



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

EFFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DEL OSO DE ANTEOJOS EN EL PARQUE NACIONAL YANACHAGA CHEMILLÉN – 2050

**Línea de investigación:
Biodiversidad, ecología y conservación**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autora

Espinoza Rosales, Reyna

Asesor

Martínez Cabrera, Rubén

ORCID: 0000-0002-4561-8627

Jurado

Cesar Minga, Julio

Alvarado Perez, Karina Milagros

Reyna Mandujano, Samuel Carlos

Lima - Perú

2025



EFFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DEL OSO DE ANTEOJOS EN EL PARQUE NACIONAL YANACHAGA CHEMILLÉN – 2050

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net	2%
Fuente de Internet		
2	remcb-puce.edu.ec	1%
Fuente de Internet		
3	www.researchgate.net	1%
Fuente de Internet		
4	revistas.unlp.edu.ar	1%
Fuente de Internet		
5	repositorio.ipicyt.edu.mx	1%
Fuente de Internet		
6	repositorio.unfv.edu.pe	<1%
Fuente de Internet		
7	www.coursehero.com	<1%
Fuente de Internet		
8	legislacionanp.org.pe	<1%
Fuente de Internet		
9	dspace.unl.edu.ec	<1%
Fuente de Internet		
10	repositorio.lamolina.edu.pe	<1%
Fuente de Internet		
11	repositorio.uan.edu.co	<1%
Fuente de Internet		



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

EFFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DEL OSO DE ANTEOJOS EN EL PARQUE NACIONAL YANACHAGA CHEMILLÉN – 2050.

Línea de Investigación:
Biodiversidad, ecología y conservación

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autora:

Espinoza Rosales, Reyna

Asesor:

Martínez Cabrera, Rubén
ORCID: 0000-0002-4561-8627

Jurado:

Cesar Minga, Julio
Alvarado Perez, Karina Milagros
Reyna Mandujano, Samuel Carlos

Lima – Perú
2025

Dedicatoria

Dedico este trabajo de investigación a Dios, por darme sabiduría, salud y fortaleza para poder culminar con esta etapa tan importante en mi vida.

A mis padres Julián Espinoza Michi y Olga Rosales Isidro, por creer en mí, por amarme y enseñarme que los sueños se alcanzan con perseverancia y esfuerzo. Gracias por siempre estar a mi lado, por levantarme en cada caída y festejar en mis logros.

A mi pareja Jorge Luis, por su motivación y apoyo incondicional. Gracias por acompañarme en este proceso.

A mis hermanos y sobrinos por su apoyo y compañía. Familiares y maestros que sin su ayuda no hubiese podido terminar con este trabajo de investigación.

A todos ustedes esta dedicatoria con amor y gratitud.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por darme sabiduría, salud y fortaleza para poder culminar este trabajo de investigación.

A mis padres Julián Espinoza Michi y Olga Rosales Isidro, por su apoyo incondicional y sacrificio, en cada una de las etapas académicas de mi vida.

Al Ing. Rubén Martínez Cabrera, mi asesor de tesis, por su apoyo, paciencia, guía y por compartir sus conocimientos.

A la Ing. Salomé Antezano Angoma, jefa del Parque Nacional Yanachaga Chemillén y al Ing. Daniel Orizano Quispe por su apoyo con el ingreso a esta Área Natural Protegida y por la información brindada.

Al guardaparque Ronald, por acompañarme y guiarme dentro del Parque Nacional Yanachaga Chemillén.

Y, a mi pareja por acompañarme a la visita de campo y por siempre motivarme.

Gracias a todos ustedes, que sin su ayuda esto no hubiera sido posible.

Índice

Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. Descripción del problema.....	16
1.2. Formulación del problema	18
1.2.1. Problema General.....	18
1.2.2. Problemas específicos	18
1.3. Antecedentes	19
1.3.1. Antecedentes internacionales.....	19
1.3.2. Antecedentes nacionales	22
1.4. Objetivos	24
1.4.1. Objetivo general.....	24
1.4.2. Objetivos específicos	25
1.5. Justificación.....	25
1.5.1. Justificación teórica	25
1.5.2. Justificación práctica.....	26
1.5.3. Justificación metodológica.....	26
1.6. Hipótesis.....	27
1.6.1. Hipótesis general.....	27
1.6.2. Hipótesis específicas	27
II. MARCO TEÓRICO.....	29

2.1.	Oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>).....	29
2.1.1.	Taxonomía	30
2.1.2.	Estado de conservación.....	30
2.1.3.	Distribución.....	30
2.2.	Distribución de especies.....	32
2.2.1.	Especie	32
2.2.2.	Área de distribución de especies.....	32
2.2.3.	Factores que determinan la distribución de especies	32
2.2.4.	Diagrama de BAM.....	33
2.3.	Modelo de distribución de especies	35
2.3.1.	Variable dependiente (variable respuesta).....	35
2.3.2.	Variable independiente (variables ambientales)	36
2.3.3.	Métodos y/o técnicas de modelización	37
2.4.	Algoritmo de Máxima Entropía - MaxEnt	39
2.4.1.	Máxima entropía	39
2.4.2.	Características del software MaxEnt	39
2.4.3.	Evaluación del modelo de distribución de especies.....	40
2.4.4.	Curvas AUC y ROC.....	41
2.4.5.	Prueba Jackknife	43
2.5.	Cambio climático	43
2.5.1.	El cambio climático y las especies.....	44

2.5.2.	Presiones sobre la biodiversidad.....	44
2.5.3.	Marco para evaluar el impacto del cambio climático sobre las especies.....	47
2.5.4.	Modelos climáticos	49
2.5.5.	Trayectorias Socioeconómicas Compartidas	50
III.	MÉTODO	53
3.1.	Tipo de investigación	53
3.2.	Ámbito temporal y espacial.....	53
3.2.1.	Ámbito temporal	53
3.2.2.	Ámbito espacial	53
3.3.	Variables.....	55
3.4.	Población y muestra	57
3.5.	Instrumentos	57
3.6.	Procedimientos	58
3.6.1.	Procedimiento para el desarrollo del objetivo específico 1	59
3.6.2.	Procedimiento para el desarrollo del objetivo específico 2	73
3.6.3.	Procedimiento para el desarrollo del objetivo específico 3	83
3.7.	Análisis de datos.....	84
3.7.1.	Análisis de datos para el objetivo específico 1	84
3.7.2.	Análisis de datos para el objetivo específico 2	85
3.7.3.	Análisis de datos para el objetivo específico 3	85
IV.	RESULTADOS.....	87

4.1.	Resultados del objetivo general.....	87
4.2.	Resultados del objetivo específico 1	88
4.3.	Resultados del objetivo específico 2	90
4.4.	Resultados del objetivo específico 3	98
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	106
VI.	CONCLUSIONES	110
VII.	RECOMENDACIONES.....	113
VIII.	REFERENCIAS	114
IX.	ANEXOS	126

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Clasificación taxonómica</i>	30
Tabla 2 <i>Estado de conservación del oso de anteojos a nivel nacional e internacional</i>	30
Tabla 3 <i>Ejemplos de variables ambientales</i>	36
Tabla 4 <i>Matriz de confusión</i>	40
Tabla 5 <i>Interpretación de los resultados de la curva AUC</i>	43
Tabla 6 <i>Cambios de las presiones asociadas al cambio climático sobre la biodiversidad</i>	46
Tabla 7 <i>Escenarios ilustrativos de futuros climáticos</i>	50
Tabla 8 <i>Matriz de operación de variables</i>	56
Tabla 9 <i>Matriz de recolección de datos en gabinete</i>	57
Tabla 10 <i>Variables bioclimáticas descargadas de WorldClim 2.1</i>	63
Tabla 11 <i>Análisis del efecto del cambio climático sobre la distribución potencial del oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>) en el PNYCH - 2050</i>	87
Tabla 12 <i>Contribución porcentual de variables ambientales, físicas y climáticas en la distribución del oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>)</i>	88
Tabla 13 <i>Cambios en la distribución potencial del hábitat del oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>) - 2050</i>	90
Tabla 14 <i>Zonas de la zonificación del parque persistentes como hábitat para el oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>) al 2050</i>	99

Índice de figuras

Figura 1 <i>Oso de anteojos (Tremarctos ornatus)</i>	29
Figura 2 <i>Distribución del oso de anteojos</i>	31
Figura 3 <i>Diagrama de BAM</i>	34
Figura 4 <i>Comparación de técnicas de modelación de distribución de especies</i>	38
Figura 5 <i>Curvas ROC y AUC</i>	42
Figura 6 <i>Presiones sobre la biodiversidad impulsadas por el cambio climático</i>	45
Figura 7 <i>Marco para evaluar los impactos del cambio climático en las especies</i>	47
Figura 8 <i>Ubicación geográfica y política del Parque Nacional Yanachaga Chemillén</i>	54
Figura 9 <i>Observación de heces en el circuito Las Orquídeas – Parque Nacional Yanachaga Chemillén</i>	60
Figura 10 <i>Observación de rasguños / arañazos en el circuito Las Orquídeas - Parque Nacional Yanachaga Chemillén</i>	61
Figura 11 <i>Observación de restos de bromelias en el circuito Las Orquídeas - Parque Nacional Yanachaga Chemillén</i>	62
Figura 12 <i>Registros de ocurrencia del oso de anteojos (Tremarctos ornatus) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén</i>	66
Figura 13 <i>Extracción de valores de las variables ambientales en los puntos de ocurrencia del oso de anteojos (Tremarctos ornatus)</i>	67
Figura 14 <i>Matriz de correlación de Pearson en Microsoft Excel</i>	68
Figura 15 <i>Matriz de relación de las variables del Grupo 1- temperatura media y extremos</i>	69
Figura 16 <i>Matriz de relación de las variables del Grupo 2 - Variabilidad térmica</i>	69
Figura 17 <i>Matriz de relación de las variables del Grupo 3 - Precipitación anual y estacionalidad</i>	70

