



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS**

**AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES**

**RENOVABLES**

**“MODELAMIENTO ECOLÓGICO DEL HÁBITAT DEL OSO DE ANTEOJOS (*Tremarctos ornatus*) EN EL PARQUE NACIONAL CAYAMBE-COCA MEDIANTE EL EMPLEO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA”**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERA DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**AUTORA:**

Aldás Portilla Evelyn Alexandra

**DIRECTORA:**

Ing. Mónica León MSc

Ibarra

Febrero 2016



UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERIA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**“MODELAMIENTO ECOLÓGICO DEL HÁBITAT DEL OSO DE ANTEOJOS (*Tremarctos ornatus*) EN EL PARQUE NACIONAL CAYAMBE-COCA MEDIANTE EL EMPLEO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA”.**

Trabajo de Grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**APROBADA:**

Ing. Mónica León MSc.  
DIRECTORA

Blga. Sania Ortega MSc.  
ASESORA

Ing. Oscar Rosales MSc.  
ASESOR

Ing. Tatiana Grijalva MSc.  
ASESORA

FIRMA

FIRMA

FIRMA

FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100285368-5		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Aldás Portilla Evelyn Alexandra		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Av Jorge Guzmán y Rosa Andrade Conjunto San Luis		
<b>EMAIL:</b>	evelynaldas@hotmail.com		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	062 615367	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0979910485
<b>DATOS DE LA OBRA</b>			
<b>TÍTULO:</b>	“ <b>MODELAMIENTO ECOLÓGICO DEL HÁBITAT DEL OSO DE ANTEOJOS (<i>Tremarctos ornatus</i>) EN EL PARQUE NACIONAL CAYAMBE-COCA MEDIANTE EL EMPLEO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</b> ”.		
<b>AUTOR:</b>	Aldás Portilla Evelyn Alexandra		
<b>FECHA:</b>	2016/02/23		
<b>PROGRAMA:</b>	PREGRADO		
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniera en Recursos Naturales Renovables		
<b>DIRECTOR:</b>	Ing. Mónica León MSc		

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, **Evelyn Alexandra Aldás Portilla**, con cédula de identidad Nro. **100285368-5**, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

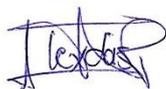
## 3. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 23 días del mes de Febrero de 2016

AUTORA:

ACEPTACIÓN:



Evelyn Alexandra Aldás Portilla

C.I. 100285368-5



Ing. Betty Chávez

**Jefe de Biblioteca**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR

DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, **Evelyn Alexandra Aldás Portilla**, con cédula de identidad Nro. **100285368-5**, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **“MODELAMIENTO ECOLÓGICO DEL HÁBITAT DEL OSO DE ANTEOJOS (*Tremarctos ornatus*) EN EL PARQUE NACIONAL CAYAMBE-COCA MEDIANTE EL EMPLEO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA”**., que ha sido desarrollado para optar por el título de: **Ingeniero en Recursos Naturales Renovables** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 23 días del mes de Febrero de 2016

Evelyn Alexandra Aldás Portilla

C.I. 100285368-5

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA – UTN

Fecha: Ibarra, a 23 días del mes de Febrero de 2016

**ALDAS PORTILLA EVELYN ALEXANDRA** “MODELAMIENTO ECOLÓGICO DEL HÁBITAT DEL OSO DE ANTEOJOS (*Tremarctos ornatus*) EN EL PARQUE NACIONAL CAYAMBE-COCA MEDIANTE EL EMPLEO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA”.

TRABAJO DE GRADO. Ingeniera en Recursos Naturales Renovables. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales. Ibarra. EC. Enero 2016. 127 p. 13 p anexos.

**DIRECTORA:** *León, Mónica*

Fecha: 23 de Febrero de 2016.



Ing. Mónica León

**Directora de Tesis**



Evelyn Alexandra Aldás Portilla

**Autora**

## **PRESENTACIÓN**

Yo, EVELYN ALEXANDRA ALDÁS PORTILLA como autora del Trabajo de Grado Titulado **“MODELAMIENTO ECOLÓGICO DEL HÁBITAT DEL OSO DE ANTEOJOS (*Tremarctos ornatus*) EN EL PARQUE NACIONAL CAYAMBE-COCA MEDIANTE EL EMPLEO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA”**, me hago responsable de los resultados, discusión, conclusiones y demás parte de la investigación; y pongo este documento como fuente de apoyo para consultas dirigidas a todos los estudiantes.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios porque ser mi fuerza y mi inspiración para alcanzar cada una de mis metas. A mi Madre, Padre y Hermana, por ser mi apoyo incondicional en cada momento.

A la Universidad Técnica del Norte por permitirme culminar mi formación como profesional, a los docentes de la Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables por impartirme sus conocimientos y guiarme a lo largo de la carrera.

Al personal que labora dentro del Parque Nacional Cayambe – Coca por el apoyo en el trabajo de campo y toda la apertura para la realización de esta investigación.

A la Ing. Monica León, Directora de Tesis, por el apoyo brindado a lo largo de la ejecución del presente trabajo.

A mis asesores un agradecimiento sincero por su apoyo en la realización de esta investigación; en especial a Blga. Sania Ortega por su entero apoyo y colaboración.

Y de manera especial a mis amigos, Marcelo Ponce y Andrés Laguna Director del Proyecto “Conservación de los Grandes Mamíferos del Ecuador Zona Norte”, quienes fue un gran apoyo para la realización de este estudio.

## **DEDICATORIA**

A Dios por todas las bendiciones que recibo todos los días y por ser mi soporte en cada momento de vida.

A mi madre por todo su amor y apoyo incondicional para ayudarme a alcanzar todas mis metas.

A mi padre por su aporte a mi educación, sus consejos y a mi hermana por su ejemplo de amor y constancia.

Gracias por cada palabra de aliento porque han sido mi motivación para culminar este estudio, con la certeza de que es el inicio de una nueva etapa en mi vida.

## RESUMEN

El Parque Nacional Cayambe Coca (PNCC), presenta una gran biodiversidad tanto en flora y fauna, identificando al Oso de anteojos (*Tremarctos ornatus* Cuvier, 1825) como una especie clave que interviene en la dinámica del ecosistema, la fragilidad de su hábitat ha generado la necesidad de identificar cuál es su nicho ecológico, las variables bioclimáticas que lo conforman y los recursos de los cuales esta especie hace uso. La obtención del Modelo de Nicho Ecológico de Oso de anteojos se lo hizo mediante el empleo de MAXENT 3.2.2; desarrollado por Philips (2004); el cual consiste en identificar una distribución uniforme basado en el principio de la idoneidad. Los datos que se consideraron para la elaboración de los modelos fueron las 19 variables bioclimáticas de la base de datos climáticos y altitudinales obtenidos por estaciones meteorológicas denominada WorldClim (Hijmans et al 2005) y las presencias de la especie registradas en la fase de campo y plataformas de información de biodiversidad virtuales. Los resultados obtenidos en el Modelo de Nicho Ecológico determinaron que la distribución del *T. ornatus* se encuentra en rangos de temperatura de 6°C a 24°C anuales y precipitaciones de 1000 a 2000 milímetros anuales; identificando estas condiciones como óptimas para la especie; al relacionar los rangos de temperatura y precipitación se identificó que los ecosistemas de bosque montano forman parte del nicho ecológico óptimo del *T. ornatus* por la presencia de especies de flora que son parte de la dieta alimenticia del oso. Con la finalidad de contribuir con la conservación del *T. ornatus* se elaboró un modelo de escenario climático proyectado al año 2050; la información generada por este modelo sirvió como base para la elaboración de un plan de conservación aplicable en las zonas identificadas como nicho ecológico óptimo; tomando como línea base los planes de conservación elaborados por el Ministerio de Ambiente siendo este el principal ente regulador.

## SUMMARY

The Cayambe Coca (PNC) National Park has a high biodiversity in flora and fauna, identifying the Andean Bear (*Tremarctos ornatus* Cuvier, 1825) as an important species involved in this ecosystem's development. The fragility of the bears habitat requires to identify the ecological niche, bioclimatic variables that comprise it and the resources that this species uses. The Ecological Niche Model was obtained using MAXENT 3.2.2; developed by Philips (2004); which identifies a uniform distribution based on the principle of suitability. The data were considered for the development of the models were the 19 bioclimatic variables based on climate and altitude data from weather stations called WorldClim (Hijmans et al 2005) and the presence of the species recorded in the field phase and platforms biodiversity virtual information. The results of the Ecological Niche Model determined that the distribution of *T. ornatus* is temperature range 6 ° C to 24 ° C and annual rainfall of 1000-2000 mm per year; identifying these conditions to be optimal for the species; by relating the ranges of temperature and precipitation it was identified that montane forest ecosystems are part of the maximum ecological niche *T. ornatus* by the presence of species of flora that are part of the diet of the bear. In order to contribute to the conservation of *T. ornatus* climate model scenario projected 2050 was prepared; the information generated by this model was the basis for the development of a conservation plan applicable in areas identified as optimal ecological niche; line based conservation plans drawn up by the Ministry of Environment which is the main regulator.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO.....	viii
DEDICATORIA .....	ix
RESUMEN.....	x
SUMMARY .....	xi
INDICE DE MAPAS .....	xvi
INDICE DE TABLAS .....	xvi
INDICE DE CUADROS.....	xvi
siglas.....	xviii
CAPÍTULO I.....	19
1. INTRODUCCIÓN.....	19
1.1. Justificación.....	20
1.2. Objetivos .....	22
1.2.1. Objetivo General .....	22
1.2.2. Objetivos Específico .....	22
1.3. Pregunta Directriz .....	22
CAPÍTULO II .....	23
2. REVISIÓN LITERARIA .....	23
2.1. Legislación y Políticas de Conservación .....	23
2.1.1. Constitución Política Nacional.....	23
2.1.2. Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre.....	23
2.1.3. Ley de la Biodiversidad .....	24
2.2. Nicho ecológico.....	25
2.3. Empleo de Sistemas de Información Geográfica para el Modelamiento Ecológico	26
2.4. Hábitat y Sistemas de Información Geográfica.....	26
2.5. Modelamientos Ecológicos .....	28
2.6. Modelo de nicho ecológico .....	30
2.7. Modelo de Máxima Entropía (Maxent).....	31
2.7.1. Formato de variables para Maxent.....	33
2.7.2. Umbral de decisión .....	33
2.7.3. Jackknife (Jackknife model testing).....	33
2.7.4. Curvas ROC (Receiver operating characteristic analysis).....	34
2.8. Monitoreo de Registros Biológicos Indirectos (MRBI) .....	35
2.8.1. Diseño de Monitoreo de Registros Biológicos Indirectos.....	36
	xii

2.9.	Base de Datos Climáticos Worldclim.....	37
2.10.	Base de datos Mundiales de Biodiversidad .....	39
2.10.1	Base de Datos Virtual GBIF.....	39
2.10.2	Base de Datos Virtual Vertnet.....	40
2.10.3	Base de Datos Virtual ManisNet.....	40
2.11.	Descripción General del <i>T. ornatus</i> .....	41
2.11.1.	Morfología.....	42
2.11.2.	Hábitos.....	43
2.11.3.	Reproducción.....	43
2.11.4.	Dieta y comportamiento alimenticio .....	43
2.11.5.	Requerimientos del Uso Del Hábitat del <i>T. ornatus</i> .....	44
2.12.	Parque Nacional Cayambe Coca.....	46
2.12.1.	Descripción del área de estudio.....	46
2.12.2.	Aspecto Abiótico.....	46
2.12.3.	Geología.....	46
2.12.4.	Geomorfología .....	47
2.12.5.	Climatología.....	47
2.12.6.	Aspectos Bióticos.....	47
2.12.7.	Zonas de Vida.....	47
2.12.8.	Flora .....	48
2.12.9.	Fauna.....	49
2.12.10.	Problemas de conservación del Parque Nacional Cayambe Coca.....	51
a)	Amenazas antrópicas .....	51
b)	Amenazas Naturales .....	51
CAPÍTULO III .....		52
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	52
3.1.	Caracterización del Área de Estudio.....	52
3.2.	Materiales y Equipos .....	54
3.2.1.	Material de oficina.....	54
3.2.1.1.	Aplicaciones informáticas .....	54
3.2.1.2.	Material y Equipo de Campo.....	54
3.3.	Metodología.....	55
3.3.1.	Fase de Campo .....	55
3.3.1.1.	Levantamiento de registro de presencias .....	55
3.3.2.	Fase de Elaboración del Modelo de Nicho ecológico .....	56

3.3.2.1.	Organización de la base de datos .....	56
a)	Variables bioclimáticas .....	56
b)	Datos de presencias .....	57
3.3.2.2.	Modelamiento de Nicho Ecológico en Maxent .....	58
CAPITULO IV .....		62
4. RESULTADOS Y DISCUSION .....		62
4.1.	Mapa Base .....	62
4.2.	Puntos de muestreo .....	64
4.3.	Uso Suelo.....	66
4.4.	Hidrológico.....	68
4.5.	Pisos Altitudinales .....	70
4.6.	Zonas de Vida.....	72
4.7.	Mapa de Ecosistemas .....	75
4.8.	Modelamiento de Máxima Entropía (Maxent) .....	77
4.8.1	Obtención del modelo de Nicho ecológico completo .....	77
4.8.1.1	Análisis de las contribuciones variables .....	79
4.8.1.2	Predicción de las Variables Climáticas influyentes para el Modelo .....	80
4.8.2	Obtención del modelo de Nicho ecológico grupo 1.....	81
4.8.2.1	Contribución de cada variable .....	83
4.8.2.2	Predicción de las Variables Climáticas influyentes para el Modelo .....	83
4.8.3	Obtención del modelo de Nicho ecológico grupo 2.....	84
4.8.3.1	Contribución de cada variable .....	87
4.8.3.2	Predicción de las Variables Climáticas influyentes para el Modelo .....	88
4.8.4	Obtención del Modelo de Nicho ecológico grupo 3 .....	88
4.8.4.1	Análisis de las contribuciones variables .....	91
4.8.4.2	Predicción de las Variables Climáticas influyentes para el Modelo.....	91
4.9.	Discusión del modelo .....	92
4.10.	Modelo de escenario de cambio climático 2050 .....	95
4.10.1	Análisis de los datos obtenidos por Maxent .....	97
4.10.2	Análisis de las contribuciones variables.....	97
4.10.3	Predicción de las Variables Climáticas influyentes para el Modelo .....	98
4.10.4	Discusión del modelo .....	98
4.11.	Estrategias de Conservación .....	100
CAPITULO V .....		105
5.1.	Conclusiones.....	105

5.2.	Recomendaciones .....	106
CAPITULO VI.....		108
6.1	Bibliografía .....	108
<b>ANEXOS .....</b>		<b>113</b>

## INDICE DE MAPAS

Mapa 1 Ubicación del área de estudio .....	52
Mapa 2. Mapa base.....	63
Mapa 3 Mapa de puntos de presencia y áreas UICN .....	65
Mapa 4. Mapa de uso de suelo .....	67
Mapa 5. Mapa Hidrológico .....	69
Mapa 6. Mapa Pisos Altitudinales.....	71
Mapa 7. Zonas de Vida .....	74
Mapa 9. Mapa de ecosistemas – Parque Nacional Cayambe Coca .....	76
Mapa 10. Modelo de nicho ecológico completo del <i>T. ornatus</i> .....	78
Mapa 11. Modelo nicho ecológico grupo 1 <i>T. ornatus</i> .....	82
Mapa 12. Modelo nicho ecológico grupo 2 <i>T. ornatus</i> .....	86
Mapa 13. . Modelo nicho ecológico grupo 3 <i>T. ornatus</i> . .....	90
Mapa 14. . Modelo nicho ecológico escenario cambio climático 2050 <i>T. ornatus</i> .....	96

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Descripción de variables bioclimáticas Worldclim.....	38
Tabla 2 Softwares utilizado.....	54
Tabla 3 Descripción de variables bioclimáticas Worldclim.....	57
Tabla 4. Puntos de presencia del <i>T. ornatus</i> .....	64
Tabla 5. Descripción de uso del suelo.....	66
Tabla 6. Descripción de zonas de vida .....	72
Tabla 7 Categorías de Distribución Maxent.....	79
Tabla 8. Porcentaje de contribución e importancia de permutación .....	80
Tabla 9. Categorías de Distribución Maxent.....	83
Tabla 10 Porcentaje de contribución e importancia de permutación .....	83
Tabla 11. Categoría de Distribución Maxent .....	87
Tabla 12. Porcentaje de contribución e importancia de permutación .....	88
Tabla 13 Categoría de Distribución Maxent .....	91
Tabla 14. Porcentaje de contribución e importancia de permutación .....	91
Tabla 15. Modelos de Nicho ecológico del Oso de Anteojos .....	93
Tabla 16 Categoría de Distribución Maxent .....	97
Tabla 17. Porcentaje de contribución e importancia de permutación .....	97
Tabla 18. Modelos de Nicho ecológico del <i>T. ornatus</i> . .....	99

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Descripción taxonómica .....	41
---------------------------------------	----

## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Ejemplo del manual de Maxent.....	34
Gráfico 2 Ejemplo de Maxent .....	35
Gráfico 3 Morfología del T. ornatus. Fuente Torres, 2011 .....	42
Gráfico 4 Esquema metodológico .....	55
Gráfico 5 Esquema metodológico modelo completo .....	59
Gráfico 6 Esquema Metodológico modelo grupo 1.....	59
Gráfico 7 Esquema Metodológico modelo grupo 2.....	60
Gráfico 8 Esquema metodológico modelo grupo 3 .....	60
Gráfico 9. Curva ROC – curva operacional .....	77
Gráfico 10. Prueba Jackknife o de navaja .....	80
Gráfico 11. Curva ROC – curva operacional .....	81
Gráfico 12. Prueba Jackknife o de navaja .....	84
Gráfico 13. Curva ROC – curva operacional .....	84
Gráfico 14. Prueba Jackknife o de navaja .....	88
Gráfico 15. Curva ROC – curva operacional .....	89
Gráfico 16. Prueba Jackknife o de navaja .....	92
Gráfico 17. Curva ROC – curva operacional .....	95
Gráfico 18. Prueba Jackknife o de navaja .....	98

## SIGLAS

**ASCII:** American Standard Code for Information Interchange (Código Estándar Estadounidense para el Intercambio de Información)

**CITES:** Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.

**CSV:** Comma Separated Values (Valores Separados por Comas)

**DADI:** Data Access and Data Interoperability (Acceso a datos e interoperabilidad de datos)

**DIGIT:** Digitisation of Natural History Collection Data (Digitalización de la historia natural de recopilación de datos)

**ECAT:** Electronic Catalog of Names of Known Organisms (Catálogo Electrónico de Nombres de Organismos Conocidos)

**GAD:** Gobiernos Autónomos Descentralizados

**GBIF:** Global Biodiversity Information Facility

**GPS:** Sistema de Posicionamiento Global

**HEP:** Habitat Evaluation Procedure (Procedimiento de Evaluación del Hábitat)

**HTM:** HyperText Markup Language (Lenguaje de Marcado de Hipertexto)

**JP:** Juntas Parroquiales

**MAE:** Ministerio del Ambiente

**OCB:** Outreach and Capacity Building (Extensión y Desarrollo de Capacidades)

**ONG:** Organizaciones no gubernamentales

**PNCC:** Parque Nacional Cayambe Coca

**SIG:** Sistema de Información Geográfica

**UICN:** Unidad Internacional de Conservación de la Naturaleza

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

La única especie de la familia Ursidae que se registra en América del Sur, es el Oso Andino, *Tremarctos ornatus* (F.G Cuvier, 1825), su distribución incluye los países de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, hasta Argentina. En el Ecuador su distribución y hábitat se encuentra en la Sierra, Amazonía y estribaciones de los Andes entre los 1.000 m.s.n.m. y 4.300 m.s.n.m; aunque se ha documentado registros inusuales a menos de 1.000 m.s.n.m en las estribaciones orientales de la cordillera del Cutucú (Tirira, 2007), en estos rangos altitudinales atraviesa ambientes húmedos y secos mayormente primarios.

En el Ecuador *T. ornatus*, se encuentra en la categoría En Peligro, según la Lista Roja de Ecuador; Vulnerable, según la UICN, incluido en el Apéndice I de CITES.

La población de esta especie dentro de nuestro país no se conoce con certeza, sin embargo estudios recientes reportan una población importante en los territorios de Oyacachi, comunidad indígena asentada dentro Parque Nacional Cayambe Coca, este hallazgo permite deducir que *T. ornatus*, prefiere ecosistemas saludables.

Por esta razón se eligió como área de estudio al Parque Nacional Cayambe - Coca (PNCC), cuya extensión presenta una gran biodiversidad en donde se han registrado más de 100 plantas endémicas, 900 especies de aves, 140 reptiles, 116 anfibios y 200 especies de mamíferos, dentro de las especies de mamíferos, entre los cuales se resalta la presencia de *T. ornatus* como una especie clave que interviene en la dinámica del ecosistema, promueve la regeneración de la vida dentro del bosque, contribuye a la dispersión de semillas. (FUNAN, 2008).

En la actualidad existen muchas amenazas para la protección del *T. ornatus*, de las cuales se pueden mencionar la fragmentación y pérdida del hábitat a gran velocidad, debido a la deforestación ocasionada por la agricultura migratoria, los incendios forestales y la tala de bosques para madera, el crecimiento de las comunidades y la cacería furtiva debido al conflicto oso – humano han afectado el hábitat específico del Oso Andino, se debe mencionar que estas amenazas a la que está expuesto el Oso de anteojos se han identificado principalmente fuera de áreas protegidas. (Figuerola & Stucchi, 2009).

En base a lo antes mencionado y al conocimiento del peligro de extinción al cual está expuesta esta especie, se ha determinado la importancia del modelo ecológico del hábitat de *T. ornatus*, con la finalidad de identificar cuáles son las condiciones ambientales requeridas para su subsistencia y a la vez el espacio geográfico que ocupa.

### **1.1. Justificación**

El presente estudio se basa en la investigación del Oso de anteojos *T. ornatus*, una de las especies emblemáticas de PNCC cuyo principio de conservación es el mantenimiento y manejo adecuado de su hábitat. (Castellanos et al., 2010).

El modelo ecológico es una herramienta que permite identificar el hábitat específico del Oso de anteojos, las variables bioclimáticas y los recursos que inciden para el desarrollo de esta especie; esta información servirá como base para promover su conservación y el espacio geográfico que ocupa.

Los ecosistemas presentes en el hábitat de *T. ornatus* son de gran importancia, no solamente por la diversidad biológica sino también para el mantenimiento de procesos ecológicos fundamentales para la vida como es la conservación de agua, enriquecimiento del suelo y la producción de oxígeno para el planeta a través de captación de carbono. (Secada & Amanzo, 2009)

El modelamiento ecológico está orientado a determinar el hábitat específico del *T. ornatus* mediante el empleo de sistemas de información geográfica y variables bioclimáticas, lo que dará como resultado cartografía temática de distribución de la especie dentro del área de estudio, facilitando el conocimiento de su distribución, la generación de información que permita tomar decisiones en temas de conservación de los hábitats naturales de *T. ornatus*.

La presente investigación **MODELAMIENTO ECOLÓGICO DEL HÁBITAT DEL OSO DE ANTEOJOS (*Tremarctos ornatus*) EN EL PARQUE NACIONAL CAYAMBE-COCA MEDIANTE EL EMPLEO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**, se realizó dentro del Parque Nacional Cayambe Coca (PNCC), considerando los importantes registros de poblaciones; se enfoca en el análisis espacial y ambiental, reconociendo el hábitat donde la especie puede desenvolverse adecuadamente.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1. Objetivo General

Generar el modelo de nicho ecológico del *T. ornatus* en el Parque Nacional Cayambe Coca.

### 1.2.2. Objetivos Específico

- Obtener el modelo de nicho ecológico dentro del Parque Nacional Cayambe Coca mediante el uso de MAXENT.
- Identificar las variables climáticas que determinan el nicho ecológico de *T. ornatus*.
- Establecer estrategias de conservación en base a un modelo de cambio climático para *T. ornatus*

## 1.3 Pregunta Directriz

¿Cuáles son las variables climáticas que determinan la presencia del *T. ornatus* en el Parque Nacional Cayambe Coca?

¿Cuáles son las estrategias de conservación que se pueden generar a partir del modelo de nicho ecológico de *T. ornatus* en el Parque Nacional Cayambe Coca?

## **CAPÍTULO II**

### **2. REVISIÓN LITERARIA**

El presente capítulo proporciona una sustentación teórica del estudio exponiendo conceptos, teorías y enfoques considerados importantes para el proyecto investigativo; aportando con un marco referencial para la interpretación y discusión de resultados dentro de próximos capítulos.

#### **2.1. Legislación y Políticas de Conservación**

##### **2.1.1. Constitución Política Nacional**

En el CAPITULO 5, en la sección segunda del Medio Ambiente en el Art. 86 se menciona “El Estado protegerá el derecho a la población de vivir en un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado que garantice un desarrollo sustentable”, artículo en el que se asegura la preservación de la naturaleza y donde se contempla en establecimiento de un Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas con la finalidad de garantizar la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios ecológicos de acuerdo a los convenios y tratados internacionales.

En el Art 248, menciona “El Estado tiene derecho soberano sobre la biodiversidad biológica, reservas naturales, áreas protegidas y parques nacionales”, el estado será el responsable de su conservación y la utilización sostenible de los recursos presentes en dichas áreas.

##### **2.1.2. Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre**

En Ecuador, la Ley Forestal y De Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre ampara jurídicamente al *T. ornatus* considerado como una especie en peligro de extinción

de esta manera en el Registro Oficial No. 418 expedido el 10 de Septiembre en el TITULO II, CAPITULO III De la Conservación de la Flora y Fauna Silvestres en el:

Art. 73 dice: “La flora y fauna silvestres son de dominio del Estado y corresponde al Ministerio del Ambiente su conservación, protección y administración...”

Dentro de este artículo se menciona de manera clara la protección de las especies de flora y fauna silvestres que se encuentren en proceso de extinción. Además que en el mismo documento en el TITULO IV habla de las infracciones y penas, a quien realice actividades que atenten contra la conservación de especies animales.

En el Registro Oficial No. 679 del 8 de octubre del 2002, establece: “La protección de las especies que consten en los libros rojos de especies amenazadas del Ecuador, siendo este un documento oficial que será actualizado mediante registro ministerial en caso de ser necesario, la actualización estará basada por estudios ecológicos o estudios que puedan recopilar información de especies amenazadas y la situación actual de su población”.

En el Art 3 dice: “Prohibir la captura, cacería, comercialización y transporte de especímenes vivos, elementos constitutivos y subproductos de las especies incluidas en los mencionados libros rojos, por considerarse amenazadas de extinción”. Se debe mencionar que el no cumplimiento de estos artículos es considerado un delito dentro de las leyes de la República del Ecuador, la consecuencias de estas puede ser el pago de fuertes multas y penas de prisión por varios años.

Se conoce que el estado de conservación a nivel global del *T. ornatus* es Vulnerable según el listado de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza en el Listado de especies amenazadas publicado en el 2013, en el Ecuador, el *T. ornatus* está catalogado como especie en peligro de extinción, pues según estudios se estima que sus poblaciones en la última generación se han reducido por lo menos un 25%, esta especie se caracteriza por tener un tamaño poblacional pequeño se han registrado alrededor de 2500 individuos adultos y ninguna subpoblación supera los 250 individuos maduros. (Cuesta s/f).

### **2.1.3. Ley de la Biodiversidad**

En CAPITULO IV de la Protección de Especies Endémicas y Amenazadas de Extinción, el **Art 59** dice: “Es obligación del Estado la protección en el territorio nacional de las

especies amenazadas de extinción”, en el mismo artículo establece que el organismo de control será el Ministerio de Ambiente en coordinación con entidades públicas o privadas las cuales estén enfocadas a la conservación, investigación y recuperación de las especies teniendo como prioridad la protección de sus hábitats.

**Art. 60** dice: “Se prohíbe la cacería, captura, recolección, tenencia, transporte, comercialización interna y exportación de especímenes, elementos constitutivos y subproductos de especies silvestres amenazadas de extinción que consten en la lista del CITES y aquellas que emitan periódicamente el Ministerio del Ambiente, excepto para actividades de investigación y conservación ex situ, debidamente autorizadas por el Ministerio del Ambiente.”

## **2.2. Nicho ecológico**

El nicho fundamental de una especie está formado por las condiciones ambientales que permiten que una población tenga tasas de crecimiento positivas en la ausencia de la competencia, depredación o enfermedades. En Ecología el término "nicho" ha sido aplicado para describir dos conceptos muy diferentes: Condiciones Ambientales que necesita las especie para subsistir en un lugar determinado sin crear la necesidad de que la especie emigre. (Grinnell, 1917).Convivencia con otras especies (Elton, 1927).

Una especie solo puede evitar la migración si en el medio que se desarrolla, las variables ambientales permiten que la especie incremente su tasa de crecimiento; estas variables también se las conoce como predictores, covariables o variables ecogeográficas independientes; las cuales determinan las dimensiones del espacio ambiental que ocupa una especie. De esta manera Hutchison en 1957 define como nicho ecológico al área en el espacio ambiental que permite el desarrollo óptimo de una especie.

La presencia de una especie en un lugar está limitada por tres aspectos, dentro de los cuales se puede mencionar las definiciones de nicho según tres ecólogos. (Soberon, 2007):

- a) Nicho Grinnellian: la población de una especie crece directamente relacionada a las condiciones que presente el medio para que la especie se desarrolle.
- b) Nicho Eltonian: La subsistencia de una especie está relacionada con las interacciones con otras especies y la persistencia a determinados factores como: depredación, competencia, mutualismo.

La distribución geográfica de la especie depende de la geomorfología del terreno y capacidad de dispersión frente a áreas inaccesibles. Por tanto, el nicho depende de la ecología de la especie, las limitaciones locales y eventos históricos. (Pulliam, 2000).

### **2.3. Empleo de Sistemas de Información Geográfica para el Modelamiento Ecológico**

El empleo de Sistemas de información geográfico está directamente relacionado con la elaboración de modelos ecológicos, generando información de datos que registren la presencia de la especie. Estos Sistemas de Información Geográfica están formados por: equipos, programas, datos, recursos humanos y procedimientos; los que almacenan, analizan y despliegan información geográfica; al realizar interacciones entre los datos pueden ser aplicados para diferentes criterios de investigación.

Los datos geográficos que maneja un SIG se representa en dos formas:

- **Vectorial:** Está compuesto por dos elementos puntos, líneas y polígonos; cada uno tiene una ubicación en el espacio representado por una base de datos gráfica (mapa) relacionada con una base de datos alfanumérica (tabla de atributos).
- **Ráster:** Es un método representado en filas y columnas determinadas por celdas o pixeles que generalmente tiene forma cuadrada, se representa en forma de una matriz. El tamaño de los pixeles determinan la resolución espacial, es decir, si es un pixel con resolución de 25 metros solo trabajará con objetos de ese tamaño.

La aplicación de modelos raster o vectoriales para elaborar un modelo ecológico dependerá si las variables son continuas (raster) o discretas (vectorial).

### **2.4. Hábitat y Sistemas de Información Geográfica**

Al hábitat se la ha definido como el conjunto de condiciones ambientales que intervienen en el desarrollo de una especie animal para cumplir con su ciclo biológico como:

reproducirse, alimentarse y protegerse dentro de una determinada zona. (Gysel & Lion, 1980). La importancia de identificar estos hábitats es la obtención de la información básica de estos requerimientos ecológicos para el cumplimiento de todas las funciones biológicas de diferentes especies, información con la cual el manejo y la conservación de la vida silvestre son posibles. (Morales, 2011).

Para el estudio del hábitat de una especie se han desarrollado los siguientes métodos:

- a) La teledetección espacial y los sistemas de información geográficos (SIGs);
- b) Los procedimientos de evaluación de hábitat utilizados por el United States Fish and Wildlife Service o HEP (habitat evaluation procedures)
- c) Los procedimientos de evaluación de hábitat en un sentido amplio y general.

El desarrollo de la teledetección y los sistemas de información geográficos han dependido de los avances tecnológicos de los años 70 y 80 en las ramas de informática e investigación espacial. La teledetección engloba todos aquellos procesos que permiten obtener determinadas características de una imagen desde el aire o desde el espacio, así como los procedimientos involucrados en su tratamiento posterior con el fin de obtener la información necesaria (Chuvieco, 2009).

En la actualidad, estas tecnologías han sido constituidas con el fin de lograr un mejor análisis de las características temporales y espaciales de los hábitats (Aspinall & Veitch, 2005, Hodgson et al., 2010).

