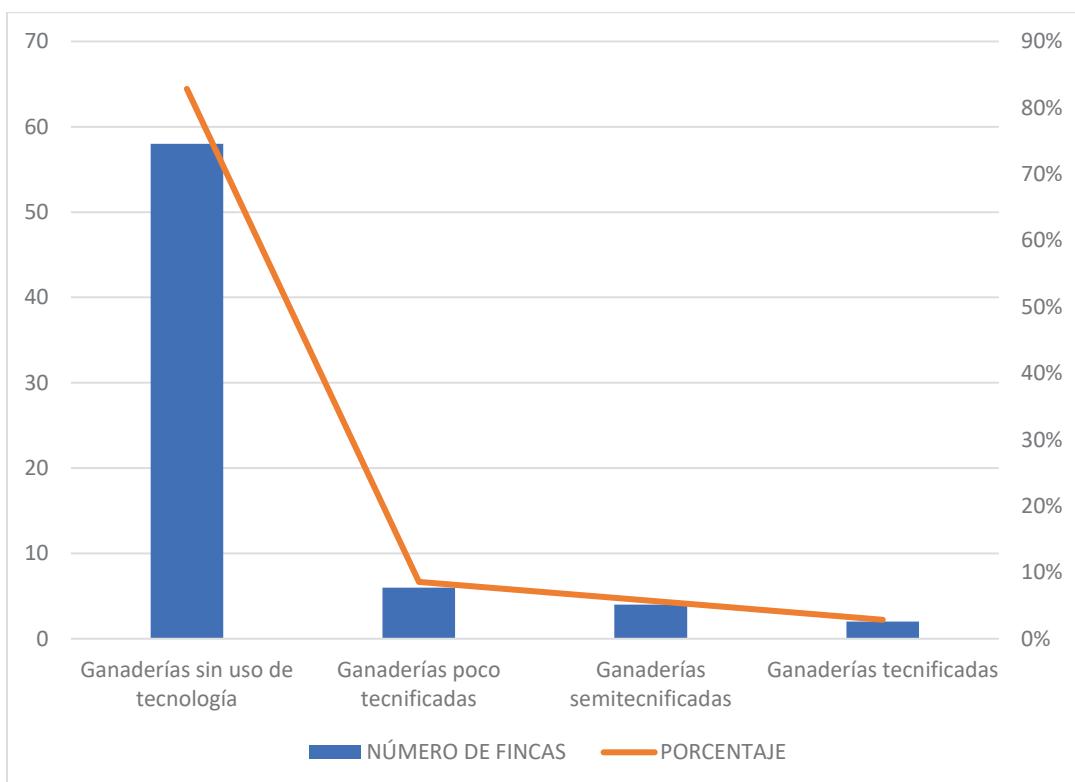
4.2.1.3. Pastizales

De acuerdo al análisis de cambios en el uso de suelo llevado a cabo entre los años 2009-2014 por parte del proyecto piloto “La Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad (TEEB)-Cuenca del Río Coca (Amazonía Ecuatoriana)”; determinó que la actividad ganadera en la zona de estudio constituye la principal razón de la transformación en el uso del suelo desde bosques y páramos nativos hacia pastos, razón por la que se analiza la afectación de la ganadería hacia el hábitat como el cambio temporal en la cobertura de pastizales.

Cabe señalar que aproximadamente 77.213 ha corresponde a pastizales y de este valor el 31% se encuentra en el SNAP, los cantones en los que la PEA se dedica mayoritariamente a esta actividad son Quijos y el Chaco con el 35% y el 39% respectivamente (INEC, 2017; PNUMA & EPN, 2018), se puede afirmar que existe

poca tecnificación por parte de los ganaderos, así lo señalan Guamán & Grijalva (2009), en su estudio “Caracterización de los Sistemas Ganaderos en el Valle del Quijos, Provincia del Napo”, quien mediante 70 encuestas realizadas a los finqueros residentes en los cantones de Quijos y el Chaco obtuvo 4 grupos diferenciados, como se visualiza en la Figura 4.7:

FIGURA 4.7 Tecnificación de las Ganaderías del Valle de los Quijos



FUENTE: Guamán & Grijalva, (2009)

4.2.1.4. Agricultura

Es la segunda actividad productiva que más se lleva a cabo en la zona de estudio, sin embargo, sus cultivos agrícolas son mayoritariamente para el autoconsumo y en menor proporción para la venta, entre estos se encuentran: maíz, plátano, yuca, tomate riñón, tomate de árbol, granadilla, banano y hortalizas (MAGAP, 2015; PNUMA & EPN, 2018).

Estas actividades no tienen un enfoque sostenible lo que ocasiona problemas de deforestación, ampliación de la zona agrícola (incluso en áreas de conservación) y degradación del suelo debido a las características edafoclimáticas de la Amazonía, todo esto en conjunto ocasiona que los cultivos sean semipermanentes debido a que se transforman en pastizales a largo plazo (MAGAP, 2015).

4.2.1.5. Vías

Corresponde a todos los caminos públicos o privados que permiten el tránsito terrestre de personas, vehículos o bienes (ANT, 2008).

Diferentes sucesos a lo largo de la historia del Ecuador (Guerra entre Ecuador y Perú, transformación agraria, explotación petrolera) propiciaron el cambio en el uso de suelo y la expansión demográfica en la Amazonía ecuatoriana (De la Torre, Anda & Garland, 2017); a partir de la creación de las principales vías en el Oriente, como es el caso específico de la carretera Quito-Baeza-Lago Agrio; donde los colonos se asentaron en la franja del eje vial debido a la posibilidad de vender sus productos y mejorar sus ingresos, generando procesos de deforestación debido a la colonización y sus impactos; tal como la expansión de centros poblados, la actividad agrícola y su posterior a su abandono la transformación hacia pastizales, y la creación de diferentes proyectos de infraestructura como las hidroeléctricas para poder abastecer las necesidades de la población (PNUMA & EPN, 2018).

Proyectos hidroeléctricos propician la generación de nuevas vías que permiten el acceso a lugares poco intervenidos amenazando la estabilidad del SNAP, como en el caso del proyecto CCS que con la apertura de la vía de acceso a la casa de máquina desde el Recinto Simón Bolívar, facilita la ocupación ilegal del territorio protegido del “Bosque Protector de la Parte alta y media del río Tigre”, generando conflictos por el uso de suelo debido a la falta de permisos y del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) respectivo para su ejecución por parte del contratista FOPECA ante el MAE, el Municipio de Gonzalo Pizarro y la comunidad local (López, 2010). Además, el incremento de vías clandestinas ocasiona afectaciones en los taludes

generando deslizamientos por la falta de estudios técnicos previos (PNUMA & EPN, 2018).

El desarrollo vial ocasiona diferentes afectaciones ecológicas, las mismas que se enlistan en la Tabla 4.10:

TABLA 4.10 Resumen de los efectos ecológicos de las carreteras

Efectos durante la construcción
Pérdida directa de hábitat y biota.
Efectos resultantes de la infraestructura y actividades de apoyo para la construcción.
Cambios en la hidrología de la cuenca.
Efectos producto de la extracción de material agregado para la carretera.
Efectos a corto plazo (de una nueva carretera)
Creación de un nuevo microclima y cambio en otras condiciones físicas que se extiende a distancias variables desde el borde de la carretera.
Hábitat para las especies de borde.
Mortalidad de plantas que pueden extenderse desde el borde de la carretera hacia distancias variables.
La mortalidad de las plantas tiene efectos directos y secundarios en otros organismos.
Desplazamiento de fauna local como consecuencia de la pérdida de hábitat y la perturbación física.
Atropellamiento vehicular de fauna silvestre.
Efectos a largo plazo
Carroña producto del atropellamiento vehicular de fauna silvestre.
Pérdida y cambio del hábitat más allá del borde de la carretera.
Cambios en las comunidades biológicas a diferentes distancias desde el borde de la carretera.
Fragmentación del hábitat - aislamiento de las poblaciones de fauna.
Facilita la dispersión de algunos taxones, incluidas las especies de plagas.
Las estructuras asociadas, como puentes y túneles, pueden proporcionar hábitats para algunos taxones.
La escorrentía de las carreteras afecta a las comunidades acuáticas.
Emisiones, basura, ruido y otros elementos físicos.

ADAPTADO DE: Spellerberg, (1998)

En contraste a estos efectos, para la zona de estudio de acuerdo al estudio realizado por Medrano (2015), en los cantones Quijos, El Chaco y Archidona, el tramo vial Baeza-El Chaco (1.000 – 2.000 msnm) registra la mayor mortalidad por atropellos de fauna silvestre, siendo los mamíferos el grupo más vulnerable, en especial la zarigüeya con una tasa de 0,02 individuos/Km/día, substancialmente esto sucede en tramos de vías contiguas a pastizales. Es así, que la falta de planificación vial ocasionó una ocupación desordenada del territorio amazónico, lo cual repercute hasta el día de hoy en la fragilidad de los ecosistemas amazónicos.

4.2.1.6. Líneas de Transmisión

Se consideró en el estudio las dos líneas de transmisión de simple circuito “Coca Codo Sinclair – San Rafael – El Inga”, con capacidad de 500 kV; del “Proyecto Sistema de Transmisión de Extra alta Tensión y Sistemas Asociados” (Miñaca, 2017), cuyas estructuras mecánicas se aprecian en la Figura 4.8.

FIGURA 4.8 Estructuras Metálicas



FUENTE: CELEC EP - TRANSELECTRIC, (2013)

De acuerdo a la EIA se especifica que el proyecto transita mayoritariamente zonas intervenidas como fincas, a excepción del Bosque Protector la Cascada, donde existe afectación de 280 ha de bosque maduro poco intervenido, debido a que en este lugar se encuentra la subestación San Rafael, el EIA asegura que se toman las medidas necesarias para precautelar la fauna y flora presente, la cual se considera como biodiversidad medianamente alta de acuerdo al índice de Simpson evaluado en la zona; sin embargo, se estipula que la afectación es principalmente para las aves y murciélagos presentes en los sectores aledaños debido a posibles colisiones con los cables de alta tensión (Consulsua & CELEC EP, 2013).

Debido al proceso de desbroce llevado a cabo en la etapa de construcción de las líneas de transmisión se generará perdida de cobertura vegetal afectando la interacción del bosque y por ende la calidad del hábitat, el impacto es permanente en el tiempo y se busca disminuirlo al elegir zonas cubiertas por cultivos y pastos, como es el caso de la Reserva Cayambe Coca donde el impacto es detriamente, medianamente significativo y de intensidad media (Consulsua & CELEC EP, 2013).

Adicional a esto, el efecto visual que ocasiona este tipo de proyectos (vías, instalaciones y estructuras) modifica el paisaje y la armonía del entorno, restando el valor escénico del lugar en el que se encuentra, ocasionando el desplazamiento de la fauna local propiciando la fragmentación de los ecosistemas, debido a la permanencia de personas y al tránsito vehicular, salvo para las zonas bajo protección pública o privada donde no se llevó a cabo puentes vehiculares o caminos de acceso (Consulsua & CELEC EP, 2013).

CAPÍTULO 5

MARCO METODOLÓGICO

5.1. ANÁLISIS DEL MODELO HABITAT QUALITY

Durante esta etapa fueron analizados los requerimientos del modelo de “Habitat Quality”, proporcionado por el software InVEST, para generar información acerca de la calidad del hábitat y la degradación presente en una zona específica.

5.1.1. ALGORITMO MATEMÁTICO

El algoritmo matemático que permite calcular la calidad del hábitat se basa en cuatro requerimientos que permiten caracterizar las amenazas (Sharp et al., 2015):

- Impacto Relativo [W_r]: Se refiere la influencia que ejerce una actividad antropogénica sobre la degradación de un hábitat. Varía de 0 a 1.
- Impacto de la amenaza en el espacio [i_{rxy}]: Se refiere a la máxima distancia donde se generan afectaciones en el hábitat, es así como conforme se aleja de la fuente el efecto producido disminuye hasta ser nulo. Además, el usuario debe especificar la tendencia en la que sucede esto (exponencial o lineal).
- Protección legal y accesibilidad [β_x]: El modelo asume que la protección es eficaz, si el usuario comprueba que no es así durante su análisis puede prescindir de esta entrada.
- Sensibilidad del hábitat [S_{jr}]: Se define como la vulnerabilidad de un hábitat a sufrir alteraciones, puede referirse por su inversa la “resiliencia”.

Una vez establecidos los datos de entrada; los cuales se describirán con mayor detalle en la sección 5.1.4 de este capítulo, el modelo de la calidad del hábitat procede a calcular la degradación [D_{xj}] mediante la ecuación 5.1:

$$D_{xj} = \sum_{r=1}^R \sum_{y=1}^{Y_r} \left(\frac{W_r}{\sum_{r=1}^R W_r} \right) r_y i_{rxy} \beta_x S_{jr} \quad (5.1)$$

Al obtener el valor de la degradación, este se utiliza para calcular la calidad del hábitat aplicando la ecuación 5.2:

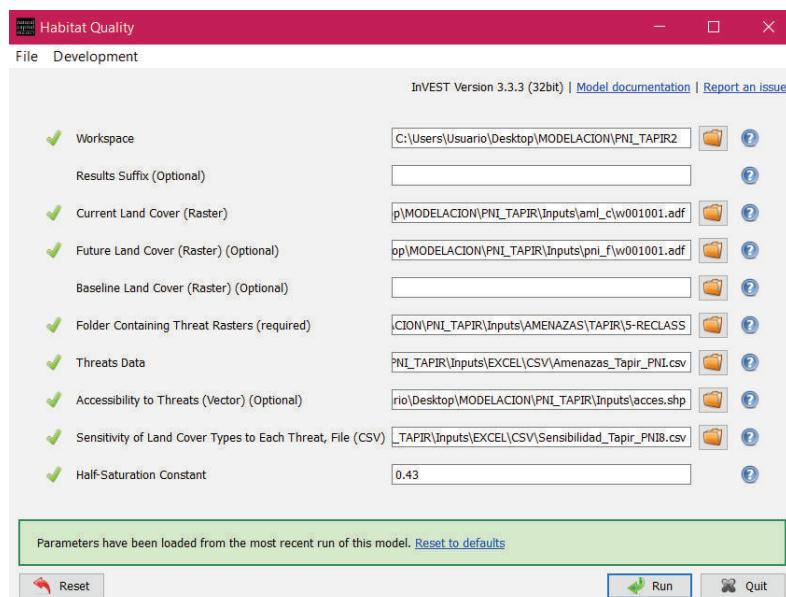
$$Q_{xj} = H_j \left(1 - \left(\frac{D_{xj}^z}{D_{xj}^z - k^z} \right) \right) \quad (5.2)$$

En la ecuación 5.1 los valores de k y z , corresponden a parámetros de regulación o constantes, es así como el valor para z es de 2,5; mientras que para k (constante media de saturación) se recomienda 0,5 (PNUMA & EPN, 2018), sin embargo, el usuario puede modificarlo durante la calibración del modelo hasta encontrar el valor más alto de degradación (Mateus & Caicedo, 2016).

5.1.2. INTERFAZ

Para el efecto fue necesario estudiar la interfaz de usuario (Figura 5.1), e identificar los insumos requeridos por el modelo, los que correspondieron a: a) cobertura vegetal presente en la zona de estudio, b) amenazas de origen antrópico y su impacto, c) sensibilidad del ambiente a cambios en la cobertura y d) accesibilidad de la tierra.

FIGURA 5.1 Interfaz del Modelo Habitat Quality - InVEST



FUENTE: Stanford University, (2016)

5.1.3. CONSIDERACIONES PREVIAS

El modelo Habitat Quality, utilizó información geográfica digital, lo que permitió asignar diferentes valores geográficos y trabajar con cuadrículas para su procesamiento, además maneja dos supuestos: a) la protección legal de la tierra es eficaz y b) las amenazas a un paisaje son aditivas (Sharp et al., 2015).

Es importante acotar que, durante la recopilación de información concerniente a los insumos del modelo para esta investigación, fueron seleccionadas dos especies de mamíferos propuestas por Albuja & Arguero (2011) en el “Estudio de Línea Base de Fauna, Impactos y Protocolo de rescate en el Embalse Compensador, Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair”; a las cuales se refiere como indicadores de la buena calidad del hábitat: el *Tremarctos ornatus* y el *Tapirus pinchaque*.

Los criterios de elección de estas especies fueron concernientes con características como: ser emblemáticas, la accesibilidad a información cartográfica sobre su distribución, su vulnerabilidad a perturbaciones humanas (sensibilidad), interés para su conservación y características ecológicas.

La presencia de estas dos especies emblemáticas de los Andes en los diferentes ecosistemas que habitan es en extremo beneficiosa para el ser humano, debido a su rol en el hábitat (nicho ecológico) como buenos esparcidores de semillas y su influencia en la dinámica, estructura y biodiversidad de este.

El modelo de Habitat Quality trabaja bajo dos supuestos: a) que la protección legal de la tierra es eficaz y b) que las todas las amenazas a un paisaje son aditivas (Sharp et al., 2015).

5.1.4. INSUMOS

En la Tabla 5.1 se presenta los insumos y formatos requeridos para ejecutar el modelo de calidad de hábitat:

TABLA 5.1 Insumos y formatos para la modelación

Insumos	Formato
Mapa de Cobertura total del Suelo	Archivo Ráster
Fuente de las amenazas (Usos amenazantes)	Archivo Ráster
Datos requeridos sobre las amenazas	Tabla (.csv)
Sensibilidad de los hábitats a las amenazas	Tabla (.csv)
Accesibilidad	Archivo Vector
Constante media de saturación	Número

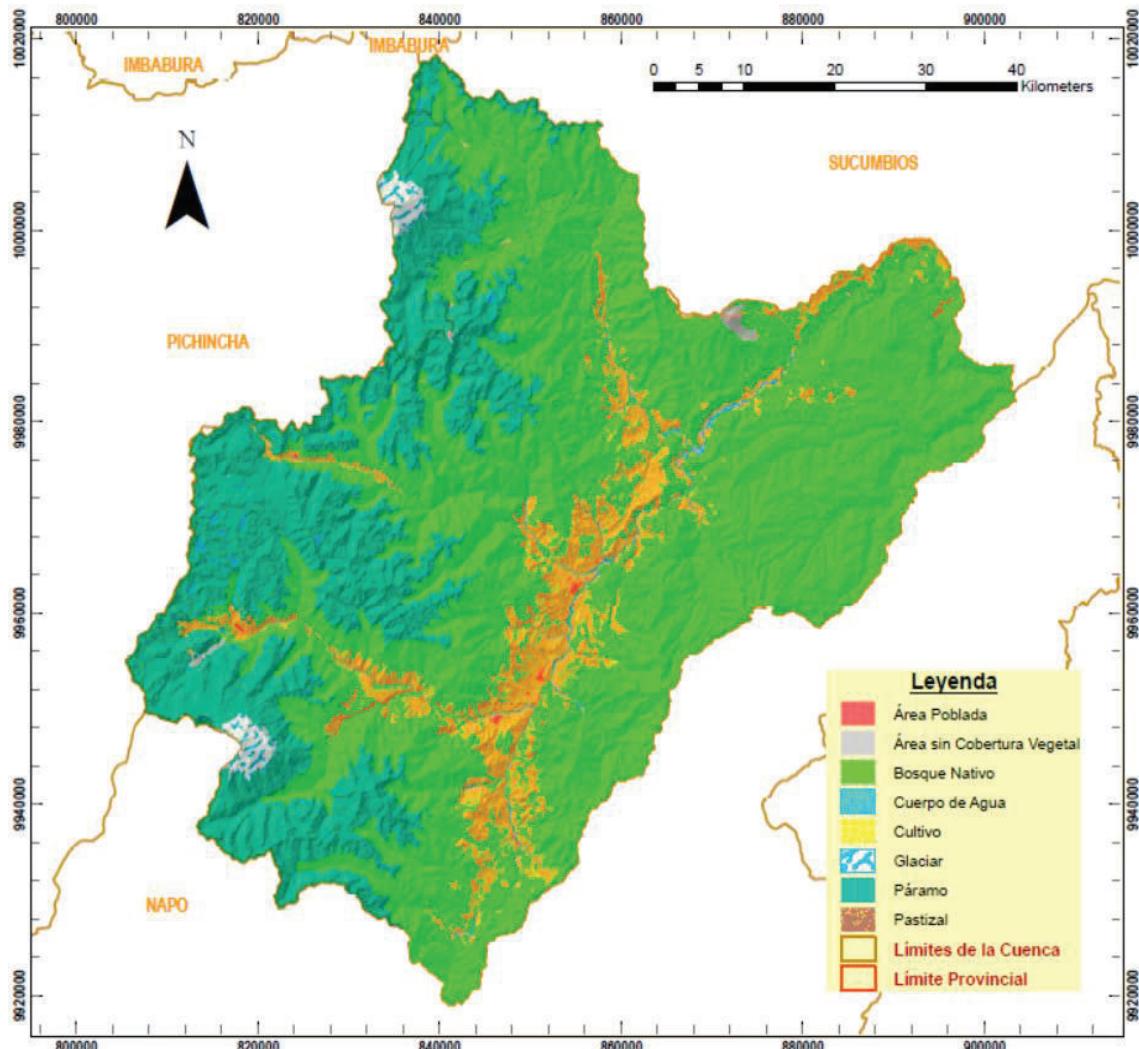
ADAPTADO DE: Kim et al., (2015)

5.1.4.1. Uso de suelo

Para poder analizar la calidad de hábitat presente en la cuenca fue necesario conocer el estado de la cobertura vegetal y su uso de suelo correspondiente (Sharp et al., 2015).

La información base referente al uso de suelo fue entregada en escala nacional por parte del MAE y el SIGTIERRAS hacia el proyecto piloto “La Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad (TEEB)-Cuenca del Río Coca (Amazonía Ecuatoriana)”, y debido a que el área de estudio es menor, fue necesario depurar los datos para obtener un mayor detalle de los mismos, así mediante detección visual con imágenes satelitales (LANSAT TM y ASTER), ortofotos (MAE y SIGTIERRAS) y el uso del programa TerrSet (herramienta Land Change Modeler para: realizar análisis de patrones de cambio y validación automática) fueron delimitadas las diferentes categorías de uso de suelo para los años 2000, 2009 y 2014, siendo ésta última la información más actual disponible (PNUMA & EPN, 2018) para la zona de estudio (Figura 5.2).

FIGURA 5.2 Cobertura y Uso de suelo para el año 2014



FUENTE: PNUMA & EPN, (2018); López Fabara, (2016)

A partir de la capa correspondiente a la cobertura vegetal y uso de suelo (LULC siglas en inglés) del año 2014, fue designado un valor a cada cobertura de acuerdo con lo especificado en la Tabla 5.2, procediendo a crear un archivo ráster en concordancia a los requisitos del modelo. Los tipos de LULC pueden tener cualquier nivel de clasificación (Sharp et al., 2015).

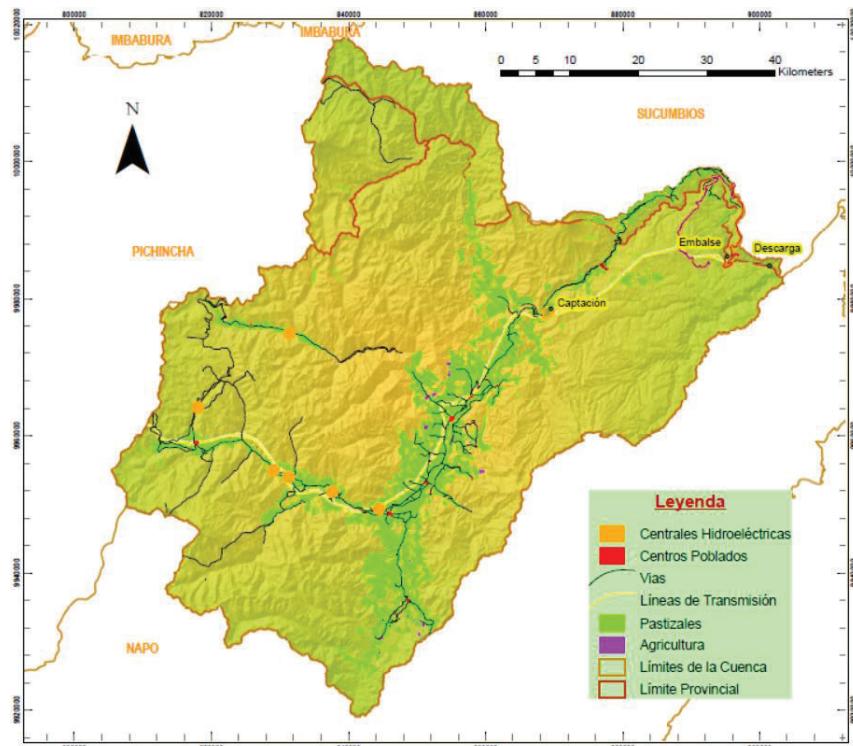
TABLA 5.2 LULC 2014

LULC	NAME
1	Glaciar
2	Bosque nativo
3	Pastizal
4	Cultivo
5	Área poblada
6	Área sin cobertura vegetal
7	Cuerpo de agua
8	Páramo

FUENTE: PNUMA & EPN, (2018)

5.1.4.2. Amenazas

Para este estudio se definieron solo amenazas de origen antrópico, debido a que se pretende establecer la afectación generada como producto de las diferentes actividades humanas en el hábitat. Con este criterio fueron identificadas seis amenazas, las mismas que se describieron en el Capítulo 4 sección 4.2.1 y que se pueden visualizar en la Figura 5.3 a continuación:

FIGURA 5.3 Amenazas de Origen Antrópico

FUENTE: PNUMA & EPN, (2018); IGM (2010), (2013); CCS (2014); CELEC (2015)

Se excluye del análisis los proyectos de hidrocarburos y su red de distribución, así como los de minería, principalmente por la falta de acceso a información cartográfica base y además porque de acuerdo con el estudio del proyecto “TEEB-Cuenca del río Coca” no son las principales actividades antrópicas que propician el cambio de uso de suelo en la cuenca (PNUMA & EPN, 2018).