Figura 18 <i>Matriz de relación de las variables del Grupo 4 - Precipitación en trimestre clave</i>	70
Figura 19 <i>Procesamiento de datos en el software MaxEnt 3.4.4.</i>	72
Figura 20 <i>Importancia y contribución de las variables ambientales en el modelo</i>	73
Figura 21 <i>Ajustes y configuraciones del modelo – MaxEnt 3.4.4.</i>	75
Figura 22 <i>Análisis de omisión / comisión promedio</i>	76
Figura 23 <i>Curva ROC y AUC del modelo MaxEnt para Tremarctos ornatus</i>	77
Figura 24 <i>Desempeño del modelo según los valores del AUC en MaxEnt 3.4.4.</i>	77
Figura 25 <i>Ajustes y configuraciones del modelo para la distribución futura – MaxEnt 3.4.4</i>	79
Figura 26 <i>Umbral de corte de los modelos de distribución del oso de anteojos (Tremarctos ornatus)</i>	80
Figura 27 <i>Conversión de mapas continuos a mapas binarios en ArcGIS 10.5</i>	81
Figura 28 <i>Obtención de hábitats de persistencia, ganancia y pérdida en ArcGIS 10.5</i>	82
Figura 29 <i>Cálculo de áreas de persistencia, ganancia y pérdida en ArcGIS 10.5</i>	83
Figura 30 <i>Influencia de las variables ambientales en la distribución del oso de anteojos (Tremarctos ornatus)</i>	89
Figura 31 <i>Cambios en el hábitat del oso de anteojos (Tremarctos ornatus) bajo escenarios de emisión de GEI - 2050</i>	91
Figura 32 <i>Análisis del cambio en la distribución del oso de anteojos (Tremarctos ornatus)</i>	92
Figura 33 <i>Distribución actual del oso de anteojos (Tremarctos ornatus)</i>	93
Figura 34 <i>Distribución potencial del hábitat del oso de anteojos (Tremarctos ornatus) bajo el escenario SSP1 2.6.</i>	94
Figura 35 <i>Distribución potencial del hábitat del oso de anteojos (Tremarctos ornatus) bajo el escenario SSP2 4.5.</i>	95

Figura 36 <i>Distribución potencial del hábitat del oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>) bajo el escenario SSP3 7.0.....</i>	96
Figura 37] <i>Distribución potencial del hábitat del oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>) bajo el escenario SSP5 8.5.....</i>	97
Figura 38 <i>Persistencia del hábitat del oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>) en zonas de alta protección (PE +S) de la zonificación del parque - 2050</i>	100
Figura 39 <i>Persistencia del hábitat del oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>) en la zonificación del PNYCH bajo el escenario SSP1 2.6.....</i>	101
Figura 40 <i>Persistencia del hábitat del oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>) en la zonificación del PNYCH bajo el escenario SSP2 4.5.....</i>	102
Figura 41 <i>Persistencia del hábitat del oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>) en la zonificación del PNYCH bajo el escenario SSP3 7.0.....</i>	103
Figura 42 <i>Persistencia del hábitat del oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>) en la zonificación del PNYCH bajo el escenario SSP5 8.5.....</i>	104

Resumen

El oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), uno de los ocho objetos de conservación del área de estudio, se encuentra en estado de conservación vulnerable (VU), siendo el cambio climático una de sus amenazas. Este estudio, tuvo como objetivo determinar el efecto del cambio climático sobre la distribución potencial del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén bajo los escenarios de gases de efecto invernadero SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 y SSP5 8.5 proyectados para el año 2050. Mediante MaxEnt 3.4.4 se modeló la distribución actual y futura de la especie, empleando 50 registros de ocurrencia junto con las variables ambientales, climáticas y físicas relevantes. Los modelos obtenidos fueron procesados en ArcGIS 10.5 para analizar los cambios espaciales de pérdida, ganancia y persistencia de hábitat en el futuro. Las variables ecosistema, uso de suelos, rango anual de temperatura (Bio7), altitud y precipitación del trimestre más húmedo (Bio16) presentaron una contribución porcentual del 59.00%, 30.30%, 5.50%, 3.00% y 2.20% respectivamente. Bajo todos los escenarios futuros de emisión de GEI se proyectó una pérdida y una ganancia mayor al 10% del hábitat actual (29.16 km²). Las zonas de mayor protección de la zonificación del parque (PE y S) concentran en conjunto más del 50% del hábitat actual (145.79 km²). Los hallazgos encontrados confirman que el cambio climático tendrá un efecto significativo (medio – alto) sobre la distribución de la especie para el año 2050.

Palabras clave: modelo de distribución de especies, oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), Parque Nacional Yanachaga Chemillén, escenarios de emisión de gases de efecto invernadero, cambio climático.

Abstract

The spectacled bear (*Tremarctos ornatus*), one of the eight conservation targets in the study area, is in a vulnerable (VU) conservation status, with climate change being one of its threats. This study aimed to determine the effect of climate change on the potential distribution of the spectacled bear (*Tremarctos ornatus*) in Yanachaga-Chemillén National Park under the greenhouse gas scenarios SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0, and SSP5 8.5 projected for 2050. Using MaxEnt 3.4.4, the current and future distribution of the species was modeled, using 50 occurrence records along with relevant environmental, climatic, and physical variables. The obtained models were processed in ArcGIS 10.5 to analyze spatial changes in habitat loss, gain, and persistence in the future. The variables ecosystem, land use, annual temperature range (Bio7), altitude, and precipitation of the wettest quarter (Bio16) presented a percentage contribution of 59.00%, 30.30%, 5.50%, 3.00%, and 2.20%, respectively. Under all future GHG emission scenarios, a loss and gain of more than 10% of the current habitat (29.16 km²) was projected. The most protected areas of the park zoning (PE and S) together concentrate more than 50% of the current habitat (145.79 km²). The findings confirm that climate change will have a significant (medium-high) effect on the species' distribution by 2050.

Keywords: species distribution model, spectacled bear (*Tremarctos ornatus*), Yanachaga Chemillén National Park, greenhouse gas emission scenarios, climate change.

I. INTRODUCCIÓN

El cambio climático, actualmente es una de las mayores amenazas que afronta la biodiversidad, ya que, en pleno siglo XXI estamos siendo testigos de las primeras extinciones de especies como el sapo dorado (1989) y el *Melomys de bramble cay* (roedor) (2016). En este aspecto, el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) uno de los ocho objetos de conservación del Parque Nacional Yanachaga Chemillén (PNYCH) se halla en estado de conservación vulnerable (VU), siendo el cambio climático una de sus amenazas, es por ello que en este estudio se busca evaluar el efecto del cambio climático sobre la distribución potencial del oso en el parque bajo los escenarios de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) proyectados para el año 2050. Diversos autores como Torres (2023), Muñoz (2023), González-Ortiz et al. (2022), Herrera-De Decker et al. (2021), Ortiz y Ortiz (2020, Quispe (2023), Suárez (2023), Cuentas (2022), Ascencio y Vega (2021) y SERFOR (2021) han estudiado el impacto del cambio climático sobre la distribución de una especie bajo diferentes escenarios de emisión de GEI, utilizando proyecciones climáticas del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados, fase 5 - CMIP5 (Trayectorias de Concentración Representativa – RCP) o su versión actualizada a partir del año 2023, CMIP6 (Trayectorias Socioeconómicas Compartidas – SSP). Entonces, para poder determinar el impacto del cambio climático sobre el área de distribución del oso se establecieron dos criterios:

- Pérdidas o ganancias de hábitats \leq al 10% del hábitat actual y persistencia de hábitat en zonas de mayor protección de la zonificación del parque \geq al 50% del hábitat actual. El cambio climático no tendrá un efecto significativo (nulo – bajo) si ambas condiciones se cumplen.
- Pérdidas o ganancias de hábitats $>$ al 10% del hábitat actual o persistencia de hábitat en zonas de mayor protección de la zonificación del parque $<$ al 50% del hábitat

actual. El cambio climático tendrá un efecto significativo (medio - alto) si al menos una condición se cumple.

Para el desarrollo de esta investigación, se profundizaron conceptos claves relacionados con el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), distribución de especies, modelos de distribución de especies, algoritmos de máxima entropía – MaxEnt, cambio climático y Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP).

Se empleó el algoritmo de máxima entropía – MaxEnt 3.4.4 para modelar la distribución futura (2050) del oso de anteojos bajo los escenarios de emisión de GEI: SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 y SSP5 8.5, utilizando los registros de ocurrencia de la especie y los factores ambientales, climáticos y físicos que tuvieron mayor influencia en su distribución. Con la aplicación del umbral del 10% de presencia en el entrenamiento se determinaron los cambios en el hábitat para el 2050 (pérdidas, ganancias y persistencia) y, mediante la superposición de los hábitats persistentes con las zonas de la zonificación del parque se determinaron las zonas persistentes.

Los hallazgos encontrados, evidencian que hacia el año 2050, el cambio climático tendrá un efecto significativo (medio – alto) sobre la distribución de la especie en el parque, bajo todos los escenarios de emisión de GEI. Ya que los cambios en los hábitats superan el 10% de ganancias o pérdidas con respecto al hábitat actual (291.58 km²). Las zonas de mayor protección de la zonificación del parque (Protección Estricta – PE + Silvestre – S), presentan áreas mayores al 50% del hábitat actual en todos los escenarios de GEI proyectados para el año 2050. Por otro lado, las variables ecosistema y suelos presentaron una influencia alta en la distribución de la especie con una contribución porcentual $\geq 20\%$.