Los parámetros de los hábitats que son detectados por los sensores remotos son:

- Tipo de hábitat definido por la descripción de la Tierra sus Fenómenos y cobertura vegetal.
- Distribución de esos tipos de hábitats,
- Características particulares formaciones hidrológicas, flora y fauna específica.
- Superficie de los tipos de hábitats
- Distancia entre los tipos de hábitat y requerimiento de la especie.
- Cobertura vegetal y calidad del forraje

- Cambios registrados en un área a través del tiempo ya sea por efectos naturales o antrópicos (Chuvieco, 2009, Jiménez, 2010).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) resultan de la combinación de hardware y software que permiten codificar, capturar, almacenar, editar, analizar y visualizar información espacial. El objetivo es la obtención de la información de una forma integrada, organizada, actualizada y permitir generar situaciones complejas de estrategias del problema en estudio. (Guevara, 1987).

Estas técnicas se han enfatizado en la elaboración de modelos predictivos conocidos también como modelos ecológicos de distribución de especies con los cuales se busca analizar de una forma clara la interacción de una especie con el medio donde se desarrolla, identificando cuales son los factores que pueden poner en riesgo la permanencia de la especie en su hábitat. (Morales, 2011).

El objetivo de modelar la relación vida silvestre - hábitat, está usualmente asociada con la predicción. En este contexto el modelaje predictivo se refiere a la estimación de la presencia, distribución o abundancia de una determinada especie o grupo de especies con cierta información sobre las condiciones de hábitat reales o potenciales. (Torres, 2010).

Los Sistemas de Información Geográfica han sido aplicados en diferentes disciplinas del campo científico; su mayor aplicación ha estado relacionada especialmente en la rama de la biología y la ecología. De las cuales se pueden resaltar las siguientes:

- Determinación del hábitat potencial.
- Determinación de las causas de fragmentación de hábitats.
- Distribución potencial de especies.
- Evaluación de biodiversidad a través de especies beta especies que se encuentran entre fragmentos de hábitats. (Morales, 2011).

## **2.5. Modelamientos Ecológicos**

Los modelos de distribución de especies o modelamientos ecológicos son representaciones cartográficas que se basan en la identificación del área idónea para la presencia de una especie en función de las variables que interactúan en el hábitat de la misma. El área idónea o idoneidad se conoce como la relación matemática entre la distribución real

conocida y un conjunto de variables independientes las cuales pueden ser geológicas, topográficas o climáticas, las representaciones cartográficas pueden ser generadas con la participación de una sola variable o con la combinación de algunas variables, esto dependerá del análisis que se desee obtener del modelamiento como resultado final se puede definir los problemas ambientales que amenacen las condiciones óptimas para la presencia de la especie. (Mota et al., 2012).

La variable dependiente está determinada por la presencia o ausencia la cual es dicotómica y las independientes pueden ser cuantitativas (e.g., temperatura o elevación) o nominales (e.g., litología o uso del suelo). Por medio de los métodos implicados y la interacción de las variables se generarán valores numéricos por cada punto del área de estudio, este valor va a determinar, directa o indirectamente, el área idónea de presencia de la especie en función de los valores locales de las variables independientes ya sean estas cualitativas o nominales. (Mota et al., 2012).

Los primeros modelos de distribución de especies elaborados mediante la aplicación de variables ambientales fueron registrados aproximadamente hace 50 años. (Godron, 1965). El empleo de los sistemas de información geográfica permitió la elaboración de construcciones cartográficas en sentido estricto. Las primeras metodologías se basaron esencialmente en la determinación de envueltas ambientales (Nix, 1986), método que continúa utilizándose (Vargas et al., 2004, Tsoar et al., 2007). A la fecha se han desarrollado técnicas de modelización más complejas y flexibles que buscan superar problemas como la colinearidad entre variables independientes, la fase de levantamiento de información en el área de estudio, entre otros (Phillips et al., 2009).

La elaboración de los modelos de distribución de especies contempla una serie de pasos de los cuales se desprenden algunas alternativas dependiendo la calidad del resultado que se desee alcanzar con la investigación. La recopilación de información como primer paso se asocia a la presencia de la especie que es una representación matemática o estadística más la correlación que tiene con las variables independientes que describen las condiciones ambientales. (Phillips, 2008).

Al constatar la relación se realiza la extrapolación con el área de estudio con lo que se obtiene un valor para cada presencia registrada siendo esta la probabilidad de presencia de la especie en esa área del terreno, un modelamiento señalará solo áreas que presente una

similitud ambiental de cada punto del terreno con las zonas de presencia actual de la especie. La probabilidad de presencia en la generación del modelo consiste en identificar zonas potencialmente ambientales muy alejadas geográficamente de donde se han registrado las presencias; es decir el modelo identifica zonas donde no se han registrado presencias aunque potencialmente las condiciones ambientales fueran favorables para su desarrollo. (Mota et al., 2012)

Los modelos ecológicos han recibido diferentes nombres en relación a su interpretación. Por ejemplo, modelos de nicho ecológicos, modelos predictivos de distribución. Sin embargo el término más empleado en estudios es "modelos de distribución de especies", reflejado en un mapa cartográfico en el que se puede identificar el hábitat potencial o nicho ecológico óptimo de una especie. (Mota et al., 2012).

## **2.6. Modelo de nicho ecológico**

Los ecosistemas son complejos sistemas ya que comprende diferentes factores biológicos, climáticos y geológicos, que a su vez se interrelacionan con factores sociales, políticos y económicos; para generar una serie de procesos ambientales que determinan el desarrollo de la evolución de cada ecosistemas en el tiempo. (Blanco, 2013). El estudio de los ecosistemas en los que se relaciona la ecología – investigación en el desarrollo de la gestión de un ecosistema, requiere abordar tres componentes: conocer, entender y predecir; la implementación de estos componentes permite la resolución de problemas en el tema de la relación entre la humanidad y los recursos naturales. (Kimmins, 2010).

El modelamiento ecológico se basa en la aplicación de algoritmos estadísticos para relacionar los requisitos ecológicos del hábitat fundamental de una determinada especie, a partir datos de presencias y datos de variables ambientales espacialmente continuas, las cuales pueden ser relacionadas y comparadas mediante la aplicación de los sistemas de información geográfica y metodologías existentes sobre modelamientos ecológicos (Graham et al., 2008, Ron, 2009).

Mediante el modelamiento ecológico se puede describir aquello que se ha identificado como “apropiado” para la determinación del hábitat de una especie ya que se realiza una correlación entre las dimensiones ecológicas y el análisis de patrones entre las características bioclimáticas de los lugares donde se registre la presencia de la especie

dentro de un área de estudio, el objetivo de un modelo ecológico está unido intrínsecamente con el problema en el cual el modelizador está interesado. (Polo, 2013). Los resultados generados serán proyectados en dimensiones espaciales, produciendo áreas geográficas de presencia “predicha” o “proyectada” para cada especie (Phillips et al. 2009), o áreas de ocupación donde se pueda identificar las variables bioclimáticas que interactúen con una especie.

Según Martínez y Meyer (2004), la aplicación del modelamiento ecológico enfocado en la distribución de una o varias especies ha representado un avance en comparación con los métodos convencionales siendo esta una técnica clave y clara para la elaboración de planes de conservación.

Phillips (2009) “Por esta razón, este método se está constituyendo en una herramienta cada vez más importante para que biólogos de la conservación provean de estimaciones a gran escala del área ocupada por especies, cuyas aplicaciones son útiles para el campo de la conservación, macroecología, planificación de áreas protegidas, ecología, evolución, epidemiología, manejo de especies invasivas y muchos otros campos”.

Como fue diferenciado por Hutchinson (1957), el nicho fundamental de una especie es una construcción teórica, conformada por los recursos naturales, condiciones climáticas y ecosistemas que incidan en el corredor biológico de la especie, de los cuales dependerá la supervivencia de la especie con el paso de los años; es decir, que asegure la viabilidad de la presencia de la especie a largo plazo.

## **2.7. Modelo de Máxima Entropía (Maxent)**

Es una técnica que genera internamente pseudo-ausencias, la función es encontrarla distribución uniforme, (probabilidad de máxima entropía) para la especie estudiada, lo que trata de representar este modelo es la idoneidad de la especie para ser encontrada en un determinado píxel, mas no, como la probabilidad absoluta de encontrarlo dentro del mismo. (Soberon, 2012).

La idea general de Maxent es estimar una probabilidad de distribución de un objetivo encontrando la distribución uniforme más cercana de la especie en estudio, dentro de la elaboración se puede identificar una serie de restricciones, siendo estas las siguientes: información incompleta de la distribución de la especie por el difícil acceso a áreas, debido

a la accidentabilidad del paisaje, las condiciones climáticas que impidan el levantamiento de datos en campo o a su vez por la movilidad de la especie en estudio. Es un programa que modela la distribución geográfica de las especies, que utilizará como datos únicamente los sitios de presencia registrados y las variables bioclimáticas que incidan a cada uno de los puntos de presencia. Las ventajas que se pueden mencionar. (Soberón & Nakamura, 2009).

Algunas ventajas de Maxent:

- a. Sólo requiere datos de presencia.
- b. Las variables que se apliquen para el modelo pueden utilizar datos continuos y categóricos.
- c. Algoritmos (deterministas) eficientes que garantizan que se converja en la distribución de probabilidades propia (máxima entropía).
- d. El sobre ajuste se evita.
- e. El resultado es continuo, permitiendo distinguir cambios en la adecuación modelada en diferentes áreas.

El objetivo de Maxent se enfoca en encontrar la distribución de probabilidad de máxima entropía sujeta a las limitaciones atribuidas a la información que se registra de distribución de las especies y las condiciones ambientales presentes en el área de estudio. Maxent computa una distribución de probabilidades con base en las variables ambientales del área de estudio. De esta manera; si el área es mayor a 600,000 píxeles se toma una muestra aleatoria de unos 100,000 píxeles “background” para representar las condiciones ambientales de la región. (Soberon, 2012).

Para encontrar las distribuciones con mayor entropía Maxent aplica un algoritmo conocido como “sequential update algorithm”; el cual realiza una ponderación a las variables utilizadas con la finalidad de ajustar el modelo siendo la predicción más real. (Dudik et al., 2004). Es un algoritmo determinístico que según los autores y distintas pruebas empíricas garantiza que convergerá en la distribución de probabilidades Maxent. Al terminar el proceso de iteración Maxent asigna una probabilidad negativa cada pixel del área total de estudio, que al final deben sumar 1, por lo que se aplica un valor de corrección para hacerlos positivos y que sumen entre todos 100%; este porcentaje indica la probabilidad de ocurrencia de la especie. (Soberon, 2012).

### **2.7.1. Formato de variables para Maxent**

Para obtener el modelo de nicho ecológico mediante el uso de Maxent las variables o capas bioclimáticas (WorldClim) se deben cargar en formato ASCII, los datos de presencia deben constar del nombre de la especie y coordenadas geográficas que deberán ser guardados en archivos de formato CSV generados en Excel. Los resultados generados por Maxent son mapas de probabilidad de distribución en Ascii, hoja de resultados en Html con imágenes de los mismos mapas en (\*png) y una serie de estadísticos de validación, empleados para la interpretación del modelo. (Young, Carter & Evangelista, 2011).

### **2.7.2. Umbral de decisión**

La interpretación de un modelo distingue las áreas adecuadas para la especie y las inadecuadas, para establecer un umbral de decisión, por arriba del cual el modelo resultante es considerado como una predicción de presencia. La determinación de este umbral cumple estos puntos:

1. Se selecciona el valor de predicción más bajo asociado a los registros de presencia de la especie; este será el umbral de presencia más bajo definiéndole como el umbral conservativo. (Young, Carter & Evangelista, 2011).
2. La aproximación más liberal se establece al aplicar un umbral fijo que rectifique sólo el 10% más bajo de los posibles valores predichos.

Maxent muestra pruebas estadísticas para determinar la validez de los modelos encontrados con las cuales es posible determinar que variables que inciden más o son las más importantes para el modelo determinado. (Young, Carter & Evangelista, 2011).

### **2.7.3. Jackknife (Jackknife model testing)**

Una prueba estadística generada por el software Maxent la cual consiste en excluir una de las localidades observadas en cada corrida del modelo; es decir, se calcula un valor de probabilidad  $P$  para cada especie a través de todas las probabilidades de predicción de jackknife. Esta prueba permite reconocer cuál de las variables es más importante para la presencia de la especie. (Young, Carter & Evangelista, 2011).

Maxent presenta una curva de omisión de datos de prueba de puntos aleatorios contra omisión de datos de entrenamiento. La grafica resultante estará determinada según la elección de un umbral acumulativo. El objetivo de esta curva busca que la omisión de prueba se ajuste a la omisión de entrenamiento. Ver gráfico 1 de la curva de omisión de un modelo. (Young, Carter & Evangelista, 2011).

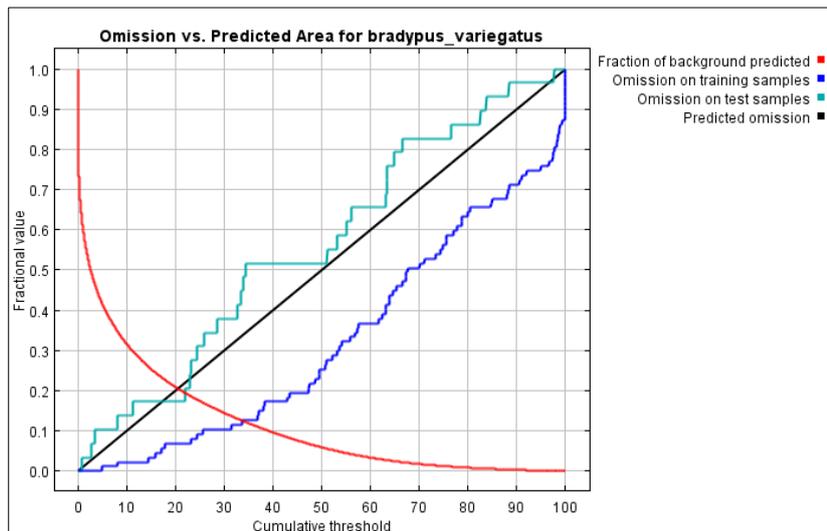


Gráfico 1 Ejemplo del manual de Maxent.

#### 2.7.4. Curvas ROC (Receiver operating characteristic analysis)

La curva ROC permite evaluar el rendimiento de un modelo en todos los posibles umbrales mediante un número que se lo conoce como el área bajo la curva o (AUC). Las curvas nos permiten comparar también el rendimiento entre distintos tratamientos y algoritmos; al realizar la comparación de modelos de Maxent y GARP con esta aproximación, resultando mejor Maxent en la mayoría de las pruebas. Como ya se mencionó un parámetro para evaluar la bondad de la prueba es el área bajo la curva que toma valores entre 1 modelo de predicción válido y 0.5 esta valor califica como un modelo no real.

En la curva ROC se representan gráficamente los puntos de prueba y los de entrenamiento; de manera que al ajustar bien al modelo los datos de entrenamiento tiene un valor mayor a 0.9, se estará indicando que la capacidad del modelo para predecir es aceptable. Si los datos de prueba son menores o iguales a 0.5 y además en la gráfica están debajo de la línea diagonal, se indica que el modelo es peor que un modelo aleatorio. Idealmente se busca que las curvas estén en el extremo superior izquierdo lo que indica que no hay ningún error

de omisión o 100% de sensibilidad y ningún error de comisión o 100% de especificidad. Tal como se indica en el gráfico 2. (Soberon, 2012).

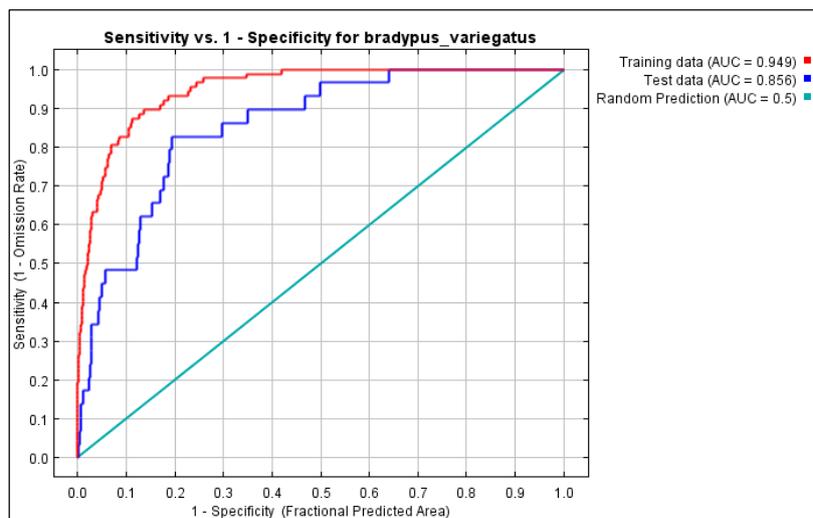


Gráfico 2 Ejemplo de Maxent

## 2.8. Monitoreo de Registros Biológicos Indirectos (MRBI)

Los métodos empleados para el monitoreo de especies animales se pueden categorizar en dos tipos: monitoreo de registros directos; el cual necesita de una interacción directa con la especie y monitoreo de registros indirectos, se enfocan en extraer información a partir de rastros o huellas que se puedan identificar de una especie. (Torres, 2011).

Aplicar el monitoreo de registros biológicos indirectos (MRBI) consiste en la obtener información a partir de la identificación de señales: huellas, fecas, marcas en árboles, comederos, madrigueras, etc., que indiquen la actividad del animal dentro del área de estudio. (Torres, 2011).

La efectividad de la aplicación de este monitoreo dependerá de un previo estudio de todo el comportamiento de la especie y tener el conocimiento para reconocer los registros que la especie puede dejar para comprobar su presencia dentro de un área determinada. Este monitoreo ha sido aplicado en muchos estudios dando resultados excelentes ya que es un método que no representa una demanda de dinero, permitirá optimizar el tiempo del investigador, su implementación es fácil, cubre grandes extensiones y se puede obtener patrones pilares para la generación de un análisis del hábitat de la especie en estudio. (Torres, 2011).

Para la realización de este monitoreo se deberá tomar en cuenta los siguientes puntos que se desarrollarán en la fase de campo:

- Diseño del plan de Monitoreo de Registros Biológicos Indirectos
- Identificación del registro
- Toma de puntos GPS
- Identificación del tipo de formación vegetal presente
- Medición de altitud
- Medición de ángulos de orientación del terreno
- Medición de pendientes del terreno
- Registro de observaciones tomadas en campo

Al realizar la recopilación de toda la información levantada en campo se dispone de un conjunto de registros biológicos que serán aplicados en la elaboración de los modelamientos ecológicos. (Peralvo, 2000). Estos registros podrán ser: huellas, fecas, comederos, senderos empleados por animales para su desplazamiento, marcas en los árboles, resto pelo, madrigueras y también observaciones directas, para ser considerado como un registro dentro de un monitoreo de registros biológicos indirecto cada registro encontrado deberá ser georeferenciado a demás se considerará variables adicionales que ayuden con la caracterización ecológica de la zona de estudio. (Peralvo, 2000).

### **2.8.1. Diseño de Monitoreo de Registros Biológicos Indirectos**

El diseño de una de red de muestreo consta de un conjunto de rutas a recorrer, las cuales deben cumplir con ciertas características o requerimientos para definir un nivel de confiabilidad apropiado para este tipo de estudios. Para el diseño de la red de monitoreo se puede considerar posibles normativas establecidas o recomendaciones que han sido aplicadas en otros estudios, sin embargo el diseño de la red de monitoreo tendrá características propias que dependerán de fisiografía y criterio del investigador. Los requerimientos sugeridos para la realización de este tipo de estudios se consiguen

apegándose a los siguientes criterios determinados Phillips & Dudík (2008) y sistematizados por Soberon & Nakamura (2009) y se detallan a continuación.

- Selección de las rutas: Las rutas serán distribuidas espacialmente de una manera uniforme el objetivo es cubrir toda el área de estudio tomando en cuenta sus características geográficas, zonas de vida, todos los hábitats deberán ser considerados dentro de las rutas, el número total de rutas a recorrer deberán ser distribuidas proporcionalmente a la ocurrencia de terminado tipo de hábitat.
- Longitud de segmentos: Es la unidad básica del muestreo se trata de una distancia predeterminada, esta distancia estará determinada de acuerdo al comportamiento de la especie en estudio tomando en consideración la dimensión del área que utiliza para su movilización.
- Longitud de la ruta.- La longitud de la ruta depende del número de segmentos de ruta está determinado por la densidad de registros que se encuentren en el área de estudio y por los objetivos que se persiguen.
- Identificación de las especies: Dependerá de un buen reconocimiento de los registros encontrados en campo para no confundir con rastros de otras especies existentes en el medio.
- Experiencia de los observadores para el reconocimiento de los rastros.
- Períodos de monitoreo: El periodo de monitoreo dependerá de los resultados que se desee obtener de los estudios de las especies que sea estudios de poblacionales y uso de hábitat.

## **2.9. Base de Datos Climáticos Worldclim**

WorldClim fue desarrollado por investigadores del Museo de Zoología de Vertebrados (Museum of Vertebrate Zoology) de la Universidad de California en Berkeley; entre los que se puede nombrar a Robert J. Hijmans, Susan Cameron, Juan Parra, Peter Jones y Andrew Jarvis (CIAT), y Karen Richardson (Rainforest CRC), en el 2005.

WorldClim es una base de datos climáticos y altitudinales obtenidos por estaciones meteorológicas en el transcurso de 50 años (1950-2000), estos datos pueden ser

descargados de internet de manera libre, la información proporcionada por WorldClim se la obtiene en forma de capas cuadrículas, estas capas tiene la información con 1km<sup>2</sup> de resolución espacial donde cada celda equivale a 30 arcossegundos, siendo esta resolución para el Ecuador de 0.86 km<sup>2</sup> y registrando una menor resolución para el resto de los países. La principal aplicación de esta información se ha enfocado para la elaboración de modelamientos espaciales en sistemas de información geográfica. (Hijmans et al 2005)

Los datos de WorldClim incluyen información derivada de valores mensuales de precipitación y temperatura, además de presentar variables continuas con tendencias anuales y de estacionalidad, identificando factores ambientales externos o limitantes. Se han desarrollado 19 variables bioclimáticas las cuales han sido catalogadas como variables significativas hablando en términos biológicos. A continuación se presenta un listado de las 19 variables bioclimáticas de WorldClim:

Tabla 1 Descripción de variables bioclimáticas Worldclim

<b>VARIABLE BIOCLIMÁTICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
BIO1	Temperatura anual promedio
BIO2	Rango de temperatura diurno promedio
BIO3	Isotermalidad
BIO4	Estacionalidad de la temperatura Temperatura máxima del mes más
BIO5	cálido
BIO6	Temperatura mínima del mes más frío
BIO7	Rango anual de temperatura
BIO8	Temperatura promedio del cuatrimestre más húmedo
BIO9	Temperatura promedio del cuatrimestre más seco
BIO10	Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido
BIO11	Temperatura promedio del cuatrimestre más frío.
BIO12	Precipitación anual
BIO13	Precipitación del mes más húmedo
BIO14	Precipitación del mes más seco
BIO15	Estacionalidad de la precipitación
BIO16	Precipitación del cuatrimestre más húmedo
BIO17	Precipitación del cuatrimestre más seco
BIO18	Precipitación del cuatrimestre más cálido
BIO19	Precipitación del cuatrimestre más frío.

Fuente: Hijmans et al 2005

Elaborado por: La autora

## **2.10. Base de datos Mundiales de Biodiversidad**

### **2.10.1 Base de Datos Virtual GBIF**

La Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad (GBIF) es una organización intergubernamental puesta en marcha en 2001 y que comprende en la actualidad 53 países y 43 organizaciones internacionales, con una secretaría internacional en Copenhague. El objetivo de GBIF es apoyar la investigación científica, fomentar la conservación biológica y favorecer el desarrollo sostenible, por medio del acceso a los datos de biodiversidad de todo el mundo de una forma gratuita.

GBIF se inicia en 1996 a través de un grupo de trabajo de la OCDE denominado "*Mega Science Forum Working Group*" el cual tenía como objetivo lanzar iniciativas científicas de interés fundamental para estudios de conservación pero que por su escala no eran abordables por país alguno. De esta manera surge el concepto de GBIF una aplicación informática como herramienta para recopilar y administrar información proveniente de la naturaleza para estudios de biodiversidad, es así como GBIF se constituye formalmente en el 2001.

En octubre de 2010, en la 17ª Reunión de la Junta de Gobierno realizada en Corea, GBIF se da continuidad a la red de manera indefinida además fue aceptado por todos los delegados de GIBF un presupuesto para la organización internacional que abarca el periodo desde 2010 hasta el 2016, esta organización resalta la importancia de la red tanto para los gobiernos como para la ciencia, la conservación y la sostenibilidad de la biodiversidad de especies existentes en los diferentes países.

Las prioridades de GBIF se concentran en el nivel de organismos enfocado en la prioridad inicial de las colecciones.

En la actualidad GBIF ha puesto cuatro programas en marcha de gran importancia para esta organización los cuales se citan a continuación:

- a) Tecnología e interoperabilidad (*Data Access and Data Interoperability - DADI*)
- b) Catálogo de nombres (*Electronic Catalog of Names of Known Organisms- ECAT*)

- c) Informatización de colecciones de historia natural (*Digitisation of Natural History Collection Data - DIGIT*)
- d) Formación y cooperación (*Outreach and Capacity Building - OCB*).

GBIF se concibe como una red de bases de datos interconectadas que pretende ser una herramienta básica para la recopilación de información de registros de especies tanto de especies animales como vegetales el objetivo de la aplicación de esta información es el desarrollo científico para a nivel mundial y contribuir de manera significativa para el desarrollo de programas de protección y estrategias de uso de la biodiversidad en el planeta. (GBIF 2010)

### **2.10.2 Base de Datos Virtual Vertnet**

VertNet es una herramienta diseñada para recolectar datos sobre biodiversidad disponibles de forma gratuita para ser aplicados en cualquier tipo de investigación; coleccionista son los encargados de contribuir con datos sobre biodiversidad con el objetivo de ir mejorando. (NSF, 2010)

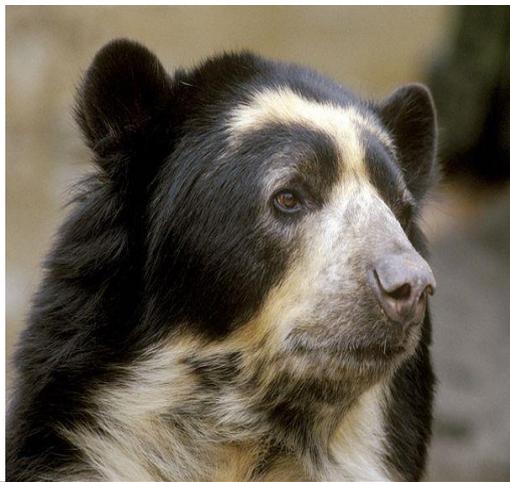
El equipo VertNet incluye colaboradores de las universidades de California, Colorado, Kansas y de Tulane, y socios de amplia gama de proyectos de biodiversidad, que están trabajando para construir sobre los éxitos de cuatro redes de vertebrados clásicos, para combinarlos en un portal de datos integrada única, y resolver los problemas que enfrentan estas redes. El objetivo es diseñar, implementar y mantener una estrategia de computación basada para crear una plataforma de datos rápida, sostenible y escalable con capacidades y aplicaciones para el descubrimiento de datos, mejora de la calidad de datos y visualización que van más allá de las de las redes actuales. (NSF, 2010)

### **2.10.3 Base de Datos Virtual ManisNet**

Con el apoyo de la Fundación Nacional de Ciencia, diecisiete instituciones norteamericanas y sus colaboradores desarrollaron el Sistema de Información de Red de Mamíferos. Los objetivos originales de MaNIS fueron: 1) facilitar el acceso abierto a los datos de muestras combinadas desde un navegador web, 2) aumentar el valor de colecciones de especímenes, 3) conservar los recursos, y 4) el uso de un paradigma de diseño que puede ser fácilmente adoptada por otras disciplinas con necesidades similares. (Wieczorek, 2001)

En el momento de su creación, el desarrollo de MaNIS es dirigido de manera directa a los museos de historia natural con la finalidad de construir y mantener una infraestructura informática de la biodiversidad para facilitar y mejorar la investigación, la educación y la conservación de las especies. MaNIS continúa con la expansión de la red que permitirá la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad en toda su complejidad a medida de disponer con información que pueda ser aplicada para contrarrestar los impactos humanos sobre los sistemas ecológicos de la Tierra durante el siglo 21. (Wieczorek, 2001)

## 2.11. Descripción General del *T. ornatus*

Oso de Andino	
	
Clasificación científica	
<b>Reino:</b>	<i>Animalia</i>
<b>Filo:</b>	<i>Chordata</i>
<b>Clase:</b>	<i>Mammalia</i>
<b>Orden:</b>	<i>Carnivora</i>
<b>Familia:</b>	<i>Ursidae</i>
<b>Género:</b>	<i>Tremarctos</i>
<b>Especie:</b>	<i>T. ornatus</i>

Cuadro 1 Descripción taxonómica

El *T. ornatus* es mediano, ocupando el cuarto en tamaño entre los úrsidos, (ver cuadro 1), su peso comprende desde 70 a 195 kg con un tamaño entre 1.50 y 2.10 metros; presenta dimorfismo sexual, la estatura y el peso de la hembra suele ser un 40% menos que la registrada por el macho (Castellanos, 2010). Tiene pelaje en su mayoría negro áspero con un largo de 55 a 120 milímetros, además que una de sus características principales que presenta son manchas de color café claro, blanco o crema en su hocico, con una línea que normalmente se extiende alrededor de los ojos y la nariz, bajando por el cuello hasta el pecho; estas manchas son distintivas para cada individuo, como las huellas dactilares humanas. (Castellanos, 2010).

Según el rango de elevación, el *T. ornatus* predomina en los bosques húmedos de los Andes con rangos de precipitación anual mayor a los 2000 mm, también se le encuentra en

páramos y zonas semiáridas cuyas precipitaciones están cercanas a los 25mm. Prefiere vivir en los pisos montanos que van de los 500 a los 3.800 m aunque llega a altitudes de 4.750 m. (Restrepo, 2010).

### 2.11.1. Morfología

El Osos andino es un animal plantígrado de tamaño mediano en relación con los otros géneros vivientes de la familia Usidae. Presenta un cuerpo robusto y macizo con cuello corto; las patas son anchas y cortas en comparación a su tamaño, cada una tiene cinco dedos con fuertes garras no retráctiles, curvadas, achatadas lateralmente y aguzadas; por estas características les permite ser grandes trepadores; suben a las partes altas de los árboles para: alimentarse, protegerse y construir nidos o plataformas para descansar. (Albarracín, 2010).

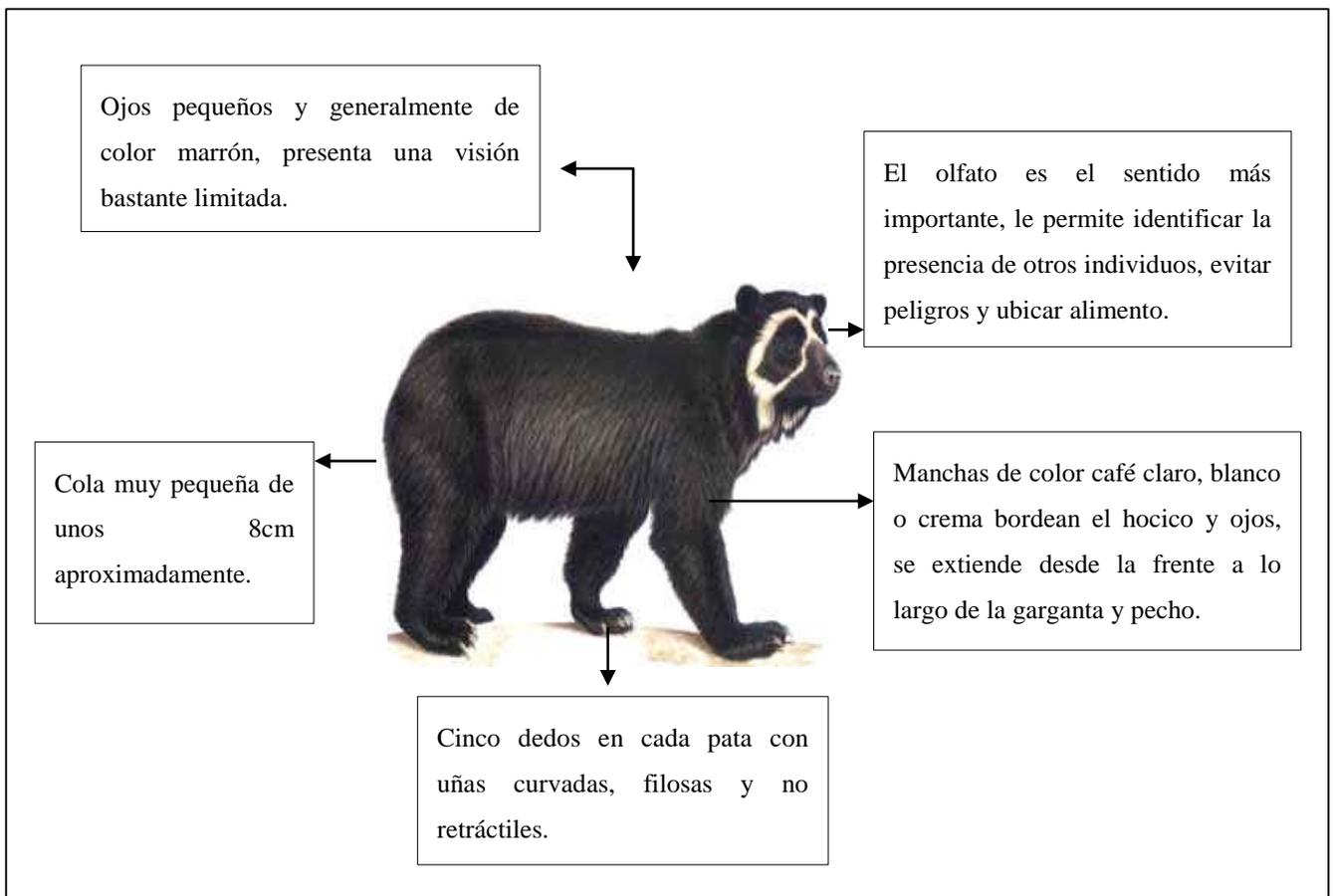


Gráfico 3 Morfología del *T. ornatus*.  
Fuente: Torres, 2011

### **2.11.2. Hábitos**

El *T. ornatus* es un animal aparentemente solitario. Sin embargo, se ha observado que pueden formar agregaciones en zonas de concentración temporal de alimento. Los Osos de anteojos pueden ser animales diurnos, son excelentes trepadores y pueden pasar bastante tiempo en las ramas más altas de los árboles, para alimentarse de frutas y bromelias epifitas, o simplemente para descansar en plataformas semejantes a nidos construidos con ramas y hojas. La dieta reportada para el Oso frontino es muy variada y está compuesta básicamente por materia vegetal, aunque también consume animales como insectos, aves, pequeños mamíferos y carroña de ganado doméstico. (Torres, 2011).