El modelo además necesita información acerca de la distribución espacial e intensidad de cada amenaza; y sus respectivos datos en una tabla de formato .CSV, ambos requerimientos se detallan a continuación.

5.1.4.2.1. Distribución espacial e intensidad de cada amenaza

Fue necesario crear una carpeta en la que se encuentre información en formato RASTER de cada una de las amenazas de su distribución espacial, cada celda del ráster tiene un valor que indica la presencia (1) o ausencia (0) de estas.

Se debe tener en cuenta que los archivos generados posean la misma extensión y resolución del archivo de cobertura vegetal y uso de suelo para facilitar la corrida del modelo, sin embargo, esto no es un requisito indispensable, debido a que en caso de diferir entre ellas el programa por default utiliza las características de el o los ráster utilizados como referencia del LULC.

5.1.4.2.2. Datos de las amenazas

Existen cuatro campos a llenar en la tabla que describe la amenazas, estos son: distancia máxima de afectación, peso, tendencia y como se va a llamar a la amenaza durante el proceso de modelación, de esta manera se describe a continuación cada uno:

- Distancia de Máxima Afectación [Km]: Se establecieron los valores correspondientes a este campo mediante una investigación bibliográfica, donde la mayoría de datos obtenidos han sido de estudios en campo, con las especies utilizadas para este análisis y en el caso de no disponer de información precisa

de acuerdo a la especie, se ha utilizado información recopilada en estudios similares donde se señalan las mismas amenazas al hábitat o en su defecto EIA de los diferentes proyectos involucrados en el estudio donde se encuentra el área de afectación, construyendo así la Tabla 5.3:

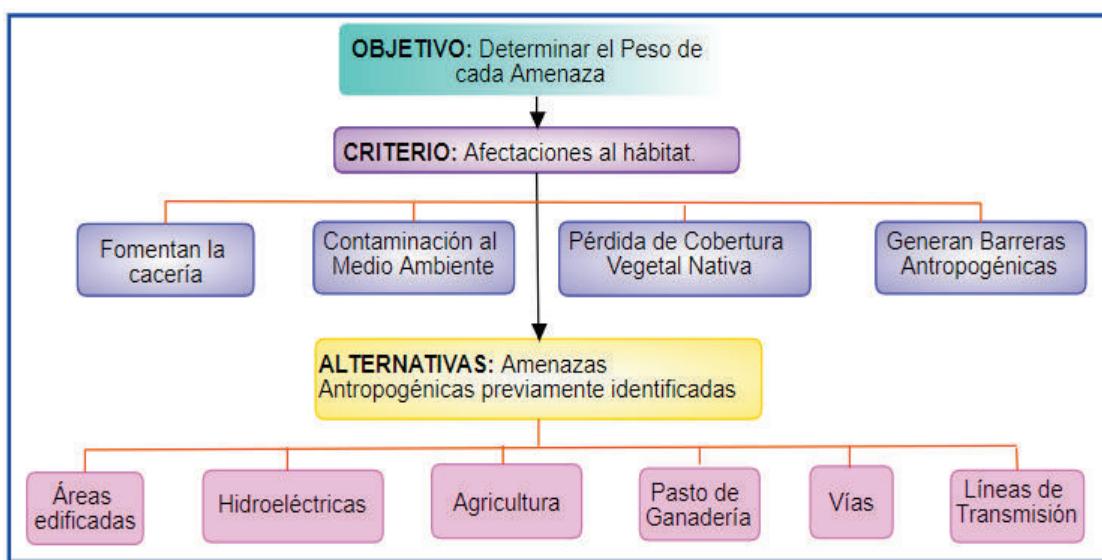
TABLA 5.3 Distancia de impacto para cada amenaza

AMENAZAS	<i>Tremarctos ornatus</i>		<i>Tapirus pinchaque</i>	
	Max_dis [Km]	Fuente Bibliográfica	Max_dis [Km]	Fuente Bibliográfica
Centros Poblados	16,18	(Cuesta, Peralvo & Sánchez, 2001)	7	(AEM et al., 2013)
Centrales Hidroeléctricas	1,2	(Polanco Loza, 2013)	1,2	(Polanco Loza, 2013)
Pastizales	2,2	(Márquez & Goldstein, 2014)	2	(Carranza & González, 2015)
Agricultura	4,71	(Cuesta, Peralvo & Sánchez, 2001)	5	(Carranza & González, 2015)
Vías	1,5	(Figueroa, 2014)	1,5	(AEM et al., 2013)
Líneas de transmisión	0,03	(Consulsua & CELEC EP, 2013)	0,03	(Consulsua & CELEC EP, 2013)

ELABORADO POR: Salomé Ríos

- Peso: Para determinar el impacto en la calidad del hábitat de una amenaza frente a otra, se utilizó el Método de Proceso Analítico Jerárquico (AHP), que consiste en definir un objetivo principal y diferentes criterios y alternativas pertinentes que permitan alcanzarlo (Arquero, Álvarez & Martínez, 2009) (Figura 5.4).

FIGURA 5.4 Árbol de jerarquías con las agrupaciones a comparar



ADAPTADO DE: Arquero et al., (2009)

El método consiste en asignar pesos que permitan comparar mediante pares ordenados los diferentes criterios y alternativas a través de la escala de Saaty que se muestra en la Tabla 5.4, la cual considera aspectos como: reciprocidad, homogeneidad, dependencia y expectativas entre un elemento y otro (Hoyos, 2015a; Saaty, 1990).

TABLA 5.4 Escala fundamental para comparaciones a pares

INTENSIDAD	DEFINICION	EXPLICACIÓN
1	Igual	Dos elementos contribuyen de igual forma al cumplimiento del objetivo
3	Moderada	La experiencia y el juicio favorecen levemente a un elemento sobre otro
5	Fuerte	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente un elemento sobre otro
7	Muy fuerte o demostrada	Un elemento es mucho más favorecido que otro, su predominación se demostró en la práctica
9	Extrema	La evidencia que favorece un elemento sobre otro es absoluto y totalmente claro
2,4,6,8	Para transar entre los valores anteriores	Cuando se necesita un compromiso de las partes entre valores adyacentes
Recíprocos	Si al elemento i se la ha asignado uno de los números distintos de cero mencionados cuando se compara con el elemento j tiene el valor recíproco cuando se la compara con i ($a_{ij}=1/a_{ji}$)	Hipótesis del método

FUENTE: Loaiza, (2015); Saaty, (1990)

Se puede puntuar en una escala de 1 a 9, sin embargo, estos valores pueden ser fracciones, reflejando su relación de forma directa o inversamente proporcional, permitiendo crear matrices de comparación pareada (matriz original) tanto para los criterios como las alternativas (Hoyos, 2015a), siguiendo la estructura de la Tabla 5.5:

TABLA 5.5 Matriz de comparación de elementos

Elementos	A₁	A₂	A_n
<i>A_x</i>	1	<i>A_x/A_y</i>	<i>A_x/A_n</i>
<i>A_y</i>	<i>A_y/A_x</i>	1	<i>A_y/A_n</i>
<i>⋮</i>	<i>⋮</i>	<i>⋮</i>	1	<i>⋮</i>
<i>A_n</i>	<i>A_n/A_x</i>	<i>A_n/A_y</i>	1

ADAPTADO DE: Liger & Cruz, (2015)

Sumando todos los valores asignados en cada una de las columnas y dividiendo cada valor individual para el total de la suma se normaliza la matriz, este procedimiento se realiza de forma sucesiva con todas las columnas (Hoyos, 2015a).

Posterior a esto, fue obtenido el promedio de cada fila, este valor fue el peso que se asignó a cada criterio o alternativa según corresponda y la suma de los mismos es 1 (Hoyos, 2015a).

Los valores de los pesos obtenidos [W_n] para cada criterio y alternativa han permitido determinar el peso final o impacto de una amenaza con respecto a las otras, multiplicando el peso de cada alternativa por cada criterio analizado, sumando todos y obteniendo el peso final (Hoyos, 2015a; Saaty, 1990), los valores utilizados en la matriz del InVEST fueron escalados utilizando una regla de tres simple.

Para demostrar que los resultados obtenidos fueron consistentes, se procedió a evaluar los valores derivados en la normalización de las matrices; mediante la “razón de consistencia” [CR], que es una correlación entre el “índice de consistencia” [CI] y la “consistencia aleatoria” [RI] (Hoyos, 2015b; Saaty, 1990), como se expresa en la ecuación (5.3):

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5.3)$$

Dónde:

$$RI = \frac{1,98(n-2)}{n} \quad (5.4)$$

$$CI = \frac{n_{máx}-n}{n-1} \quad (5.5)$$

Siendo: * $[n]$, la dimensión de la matriz (número de alternativas);

* $[n_{máx}]$, la multiplicación de la matriz original por los pesos de cada y sumando los valores obtenidos:

$$n_{máx} = \begin{pmatrix} 1 & A_x/A_y & \dots & A_x/A_n \\ A_y/A_x & 1 & \dots & A_y/A_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & 1 \\ A_n/A_x & A_n/A_y & \dots & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} W_x \\ W_y \\ \vdots \\ W_n \end{pmatrix} = n \begin{pmatrix} W_x \\ W_y \\ \vdots \\ W_n \end{pmatrix} = \sum_{i=1}^n (W_i)$$

$$n_{máx} = \sum_{i=1}^n (W_i) \quad (5.6)$$

De esta manera si el valor de la razón de consistencia es menor o igual a 0,1; el nivel de inconsistencia es aceptable, caso contrario no es aceptable debido a la presencia de sesgos (inconsistencias) (Hoyos, 2015b; Saaty, 1990), por lo que se debe volver a revisar las estimaciones dadas con la escala fundamental para comparaciones a pares.

Los criterios y alternativas analizados para el presente estudio son los expuestos en la Tabla 5.6, cada uno de ellos presenta su peso calculado:

TABLA 5.6 Metodología AHP aplicada en la cuenca del río Coca

CRITERIOS	Fomentan la cacería (0,066)	ALTERNATIVAS	Áreas edificadas	0,15	
			Hidroeléctricas	0,07	
			Agricultura	0,21	
			Pasto de ganadería	0,41	
CRITERIOS	Contaminación al medio ambiente (0,237)		Vías	0,10	
			Líneas de transmisión	0,06	
			Áreas edificadas	0,15	
			Hidroeléctricas	0,05	
CRITERIOS	Pérdida de Cobertura Vegetal Nativa (0,569)		Agricultura	0,25	
			Pasto de ganadería	0,41	
			Vías	0,07	
			Líneas de transmisión	0,08	
CRITERIOS	Generan barreras antropogénicas (0,128)		Áreas edificadas	0,09	
			Hidroeléctricas	0,14	
			Agricultura	0,05	
			Pasto de ganadería	0,43	

ELABORADO POR: Salomé Ríos

Todos los valores asignados se realizaron en función del cambio en el uso de suelo e información bibliográfica pertinente, donde se concluyó que la ganadería analizada como pastizales es la principal amenaza a la calidad del Hábitat (Tabla 5.7).

TABLA 5.7 Pesos utilizados para la modelación

Amenazas Antropogénicas	Peso escala AHP	Pesos escala InVEST
Pasto de ganadería	0,379	1
Hidroeléctricas	0,112	0,30
Líneas de transmisión	0,067	0,18
Vías	0,202	0,53
Áreas edificadas	0,131	0,34
Agricultura	0,108	0,29

ELABORADO POR: Salomé Ríos

Las matrices pareadas generadas durante el desarrollo del método de AHP se encuentran en el Anexo N° 1 (Método Analítico Jerárquico).

- Tendencia de crecimiento: La tendencia de crecimiento a usar es del tipo lineal, debido a que las amenazas se expanden en todas las direcciones tal como lo sugiere Terrado et al. (2016).
- Nombre: Como se presenta en el capítulo 4 y se presenta en la Tabla 5.8, las diferentes amenazas serán abreviadas de la siguiente forma:

TABLA 5.8 Abreviaciones utilizadas

Amenazas Antropogénicas	Threat
Centros Poblados	cp
Centrales Hidroeléctricas	ch
Pastizales	pas
Agricultura	agri
Vías	vias
Líneas de Transmisión	lt

ELABORADO POR: Salomé Ríos

De acuerdo con lo expuesto, se generaron las Tablas 5.9 y 5.10, las cuales contienen la información acerca de las amenazas identificadas para cada especie estudiada.

TABLA 5.9 Tabla de amenazas usada en la modelación con el *Tremarctos ornatus*

Threat	Max_Dist [Km]	Weight	Decay
cp	16,18	0,34	linear
ch	1,2	0,3	linear
pas	2,2	1	linear
agri	4,71	0,29	linear
vias	1,5	0,53	linear
lt	0,03	0,18	linear

ELABORADO POR: Salomé Ríos

TABLA 5.10 Tabla de amenazas usada en la modelación con el *Tapirus pinchaque*

Threat	Max_Dist [Km]	Weight	Decay
cp	7	0,34	linear
ch	1,2	0,3	linear
pas	2	1	linear
agri	5	0,29	linear
vias	1,5	0,53	linear
lt	0,03	0,18	linear

ELABORADO POR: Salomé Ríos

El archivo Excel requirió de un formato .CSV de acuerdo a los requerimientos del software (Sharp et al., 2015).

5.1.4.3. Sensibilidad

Fue requerida información que indique cuan sensible es cada uso de suelo a las alteraciones producidas por las diferentes amenazas aledañas; de esta forma se generó un archivo .CSV de amenazas vs uso de suelo, puntuando entre 0 y 1 la sensibilidad (que se expresa como la inversa de la resistencia de cada uso de suelo al cambio o alteración) (Sharp et al., 2015).

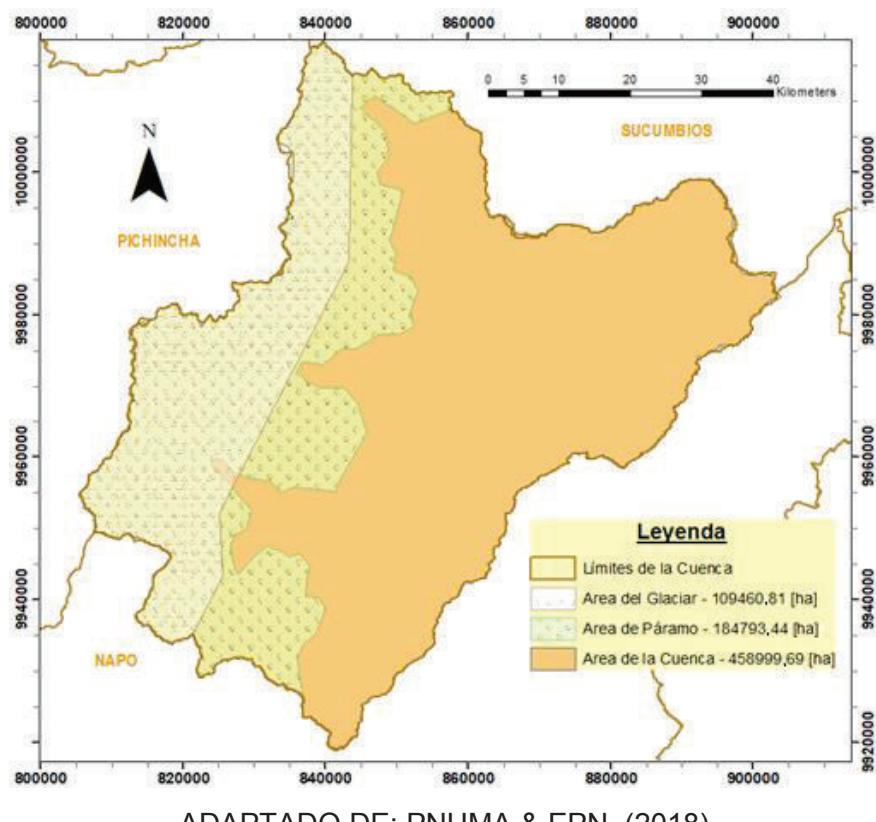
El 1 indica que el uso de suelo tiene mayor sensibilidad y por ende es más propenso a la degradación por dicha amenaza. Por ejemplo, la sensibilidad tuvo una puntuación de 1 cuando el uso de suelo (ejm. pastizales) corresponde a la misma amenaza (ejm. ganadería). Estos valores de sensibilidad otorgados deben alinearse a los principios de ecología del paisaje (Sharp et al., 2015).

Para poder calcular estos valores se utilizó el índice de fragmentación del paisaje (Mateus & Caicedo, 2016), definido como “una medida cartográfica del grado de agregación espacial de las manchas de hábitat objeto de estudio” (San Vicente, 2003, p.3). La fragmentación del hábitat afecta de forma directa a especies de elevado valor conservacionista que demandan altos requerimientos de calidad del hábitat, lo que hace a este índice apto para el presente estudio (San Vicente, 2003).

Se debe considerar que para el uso de esta metodología la ocupación del suelo analizado posea la presencia potencial de las especies estudiadas (*Tremarctos ornatus* y *Tapirus pinchaque*), de tal manera que sean sensibles a los cambios en la cobertura analizada, es así como, para los centros poblados, el índice de fragmentación no es aplicable, al no ser un hábitat viable para las especies estudiadas.

Para evitar inconsistencias, el área de análisis fue cambiada en algunos usos de suelo de acuerdo al potencial de distribución de cada uno, así para los páramos y glaciares, al encontrarse limitados a un rango altitudinal específico, se delimitó una superficie más consistente (excluyendo el área de la cuenca que no posee estas coberturas), mediante la función “clipping a polygon feature” del software ArcGis, mientras que para las coberturas de bosques nativos, cuerpos de agua, cultivos, pastizales y áreas sin cobertura vegetal, se trabajó con el área total de la cuenca (Figura 5.5).

FIGURA 5.5 Áreas de análisis usadas en el cálculo del Índice de Fragmentación



La ecuación 5.7 se usa para determinar el índice de fragmentación (San Vicente, 2003):

$$F = \frac{S_h}{N_m * R_c} \quad (5.7)$$

Siendo: * $[S_h]$; Superficie del Hábitat

* $[N_m]$; Número de manchas

* $[R_c]$; Dispersión de manchas

Donde, R_c es la dispersión de manchas, que se calcula con la ecuación 5.8:

$$R_c = 2 * d_c * \left(\frac{\lambda}{\pi}\right) \quad (5.8)$$

Siendo: *[d_c]; Distancia media desde el centroide de una mancha hasta la mancha más cercana a está; esto se calcula con la función “Average Nearest Neighbor” del programa ArcGIS.

* $[\lambda]$; Densidad media de las manchas, que se calcula de acuerdo con ecuación 5.9; en hectáreas:

$$\lambda = \left(\frac{N_m}{A_T}\right) * 100 \quad (5.9)$$

Donde: * $[A_T]$; Área total de estudio

Una vez determinado el índice de fragmentación se procede a sumar el grado de intervención generado por las amenazas, el que se calcula como el porcentaje entre el área de uso de suelo que interseca con las amenazas en hectáreas (Calles & Saltos, 2013; Mateus & Caicedo, 2016).

$$\% A = \frac{A_{A-LULC}}{A_{LULC}} * 100 \quad (5.10)$$

Siendo: * [% A]; Porcentaje ocupado por la amenaza en la zona de estudio

* $[A_{A-LULC}]$; Área que interseca la amenaza y el uso de suelo

* $[A_{LULC}]$; Área del uso de suelo

Para las vías, líneas de transmisión y centrales hidroeléctricas, el grado de intervención se calculó de acuerdo a las siguientes ecuaciones (Calles & Saltos, 2013):

- Vías y líneas de transmisión:

$$\frac{vías \text{ o } lt [km]}{LULC [km^2]} \quad (5.11)$$

Siendo: * $vías \text{ o } lt [km]$; Kilómetros de vías o líneas de transmisión

* $LULC [km^2]$; Kilómetros cuadrados de cada uso de suelo

- Centrales Hidroeléctricas:

$$\{(\sum H_{OP} * \sum PH_{OP}) + (\sum H_C * \sum PH_C) + (\sum H_{DD} * 0.5 * \sum PH_{DD})\} * \frac{A_{H-LULC}}{A_{LULC}} \quad (5.12)$$

Siendo: * $[\sum H_{OP}]$; Sumatoria de hidroeléctricas "En Operación"

* $[\sum PH_{OP}]$; Sumatoria de la potencia en MW de las hidroeléctricas "En Operación"

* $[\sum H_C]$; Sumatoria de hidroeléctricas "En Construcción"

* $[\sum PH_C]$; Sumatoria de la potencia en MW de las hidroeléctricas "En Construcción"

* $[\sum H_{DD}]$; Sumatoria de hidroeléctricas "En Diseño Definitivo"

* $[\sum PH_{DD}]$; Sumatoria de la potencia en MW de las hidroeléctricas "En Diseño Definitivo"

* $[A_{H-LULC}]$; Área que interseca la central hidroeléctrica y el uso de suelo

* $[A_{LULC}]$; Área del uso de suelo

Así se obtuvieron los valores mostrados en las Tablas 5.11 y 5.12, la idoneidad del hábitat para cada especie de acuerdo con el uso de suelo se obtuvo mediante información bibliográfica.

TABLA 5.11 Tabla de sensibilidad usada en la modelación con el *Tremarctos ornatus*

LULC	Nombre	Hábitat (<i>Tremarctos ornatus</i>) *	Agricultura	Centros Poblados	Centrales Hidroeléctricas	Pasto	Vías	Líneas de Transmisión
1	Glaciar	0,05	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	Bosque Nativo	1,00	0,985	1,000	0,988	0,985	0,985	0,985
3	Pastizal	0,75	0,474	0,475	0,560	1,000	0,478	0,476
4	Cultivo	0,5	1,000	0,327	0,326	0,326	0,331	0,327
5	Área Poblada	0,00	0,581	1,000	0,581	0,581	0,643	0,581
6	Área sin Cobertura Vegetal	0,00	0,883	0,883	1,000	0,883	0,892	0,884
7	Cuerpo de Agua	0,5	0,636	0,636	1,000	0,636	0,638	0,636
8	Páramo	1,00	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

FUENTE: *AEM et al., (2013); Alonso-F et al., (2017)

ELABORADO POR: Salomé Ríos

TABLA 5.12 Tabla de sensibilidad usada en la modelación con el *Tapirus pinchaque*

LULC	Name	Hábitat (<i>Tapirus pinchaque</i>) *	Agricultura	Centros Poblados	Centrales Hidroeléctricas	Pasto	Vías	Líneas de Transmisión
1	Glaciar	0,00	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	Bosque Nativo	1,00	0,985	1,000	0,988	0,985	0,985	0,985
3	Pastizal	0,5	0,474	0,475	0,560	1,000	0,478	0,476
4	Cultivo	0,3	1,000	0,327	0,326	0,326	0,331	0,327
5	Área Poblada	0,00	0,581	1,000	0,581	0,581	0,643	0,581
6	Área sin Cobertura Vegetal	0,1	0,883	0,883	1,000	0,883	0,892	0,884
7	Cuerpo de Agua	0,6	0,636	0,636	1,000	0,636	0,638	0,636
8	Páramo	0,9	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

FUENTE: *AEM et al., (2013); Parra, (2018)

ELABORADO POR: Salomé Ríos

Los valores del LULC correspondieron a los mismos que se presentaron en la Tabla 5.2 de uso de suelo (sección 5.1.2.1 de este capítulo), debido a que el software realizó un emparejamiento con los datos de ambas Tablas durante la modelación.