En conclusión, mediante este estudio se demuestra, que el cambio climático (un proceso en marcha) tendrá un efecto significativo sobre la distribución del oso de anteojos (*Tremarctos*

ornatus) el área de estudio hacia el año 2050, invitándonos a asumir nuevos retos y a reformular o formular estrategias de conservación con enfoques adaptativos al cambio climático.

1.1. Descripción del problema

Actualmente hacemos frente a dos amenazas mutuamente interrelacionadas causadas por el hombre: el cambio climático y la pérdida de biodiversidad que comprometen la tranquilidad de las generaciones actuales y futuras (World Wildlife Fund [WWF], 2022).

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC] (2018, 2019), menciona que la temperatura global terrestre se incrementará en 1.5 °C entre los años 2030 y 2050, y se prevé un incremento de 2 °C para el año 2100, este incremento de temperatura afectará a los ecosistemas y la disponibilidad de alimentos, incrementará la desertificación y la degradación de tierras, creando así tensiones sobre la biodiversidad y la vida humana. Si no se logra estabilizar la temperatura terrestre a 1.5 °C en los próximos diez años, el cambio climático podría convertirse en la causa principal de pérdida de biodiversidad en el mundo, ya que en pleno siglo XXI estamos siendo testigos de las primeras extinciones de especies, como: el sapo dorado, en 1989, que no pudo adaptarse a la falta de niebla en Costa Rica, y el *Melomys de bramble cay*, un roedor que se extinguió en 2016 por la falta de alimentos y zonas de cría ocasionados por el aumento del nivel del mar en regiones de Australia, Papúa y Nueva Guinea (WWF, 2022).

El oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), especie única de osos que habita en Sudamérica no es ajeno a las consecuencias del cambio climático, ya que, todos los ecosistemas asociados a la especie tienden a reducirse por el incremento de la temperatura media terrestre según el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR] (2016). La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN] (2017) señala que la reducción de las precipitaciones anuales afecta la disponibilidad de las bromelias, que son su principal alimento y hacen que se pierda el 18% de los bosques tropicales húmedos y los bosques

tropicales secos, reduciendo su hábitat en los países sobre los cuales se distribuye. Encontrándose a nivel mundial en estado de conservación vulnerable (VU) (UICN, 2017) (SERFOR, 2016). El cambio climático, no el único peligro al que se enfrenta el oso de anteojos, Sandoval y Yáñez (2019) indican que, en Ecuador, esta especie está en peligro debido fragmentación y pérdida de su hábitat a consecuencia del desarrollo agrícola y ganadero que provocan un conflicto entre la especie y los humanos, ya que este requiere de extensas áreas para su reproducción y desplazamiento. Yujra-Daguino et al. (2022), indican que, en Bolivia, el oso se encuentra en peligro de extinción por su cacería y venta ilegal, promovidos por factores económicos, culturales (rituales andinos), de entretenimiento (vendidos a centros de espectáculos como los circos) y de salud (medicina natural).

En el Perú, las principales amenazas para la especie son: (1) la fragmentación y pérdida de hábitats debido a la expansión agrícola, ganadera, proyectos de inversión (represas, carreteras) e incendios forestales (Rojas-Zegarra et al., 2019); (2) la caza furtiva e ilegal por las creencias mágico – religiosas y, porque se cree que este animal es peligroso para los cultivos y el ganado; (3) el cambio climático, que afecta su distribución sobre el bosque seco; (4) la transmisión de enfermedades y (5) la crianza en cautiverio. Por estas razones la especie se encuentra en estado de conservación vulnerable (VU) según el Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú (SERFOR, 2018) y el D.S. N°004-2014-MINAGRI (2014). Rojas-Zegarra et al. (2019), indican que la fragmentación del hábitat de la especie en el Perú ha desatado un conflicto humano – oso, que ha creado una competencia entre ambas especies por el uso de hábitats, alimentos y recursos hídricos.

Para mitigar las amenazas que enfrenta el oso de anteojos dentro del territorio peruano, se han implementado dos estrategias de conservación: IN SITU, mediante Áreas Naturales Protegidas (ANP) como el PNYCH y EX SITU (en cautiverio) (SERFOR, 2016).

El oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) es uno de los ocho objetos de conservación del PNYCH, pero su sobrevivencia se ve amenazada por los incendios no controlados, la caza, las actividades agropecuarias y la expansión urbana, que han reducido su densidad poblacional y su hábitat (Instituto Nacional de Recursos Naturales [INRENA], 2005), como respuesta a estas amenazas, se han llevado a cabo rescates de especímenes en situaciones críticas. En el 2015, se rescató al oso Moisés, encontrado por un agricultor en la carretera durante un día de lluvia en el sector de Pusapno – Chontabamba y en el 2018, se rescató a un oseño deshidratado en una chacra de zapallos en Oxapampa (Rojas-Zegarra et al., 2019).

Por otro lado, el oso de anteojos dentro del Parque Nacional Yanachaga Chemillén (PNYCH) enfrenta también una amenaza significativa al cambio climático, ya que según el estudio de Mena-Robles et al. (2014), el parque presenta una vulnerabilidad final media frente al cambio climático para los años 2030 y 2050, que aumenta a una vulnerabilidad alta para el año 2080, además, el nivel de adaptación del PNYCH frente al cambio climático es clasificado como regular, lo que evidencia la necesidad de implementar medidas eficaces para disminuir los impactos de este y proteger a la especie. Es por ello que se plantean los siguientes problemas para este estudio.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál será el efecto del cambio climático sobre la distribución potencial del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén para el año 2050?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son los factores ambientales, climáticos y físicos que determinan la distribución del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén?

- ¿Cómo cambiará la distribución potencial del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén bajo los diferentes escenarios de emisión de gases de efecto invernadero proyectados para el año 2050?
- ¿Qué zonas de la zonificación del Parque Nacional Yanachaga Chemillén conservarán condiciones climáticas favorables para la persistencia del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) bajo los diferentes escenarios de emisión de gases de efecto invernadero proyectados para el año 2050?

1.3. Antecedentes

1.3.1. Antecedentes internacionales

Torres (2023), en su estudio “*Modelo de Distribución Geográfica de la Especie Leopardus tigrinus (VU) Bajo Escenarios de Cambio Climático en Colombia*”, tuvo como objetivo modelar la presencia de la especie en el período 2041 – 2060. Su metodología consistió en obtener los registros de ocurrencia de la especie de páginas web como el GBIF y SiB Colombia, recolectando así 515 registros. Obtuvo las variables ambientales de la página web WorldClim 2.0 del periodo 1970 – 2000 para el modelado actual, y para el modelo futuro descargó las variables ambientales de la misma plataforma de los escenarios SSP1 – 2.6, SSP2 – 4.5, SSP3 – 7.0 y SSP5 – 8.5 del modelo de circulación global IPSL-CM6A-LR por representar mejor los procesos físicos, químicos y biológicos. Utilizó el software MaxEnt. Como resultado obtuvo modelos de alta predicción ($AUC > 0.9$), que muestran que la presencia de la especie en el futuro se verá reducido en 5%, 8%, 16% y 27% en los escenarios SSP1 – 2.6, SSP2 – 4.5, SSP3 – 7.0 y SSP5 – 8.5 respectivamente, concluyendo que en el futuro la presencia de la especie se verá afectado.

Muñoz (2023), en su trabajo de investigación “*Modelando para la distribución espacial de Akodon mollis en los andes ecuatorianos bajo escenarios de clima futuro*”, tuvo

como objetivo modelar la distribución de la especie bajo las condiciones climáticas futuras. Su metodología consistió en obtener los puntos de ocurrencia de la especie a través de bibliografías, repositorios, páginas webs, recolectando 100 puntos. Obtuvo los datos climatológicos futuros del WorldClim, para el periodo 2021 – 2040 del CMIP6, de los escenarios SSP1 – 2.6, SSP2 – 4.5, SSP3 – 7.0 y SSP5 – 8.5, del modelo ACCESS-ESM1-5. Utilizó el software MaxEnt para el modelado. Como resultado obtuvo modelos de alto poder predictivo con un $AUC > 0.87$, que evidencian que la especie se vería afectada por la temperatura y las variables bioclimáticas en el futuro. Recomendando que se realicen estudios de distribución de especies bajo el enfoque actual y futuro, con el fin de realizar comparaciones en la distribución.

González-Ortíz et al. (2022), en su trabajo de investigación “*Efectos del cambio climático en la distribución potencial del Quetzal (*Pharomachrus mocinno*) en Guatemala a partir de modelamientos de nicho ecológico*”, tuvieron como objetivo evaluar el efecto del cambio climático sobre la especie, con el fin de establecer medidas de manejo y conservación. Su metodología consistió en obtener los puntos de ocurrencia de la especie del periodo 2000 – 2021 de la plataforma GBIF, recolectando 1756 registros. Descargaron las variables climáticas históricas del período 1970 – 2000 de la página del WorldClim para el análisis actual y, para el análisis futuro descargaron las mismas variables de las cuatro Trayectorias Socioeconómicas Compartidas: SSP1 – 2.6, SSP2 – 4.5, SSP3 – 7.0, SSP5 – 8.5 del período 2080 – 2100. Utilizaron el software MaxEnt para el modelado. Como resultado obtuvieron que la especie se distribuye potencialmente sobre 1 146 482.64 ha del territorio de Guatemala y, que para el periodo 2080 – 2100, se reducirá en: 442 984 ha, 624 709.39 ha, 833 288.42 ha y 1 140 264 ha para los escenarios SSP1, SSP2, SSP3 y SSP5 respectivamente. Concluyendo que para el período 2080 – 2100, la presencia de la especie se verá reducido por las condiciones que se presentarán, siendo la temperatura uno de los principales factores de este hecho.