El promedio de área que ocupa el *T. ornatus* es de 150 km<sup>2</sup> para el macho y 34 km<sup>2</sup> para la hembra aproximadamente aplicando el método del polígono convexo; se ha identificado que solo los osos machos cruzan fragmentos de bosques por medio de las quebradas que a su vez sirven corredores que ayudan a mantener el flujo genético. (Castellanos, 2010).

### **2.11.3. Reproducción**

La reproducción parece estar más determinada a la disponibilidad, acceso y abundancia de recursos alimentarios, muchos de los cuales son de origen vegetal y de disponibilidad temporal. Al igual que otras especies de osos, el *T. ornatus* presenta un mecanismo biológico conocido como la implantación retardada, es decir; se detiene el desarrollo del embrión hasta un momento más adecuado, cuando las condiciones ambientales sean las más propicias para asegurar el nacimiento y la crianza de los oseznos. Abren los ojos después del primer mes, cuando el pelaje se torna color negro y ostentan las manchas blanco-amarillentas que caracterizan a la especie. (Torres, 2011).

### **2.11.4. Dieta y comportamiento alimenticio**

El *T. ornatus* mamífero que pertenece a la orden carnívora, sin embargo la base de su dieta es de origen vegetal. Las plantas que se han identificado como base de la dieta del oso son los suros (*Chusquea spp.*), palmas. Heliconias, bijaos (*Calathea spp.*); en el páramo se alimenta principalmente de bromelias (*Puya sp*, *Guzmania sp*), frailejones (*Espeletia pycnophylla spp*, *angelensis*) y mortiños (*Vaccinium spp*); al encontrarse cerca de zonas de cultivos consumen maíz, bananeras y cañavelares.

Al considerar al *T. ornatus*) como un gran trepador de árboles pueden consumir alimentos de diferentes ciclos de maduración de manera que se traslada por diferentes tipos de ecosistemas para alimentarse de higuera (*Ficus spp*), aguacatillo (*Nectandra spp*), arrayán (*myrcianthes spp*), canelo (*Ocotea spp*). Para la obtención de proteínas ingieren lombrices, insectos, larvas, huevos osos. Este plantígrado se ubica en el cuarto nivel de la pirámide alimentaria junto con otros omnívoros, su importancia ecológica se deriva en este punto ya que se lo considera como un polinizador y transportador de semillas. (Torres, 2011).

#### **2.11.5. Requerimientos del Uso Del Hábitat del *T. ornatus***

El *T. ornatus* tiene inclinación por las zonas húmedas de abundante vegetación arbórea en elevaciones altas, como las selvas lluviosas en la alta montaña, los denominados bosques de niebla, con precipitaciones mayores a 1.000 mm. Abarca un rango de elevación que oscila entre los 300 – 3.800 m.s.n.m. Así mismo habita en zonas húmedas en las montañas donde predominan pequeños arbustos, herbáceas y vegetación típica de los páramos. Actualmente el hábitat usado por la especie, está restringido a las partes altas, consecuencia del desplazamiento originado en la ampliación de la frontera agropecuaria y la presión ejercida por los pobladores de estas zonas, situación que se remonta desde los inicios de la colonización masiva de las estribaciones andinas hasta el presente.

Los bosques y zonas considerados como hábitat de oso andino, son los siguientes:

- Bosques secos espinosos Se encuentra esta formación entre 1.000 a 2.000 m.s.n.m., en terrenos de topografía plana a ondulada. Cubre el extremo Sur de la provincia. Su paisaje se caracteriza por arbustos espinosos de hojas coriáceas, pequeñas y por una cubierta de gramíneas en mezcla con cactáceas y arbustos pequeños. En la vegetación original se encuentran algunas especies maderables de importancia, caracterizados por su crecimiento lento y por su dureza. Gran parte de estas maderas han sido taladas. La falta de humedad no permite cosechas agrícolas.
- Bosque montano húmedo: Esta zona se encuentra por arriba de los 2.000 m.s.n.m., extendiéndose por la cordillera occidental hasta los 2.900 m.s.n.m., mientras que en la cordillera oriental su altitud es de 3000 m.s.n.m. Su precipitación promedio anual es de 1.000 y 2.000 milímetros, registrando temperaturas medias anuales de 12 y 18°C.
- Bosques nublados: Esta zona se encuentra por arriba de los 2.000 msnm, extendiéndose por la cordillera occidental hasta los 2.900 m.s.n.m., mientras que en la cordillera

oriental su altitud es de 3.000 m.s.n.m. Su precipitación promedio anual es de 1.000 y 2.000 milímetros, registrando temperaturas medias anuales de 12 y 18°C.

- Bosques subtropicales: Las condiciones climáticas correspondientes a esta zona de vida son variables por las influencias de los anticiclones y los vientos alisios que atraviesan el país. El régimen pluviométrico que tiene esta zona de vida es parecido al del bosque húmedo Subtropical, a excepción de las lluvias orográficas más intensas. Estas lluvias, por ser de mayor duración, influyen principalmente en la composición de la flora y en la fisionomía de la vegetación. El patrón de lluvia para esta formación varía desde 2.200 mm hasta los 4.400 mm en promedio. La temperatura de esta zona de vida varía según la ubicación de las áreas. Las que están cerca de la costa tienen como biotemperatura media anual 24 °C. Sin embargo, las zonas que están en las vertientes de las cordilleras tienen biotemperaturas medias que disminuyen hasta los 18 °C.
- Zonas de páramo: El carácter distintivo de esta formación es su vegetación de tipo pajonal donde las especies dominantes son las gramíneas. Por su altura es libre de la influencia humana encontrándose aún animales salvajes como el venado y el oso.

La mayor parte de páramos forman parte del hábitat del Oso de anteojos, dentro de estas zonas están considerados los matorrales, pastizales y bosques alto andinos. Se puede registrar la presencia del oso en otros tipos de ecosistemas pero estos solo serán sitios de paso del Oso. Este tipo de ecosistemas que son importantes para la especie se la identifica alrededor de 3.000 m.s.n.m. la cobertura vegetal que se encuentra presenta una mezcla de cobertura natural e intervenida. (Sanchez, 2012).

Dentro del Ecuador la mayoría de presencias de osos se registra principalmente en los bosques montanos húmedos y muy húmedos, estos bosques presentan una fisiografía accidentada, además que el suelo no es para las actividades agropecuarias; es decir que se puede observar vegetación natural especialmente forestales, se registra una altitud alrededor de 1.000 y 2.700 m.s.n.m. (Sanchez, 2012).

Sin embargo, se puede evidenciar amplios desplazamientos altitudinales que registran un variado complejo de hábitats a distintas elevaciones con la finalidad de satisfacer sus todas sus actividades biológicas que desarrolla dentro su corredor biológico, además se considera que su presencia en altitudes más bajas se relacionan a la falta de alimento en las partes altas y el grado de intervención del hábitat. (Sanchez, 2012).

Su dieta está relacionado con la zona de vida el *T. ornatus* utiliza estacionalmente el páramo y los bosques húmedos. En el páramo, la dieta se rige especialmente de bromelias terrestres del género *Puya sp.* (Vela, 2009).

## **2.12. Parque Nacional Cayambe Coca**

El Parque Nacional Cayambe Coca (PNCC) está ubicado al nororiente del país, ocupando cuatro provincias: Imbabura y Pichincha en la Sierra (25%), Sucumbíos y Napo en la Amazonía (75%); (Tituaña 2006; Paredes et al. 1998). Al oeste limita con los páramos del Antisana y el Cayambe, donde nacen los valles interandinos de los ríos Chota y Guayllabamba; al sur con el Nudo de Tiopullo; al norte con el sector La Bonita en la frontera con Colombia; y al este con la cuenca del Río Napo. (Vallejo, 2011).

La topografía del área se caracteriza por su irregular relieve, con empinadas pendientes, que encierran pequeños valles en forma de “U” y “V” que se van ampliando a medida que avanzan hacia el este.

### **2.12.1. Descripción del área de estudio**

Para la descripción del área de estudio se ha tomado como referencia información generada por el parque en estudios anteriores como son el plan de manejo y también las observaciones realizadas en la fase de campo dentro de esta descripción se ha tomado en cuenta la parte abiótica y biótica que conforma el ecosistema información que nos ayudará a conocer como está formada el área de estudio y como es el hábitat del oso. (Vallejo, 2011).

### **2.12.2. Aspecto Abiótico**

Dentro del aspecto abiótico se encuentran los elementos físico - químicos que componen al ambiente como por ejemplo: las formas de la tierra, el sistema hídrico, edafología, temperatura, clima, precipitación, es muy importante tomar en cuenta estos factores debido a que su relación con el tipo de investigación de este estudio es muy importante. (Vallejo, 2011).

### **2.12.3. Geología**

Al interior de la PNCC se han identificado diversas formaciones de edades que van desde el Paleozoico hasta el Holoceno, como es el caso de las rocas metamórficas, que

constituyen el almacén de la Cordillera Oriental; una parte del batolito de Abitagua; las rocas sedimentarias Cretácicas; y los depósitos laháríticos y aluviales. La presencia de sistemas de fallas transcurrentes dextrales; del sistema del piedemonte Oriental; de estructuras basculadas; y unidades morfológicas anómalas, como la depresión que se encuentra a lo largo del río Quijos entre Baeza y el volcán Reventador, son indicadores de un intenso proceso tectónico, desarrollado desde el pre-Cretácico y acentuado durante el Terciario, con la emersión generalizada de la Cordillera de los Andes, lo cual a su vez está determinado por esfuerzos complejionales, provocados por el empuje de la Placa Oceánica de Nazca, hacia el este y de la Placa Sudamericana hacia el oeste. (Vallejo, 2011).

#### **2.12.4. Geomorfología**

El PNCC presenta paisajes geomorfológicos y formas de relieve relacionadas con la edificación de la Cordillera de los Andes y específicamente con los procesos endógenos y exógenos desarrollados sobre la Cordillera Oriental, donde el vulcanismo y los glaciares generados durante Pleistoceno y Holoceno y las condiciones climáticas influenciadas por la humedad proveniente de la Amazonía, han dado lugar a una diversidad de relieves tales como: montañas, colinas, formas glaciares, flujos de lava e incluso edificios volcánicos

#### **2.12.5. Climatología**

El clima predominante en la zona de estudio es el tipo húmedo y muy húmedo, caracterizado por una alta humedad relativa -independiente de la altitud- con variaciones apreciables en el transcurso del día y con una variación poco significativa de la humedad relativa media mensual a lo largo del año (Recay, 2010).

#### **2.12.6. Aspectos Bióticos**

Dentro de los factores bióticos están todos los organismos vivos que interactúan en el ecosistema, determinar las zonas de vida, la flora que existe dentro del lugar así como también la fauna ayudará a determinar el estado del área de estudio y su nivel de conservación. (Vallejo, 2011).

#### **2.12.7. Zonas de Vida**

En el Área del PNCC existen nueve zonas de vida. De éstas, dos corresponden al piso altitudinal Pre Montano, una al piso Montano Bajo, dos al piso Montano, una al piso Sub Andino, y una al piso altitudinal nival. (Valdivieso, 2010).

### 2.12.8. Flora

Dentro del PNCC actualmente se identifican tres categorías de vegetación: Vegetación Natural y Vegetación de áreas Intervenidoas y áreas sin vegetación que están formados por nieve, lava y material piroclástico. (Ecociencia, 2008).

La cobertura de vegetación natural es la predominante dentro del PNCC, con una superficie de 358.224,46 Ha. que significa el 94,35% de la superficie total del área. Las áreas intervenidas cubren aproximadamente 15.613,46 Ha. (4,11 %) y las áreas sin vegetación, ocupan aproximadamente, 5.829,95 Ha. que corresponden al 1,53% de la superficie del Parque. (Ecociencia, 2008).

Bosque siempre verde montano bajo.-Este tipo de vegetación tiene una superficie de 37.277,84 has que equivalen al 10,30% de la superficie total del PNCC. Se localiza entre 1.200 y 2.000 m de altitud; en la parte sur y suroriental, en sectores contiguos a los Ríos Cofanes, Chingual, alrededores de La Sofía, en la parte alta de La Barquilla, el Bijagual y Rosa Florida. Los bosques, de este tipo de vegetación, alcanzan alturas de 25 m, son siempre verdes y densos. Las especies más frecuentes son: *Brunellia comocladifolia* (Brunelliaceae), *Guarea pterorhachis* (Meliaceae), *Alchornea percei* (Euphorbiaceae), *Morus insignis* (Moraceae), *Casearia mariquitensis* (Flacourtiaceae). En claros de bosque se registró *Viburnum triphyllum* (Caprifoliaceae), *Vismia baccifera* (Clusiaceae), *Croton sp.* (Euphorbiaceae); *Cecropia montana*, y *C. membranacea* (Cecropiaceae). El subdosel y Sotobosque está formado por *Conostegia superba*, *Miconia scutata* (Melastomataceae), *Siparuna harlingii* (Monimiaceae); *Eleaegia myriantha*, *Psychotria macrophylla* (Rubiaceae), *Piptocoma discolor* (Asteraceae). Las especies de hierbas más abundantes: *Habenaria monorrhiza* (Orchidaceae), *Besleria sp.*, *Corytoplectus speciosus* (Gesneriaceae), *Gurania acuminata* (Cucurbitaceae) y *Sabicea colombiana* (Rubiaceae), *Pavonia castaenifolia* (Malvaceae), *Tradescantia zanonía* (Commelinaceae). (Ecociencia, 2008)

Páramo.- Ocupa 103 has de superficie del total del área de estudio. Se encuentra en un rango altitudinal que va de 3.500 a 4.500 msnm. Los sectores con este tipo de vegetación son: Cordillera del Mirador, de la Garza, los Cerros Rocosos y Saratano; localizados al Occidente de la zona de estudio. Se encuentran páramos de pajonal, herbáceo de almohadilla, herbáceo de pajonal, pantanoso y súper páramo. Una pequeña superficie de

páramo se encuentra en el suroriente de la zona, en la Cordillera de la Muralla, principal accidente geográfico que separa las aguas del Chingual y Cofanes.

La vegetación dominante corresponde a formaciones arbustivas y herbazales de gramíneas. Las especies más frecuentes: *Baccharis genistelloides*, *Diplostephium glandulosum*, *Gynoxys buxifolia*, *Mikania stuebelii*, *Munnozia jussieui* y *Werneria apiculata* (Asteraceae), *Hypericum laricifolium* (Clusiaceae), *Vaccinium Floribundum* y *Pernettya prostrata* (Ericaceae), *Tillandsia complanata* y *T. tetrantha* (Bromeliaceae), *Centropogon erianthus* y *Siphocampylus giganteus* (Campanulaceae), y varias especies de *Agrostis*, *Brachypodium*, *Bromus*, *Calamagrostis*, *Cortaderia*, *Elymus*, *Festuca*, *Poa* y *Stipa* (Poaceae). Una especie frecuente de este tipo de vegetación y característico de los páramos de Norte del país es *Espeletia pycnophylla*. (Ecociencia, 2008).

#### **2.12.9. Fauna**

La biota de las estribaciones de la Cordillera de los Andes y aquella que se encuentra del PNCC, es una de las más diversas del planeta. La accidentada orografía y muchos factores climáticos que de ella dependen, como son: la temperatura, la humedad, la precipitación generan una gran cantidad de microclimas en los cuales, se ha desarrollado una gran biodiversidad. Es por esto, que en cada pequeño rango altitudinal la composición y forma bióticas varían notablemente. (Ecociencia, 2008).

Las estribaciones orientales de la Cordillera de los Andes presentan, además, ciertas características que son únicas y que están influenciadas directamente por los vientos y la humedad que llegan desde la Amazonía, ésta región es una de las más húmedas del planeta, con hasta 6.000 milímetros de lluvia anual. (Ecociencia, 2008).

##### a) Reptiles

Al igual que en el caso de los anfibios, la diversidad de reptiles en el Área de estudio es una de las más altas del mundo por unidad de Área. La fauna de reptiles en el PNCC, está formada por alrededor de 140 especies, los cuales se encuentran distribuidos en todos los pisos altitudinales; sin embargo, su diversidad alcanza niveles superlativos en los pisos Tropical y Subtropical. (Ecociencia, 2008).

##### b) Aves

El PNCC presenta una alta diversidad en lo que a avifauna se refiere, han sido registradas 900 especies pertenecientes a 61 familias y 18 órdenes. Dentro de este grupo existe una gran cantidad de formas que presentan las más diversas adaptaciones. La mayoría de ellas son de hábitos diurnos; sin embargo, también hay especies nocturnas, terrestres y acuáticas. Su dieta, está relacionada con la mayoría de los nichos ecológicos, existen insectívoras, frugívoras, nectarívoras, rapaces, carroñeras y omnívoras. (Ecociencia, 2008).

### c) Mamíferos

La fauna de mamíferos del PNCC, se estima que está compuesta por unas 200 especies. Este alto número, equivale a cerca del 60% del total de especies registradas en el país. La mastofauna del lugar está compuesta básicamente por diez grupos: Artiodactylos, que incluye a los venados y puercos sajinos; Carnívoros, dentro de los cuales están los úrsidos, cánidos, félidos, mustélidos, etc.; Quirópteros, conocidos comúnmente como murciélagos; Insectívoros, Marsupiales y Paucituberculados; Perisodactylos dentro de los cuales están los tapires; Primates o monos; Roedores; y Endentados, dentro de los cuales están los armadillos, perezosos y hormigueros. (Sanchez et al., 2011).

Los mamíferos, particularmente los de mayor tamaño, son animales que por lo general ocupan áreas de vida bastante amplias. Para muchos de ellos, la destrucción de los hábitats significa el aislamiento y consecuentemente la extinción de la población. En algunas partes de la Parque, los avanzados procesos de deforestación, sumados a la excesiva cacería, han provocado la extinción local de algunas de especies que se encuentran directamente asociadas al bosque. (Castellanos, 2010).

La Familia Ursidae corresponde solo una especie, conocida como el *T. ornatus*. Podría ser considerada una especie emblema de la Parque por el carisma que tiene ante el público en general, y porque el Parque todavía alberga importantes poblaciones de ella. Es relativamente común entre la zona temperada y subtropical alta, ha sido observado en lugares cercanos a las localidades de Baeza, Cosanga, Cuyuja y Reventador. Se conoce que la especie migra altitudinalmente en ciertas épocas del año, dirigiéndose hacia las zonas de páramo en las cuales consume una dieta marcadamente vegetariana consistente en motilones, achupallas y mortiños, entre otros. (Castellanos, 2010).

## **2.12.10. Problemas de conservación del Parque Nacional Cayambe Coca**

### **a) Amenazas antrópicas**

Los principales problemas que afectan la efectividad del manejo del área y a su vez su conservación son: indefiniciones en la tenencia de la tierra, inadecuado uso del suelo, ausencia de políticas claras sobre ordenamiento territorial, procesos de concentración de la tierra e inequidad en su distribución, dificultades para consolidar la territorialidad indígena, limitaciones para acceder al derecho de propiedad de la tierra en las zonas de amortiguamiento. (RECA Y, 2010).

A pesar de los esfuerzos por mejorar la conservación del área se puede ver que hasta la fecha se encuentran latentes, de manera especial los que son fundamentalmente vinculados con la demarcación de límites y regularización de actividades humanas dentro del territorio protegido y zonas de amortiguamiento. (RECA Y, 2010).

La deficiencia de recursos para implementar estrategias de manejo debido a la extensión del PNCC, donde las presiones antropogénicas sobre los recursos naturales se han intensificado notoriamente en las últimas décadas y en condiciones donde la demanda de los recursos se intensifica cada día;

### **b) Amenazas Naturales**

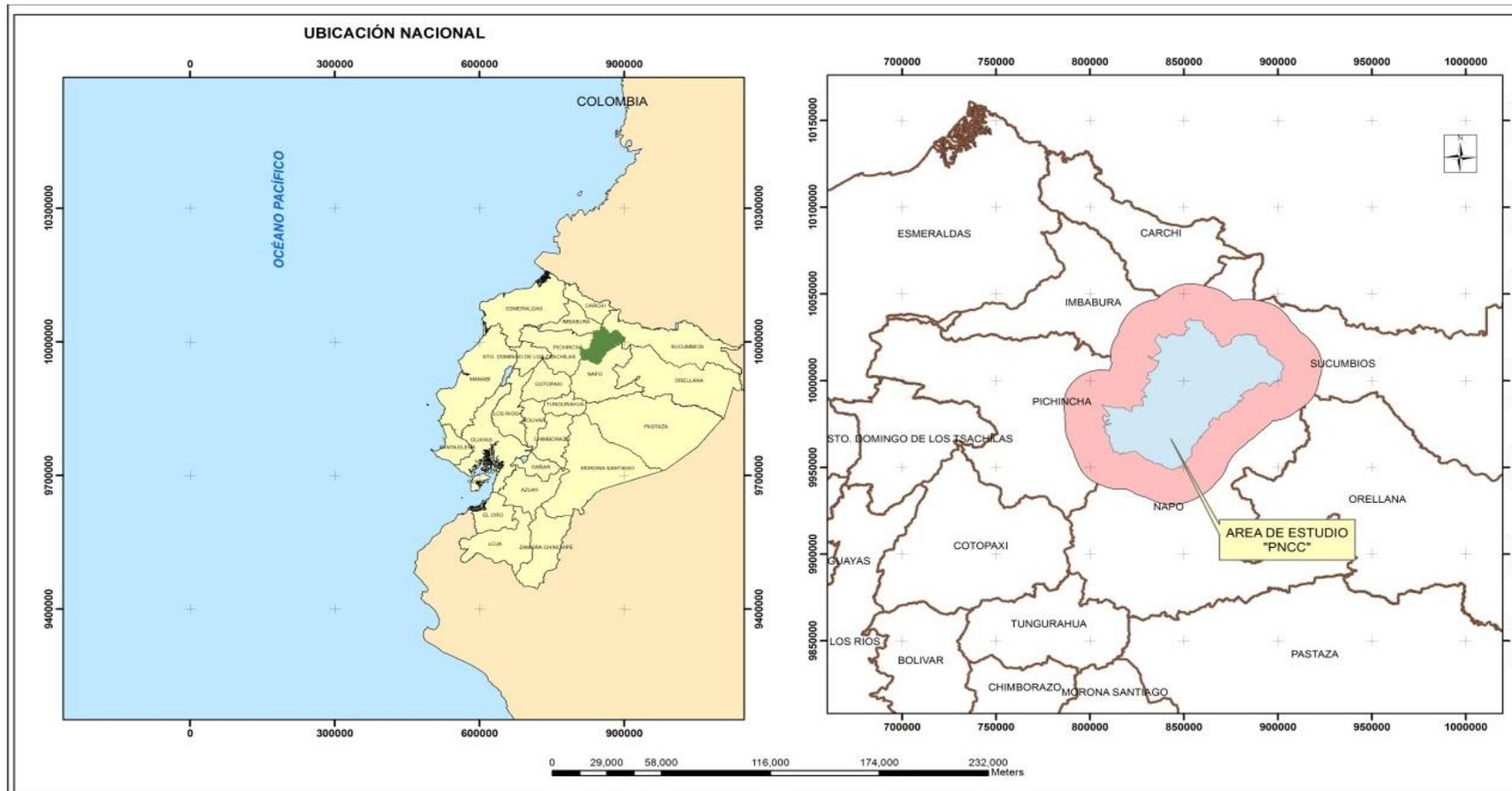
La mayor parte de la superficie del Parque se ubica en el llamado Cinturón de Fuego del Pacífico y por la presencia de volcanes activos, actualmente es considerada como una zona de altos riesgos naturales, principalmente en lo que se refiere a erupciones volcánicas, como es el caso del volcán activo: El Reventador, debido a la presencia de la actividad volcánica el área se transforma en un área realmente sísmica y zonas de deslaves muy continuos.

## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Caracterización del Área de Estudio

El área de estudio es de 1'153.921 hectáreas comprendida por el área total del PNCC, la se encuentra ubicada al nororiente del país, ocupando cuatro provincias: Imbabura y Pichincha en la Sierra (25%), Sucumbíos y Napo en la Amazonía (75%); (Tituaña 2006; Paredes et al. 1998). Al oeste limita con los páramos del Antisana y el Cayambe, donde nacen los valles interandinos de los ríos Chota y Guayllabamba; al sur con el Nudo de Tiopullo; al norte con el sector La Bonita en la frontera con Colombia; y al este con la cuenca del Río Napo (Paredes et al. 1998) y se trazó un área de amortiguamiento de 20 km, debido al amplio home range que presenta la especie y al observar que las áreas óptimas se encuentran fuera del PNCC; permite observar la interacción del *T. ornatatus* fuera del área protegida. En la Mapa 1, se representa el área de estudio.



SIMBOLOGIA	LEYENDA
	LIMITE PROVINCIAL
	LIMITE_PNCC
	Zona de amortiguamiento

Mapa 1. Ubicación del área de estudio

## 3.2. Materiales y Equipos

### 3.2.1. Material de oficina

Para la realización de este trabajo de investigación se utilizó los siguientes materiales y equipos.

#### 3.2.1.1. Aplicaciones informáticas

A continuación se presenta un listado de las diferentes aplicaciones informáticas y su versión empleadas en el desarrollo del modelamiento ecológico:

*Tabla 2 Softwares utilizado*

<b>SOFTWARE</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>INFORMACIÓN</b>
MAXENT	3.3	Modelizador libre ( <a href="http://homepages.inf.ed.ac.uk/s0450736/maxent.html">http://homepages.inf.ed.ac.uk/s0450736/maxent.html</a> )
ARGIS	10.2	SIG con licencia educativa ( <a href="http://www.esri.com/">http://www.esri.com/</a> )

*Elaborado por: La autora*

Para la obtención de más información se dispuso de los siguientes recursos para la realización de los modelamientos:

- Libros especializados de Fauna Silvestre
- Cartas Topográficas digitales
- Mapas temáticos digitales
- Base de datos GBIF (datos de presencia de la especie año 2014)
- WorldClim (19 variables bioclimáticas año 2012)

#### 3.2.1.2. Material y Equipo de Campo

La recopilación de registros de presencia de la especie se realizó mediante salidas de campo en las cuales se empleó los siguientes elementos:

- GPS (Sistema de Posición Global )
- Cámara Fotográfica
- Poncho de aguas
- Botas de caucho

### 3.3. Metodología

La metodología empleada en la presente investigación para determinar el modelo de nicho ecológico del *T. ornatus* (F.G Cuvier, 1825) en el Parque Nacional Cayambe Coca. Está dividida en dos grandes componentes: la etapa de investigación en campo, que comprende el Monitoreo de Registros Biológicos Indirectos (MRBI); para el levantamiento de registros de presencia de especie y la fase de elaboración del modelo de nicho ecológico el cual consta del ordenamiento y depuración de la información. En el Gráfico 4, se presenta el sistema metodológico aplicado en este estudio.

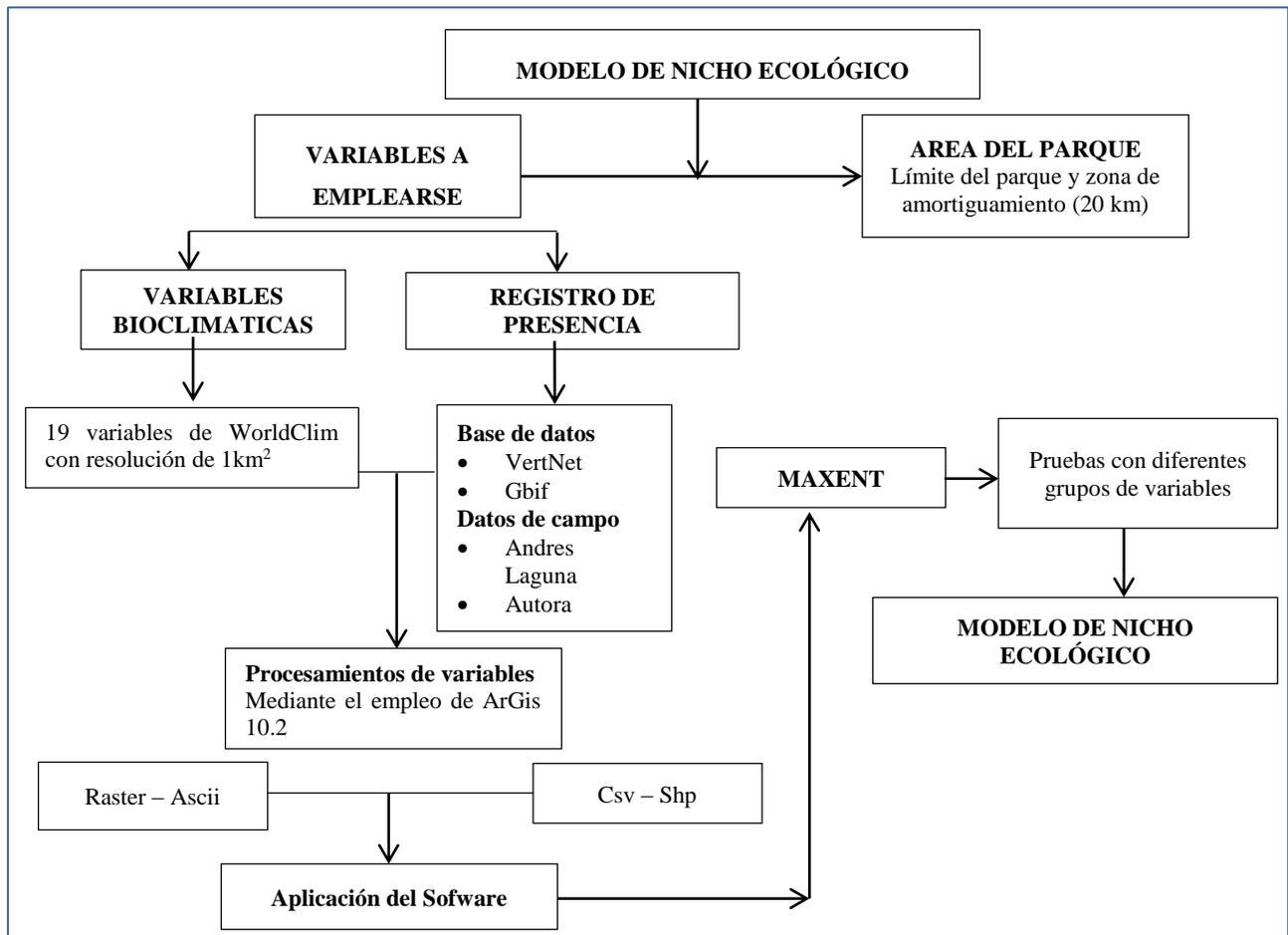


Gráfico 4 Esquema metodológico

#### 3.3.1. Fase de Campo

##### 3.3.1.1. Levantamiento de registro de presencias

La recopilación de registros de presencia del *T. ornatus* se realizó mediante recorridos dentro del área de estudio; el trabajo de campo consistió específicamente en un monitoreo de la especie y la recolección de información como indicador de su presencia.