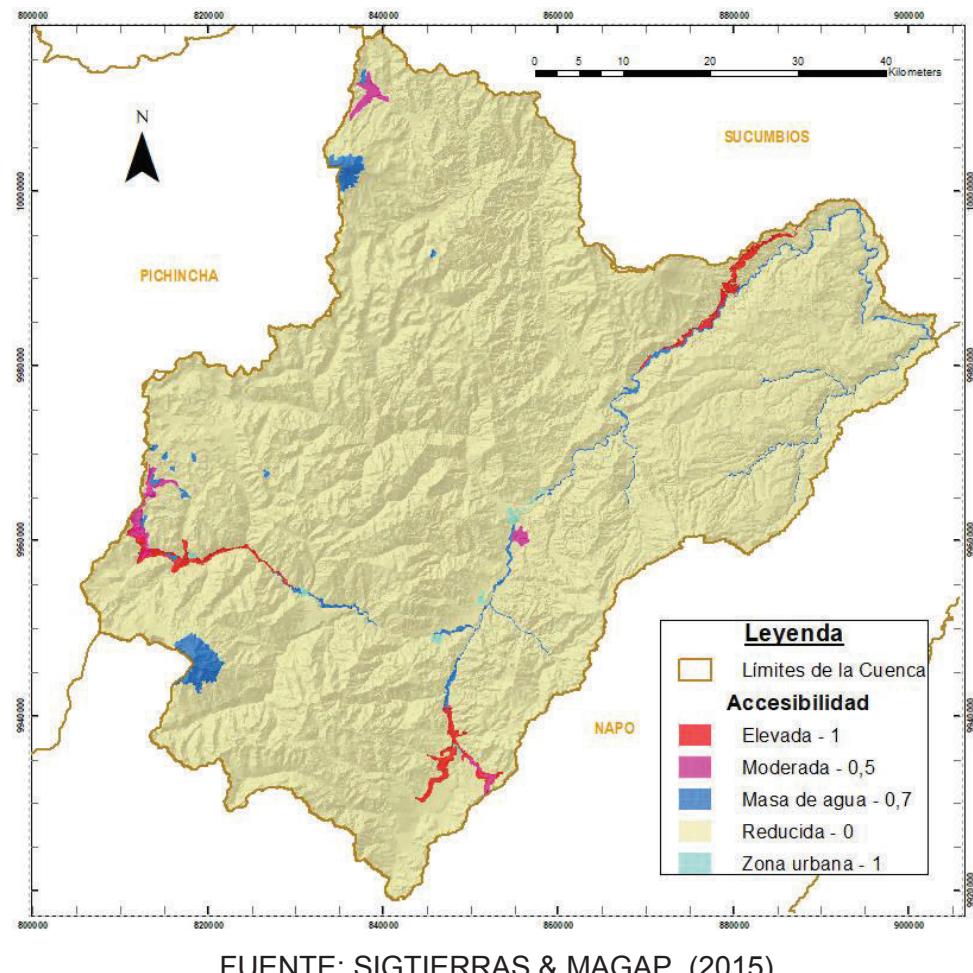
5.1.4.4. Accesibilidad

Esta entrada corresponde a un archivo de tipo vectorial, en el cual se establece el grado de protección relativa (debida a factores físicos, legales, sociales o institucionales), frente a las diferentes amenazas analizadas (Sharp et al., 2015).

Esta información cartográfica fue descargada del geo portal del SIGTIERRAS, utilizando la accesibilidad homogénea que combina tres insumos: a) vías de primer orden, b) centros económicos y c) infraestructuras de acopio y facilidades agrícolas.

El mapa muestra una clasificación de tres zonas de accesibilidad: a) elevada, b) moderada y c) reducida; además de zonas urbanas y masas de agua (Figura 5.6).

FIGURA 5.6 Accesibilidad de la zona de estudio



FUENTE: SIGTIERRAS & MAGAP, (2015)

5.1.4.5. Constate media de Saturación [k]

La constante media de saturación se utiliza para calibrar el modelo de “Calidad del hábitat”, y su valor recomendado es aquel que genera el mayor valor posible de degradación, contribuyendo a la representación visual y heterogénea del paisaje modelado (Sharp et al., 2015).

El modelo transforma los valores de degradación a calidad del hábitat utilizando una curva media-saturación, donde “k” establece la relación inversa entre la degradación y la calidad del hábitat (Mateus & Caicedo, 2016; Sharp et al., 2015).

Una vez determinado el valor de “k”, este se mantiene constante durante toda la modelación (Sharp et al., 2015).

5.2. MODELACIÓN DE ESCENARIOS

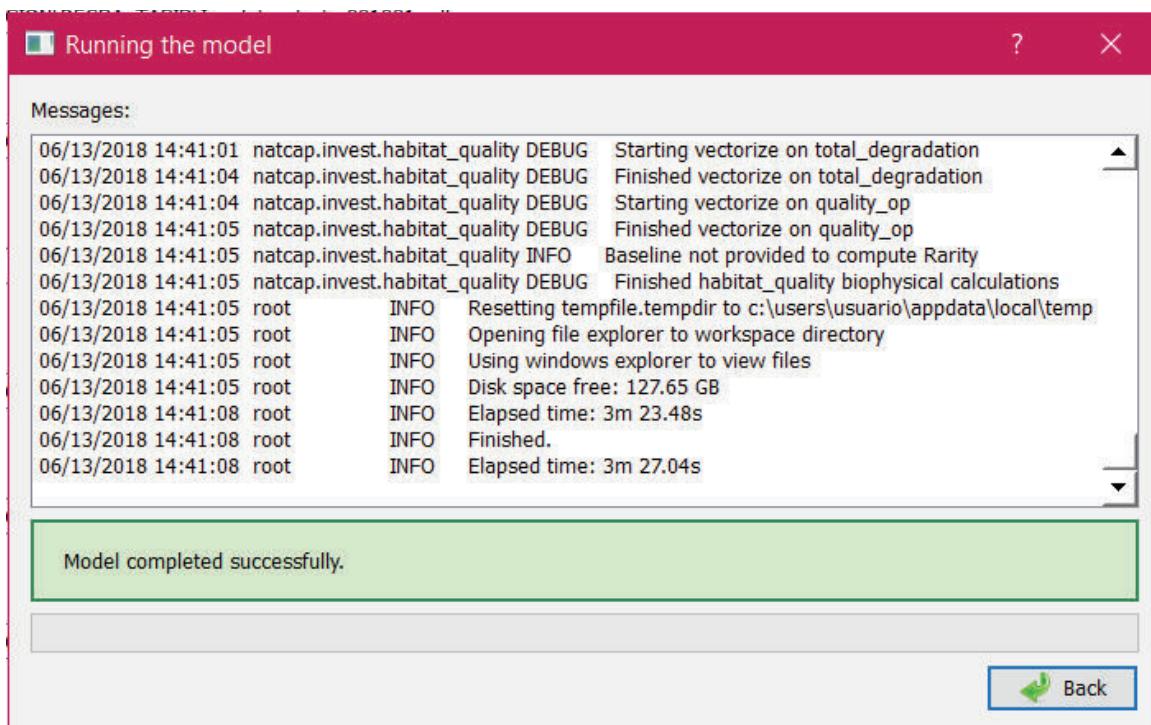
En esta etapa se detalla el conjunto de metodologías utilizadas para la calibración y validación del Habitat Quality al 2014, además de la modelación de los tres escenarios al 2030.

5.2.1. CALIDAD DEL HÁBITAT 2014

5.2.1.1 Corridas Preliminares del Habitat Quality - InVEST

Una vez obtenidos los datos de entrada (Sección 5.1.4) para el modelo Habitat Quality, se procedió con las corridas preliminares, permitiendo la familiarización con los formatos requeridos o unidades establecidas por el software. Al terminó de cada corrida con éxito se generó el cuadro de la Figura 5.7:

FIGURA 5.7 Cuadro de diálogo de corridas preliminares



FUENTE: Stanford University, (2016)

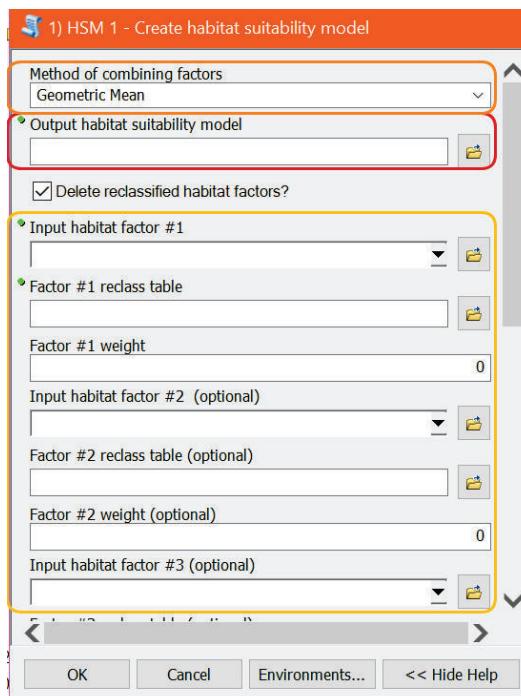
5.2.2. CALIBRACIÓN

Para realizar la calibración del modelo Habitat Quality, no existe una metodología aceptada como válida (Stanford University, 2017). Sin embargo, al existir diferentes softwares que modelan el mismo SE, se expuso realizar una comparación de resultados. En el Capítulo 2, se hizo referencia a un estudio realizado al Sur del país que permitió generar mapas de la Calidad del Hábitat, haciendo uso de la herramienta “Corridor Design”, la misma que se utilizó para realizar la comparación con los resultados obtenidos en el 2014 para la presente investigación.

5.2.2.1. Diseño del Corredor (Corridor Design)

Este software forma parte de las herramientas presentes en el software ArcGis, y su uso permite elaborar corredores ecológicos y determinar la idoneidad del hábitat, siendo este último recurso de interés para la validación de la presente investigación (Alonso et al., 2014). Se puede apreciar los insumos requeridos por la interfaz para modelar la idoneidad del hábitat en la Figura 5.8.

FIGURA 5.8 Interfaz de la herramienta Habitat Modelling del Corridor Desing



FUENTE: Majka, Beier & Jenness, (2009)

De forma general, los insumos se pueden dividir en tres:

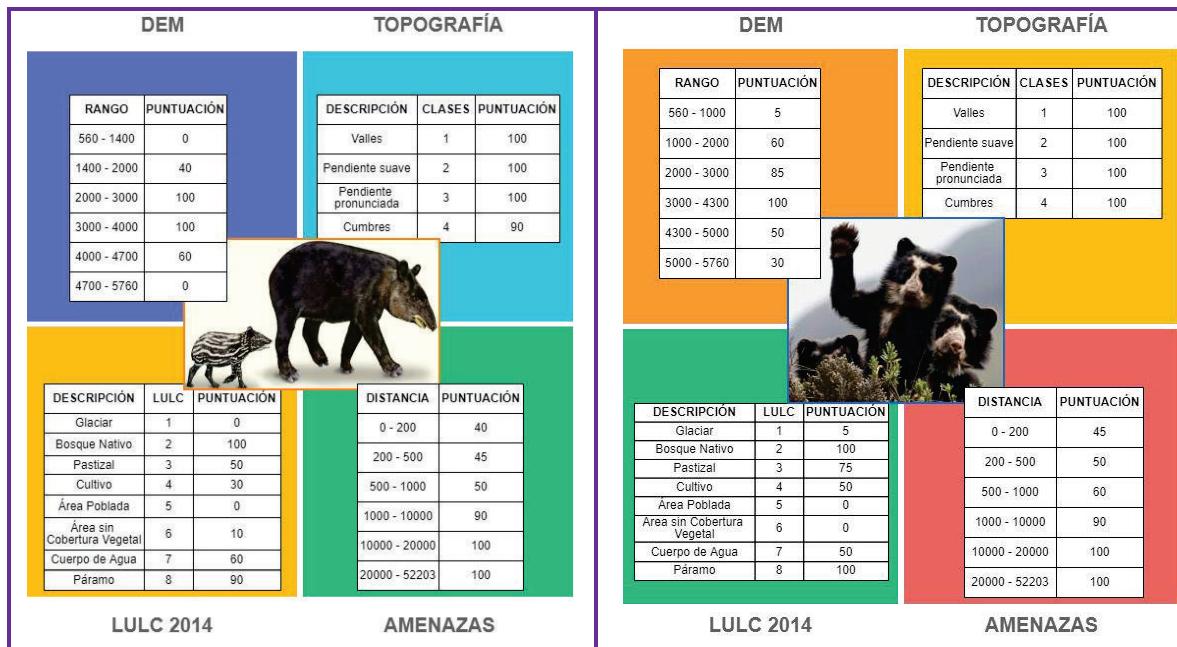
- Método para combinar factores: existen dos opciones: a) geométrico y b) aditivo; se utilizó el método aditivo, dado que los resultados serán comparados con los obtenidos por el modelo Habitat Quality - InVEST, el cual utiliza el método aditivo en su algoritmo matemático.
- Un directorio donde se encuentra una carpeta para los resultados de la modelación.
- Factores determinantes: El modelo relaciona diferentes capas ráster como: el uso y cobertura del suelo (LULC 2014), el modelo digital de elevación (DEM), pendientes (Slope) y disturbios humanos (Amenazas descritas en el Capítulo 4).

Todas las capas deben estar delimitadas por el área del proyecto previamente establecida y cada factor debe tener tres parámetros adicionales (Majka et al., 2009):

- Ráster de ubicación del factor;
- Archivos de texto que establezcan una reclasificación y puntuación (probabilidad de aparición de la especie) de las variables continuas y categóricas establecidas como factores para la modelación. Por ejemplo, en el caso del factor elevación entre las cotas de 0-1.000 msnm la probabilidad de encontrar un tapir de montaña es de 0.
- El peso de cada factor definido por su importancia en la modelación.

A continuación, en la Figura 5.9 se muestran los diferentes factores y parámetros correspondientes a cada especie analizada, utilizados en la modelación de la idoneidad del hábitat para el 2014:

FIGURA 5.9 Datos ingresados en la modelación de la idoneidad el hábitat 2014

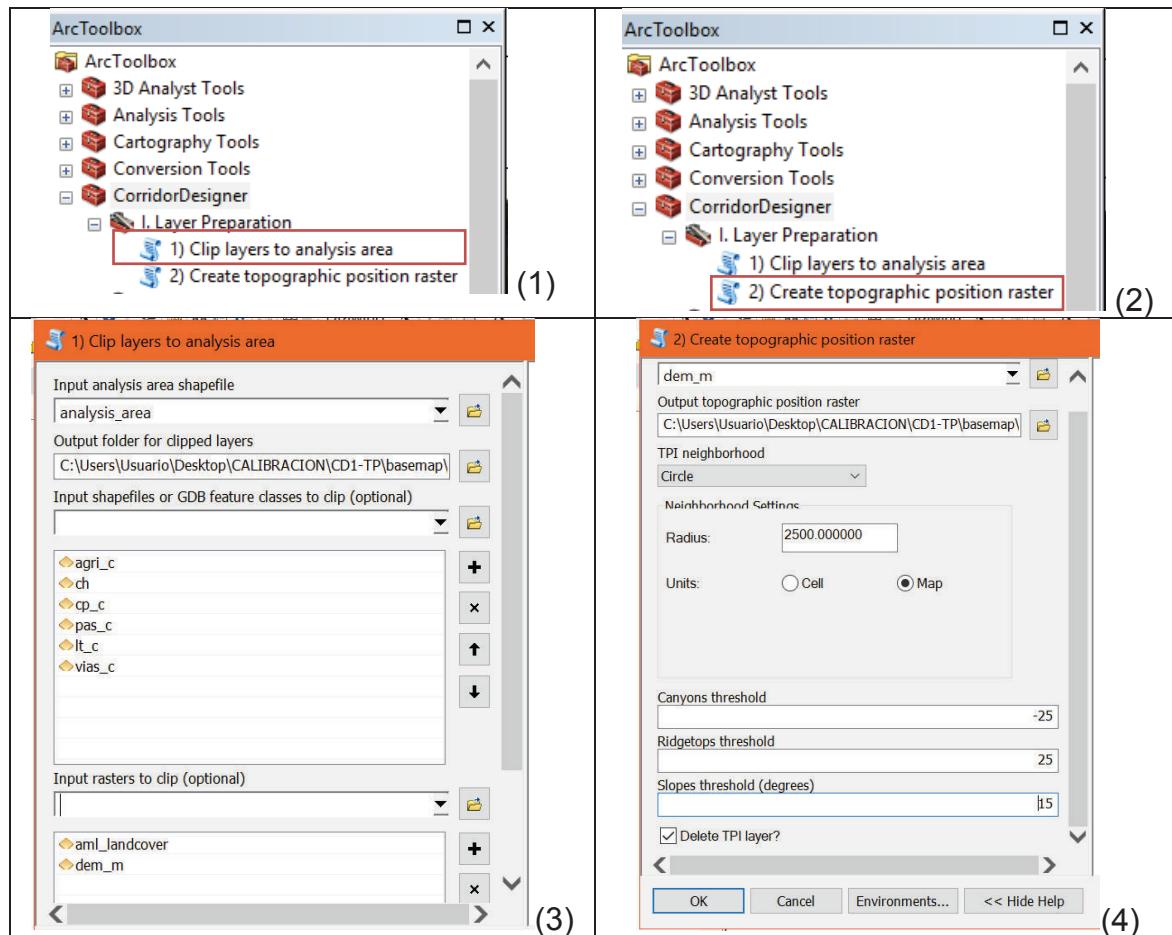


FUENTE: Castellanos et al., (2016), (2017), (2018); San Vicente, (2003); Cárdenas, (2014); Dangles & Mena, (2017); Velez-Liendo & García-Rangel, (2017); Parra, (2018)

5.2.2.1.1. Modelación para el 2014

Para modelar la Calidad del Hábitat se preparó las capas de los archivos ráster y vectoriales de acuerdo con los requerimientos del modelo; para esto la herramienta “Corridor Desing” (Majka et al., 2009), permitió cortar todas las capas de los factores determinantes con al área de la cuenca y después se creó el ráster de posición topográfica (Figura 5.10).

FIGURA 5.10 Preparación de las capas



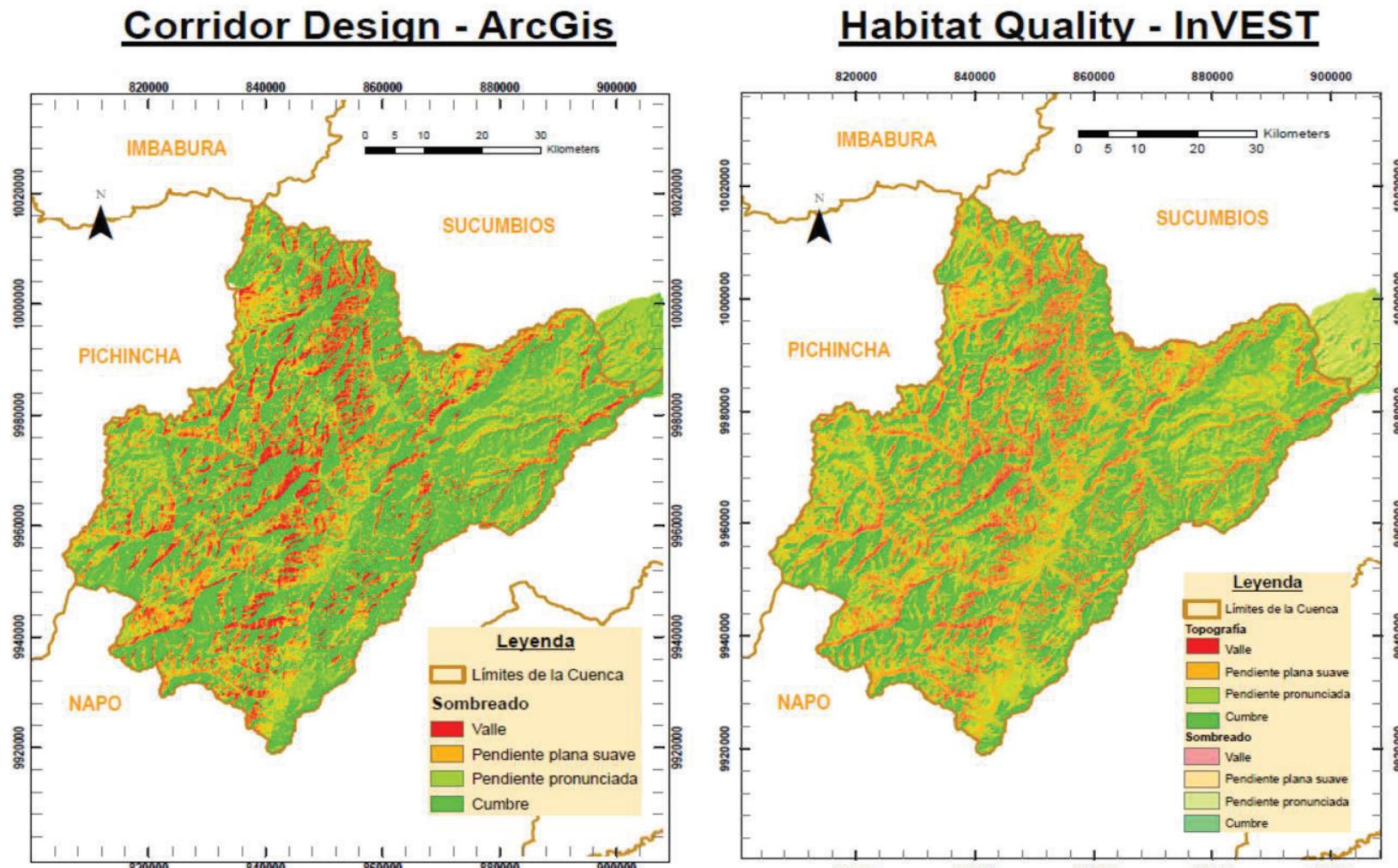
ELABORADO POR: Salomé Ríos

La herramienta que permite la creación del ráster topográfico tiene datos preestablecidos que corresponden a las condiciones topográficas del Proyecto Arizona Missing Linkages.

Sin embargo, para la cuenca analizada en la presente investigación, los rasgos topográficos difieren, así en el Programa ArcGis con la información cartográfica disponible de pendientes y curvas de nivel cada 20 m; se pudo establecer los valores adecuados a las características físicas del paisaje.