Herrera-De Decker et al. (2021), en su estudio “*Posibles cambios en el rango de distribución de Tapirus pinchaque bajo escenarios de cambio climático*”, tuvieron como objetivo evaluar el efecto del cambio climático sobre la distribución de la especie en el Sistema Nacional de Área Nacional Protegidas de los países de Ecuador, Perú y Colombia, así como proponer medidas de conservación. Su metodología consistió en recopilar los registros de la especie a través de visitas de campo, libros y páginas web. Utilizaron 19 variables ambientales para generar el modelo actual y futuro del 2050, considerando dos escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 de los modelos CCSM4 y MIROC5. Para el modelado utilizaron cuatro algoritmos, entre ellos MaxEnt. Como resultado obtuvieron modelos con alto valor predictivo ($AUC > 0.8$), que evidencian que la presencia actual de la especie abarca un área de 62 714 km² y, que para el 2050 se verá reducido en un 71.84%. Concluyendo que, para el año 2050, la presencia de la especie en el SNAP se verá reducido por las condiciones climáticas que se presentarán.

Ortiz y Ortiz (2020), en su estudio “*Modelado de distribución geográfica del oso andino bajo escenarios de cambio climático en Colombia*”, tuvieron como objetivo modelar la distribución del oso en los andes del territorio colombiano para escenarios del cambio climático del 2050. Su metodología consistió en obtener los puntos de avistamiento de la especie a través del SIB de Colombia, recolectándose 156 puntos. Descargaron las variables ambientales del WorldClim del período 1951 – 2000 para el análisis actual y, para el análisis futuro descargaron las mismas variables del escenario RCP 6.0. del modelo HadGEM2-AO. Para generar el modelo utilizaron el software MaxEnt. Como resultado obtuvieron un modelo de alto valor predictivo con un $AUC = 0.8$, que evidencia que la distribución de la especie abarca 1 374 282 ha y, que para el año 2050 se reducirá en un 382 946 ha. Concluyendo que las condiciones futuras del 2050 reducirán el hábitat de la especie dentro del territorio colombiano y, que estas se verán afectadas por la fragmentación.

1.3.2. Antecedentes nacionales

Quispe (2023), en su estudio “*Modelamiento predictivo y endemismo de *Bachia intermedia*, *Phyllodactylus internadinus* y *Stenocercus huancabambae* en escenarios de cambio climático en el Perú al año 2050*”, tuvo como finalidad identificar los efectos del cambio climático sobre la distribución de estos reptiles en los sectores de Bellavista y El Milagro ubicados entre las regiones de Amazonas y Cajamarca. Para su análisis actual descargó las variables ambientales del periodo 1950 – 2000 de WorldClim, y para su análisis futuro (2050) descargó las mismas variables de los modelos HADGEM2-ES y CCM4 de los escenarios RCP 2.6 y RCP 8.5. Utilizó el software MaxEnt para el modelado, obteniendo modelos de alta predicción con un AUC de 0.999. Como resultado, el hábitat potencial de los reptiles se incrementará en un 48.79% y 51.91% en los RCP 2.6 y RCP 8.5 respectivamente. Concluyendo que las condiciones climáticas futuras tendrán un impacto positivo en la distribución de los reptiles, ya que estas migrarán a nuevas áreas.

Suárez (2023), en su estudio “*Modelamiento de los efectos del cambio climático en la distribución del cóndor andino *Vultur gryphus* en Ayacucho, Perú*”, tuvo como objetivo analizar el impacto del cambio climático sobre la distribución de la especie para los años 2050 y 2070. Su metodología consistió en obtener los registros de ocurrencia de la especie a través de la página web GBIF, así como muestreos en campo. Utilizó las variables ambientales, topográficas y edáficas de la plataforma de WorldClim, Aster GDEM y Ministerio de Agricultura y Riego respectivamente para el análisis actual y, para el análisis futuro utilizó las variables ambientales del modelo HadGEM2-ES de los escenarios RCP 2.6 y RCP 8.5. Utilizó el software MaxEnt para el modelado, obteniendo modelos de alta predicción (AUC>0.915). Los resultados muestran que el hábitat actual de la especie abarca una superficie de 3 974 129 ha, que se verá afectado bajos los escenarios RCP 2.6 (1.93% y 1.86% hacia los años 2050 y 2070 respectivamente) y RCP 8.5 (2.93% y 2.36% para los años 2050 y 2070 respectivamente).

Concluyendo que las condiciones climáticas futuras tendrán un mínimo impacto en la distribución de la especie.

Cuentas (2022), en su trabajo de investigación “*Análisis de la incidencia del cambio climático en especies de aves amenazadas en los andes peruanos: modelos de distribución y propuestas de conectividad*”, tuvo como finalidad evaluar los cambios en los hábitats de cinco especies de aves en el 2050. Su metodología consistió en obtener los registros de las especies a través de la plataforma de GBIF. Analizó la distribución actual de las especies descargando las variables ambientales del periodo 1950 – 2000 de la página web WorldClim. Descargó las mismas variables ambientales de tres Modelos de Circulación Global (CCSM4, MIROC5 y HadGEM2) del escenario RCP 8.5 para el análisis futuro. Utilizó el software MaxEnt para el modelado. Como resultado obtuvo modelos de alta predicción ($AUC > 0.9$), que indican que los rangos de distribución de las aves se reducirán significativamente, teniendo presencias limitadas y restringidas en el futuro con desplazamientos hacia las zonas frías. Concluyendo que es necesario implementar medidas de conservación urgentes.

Ascencio y Vega (2021), en su estudio “*Evaluación de “Sternula lorata” en la Reserva de Paracas mediante el modelo de dispersión de especies MaxEnt y Divagis*”, tuvieron como objetivo evaluar la eficiencia de los softwares MaxEnt y Divagis en el modelado de la distribución de esta especie. Su metodología consistió en obtener los registros de la especie de las plataformas GBIF, Inaturalist y Vertnet, recolectándose 193 puntos en total. Para la proyección actual descargaron las variables ambientales del periodo 1950 – 2000 de WorldClim y para la proyección futura descargaron las mismas variables ambientales del periodo 2070 del escenario RCP 2.6. Utilizaron los softwares MaxEnt y Divagis para determinar la distribución del gaviotín, obteniendo modelos de alta predicción con $AUC > 0.97$ para el software MaxEnt y modelos similares para el otro software. Ambos programas indicaron que, actualmente la especie se concentra en la Península de Paracas y que, para el

año 2070 su presencia se verá reducida a 90 m². Concluyendo que ambos programas fueron eficientes para el estudio.

SERFOR (2021), en su trabajo de investigación “*Efectos del cambio climático en la distribución de 20 especies de aves de la región amazónica del Perú*”, tuvieron como finalidad evaluar los efectos del cambio climático sobre la distribución poblacional de veinte especies aves en Huánuco, Amazonas, Junín, Loreto, Madre de Dios, Pasco, San Martín y Ucayali. Su metodología consistió obtener los puntos de ocurrencia de las aves desde la plataforma GBIF y el Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del SERFOR. Utilizaron 35 capas ambientales que fueron descargados del WorldClim y SoilGrids. Para el modelo, utilizaron nueve algoritmos entre ellos MaxEnt dentro del paquete Biodiversity R. Para las proyecciones futuras consideraron los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 del periodo 2040 – 2069 de cinco Modelos de Circulación Global CESM1 (CAM5), GFDL-CM3, HADGEM2-ES, MIROC5 y MPI-ESM-LR. Obteniendo como resultado, que 14 especies de aves podrían sufrir una reducción de su hábitat, de ellos 11 especies perderían más del 50% de su área, asimismo cuatro especies de aves tendrían un cambio negativo en su distribución para el escenario RCP 4.5 y un cambio positivo para el escenario RCP 8.5, por otro lado, tres especies de aves podrían incrementar sus áreas de distribución y, de uno a cinco especies de aves podrían perder su hábitat en ambos escenarios, teniendo mayor afectación aquellas áreas ubicadas en el centro de Loreto y Madre de Dios.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el efecto del cambio climático sobre la distribución potencial del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén para el año 2050.

1.4.2. Objetivos específicos

- Identificar los factores ambientales, climáticos y físicos que determinan la distribución del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén.
- Evaluar los cambios en la distribución potencial del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén bajo los diferentes escenarios de emisión de gases de efecto invernadero proyectados para el año 2050.
- Determinar que zonas de la zonificación del Parque Nacional Yanachaga Chemillén conservarán condiciones climáticas favorables para la persistencia del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) bajo los diferentes escenarios de emisión de gases de efecto invernadero proyectados para el año 2050.

1.5. Justificación

1.5.1. Justificación teórica

El estudio se justifica en el análisis de distribución de especies basado en la teoría de nicho ecológico, que es crucial para comprender cómo las variables ambientales pueden modificar el rango de distribución de una especie vulnerable. Esta teoría establece que cada organismo ocupa un rango n - dimensional de factores ambientales y recursos donde puedan sobrevivir (Hutchinson, 1957 como se citó en López, 2007). Estudios previos, como los de Soberón y Peterson (2005) y Colwell y Rangel (2009), señalan que los modelos de distribución de especies no solo influyen para la comprensión ecológica de estos, sino que también son esenciales para establecer estrategias de conservación con enfoques adaptativos al cambio climático. Sin embargo, a pesar de los avances en los modelos de distribución de especies, estudios como las de Soberon y Peterson (2005), señalan la necesidad de incorporar datos regionales y específicos para mejorar las predicciones.

En tal sentido, el presente estudio permite evaluar los cambios que tendrá la distribución del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén a consecuencia de las condiciones climáticas del futuro, generando conocimientos teóricos sobre la interacción del cambio climático y la distribución del oso, aportando a la teoría ecológica de distribución de especies y permitiendo obtener información local, para formular estrategias de conservación y nuevas perspectivas para el manejo de esta Área Natural Protegida frente al cambio climático.