Los recorridos se realizaron en base a la información proporcionada por guarda parques, investigadores de la especie y personas de las comunidades; que han observado al *T. ornatus* dentro del Parque. Las características de los recorridos se tomaron en base a estudios de monitoreo del Oso de anteojos: longitud de 4 km con un ancho de 3 metros con dirección aleatoria, debido a la gran extensión de la zona de estudio y su difícil acceso en ciertas zonas, al tratarse de regiones montañosa; las zonas donde se realizaron los recorridos fueron: Mariano Acosta durante 3 días (16 – 18 de mayo del 2014) con recorridos diurnos por áreas donde se ha observado a la especie, Oyacachi durante 3 días (18-20 de julio del 2014) se tomó como prioridad los lugares en los que se han presentado conflictos entre oso – humano y Papallacta durante 3 días (29 – 31 de agosto de 2014) se recorrió el sector de la Virgen y las principales lagunas del PNCC. Ver anexo fotográfico 5.2.1

El levantamiento de los registros de presencias de la especie en los recorridos se realizaron mediante la aplicación de la metodología de monitoreo de registro biológicos indirectos; con la finalidad de recolectar rastros que indiquen la presencia de la especie, esta metodología se basa en buscar marcas en árboles, comederos, huellas, senderos o caminos, nidos o encame y excretas; rastros comunes del Oso de anteojos. En la identificación de estas señales se aplicó la Guía Básica para la Identificación de Señales de presencia del *T. ornatus* segunda Edición (Torres, D. 2011), además de tener la colaboración de Andrés Laguna investigador del Proyecto de Conservación de Grandes mamíferos de la Zona norte del país.

### **3.3.2. Fase de Elaboración del Modelo de Nicho ecológico**

Para la fase de elaboración de modelo fue necesario realizar las siguientes actividades

#### **3.3.2.1. Organización de la base de datos**

##### **a) Variables bioclimáticas**

El modelo de nicho ecológico se llevó a cabo empleando las 19 variables bioclimáticas descargadas de la base de datos de Worldclim (<http://www.worldclim.org/bioclim.htm>), la resolución de estas variables es de 1Km<sup>2</sup>; las cuales contienen datos bioclimáticos, mensuales, promedios, máximos y mínimos a nivel mundial; se detallan en el siguiente cuadro:

Tabla 3 Descripción de variables bioclimáticas Worldclim

VARIABLE BIOCLIMÁTICA	DESCRIPCIÓN
BIO1	Temperatura anual promedio
BIO2	Rango de temperatura diurno promedio
BIO3	Isotermalidad
BIO4	Estacionalidad de la temperatura Temperatura máxima del mes más
BIO5	cálido
BIO6	Temperatura mínima del mes más frío
BIO7	Rango anual de temperatura
BIO8	Temperatura promedio del cuatrimestre más húmedo
BIO9	Temperatura promedio del cuatrimestre más seco
BIO10	Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido
BIO11	Temperatura promedio del cuatrimestre más frío.
BIO12	Precipitación anual
BIO13	Precipitación del mes más húmedo
BIO14	Precipitación del mes más seco
BIO15	Estacionalidad de la precipitación
BIO16	Precipitación del cuatrimestre más húmedo
BIO17	Precipitación del cuatrimestre más seco
BIO18	Precipitación del cuatrimestre más cálido
BIO19	Precipitación del cuatrimestre más frío.

Fuente: Hijmans et al 2005

Elaborado por: La autora

Para la elaboración del Modelo de Nicho ecológico se cortó cada variable con el área de estudio por medio del programa ArGis 10.2; se utilizó la herramienta “extract by mask” para cada una de las variables; teniendo como resultado 19 capas bioclimáticas en formatos raster. El formato de las variables bioclimáticas compatibles para el modelador MAXENT es ASCII (.asc), por esta razón se convirtió cada variable raster en formato ASCII aplicando la herramienta “Convert Raster to ASCII”.

Para el modelo de escenario climático del año 2050, las variables bioclimáticas también fueron adquiridas de Worldclim; con las cuales se cumplió el mismo proceso mencionado para las variables actuales.

#### **b) Datos de presencias**

Los datos de presencia del *T. ornatus* fueron obtenidas por dos fuentes: registros levantados en la fase de campo y bases de datos virtuales de organizaciones como son: GBIF, Vernet, ManisNet, artículos y proyectos de investigación del Oso de anteojos.

Los datos de presencias de las bases virtuales fueron depurados con la finalidad de obtener registros que estén dentro del área de estudio; para este proceso mediante el software ArcGis 10.2 se generó un shapefile de puntos, con el uso de coordenadas geográficas se

representó la presencia de la especie, identificando de esta manera cuales son los puntos que intervienen en la elaboración del modelo.

Los puntos de presencia definitivos, fueron tabulados en el programa Excel, para ello se colocó: en una sola celda de la hoja, el nombre de la especie seguido de la longitud y latitud en coordenadas geográficas y separados por comas (,); de esta manera: “Tremarctos\_ornatus,-78.25,-0.22”, este documento se guardó en formato CSV (.csv), formato compatible para el modelador MAXENT.

### **3.3.2.2. Modelamiento de Nicho Ecológico en Maxent**

La elaboración del Modelo de Nicho Ecológico del *T. ornatus* se evaluó mediante la aplicación de MAXENT, el cual modela la distribución potencial basado en el principio de la máxima entropía; el cual consiste en identificar la distribución potencial y uniforme de la especie.

El Modelo de Máxima Entropía se realizó aplicando el software MAXENT 3.2; para el desarrollo de este modelo se utilizó las variables bioclimáticas obtenidas de la base de datos del WorldClim, en formato ASCII y los puntos georeferenciados de presencia de la especie en formato CSV.

Para evaluar el desempeño de los modelos, se analizó el valor del AUC (Area Under the Curve), el cual muestra la capacidad de predicción para determinar la presencia de una especie utilizando la curva ROC (Receiver Operating Characteristic Curve), empleando los datos del modelamiento y evaluación. Para conocer el aporte de cada variable en el modelo a través del análisis Jackknife, el cual realiza corridas con cada una de las variables, para identificar el efecto individual en el resultado final.

Para la edición de las capas ambientales se utilizó el programa ArcGis 10. Este permitió recortar y transformar todas las capas ambientales con el fin de obtener la misma extensión, el mismo tamaño de pixel (1 km x 1 km), así como la misma posición de estos.

Se corrió el modelo con todas las variables actuales y adicionalmente se corrió 4 veces con diferentes grupos de las variables bioclimáticas actuales, con la finalidad de observar la interacción de las mismas y determinar cuál de estos modelos tiene una predicción más real.

- a) **MODELO COMPLETO:** Se corrió con las 19 variables de Worldclim, con la finalidad de observar la interacción de todas las variables en la identificación del Nicho Ecológico del *T. ornatus* (F.G Cuvier, 1825) en el área de estudio.

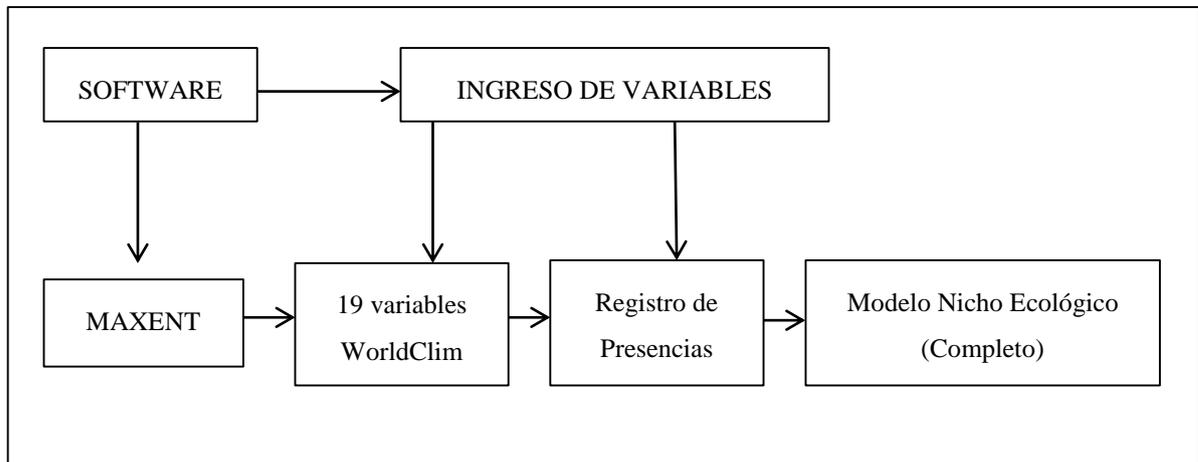


Gráfico 5 Esquema metodológico modelo completo

- b) **MODELO GRUPO 1:** El criterio en el que se basó la conformación de este grupo de variables fue de acuerdo a diferentes investigaciones de descripción del nicho ecológico de esta especie; en las que se menciona rangos de temperaturas bajas y precipitaciones moderadas; bajo este concepto se escogieron las siguientes variables que puedan contener este tipo de datos : Bio 1: Temperatura anual promedio, Bio 6: Temperatura del mes más frío, Bio 9: Temperatura del cuatrimestre más seco, Bio 12: Precipitación anual, Bio14: precipitación del mes más seco, Bio 17: Precipitación del cuatrimestre más seco, Bio 19: Precipitación del cuatrimestre más frío.

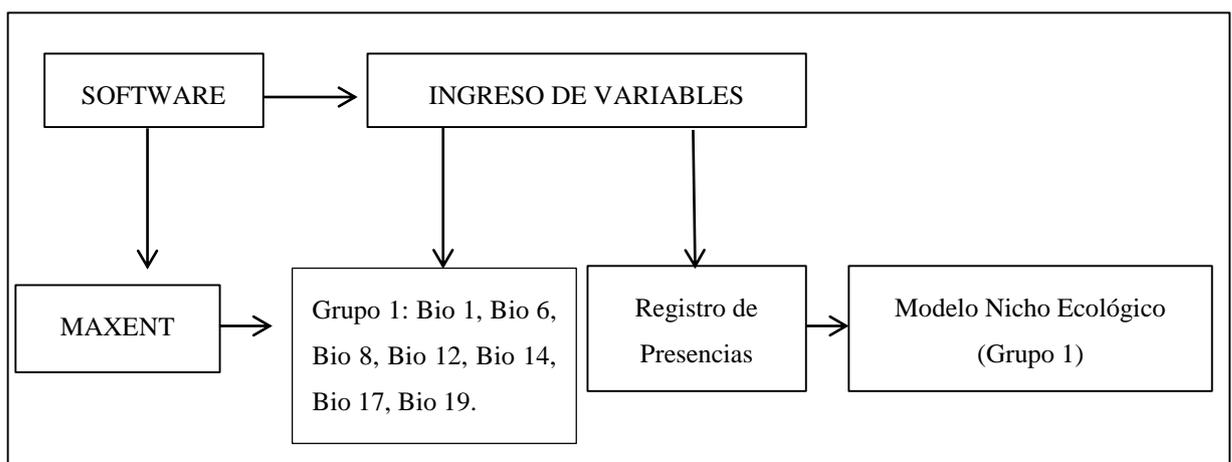


Gráfico 6 Esquema Metodológico modelo grupo 1

c) **MODELO 2:** Para la elaboración de este modelo se tomó las variables de condiciones climáticas frías; las variables para este modelo fueron: Bio 6: Temperatura del mes más frío, Bio 11: Temperatura promedio del cuatrimestre más frío, Bio 19: Precipitación del cuatrimestre más frío.

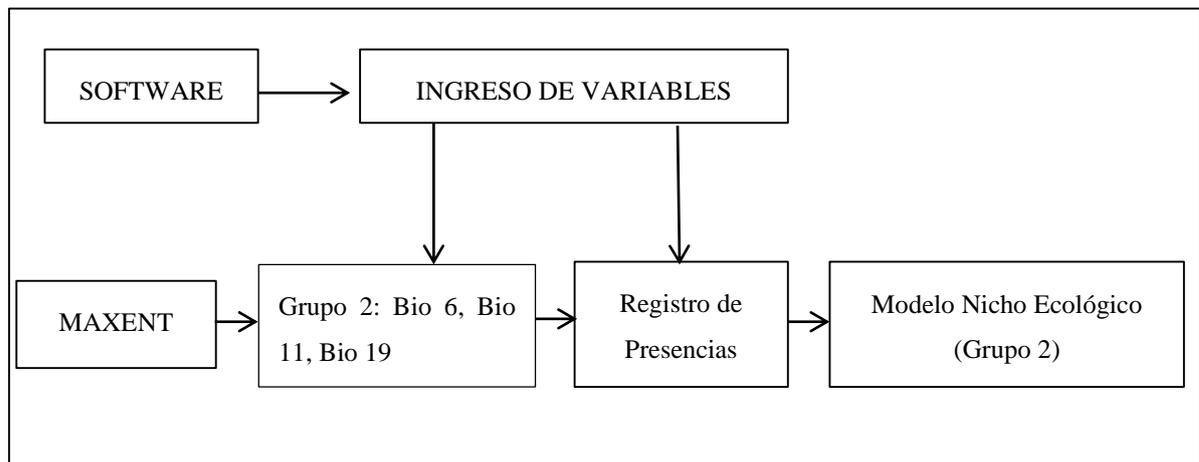


Gráfico 7 Esquema Metodológico modelo grupo 2

d) **MODELO 3:** Las variables consideradas para la elaboración de este modelo contienen datos de variables generales anuales; sin considerar variables de cuatrimestres; las variables para este modelo fueron: Bio 1: Temperatura anual Promedio, Bio 7: Rango anual de temperatura: Bio 12: Precipitación anual.

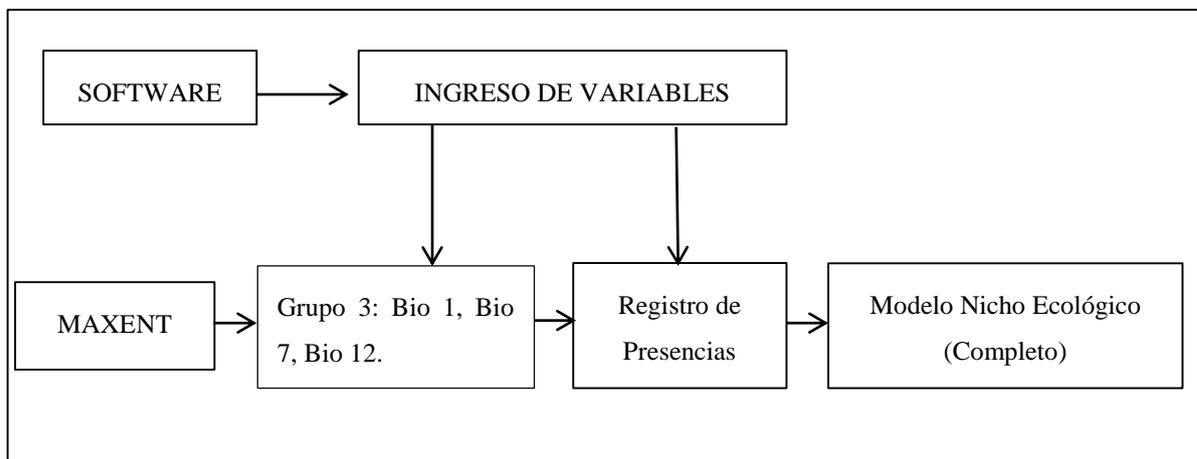


Gráfico 8 Esquema metodológico modelo grupo 3

Cada modelo proporcionó resultados en base la distribución más cercana y uniforme conocido como máxima entropía; es decir que los valores predichos de las variables bioclimáticas por cada punto de presencia, coinciden con el valor experimental promedio.

El resultado de Área Bajo la Curva (AUC) generado por el modelo determinó un índice de clasificación; estos pueden ser: una clasificación al azar registrada de valor de 0,5 y una clasificación perfecta registrada de valores de 0.75 siendo aceptable y 1.0 el valor óptimo.

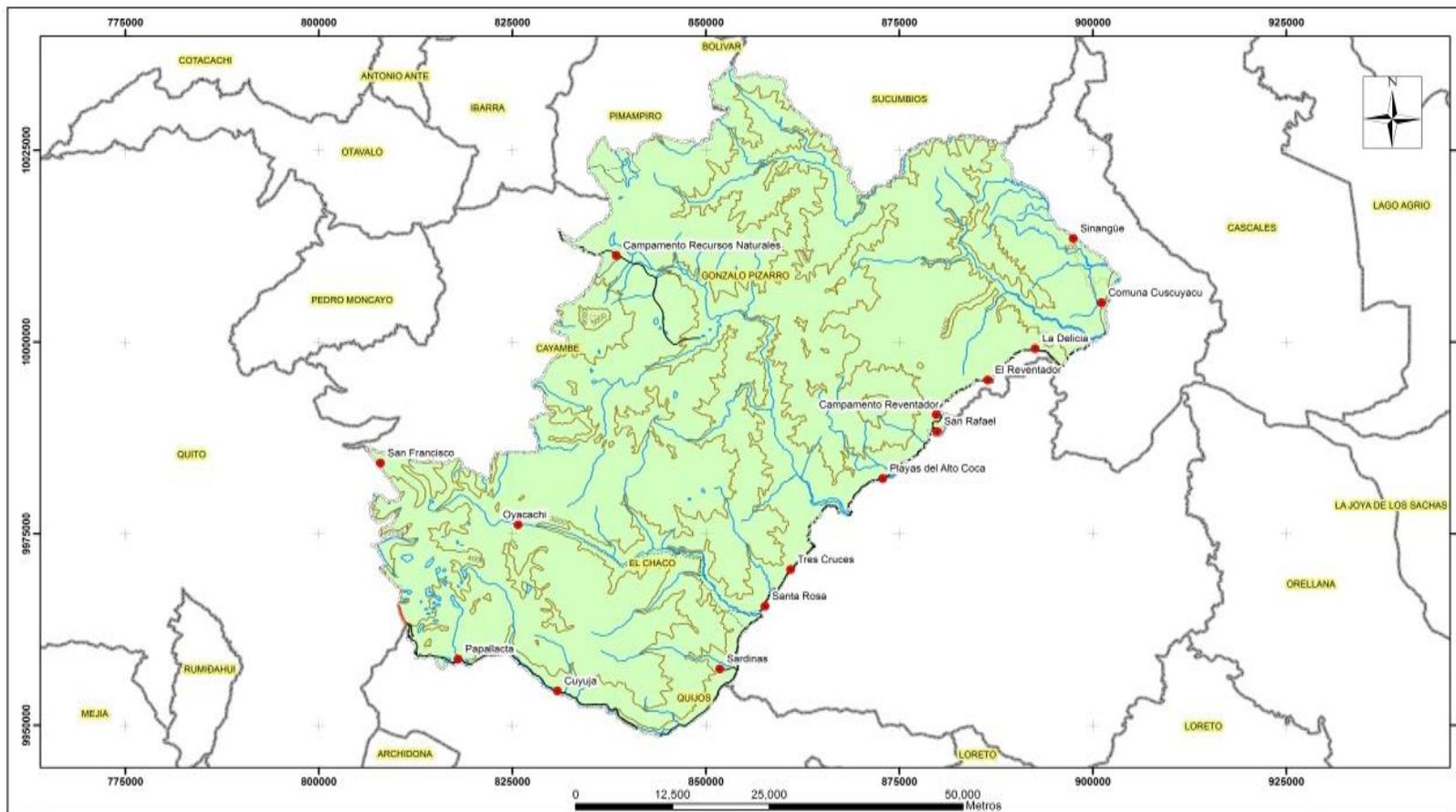
## **CAPITULO IV**

### **4. RESULTADOS Y DISCUSION**

Para el análisis de los modelos ecológicos, fue necesario la elaboración de la siguiente cartografía con la finalidad de contar con una línea base de la descripción del área de estudio.

#### **4.1.Mapa Base**

El “PNCC” con una extensión de 403.103 hectáreas comprende entre las provincias de Imbabura hacia el noroeste, Pichincha hacia el sureste, Sucumbíos hacia el noreste y Napo hacia el sureste, dentro de la cual los pisos altitudinales alcanza desde los 500 m.s.n.m. hasta los 5.600 m.s.n.m. respectivamente, lo que da origen a un sinnúmero de afluentes tanto perennes como intermitentes por su geoformas naturales. De esta manera el área de estudio está comprendida por la extensión del Parque Nacional Cayambe Coca y un buffer de 20 km, teniendo una totalidad de 1’153.921 hectáreas. En el siguiente mapa se observa el área de estudio.



SIMBOLOGÍA	LEYENDA
● POBLADOS_PNCIC	■ LIMITE PNCIC
— INDICE	
— INTERMEDIA	
— INTERMITENTE	
— PEREMNE	
— Autopista, Carretera Pavimentada dos o mas vias	
— Carretera Pavimentada dos o mas vias	
— Carretera Pavimentada una via	
— Carretera sin Pavimentada dos o mas vias	
— Carretera sin Pavimentada una via	

Mapa 2. Mapa base

## 4.2. Puntos de muestreo

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en su base de datos dispone de zonas de específicas del hábitat de esta especie. En el mapa 3 se puede identificar que gran parte de las áreas catalogadas como óptimas se encuentran dentro del PNCC. Ver mapa 3.

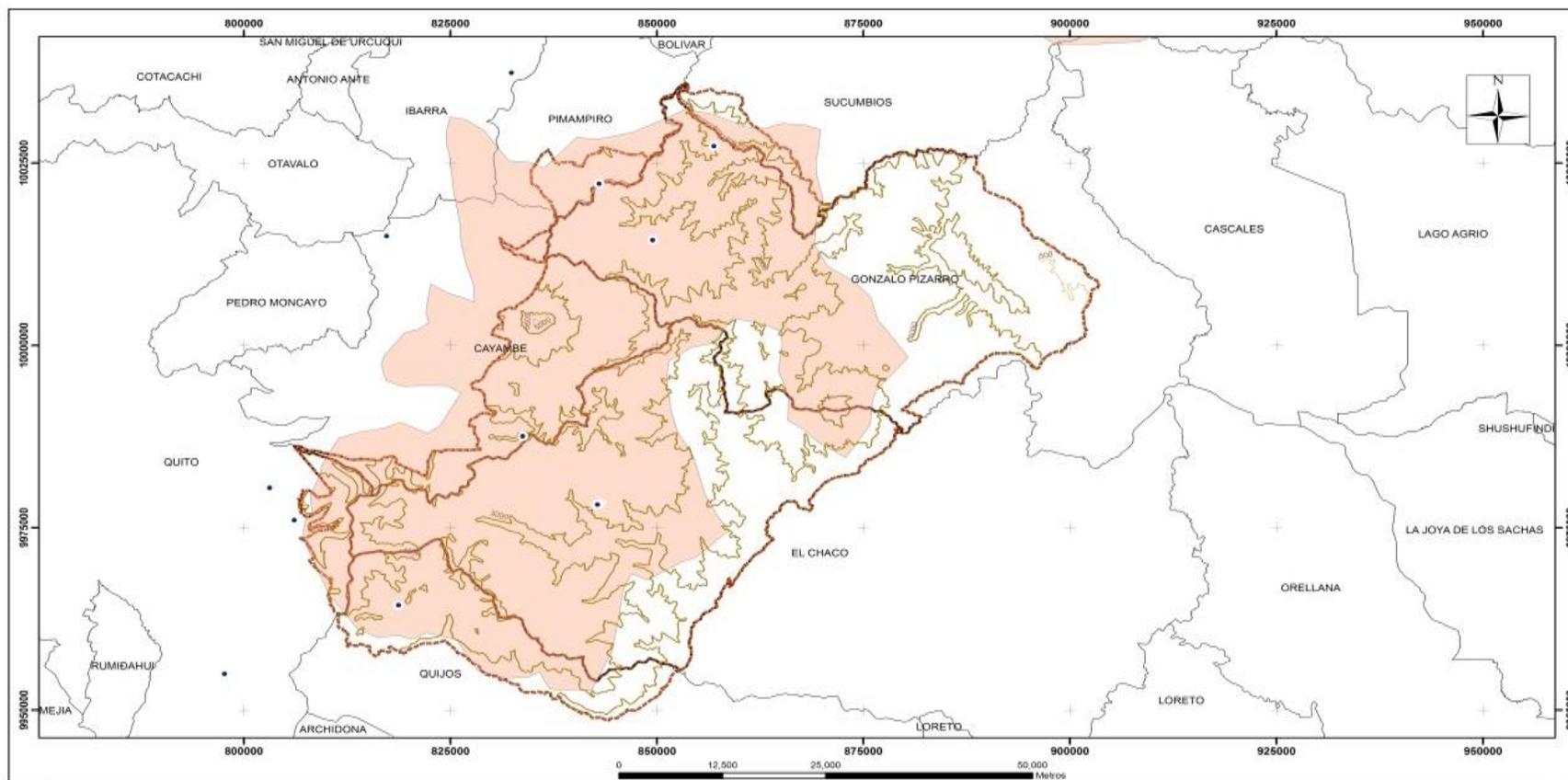
El *T. ornatus* tiene una distribución que va desde los 1.000 m.s.n.m. hasta los 5.000 m.s.n.m. aproximadamente ocupando ecosistemas de bosque montano, identificados como óptimas ya que cumplen con los requerimientos para la supervivencia de esta especie, para este estudio se tomó datos de presencias de diferentes plataformas de información de biodiversidad virtuales, además de la información levantada en la fase de campo (Ver tabla 4).

Tabla 4. Puntos de presencia del *T. ornatus*

ESPECIE	COORDENADAS GEOGRAFICAS (°)		ALTITUD (msnm)	LUGAR	FUENTE
	LATITUD	LONGITUD			
<i>T ornatus</i>	-0,217	-78,250	3.700	Hospitalillo -Quito	Vertnet
<i>T ornatus</i>	-0,177	-78,277	3.000	Uchucullo - Quito	Vertnet
<i>T ornatus</i>	-0,196	-77,918	3.400	El Chaco	Andres Laguna -Autora
<i>T ornatus</i>	-0,197	-77,921	3.300	El Chaco	Andres Laguna -Autora
<i>T ornatus</i>	-0,113	-78,002	4.000	Cayambe	Andres Laguna -Autora
<i>T ornatus</i>	0,200	-77,919	3.600	Pimampiro	Andres Laguna -Autora
<i>T ornatus</i>	0,247	-77,794	2.800	Gonzalo Pizarro	Armando Castellano
<i>T ornatus</i>	0,135	-78,150	3.600	Cayambe	Andres Laguna -Autora
<i>T ornatus</i>	0,338	-78,014	3.000	Ibarra	Andres Laguna -Autora
<i>T ornatus</i>	0,437	-77,840	3.600	Bolívar	Armando Castellano
<i>T ornatus</i>	0,402	-77,717	3.200	Sucumbíos	GBIF
<i>T ornatus</i>	-0,407	-78,326	3.600	Quito	GBIF
<i>T ornatus</i>	-0,488	-78,147	5.000	Archidona	Vertnet
<i>T ornatus</i>	0,130	-77,861	3.700	Gonzalo Pizarro	Andres Laguna -Autora
<i>T ornatus</i>	-0,322	-78,137	3.650	Quijos	Andres Laguna -Autora

Fuente: Gbif, Vernet, Andres Laguna, Armando Castellanos

Elaborado por: La autora



SIMBOLOGÍA	LEYENDA
● Puntos de presencia	● Puntos de presencia
— INDICE	■ AREAS_UICN
— INTERMEDIA	
— LIMITE_CANTONAL	
— LIMITE_PROVINCIAL	

Mapa 3. Mapa de puntos de presencia y áreas UICN

### 4.3. Uso Suelo

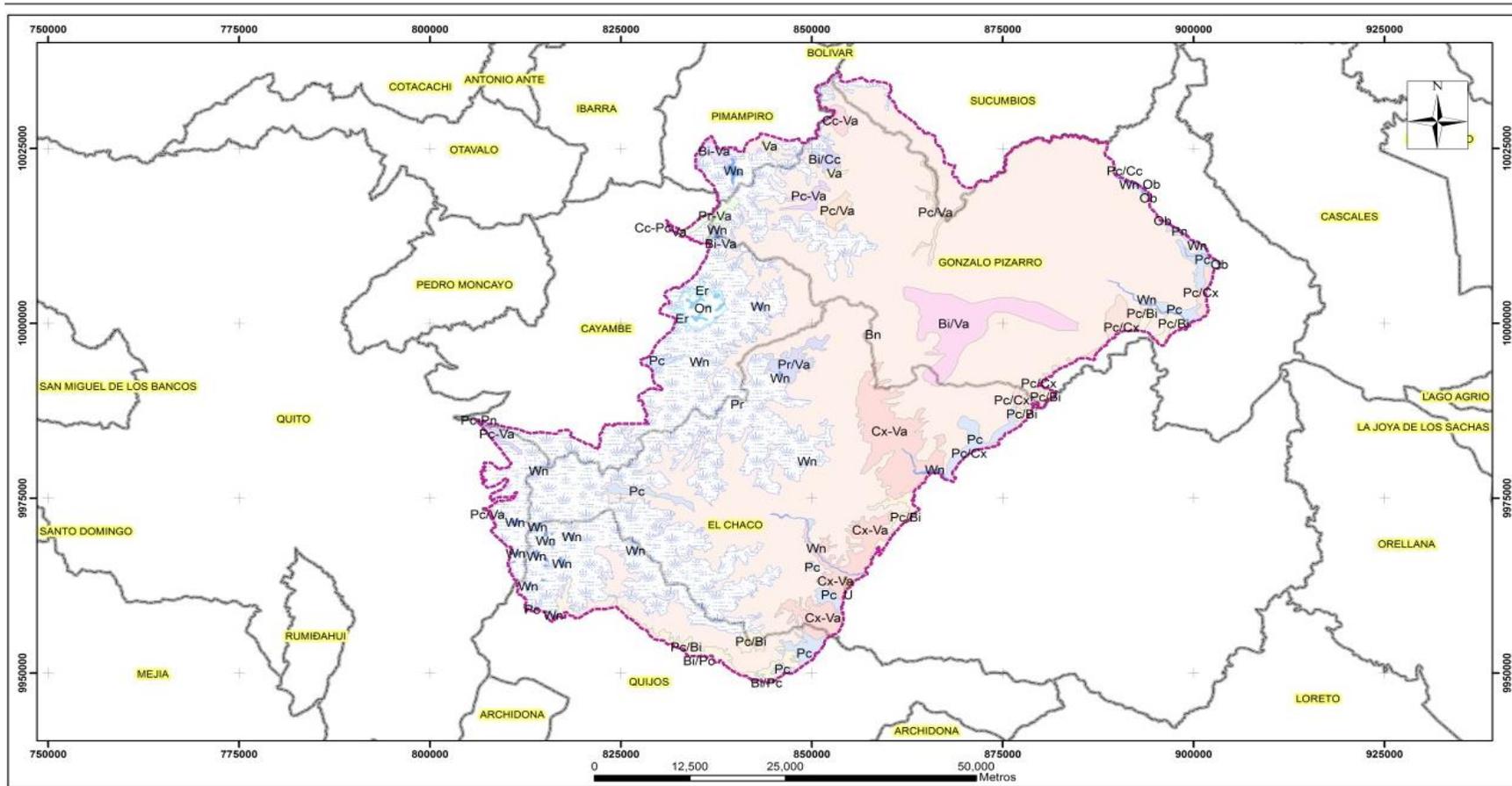
El uso del suelo dentro del Parque Nacional Cayambe Coca es diverso; al tratarse de un área protegida se observa la presencia de áreas no intervenidas; como: bosque natural, páramo y pasto natural; la presencia de las comunidades dentro del Parque han cambiado el uso de suelo en algunas zonas, de manera que se puede observar bosque intervenido, cultivos de diferente ciclo y áreas destinadas para la ganadería. En el mapa 4 se observa el uso del suelo del parque.

La descripción de los usos del suelo del parque se presenta en la siguiente tabla, la cual consta del código de nomenclatura descrito en el mapa, la descripción y el área que ocupa.