De acuerdo a lo sugerido por Majka et al. (2009) para verificar la veracidad de la capa creada, se debe superponer a la capa de “sombreado” con una transparencia del 60% y comprobar la efectividad del ráster generado, como se aprecia en la Figura 5.11 a la derecha:

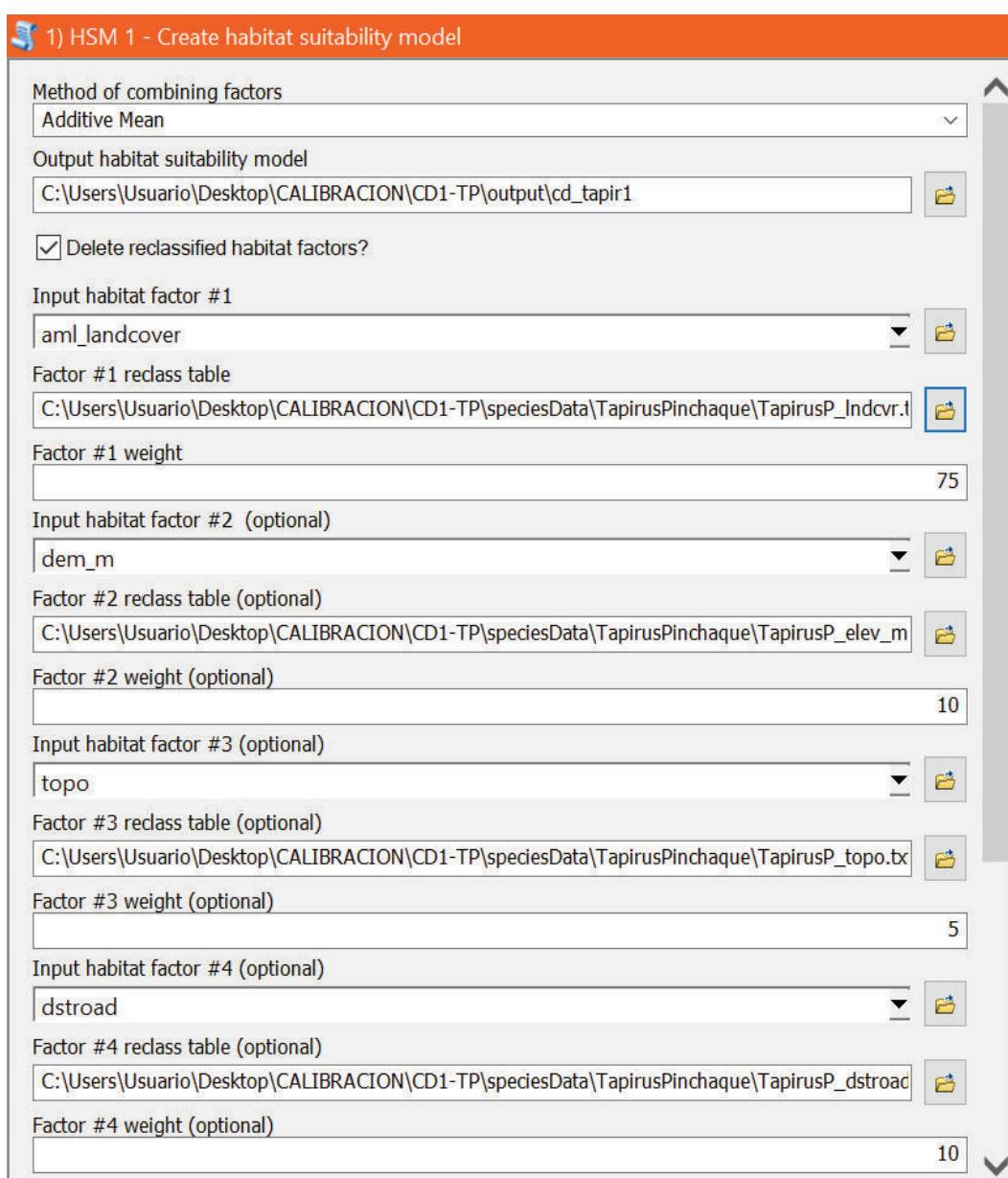
FIGURA 5.11 Creación del ráster de posición topográfica



ELABORADO POR: Salomé Ríos

Para crear los diferentes ráster que permitieron identificar el área de influencia de una amenaza determinada se hizo uso de la herramienta “Euclidean Distance” y adicional a esto se generaron archivos de texto que contienen información acerca del comportamiento de las especies analizadas frente a cada amenaza, la información utilizada para la modelación al 2014 se obtuvo de la bibliografía investigada (Figura 5.9). Así, se procedió a la modelación de la Calidad del Hábitat (Figura 5.12).

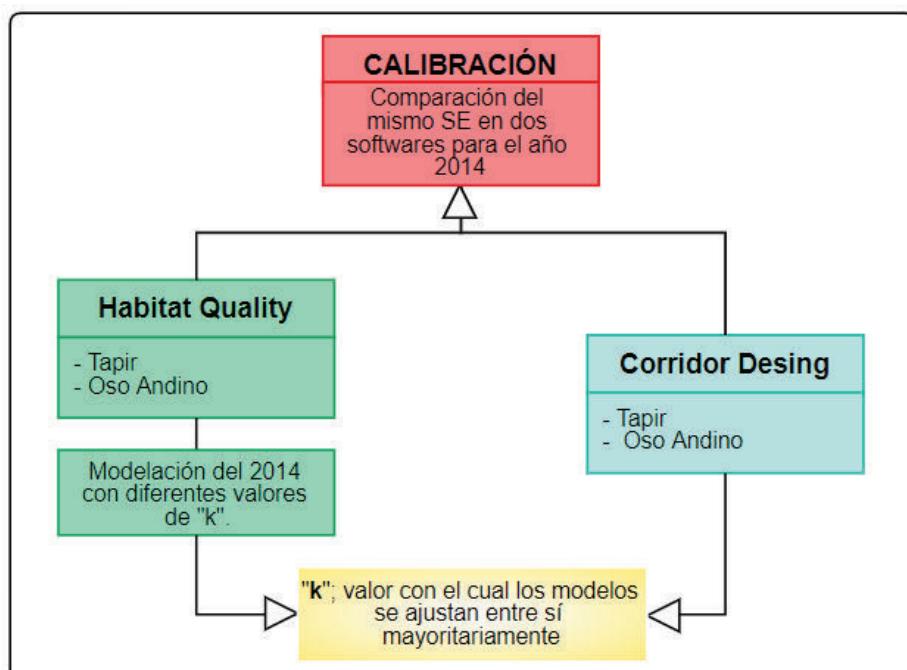
FIGURA 5.12 Insumos de la herramienta HSM1 del Corridor Desing



5.2.2.2.Comparación de modelos

Tal como se aprecia en la Figura 5.13, una vez modelada la Calidad del Hábitat para el 2014 en los dos softwares (Habitat Quality – InVEST (Sección 5.2.1.1) & HSM1 – Corridor Desing (Sección 5.2.2.1.1)), haciendo uso de las herramientas del ArcGIS, se realizó la comparación de los ráster generados por ambos, mediante una reclasificación que permitió igualar los rangos de los resultados arrojados y poder compararlos eventualmente; de esta manera haciendo uso de la herramienta “Reclassify” se establecieron 5 rangos divididos en intervalos iguales para cada modelo.

FIGURA 5.13 Proceso esquemático de Calibración del modelo Habitat Quality



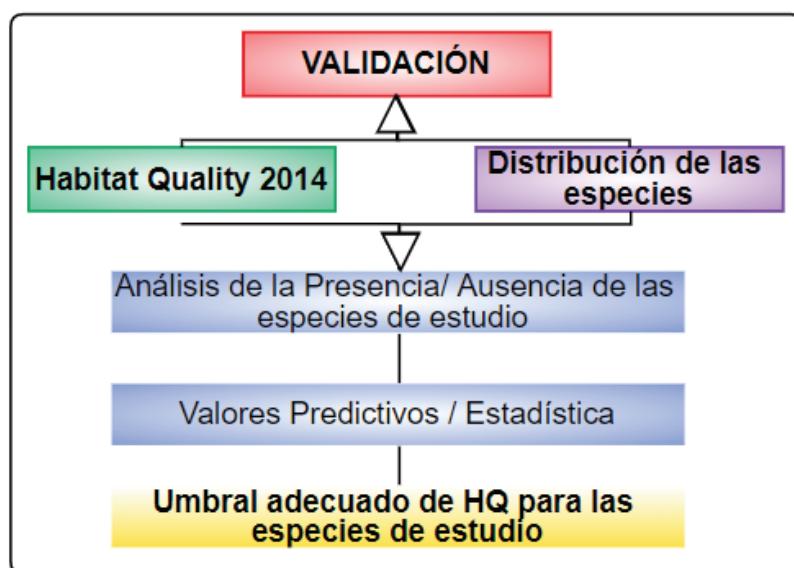
ELABORADO POR: Salomé Ríos

A continuación, se normalizó los datos exportándolos en el mismo formato y obteniendo sus respectivas estadísticas, para finalmente comparar los ráster con la herramienta “Equal to Frequency”, la cual permitió identificar las celdas individuales que poseían valores iguales a la de otros.

5.2.3. VALIDACIÓN

Para incrementar el rango de confiabilidad de los resultados se procedió a utilizar la metodología empleada por Bhagabati (2014) en su estudio “Ecosystem services reinforce Sumatran tiger conservation in land use plans”, la cual consiste en usar el mapa de distribución potencial de las especies estudiadas y establecer un umbral de calidad del hábitat a partir del cual se pueda encontrar su presencia o ausencia en la zona de estudio, mediante una prueba estadística de valores predictivos (Figura 5.14).

FIGURA 5.14 Proceso esquemático de Validación del Modelo Hábitat Quality

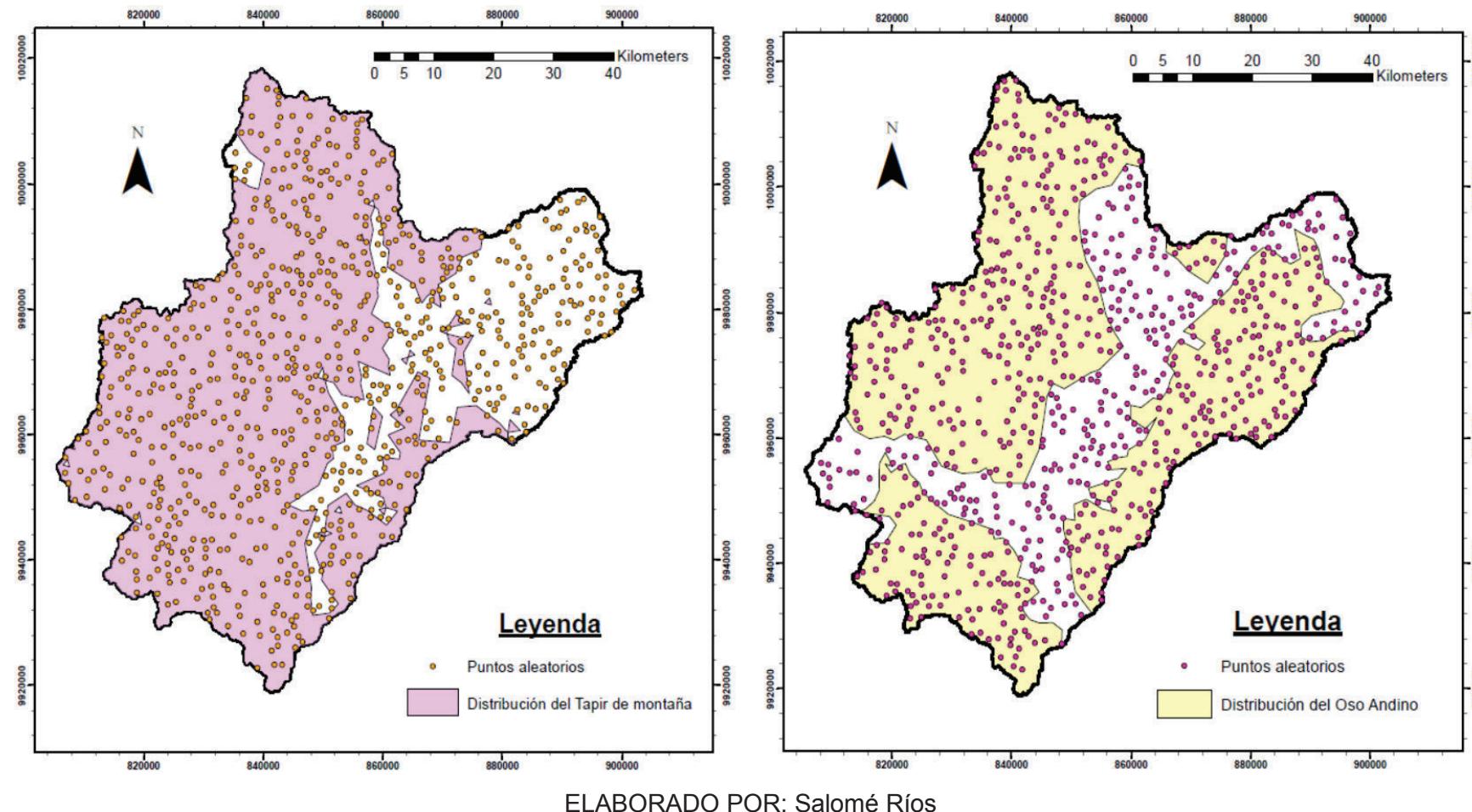


ELABORADO POR: Salomé Ríos

Los mapas de distribución de las especies paraguas se obtuvieron del portal de la UICN y la investigación realizada por Ortega-Andrade et al. (2015).

Una vez obtenidos los resultados del modelo Habitat Quality en el 2014, se creó una capa de puntos aleatorios (833) haciendo uso de la herramienta “Random Points” con una distancia mínima de 1 Km entre ellos para evitar la autocorrelación espacial (Figura 5.15), y estos puntos se utilizaron para determinar los valores de calidad de hábitat modelado por el InVEST y poder concluir si estaban en los parches de presencia de las especies estudiadas.

FIGURA 5.15 Puntos de muestreo aleatorio para determinar el umbral de presencia de las especies paraguas en la Calidad del Hábitat modelado



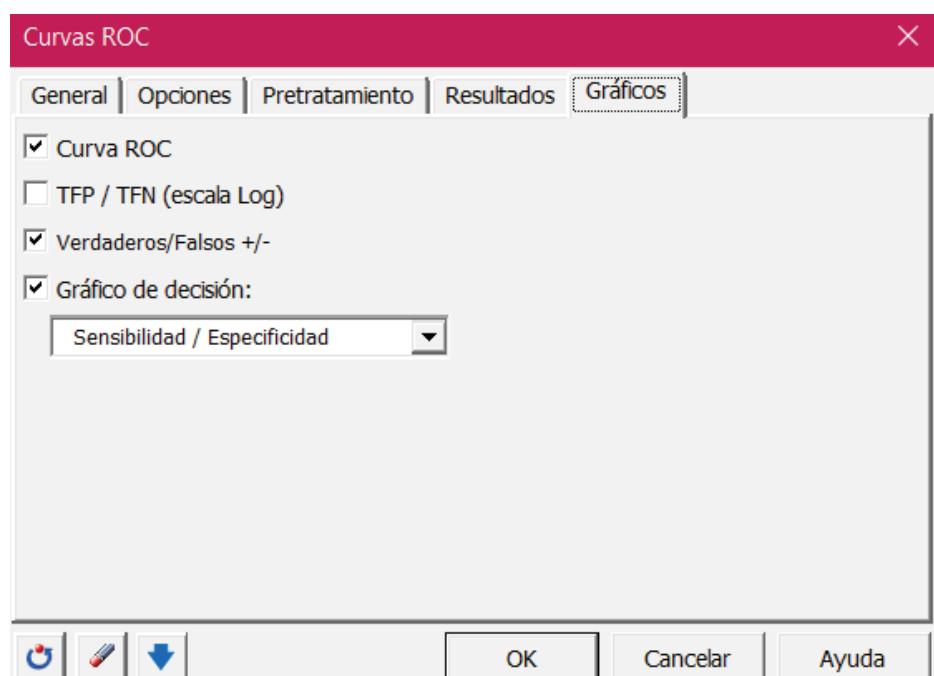
ELABORADO POR: Salomé Ríos

Se evaluó los valores de calidad del hábitat en intervalos de 0,2; mediante valores predictivos, que requieren datos sobre: a) la especificidad (fracción de puntos fuera del mapa de distribución de las especies paraguas que tenían un puntaje de calidad menor que el umbral de presencia/ausencia de las especies) y, b) la sensibilidad (fracción de puntos dentro del mapa de distribución de las especies paraguas que tenían un puntaje mayor o igual que el umbral de presencia/ausencia de las especies); obteniendo una curva conocida como ROC.

Se establecieron como valores verdaderos los otorgados por los mapas de distribución de las especies y como valores probables aquellos generados por el modelo de calidad del hábitat.

Al hacer uso del software XLSTAT 2018 (Figura 5.16), se logró analizar la información copilada en los 833 puntos generados aleatoriamente. En el Anexo N° 2: Insumos para el Análisis de Valores Predictivos, se encuentran los datos utilizados.

FIGURA 5.16 Interfaz de la herramienta Curvas ROC del software XLSTAT 2018



ELABORADO POR: Salomé Ríos

5.2.4. CALIDAD DEL HÁBITAT 2030

Una vez determinado el valor de “k” y la metodología para establecer los valores de las tablas de sensibilidad y amenazas para el 2014, se procedió a replicarla para los diferentes escenarios al 2030.

Los insumos utilizados para la modelación al 2030 se encuentran en el Anexo N° 3 y los archivos .txt generados automáticamente durante la corrida del modelo están en el Anexo N° 4.

De acuerdo a los requerimientos del software, para modelar escenarios futuros se debe crear tantos ráster como sean necesarios para las amenazas modeladas a futuro, así al final de cada trama para las capas consideradas como actuales (2014) se debe añadir una terminación “c”, mientras que para las amenazas futuras una terminación “f” (Sharp et al., 2015) (Figura 5.17).

FIGURA 5.17 Directorio de los archivos ráster de las amenazas para la modelación al 2030

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo
agri_c	13/06/2018 10:52	Carpeta de archivos
agri_f	07/06/2018 17:10	Carpeta de archivos
ch_c	13/06/2018 10:52	Carpeta de archivos
ch_f	07/06/2018 17:08	Carpeta de archivos
cp_c	13/06/2018 10:52	Carpeta de archivos
cp_f	07/06/2018 17:10	Carpeta de archivos
info	07/06/2018 17:10	Carpeta de archivos
lt_c	13/06/2018 10:52	Carpeta de archivos
lt_f	07/06/2018 17:07	Carpeta de archivos
pas_c	13/06/2018 10:52	Carpeta de archivos
pas_f	07/06/2018 17:09	Carpeta de archivos
vias_c	13/06/2018 10:52	Carpeta de archivos
vias_f	07/06/2018 17:05	Carpeta de archivos

5.2.4.1. Variación de la Calidad del Hábitat desde el 2014 hasta 2030

Para evaluar el cambio generado en la calidad del hábitat desde el 2014 hasta el 2030 en los diferentes escenarios se realizó una diferencia porcentual normalizada, haciendo uso de la ecuación 5.14:

$$\frac{\text{Calidad del hábitat promedio}_{2030} - \text{Calidad del hábitat promedio}_{2014}}{\text{Calidad del hábitat promedio}_{2014}} * 100 \quad (5.14)$$

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

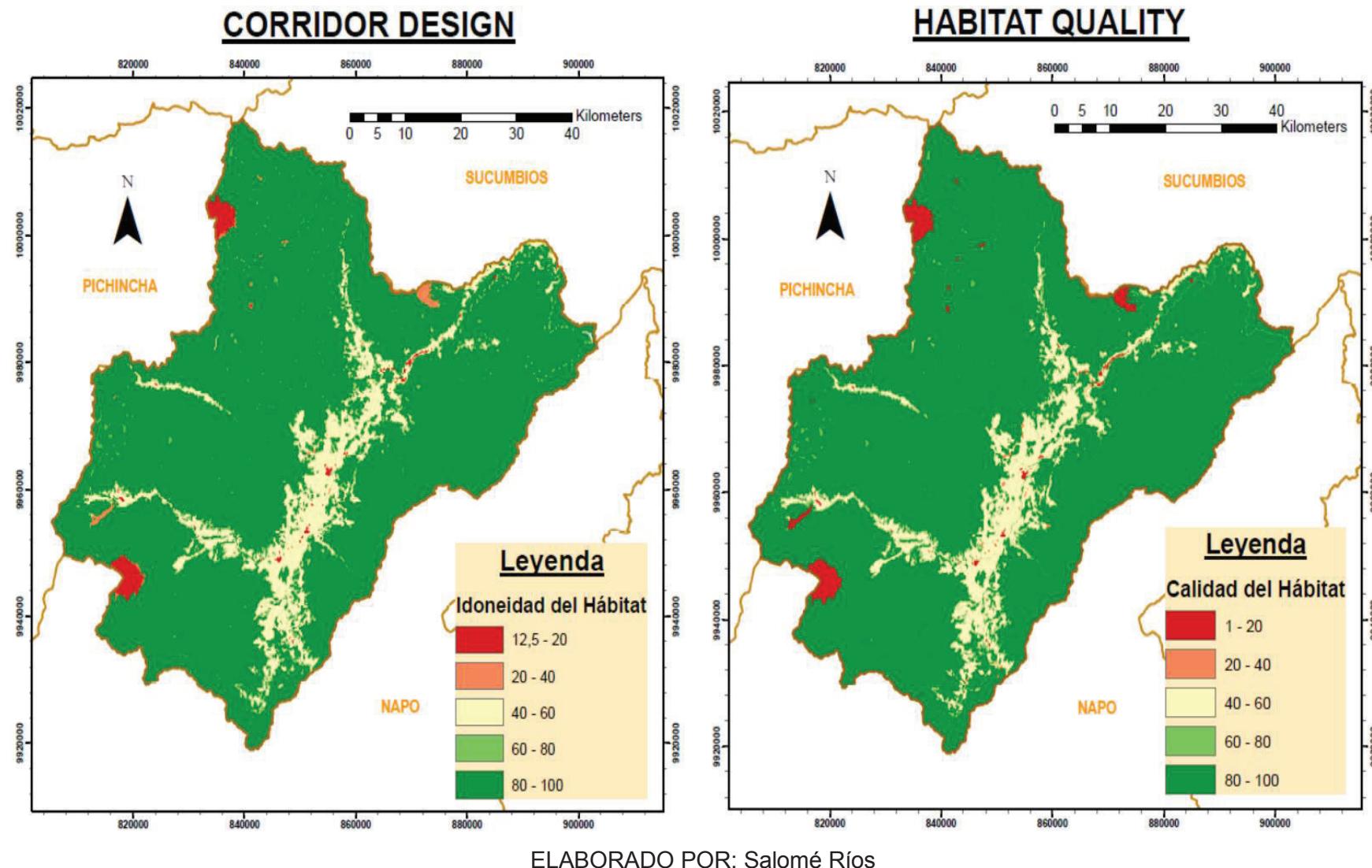
En las Figuras 6.1 y 6.2 se aprecian los productos que fueron obtenidos durante la modelación de la calidad del Hábitat para el 2014 con el Habitat Quality - InVEST y Corridor Design - ArcGIS, para ambas especies estudiadas.

Ambos softwares a pesar de evaluar el mismo SE, difieren en el enfoque que les dan a sus respectivos insumos, así para el Corridor Desing; es más importante la cobertura y uso de suelo, mientras que el Habitat Quality da más valor a las relaciones generadas por la interacción entre las diferentes amenazas y el entorno de las especies estudiadas, presentando una afectación mayor en las zonas cercanas a la Troncal Amazónica que el Corridor Design.

Como se aprecia en las Figuras 6.1 y 6.2, el hábitat del *Tapirus pinchaque* se ve parcialmente más afectado que el del *Tremarctos ornatus* para ambos softwares, debido a las características propias de cada especie. Así, el *Tremarctos ornatus* al tener un rango de elevación mayor y ser una especie oportunista capaz de acercarse a zonas degradadas presenta extensiones con mayor calidad del hábitat que el *Tapirus pinchaque*.

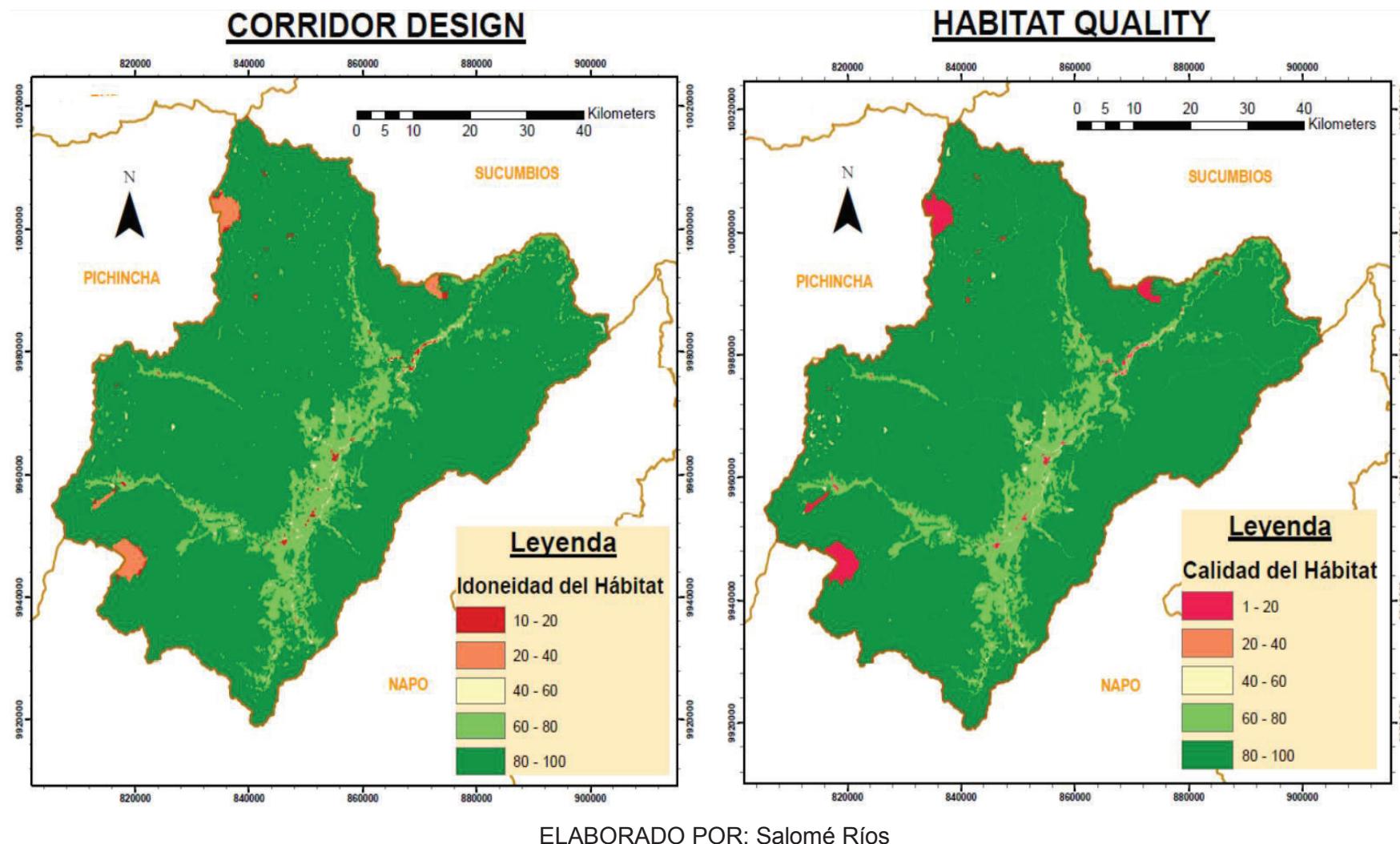
La información base requerida para ambos modelos fue complicada de refinar, en especial para el Habitat Quality debido al limitado acceso, ausencia de metodologías y falta de adquisición de datos en campo. A pesar de las limitaciones identificadas durante la modelación los resultados entre ambos modelos son congruentes, como era de esperarse al estudiar el mismo SE.