1.5.2. Justificación práctica

Elith-Phillips et al. (2011) y Soberon y Peterson (2005) destacan la importancia de utilizar modelos de distribución de especies e información regional para pronosticar los impactos del cambio climático sobre la biodiversidad.

Es por ello, que los resultados encontrados a partir del modelado de la distribución futura (2050) del oso anteojos (*Tremarctos ornatus*) el parque bajo diferentes escenarios de emisión de GEI (SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 y SSP5 8.5), proporcionan información relevante y valiosa para los gestores del parque como el SERNANP, la Municipalidad Provincial de Oxapampa y partes interesadas, ya que, al identificar áreas persistentes en las zonas de mayor protección de la zonificación del parque, permiten establecer o fortalecer estrategias de conservación frente al cambio climático. Por otro lado, los cambios en el hábitat de la especie (ganancias o pérdidas) permiten evaluar la implementación de corredores ecológicos, como medida preventiva frente los hallazgos encontrados.

1.5.3. Justificación metodológica

El estudio presenta un enfoque cuantitativo basado en el modelo de distribución de especies (SDMs), que permiten evaluar la distribución potencial del oso de anteojos en el PNYCH utilizando el software MaxEnt, que utiliza datos de presencia y variables ambientales según Phillips-Anderson et al. (2006).

El uso de las herramientas replicables como MaxEnt, variables climáticas (SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 y SSP5 8.5) de WorldClim, factores físicos de USGS, factores ambientales del Geoservidor MINAM y puntos de ocurrencia de GBIF, permiten que esta metodología pueda ser replicada en estudios similares sobre el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) u otras especies amenazadas en el PNYCH u otras áreas naturales protegidas.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

- **Hipótesis nula (H₀).** El cambio climático no tendrá un efecto significativo (nulo-bajo) sobre la distribución potencial del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén para el año 2050, evidenciados mediante una pérdida o ganancia de hábitat que no superan el 10% del área actual y, una persistencia de al menos del 50% del hábitat actual en las zonas de mayor protección de la zonificación del parque.
- **Hipótesis alterna (H₁).** El cambio climático tendrá un efecto significativo (medio-alto) sobre la distribución potencial del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén para el año 2050, evidenciados mediante una pérdida o ganancia mayor al 10% del hábitat actual o una persistencia menor al 50% del hábitat actual en las zonas de mayor protección de la zonificación del parque.

1.6.2. Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1

- **Hipótesis nula (H₀).** Los factores ambientales, climáticos y físicos tienen una nula (0%) o baja (<10%) influencia en la distribución del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén.

- **Hipótesis alterna (H₁).** Los factores ambientales, climáticos y físicos tienen una media (10% - 19.9%) o alta ($\geq 20\%$) influencia en la distribución del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén.

Hipótesis específica 2

- **Hipótesis nula (H₀).** Los cambios en la distribución potencial del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén no superan el 10% de pérdida o ganancia del hábitat actual bajo los diferentes escenarios de emisión de gases de efecto invernadero proyectados para el año 2050.
- **Hipótesis alterna (H₁).** Los cambios en la distribución potencial del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén superan el 10% de pérdida o ganancia de hábitat actual bajo los diferentes escenarios de emisión de gases de efecto invernadero proyectados para el año 2050.

Hipótesis específica 3

- **Hipótesis nula (H₀).** Las zonas de mayor protección de la zonificación del Parque Nacional Yanachaga Chemillén conservarán al menos el 50% del hábitat persistente del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) bajo los diferentes escenarios de emisión de gases de efecto invernadero proyectados para el año 2050.
- **Hipótesis alternativa (H₁).** Las zonas de mayor protección de la zonificación del Parque Nacional Yanachaga Chemillén conservarán menos del 50% del hábitat persistente del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) bajo los diferentes escenarios de emisión de gases de efecto invernadero proyectados para el año 2050.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*)

El oso andino (*Tremarctos ornatus*), también conocido como oso de anteojos, es la única especie de oso que habita en Sudamérica, entre las ocho especies existentes a nivel mundial. Es una especie autóctona de los Andes tropicales, distribuida desde Venezuela hasta Bolivia, ocupando ecosistemas como bosques nublados, páramos y yungas andinas. Desempeña un rol ecológico fundamental como dispersor de semillas y regulador de la dinámica vegetal, contribuyendo al mantenimiento del equilibrio de los ecosistemas andinos. No obstante, actualmente se encuentra clasificado como Vulnerable debido principalmente a la pérdida de hábitat, la fragmentación de los bosques y la caza furtiva (UICN, 2017).

Figura 1

Oso de anteojos (Tremarctos ornatus)



Nota. Tomado de “*Tremarctos ornatus*”, por Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN], 2017, Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN.

<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T22066A45034047.en>.

2.1.1. Taxonomía

Tabla 1

Clasificación taxonómica

Reino	Filo	Clase	Orden	Familia	Género	Especie
Animalia	Cordados	Mamíferos	Carnívoros	Ursidae	Tremarctos	Ornatus

Nota. La tabla muestra la clasificación taxonómica del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*).

Tomado de “*Tremarctos ornatus*”, por UICN, 2017 (<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T22066A45034047.en>)

2.1.2. Estado de conservación

Tabla 2

Estado de conservación del oso de anteojos a nivel nacional e internacional

Especie	Ámbito	Fuente	Estado de conservación
Oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>)	Nacional	Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú	Vulnerable (VU)
	Internacional	Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGR	Vulnerable (VU)
		Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)	Vulnerable (VU)

Nota. El oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) se encuentra clasificado como vulnerable a nivel nacional e internacional. Adaptado de UICN (2017), Anexo: Clasificación de Especies Amenazadas de Fauna Silvestre del Decreto Supremo N.º 004-2014-MINAGRI (2014) y SERFOR (2018).

2.1.3. Distribución

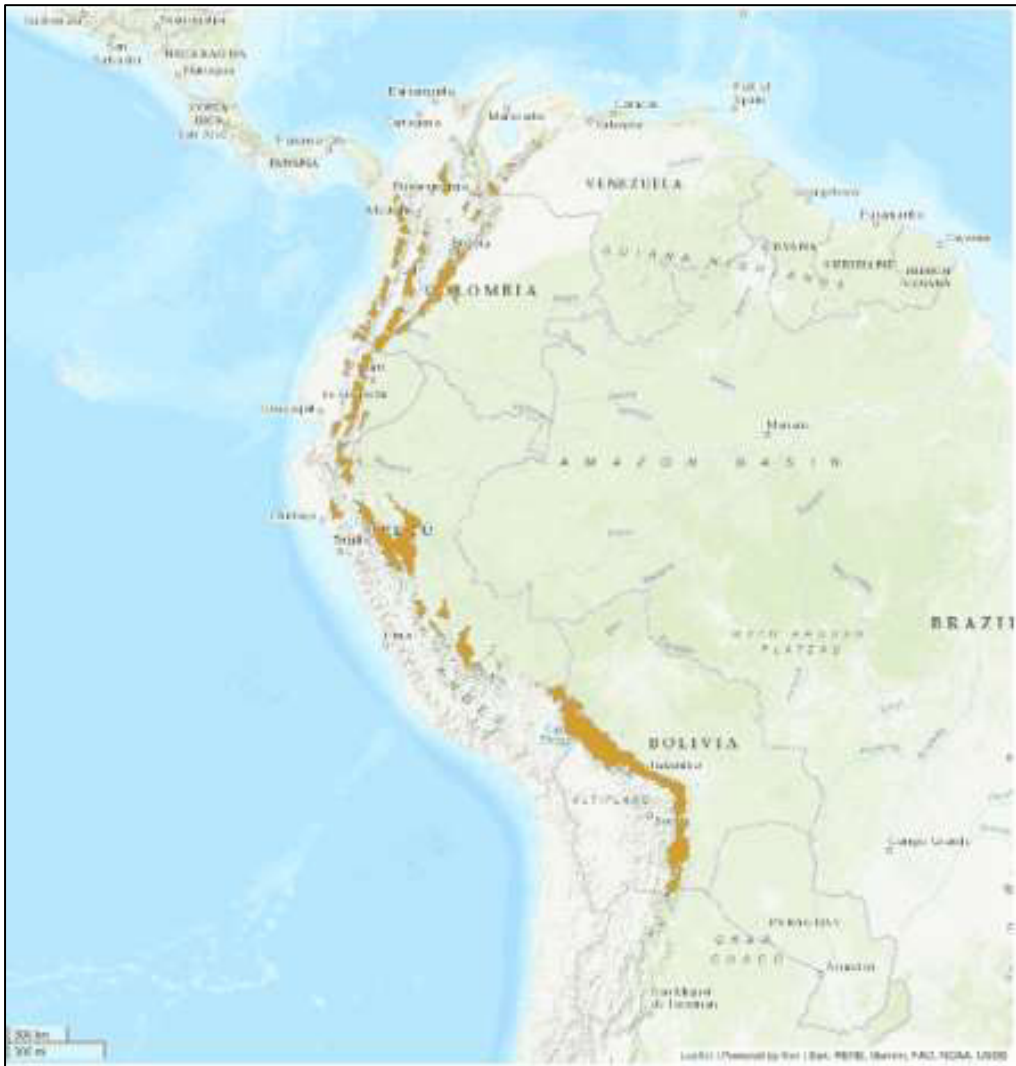
“Actualmente, el oso andino está distribuido a lo largo de la cordillera de los Andes, en Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia. Asimismo, existen reportes de su presencia al sudeste de Panamá y al norte de Argentina” (SERFOR, 2018, p. 441).