Tabla 5. Descripción de uso del suelo

<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>AREA_HA</b>
Bi-Va	50% bosque intervenido - 50% vegetación arbustiva	1.053,34
Bi/Cc	70% bosque intervenido / 30% cultivos de ciclo corto	746,58
Bi/Pc	70% bosque intervenido / 30% pasto cultivado	1,18
Bi/Va	70% bosque intervenido / 30% vegetación arbustiva	10.685,03
Bn	Bosque natural	229.368,80
Cc-Pc	50% cultivos de ciclo corto - 50% pasto cultivado	73,76
Cc-Va	50% cultivos de ciclo corto - 50% vegetación arbustiva	818,23
Cx-Va	50% arboricultura tropical - 50% vegetación arbustiva	18.004,55
Er	Afloramiento rocoso, mina, grava	1.005,08
Ob	Banco de arena	232,71
On	Nieve y hielo	2.185,03
Pc	Pasto cultivado	8.904,12
Pc-Pn	50% pasto cultivado - 50% pasto natural	13,13
Pc-Va	50% pasto cultivado - 50% vegetación arbustiva	1.420,37
Pc/Bi	70% pasto cultivado / 30% bosque intervenido	8.022,84
Pc/Cc	70 % pasto cultivado / 30% cultivos de ciclo corto	43,44
Pc/Cx	70% pasto cultivado / 30% arboricultura tropical	3.813,04
Pc/Va	70% pasto cultivado / 30% vegetación arbustiva	2.460,97
Pn	Pasto natural	49,71
Pr	Páramo	113.723,42
Pr-Va	50% páramo - 50% vegetación arbustiva	1.004,58
Pr/Va	70% páramo / 30% vegetación arbustiva	2.151,49
U	Área urbana	109,44
Va	Vegetación arbustiva	476,45
Wn	Cuerpo de agua natural	1.917,28

Fuente: MAGAP 2012  
Elaborado por: La autora



SIMBOLOGIA	LEYENDA
	LIMITE PROVINCIAL
	LIMITE CANTONAL
	SIN BOSQUE
	SIN BOSQUE INTERMEDIO - SIN VEGETACION ARBUSTIVA
	SIN CULTIVOS DE CIELO CORTO - SIN PASTO CULTIVADO
	SIN CULTIVOS DE CIELO CORTO - SIN VEGETACION ARBUSTIVA
	SIN MARRON - SIN VEGETACION ARBUSTIVA
	SIN PASTO CULTIVADO - SIN PASTORALISMA
	SIN PASTO CULTIVADO - SIN VEGETACION ARBUSTIVA
	SIN PASTO CULTIVADO - SIN CULTIVOS DE CIELO CORTO
	SIN BOSQUE INTERMEDIO - SIN CULTIVOS DE CIELO CORTO
	SIN BOSQUE INTERMEDIO - SIN PASTO CULTIVADO
	SIN BOSQUE INTERMEDIO - SIN VEGETACION ARBUSTIVA
	SIN MARRON - SIN VEGETACION ARBUSTIVA
	SIN PASTO CULTIVADO - SIN VEGETACION PUNA TROPICAL
	SIN PASTO CULTIVADO - SIN BOSQUE INTERMEDIO
	SIN PASTO CULTIVADO - SIN VEGETACION ARBUSTIVA
	ALGARRANCO (BOCOSO) SIN MARRON
	ARBOLES SIEMPRE
	BOSQUE DE SIEMPRE
	BOSQUE SIEMPRE
	CUADRO DE AGUA NATURAL
	MADE Y HELD
	MARRON
	PASTO CULTIVADO
	PUNTA NATURAL
	VEGETACION ARBUSTIVA

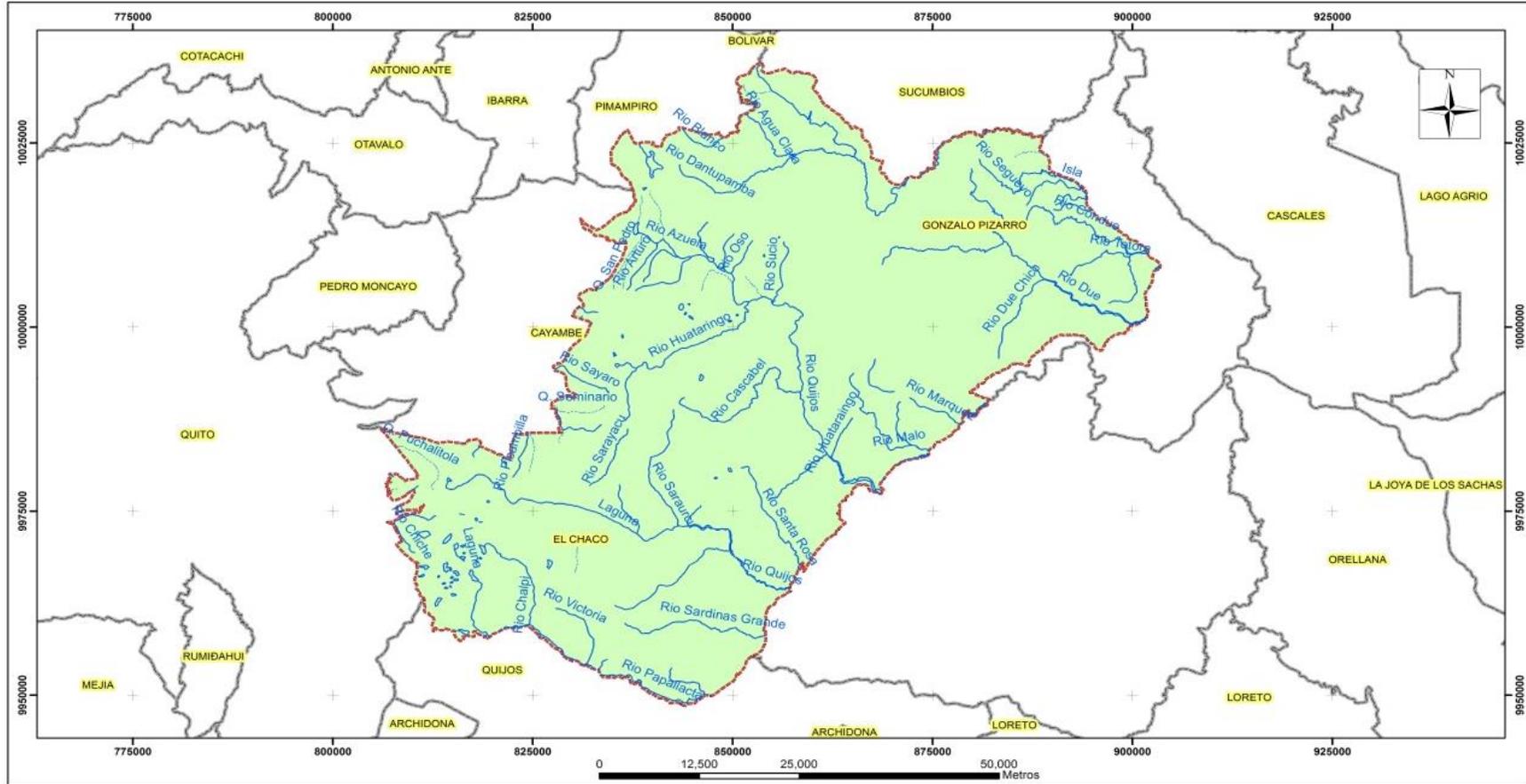
Mapa 4. Mapa de uso de suelo

#### **4.4.Hidrológico**

El área de estudio, se encuentra formado por parte de la cuenca del río Coca, con tres ríos principales: Oyacachi, Papallacta y Chalpi, conformados por numerosos riachuelos y quebradas que nacen sobre los 3.800 y 4.100 m.s.n.m.; por procesos de glaciación presenta la formación de varias lagunas y áreas pantanosas

En esta área protegida se encuentran las principales provisiones de agua del país, pues aquí nacen importantes cuencas hidrográficas, como la de río Esmeraldas, río Chota y río Mira (en el noroccidente); río Papallacta, río Cosanga, río Quijos, río Oyacachi, río Salado, río Coca, río Aguarico, río Napo y río Pastaza(en la Amazonía norte y sur).

Dentro de las lagunas más características se encuentran las lagunas de la Virgen, Patococha, Puruhuanta, San Marcos, Yanacocha, Las Lagunas, Laguna Encantada, Laguna Nunalviro, Laguna Papallacta, Laguna Paracocha y la Laguna Sucus. En el siguiente mapa se idéntica cada uno de los efluentes presentes en el área de estudio.



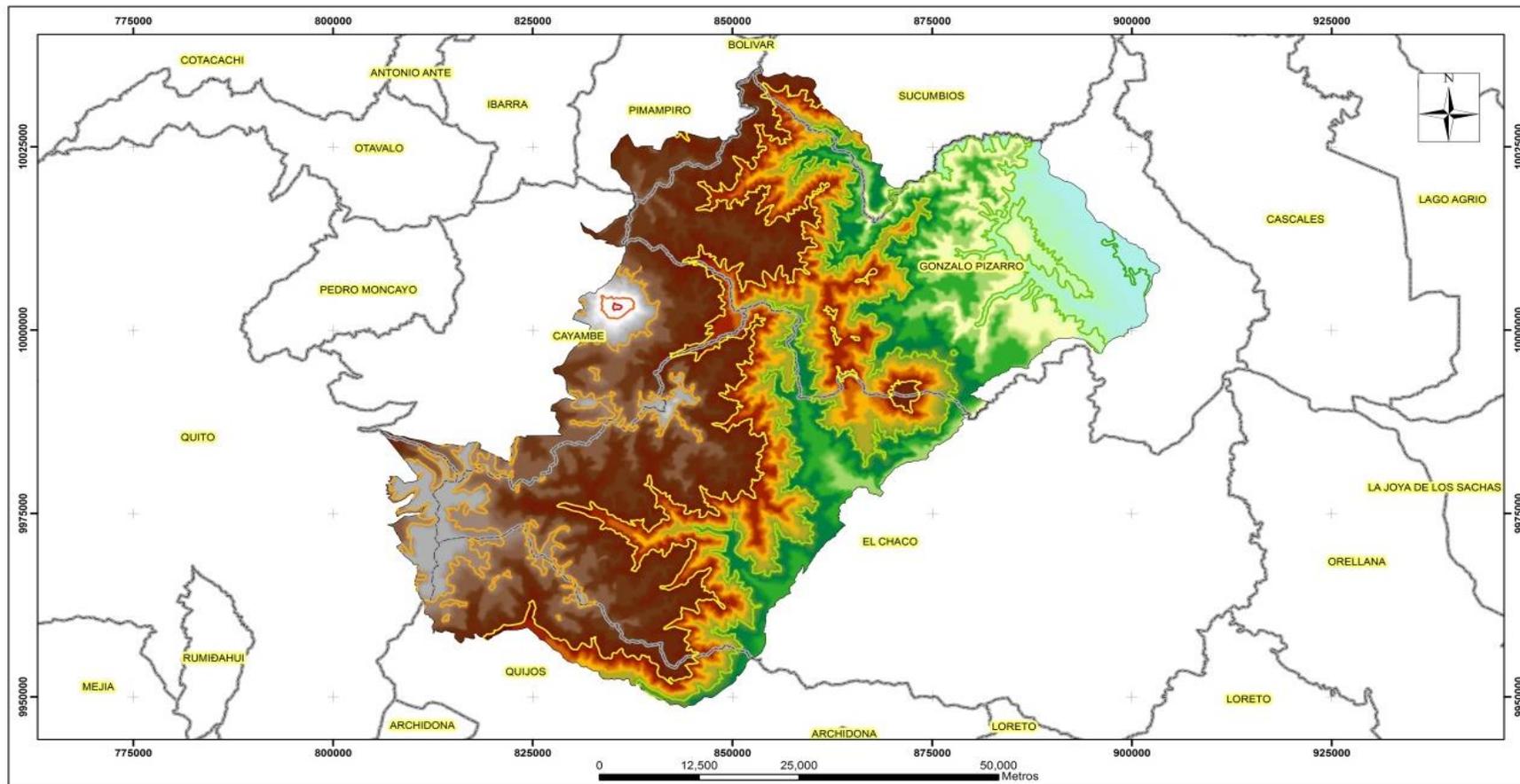
SIMBOLOGÍA	LEYENDA
LIMITE PNC	RIOS
LIMITE CANTONAL	Intermitente
	Perenne

Mapa 5. Mapa Hidrológico

#### **4.5.Pisos Altitudinales**

Los pisos altitudinales registrados en el área de estudio son amplios va desde los 400 m.s.n.m. en la zona del río Aguarico y asciende a los 5.000 m.s.n.m. en la cumbre del volcán Cayambe; el rango de altitud hacen del parque una zona muy diversa tanto en flora, fauna y tipos de ecosistemas.

En estos rangos altitudinales ocupa una diversidad de ecosistemas y hábitats los mismos que se clasifican climatológicamente de acuerdo a las diversas características ambientales de la siguiente manera; la clasificación de los climas en el área de estudio posee un Clima Ecuatorial de Alta Montaña el mismo que se encuentra por sobre los 3000 msnm con una temperatura media anual menor a 12°C con lluvias anuales que varían entre los 1000 y 2000 mm y una humedad relativa superior al 80%. En el siguiente mapa se observar los pisos altitudinales del parque.



SIMBOLOGIA	LEYENDA
LIMITE PNC LIMITE CANTONAL Pisos altitudinales <span style="color: brown;">■</span> High 5000 <span style="color: green;">■</span> Low 500	<b>CURVAS</b> <b>ALTURA</b> <span style="color: green;">—</span> 500 <span style="color: yellow;">—</span> 1000 <span style="color: orange;">—</span> 2000 <span style="color: red;">—</span> 3000 <span style="color: darkred;">—</span> 4000 <span style="color: brown;">—</span> 5000 <span style="color: darkbrown;">—</span> 6000

Mapa 6. Mapa Pisos Altitudinales

#### 4.6.Zonas de Vida

El Parque Nacional Cayambe Coca está formado por 12 zonas de vida al menos diez zonas de vida compuestas por Bosque Húmedo; Bosque Húmedo Subtropical; Bosque muy Húmedo Subtropical; Bosque húmedo Montano Bajo; Bosque muy húmedo Montano; Bosque húmedo Montano; Bosque húmedo Pre-Montano; Bosque muy húmedo Sub Alpino; y Nival. Ver Mapa 7.

El sector comprende dos tipos de vegetación natural que son el Bosque siempre verde montano alto y el Páramo herbáceo (pajonal y almohadillas). El Bosque siempre verde montano alto ocupa un rango altitudinal que va desde los 3000 a 3500 msnm equivale a cuatro zonas de vida que son Bosque Húmedo y Muy Húmedos Montanos, Bosque Pluvial Montano y Bosque Nublado. El Páramo herbáceo (pajonal y Almohadillas), que se encuentra en un rango altitudinal que va desde los 3500 a 4500 msnm, equivale a las zonas de vida de Bosques Muy Húmedos Montano y Subalpino, Bosque Pluvial Subalpino y Páramo Herbáceo. Las características de los pajonales son ecosistemas de altura, presentan especies vegetales adaptadas a vivir bajo fuertes cambios de temperatura, radiación, presión atmosférica, etc.

En la siguiente tabla se encuentra la descripción, simbología y características de las zonas de vida presentes en el parque.

Tabla 6. Descripción de zonas de vida

ZONAS DE VIDA		
DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA	RESUMEN
Bosque húmedo montano	bh-M	Los rangos altitudinales y de temperatura son muy similares al de estepa montano, con la diferencia que es un subpáramo húmedo debido a las precipitaciones medias anuales que oscila entre los 500 y 1.000 milímetros.
Bosque húmedo montano bajo	bh-MB	Esta zona se encuentra por arriba de los 2.000 m.s.n.m., extendiéndose por la cordillera occidental hasta los 2.900 m.s.n.m., mientras que en la cordillera oriental su altitud es de 3.000 m.s.n.m. Su precipitación promedio anual es de 1.000 y 2.000 milímetros, registrando temperaturas medias anuales de 12 y 18°C.
Bosque húmedo pre montano	bh-PM	Dentro de esta zona su temperatura promedio anual es de 18 a 24°C, y recibe de entre los 1000 y 2000 milímetros de lluvia anual. Su cota altitudinal corresponde de entre los 1.800 o 2.000 msnm, mientras que climáticamente tiende a ser una almohadilla de bosque seco Tropical.
Bosque muy húmedo montano	bmh-M	Los rangos altitudinales y de temperatura son similares al del bosque húmedo montano, pero recibe una precipitación media anual entre los 1.000 y 2.000 milímetros. Los límites inferiores varían en función de estos factores, así donde es más húmedo se encuentra en 2800 y donde es menos húmedo a los 3.000 m.s.n.m., de donde toma el nombre de bosque nublado.

Bosque muy húmedo montano bajo	bmh-MB	Los rangos altitudinales y de temperatura son muy similares a los del bosque monta bajo, a diferencia que recibe una precipitación de 2.000 a 4.000 milímetros.
Bosque muy húmedo pre montano	bmh-PM	Los rangos altitudinales y de temperatura son similares al del bosque húmedo pre montano, con la diferencia de que en esta formación las precipitaciones oscilan entre los 2.000 y 4.000 milímetros anuales.
Bosque muy húmedo sub alpino	bmh-SA	Los rangos altitudinales y de temperatura son similares al del bosque húmedo sub alpino, diferenciado por sus lluvias que oscilas entre los 500 y 1.000 milímetros anuales. La temperatura promedia en ocasiones entre los 5.6°C.
Bosque pluvial montano	bp-M	Los rangos altitudinales y de temperatura son similares al del bosque muy húmedo montano, diferenciándose en sus precipitaciones medias anuales superiores a los 2.000 milímetros.
Bosque pluvial montano bajo	bp-MB	Esta formación vegetal se encuentra en un área pequeña de la provincia de Napo, en las inmediaciones del Río Cedroyacu, sobre la cota de los 2.000 m.s.n.m. Su temperatura fluctúa entre los 12 y 18°C recibiendo una precipitación media anual superior a 4.000 milímetros.
Bosque pluvial pre montano	bp-PM	Comprende desde las cotas de 1.800 a 2.000 msnm, su temperatura media anual registrada es de 18 y 24°C, mientras sus precipitaciones varían desde los 4.000 y 8.000 milímetros anuales.
Bosque pluvial sub alpino	bp-SA	Esto es un páramo que recibe precipitaciones entre los 1.000 y 2.000 milímetros, cuyos rangos altitudinales y de temperatura son homólogos a las otras zonas de vida que se sitúan en este piso altitudinal.
Nieve	On	Se localiza esta zona donde las temperaturas pasan a los 0°C.

Fuente: Holdridge 1971

Elaborado por: La autora



#### **4.7. Mapa de Ecosistemas**

Los ecosistemas encontrados en el Parque Nacional Cayambe Coca son los siguientes: agua, arbustal siempre verde, herbazal del páramo, bosque siempre verde del páramo, bosque siempreverde montano alto del norte de la cordillera Oriental de los Andes, bosque siempreverde montano bajo del norte de la cordillera Oriental de los Andes, bosque siempreverde montano del norte de la cordillera Oriental de los Andes, bosque siempreverde premontano del norte de la cordillera Oriental de los Andes, herbazal inundable del páramo, herbazal ultra húmedo subnival del páramo, herbazal y arbustal siempreverde subnival del páramo, intervención y otras áreas.



## 4.8. Modelamiento de Máxima Entropía (Maxent)

### 4.8.1 Obtención del modelo de Nicho ecológico completo

La evaluación del programa Maxent para el modelamiento ecológico del hábitat del *T. ornatus* generó un AUC (*Area Under the Curve*) de 0.808, modelo en el que se considera la importancia de cada variable y sus interacciones; el resultado del modelo se categoriza como bueno, es decir que los resultados generados son válidos. (Araújo & Guisan, 2006).

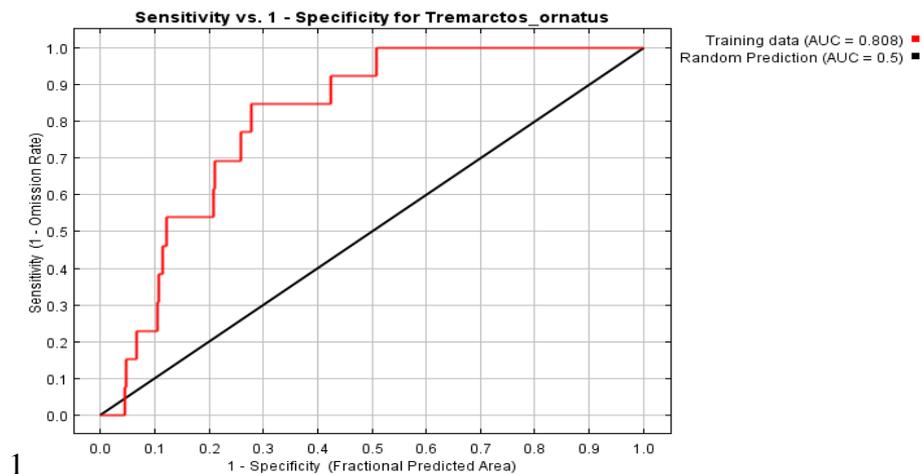
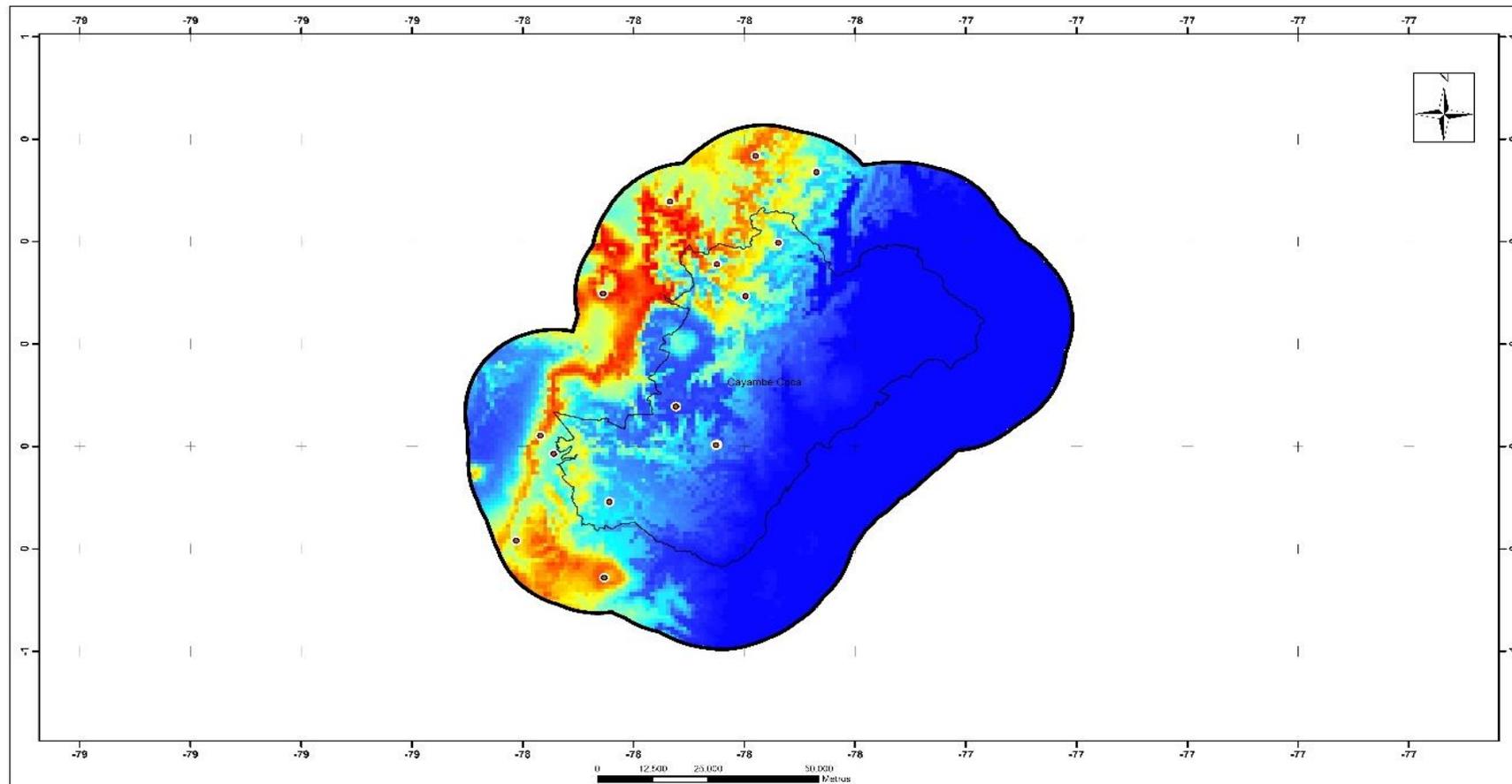


Gráfico 9. Curva ROC – curva operacional

El Modelo de Nicho Ecológico se corrió con las 19 variables de WorldClim, la interpretación se realizó mediante rangos numéricos del raster distribuidos en quintiles, obteniéndose 5 rangos de distribución a los cuales se les asignó categorías según el criterio de investigación, los cuales se describen a continuación: (0-16) muy baja con color blanco, (16 a 35) baja con color gris, (35 a 52) media con color amarillo, (52 a 65) alta con color naranja, (65 a 100) muy alta con color rojo. Ver mapa 9.



SIMBOLOGÍA	LEYENDA
● Puntos de presencia	● Puntos de presencia
□ Límite Parque Nacional C.C.	Modelo de Nicho Ecológico
▭ Área de estudio	Value
	High : 100
	Low : 2e-009

Mapa 9. Modelo de nicho ecológico completo del *T. ornatus*

El área de estudio comprende toda la extensión del PNCC y se trazó una zona de amortiguamiento de 20Km debido a la movilidad de la especie y al correr el modelo identificar que las áreas de mayor distribución se encuentran fuera del PNCC, el área total es de 1'153.921 hectáreas; de este el hábitat adecuado para oso andino sería de 150.387 hectáreas que corresponden al 13.07% y marginal de 638.609 hectáreas que corresponden al 55.34%. Ver tabla 7 categorías de distribución.

Tabla 7 Categorías de Distribución Maxent

<b>CATEGORIA</b>	<b>AREA (ha)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
MUY ALTA	150387	13.03
ALTA	72882	6.31
MEDIA	115712	10.02
BAJA	176140	15.24
MUY BAJA	638609	55.34

*Elaborado por: La autora*

En el mapa de nicho ecológico del *T. ornatus* (Mapa 10), identifica en la parte norte un parche de hábitat adecuado para el oso, que cubre los bosques montanos y páramos de la provincia de Sucumbíos, Imbabura y Pichincha; dentro del área del parque existen áreas calificadas con categoría alta; las cuales se identifican en las partes altas del cantón Pimampiro. La presencia de la Vía Quito-Lago Agrio produce una interrupción en el corredor biológico de esta especie; al visualizar el mapa se puede atribuir que el cruce de esta especie por la vía en el sector de La Virgen se debe a la presencia de un parche de hábitat adecuado para esta especie al otro lado de la misma. La mayoría de zonas identificadas como óptimas para la especie, se observan en las partes altas de la zona de estudio debido a las características climáticas de estas áreas, el requerimiento climático del *T. ornatus* está ligado a rangos de temperatura entre los 6°C a 24°C y precipitaciones de 1000 a 2000 milímetros; condiciones que se identifican en los siguientes ecosistemas, bosques montanos, bosque muy húmedo montano bajo y páramos; identificados como óptimos para esta especie.

#### **4.8.1.1 Análisis de las contribuciones variables**

La siguiente tabla muestra las contribuciones relativas de las variables ambientales en el modelo teniendo los siguientes porcentajes de contribución en orden de importancia: Bio 19 “Precipitación del trimestre más frío con un porcentaje” de 75.8%, Bio 09

“Temperatura media del trimestre más seco” con 6.1 % y Bio 14 “Precipitación del mes más seco” con 5.3%. Ver tabla 8 los porcentajes de contribución.

Tabla 8. Porcentaje de contribución e importancia de permutación

Variable	Porcentaje de contribución	Importancia de permutación
Bio19 Precipitación del trimestre más frío	75.8	0
Bio9 Temperatura media del trimestre más seco	6.1	0
Bio14 Precipitación del mes más seco	5.3	75.8
Bio13 Precipitación del mes más húmedo	3.6	0
Bio12 Precipitación anual	3.5	0
Bio16 Precipitación del trimestre más húmedo	3.1	0
Bio7 Rango anual de temperatura	2.3	24.2
Bio1 Temperatura media anual	0.4	0
Bio15 Estacionalidad de la precipitación	0.1	0
Bio 10 Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido	0	0
Bio17 Precipitación del trimestre más seco	0	0
Bio8 Temperatura media del trimestre más húmedo	0	0
Bio18 Precipitación del trimestre más cálido	0	0
Bio 6 Temperatura mínima del mes más frío	0	0
Bio5 Temperatura máximo del mes más cálido	0	0
Bio4 Estacionalidad de la temperatura	0	0
Bio3 Isotermicidad	0	0
Bio2 Rango medio de temperatura diurno	0	0
Bio11 Temperatura media del trimestre más frío	0	0

Elaborado por: La autora

#### 4.8.1.2 Predicción de las Variables Climáticas influyentes para el Modelo

La siguiente imagen muestra los resultados de la prueba de “jackknife”, la cual indica cuales son las variables más influyentes en la generación del modelo, de las áreas potenciales de distribución del Oso de anteojos. La variable climática que tiene más influencia cuando es aplicada de forma individual es la bio 19 “precipitación del cuatrimestre más frío”. Ver gráfico 10

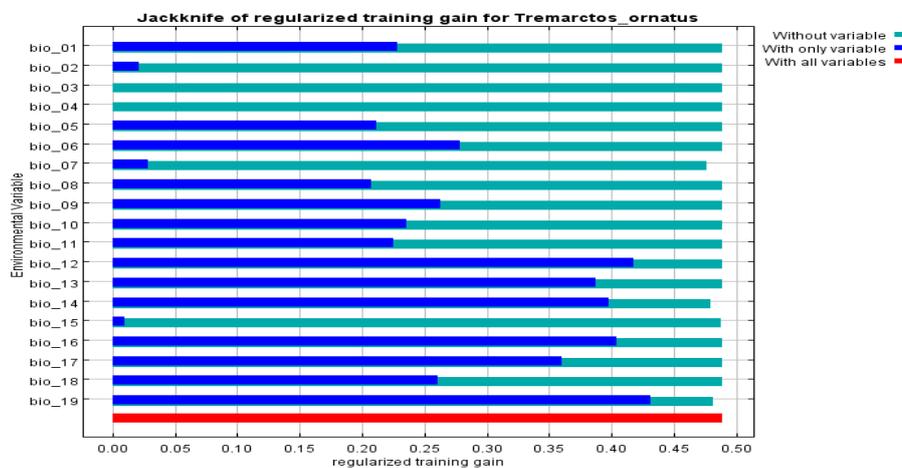


Gráfico 10. Prueba Jackknife o de navaja

#### 4.8.2 Obtención del modelo de Nicho ecológico grupo 1

La curva de ROC en la evaluación del programa Maxent para el modelo generado obtuvo un AUC de 0.777, el cual se categoriza como bueno, este dato expresa la capacidad que tiene este modelo para predecir, sabiendo que un buen clasificador tendrá el área más cercana a 1. (Araújo y Guisan, 2006). Como se puede observar en gráfico 11.