FIGURA 6.1 Calidad del Hábitat al 2014 para el *Tapirus pinchaque*



ELABORADO POR: Salomé Ríos

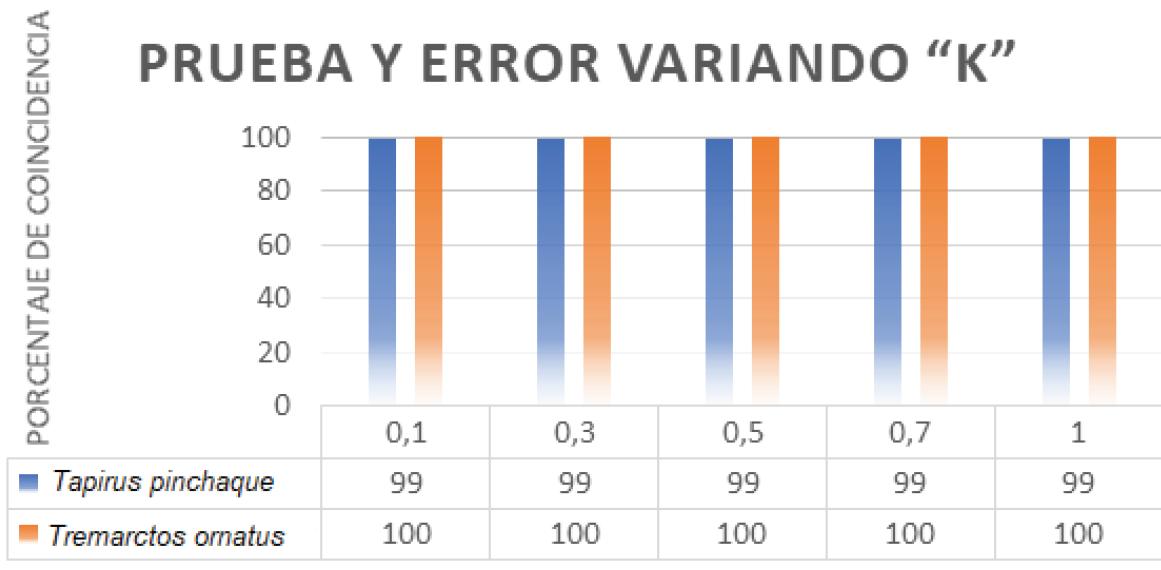
FIGURA 6.2 Calidad del Hábitat al 2014 para el *Tremarctos ornatus*



ELABORADO POR: Salomé Ríos

Así, en el modelo Habitat Quality al utilizar la constante media de saturación preestablecida “k” (0,5) y comparar ambos softwares, se obtuvo una coincidencia del 98,94% y 97,80% para el hábitat viable del tapir de montaña y el oso de anteojos respectivamente. Al variar el valor de “k”, la coincidencia permaneció constante para las especies estudiadas (Figura 6.3).

FIGURA 6.3 Variación de “k” en el modelo Habitat Quality

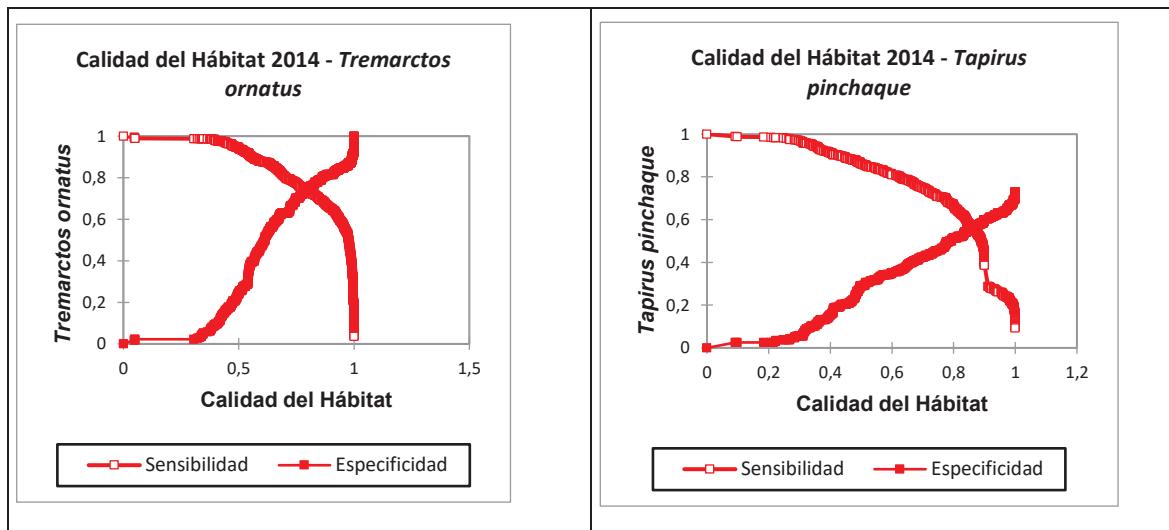


ELABORADO POR: Salomé Ríos

De acuerdo con lo postulado por los desarrolladores del NatCap (Sharp et al., 2015), se adaptó el valor de “k” sugerido (0,5) para ambas especies permaneciendo constante a lo largo de la modelación en los escenarios futuros, tal como sugiere la teoría.

6.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE VALIDACIÓN

El software estadístico para Excel “XLSTAT 2018”, permitió obtener las curvas ROC presentadas en la Figura 6.4, correspondientes a los valores de sensibilidad y especificidad versus los de la calidad del hábitat.

FIGURA 6.4 Curvas ROC

ELABORADO POR: Salomé Ríos

Además, durante el análisis se determinó el valor de la prevalencia de período (proporción de puntos del total que se están analizando y se encuentran en el área de distribución real de las especies), por lo que se acepta como el umbral adecuado para fijar la presencia o ausencia de las especies de acuerdo con los valores de la calidad del hábitat modelados.

TABLA 6.1 Umbral mínimo de la Calidad del Hábitat

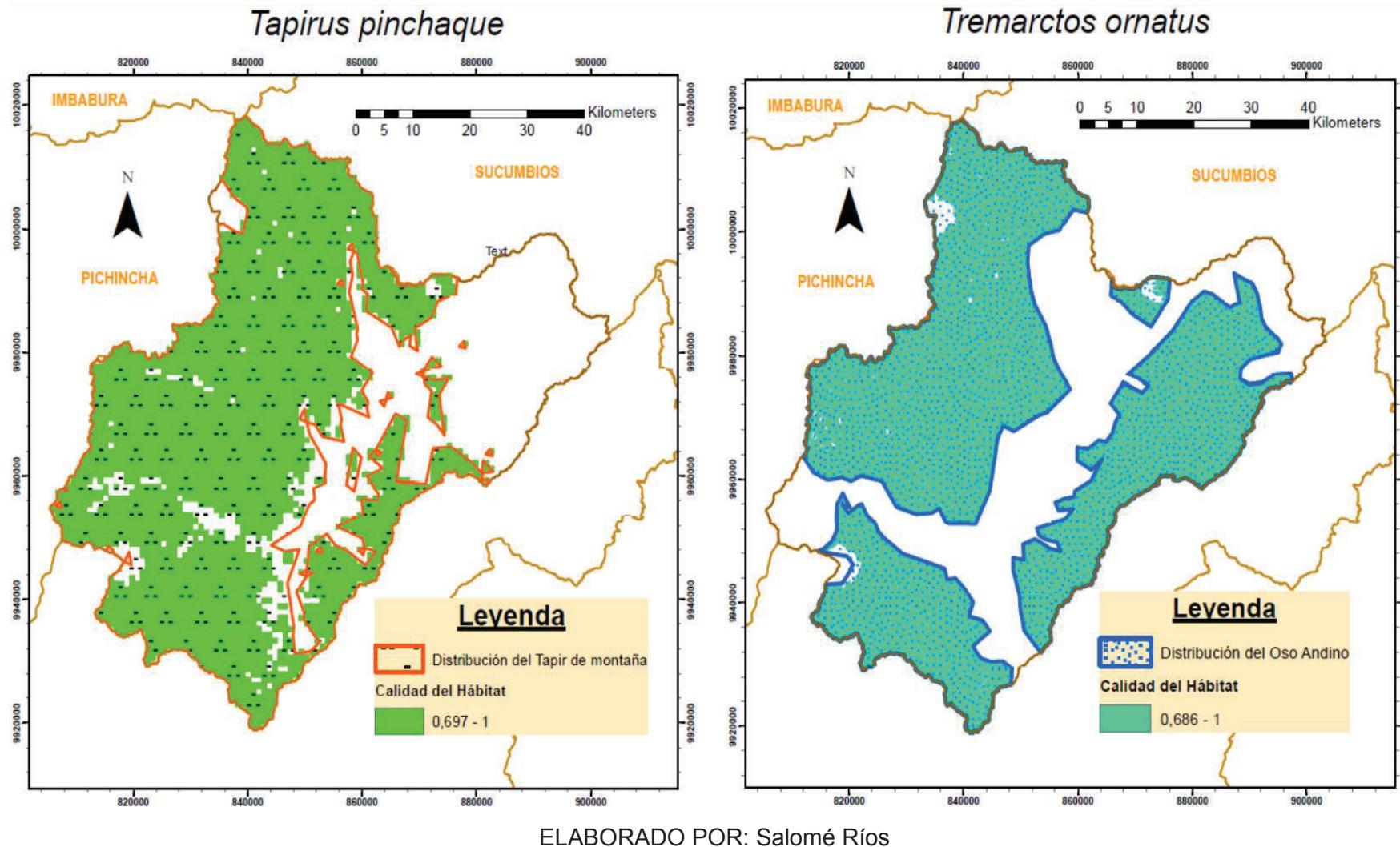
<i>Tremarctos ornatus</i>		<i>Tapirus pinchaque</i>	
+	Frecuencia %	-	Frecuencia %
+	572 69%	+	581 70%
-	261 31%	-	252 30%
Prevalencia	0,687 69%	Prevalencia	0,697 70%

ELABORADO POR: Salomé Ríos

De acuerdo con los valores de la Tabla 6.1 se designó 0,69 y 0,7 como el umbral mínimo de calidad del hábitat, este valor discrimina confiablemente áreas de presencia/ausencia de las especies estudiadas y el resto de la cuenca.

La Figura 6.5 muestra la distribución del tapir de montaña y oso andino modelada en 2014 (puntuación de calidad del hábitat \geq el valor de prevalencia para cada especie encontrada) superpuesta con la distribución espacial registrada para estas especies (Ortega-Andrade et al., 2015; UICN, 2017).

FIGURA 6.5: Superposición de la distribución espacial de las especies paraguas y el umbral de calidad del hábitat predeterminado



Haciendo uso de la herramienta “Equal to Frecuency” se estableció un porcentaje de coincidencia del 98% y 92%, para el oso andino y el tapir de montaña respectivamente.

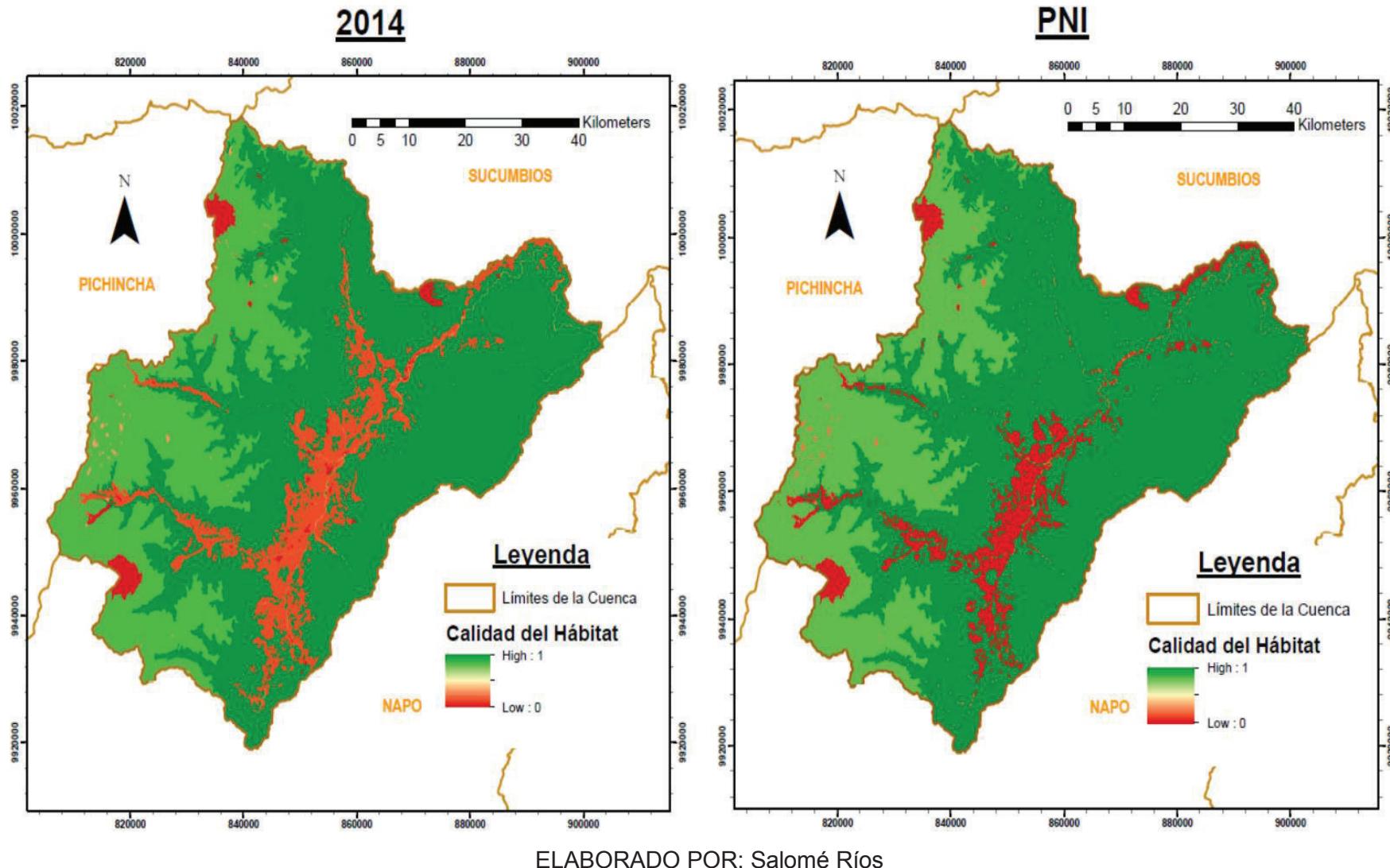
6.3. ANÁLISIS DE CAMBIOS EN LOS ESCENARIOS MODELADOS AL 2030

La modelación al 2030 generó los resultados que se muestran en las Figuras 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, 6.10 y 6.11 para ambas especies, en el Anexo 4: Simulaciones del Modelo: Habitat Quality (InVEST) se encuentran las corridas de la modelación para cada escenario.

Como se observa a continuación, en el escenario de PNI la calidad del hábitat menor se presenta con una tonalidad más roja en el área de influencia de la Troncal Amazónica, esto se debe a que, al limitarse la expansión de las actividades antrópicas alrededor, se concentran más en las zonas ya deterioradas y el valor del SE disminuye notablemente en comparación al 2014, y aumenta en las zonas utilizadas para reforestación.

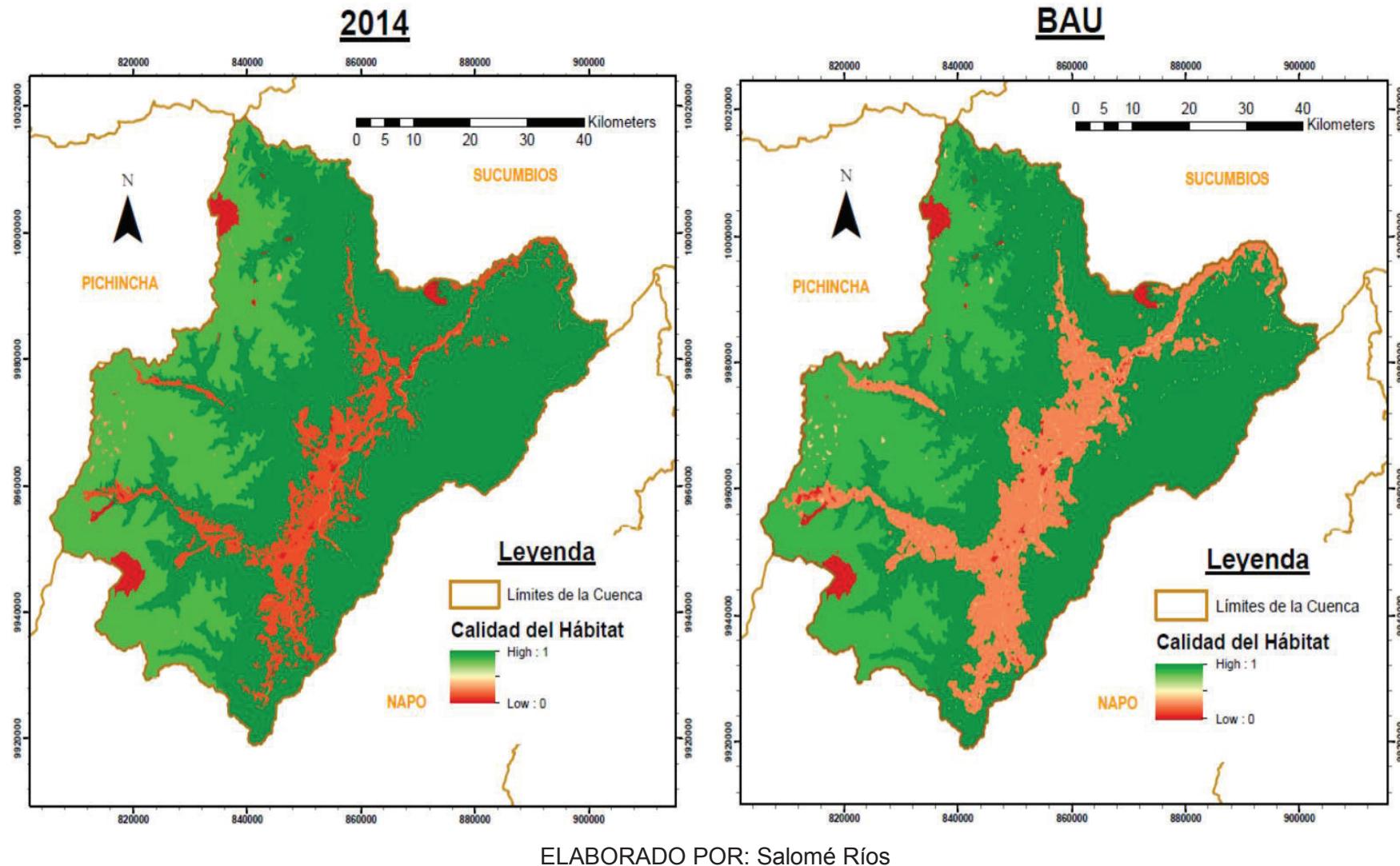
De manera gradual, en los escenarios BAU y de DEG se extiende la afectación por actividades antropogénicas realizadas en la cuenca, pero la calidad del hábitat no baja drásticamente en las zonas intervenidas, debido a que se expanden y no solo se concentran en un área específica.