En el territorio peruano, la especie habita sobre las cordilleras del Cóndor, Condorcanqui y Sandía, encontrándose entre los 210 y 4750 m.s.n.m., teniendo mayor registro

en los departamentos de: “Piura, Cajamarca, Amazonas, San Martín, Lambayeque, La Libertad, Áncash, Huánuco, Ucayali, Pasco, Junín, Huancavelica, Ayacucho, Cusco, Apurímac, Madre de Dios y Puno” (SERFOR, 2018, p. 441).

Figura 2

Distribución del oso de anteojos



Nota. Tomado de “*Tremarctos ornatus*”, por Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN], 2017, Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN.

<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T22066A45034047.en>.

2.2. Distribución de especies

2.2.1. Especie

Biológicamente una especie se define como una población natural con intercambio de ADN potencial, procreativamente aislada de otros grupos (Mayr, 1942 como se citó en Alberto-Manríquez et al., 2015). Evolutivamente una especie se define como un linaje único que mantiene su autenticidad y, que posee su propia tendencia de evolución (Wiley, 1978 como se citó en Alberto-Manríquez et al., 2015). Filogenéticamente una especie se define como el grupo más pequeño de organismos individuales que se puede identificar, donde existe un patrón de parentesco de antecesor y descendiente.

2.2.2. Área de distribución de especies

El área sobre el cual se distribuye una especie, es un fragmento de la superficie terrestre donde esta se encuentra presente y se relaciona de manera continua con el ecosistema (Zunino y Palestrini, 1991), su distribución depende de factores ambientales: biogeográficos, fisiológicos y ecológicos (Alberto-Manríquez et al., 2015), dado que experimenta una expansión y contracción espacial a lo largo del tiempo (Zunino y Zullini, 2003 como se citó en Alberto-Manríquez et al., 2015) y, se puede determinar hipotéticamente a través de modelos de distribución de especies (Mateo-Felicísimo et al., 2011).

2.2.3. Factores que determinan la distribución de especies

a. Factores fisiológicos.

Los factores fisiológicos limitan las áreas donde viven las especies en los diferentes ecosistemas por su tolerancia ambiental ante múltiples factores ambientales (condiciones abióticas) que no son adecuadas para otras, como consecuencia de múltiples procesos evolutivos que han modelado a los organismos determinando su presencia en ciertos espacios. Estas limitaciones dependen directamente de los factores ambientales como la temperatura, la humedad, altitud, el cambio climático

y otros que están relacionados con la sobrevivencia, el establecimiento y la reproducción de las especies, haciendo que estas se adapten o se desplacen (tolerancia restringida) dentro del espacio geográfico hasta encontrar factores ambientales idóneos, originando un proceso de colonización y/o extinción (Alberto-Manríquez et al., 2015).

b. Factores ecológicos

Son un conjunto de factores bióticos que actúan directamente sobre los seres vivos, determinando con mayor exactitud su ubicación dentro del espacio geográfico, tales como las especies rivales, depredadoras y patógenas, así como la accesibilidad de alimentos y la dinámica poblacional de las especies (Alberto-Manríquez et al., 2015).

c. Factores biogeográficos

Los factores biogeográficos determinan el área de ocupación de la especie en el tiempo y espacio, como consecuencia de las restricciones geográficas, las condiciones restrictivas y los cambios geográficos, que limitan el área de distribución dando procedencia a una nueva especie con una distribución puntual y fragmentada (especiación alopátrica – especies vicariantes) (Alberto-Manríquez et al., 2015).

2.2.4. Diagrama de BAM

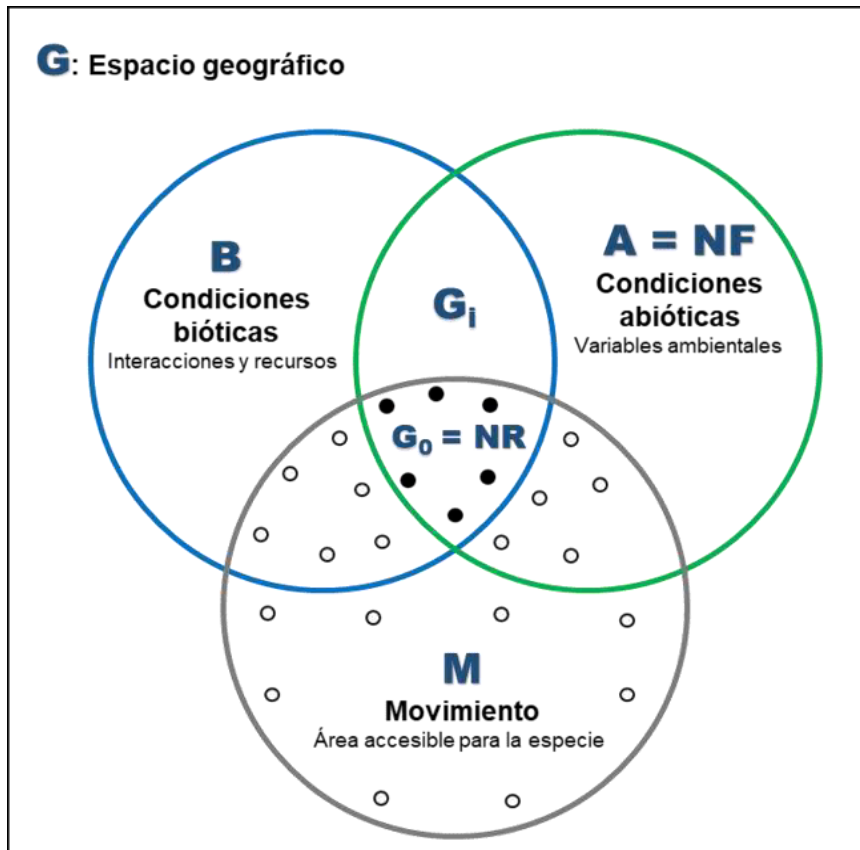
El diagrama de BAM es una representación hipotética del espacio geográfico, que muestra las altas probabilidades de observación de una especie en aquellas zonas donde:

- Se presentan las condiciones abióticas adecuadas, simbolizadas por “A” (factores fisiológicos).
- Se presentan condiciones bióticas favorables, simbolizadas por “B” (factores ecológicos).

- Hayan sido accesibles a la dispersión o movimiento de la especie desde su origen o en un momento de relevancia, simbolizadas por “**M**” (factores biogeográficos) (Soberón-Osorio et al., 2017).

Figura 3

Diagrama de BAM



Nota. Representación del modelo BAM, donde B corresponde a las condiciones bióticas, A a las condiciones abióticas y M al área accesible para la especie. Adaptado de “Interpretación de modelos de nichos ecológicos fundamentales y áreas de distribución de especies”, por Soberón y Peterson, 2005, *Biodiversity Informatics*, 2, y de “Diferencias conceptuales entre modelación de nichos y modelación de áreas de distribución”, por Soberón, Osorio y Peterson, 2017, *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88.

2.3. Modelo de distribución de especies

Un modelo es una construcción que simula la realidad, resaltando ciertas características de esta. Los modelos de distribución de especies son representaciones cartográficas que muestran la idoneidad de un espacio para la presencia de una especie en función de los factores ambientales (variable independiente) que se usan como indicadores para su generación. **La idoneidad, viene a ser entonces la relación matemática entre la distribución que se conoce y las variables independientes**, por lo tanto, un modelo de distribución de especies se basa en procesos estadísticos y cartográficos (Mateo-Felícísimo et al., 2011).

2.3.1. Variable dependiente (variable respuesta)

También conocida como variable respuesta, es **dicotómica**, hace alusión a los datos de **presencia o ausencia** de la especie. Se obtienen:

- De forma **directa**, a través del levantamiento de datos en campo con GPS u otros instrumentos y a partir de la información disponible en muesos o herbarios (Mateo-Felícísimo et al., 2011).
- De forma **indirecta**, a través de un conjunto de datos de libre acceso como GBIF (Pliscoff y Fuentes, 2011). Que generan ciertos sesgos, ya que suelen presentar ciertos inconvenientes, porque no registran datos de ausencia, un porcentaje considerable presenta errores de localización geográfica e identificación taxonómica y fueron obtenidos con diferente propósitos y técnicas de muestreo por diferentes autores (Mateo-Felícísimo et al., 2011).

Pese a los sesgos, los modelos resultantes son fiables y la restricción es la cantidad mínima de registros con los que se genera el modelo (Mateo-Felícísimo et al., 2011).

El número adecuado de presencias por unidad de análisis varía de acuerdo al objetivo del estudio y las técnicas a utilizar, para ello se ha establecido que sobre **30** (Wisz et al. 2008 como se citó en Pliscoff y Fuentes, 2011) o **50** (Kadmon et al., 2003 como se citó en Pliscoff

y Fuentes, 2011) **puntos de presencia por especie** se puede obtener modelos estadísticamente fiables, pero se debe incorporar el mayor número de presencias disponibles para obtener mejores resultados (Pliscoff y Fuentes, 2011).

2.3.2. *Variable independiente (variables ambientales)*

Según Mateo-Felícísimo et al. (2011) las variables independientes conocidos como variables ambientales pueden ser:

- **De tipo cuantitativo**, como las variables climáticas, la elevación y sus variables derivadas (topografía, pendiente, radiación solar, entre otros).
- **De tipo nominales**, como la geología, edafología, litología, variables obtenidas por teledetección (índice de vegetación, temperatura en superficie, entre otros) y las variables demográficas y del uso de territorios (índice de población, accesibilidad, entre otros).

Las variables ambientales tienen un efecto directo o indirecto sobre la distribución de las especies y deben cumplir con tres condiciones en simultáneo según Mateo-Felícísimo et al. (2011):

- Deben tener carácter explicativo, es decir, deben guardar relación con la distribución de la especie, ya sea como factor limitante o un posible indicador.
- Deben mostrar una variación significativa de la zona de estudio.