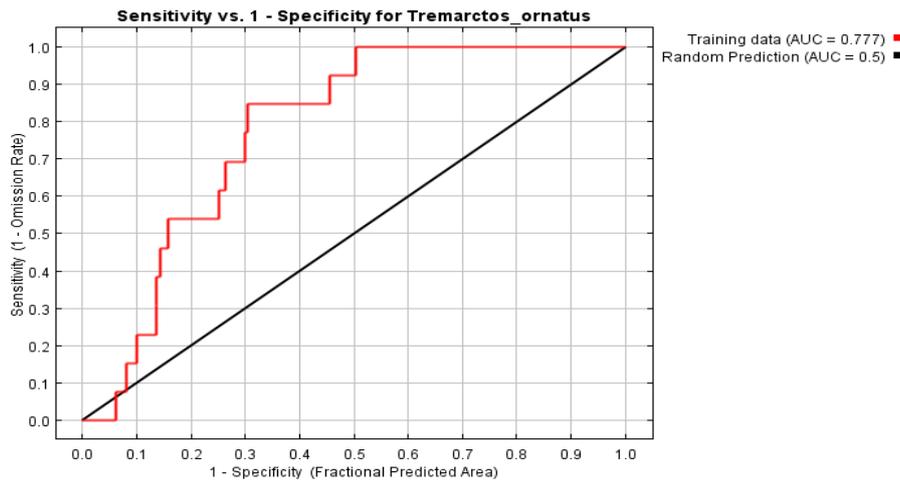
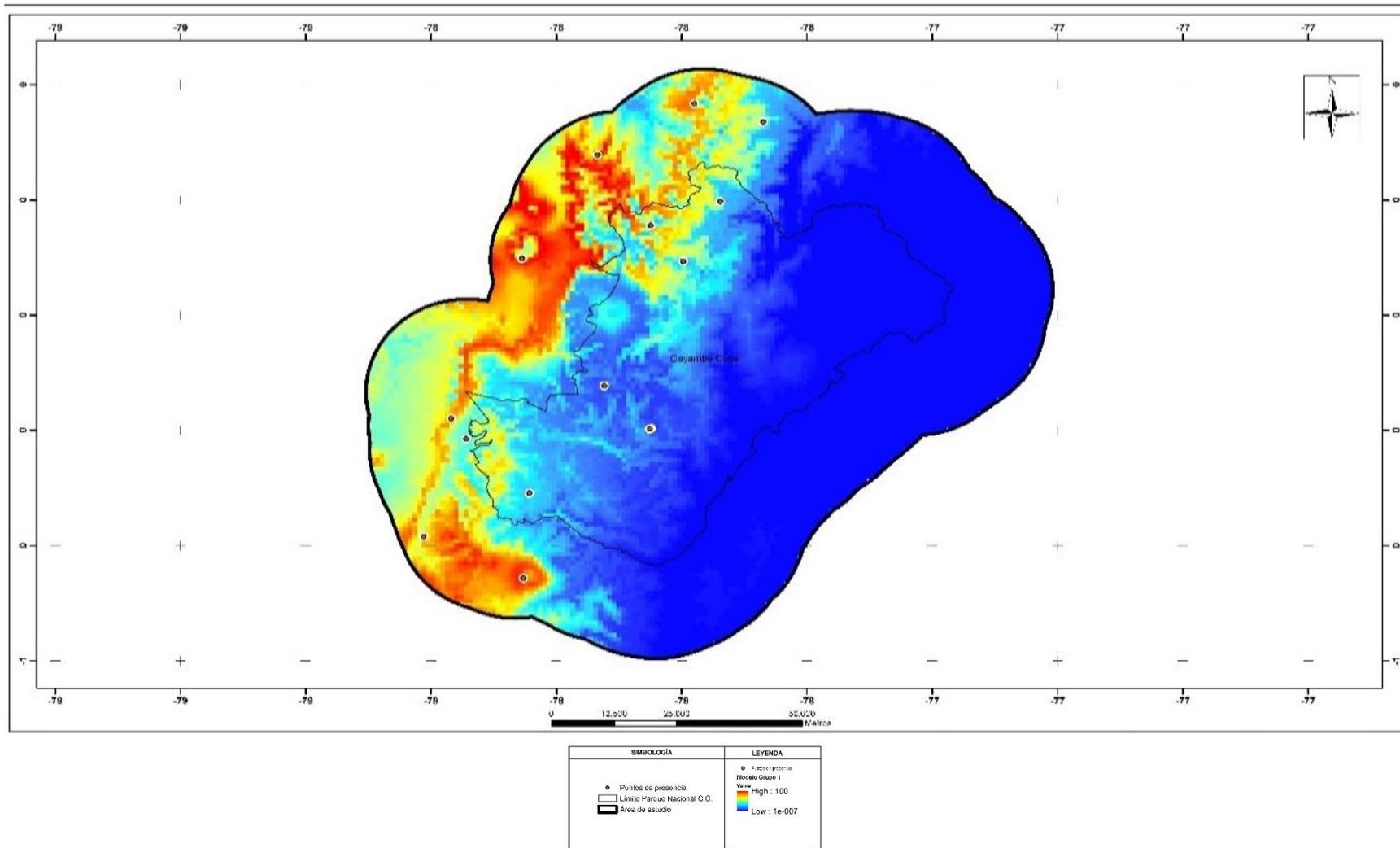


Gráfico 11. Curva ROC – curva operacional

Este modelo se corrió con las siguientes variables Bio 1: Temperatura anual promedio, Bio 6: Temperatura del mes más frío, Bio 9: Temperatura del cuatrimestre más seco, Bio 12: Precipitación anual, Bio14:precipitacion del mes más seco, Bio 17: Precipitación del cuatrimestre más seco, Bio 19: Precipitación del cuatrimestre más frío, la interpretación se realizó mediante rangos numéricos del raster distribuidos en quintiles, obteniéndose 5 rangos de distribución a los cuales se les asigno categorías según el criterio de investigación, los cuales se describen a continuación: (0-16) muy baja con color blanco, (16 a 35) baja con color gris, (35 a 52) media con color amarillo, (52 a 65) alta con color naranja, (65 a 100) muy alta con color rojo. Ver mapa 10.



Mapa 10. Modelo nicho ecológico grupo 1 *T. ornatus*

El área de estudio comprende toda la extensión del PNCC y se trazó una zona de amortiguamiento de 20Km debido a la movilidad de especie y en consideración que el hábitat identificado como específico para se encuentra en el margen de la zona alta del Parque; de este el hábitat adecuado para el *T. ornatus* es de 168.685 hectáreas que corresponden al 14.61% y marginal de 631.256 hectáreas que corresponden al 54.70%. Ver tabla 9 las categorías de distribución.

Tabla 9. Categorías de Distribución Maxent

CATEGORIA	AREA (ha)	PORCENTAJE (%)
MUY ALTA	168685	14.61
ALTA	74777	6.48
MEDIA	112320	9.73
BAJA	168685	14.61
MUY BAJA	631256	54.70

Elaborado por: La autora

En el mapa 11, las áreas con categoría “Alta” y “Muy alta” según la calificación de Maxent se encuentran en su mayoría fuera del área del PNCC; el hábitat óptimo del *T. ornatus* se identifica desde el páramo de Papallacta seguido por la parte alta del Cantón Cayambe, Pimampiro y terminando en la zona alta de Sucumbíos.

#### 4.8.2.1 Contribución de cada variable

En la tabla 10 se presenta la contribución final de las variables, las variables climáticas que tuvieron los mayores aportes fueron: bio 19 “precipitación del cuatrimestre más frío” con 81.4%, “temperatura promedio del cuatrimestre más seco” con 8% y “temperatura anual promedio” con 4 %.

Tabla 10 Porcentaje de contribución e importancia de permutación

Variable	Porcentaje de contribución	Importancia de permutación
Bio19 Precipitación del trimestre más frío	81.4	71.7
Bio 09 temperatura promedio del cuatrimestre más seco	8	26
Bio1 Temperatura media anual	4	0
Bio12 Precipitación anual	3.3	0
Bio 6 Temperatura mínima del mes más frío	2	0
Bio17 Precipitación del trimestre más seco	0.9	0
Bio14 Precipitación del mes más seco	0.5	2.2

Elaborado por: La autora

#### 4.8.2.2 Predicción de las Variables Climáticas influyentes para el Modelo

La siguiente imagen muestra los resultados de la prueba de “jackknife”, la cual indica cuales son las variables más influyentes en la generación del modelo, de las áreas

potenciales de distribución del Oso de anteojos. La variable climática que tiene más influencia cuando es aplicada de forma individual es la bio 19 “precipitación del cuatrimestre más frío”.

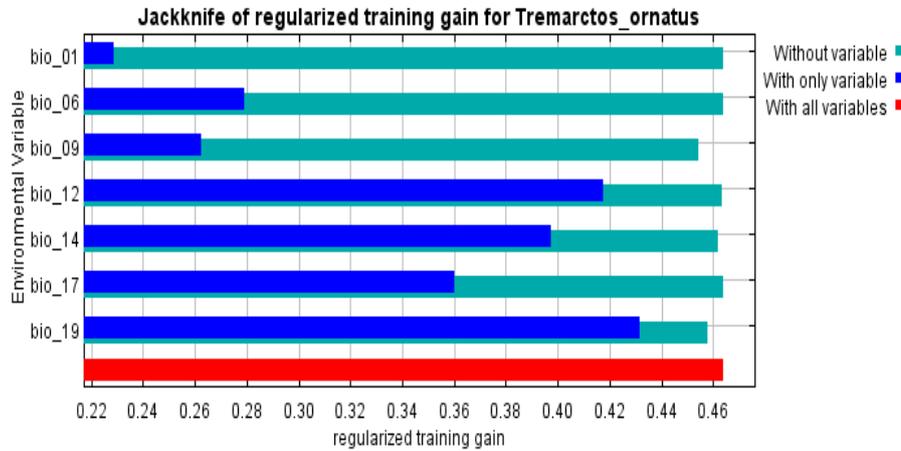


Gráfico 12. Prueba Jackknife o de navaja

### 4.8.3 Obtención del modelo de Nicho ecológico grupo 2

La curva de ROC en la evaluación del programa Maxent para el modelo generado obtuvo un AUC de 0.772, el cual se categoriza como bueno, este dato expresa la capacidad que tiene este modelo para predecir, sabiendo que un buen clasificador tendrá el área más cercana a 1. (Araújo y Guisan, 2006). Como se puede observar en gráfico 13.

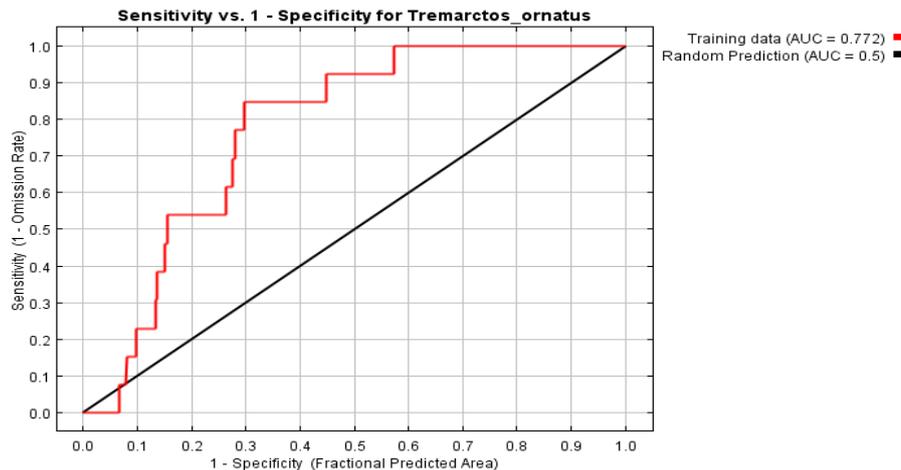
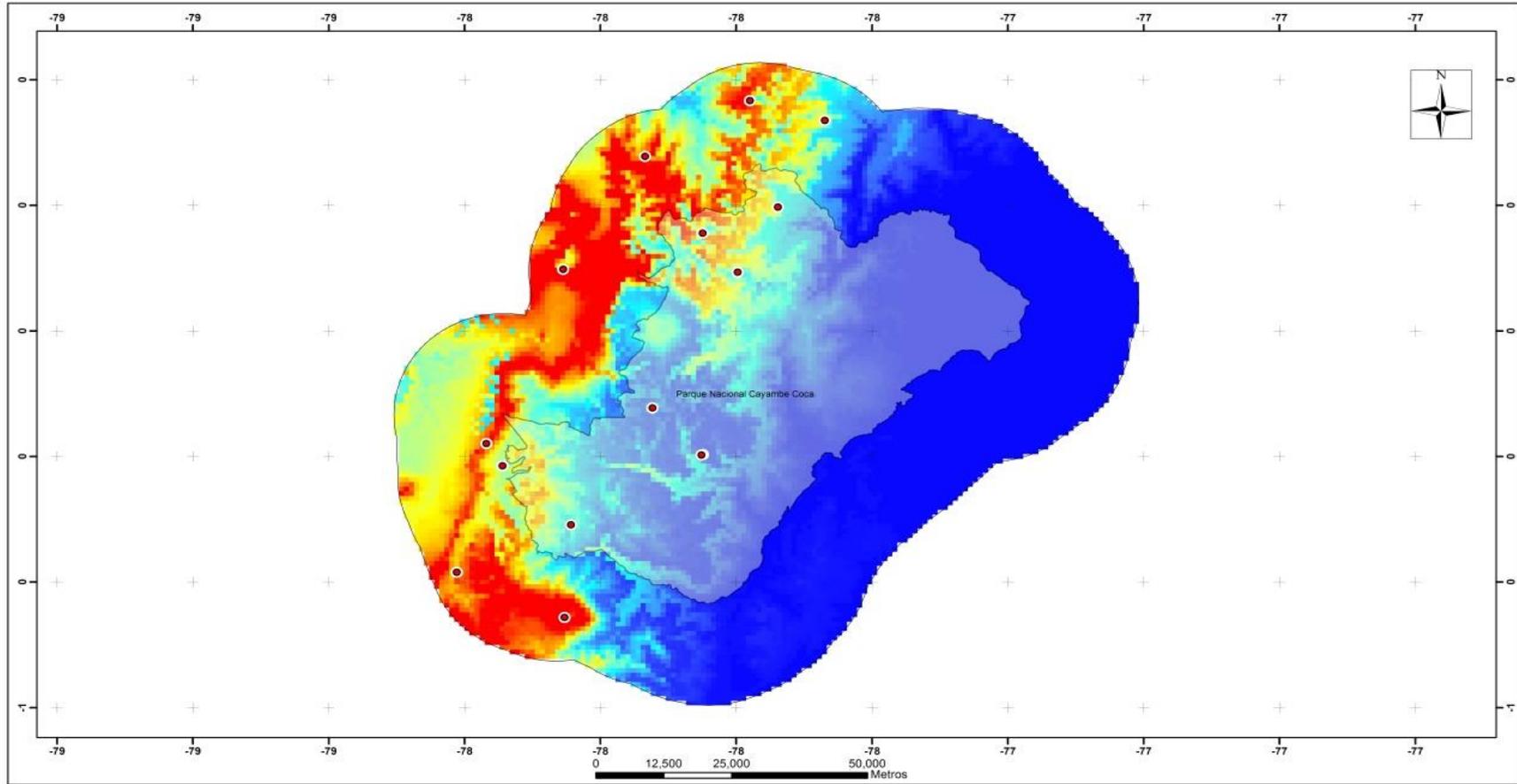


Gráfico 13. Curva ROC – curva operacional

Este modelo se corrió con las siguientes variables Bio 6: Temperatura del mes más frío, Bio 11: Temperatura promedio del cuatrimestre más frío, Bio 19: Precipitación del cuatrimestre más frío, la interpretación se realizó mediante rangos numéricos del raster distribuidos en quintiles, obteniéndose 5 rangos de distribución a los cuales se les asigno

categorías según el criterio de investigación, los cuales se describen a continuación: (0-16) muy baja con color azul (16 a 35) baja con celeste, (35 a 52) media con color amarillo, (52 a 65) alta con color naranja, (65 a 100) muy alta con color rojo. Ver mapa 11.



SIMBOLOGIA	LEYENDA
● Puntos de presencia	● Puntos de presencia
□ Límite Parque Nacional C.C.	Modelo Grupo 2
▭ Área de estudio	Value
	High : 99,7661
	Low : 1,06905e-006

Mapa 11. Modelo nicho ecológico grupo 2 *T. ornatus*

El área de estudio comprende toda la extensión del PNCC y se trazó una zona de amortiguamiento de 20Km debido a la movilidad de especie y en consideración que el hábitat identificado como específico para el *T. ornatus* se encuentra en el margen de la zona alta del Parque, el área de estudio es de 1'153.921 hectáreas; en el mapa se identifica 174.426 hectáreas que corresponden al 15.11% como hábitat específico para el *T. ornatus* con una categoría de distribución “Muy Alta” y una categoría “Muy baja” a 634.259 hectáreas que corresponden al 54.59%, zonas donde no se ha observado la presencia de la especie y que a su vez no cumplen con los requerimientos climáticos de esta especie. Ver tabla 11 categorías de distribución.

Tabla 11. Categoría de Distribución Maxent

CATEGORIA	AREA (ha)	PORCENTAJE (%)
MUY ALTA	174426	15.11
ALTA	74961	6.49
MEDIA	110544	9.57
BAJA	159453	13.81
MUY BAJA	634259	54.96

Elaborado por: La autora

En el Mapa 12, modelo corrido con las variables que contengan datos de variables frías y precipitación moderada; dentro del Parque se identifica zonas calificadas con categorías “Alta” y “Muy Alta” de distribución de la especie en la parte alta del cantón de Pimampiro en una altitud aproximada de 3600 msnm; además se observar que fuera del área protegida se dispone de un parche de hábitat óptimo el cual cumple con los requerimientos necesarios para la subsistencia de esta especie; el *T.ornatus* es una especie con una movilidad amplia ya que se lo observa desde los 250 msnm; sin embargo el hábitat óptimo para esta especie se encuentra desde los 1000 msnm hasta los 3800 msnm en ecosistemas con temperaturas bajas y húmedos como son los Bosques montanos ligado a la presencia de especies de floras indispensables en la dieta alimenticia del *T.ornatus* como son: bambú (*Rhipidocladum geminatum*), bromelias epífitas, bromelias epífitas y palmas y a la disponibilidad de agua.

#### 4.8.3.1 Contribución de cada variable

Con respecto a la contribución final de las variables, las variables climáticas que tuvieron los mayores aportes fueron: Bio 6: Temperatura del mes más frío, Bio 11: Temperatura

promedio del cuatrimestre más frío, Bio 19: Precipitación del cuatrimestre más frío. Ver tabla 12.

Tabla 12. Porcentaje de contribución e importancia de permutación

Variable	Porcentaje de contribución	Importancia de permutación
Bio 19: Precipitación del cuatrimestre más frío	91.7	88
Bio 6: Temperatura del mes más frío	5	0
Bio 11: Temperatura promedio del cuatrimestre más frío	3.3	12

Elaborado por: La autora

#### 4.8.3.2 Predicción de las Variables Climáticas influyentes para el Modelo

La siguiente imagen muestra los resultados de la prueba de “jackknife”, la cual indica cuales son las variables más influyentes en la generación del modelo, de las áreas potenciales de distribución del Oso de anteojos. La variable climática que tiene más influencia cuando es aplicada de forma individual es la bio 19 “precipitación del cuatrimestre más frío”. En el gráfico 14 se presenta los resultados obtenidos al aplicar esta prueba.



Gráfico 14. Prueba Jackknife o de navaja

#### 4.8.4 Obtención del Modelo de Nicho ecológico grupo 3

La curva de ROC en la evaluación del programa Maxent para el modelo generado obtuvo un AUC de 0.794, el cual se categoriza como bueno, este dato expresa la capacidad que tiene este modelo para predecir, sabiendo que un buen clasificador tendrá el área más cercana a 1. (Araújo y Guisan, 2006). Como se puede observar en el gráfico 15.

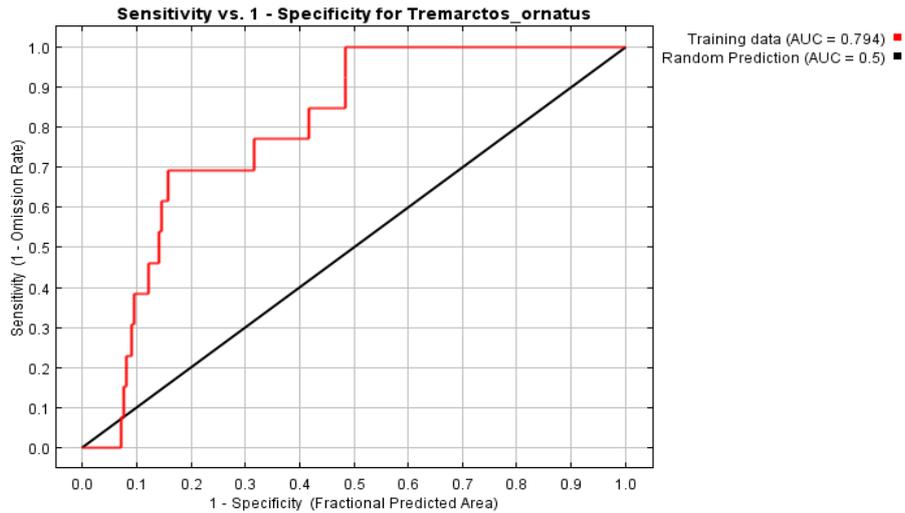
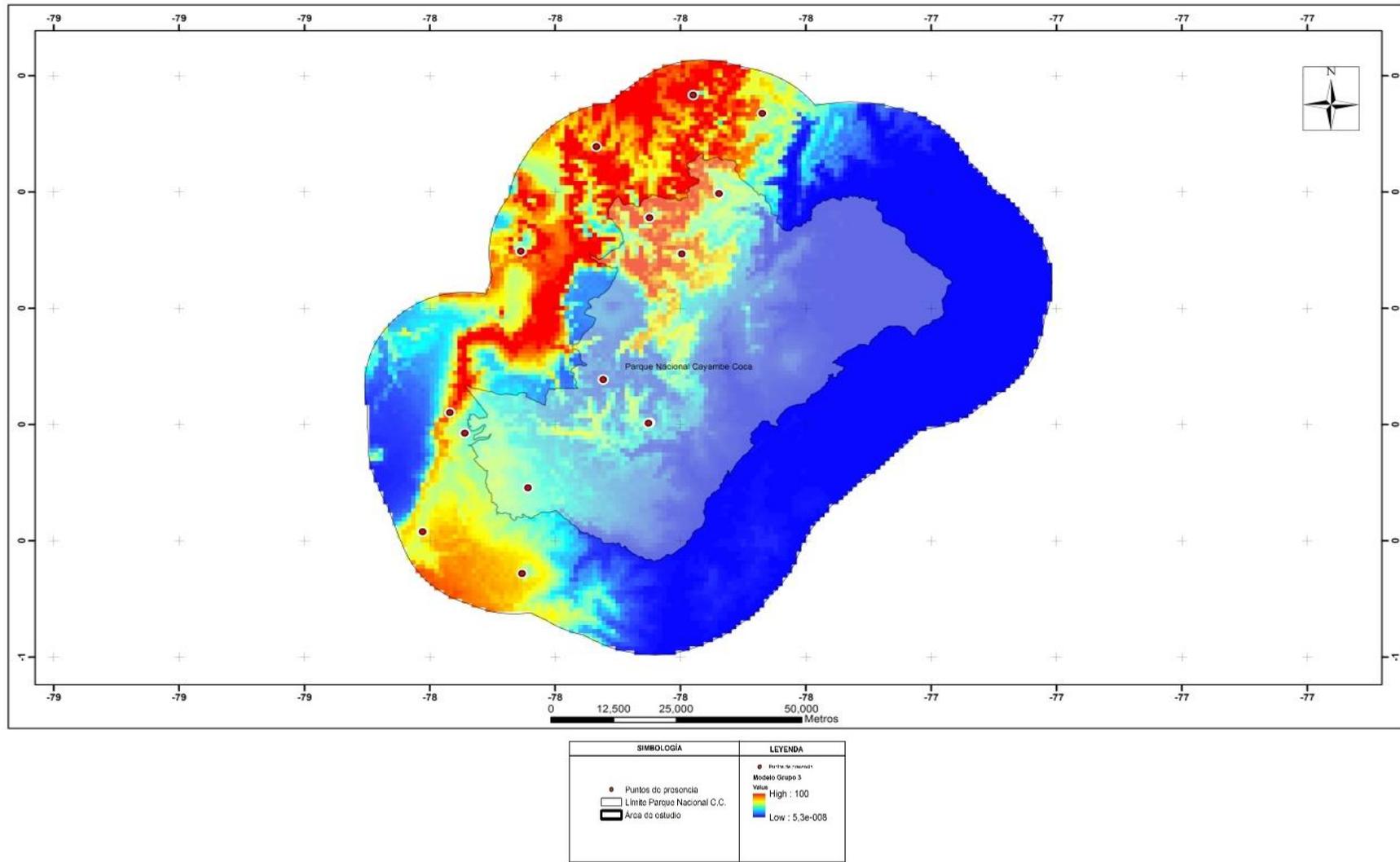


Gráfico 15. Curva ROC – curva operacional

Este modelo se corrió con las siguientes variables Bio 1: Temperatura anual Promedio, Bio 7: Rango anual de temperatura: Bio 12: Precipitación anual, la interpretación se realizó mediante rangos numéricos del raster distribuidos en quintiles, obteniéndose 5 rangos de distribución a los cuales se les asignó categorías según el criterio de investigación, los cuales se describen a continuación: (0-16) muy baja con color blanco, (16 a 35) baja con color gris, (35 a 52) media con color amarillo, (52 a 65) alta con color naranja, (65 a 100) muy alta con color rojo. Ver mapa 12.



Mapa 12. Modelo nicho ecológico grupo 3 *T. ornatus*.

El área de estudio comprende toda la extensión del PNCC y se trazó una zona de amortiguamiento de 20Km, el área total es de 1'153.921 hectáreas; de este el hábitat adecuado para oso andino sería de 171.097 hectáreas que corresponden al 18.82% y marginal de 626.490 hectáreas que corresponden al 54.29%. Ver tabla 12 categorías de distribución.

Tabla 13 Categoría de Distribución Maxent

CATEGORIA	AREA (ha)	PORCENTAJE (%)
MUY ALTA	171490	14.86
ALTA	74612	6.46
MEDIA	117655	10.19
BAJA	163607	14.17
MUY BAJA	626448	54.28

Elaborado por: La autora

En el mapa 13 con información de las variables anuales se identifica que dentro del Paque existe áreas identificadas como hábitat óptimo del *T. ornatus* en el cantón de Gonzalo Pizarro que coinciden con la información obtenida en la fase campo donde se han registrado presencias del *T. ornatus*, al igual que los modelos anteriores la distribución potencial del *T. ornatus* se registra fuera del Parque, este comportamiento de la presencia del oso puede relacionarse en la facilidad de obtención de alimento en el caso de existir la presencia de cultivos o ganado o su vez esta especie tiene preferencia por las zonas altas no intervenidas ya que los reconocen como sitios seguros para desarrollarse.

#### 4.8.4.1 Análisis de las contribuciones variables

La contribución final de las variables, las variables climáticas que tuvieron los mayores aportes fueron: Bio 1: Temperatura anual Promedio con 90.4%, Bio 7: Rango anual de temperatura con 5.7%, Bio 12: Precipitación anual con 3.9%. Ver tabla 14.

Tabla 14. Porcentaje de contribución e importancia de permutación

Variable	Porcentaje de contribución	Importancia de permutación
Bio12 Precipitación anual	90.4	79.9
Bio 7 Rango anual de temperatura	5.7	20.1
Bio1 Temperatura anual promedio	3.9	0

Elaborado por: La autora

#### 4.8.4.2 Predicción de las Variables Climáticas influyentes para el Modelo

La siguiente imagen muestra los resultados de la prueba de “jackknife”, la cual indica cuales son las variables más influyentes en la generación del modelo, de las áreas potenciales de distribución del Oso de anteojos. La variable climática que tiene más

influencia cuando es aplicada de forma individual es la bio 12 “Precipitación anual”. En el gráfico 16 se presenta los resultados obtenidos al aplicar esta prueba.



Gráfico 16. Prueba Jackknife o de navaja

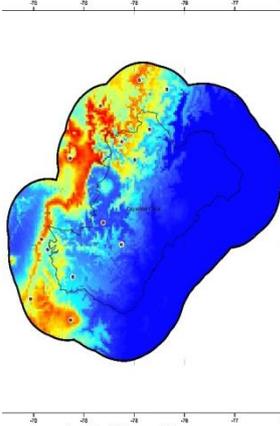
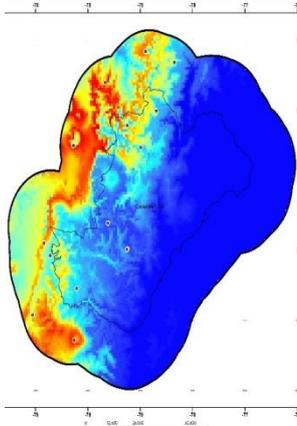
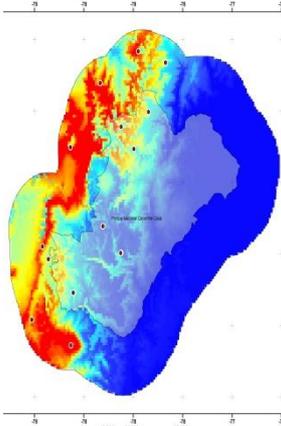
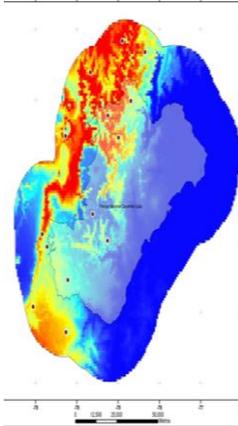
#### 4.9. Discusión del modelo

Hay diferentes procesos ecológicos que influyen directamente en la interacción de la especie con su Nicho ecológico, esta relación se basa en la disponibilidad de recursos que le permitan sobrevivir, desarrollarse e incluso reproducirse. Los requerimientos del *T. ornatus* dependen de una alta disponibilidad de agua, áreas no intervenidas, temperaturas bajas para reproducirse y cuidar de sus crías.

El modelo de nicho ecológico permite reconocer las variables bioclimáticas que conforma el área idónea para el desarrollo de poblaciones viables de una especie; sin embargo el modelo puede presentar algunas limitaciones en cuanto a la identificación de estas áreas las cuales son: presencia de comunidades, vías, áreas de cultivos, barreras geográficas y avances de la frontera agrícola.

Las variables significativas para cada uno de los modelos fue la precipitación relacionada con temperaturas frías; en modelo completo, modelo grupo 1 y grupo 2 la variable que tuvo mayor importancia fue Bio 19 “precipitación del cuatrimestre más frío” y en el modelo 3. Bio 12 “Precipitación Anual”.

Tabla 15. Modelos de Nicho ecológico del Oso de Anteojos

MODELO COMPLETO	MODELO GRUPO 1	MODELO GRUPO 2	MODELO GRUPO 3
			
AUC=0.808	AUC=0.775	AUC= 0.772	AUC=0.794

Elaborado por: La autora

Para la elaboración del Modelo de Nicho ecológico del *T. ornatus* fue necesario trazar un buffer de 20 km identificado como una zona de amortiguamiento basado en el amplio home range que tiene la especie además de observar que el nicho específico del *T. ornatus* se encuentra fuera del área del PNCC. Los modelos elaborados mediante la aplicación de Maxent generaron AUC entre 0.77 a 0.80; (Ver tabla15) siendo el valor de 1 la calificación máxima; es decir que los resultados de los modelos tiene una predicción real. Todas la variables del Worldclim tiene una interacción significativa en la identificación del Nicho Ecológico del Oso de anteojos, el mayor valor de predicción es generado por el modelo 1; sin embargo bajo el criterio climático que tiene el Ecuador siendo un país que no presenta las 4 estaciones definidas, se corrió del modelo con variables que contengan datos de climas fríos; de esta manera se obtuvo el mapa de modelo de Nicho ecológico del *T.ornatus* más real.

El modelo identificó los nichos ecológicos en relación a las variables ambientales de mejor calidad para el *T. ornatus* los bosques montanos, bosque húmedo montano y páramo. (Torres 2011, Castellano 2010) Estas zonas se presentan en altitudes desde los 1000 msnm hasta 4500 msnm, registrando temperatura entre 6°C a 24°C y rangos de precipitación de 1000 – 2000 milímetros; la presencia del *T. ornatus* en estos bosque se relaciona principalmente a la disponibilidad de agua y alimento; es importante mencionar que esta especie necesita de estas condiciones ambientales para reproducirse y cuidar a sus crías.

La presencia del Oso en estos ecosistemas se relaciona a la presencia de la mayoría de especies vegetales que se encuentran dentro de la dieta alimenticia del Oso, como son: bambú (*Rhipidocladum geminatum*), bromelias epifitas de los géneros *Tillandsia* y *Guzmania*, bromelias terrestres del género *Puya*.

Sin embargo en el modelo se observa que las áreas identificadas como óptimas han sufrido una transformación producto del avance de la frontera agrícola, proceso al cual esta especie se ha adaptado con el paso de los años, de esta manera se puede mencionar que la presencia de la especie en estas zonas se debe a la facilidad de obtención de alimento al atacar cultivos y ganado de las comunidades asentadas alrededor del Parque; siendo este el principal problema de conservación de esta especie. Castellanos (2011) en el estudio de conflicto oso – humano; menciona que el ataque a cultivos o ganado ha incrementado con el paso de los años debido a que al *T. ornatus* se le considera como una especie muy adaptable y oportunista, lo cual se convierte en el principal problema para la conservación de la especie debido a considerarse como una amenaza para los pobladores de comunidades. Laguna (2013); cita que el *T. ornatus* tiene una plasticidad adaptiva a una variedad de ecosistemas a pesar de las actividades humanas que se desarrollen en estas áreas; el reemplazo de bosques naturales por actividades agrícolas reduce de manera significativa el hábitat de la fauna silvestre de un determinado ecosistema; generando conflictos inminentes entre el ser humano y el *T. ornatus* especialmente en áreas no protegidas.

Sin embargo al tratarse de estudios que describan el hábitat del *T. ornatus* existen investigaciones relacionadas con la identificación del hábitat o su distribución mencionan como ecosistemas predilectos los bosques montanos; los cuales cumplen con los requerimientos para su subsistencia. Judith Figueroa (2012), registra datos de presencia del *T. ornatus* desde los 200 msnm hasta los 4750 msnm ocupando diversos ecosistemas como el *bosque seco ecuatorial*, el *bosque tropical amazónico*, el bosque seco interandino, el bosque tropical del Pacífico, el bosque premontano, bosque montano, la puna y el páramo; algunos de los ecosistemas descritos anteriormente no coinciden con los resultados obtenidos en este estudio; sin embargo la presencia del oso en altitudes menores de 1000 msnm se relacionan directamente con la disponibilidad de agua o presencia de cultivos que facilitan a la especie la obtención de alimento. Peyton (1999) confirma que la presencia del *T. ornatus* en una altitud de 200- 250 msnm en ecosistemas como bosque

tropical amazónico, se puede considera como rara, debido a que su presencia en esta altitud se la atribuirá solamente a la disponibilidad de agua.

Como resultado a la situación actual que está atravesando esta especie se puede mencionar que su adaptabilidad a los cambios de su hábitat se convierte en la principal amenaza de conservación debido al desencadenamiento de problemas sociales a la que está expuesta la especie; por esta razón se debe promover la conservación y la recuperación del hábitat específico del *T. ornatus* ya que el Plan del Manejo de esta área protegida no contempla una zona de amortiguamiento definida.