FIGURA 6.6 Calidad del Hábitat 2030 para el *Tapirus pinchaque* – Escenario Programa Nacional de Incentivos



ELABORADO POR: Salomé Ríos

FIGURA 6.7 Calidad del Hábitat 2030 para el *Tapirus pinchaque* – Escenario de Tendencia Actual (BAU)



ELABORADO POR: Salomé Ríos

FIGURA 6.8 Calidad del Hábitat 2030 para el *Tapirus pinchaque* – Escenario de Degradación

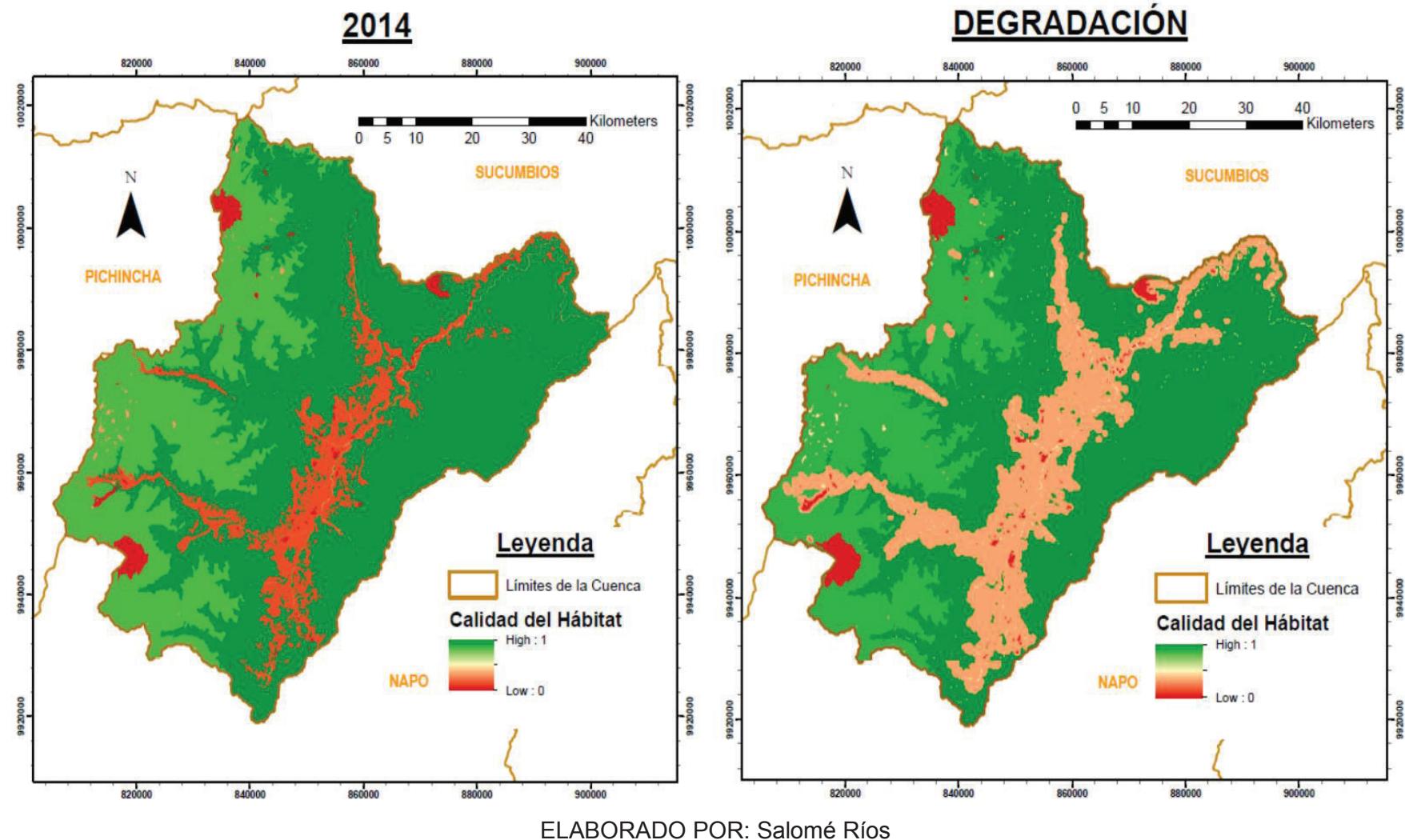


FIGURA 6.9 Calidad del Hábitat 2030 para el *Tremarctos ornatus* – Escenario Programa Nacional de Incentivos

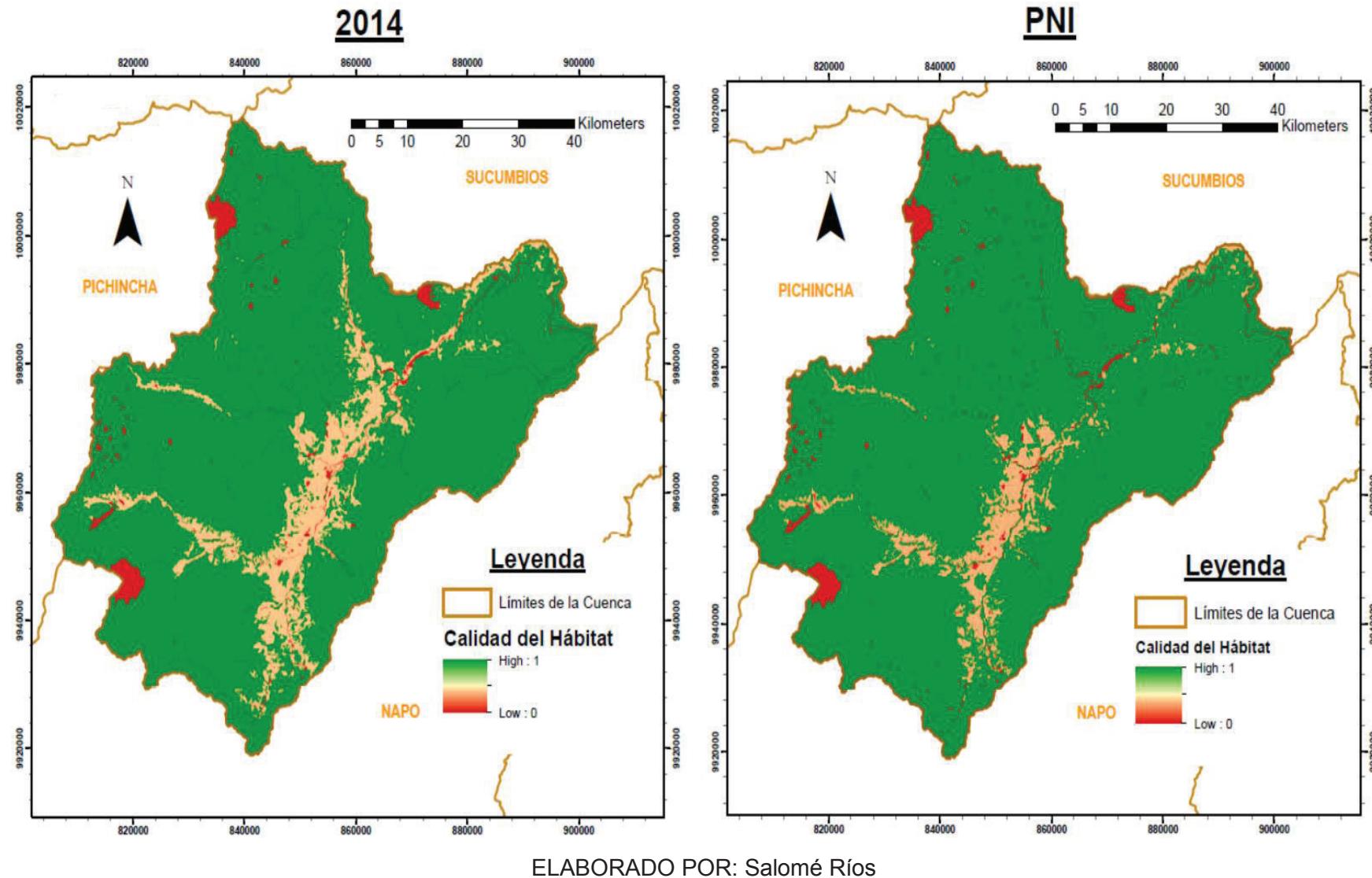


FIGURA 6.10 Calidad del Hábitat 2030 para el *Tremarctos ornatus* – Escenario de Tendencia Actual (BAU)

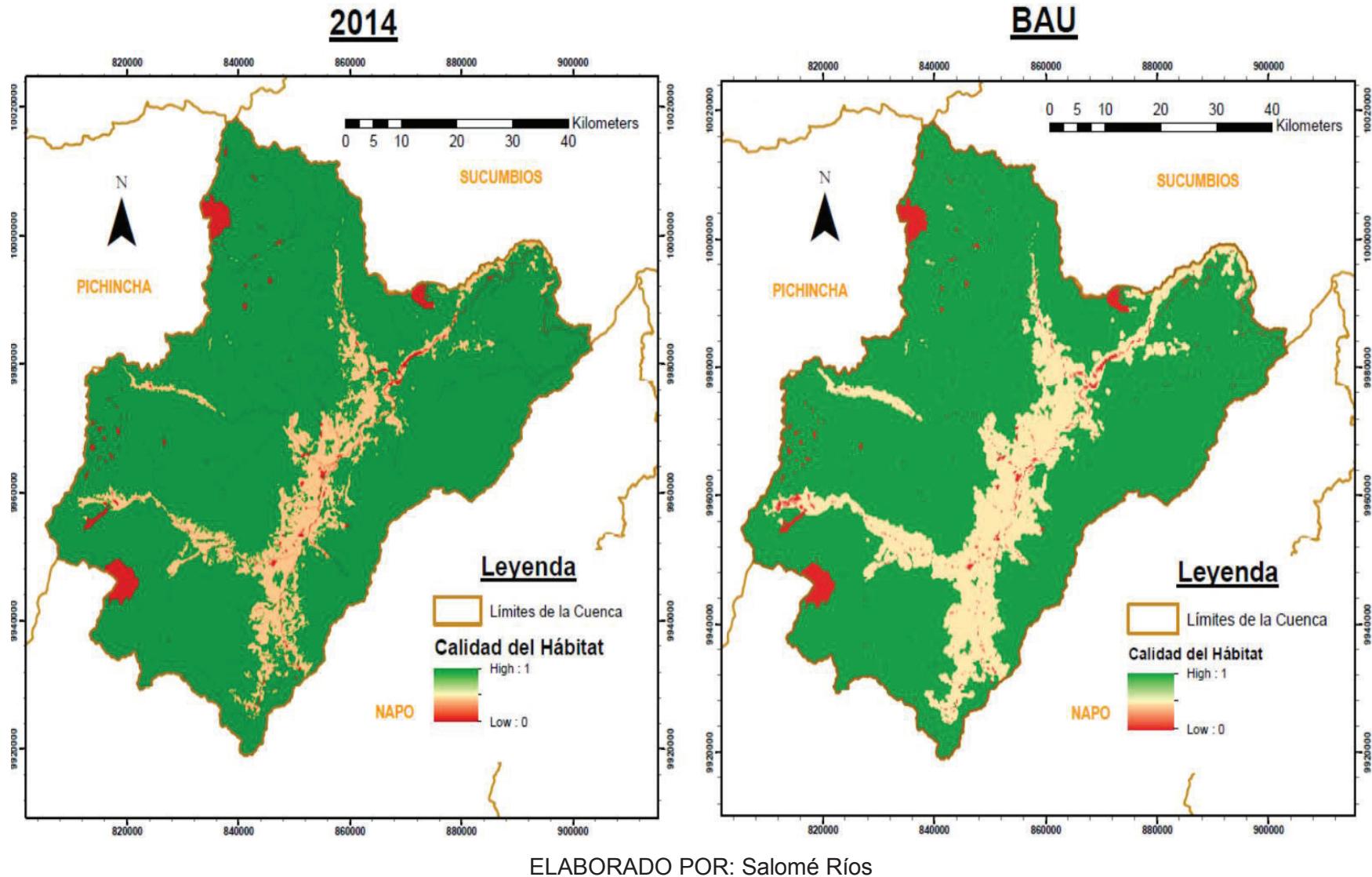
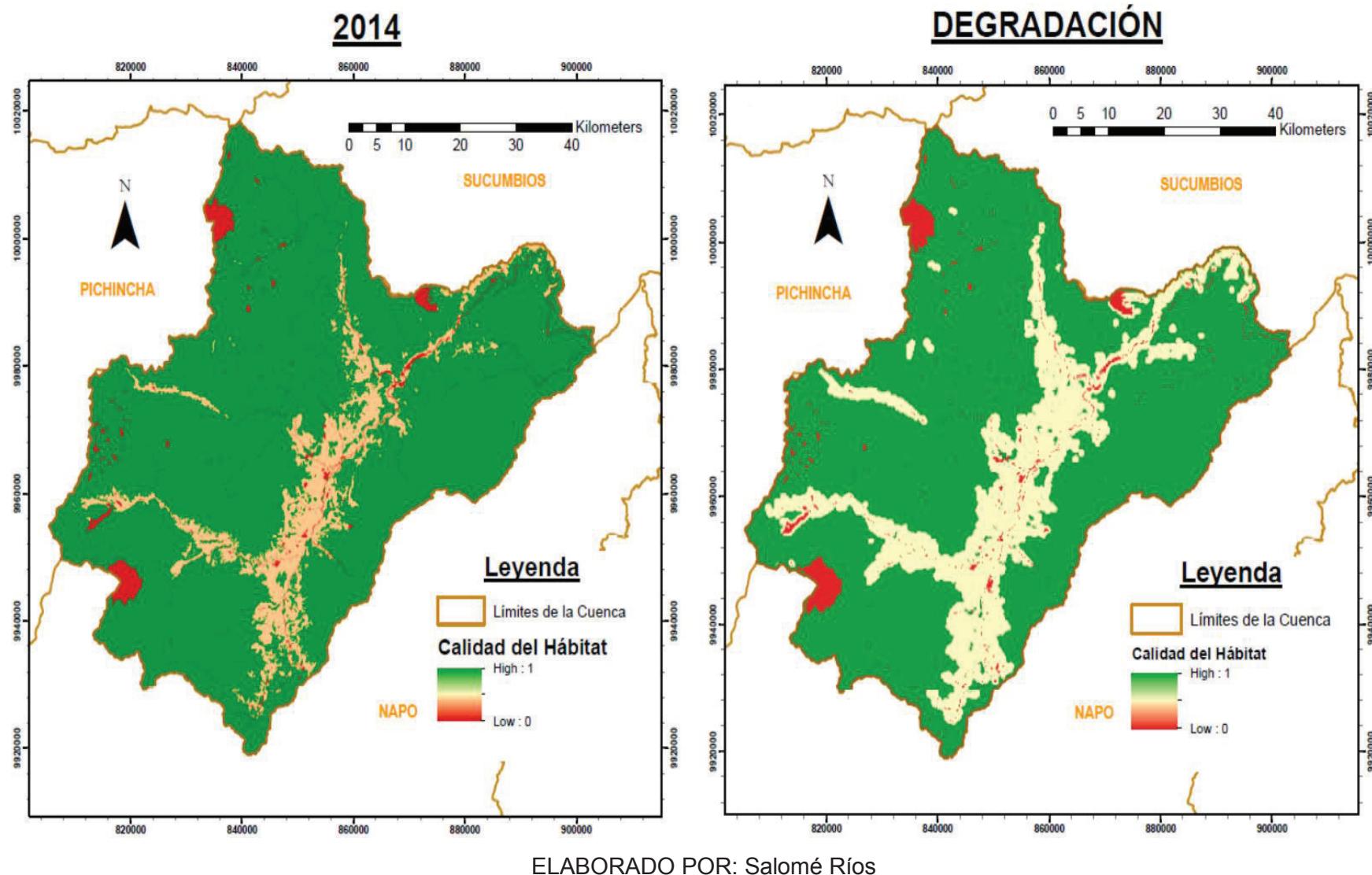


FIGURA 6.11 Calidad del Hábitat 2030 para el *Tremarctos ornatus* – Escenario de Degradación



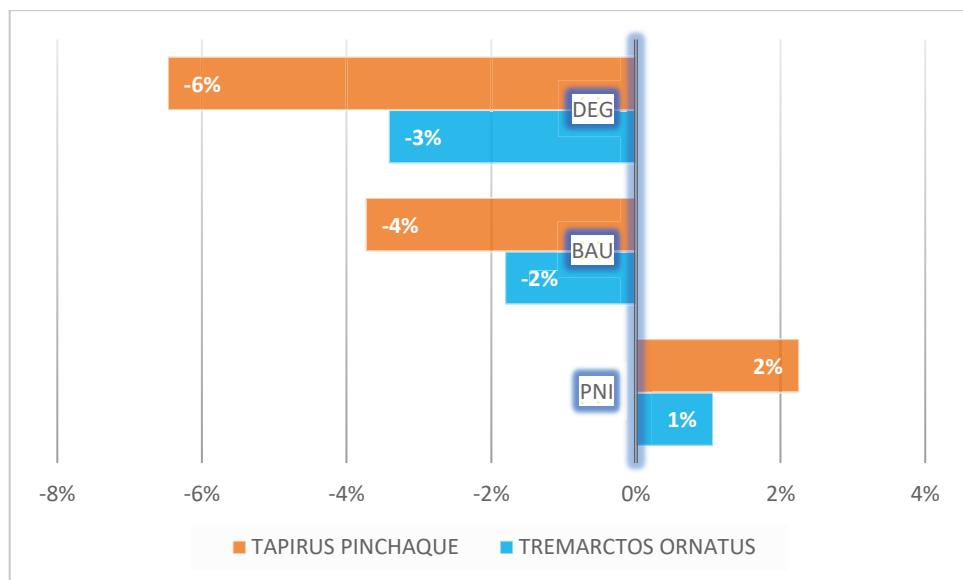
ELABORADO POR: Salomé Ríos

Se realizó una serie de análisis que permiten estudiar el SE de la Calidad del Hábitat a nivel de: a) la cuenca, b) uso y cobertura del suelo, y c) hábitat dentro y fuera de la distribución espacial de las especies analizadas en cada escenario, con el objetivo de poder evaluar el cambio generado en cada escenario con respecto al 2014.

6.3.1. ANÁLISIS DEL CAMBIO EN LA CALIDAD DEL HÁBITAT A NIVEL DE CUENCA

Haciendo uso de la información proporcionada por la herramienta “Zonal statistics as table”, se obtuvo los resultados expuestos en la Figura 6.12:

FIGURA 6.12 Diferencia Porcentual Normalizada analizada entre el 2014 y los escenarios al 2030



ELABORADO POR: Salomé Ríos

Los porcentajes mostrados corresponden a la diferencia porcentual normalizada analizada entre el 2014 y el 2030 para cada escenario propuesto, se puede observar una disminución en la calidad del hábitat para los escenarios de degradación (DEG) y tendencia actual (BAU) de forma general; sin embargo, para el escenario del Programa Nacional de Incentivos (PNI) existe un reducido aumento

en este SE debido a la incorporación de áreas de bosque reforestado, además de impulsar la conservación de los bosques existentes a través de incentivos.

La figura 6.12 también muestra una relación 2:1 de cambio entre la calidad del Hábitat para el *Tapirus pinchaque* y el *Tremarctos ornatus* en los tres escenarios, como se explicó anteriormente la variación radica en las características de cada especie.

6.3.2. CAMBIOS EN LA CALIDAD DEL HÁBITAT POR CADA USO Y COBERTURA DE SUELO

La herramienta “Zonal statistics as table”, permitió obtener la Tabla 6.2., la cual expone los valores promedios del SE de calidad del hábitat generados para cada uso de suelo analizado por cada escenario modelado, siendo los más cercanos a 1 aquellos que presentan condiciones aptas para el desarrollo de las especies analizadas.

TABLA 6.2 Calidad del Hábitat promedio vs LULC

LULC	CÁLIDAD DEL HÁBITAT PROMEDIO							
	<i>Tremarctos ornatus</i>				<i>Tapirus pinchaque</i>			
	2014	PNI	BAU	DEG	2014	PNI	BAU	DEG
ÁREA POBLADA	0,00	0,19	0,20	0,16	0,16	0,14	0,13	0,11
ÁREA SIN COBERTURA VEGETAL	0,30	0,16	0,15	0,09	0,24	0,24	0,22	0,16
BOSQUE NATIVO	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99
CUERPO DE AGUA	1,00	0,78	0,71	0,69	0,81	0,81	0,66	0,66
CULTIVO	0,50	0,58	0,54	0,56	0,40	0,40	0,35	0,35
GLACIAR	0,00	0,06	0,06	0,05	0,01	0,01	0,01	0,00
PÁRAMO	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	0,90	0,90	0,90
PASTIZAL	0,70	0,68	0,65	0,65	0,62	0,56	0,51	0,51
BOSQUE REFORESTADO	-	0,97	-	-	-	0,95	-	-

ELABORADO POR: Salomé Ríos

Para poder interpretar la influencia de estos valores en el ambiente utilizado por el *Tapirus pinchaque* y el *Tremarctos ornatus* al 2030, se hizo uso de información bibliográfica y el umbral determinado durante el proceso de validación, para establecer rangos de aptitud de hábitat en ambas especies, estos valores se muestran en la Tabla 6.3 (Alonso et al., 2014; Parra, 2018):

TABLA 6.3 Rangos de Calidad del Hábitat asociado a las especies analizadas

<i>Tremarctos ornatus</i>		<i>Tapirus pinchaque</i>	
Hábitat	Rango	Hábitat	Rango
No Apto	0 – 0,25	No Apto	0 – 0,3
Moderado	0,25 – 0,69	Moderado	0,3 – 0,7
Adecuado	0,69 - 1	Adecuado	0,7 - 1

ELABORADO POR: Salomé Ríos

Los rangos: a) No apto, son fuertemente evitados por las especies debido a que no podrían desarrollarse en esa zona; b) Moderado: son utilizados por las especies como ruta de paso, para defecar o huir y c) Adecuado: encuentran facilidad de desplazamiento y recursos necesarios para poder alimentarse y reproducirse.

Las coberturas que presentan un hábitat adecuado para ambas especies en los tres escenarios son el bosque nativo y el páramo. Cabe recalcar que el valor de este SE, no varía mayoritariamente en estas coberturas debido a que se encuentran en el SNAP y el modelo asume que la protección es eficiente.

Los usos de suelo correspondientes a: a) áreas pobladas, b) sin cobertura vegetal y c) glaciar, presentan los valores más bajos de calidad del hábitat debido a que son zonas alteradas o poseen bajas temperaturas que limitan el desenvolvimiento de ambas especies.

En los tres escenarios, los cuerpos de agua son entornos adecuados para el *Tremarctos ornatus*, sin embargo, solo el escenario de PNI es idóneo para el *Tapirus pinchaque*, debido a que en los escenarios de BAU y DEG el valor de la calidad del hábitat disminuye, esto puede ser debido a que esta especie es sensible al

desarrollo de actividades antropogénicas como las hidroeléctricas, lo cual limita su presencia bajo esos dos escenarios.

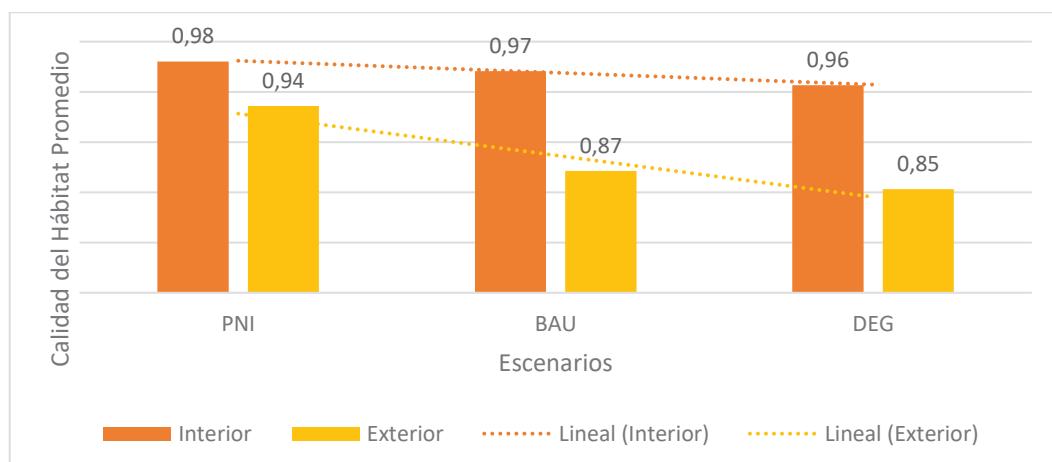
Los cultivos y pastizales presentan hábitats moderados para ambas especies, a pesar de esto en el caso del *Tremarctos ornatus*, sus valores son más altos que para el *Tapirus pinchaque*; la razón se debe a que estas coberturas se encuentran en los alrededores de los bosques, lo cual aumenta la interacción entre esta especie y los sistemas productivos.

En el caso específico del escenario PNI, la adición de la cobertura Bosque reforestado como medida de conservación, aporta de forma positiva a la Calidad del Hábitat viabilizando el desarrollo de ambas especies en las zonas restauradas.

6.3.3. COMPARACIÓN DE LA CALIDAD DEL HÁBITAT EN LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS ESPECIES ANALIZADAS

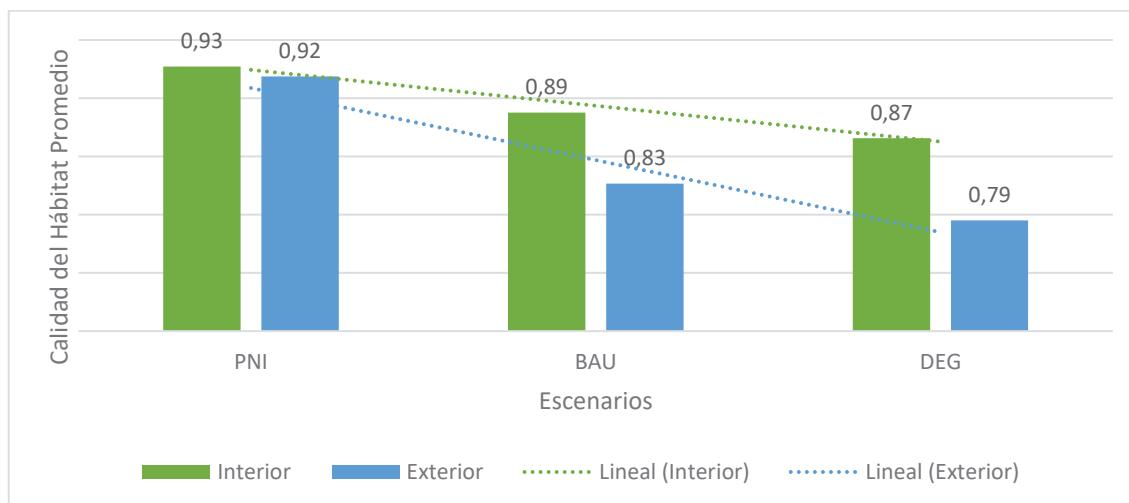
Haciendo uso de la herramienta “Zonal statistics as table” del programa ArcGis, se pudo calcular la calidad del Hábitat promedio para los diferentes escenarios, dentro y fuera del área de distribución utilizada por el *Tremarctos ornatus* y el *Tapirus pinchaque* (Figuras 6.13 y 6.14).

FIGURA 6.13 Variación de la calidad del hábitat al 2030 en la distribución espacial del *Tremarctos ornatus*



ELABORADO POR: Salomé Ríos

FIGURA 6.14 Variación de la calidad del hábitat al 2030 en la distribución espacial del *Tapirus pinchaque*



ELABORADO POR: Salomé Ríos

Como se observa para el *Tremarctos ornatus* y el *Tapirus pinchaque* en los tres escenarios, la calidad del Hábitat es mayor en el interior del área de distribución de las especies con respecto al exterior de ellas, lo cual indica que el área utilizada por ambas especies mantiene un valor adecuado para su normal desarrollo.