Deben ser independientes o al menos no deben estar relacionadas o correlacionadas entre sí.

Tabla 3

Ejemplos de variables ambientales

Tipo de variable ambiental	clase	Predictor	Utilidad
Cuantitativas	Clima	Temperatura	Informa sobre las entradas totales de energía al ecosistema

Cualitativas	Cobertura de la tierra	Precipitación	Informa sobre las entradas totales de agua, su disponibilidad determina la distribución de las especies.
		Bioclimáticas	Representan las tendencias estacionales relacionadas con las limitaciones fisiológicas de las especies.
		Elevación	Representa la distancia sobre el nivel del mar y puede afectar la cantidad de luz, agua y nutrientes.
		Topografía	Representa el grado de inclinación del terreno y crea variaciones en la incidencia solar, la velocidad del viento, el tipo de suelo y el crecimiento de la vegetación, así como acelera la escorrentía y erosión del suelo.
		Pendiente	Representa el grado de inclinación del terreno y crea variaciones en la incidencia solar, la velocidad del viento, el tipo de suelo y el crecimiento de la vegetación, así como acelera la escorrentía y erosión del suelo.
		Cobertura vegetal	Describe la composición y estructura de la vegetación.
		Uso de suelo	Comprende las acciones y actividades que realizan los hombres sobre la superficie terrestre.
		Conectividad y fragmentación	Hace referencia a la configuración del paisaje.

Nota. Se presentan ejemplos de variables ambientales utilizadas en los modelos de distribución de especies. Adaptado de Arenas-Regos et al. (2022).

2.3.3. Métodos y/o técnicas de modelización

Pliscoff y Fuentes (2011), señalan que las técnicas de modelado para la distribución de especies se agrupan en cuatro grandes grupos:

- **Modelos estadísticos de regresiones:** es una de las técnicas más empleadas en la modelización de la distribución de especies, porque permiten establecer relaciones estadísticas entre las variables explicativas y los registros de presencia de la especie. Entre los modelos más utilizados de este grupo se tienen a los Modelos Lineales Generalizados (GLM) y los Modelos Aditivos Generalizados (GAM).
- **Modelos de clasificación:** se basan en un conjunto de reglas mediante las cuales se asigna una categoría a cada combinación de las variables que conforman el modelo final. Ofrecen buenos resultados al momento de identificar la importancia relativa de las variables, aunque su interpretación suele ser muy compleja por el conjunto de reglas que lo definen. Entre los modelos más utilizados se tienen: Random Forest (RF), Boosted regression trees (BRT).

- **Métodos de “sobre”:** Son los métodos más antiguos que se han ido abandonando a lo largo del tiempo, porque definen de manera flexible el espacio ambiental, no toman en cuenta las interacciones que se dan entre las variables o el efecto de las distancias geográficas entre los puntos de presencia. Se basan en la combinación de los valores mínimos y máximos de las variables utilizadas para el modelo dentro de un espacio n – dimensional. Entre los modelos más utilizados se tienen: BIOCLIM y ENFA.
- **Algoritmos específicos para generar modelos de distribución:** Son métodos que se basan en algoritmos particulares, como la máxima entropía o algoritmos genéticos, y han tenido un notable aumento en el número de estudios y publicaciones en los últimos años por su facilidad de uso y eficiencia. Entre los más utilizados se encuentran: MaxEnt y GARP, siendo el primero el de mayor uso.

En la siguiente figura se muestra la comparación de algunas técnicas que se utilizan para el modelado de distribución de especies.

Figura 4

Comparación de técnicas de modelación de distribución de especies

Técnicas (BM = presente en software BIOMOD)	Nombre completo	Referencia	Estudios comparativos					
			A	B	C	D	E	F
ANN (BM)	<i>Artificial Neural Networks</i>	Lek et al. (1996)					+	
BIOCLIM (BM = SRE)	<i>Bioclimatic Envelope Algorithm</i>	Busby (1991)	-	-				±
BRT (BM)	<i>Boosting Regression Trees</i>	Friedman (2001)	+			+		
CART (BM)	<i>Classification And Regression Trees</i>	Vayssieres et al. (2000)			-	-	±	
ENFA	<i>Ecological Niche Factor Analysis</i>	Hirzel et al. (2002)					-	-
GAM (BM)	<i>Generalized Additive Models</i>	Hastie & Tibshirani (1990)	±	+	+		±	
GARP	<i>Genetic Algorithm for Rule-set Production</i>	Stockwell & Peters (1999)	±		-			+
GDM	<i>Generalised Dissimilarity Modelling</i>	Ferrier et al. (2007)	+					
GLM (BM)	<i>Generalized Linear Models</i>	McCullagh & Nelder (1989)	±		+		±	
MARS (BM)	<i>Multivariate Adaptive Regression Splines</i>	Friedman (1991)	±			-		
MAXENT	<i>Maximum Entropy</i>	Phillips et al. (2006)	+	+				
RF (BM)	<i>Random Forest</i>	Breiman (2001)				+		

Nota. Comparación de la eficiencia de distintos modelos de distribución de especies según estudios previos. Tomado de “Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles”, por Pliscoff y Fuentes, 2011, Revista de Geografía Norte Grande, 48, pp. 61–79.

2.4. Algoritmo de Máxima Entropía - MaxEnt

Según Phillips-Anderson et al. (2006), MaxEnt es un software que funciona según el principio de máxima entropía, usado para modelar la distribución geográfica de una especie en función de los registros de presencia y las variables ambientales asociadas a estos registros.

2.4.1. Máxima entropía

Según el Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre [OSINFOR] (2013) la entropía es la medida de la aleatoriedad. Se utilizan para generar proyecciones o deducciones a partir de datos incompletos (Phillips-Anderson et al., 2006). Involucra a un conjunto de muestras (registros de ocurrencia de una especie) y un conjunto de características (variables ambientales) para estimar la distribución de probabilidades más cercanas a la uniforme (Phillips, 2004 como se citó en Ortega y Townsend, 2008).

2.4.2. Características del software MaxEnt

Según Phillips-Anderson et al. (2006) el software MaxEnt presenta las siguientes características:

- Se basa exclusivamente en datos de presencia, aunque también puede utilizar datos de presencia – ausencia, pero la confiabilidad del modelo es menor, ya que los datos de ausencia de las especies son difíciles de demostrar (Chefaoui et al., 2005 como se citó en Ortega y Townsend, 2008), dado que una especie puede ser registrado como ausente por tres razones: 1) la especie está presente, pero no fue detectado, 2) el hábitat es adecuado pero la especie está ausente o 3) el hábitat no es adecuado

para la especie, donde las dos primeras afirmaciones conllevan a identificar falsas ausencias (Hirzel et al., 2002 como se citó en Ortega y Townsend, 2008).

- Utiliza datos ambientales continuos y categóricos.
- Presenta algoritmos deterministas, ya que son completamente predictivos porque, se conocen las entradas (registros de presencia y variables ambientales) que hacen posible determinar una distribución de probabilidad de máxima entropía.
- Son de fácil análisis, ya que permiten relacionar las variables ambientales con la idoneidad del modelo (funciones que indican la conveniencia de una especie respecto a los valores que toma una variable que condicionan su hábitat (Martínez, 2011).
- Evita el sobre ajuste.
- Proporcionan resultados continuos, que permiten diferenciar modelos de idoneidad para diferentes especies en diferentes áreas.

2.4.3. Evaluación del modelo de distribución de especies

Evaluar un modelo de distribución de especies consiste en analizar el ajuste de los resultados obtenidos con los datos reales, sin poner en cuestión la veracidad del modelo, ya que estos no se deben examinar como verdaderos o falsos (OSINFOR, 2016).

La bondad de ajuste de un modelo está fundamentada en dos tipos de errores, error de omisión y error de comisión, que cuantifican el número de casos clasificados de forma incorrecta por el modelo (Mateo-Felicísimo et al., 2011), que se pueden explicar de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 4

Matriz de confusión

Matriz de confusión	Presente	Ausente
Predicho como presente	A	B
Predicho como ausente	C	D

Nota. A y D representan predicciones correctas. B corresponde a un falso positivo o sobrepredicción, conocido como error de comisión, mientras que C corresponde a un falso negativo o subpredicción, conocido como error de omisión. Adaptado de OSINFOR (2013).

Por lo tanto: un error de comisión (falso positivo) ocurre cuando se predice erróneamente la presencia de una especie en un lugar donde en realidad está ausente y, un error de omisión (falso negativo) ocurre cuando se clasifica erróneamente como ausente una especie que realmente está presente (Mateo-Felicísimo et al., 2011), siendo el último error el más criticable y de total certeza, ya que NO PREDICE LUGARES DE PRESENCIA que pueden ser importantes para la supervivencia de una especie, mientras que el error de comisión, puede ser real o aparente, ya que puede significar una PREDICCIÓN DE NICHO POTENCIAL para la especie el cual debe ser validado en campo (Naoki et al., 2006 como se citó en OSINFOR, 2016).

A partir de los errores de omisión y comisión se pueden calcular dos indicadores:

- Sensibilidad $A/(A+C)$: indica el porcentaje de positivos verdaderos que el modelo ha clasificado correctamente.
- Especificidad $D/(B+D)$: indica el porcentaje de negativos verdaderos que el modelo ha pronosticado correctamente.

Los cuales deben ser transformados en resultados binarios seleccionando un umbral (valor de idoneidad o probabilidad), que cuando se encuentre por encima indicará que la especie está presente y, que cuando el umbral se encuentre por debajo, indicará que la especie está ausente (curva AUC) (OSINFOR, 2016).