#### 4.10. Modelo de escenario de cambio climático 2050

La evaluación del programa Maxent para el modelamiento ecológico del hábitat del *T. ornatus* (F.G Cuvier, 1825) generó un AUC (*Area Under the Curve*) de 0.806, el cual se categoriza como bueno, es decir que los resultados generados son válidos. (Araújo y Guisan, 2006).

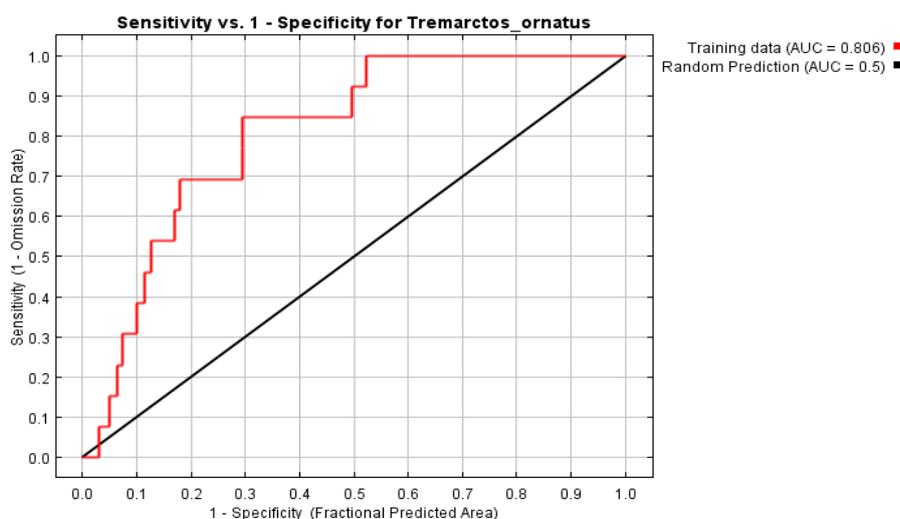
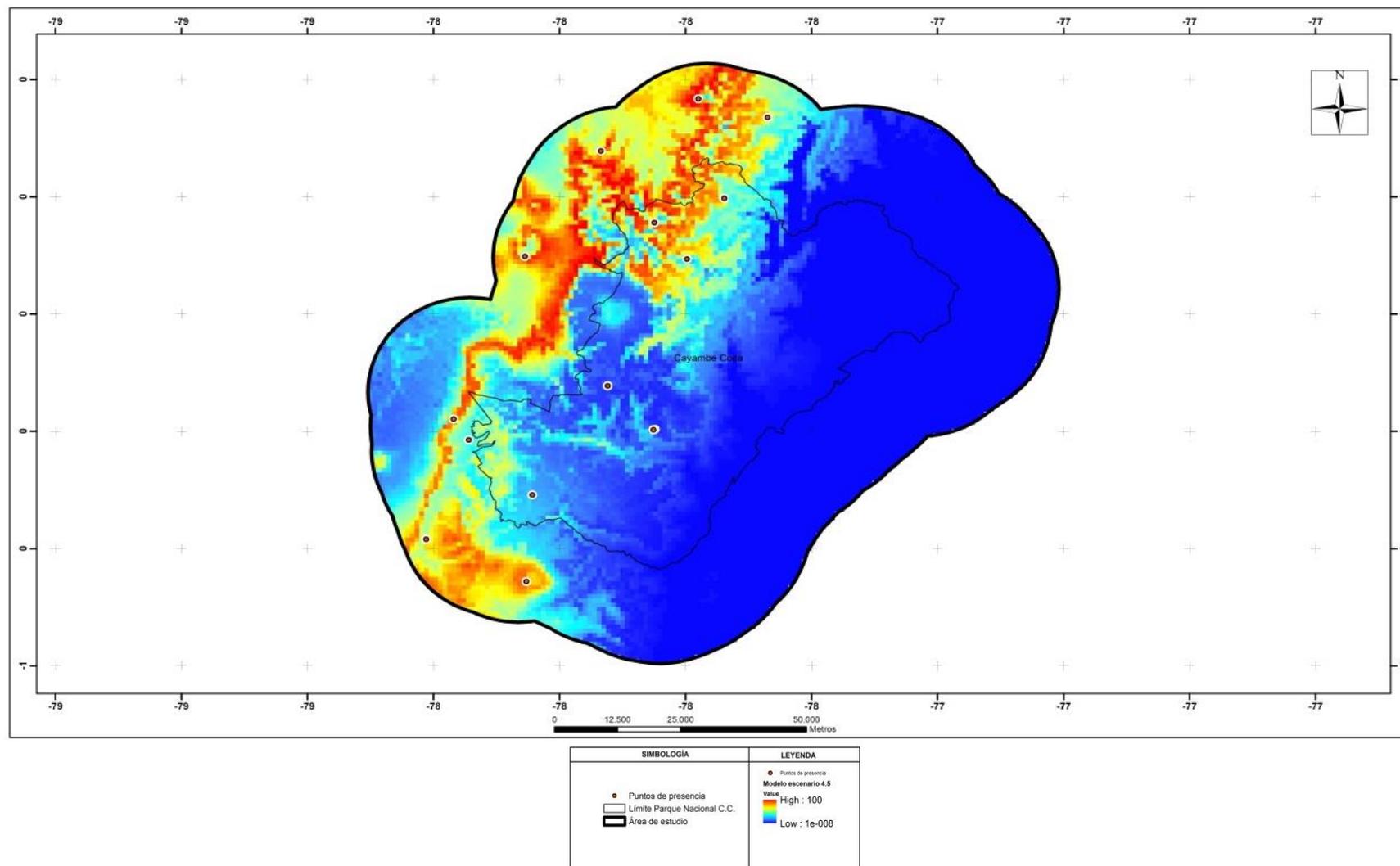


Gráfico 17. Curva ROC – curva operacional

El Modelo de Nicho Ecológico se corrió con las 19 variables de escenario de cambio climático 2050, la interpretación se realizó mediante rangos numéricos del raster distribuidos en quintiles, obteniéndose 5 rangos de distribución a los cuales se les asigno categorías según el criterio de investigación, los cuales se describen a continuación: (0-16) muy baja con color blanco, (16 a 35) baja con color gris, (35 a 52) media con color amarillo, (52 a 65) alta con color naranja, (65 a 100) muy alta con color rojo. Ver mapa 13.



Mapa 13. . Modelo nicho ecológico escenario cambio climático 2050 *T. ornatus*.

#### 4.10.1 Análisis de los datos obtenidos por Maxent

El área de estudio comprende toda la extensión del PNCC y se trazó una zona de amortiguamiento de 20Km, el área total es de 1'153.921 hectáreas; de este el hábitat adecuado para oso andino sería de 156.985 hectáreas que corresponden al 13.60% y marginal de 642.232 hectáreas que corresponden al 55.65%. Ver tabla 15.

Tabla 16 Categoría de Distribución Maxent

CATEGORIA	AREA (ha)	PORCENTAJE (%)
MUY ALTA	156985	13.60
ALTA	68609	5.94
MEDIA	112076	9.71
BAJA	174149	15.09
MUY BAJA	642232	55.65

Elaborado por: La autora

#### 4.10.2 Análisis de las contribuciones variables

Con respecto a la contribución final de las variables, las variables climáticas que tuvieron los mayores aportes fueron: bio 19 “precipitación del cuatrimestre más frío” con 78.1%, Bio 13 “precipitación del mes más frío” con 6.5% y Bio 16 “precipitación del cuatrimestre más húmedo” con 5.3 %.

Tabla 17. Porcentaje de contribución e importancia de permutación

Variable	Porcentaje de contribución	Importancia de permutación
Bio19 Precipitación del trimestre más frío	78.1	0
Bio13 Precipitación del mes más húmedo	6.5	0
Bio16 Precipitación del trimestre más húmedo	5.7	0
Bio9 Temperatura media del trimestre más seco	3.2	0
Bio1 Temperatura media anual	1.9	0
Bio12 Precipitación anual	1.8	0
Bio7 Rango anual de temperatura	1.3	14.8
Bio14 Precipitación del mes más seco	1.1	85.2
Bio15 Estacionalidad de la precipitación	0.2	0
Bio2 Rango medio de temperatura diurno	0.1	0
Bio18 Precipitación del trimestre más cálido	0	0
Bio 8 Temperatura media del trimestre más húmedo	0	0
Bio17 Precipitación del trimestre más seco	0	0
Bio 6 Temperatura mínima del mes más frío	0	0
Bio5 Temperatura máximo del mes más cálido	0	0
Bio4 Estacionalidad de la temperatura	0	0
Bio3 Isotermicidad	0	0
Bio 10 Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido	0	0
Bio11 Temperatura media del trimestre más frío	0	0

Elaborado por: La autora

### 4.10.3 Predicción de las Variables Climáticas influyentes para el Modelo

La siguiente imagen muestra los resultados de la prueba de “jackknife”, la cual indica cuales son las variables más influyentes en la generación del modelo, de las áreas potenciales de distribución del *T. ornatus*. La variable climática que tiene más influencia cuando es aplicada de forma individual es la bio 19 “precipitación del cuatrimestre más frío”. En el gráfico 16 se presenta los resultados obtenidos al aplicar esta prueba.

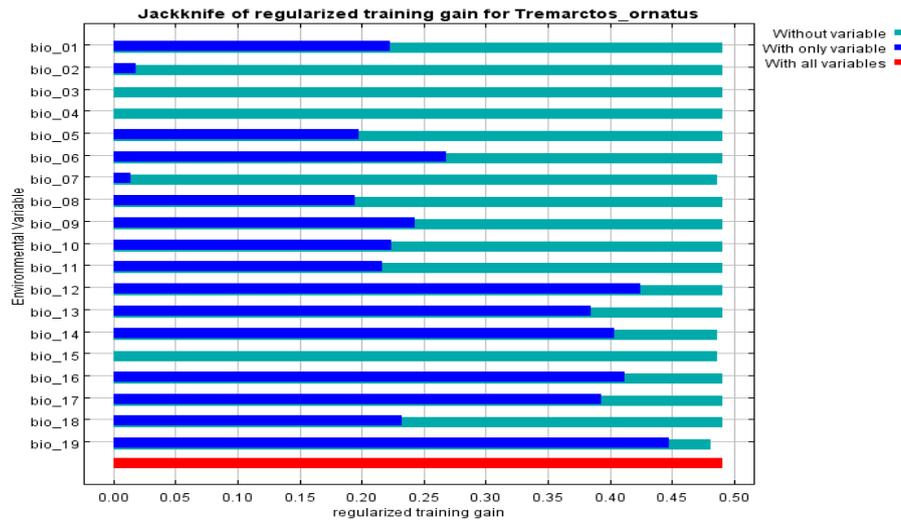
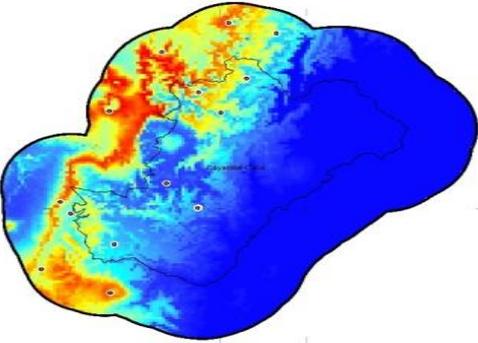
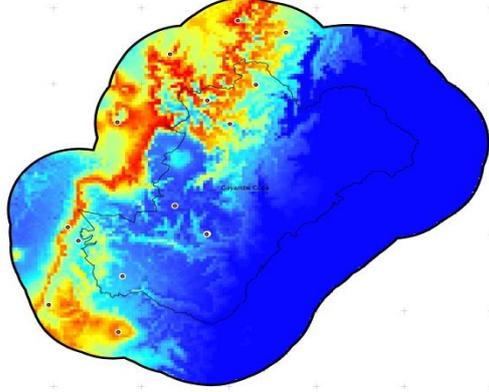
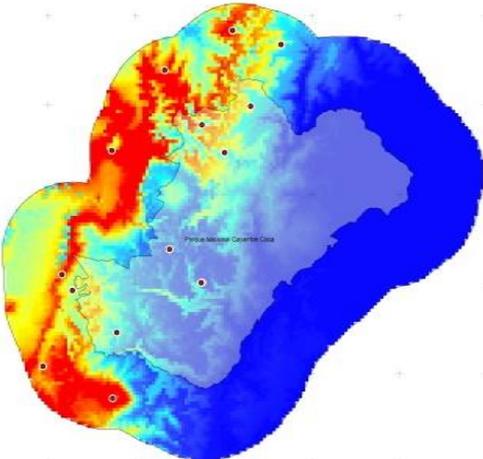
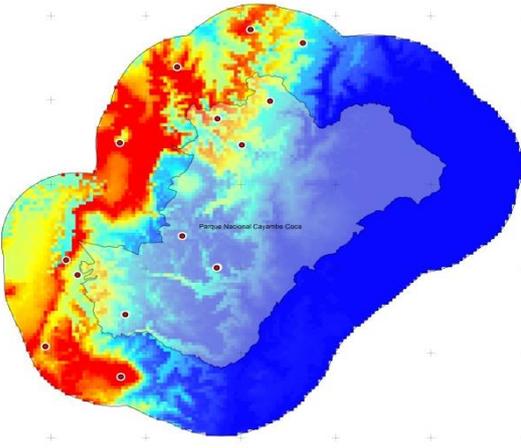


Gráfico 18. Prueba Jackknife o de navaja

### 4.10.4 Discusión del modelo

La evaluación realizada por maxent genero un AUC de 0.806 para la predicción del año 2050; comparando con el AUC de tiempo presente no se evidencia una diferencia significativa; la variable bio 19 “Precipitación del cuatrimestre más frío” contiene la información relevante para la elaboración de los modelos de tiempo presente y escenario futuro. A continuación en la tabla 9 se observa los dos modelos. Ver tabla 18.

Tabla 18. Modelos de Nicho ecológico del *T. ornatus*.

Modelo Completo (actuales)	Modelo de escenario cambio climático 2050
	
<b>AUC=0.808</b>	<b>AUC=0.806</b>
Modelo Actual grupo 2	Modelo de escenario cambio climático 2050
	
<b>AUC=0.772</b>	<b>AUC=0.777</b>

Elaborado por: La autora

De acuerdo a los resultados del modelo se puede concluir que el cambio climático no afecta de manera directa en la conservación del *T. ornatus*, las investigación realizadas por algunos expertos que estudian esta especie identifican que las principales amenazas para la conservación del *T. ornatus* está ligada a la fragmentación de su hábitat ocurrida por los siguientes aspectos: el cambio que se produce de zonas silvestres a zonas para la agricultura o ganadería desarrolladas por el hombre, deforestación principalmente en cuencas hidrográficas reduciendo la disponibilidad de agua y alimento para la especie; la falta de información de la importancia ecológica y de las amenazas a la cual está expuesta esta especie.

Vela et al (2011) afirma que la población del *T. ornatus* disminuirá el 80% en 10 años ya que es una especie que requiere de varios ecosistemas para su supervivencia debido a que su movilidad abarca grandes extensiones, esta especie requiere hábitats específicos para su reproducción y alimentación; su presencia indica el estado de conservación de los lugares donde habita; su principal problema de conservación es la pérdida de su hábitat. Anualmente la pérdida del hábitat aumenta debido a la agricultura y ganadería extensiva, plantaciones de cultivos ilícitos, presencia de comunidades y la construcción de carreteras que interfieren de manera negativa en la conectividad de la especie y la alteración de su entorno natural.

Castellanos (2012) corrobora lo antes mencionado el mayor impacto de conservación del *T. ornatus* es la presencia de cultivos; realiza una comparación en la que menciona que por cada hectárea de cultivo se pierde aproximadamente cuatro hectáreas de bosque natural, y considerando esto dentro de un área protegida. La alteración del corredor biológico por presencia de cultivos restringe el acceso de esta especie a zonas esenciales para el desarrollo de esta especie como son los sitios de reproducción cría y alimentación.

#### **4.11. Estrategias de Conservación**

Las estrategias de Conservación planteadas en este estudio serán aplicadas en los sitios identificados como nichos ecológicos óptimos modelado en el escenario de cambio climático proyección 2050.

##### **4.11.1 Antecedentes**

En base a los resultados obtenidos en el Modelo de Nicho Ecológico del *T. ornatus* modelado con las variables de escenario climático proyección 2050, se observó que las áreas identificadas como idóneas para la presencia de la especie se encuentran en su mayoría fuera del PNCC; la presencia de la especie está relacionada a la disponibilidad de alimento. El *T. ornatus* considerado una especie con alta adaptabilidad y oportunista, ha considerado estas zonas dentro de su amplio home range; lo que ha desencadenado un problema socio ambiental denominado conflicto oso- humano, siendo este la principal amenaza para la conservación de esta especie.

##### **4.11.2 Objetivo general**

Plantear estrategias de conservación del *T. ornatus* en las áreas identificadas como Nicho Ecológico idóneo.

#### 4.11.3 Objetivos Específicos

- Proteger el hábitat disponible para las poblaciones de *T. ornatus* identificadas fuera del Parque Nacional Cayambe Coca.
- Gestionar la conservación conjunta de los ecosistemas y de las poblaciones en las áreas aledañas al parque por medio de las entidades de control.
- Disminuir y minimizar la cacería furtiva.
- Asegurar la existencia de una suficiente cantidad y distribución de hábitats que permita mantener poblaciones silvestres viables.

#### 4.11.4 Programas de Conservación

Los resultados obtenidos en el modelo crean la necesidad de elaborar planes de conservación que sea aplicado en función a las necesidades y requerimientos de la especie para su subsistencia debido a su amplio home range; el cual se identifica en su mayoría en la zona de amortiguamiento.

El plan de conservación está enfocado en desarrollar estrategias de conservación aplicados en los impactos que afectan la supervivencia de esta especie en aspectos ambientales, sociales y económicos.

##### a) Programa capacitación comunitaria y educación ambiental

**Objetivo:** Promover la integración social que se involucre en el conocimiento de la especie y asuma la responsabilidad de su conservación en función de los beneficios que esta especie aporta a la conservación de ecosistemas.

**Proyecto:** Educación ambiental para escuelas y colegios

**Dirigida a:** Docentes y estudiantes de escuelas y colegios.

ACTIVIDAD	RECURSO	INVOLUCRADOS	RUBRO (USD)
Diagnóstico de conocimiento de la situación actual de la especie.	Encuestas realizadas a estudiantes y docentes de escuelas y colegios	MAE PNCC JP GADS	5.000

Diseño e incorporación un programa de educación ambiental en base a lo información recopilada por las encuestas.	Plan de capacitación para escuelas y colegios. Información para charlas.	MAE PNCC JP GADS	5.000
Generación y producción de material educativo que contemple la importancia de la conservación de esta especie.	Folletos, Afiches, Trípticos, manillas, elaboración de videos que promuevan la conservación de la especie.	MAE PNCC JP GADS ONGS	8.000
Realización de programas educativos en fechas especiales para dar a conocer la importancia de la conservación.	Materiales para el montaje del programa.	MAE PNCC JP GADS ONGS	15.000

**Proyecto:** Capacitación en prevención y atención a las interacciones personas – fauna

**Dirigida a:** Guardaparques, líderes comunitarios y juntas parroquiales

ACTIVIDAD	RECURSO	INVOLUCRADOS	RUBRO (USD)
Implementar un plan de capacitación enfocados en las amenazas a las cuales está expuesta la especie.	Personal capacitado para impartir las charlas.	MAE PNCC JP GADS	3.000
Capacitar en temas de vigilancia y control en áreas identificadas como específicas para la presencia del Oso de anteojos.	Cronograma de socialización. Personal técnico Materiales de oficina	MAE PNCC JP GADS	5.000
Capacitar en estrategias de gestión de conflictos oso – humano.	Folletos, Afiches, Trípticos. Técnicos especializados.	MAE PNCC JP GADS ONGS	8.000

## b) Programa de manejo sostenible

**Objetivo:** Definir e implementar un programa de manejo sostenible aplicado para sistemas agropecuarios y ganaderos en base a los Planes de desarrollo y ordenamiento territorial.

**Proyecto:** Aplicación de los planes de desarrollo y ordenamiento territorial

**Dirigida a:** Cantones Cayambe, Gonzalo Pizarro y Pimampiro

ACTIVIDAD	RECURSO	INVOLUCRADOS	RUBRO (USD)
Socializar los planes de desarrollo y ordenamiento territorial existentes.	Cronograma de socialización. Personal técnico Materiales de oficina	JP GADS	3.000
Implementar los planes de desarrollo y ordenamiento territorial.	Fondos destinados en el plan.	JP GADS	Fondos destinados en el plan.
Implementar el Plan de Restauración Forestal 2014-2017.	Costos operativos y costos de gestión.	MAE Dirección de Patrimonio Natural	741.46 (costo promedio de una hectárea por 3 años)
Promover la recuperación de bosques y paramos por medio de los programas existentes, socio bosque y socio Páramo.	Charlas de socialización de los programas.	MAE	1000

## c) Programa Creación de Áreas de Conservación de Uso Sustentable

**Objetivo:** Expandir acciones de conservación en zonas de amortiguamiento del Parque Nacional Cayambe Coca por medio de la formación de biocorredores y áreas núcleos que fomente el desarrollo sostenible.

**Proyecto:** Creación de ACUS

**Dirigida a:** Comunidades aledañas al parque, población en general

ACTIVIDAD	RECURSO	INVOLUCRADOS	RUBRO (USD)
	Documentos existentes de las áreas que forman		

Identificación de áreas para la creación de ACUS.	parte del programa “Incorporación de Subsistemas de áreas Protegidas Privadas, Comunitarias, Indígenas y Afroecuatorianas y de Gobiernos Seccionales al Sistema de Áreas Protegidas”. Técnicos	JP GADS MAE	2.500
Creación de Áreas de Conservación de Uso Sustentable, gerenciadas por los gobiernos seccionales.	Elaboración de los lineamientos que rigen estas áreas. Técnicos	JP GADS MAE	50.000
Elaboración de Planes de manejo de las ACUS	Técnicos Ambientales para la elaboración de los planes de manejo.	JP GADS MAE	30.000
Socialización de la Creación de las ACUS y sus planes de Manejo	Charlas participativo en los sitios de interés. Técnicos responsables del manejo de estas áreas.	JP GADS MAE	3.000

## CAPITULO V

### 5.1.Conclusiones

- Al concluir con estudio se obtuvieron los Modelos de Nicho Ecológico del *T. ornatus* mediante la aplicación de las 19 variables de WorldClim y la presencia de la especie mediante la aplicación del MAXENT; con la finalidad de obtener el nicho ecológico óptimo fue necesario realizar algunas pruebas para ajustar mediante la conformación de 4 grupos de variables; siendo estos los siguientes: todas las variables, variables con datos de temperatura y precipitación bajas, variables con datos de climas fríos y variables con datos anuales.
- El modelo de Nicho Ecológico con la predicción ajustada a la realidad de distribución de especie fue el modelo elaborado con las variables de datos fríos; en el cual se identificó que la presencia de la especie predomina en áreas fuera del PNCC; estas áreas contemplan el requerimiento climático de la especie.
- Las áreas identificadas como óptimas para la presencia de la especie son ecosistemas intervenidos con presencia de bosque natural y cultivos; lo que atribuye que la presencia del *T. ornatus* está relacionada a la facilidad de obtención de alimento.
- Las variables climáticas que determinan el nicho ecológico del *T. ornatus* son la temperatura y la precipitación; esta especie tiene un alto requerimiento ecológico y su presencia se ha registrado especialmente en bosques montanos las cuales tiene rangos de temperaturas desde 6°C a 24°C y precipitaciones de 1000 a 2000 milímetros.

- Se concluye que el cambio climático no se identifica como el mayor impacto para la conservación de esta especie tal como lo indica el modelo de escenario de cambio climático del año 2050.
- Los requerimientos climáticos del *T. ornatus* están ligados a ecosistemas de Bosques montanos debido a la presencia de ciertas especies de flora que han sido identificadas como principales en la dieta del oso de anteojos.
- Las estrategias de conservación fueron elaboradas en base al modelo de cambio climático; las cuales deberán ser aplicadas en las áreas identificadas como nichos específicos de la especie.
- Las líneas de conservación para la elaboración de las estrategias contemplan los siguientes programas: educación y capacitación, manejo sostenible y Creación de Áreas de Conservación de Uso Sustentable; con la finalidad de promover la conservación del *T. ornatus*; tomando como bases los programas desarrollados por el Ministerio de Ambiente siendo este el principal ente regulador.

## **5.2.Recomendaciones**

- Los modelos de Nicho Ecológico no son predicciones exactas debido algunas limitaciones que se presentan para su elaboración; de manera que deben ser implementados tomando las precauciones necesarias; se recomienda respaldar la información obtenida con salidas de campo.
- El nicho ecológico de una especie está definido por condiciones ambientales. cobertura vegetal, uso de suelo, altitud, entre otros; de manera que se recomienda considerar estas variables para la elaboración del Modelo de Nicho Ecológico con la finalidad de analizar la contribución de cada una de ellas y obtener de manera clara la descripción del nicho.

- Las variables que interaccionan para la predicción del Nicho Ecológico del *T. ornatus* son rangos de temperaturas bajas y precipitación moderada; para el análisis se recomienda relacionar estos datos para obtener por medio de las condiciones climáticas que ecosistemas están presentes en estos rangos de temperatura y precipitación además de considerar la altitud.
- Promover planes de conservación del *T. ornatus* enfocadas en áreas no protegidas debido a su amplio home range y en consideración que la principal amenaza a la cual está expuesta la especie es la fragmentación del hábitat producto de la transformación de ecosistemas naturales en áreas agrícolas y ganaderas.
- Implementar planes de identificación de corredores naturales con la finalidad de mejorar la conectividad de la especie mediante la aplicación de medidas que promuevan la conservación de la especie.
- Desarrollar planes de zonificación de uso del suelo que permitan la identificación de zonas de regeneración de ecosistemas naturales con la finalidad de recuperar el hábitat natural de la especie.

## CAPITULO VI

### 6.1 Bibliografía

Albarracín, V. 2010. *Percepción actual de los pobladores locales del Cánton Lambate sobre el Jucumari (Tremarctos ornatus) La Paz Bolivia. Tesis de Grado. Universidad Tecnológica Boliviana. Ingeniería en Ecología y Medio Ambiente. La Paz – Bolivia. 132pp.*

Aspinall & Veitch (2005) *Habitat mapping from satellite imagery and wildlife survey data using a Bayesian modeling procedure in GIS. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing (59), 537 – 543.*

Blanco, 2013. *A flexible modelling procedure for mapping potential distributions of plants and animals. Biodiversity and Conservation (2), 667-680.*

Castellanos, A. (2010). *Guía para la rehabilitación, liberación y seguimiento de osos Andinos.* 1-38 pp. Imprenta Anyma. Quito-Ecuador.

Castellanos, A., J. Cevallos, A. Laguna, L. Achig, P. Viteri y S. Molina. (2010). *Estrategia nacional de conservación del Oso Andino.* (pp.1-22). Imprenta Anyma. Quito, Ecuador.

Chuvieco (2009). *Fundamentos de teledetección espacial. Ediciones RIALP S.A. Madrid, España.* (p. 453).

- Dudik et al.,(2008) *Modeling of species distributions with new extensions and a comprehensive evaluation. Ecography*, 31(2):161–175, 2008.
- Ecociencia (2008). Atlas de los Páramos del Ecuador. Quito: Ecociencia.
- Figuerola J. & M. Stucchi. (2009). *El oso andino: alcances sobre su historia natural. Asociación para la Investigación y Conservación de la Biodiversidad- ICB. Primera edición. Lima-Perú. (pp. 13-18).*
- FUNAN. (2008) *Plan de Manejo de la Parque Nacional Cayambe – Coca. INEFAN. Quito-Ecuador*
- Godron. (1965). *Los principales tipos de perfiles Ecológicos* CNRS-CEPE, Montpellier, Francia.
- Graham et al. (2008). *Andean bear–livestock conflicts: a review. Ursus* 17(1):8–15. USA.
- Graham Ch, Sr Ron, Jc Santos, Cj Schneider & C Moritz (2004). *Integrating phylogenetics and environmental niche models to explore speciation mechanisms in Dendrobatid frogs. Evolution Psychiatrique* (58), 1781-1793.
- Grinnell, 1971. *Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological Modelling* (135), 147-186.
- Guevara (1917). *Hábitat analysis and evaluation (pp. 305 – 32) in S.D. Schemnitz, editor. Wildlife management techniques manual. The Wildlife Society, Whashington, D.C, USA*
- Hijmans et al. (2005). *Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology* (25), 1965-1978.
- Kimmins (2010). *Climate change, connectivity and conservation decision making: back to basics. Journal of Applied Ecology*, (46), 964–969

- Mota et al., (2012). *Indicios indirectos de la presencia del oso andino (Tremarctos ornatus Cuvier, 1825) en el noroeste de Argentina. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, (11), 69-76.
- Morales. (2011). *El Análisis Factorial en la construcción e interpretación de tests, escalas y cuestionarios*. Madrid, España: Universidad Pontificia Comillas.
- Nix. (1986). *Abiogeographic analysis of Australian elapid snakes. En: Longmore RC (ed) Atlas of Australian elapid snakes. Australian Flora and Fauna* (7), 4-15. Australian Government Publishing Service, Canberra, Australia.
- Peralvo. (2000) Manuel “Proyecto de Investigación para la conservación del Oso Andino”.
- Phillips & Dudík. (2008). *Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. Ecography* (31), 161-175.
- Phillips et al. (2009). *Sample selection bias and presence-only distribution models: Implications for background and pseudo-absence data. Ecological Applications* (19) 181-197.
- Phillips. (2008). *Modeling of species distributions with Maxent: New extensions and a comprehensive evaluation. Ecography* (31), 161-175.
- Polo, (2013). *Amenazas. Año 2002 En: ECOLAP y MAE. 2007. Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador. ECOFUND, FAN, DarwinNet, GM. Quito, Ecuador.*
- Pulliam. (2000). *Evaluación y uso del hábitat natural del oso andino Tremarctos ornatus (F. Cuvier, 1825) y un diagnóstico del estado actual de la subpoblación del Parque Nacional Natural de las Orquídeas, Antioquia – Colombia. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. (pp.147).*

- Restrepo. (2010). *Manual de identificación de rastros y huellas de oso andino en los páramos y bosques andinos de Colombia. Fundación para la Investigación, Conservación y Protección del Oso Andino Wui.* (pp. 15). Colombia.
- Ron, (2009) *Modeling of species distributions with new extensions and a comprehensive evaluation. Ecography*, 31(2):161–175, 2008.
- Sánchez et al., 2011. *La diversidad biológica en Cajamarca - Visión étnico-cultural y potencialidades. Gobierno Regional Cajamarca, Cajamarca, Perú.* 205 p.
- Sánchez, (2012) [Resumen]. *Factores que afectan el riesgo de cacería del oso andino en la cordillera de Mérida, Venezuela: Espacio, Parque y Personas.*
- Secada, L. & Amanzo, J. (2009). *Conservación del oso andino y el tapir andino en los Andes del Norte del Perú. En Conociendo el Santuario Nacional Tabaconas Namballe* (pp. 65-81). *World Wildlife Fund - Oficina de Programa Perú, Lima.*
- Soberón & Nakamura, (2009). *Niches and distributional areas: concepts, methods and assumptions. Proceedings of the National Academy of Sciences USA* (106), 19644-19650
- Soberon, J. & Peterson, A.T. (2007) *Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. Biodiversity Informatics*, 2, 1–10.
- Soberon, (2012). *Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modelling*, Vol 190/3-4 pp 231-259, 2006.
- Tirira. (2007). *Libro rojo de los mamíferos del Ecuador SIMBIOE/EcoCiencia/ Ministerio del Ambiente/UICN. Serie Libros Rojos del Ecuador, tomo I. Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador 4. Quito.*

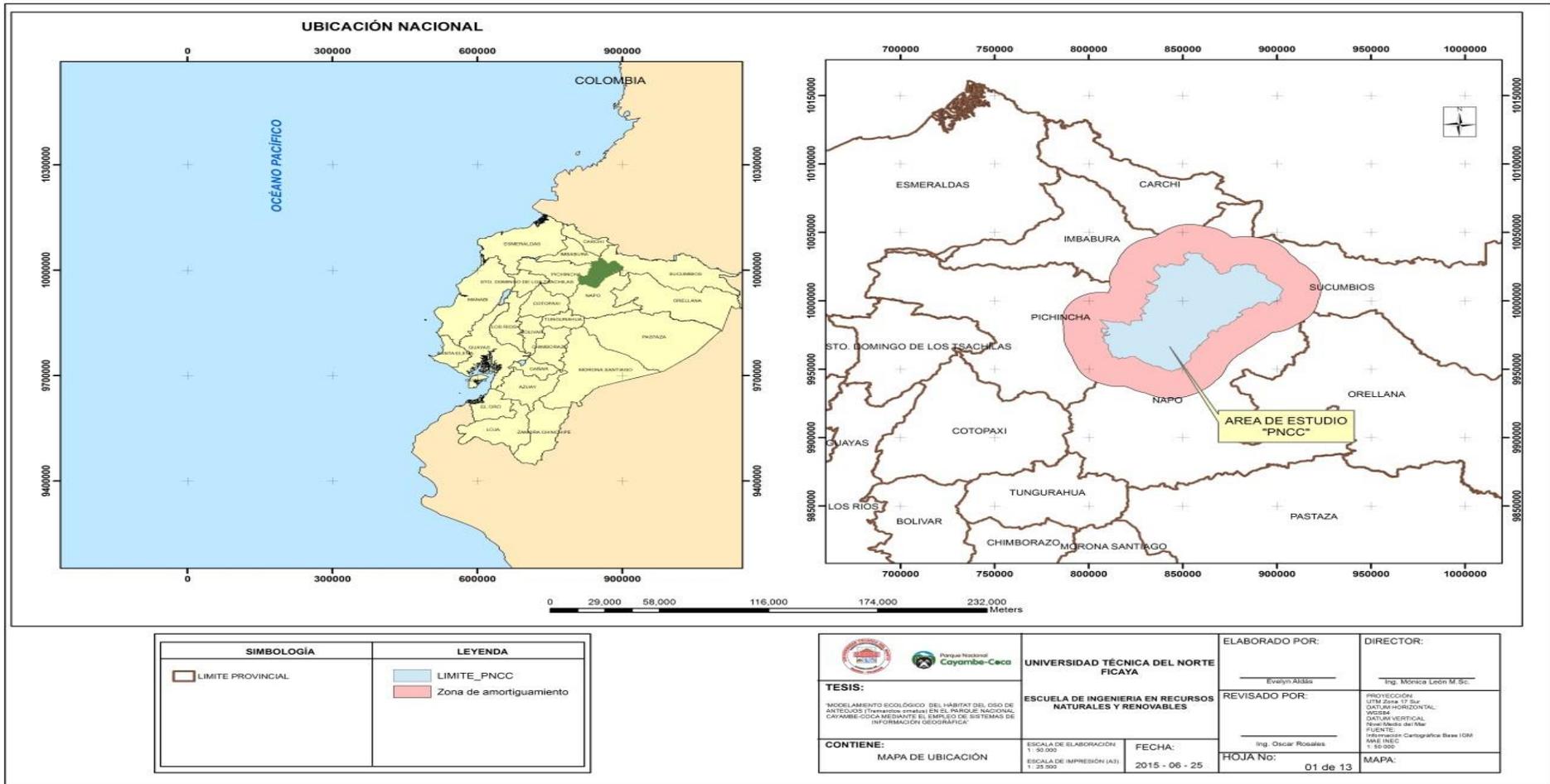
- Torres, R., (2010). *Modelos predictivos de distribución para cuatro especies de mamíferos (Cingulata, Artiodactyla y Rodentia) típicas del Chaco en Argentina. Mastozoología Neotropical* , 17(2), 335–352
- Torres. (2011). *Guía Básica para la Identificación de Señales de Presencia de Oso Frontino (Tremarctos ornatus) en Los Andes Venezolanos. Segunda Edición.* Fundación Andígen A. Mérida, Venezuela. (p.60).
- Tsoar et al. (2007). *A comparative evaluation of presence-only methods for modelling species distribution. Diversity and distributions* (13), 39-7405.
- Vargas et al. (2004). *Modelling distribution patterns in a species-rich plant genus, Anthurium (Araceae), in Ecuador. Diversity and Distributions* (10), 211-216.
- Vela, H. 2009. Meat consumption and use of parts of the Andean bear (*Tremarctos ornatus*) in the district of Chisquilla and Jumbilla, Bong County, Amazonas–Peru. *International Bear News* 18:20–21.
- Wieczorek, 2001. *Building Consensus on Biological Corridors in the Venezuelan Andes. Mountain Research and Development.* 23(3), 215–218.
- Young, Carter & Evangelista, (2011). Identifying polymorphic microsatellite loci for Andean bear research. *Ursus* (20) 102-108.