El oso de anteojos presenta una menor disminución en los valores de calidad del Hábitat con respecto al tapir de montaña, debido a que es menos sensible a cambios en la cobertura del suelo.

También, en términos de escenarios el DEG es el que posee mayor disminución (principalmente en el exterior) en los valores de calidad del Hábitat, debido a la ampliación de actividades antropogénicas en la zona, lo cual podría ocasionar la disminución de este SE.

En el escenario de tendencia actual (BAU), ambas especies presentan una disminución marcada de la calidad del hábitat en el exterior del área de distribución analizada, por mantener la tendencia histórica de pérdida de cobertura vegetal nativa, pese a mantener intacta las 24.897 ha registradas en el PSB (PNUMA & EPN, 2018).

El escenario PNI por su parte tiene los valores más altos de calidad del Hábitat registrados para ambas especies en los tres escenarios, a causa del aumento de incentivos de conservación y restauración.

6.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El estudio del SE de la calidad del hábitat permite tener una visión amplia acerca del valor intrínseco que posee la cuenca alta y media del río Coca.

Tal como lo demuestran los análisis realizados, la calidad del hábitat es alta en zonas que presentan coberturas nativas como el páramo y bosque, así el 87% de la superficie en la cuenca posee un valor cercano o igual a 1 en los tres escenarios. Estos resultados respaldan la conservación de estas áreas, las cuales estimulan y permiten el desarrollo apropiado de vida silvestre, como es el caso del tapir de montaña y el oso andino, los cuales al poseer características únicas permiten asegurar las relaciones ecosistémicas existentes en el paisaje analizado, cabe recalcar que el 76% de la cuenca se encuentra dentro de los límites de la SNAP, lo cual ha favorecido la preservación de estas coberturas.

Sin embargo, como se evidencia en el análisis del escenario del PNI, al incorporarse áreas reforestadas se limita la degradación y se aporta de manera beneficiosa a la expansión de áreas naturales, las cuales pueden contribuir a la economía del país permitiendo albergar y desarrollar más SE en el tiempo, al expandir las áreas nativas.

Bajo este contexto, los escenarios de BAU y DEG, limitan el desarrollo de poblaciones, hábitats y ecosistemas que favorezcan al SE de la calidad del hábitat, el cual es de amplio interés al promover la identificación de áreas que permitan alinear la biodiversidad con otros SE de provisión o regulación.

6.5. POSIBLES ACCIONES A CONSIDERAR

De lo anteriormente expuesto, las áreas que priman en materia de conservación tanto para la preservación a largo plazo del *Tremarctos ornatus* y el *Tapirus pinchaque* son el bosque nativo y el páramo.

Con la finalidad de preservar la biodiversidad que caracteriza a la zona de estudio, se propone tomar en cuenta para el posible uso de suelo:

- Incorporar corredores ecológicos que permitan reconectar fragmentos de vegetación nativa en áreas protegidas o remanentes fuera de las mismas, tomando en cuenta zonas ribereñas que permitan efectivizar dicha conectividad.
- Convertir áreas afectadas por actividades humanas a bosque reforestado (de acuerdo con el escenario PNI), aumentando la productividad y contribuyendo como zonas de amortiguamiento a los efectos de las amenazas aledañas; permitiendo la circulación de las especies de una forma más “segura”.
- Salvaguardar las zonas de amortiguamiento especialmente del Bosque Protector La Cascada y del Parque Nacional Cayambe Coca, para poder limitar la invasión y con ello la afectación a la biodiversidad endémica existente en la cuenca.
- Limitar la expansión de red vial existe, debido a que está amenaza es determinante para la propagación de diferentes procesos de colonización que vienen acompañados por la expansión de la frontera agrícola-ganadera; además de facilitar el ingreso a madereros permitiendo la proliferación de la tala selectiva de especies de alto valor comercial (Eco-ciencia & USAID, 2013).
- Es importante capacitar a los pobladores locales con técnicas de agricultura y ganadería sostenible, que permitan aumentar la resiliencia de los ecosistemas diversificando los sistemas productivos.

Así, el trabajo conjunto de las diferentes entidades pertinentes (MAE, SENAGUA, MAGAP, GAD's, entre otros) con la comunidad, orientaría el desarrollo socioeconómico en la zona con las respectivas consideraciones ambientales; para

limitar la degradación del SE de Calidad del Hábitat fomentando un beneficio mutuo entre la biodiversidad presente y los intereses humanos.

6.6. LIMITACIONES

La información acerca del comportamiento de las especies analizadas frente a la presencia de amenazas antropogénicas fue limitada por la falta de un monitoreo biológico, el cual a través de cámaras trampas o collares de detección satelital, habrían permitido obtener de forma más asertiva las predicciones de la calidad del hábitat dentro de la cuenca, por lo que fue imposible dar un mayor detalle de los ecosistemas y formaciones vegetales presentes en la misma.

El modelo Habitat Quality no requiere demasiados datos iniciales y son fáciles de conseguir cuando se tiene una opinión afianzada de expertos en el tema; caso contrario la producción de esos datos resulta complicada.

Así, el difícil acceso a datos de otros estudios que permitieran llenar los vacíos existentes en los insumos iniciales, la difícil disposición de la información base, la ausencia de metodologías que ratifiquen la calibración y validación del modelo Habitat Quality, aplazaron los resultados obtenidos.

Se excluyó del análisis las amenazas como: minería, hidrocarburos y turismo debido a la falta de accesibilidad a información base; y las amenazas de origen natural ya que no es el enfoque del estudio, pero que serían de interés en futuras investigaciones.

Cabe recalcar que las amenazas estudiadas son relativamente fáciles de mapear en sistemas de información geográfica, razón por la cual no se considera la afectación ocasionada por especies de fauna introducidas o perros ferales (crías de perros abandonados que nacen en estado silvestre y presentan un comportamiento salvaje) en esta investigación.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- El uso de especies reconocidas como buenos indicadores de la calidad del hábitat permitieron evaluar el modelo Habitat Quality - InVEST. Las especies usadas para el análisis fueron el Oso de Anteojos (*Tremarctos ornatus*) y el Tapir de montaña (*Tapirus pinchaque*), debido a sus características e información disponible que permitieron precisar los requerimientos del software.
- Durante la calibración se alcanzó una coincidencia del 99,80% (*Tremarctos ornatus*) y 98,94% (*Tapirus pinchaque*) entre los resultados del InVEST y el Corridor Design, identificando 0,5 como el valor de la constante media de saturación.
- El proceso de validación utilizó información geográfica del área potencial de distribución de las especies analizadas, permitiendo identificar un umbral de la presencia/ausencia (*Tremarctos ornatus* = 0,686 y *Tapirus pinchaque* = 0,697) en concordancia con los valores de calidad del Hábitat, logrando una coincidencia del 98% (*Tremarctos ornatus*) y 92% (*Tapirus pinchaque*).
- Utilizando la información del 2014 como base para el estudio, se modeló la calidad del Hábitat para tres escenarios al 2030. Los resultados muestran una disminución en el valor promedio de este SE para los escenarios de Degradación (DEG) y Tendencia Actual (BAU), y un aumento en el escenario del Programa Nacional de Incentivos (PNI).
- Para ambas especies la calidad del Hábitat se ve beneficiada al reforestar bosque en el escenario del PNI, debido a la disminución de presión en su ambiente. Además, se concluye que el tapir de montaña es una especie más sensible a cambios en su hábitat en una relación 2:1 que el oso de anteojos.

- En los escenarios BAU y DEG, para el tapir de montaña la calidad del hábitat disminuye en los ríos, debido a la perceptibilidad que tiene a afectaciones antrópicas como centrales hidroeléctricas.
- En los tres escenarios la calidad del hábitat es mayor en las coberturas de bosque nativo y páramo, debido a la diversidad de recursos naturales existentes, sin embargo, el desarrollo de diferentes actividades de origen antropogénico ha propiciado la fragmentación de estos entornos, ocasionando la alteración de diferentes factores bióticos y abióticos, en el área de influencia de la Troncal Amazónica.
- En el caso del glaciar a pesar de ser un entorno natural no posee una temperatura adecuada para el desarrollo de las especies por lo cual el valor de la calidad del hábitat es bajo.
- Programas enfocados en limitar la intervención antropogénica abren nuevas vías para la conservación de especies endémicas y herramientas como InVEST permiten considerar la provisión de SE en zonas específicas como la cuenca alta y media del río Coca, poniendo las pautas para la viabilidad de la implementación de proyectos de conservación que fomenten la equidad económica y social.

7.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un estudio en campo, que permita obtener información acerca de las especies analizadas y su comportamiento frente a variaciones en su entorno.
- Se sugiere modelar la información de la distribución espacial de las especies estudiadas, con la finalidad de refinar y discretizar los datos a usarse para la modelación.
- Se aconseja incluir una clasificación más detallada de los ecosistemas y formaciones vegetales en la zona de estudio, de esta manera los resultados evidenciarían la presión que tienen estas coberturas.
- Con respecto a la biodiversidad de la zona de estudio se recomienda usar diferentes especies de flora y fauna endémicas para tener una apreciación más apagada a la realidad, además de incorporar todas las amenazas antropogénicas para futuros análisis obteniendo resultados más asertivos.
- Se propone realizar un análisis espaciotemporal de la calidad del hábitat en la cuenca alta y media del río Coca, para poder apreciar las afectaciones a este SE durante los principales auges históricos del Ecuador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achig, L., & Tapia, A. (2013). Recomendaciones al Plan de Acción de la Estrategia Nacional para la Conservación de los Tapires en el Ecuador, con énfasis en el tapir andino (*Tapirus pinchaque*). Quito: EcoCiencia/TSG/FZE. Disponible en <http://ecociencia.org/recomendaciones-al-plan-de-accion-de-la-estrategia-nacional-para-la-conservacion-de-los-tapires-en-el-ecuador-con-enfasis-en-el-tapir-andino/>
- Acosta, H., Cavelier, J., & Londono, S. (1996). Aportes al conocimiento de la biología de la danta de montaña, *Tapirus pinchaque*, en los Andes Centrales de Colombia. *Biotropica*, 28(2), 258-266. <https://doi.org/10.2307/2389080>
- Adrián Agea, R. (2015). *Manual de identificación y registro del Oso Andino participación local para promover la conservación de la especie en el DMQ* (Bachelor's thesis, Quito: USFQ, 2015). Disponible en <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/4561>
- AEM, UEA, & UICN/TSG. (2013). Libro de Resúmenes: I Congreso Latinoamericano de Tapires y II Congreso Ecuatoriano (*Diego G. Tirira*). Puyo, Ecuador: Publisesores Cía. Ltda. Disponible en <http://aem.mamiferosdecuador.com/images/pdf/AEM-2013-Memorias-II-CEM-I-CLT.pdf>
- Aldás Portilla, E. A. (2017). *Modelamiento ecológico del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Cayambe-Coca mediante el empleo de sistemas de información geográfica*. (Bachelor's thesis). Disponible en <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6912>
- Alonso-F., A. M., Finegan, B., Brenes, C., Günter, S., & Palomeque, X. (2017). Evaluación de la conectividad estructural y funcional en el corredor de conservación Podocarpus-Yacuambi, Ecuador. *Caldasia*, 39(1), 143. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v39n1.64324>
- Alonso Fernández, A. M., Günter, S., Finegan, B., & Brenes Pérez, C. (2014). *Estado actual de la conectividad estructural y funcional en el Corredor de Conectividad Podocarpus-Yacuambi*. (No. Thesis A454ev). CATIE,

- Turrialba (Costa Rica). Disponible en <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr:8080/handle/11554/8131>
- Amores, L. (2011). Evaluación de la estructura vegetal de un bosque muy húmedo Pre-montano en Guasaganda. *Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Guayaquil-Ecuador.* Disponible en <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/16018>
- Andrade Villafuerte, A. L. (2016). *Análisis de la influencia de la geodinámica y los impactos antrópicos en la geomorfología fluvial del río coca. Caso de estudio: impactos fluviales del proyecto Coca Codo SINCLAIR-PHCCS* (Bachelor's thesis, Quito, 2016). Disponible en <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15206>
- ANT. Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial (Registro Oficial Suplemento 398 de 07-Ago-2008) (2008).
- Arias-García, J., & Gómez-Zotano, J. (2015). La planificación y Gestión de los Humedales de Andalucía en el Marco del Convenio Ramsar. *Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, (63), 117-129. <https://doi.org/10.14198/INGEO2015.63.08>
- Arquero, A., Álvarez, M., & Martínez, E. (2009). Decision management making by AHP (Analytical Hierarchy Process) trought GIS data. *IEEE Latin America Transactions*, 7(1), 101-106. <https://doi.org/10.1109/TLA.2009.5173471>
- Baker, F. (2017). A Review of the Online Biodiversity Planning Toolkit. Gran Bretaña: *Bakerwell ecological expertise*. Disponible en <http://bakerwell.co.uk/2017/03/20/a-review-of-the-online-biodiversity-planning-toolkit-resource-for-developers-and-planners/>
- Balvanera. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Revista Ecosistemas*, 21(1-2). <https://doi.org/10.7818/re.2014.21-1-2.00>
- Balvanera, P., Cotler, H., Aburto, O., Aguilar, A., Aguilera, M., Aluja, M., ... & Ávila, P. (2009). Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos. *Capital natural de México*, 2, 185-245. Disponible en http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20II/II04_EdoTendenciasServiciosEcosistemicos.pdf

- Balvanera, P., Quijas, S., Karp, D. S., Ash, N., Bennett, E. M., Boumans, ... & Honey-Rosés, J. (2017). Ecosystem Services. In *The GEO Handbook on Biodiversity Observation Networks* (pp. 39-78). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27288-7_3
- Bennett, A. F., & Saunders, D. A. (2010). Habitat fragmentation and landscape change. *Conservation biology for all*, 93, 1544-1550. Disponible en https://conbio.org/images/content_publications/Chapter5.pdf
- Bernal Rincón, L. A. (2015). *El tapir de montaña, análisis de riesgo y estrategias para la conservación de una especie en peligro de extinción* (Master's thesis, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales). Disponible en <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/16851>
- Bhagabati, N. K., Ricketts, T., Sulistyawan, T. B. S., Conte, M., Ennaanay, D., Hadian, O., ... & Wolny, S. (2014). Ecosystem services reinforce Sumatran tiger conservation in land use plans. *Biological Conservation*, 169, 147-156. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.11.010>
- Bolaños, N., Barriga, R., Lira, E., Lasso-Alcalá, Ó. M., Morales-Betancourt, M. A., Sánchez-Duarte, P., Jiménez-Prado, P. (2015). XII. Cuencas peri continentales de Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela: Tipología, Biodiversidad Servicios ecosistémicos y sostenibilidad de los ríos, quebradas y arroyos costeros. *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*. Disponible en <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31362>
- Boumans, R., Roman, J., Altman, I., & Kaufman, L. (2015). The Multiscale Integrated Model of Ecosystem Services (MIMES): Simulating the interactions of coupled human and natural systems. *Ecosystem Services*, 12, 30-41. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.01.004>
- Bravo, E. (2014). *La Biodiversidad en el Ecuador*. Abya-Yala/UPS. Disponible en <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6788>
- Bruque Gutiérrez, G. M. (2016). *Análisis preliminar de diversidad genética de una población de osos andinos (*Tremarctos ornatus*) identificados en el Corredor Ecológico, al Noroccidente del Distrito Metropolitano de Quito*

- (Bachelor's thesis, Quito: USFQ, 2016). Disponible en <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/5907>
- Burkhard, B., & Maes, J. (2017). Mapping Ecosystem Services. *Advanced Books*, 1, e12837. <https://doi.org/10.3897/ab.e12837>
- Burkhard, B., Müller, F., Scheppe-Kraft, B., Grunewald, K., Syrbe, R.-U., Rosenberg, M., ... & Anders, K. (2015). Ascertainment and Assessment of ES. In *Ecosystem Services – Concept, Methods and Case Studies* (pp. 75-143). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Burneo, S. (2009). Megadiversidad. *Letras verdes*, (3), 6-7. Disponible en <http://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/201>
- Calles, J. (2008). Caracterización ecológica de la provincia del Napo. *EcoCiencia*. Disponible en <http://ecociencia.org/caracterizacion-ecologica-de-la-provincia-de-napo/>
- Calles, J., & Saltos, F. (2013). Sitios prioritarios para la conservación de biodiversidad acuática de la Demarcación Hidrográfica de Napo. *EcoCiencia & USAID*. Disponible en http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00K3KS.pdf
- Cárdenas, B. (2014). Danta de Páramo - *Tapirus pinchaque*. Disponible en <https://i.pinimg.com/originals/9b/d5/53/9bd553578393a1cd3987105e8926efd5.jpg>
- Caro, C. I. C., & Mora, M. A. T. (2015). Servicios ecosistémicos como soporte para la gestión de sistemas socioecológicos: aplicación en agroecosistemas. *Orinoquia*, 19(2). 237-252. Disponible en <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=89645829011>
- Carranza Sánchez, J., & Silva González, C. O. (2015). Informe de final: Aplicar los módulos del InVEST a los servicios ecosistémicos claves del Proyecto Mixteca. Modulo: Biodiversidad. Disponible en http://proyectomixteca.org.mx/wp-content/uploads/2015/11/20_Cal_Hab_Biod_INVEST_PGEFMixteca.pdf
- Casas, A., Guevara, J., Torres, R., & Parra, F. (2017). Investigación para el manejo sustentable de recursos genéticos en el nuevo mundo. En *ResearchGate* (Vol. 2, pp. 13-14). Morelia: Morevalladolid. Disponible en

https://www.researchgate.net/publication/316876698_Domesticacion_en_el_Continente_Americano_Volumen_2_Investigacion_para_el_manejo_sustentable_de_recursos_geneticos_en_el_nuevo_mundo

Castellanos, A., & Boada, C. (2018). *Tremarctos ornatus* En: Brito, J., Camacho, M. A., Romero, V. Vallejo, A. F. (eds). Mamíferos del Ecuador. Version 2018.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Disponible en <https://bioweb.bio/faunaweb/mammaliaweb/FichaEspecie/Tremarctos%20ornatus>

Castellanos, A., Cisneros, R., Cuesta, C., Narváez, R. C., Suárez, L., & Tirira, D. G. (2011). Oso andino (*Tremarctos ornatus*). En: Libro Rojo de los mamíferos del Ecuador. 2da. edición. Versión 1(2011). Fundación Mamíferos y Conservación, Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Ministerio del Ambiente del Ecuador. Quito. Disponible en <http://librorojo.mamiferosdecuador.com/lista-de-especies-/carnivora/ursidae/597-tremarctos-ornatus-corto.html>

Castellanos, A., Vallejo, A. F., & Boada, C. (2017). *Tapirus pinchaque*. En: Brito, J., Camacho, M. A., Romero, V. Vallejo, A. F. (eds). Mamíferos del Ecuador. Version 2018.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Disponible en <https://bioweb.bio/faunaweb/mammaliaweb/FichaEspecie/Tapirus%20pinchaque>

CELEC. (2015). Proyectos Hidráulicos. Ecuador: CELEC EP. Disponible en <https://www.celec.gob.ec/generacion/hidraulicos.html>

CELEC EP - TRANSELECTRIC. (2013). Estructuras Metálicas.

Charity, S., Dudley, N., Oliveira, D., & Stolton, S. (2016). Living Amazon Report 2016: A regional approach to conservation in the Amazon. WWF Living Amazon Initiative, Brasília and Quito. Disponible en <http://clonewwf.wwfdev.org/?270090/WWF%252DLiving%252DAmazon%252DReport%252D2016>

Chero, M., & Denisse, C. (2017). Evaluación de la dieta de *Tremarctos ornatus* (CUVIER 1825) Oso andino y su función en la dispersión de especies vegetales de bosque montano y páramo en Pacaipampa (Piura: Ayabaca).

- Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú. Disponible en <http://repositorio.urp.edu.pe//handle/urp/1004>
- Ciselli, G. (2015). El Patrimonio Cultural: entre la identidad y el ambiente. *e-rph - Revista electrónica de Patrimonio Histórico*, (9), 4-22.
- Clavijo Páez, J. C. (2016). *Patrones de uso de la flora y su relación con actividades de conservación de bosques nativos en doce parroquias amazónicas de Ecuador* (Bachelor's thesis, QUITO/UIDE/2016). Disponible en <http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/1068>
- Codato, D., & Locatelli, B. (2012). Evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos: Herramientas y aplicaciones. *Vidasilvestre. Org. Uy*, 20. Disponible en https://www.conservation.org/global/peru/biocuencas/Documents/Taller_CI FOR_Presentacion.pdf
- CONELEC. (2013). Plan Maestro de Electrificación 2013-2022. Vol 4: Aspectos de sustentabilidad y sostenibilidad social y ambiental.
- Congreso Nacional. Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre, Pub. L. No. Registro Oficial Suplemento # 418 (2004).
- Consulsua & CELEC EP. (2013). Estudio de Impacto Ambiental Definitivo Sistema de Transmisión de extra alta tensión y Sistemas asociados 500kV y 230kV.
- Convention on Migratory Species. (2015). Especies | CMS. Alemania: *United Nations Environment Programme*. Disponible en <http://www.cms.int/es/species>
- Cork, S., Peterson, G., Bennett, E., Petschel-Held, G., & Zurek, M. (2006). Synthesis of the Storylines. *Ecology and Society*, 11(2). <https://doi.org/10.5751/ES-01798-110211>
- Cotter, M., Häuser, I., Harich, F. K., He, P., Sauerborn, J., Treydte, A. C., ... Cadisch, G. (2017). Biodiversity and ecosystem services—A case study for the assessment of multiple species and functional diversity levels in a cultural landscape. *Ecological Indicators*, 75, 111-117. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.11.038>
- Daily, G.C. (1997). Introduction: What are ecosystem services? En *Natures Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. (Daily GC.). Island Press, Washington, D.C.

- Daily, Gretchen C, Polasky, S., Goldstein, J., Kareiva, P. M., Mooney, H. A., Pejchar, L., ... & Shallenberger, R. (2009). Ecosystem services in decision making: time to deliver. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(1), 21-28. <https://doi.org/10.1890/080025>
- Dangles, O., & Mena, B. (2017). OSO + PARAMO. Disponible en https://issuu.com/belenmena/docs/1-100_oso_ok_31_agosto
- De Groot, R. S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., & Willemen, L. (2010). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological complexity*, 7(3), 260-272. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.10.006>
- De la Torre, S. G., Anda, S., & Garland, E. B. (2017). Procesos políticos y estructurales de la deforestación en la Amazonía: el caso de Tena, Ecuador (2014). *Espacio y Desarrollo*, (29), 7-36.
- Ecuador. Asamblea Nacional Constituyente. Constitución de la República del Ecuador 2008 (Registro Oficial No. 449, 2008).
- Ecuador. Asamblea Nacional. Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización (Registro Oficial No. 303, 2010).
- FAO. (2015). Servicios ecosistémicos y biodiversidad. Disponible en <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>
- Figueroa, J. (2014). Tráfico de partes e individuos del oso andino *Tremarctos ornatus* en el Perú. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 38(147), 177-190. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.62>
- Figueroa, J., Stucchi, M., & Rojas-Vera, R. (2016). Modelación de la distribución del oso andino *Tremarctos ornatus* en el bosque seco del Marañón (Perú). *Revista mexicana de biodiversidad*, 87 (1), 230-238. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.01.008>
- Francesconi, W., Srinivasan, R., Pérez-Miñana, E., Willcock, S. P., & Quintero, M. (2016). Using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) to model ecosystem services: A systematic review. *Journal of Hydrology*, 535, 625-636. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.01.034>

- GAD El Chaco. (2014). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón El Chaco 2014-2019. El Chaco, Ecuador: Gobierno Autónomo Descentralizado cantón El Chaco.
- GAD Orellana. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la provincia de Orellana 2015-2019. Orellana, Ecuador: Gobierno Autónomo Descentralizado provincia de Orellana.
- GAD Quijos. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Quijos encaminado al futuro 2014-2022. Quijos, Ecuador: Gobierno Autónomo Descentralizado cantón Quijos.
- Garzon, R., & Rincon, J. (2017). La Geomática: Definición, Características, Objeto Y Método De Estudio. Disponible en <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/4894>
- Granda Muñoz, M. J. (2015). *Análisis Socio-Ambiental en doce parroquias amazónicas de Ecuador y su relación con actividades de conservación de bosques nativos* (Bachelor's thesis, Quito/UIDE/2015). Disponible en <http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/738>
- Granizo, T., Pacheco, C., Ribadeneira, M. B., Guerrero, M., & Suarez, L. (2002). *Libro rojo de las aves del Ecuador*. SIMBIOE/Conservación Internacional/EcoCiencia/Ministerio del Ambiente/UICN. Serie libros rojos del Ecuador, tomo 2. Quito-Ecuador.
- Grunewald, K., & Bastian, O. (Eds.). (2015). *Ecosystem Services – Concept, Methods and Case Studies* (p. 312). Berlin: Springer.
- Guamán, S., & Grijalva, O. (2009). Caracterización de los sistemas ganaderos en el Valle del Quijos, Provincia del Napo. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Forestería. Disponible en <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5474/1/CARACTERICAZI%C3%93N%20DEL%20LOS%20SISTEMAS%20GANADEROS%20EN%20EL%20VALLE%20DEL%20QUIJOS%2C%20PROVINCIA%20DEL%20NAPO.pdf>
- Gutiérrez, C. (2017). Co\$ting Nature: a tool to support sustainable decisions | EOES hub. Disponible en <https://blogs.kcl.ac.uk/eoes/2016/06/07/costing-nature-tool-to-support-sustainable-decisions/>

- Guzmán, I. (2017). Joseph H. Sinclair, un geólogo estadounidense humanista. Ecuador: *El Comercio*. Disponible en <http://www.elcomercio.com/tendencias/josephhsinclair-geologo-amazonia-ecuador-historia.html>
- Haines-Young, R., & Potschin, M. (2010). The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. *Ecosystem Ecology: a new synthesis*, 1, 110-139. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511750458.007>
- Hamilton, L. (2001). Una campaña por los bosques nublados, ecosistemas únicos y valiosos en peligro. *Serie Focus de la UICN*. En Bosques Nublados del Neotrópico (Kaepelle, M. & Brown, A.D., pp. 41-50). Santo Domingo de Heredia, Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad, INBio.
- Hoyos, S. (2015a). *Análisis decisión Múlticriterio: Método AHP y Escala de Saaty* [Archivo de video]. Universidad de Antioquia. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=mA-4qES7fNc&index=2&t=0s&list=PLNM4RNJTj90IcQ38SDjylAlhlfRkq8zmu>
- Hoyos, S. (2015b). *Análisis decisión multicriterio: Razón de Consistencia Método AHP* [Archivo de video]. Universidad de Antioquia. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=qRr4swHmlOo&list=PLNM4RNJTj90IcQ38SDjylAlhlfRkq8zmu&index=3>
- INEC. (2010). Censo de Población y Vivienda del Ecuador. Quito, Ecuador.
- INEC. (2015). Pobreza por Necesidades Básicas Insatisfechas. Disponible en <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/pobreza-por-necesidades-basicas-insatisfechas/>
- INEC. (2017). Base de Datos – Censo de Población y Vivienda | Instituto Nacional de Estadística y Censos. Ecuador en Cifras. Disponible en <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Isaacs Cubides, P. J. (2011). *Modelo de Conectividad Espacial Empleando Sistemas de Información Geográfica, Calidad De Hábitat y Distribución, Caso Tapir de Montaña (Tapirus pinchaque) en el Eje Cafetero Colombiano* (masters). (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia). Bogotá - Colombia. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/42937/>

- IUCN. (2016). *Tremarctos ornatus*: Velez-Liendo, X. & García-Rangel, S.: The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T22066A45034047 [Data set]. International Union for Conservation of Nature. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T22066A45034047.en>
- IUCN Tapir Specialist Group, & MAE. (2010). Estrategia nacional para la conservación de los Tapires (*Tapirus spp.*) en el Ecuador: (*tapirus terrestris*, *Tapirus pinchaque*, *tapirus bardii*) (Andrés Tapia; Fernando Nogales S. y Leonardo Ordóñez Delgado). FlacsoAndes. Disponible en <http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/145049-opac>
- Izko, X., & Tobar, M. (2012). *La frontera invisible: Actividades extractivas, infraestructura y ambiente en la Amazonía ecuatoriana (2010-2030)*. Quito: Iniciativa para la Conservación de la Amazonía Andina-ICAA.
- Joignant, N. P. (2014). Valoración económica de los servicios ecosistémicos culturales recreativos y etno-culturales del Sistema de Humedales Altoandino ó Laguna Roja (Comuna de Camarones, Chile): Protegiendo un Ecosistema Sagrado a través del turismo sustentable.
- Kattan, G., Naranjo, L. G., & Rojas, V. (2008). Especies focales. En *Regiones biodiversas: herramientas para la planificación de sistemas regionales de áreas protegidas* (pp. 155-166). WCS Colombia.
- Kim, T., Song, C., Lee, W. K., Kim, M., Lim, C. H., Jeon, S. W., & Kim, J. (2015). Habitat Quality Valuation Using InVEST Model in Jeju Island. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology*, 18(5), 1-11.
- Kosmus, M., Renner, I., & Ullrich, S. (2012). *Integracion de los servicios ecosistemicos en la planificacion del desarrollo: un enfoque sistematico en pasos para profesionales basado en TEEB*. Eschborn y Quito: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Disponible en <https://www.giz.de/expertise/downloads/giz2012-es-servicios-ecosistemicos.pdf>
- Liger Aldás, S. I., & Cruz Maldonado, L. S. (2015). *Formulación de un plan de ordenamiento territorial en la parroquia rural de Tupigachi del cantón Pedro Moncayo*. (Bachelor's thesis, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

- Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente). Disponible en <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/10954>
- Loaiza Alamo, M. A. (2015). Uso del criterio AHP para la toma de decisiones. Disponible en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2043/E20-L63-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- López Fabara, C. E. (2016). *Evaluación hidrológica de la cuenca del río coca en función del cambio de uso de suelo por medio del modelo swat.* (Bachelor's thesis, Quito, 2016). Disponible en <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16892>
- López Meneses, W. F., & Sánchez-Palomino, P. (2011). Calidad del hábitat de los mamíferos y reptiles del Bloque Cubiro como herramienta para la conservación. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/272416940_Calidad_del_habitat_de_los_mamiferos_y_reptiles_del_Bloque_Cubiro_como_herramienta_para_la_conservacion
- López, V. (2010). Implicaciones del Proyecto Coca Codo Sinclair para la Amazonía Ecuatoriana. Disponible en <http://www.flacso.org.ec/docs/CocaCodoSinclair.pdf>
- MAE. Acuerdo Ministerial N° 161. Establecer el Proyecto «Socio Bosque» del Gobierno de la República del Ecuador. Ministerio del Ambiente. Registro Oficial No.482 (2008). Disponible en <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/05/Creaci%C3%B3n-Proyecto-Socio-Bosque.pdf>
- MAE. (2011). Programa Socio Bosque | ¿Quiénes somos? Recuperado 21 de febrero de 2018, de <http://sociobosque.ambiente.gob.ec/node/755>
- MAE. (2012). Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental. Quito: Subsecretaría de Patrimonio Natural.
- MAE. (2015). Sitios RAMSAR | Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador. Disponible en <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/content/sitios-ramsar>
- MAE. (2016). Convenios, Acuerdos, Tratados Multilaterales sobre medio ambiente. Disponible en <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/Convenios-Acuerdos-Tratados-Multilaterales-sobre-medio-ambiente.pdf>

- MAE. (2017). Bosques Protectores | Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador. Disponible en <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/content/bosques-protectores>
- MAE y Programa Socio Bosque. (2011). Estimación de la Tasa de Deforestación del Ecuador continental. Disponible en https://documentop.com/queuez/estimacion-de-la-tasa-de-deforestacion-del-ecuador-continental-_59f7d9581723dd2eb19473b0.html
- MAE. Acuerdo Ministerial Nº 131. Programa Nacional de Incentivos a la Conservación y uso sostenible del Patrimonio Natural «Socio Bosque». Ecuador, Ministerio del Ambiente. (2013). Disponible en <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/05/Programa-Nacional-de-Incentivos-a-la-Conservaci%C3%B3n-y-uso-sostenible-del-Patrimonio-Natural-Socio-Bosque.pdf>
- MAGAP. (2015). La política agropecuaria ecuatoriana: hacia el desarrollo territorial rural sostenible: 2015-2025. II Parte. Disponible en <http://servicios.agricultura.gob.ec/politicas/La%20Pol%C3%A9tica%20Agropecuaria%20%20al%202025%20II%20parte.pdf>
- Majka, D., Beier, P., & Jenness, J. (2009). CorridorDesigner ArcGIS Toolbox Tutorial. Disponible en http://corridordesign.org/dl/tools/CD_toolbox_tutorial.pdf
- Mateus Baez, F. A., & Caicedo Castañeda, Y. L. (2016). *Efecto de la transformación del paisaje sobre la prestación del servicio ecosistémico de provisión de hábitat del humedal «El Tunjo» (Bogotá-Colombia) de 1940 a 2014* (Bachelor's thesis). Disponible en <http://190.25.182.15:8080/jspui/handle/11158/541>
- MEA. (2003). Ecosystems and human well-being: a framework for assessment. Island Press, Washington, D.C., USA.
- MEA. (2005). Ecosystems and human well-being: multiscale assessments: findings of the Sub-global Assessments Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment (Vol. 4). Island Press, Washington, D.C., USA. <http://www.maweb.org/en/Multiscale.aspx>
- Medrano Vizcaíno, P. M. (2015). *Efecto de las carreteras en la mortalidad de vertebrados en un área megadiversa: Los Andes Tropicales del Ecuador*

- (Master's thesis). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Disponible en <http://repositorio.puce.edu.ec:80/xmlui/handle/22000/8724>
- Ministerio de Relaciones Exteriores. (2015). Organización del Tratado de Cooperación Amazónica- OTCA. Brasil: *Ministerio de Relaciones Exteriores*. Disponible en <http://www.itamaraty.gov.br/es/politica-externa/integracao-regional/6352-otca-es>
- Ministerio para la transición ecológica - Gobierno de España. (2014). Convenio de Bonn o Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias. España: *Ministerio para la transición ecológica*. Disponible en <http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/convenios-internacionales/ce-conv-int-bonn.aspx>
- Miñaca, M. (2017). Metodología para el dimensionamiento eléctrico de reactores de potencia incorporados en líneas de 500 kV del sistema nacional de transmisión (Bachelor's thesis, Quito, 2017). Disponible en <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17013/1/CD-7593.pdf>
- Molina a. (2012). Estudio comparativo de los sitios Ramsar en el Ecuador como oferta turística del Patrimonio Natural del Ecuador. *R/CIT: Revista Turismo, Desarrollo y Buen Vivir*, (3), 45-81.
- Molina b. (2012). *Análisis preliminar de la dinámica poblacional y amenazas del oso andino (*Tremarctos ornatus*) al nor-occidente del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ)-Ecuador* (Bachelor's thesis, Quito: USFQ, 2012). Disponible en <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/1371>
- Molina c. (2014). El Oso de Anteojos, vecino desconocido del distrito. *Enfoque*, USFQ, (13), 2-6. Disponible en https://www.usfq.edu.ec/publicaciones/enfoque/Documents/enfoque_013.pdf.
- Moscoso, A. (2003). Desarrollos legales e institucionales sobre áreas protegidas y zonas de amortiguamiento en Bolivia, Ecuador y Perú. *Las zonas de amortiguamiento: un instrumento para el manejo de la biodiversidad*, 2003, p. 35. Ecuador: FLACSO. Disponible en <https://www.flacso.edu.ec/portal/publicaciones/detalle/desarrollos-legales-e-institucionales-sobre-areas-protegidas-y-zonas-de-amortiguamiento-en-bolivia-ecuador-y-peru.3347>

- Mulligan, M., & Burke, S. (2012). Co\$ting Nature. Disponible en <http://www.policysupport.org/costingnature>
- Narváez, C. A. (2013). Análisis de estacionalidad y abundancia relativa de oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), lobo de páramo (*Lycalopex culpaeus*) y tapir andino (*Tapirus pinchaque*) en los páramos del Parque Nacional Podocarpus (Master Thesis). UTPL, Loja. Disponible en <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/6421>
- Natural Capital Project. (2016). *InVEST Publications Database*. Disponible en <https://www.naturalcapitalproject.org/library/>
- Nemec, K. T., & Raudsepp-Hearne, C. (2013). The use of geographic information systems to map and assess ecosystem services. *Biodiversity and Conservation*, 22(1), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s10531-012-0406-z>
- NOAA. (2018). Multiscale Integrated Earth Systems Model (MIMES) | U.S. Climate Resilience Toolkit. Disponible en <https://toolkit.climate.gov/tool/multiscale-integrated-earth-systems-model-mimes-0>
- Ochoa Cardona, V. (2015). *Herramientas para el análisis y modelado de servicios ecosistémicos tendencias espacio-temporales y desafíos futuros*. (Master's thesis, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales). Disponible en <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/17165>
- Olalde, M. O. (2010). Servicios ambientales de los ecosistemas. *Amazonía y agua: desarrollo sostenible en el siglo XXI* (pp. 9-14), 29. Bilbao, España. Disponible en http://www.unescoetxea.org/dokumentuak/Ecosistemas_bienestar.pdf
- ONU. (2016). Día Internacional de la Diversidad Biológica, 22 de mayo. *Naciones Unidas*. Disponible en <http://www.un.org/es/events/biodiversityday/convention.shtml>
- Oppla. (2016). Biodiversity Planning Toolkit. UK: Oppla. Disponible en <https://www.oppla.eu/product/1928>
- Ortega-Andrade, H. M., Prieto-Torres, D. A., Gómez-Lora, I., & Lizcano, D. J. (2015). Ecological and Geographical Analysis of the Distribution of the Mountain Tapir (*Tapirus pinchaque*) in Ecuador: importance of protected areas in

- future scenarios of global warming. PLoS One, 2015, vol. 10, no 3, p. e0121137. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121137>
- OTCA. (2016). Organización del Tratado de Cooperación Amazónica, Pueblos Indígenas en regiones de Frontera. Brasil: OTCA Disponible en http://otca.info/portal/admin/_upload/licitacoes/773-TDRS_Conocimiento_tradicional.pdf
- Pacha, M. J. (2014). *Valoración de los servicios ecosistémicos como herramienta para la toma de decisiones: Bases conceptuales y lecciones aprendidas en la Amazonía.* (pp. 92) Brasília, Iniciativa Amazonia Viva. Disponible en <http://wwf.panda.org/?232668/Valoracin-de-los-servicios-ecosistmicos>
- Palma, J. (2017). Ecuador: comunidad amazónica denuncia escasez de peces y culpa a la mayor hidroeléctrica construida en el país [Periodismo Ambiental Independiente]. Disponible en https://es.mongabay.com/2017/06/hidroelectricas-pueblos_indigenas-conflictos-rios-ecuador/
- Parra Curimilma, P. N. (2018). *Identificación de áreas potenciales para reforestación con Nectandra acutifolia (PACCHEs) mediante la aplicación de un modelo de distribución de especies, como estrategia de conservación para el corredor ecológico del oso andino en el Distrito Metropolitano de Quito.* (Bachelor's thesis, PUCE). Disponible en <http://repositorio.puce.edu.ec:80/xmlui/handle/22000/14586>
- Peralvo, M. F., Cuesta, F., & Van Manen, F. (2005). Delineating priority habitat areas for the conservation of Andean bears in northern Ecuador. *Ursus*, 16(2), 222-233. Disponible en: [https://doi.org/10.2192/1537-6176\(2005\)016\[0222:DPHAFT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2192/1537-6176(2005)016[0222:DPHAFT]2.0.CO;2)
- Pérez-Torres, J. (2001). *Guía para la conservación del oso andino u oso de anteojos, Tremarctos ornatus (F.G. Cuvier, 1825).* Convenio Andrés Bello.
- Peyton, B. (1980). Ecology, Distribution, and Food Habits of Spectacled Bears, *Tremarctos ornatus*, in Peru. *Journal of Mammalogy*, 61(4), 639-652. <https://doi.org/10.2307/1380309>
- PNUMA & EPN. (2018). *La Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad-Cuenca del Río Coca (Amazonía Ecuatoriana).* Disponible en

- <http://www.epn.edu.ec/wp-content/uploads/2018/03/Informe-Final-TEEB-Cuenca-Rio-Coca.pdf>
- Pourrut, P. (1983). Los climas del ecuador - fundamentos explicativos (pp. 8-40). *ORSTOM y Programa Nacional de Regionalización Agraria del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Quito, Ecuador.* Documentos de investigación. Disponible en http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-10/21848.pdf
- Ramos, D. (2012). Abundancia relativa del tapir de montaña (*Tapirus pinchaque*) en la Cuenca del río Papallacta. Quito, Ecuador: *Fundación EcoCiencia, Fundación Zoológica del Ecuador, Grupo de Especialistas en Tapires-Ecuador/IUCN.*
- Programa Socio Bosque. (2011). Resultados globales 2011. Quito: Programa Socio Bosque, Ministerio del Ambiente del Ecuador.
- Ríos Alvear, G. D. (2016). *Integración de modelos de circuitos y modelos de ocupación de sitios para evaluar la conectividad de poblaciones de fauna silvestre.* (Master Thesis, PUCE). Disponible en <http://repositorio.puce.edu.ec:80/xmlui/handle/22000/11450>
- Rodríguez, O. (2015). *Esfuerzos del Gobierno Local del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, en la Conservación del Oso Andino y su hábitat al Noroccidente del DMQ.* Disponible en http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/Documentos/patrimonio_natural/biodiversidad/articulo_gestion_sa_conservacion_oso_andino_1sep2015.pdf
- Rodríguez, T. (2009). Convenios Internacionales y Ambiente: Recomendaciones para una mejor aplicación de los convenios seleccionados en los países de la iniciativa del Corredor del Pacífico Este Tropical. (1^a ed.). San José: *Fundación Marviva.* Recuperado de http://marviva.net/sites/default/files/documentos/recomendaciones_convenios_y_cmar.pdf
- Rodríguez-Clark, K. M., & Sánchez-Mercado, A. (2006). Population management of threatened taxa in captivity within their natural ranges: Lessons from Andean bears (*Tremarctos ornatus*) in Venezuela. *Biological Conservation*, 129(1), 134-148. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.10.037>

- Rosero Clavijo, M. A. (2018). Análisis del servicio ecosistémico de producción de agua para generación hidroeléctrica en la cuenca del río Coca mediante el uso del software InVEST como sustento para la gestión del recurso hídrico (Bachelor's thesis, Quito, 2018.) Disponible en <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19166>
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9-26. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I)
- Sáenz, M., & Onofa, A. (2005). Preguntas clave: Reporte de los ecosistemas terrestres ecuatorianos. *Indicadores de Biodiversidad para Uso Nacional (Proyecto BINU)*. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente del Ecuador & Fundación EcoCiencia.
- San Vicente, M. G. (2003). *Índices de fragmentación y conectividad para el indicador de biodiversidad y paisaje de la CAPV*. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/302265358_Indices_de_fragmentacion_y_conectividad_para_el_indicador_de_biodiversidad_y_paisaje_de_la_CAPV
- Sánchez Ocharan, C. (2015). Composición florística en la dieta de Tremarctos-ornatus Cuvier oso de anteojos (p. 41). Jardín Botánico del Parque de las Leyendas. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Sanchez_Ocharan/publication/281343985_Composicion_floristica_en_la_dieta_de_Tremarctos_ornatus_Cuvier_oso_de_antojos/links/55e29b7f08aede0b57322fd1/Composicion-floristica-en-la-dieta-de-Tremarctos-ornatus-Cuvier-oso-de-antojos.pdf
- Schipper, A., Alkemade, R., Ten Brink, B., & Janse, J. (2016). GLOBIO 3.5 technical model description - Publications - GLOBIO. UK: *GLOBIO Modelling human impacts on biodiversity*. Disponible en <http://www.globio.info/publications/156-globio-35-technical-model-description>
- Secretaría de Ambiente. (2014). Programa de Conservación del Oso Andino en el Noroccidente del Distrito Metropolitano de Quito. Disponible en http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/D

- ocumentos/patrimonio_natural/biodiversidad/prog_conserva_oso_andino1
1_07_2014.pdf
- Sharp, R., Tallis, H. T., Ricketts, T., Guerry, A. D., Wood, S. A., Chaplin-Kramer, R., ... & Vigerstol, K. (2015). InVEST +VERSION+ User's Guide. The Natural Capital Project, Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy, and World Wildlife Fund. Disponible en <http://data.naturalcapitalproject.org/nightly-build/invest-users-guide/html/>
- Sierra, M. (1999). *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental*. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia.
- SIGTIERRAS, & MAGAP. (2015). Mapa de zonas homogéneas de accesibilidad del Ecuador continental, año 2015. Disponible en http://metadatos.sigtierras.gob.ec:8080/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/Accesibilidad_Zonas_Homogeneas_16122015
- Spellerberg, I. (1998). Ecological effects of roads and traffic: a literature review. *Global Ecology & Biogeography Letters*, 7(5), 317-333. <https://doi.org/10.1046/j.1466-822x.1998.00308.x>
- Stanford University. (2016). *Natural Capital Project*. Disponible en <https://www.naturalcapitalproject.org/>
- Stanford University. (2017). Is there a methodology to calibrate or validate the Habitat quality model? [NatCap Forums]. Disponible en <https://forums.naturalcapitalproject.org/index.php?p=/discussion/1127/is-there-a-methodology-to-calibrate-or-validate-the-habitat-quality-model>
- TEEB. (2010). *La economía de los ecosistemas y la biodiversidad para las autoridades regionales y locales*. Disponible en http://doc.teebweb.org/wp-content/uploads/Study%20and%20Reports/Reports/Local%20and%20Regional%20Policy%20Makers/D2%20Report/Translations/layTEEB_D2_Druckvar_end_ES.pdf
- TEEB. (2015). The Initiative. Suiza: *The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB)*. Disponible en <http://www.teebweb.org/about/the-initiative/>
- Terrado, M., Sabater, S., Chaplin-Kramer, B., Mandle, L., Ziv, G., & Acuña, V. (2016). Model development for the assessment of terrestrial and aquatic habitat

- quality in conservation planning. *Science of the Total Environment*, 540, 63-70. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.03.064>
- Tirira, D. (2001). *Libro rojo de los mamíferos del Ecuador*. SIMBIOE/EcoCiencia/Ministerio del Ambiente/UICN. Serie libros rojos del Ecuador, Tomo 1. Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador 4. Quito-Ecuador.
- IUCN, (International Union for Conservation of Nature). (2017). IUCN Red List maps. *Tremarctos ornatus*. Disponible en <http://maps.iucnredlist.org/map.html?id=22066>
- Universidad del Pacífico, & USAID. (2015). *Planes de Acción para Napo*.
- Valdes Quintero, J. C., Castro Castro, C. A., Peréz Garcés, H., & Escobar M., J. F. (2017). Procesos de Geoprocесamiento en la Espacialización de Servicios Ecosistémicos en Áreas de Interés Local, caso de estudio: cuenca La Presidenta. *Ingenierías USBMed*, 8(1), 19-28. <http://dx.doi.org/10.21500/20275846.2672>
- Velez-Liendo, X., & García-Rangel, S. (2017). *Tremarctos ornatus* [Data set]. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T22066A45034047. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T22066A45034047.en>
- Viteri Villacís, G. M. (2013). *Análisis de conectividad del habitat del tapir (*Tapirus pinchaque*) y propuestas para la restauración de su habitat dentro del micro corredor Podocarpus - Yacuambi, Ecuador* (Master thesis, ESPAÑA/Universidad de Alcalá/2013). Disponible en <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/826>
- Yan, C., Fei, Q., & Lei, J. (2016). Effects of Land Use Pattern Change on Regional Scale Habitat Quality Based on InVEST Model - a Case Study in Beijing. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 52(3), 553-562. <https://doi.org/10.13209/j.0479-8023.2016.057>
- Zhong, L., & Wang, J. (2017). Evaluation on effect of land consolidation on habitat quality based on InVEST model. *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 33(1), 250-255. <https://doi.org/10.11975/j.issn.1002-6819.2017.01.034>

[Fotografía de Armando Castellanos] (Ecuador, Parque Nacional Cayambe Coca.

2016). *Tapirus-pinchaque*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Disponible en [http://zoologia.puce.edu.ec/gallery/main.php?g2.itemId=115923](http://zoologia.puce.edu.ec/gallery/main.php?g2(itemId=115923)

[Fotografía de Santiago Ron] (Ecuador, Pichincha: Maquipucuna. 2017).

Tremarctos ornatus. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Disponible en [http://zoologia.puce.edu.ec/gallery/main.php?g2.itemId=119589](http://zoologia.puce.edu.ec/gallery/main.php?g2(itemId=119589)