## ANEXOS

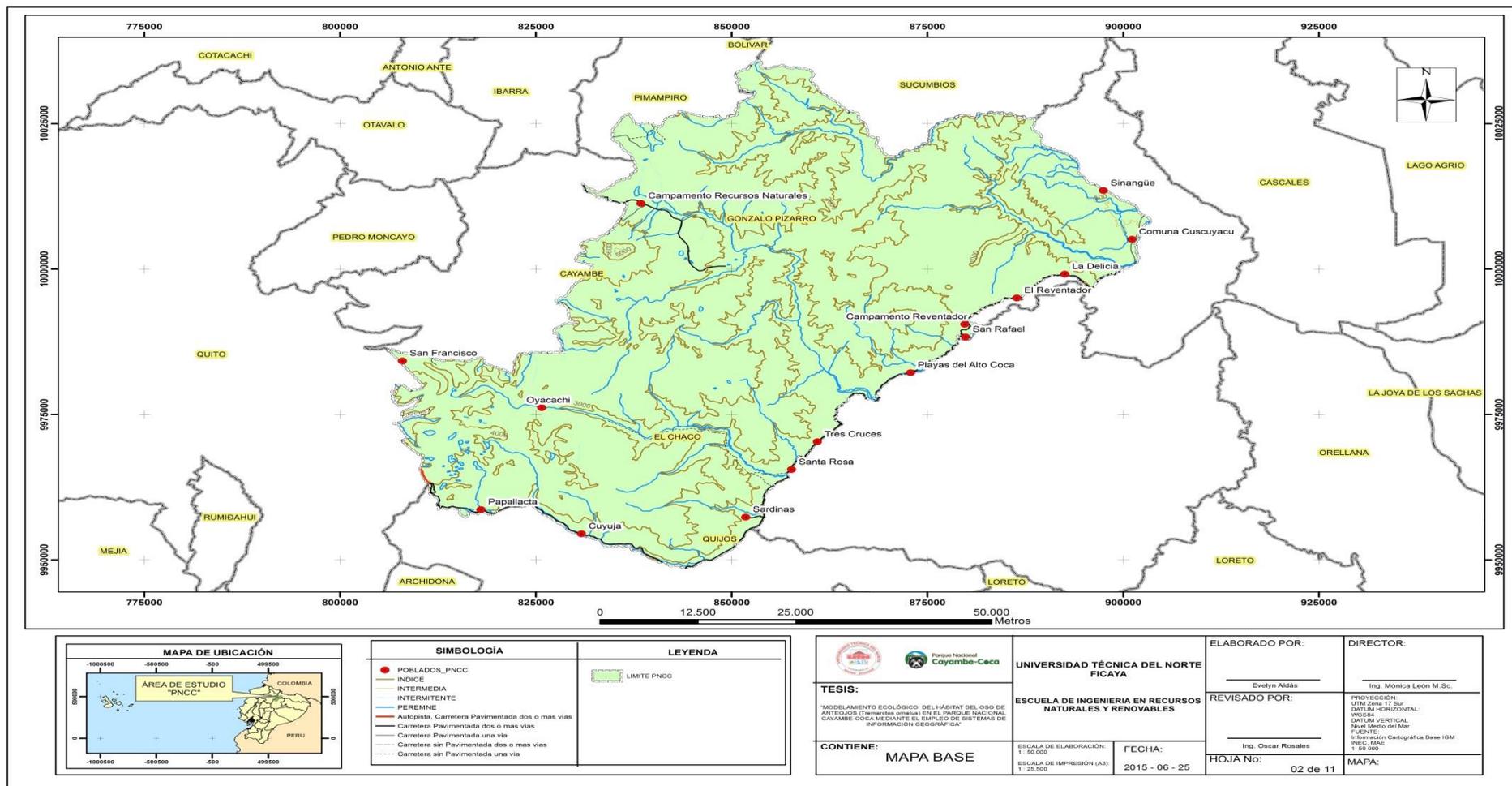
### 5.2.1. Registro Fotográfico

	
<p><b>Foto 1.</b> Mariano Acosta</p>	<p><b>Foto 2.</b> Oyacahi</p>
	
<p><b>Foto 3.</b> Papallacta</p>	<p><b>Foto 4.</b> Recorridos en el PNCC</p>
	
<p><b>Foto 5.</b> Achupalla comida por <i>T. ornatus</i></p>	<p><b>Foto 6.</b> Marca en árboles <i>T. ornatus</i></p>

## 5.2.2. Mapa de Ubicación



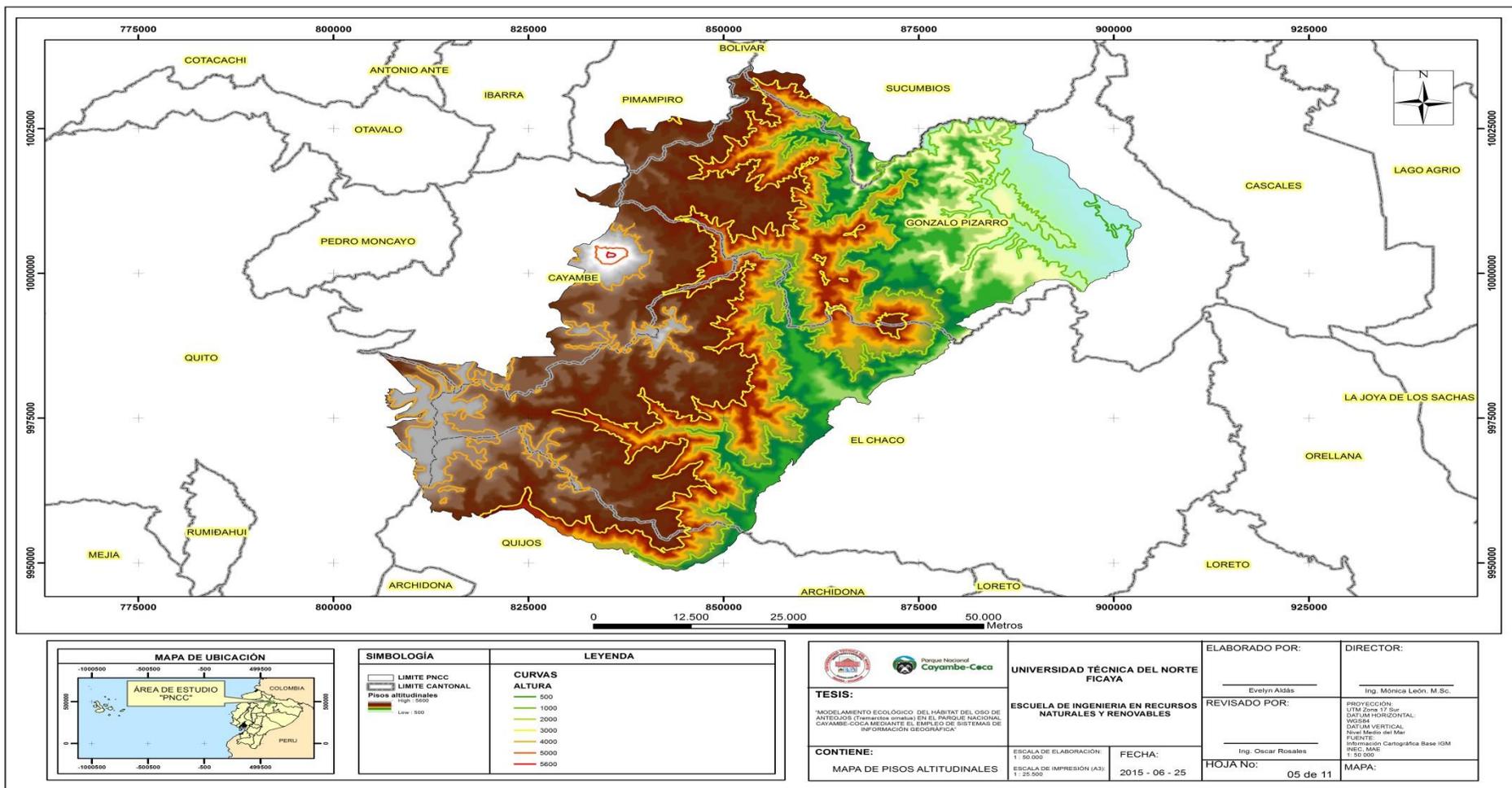
### 5.2.3. Mapa Base





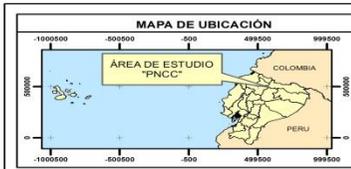
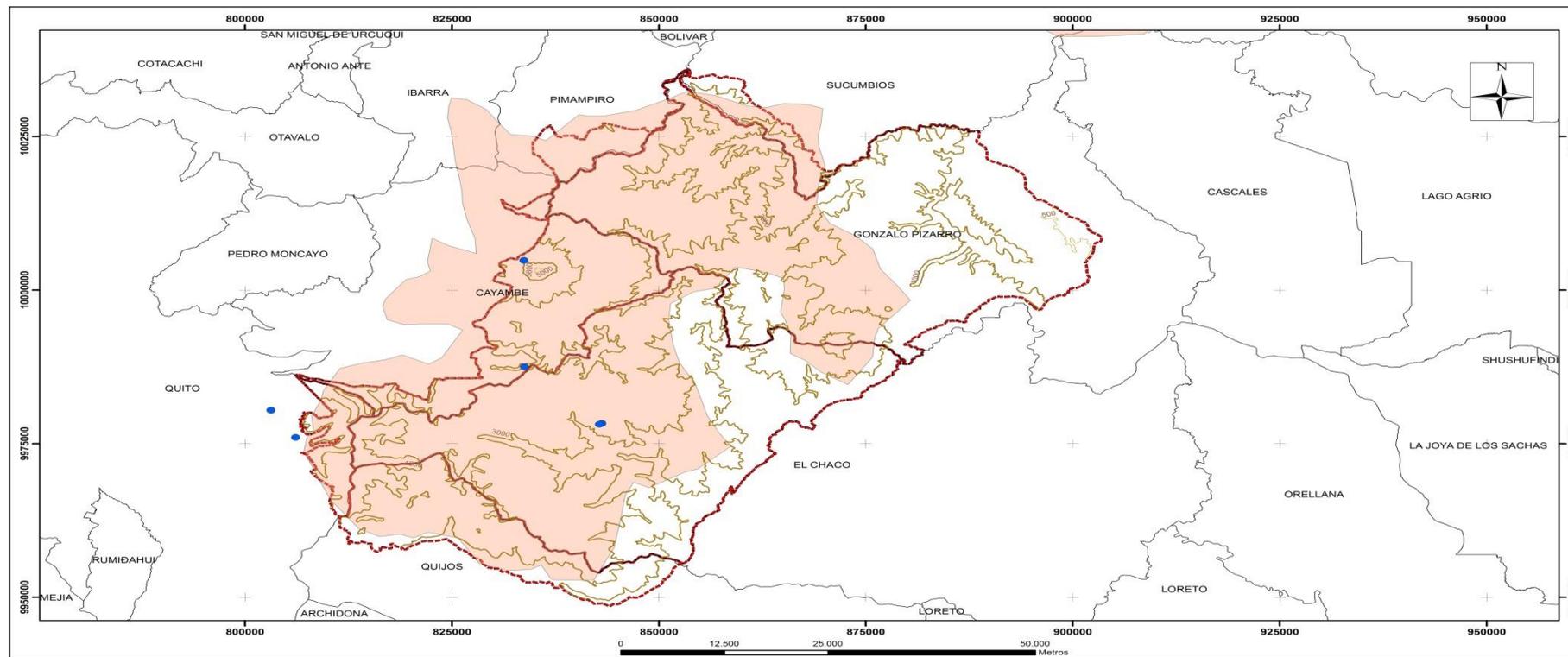


## 5.2.6. Mapa de Pisos Altitudinales





### 5.2.8. Mapa de presencias del Oso Andino (*Tremarctos ornatus*)

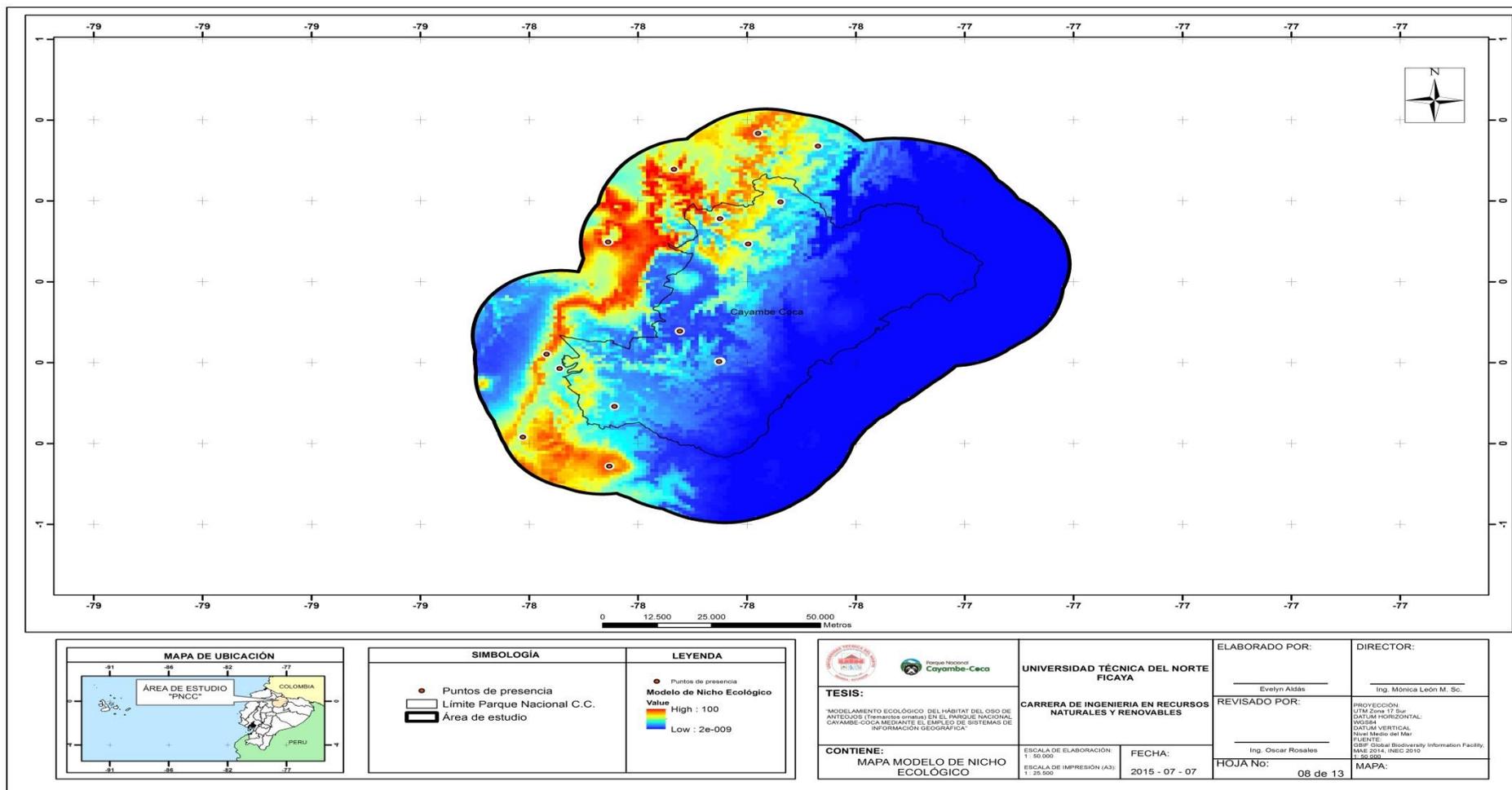


SIMBOLOGÍA	LEYENDA
● Tremarctos_P	■ AREAS_IUCN
— INDICE	
— INTERMEDIA	
□ LIMITE_CANTONAL	
□ LIMITE PNCC	

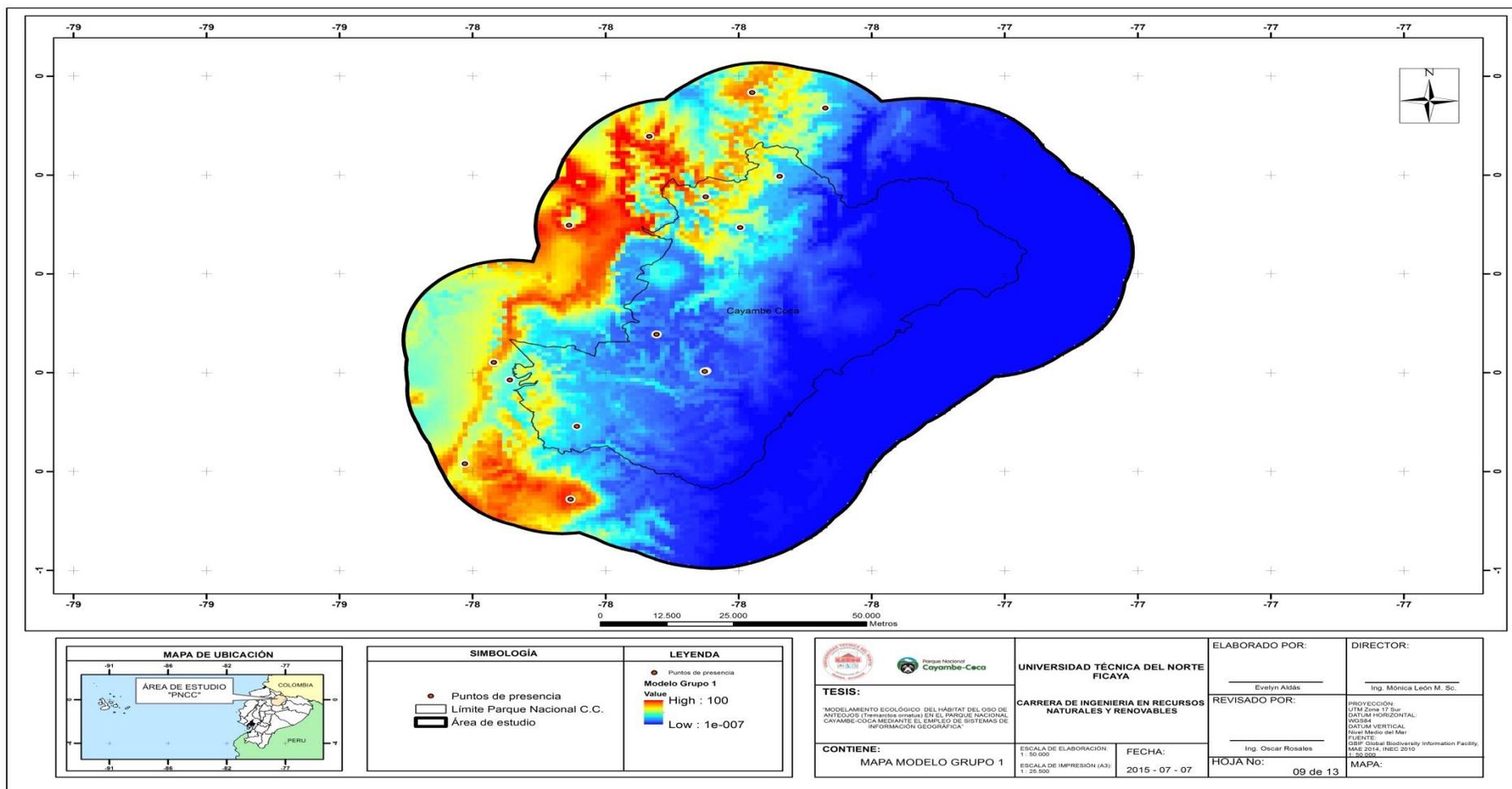
<p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FICAYA</b></p> <p><b>CARRERA DE INGENIERIA EN RECURSOS NATURALES Y RENOVABLES</b></p>	ELABORADO POR:	DIRECTOR:
	<p>Evelyn Astás</p>	<p>Ing. Monica León M. Sc.</p>
<p><b>TESIS:</b></p> <p>“MODELAMIENTO ECOLÓGICO DEL HABITAT DEL OSO DE ANTOJOS (<i>Tremarctos ornatus</i>) EN EL PARQUE NACIONAL CAYAMBE-COCA MEDIANTE EL EMPLEO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA”</p> <p><b>CONTIENE:</b></p> <p>MAPA DE PRESENCIA DEL OSO</p>	<p>REVISADO POR:</p> <p>Ing. Oscar Rosales</p>	<p>PROYECCION: UTM Zona 17 Sur</p> <p>DATUM HORIZONTAL: WGS84</p> <p>DATUM VERTICAL: Nivel Medio del Mar</p> <p>FUENTE: Información Cartográfica Base IGM, INEC</p> <p>MAE, IUCN</p> <p>1:50 000</p>
	<p>ESCALA DE ELABORACIÓN: 1:50 000</p> <p>ESCALA DE IMPRESIÓN (A3): 1:25 000</p> <p>FECHA: 2015 - 06 - 25</p>	<p>HOJA Nº: 07 de 11</p>



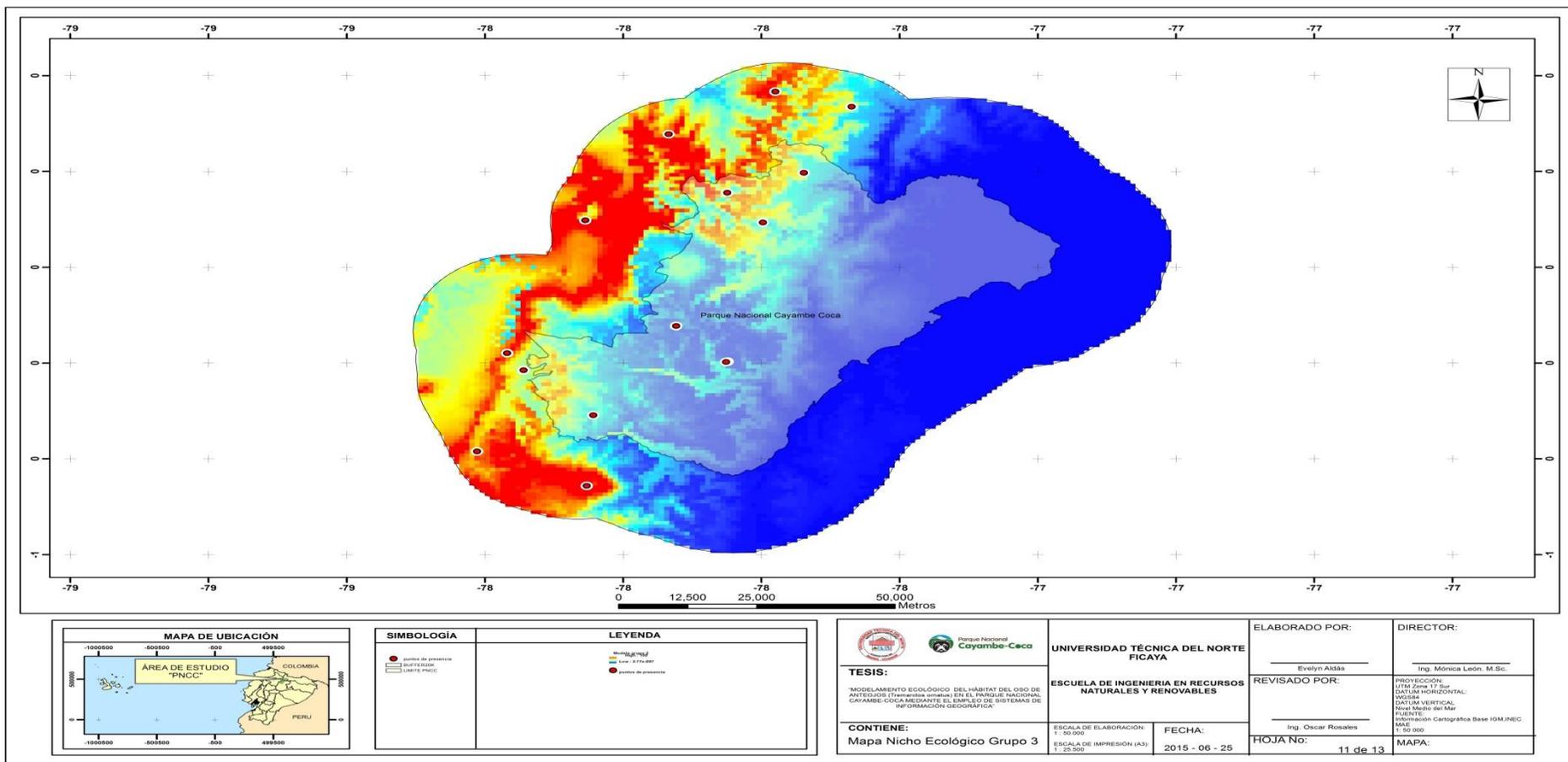
### 5.2.10. Mapa de Modelo de nicho ecológico Completo



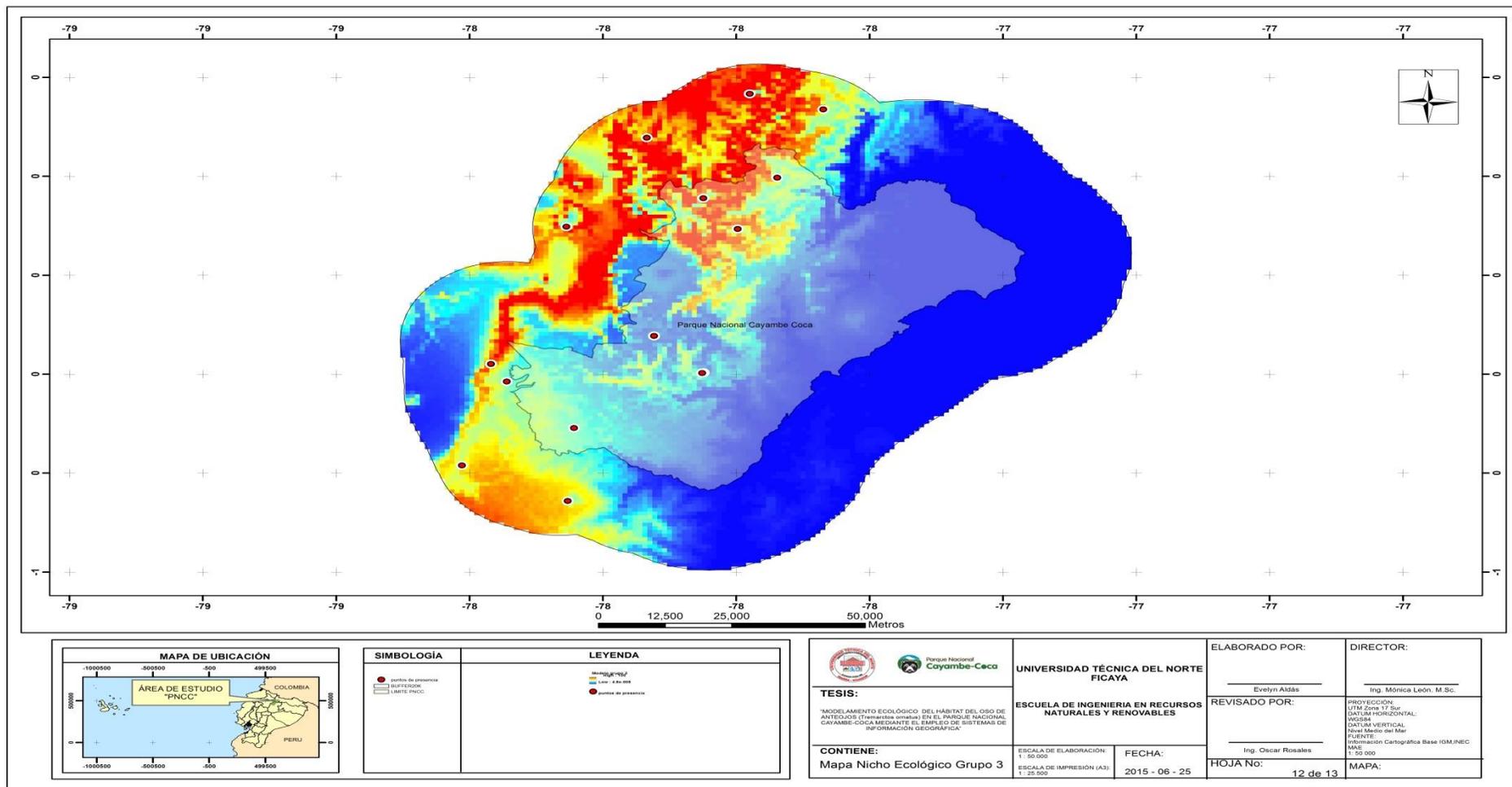
### 5.2.11. Mapa de Modelo de nicho ecológico grupo 1



## 5.2.12. Mapa de Modelo de nicho ecológico grupo 2



### 5.2.13. Mapa de Modelo de nicho ecológico grupo 3



### 5.2.14. Mapa de Modelo de nicho ecológico escenario de cambio climático año 2050