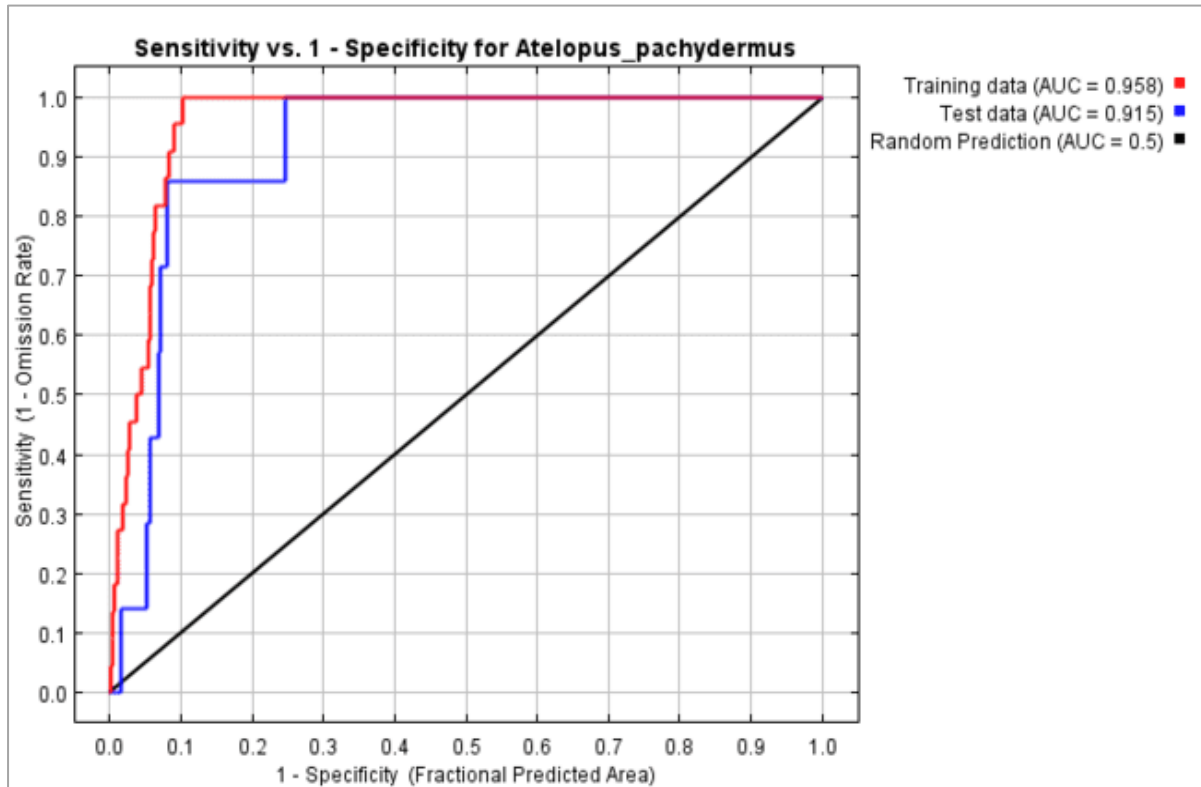
2.4.4. Curvas AUC y ROC

La curva de Característica Operativa del Receptor (ROC), tal como se muestra a continuación, se obtiene a partir de la relación entre la sensibilidad (eje Y) y la especificidad (eje X) (OSINFOR, 2016). Esta curva representa el desempeño del modelo a lo largo de los

umbrales posibles (nichos idóneos para una especie) y se resume mediante un valor denominado Área Bajo la Curva (AUC) (OSINFOR, 2013).

Figura 5

Curvas ROC y AUC



Nota. Curvas ROC correspondientes a los datos de entrenamiento y prueba. Tomado de “Modelamiento espacial de nichos ecológicos para la evaluación de presencia de especies forestales maderables en la Amazonía peruana”, por OSINFOR, 2013, p. 19.

La curva AUC refleja que tan bueno es el modelo para pronosticar la distribución de una especie, que según Araújo-Pearson et al. (2005), los resultados obtenidos se pueden interpretar de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 5*Interpretación de los resultados de la curva AUC*

Clasificación		Rangos	
Excelente		AUC >	0.90
Buena	0.80	> AUC ≤	0.90
Aceptable	0.70	> AUC ≤	0.80
Mala	0.60	> AUC ≤	0.70
No valida	0.50	> AUC ≤	0.60

Nota. Un valor de AUC superior a 0.90 indica un desempeño excelente del modelo para predecir la distribución de la especie. Valores de AUC entre 0.80 y 0.90 indican un desempeño bueno, mientras que valores entre 0.70 y 0.80 se consideran aceptables. Valores inferiores reflejan un desempeño limitado del modelo. Adaptado de Araújo-Pearson et al. (2005).

2.4.5. Prueba Jackknife

El test de Jackknife determina el nivel de aporte de las variables ambientales sobre la distribución de las especies (Plasencia-Escalona et al., 2014), permite excluir variables a través del software MaxEnt y determinar cuáles son las más importantes para el modelo (OSINFOR, 2013), siendo su principal función ejecutar el modelo con cada una de estas y medir su aporte (Navarro-Jove et al., 2020).

2.5. Cambio climático

El cambio climático es la variación del estado del clima que se mantiene durante períodos largos, se deben a eventos naturales o factores externos tales como las erupciones volcánicas, las ondulaciones de los ciclos solares o los cambios producidos por la acción humana en la atmósfera (IPCC, 2018). Se utilizan 05 escenarios de emisiones, para su estudio a corto (2021 – 2040), mediano (2041 – 2060) y largo plazo (2081 – 2100) (IPCC, 2021a).

2.5.1. El cambio climático y las especies

Según Uribe, (2015), el cambio climático conllevará a un incremento progresivo de la temperatura media global, tanto terrestre como oceánica, ocasionando cambios en el comportamiento de la precipitación, la intensidad y frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos y el incremento del nivel oceánico promedio.

El calentamiento global de la tierra ya alcanzó el 1.1 °C (WWF, 2021) y se espera que para el año 2100 aumente de 1.5 °C a 2°C, trayendo efectos negativos para la biodiversidad: como la pérdida y extinción de especies (IPCC, 2018), ya que este afecta al desarrollo, la fisiología y el comportamiento de estas durante las fases de crecimiento, reproducción y migración. Los cambios en el comportamiento de la precipitación y el aumento de la temperatura modifican la distribución, la densidad población, la organización estructural y la abundancia de algunas especies (Uribe, 2015).

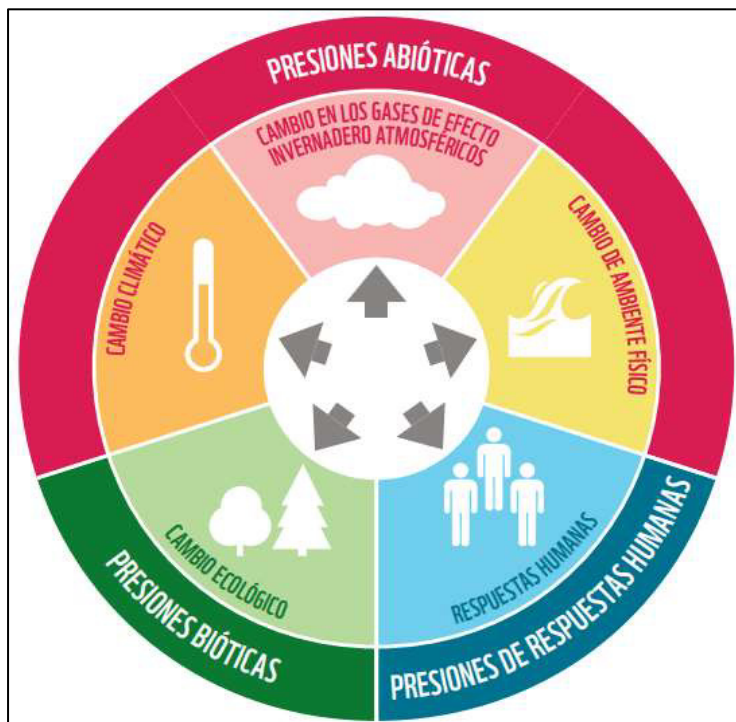
Recientemente la Plataforma Intergubernamental Científico Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas [IPBES] citado en WWF (2020) evaluó los peligros del cambio climático y descubrió que las áreas de distribución geográfica de casi el 50% de los mamíferos terrestres y el 25% de las aves se están reduciendo, considerando que para el 2100 se podría perder el 20% de las especies terrestres.

2.5.2. Presiones sobre la biodiversidad

En la siguiente figura se muestra las presiones impulsadas por el cambio climático que afectan la biodiversidad.

Figura 6

Presiones sobre la biodiversidad impulsadas por el cambio climático



Nota. Clasificación de las presiones abióticas, bióticas y de respuestas humanas que afectan la biodiversidad en el contexto del cambio climático. Tomado de “Cambio climático: una amenaza creciente para la biodiversidad. Informe de Planeta Vivo 2020”, por WWF, 2020, p. 13.

Tabla 6

Cambios de las presiones asociadas al cambio climático sobre la biodiversidad

	Presiones abióticas		Presiones bióticas	Presiones humanas
Cambio climático	Cambio en los gases de efecto invernadero atmosférico	Cambio del ambiente físico	Cambios ecológicos	Respuestas humanas
Se presentan:	Incrementos del nivel de:	Cambio en:	Se presentan cambio en:	Se presentan cambios en:
<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia de sequías • Cambios en la temperatura • Cambios en la precipitación • Climas extremos • Estacionalidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Dióxido de carbono • Metano • Óxido nitroso • Vapor de agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Corrientes de oxígeno • Acidez oceánica • Nivel del mar • Extensión glacial • Marejadas • Frecuencia de Incendios 	<ul style="list-style-type: none"> • La composición de las comunidades • Transición de tipo de ecología 	<ul style="list-style-type: none"> • El uso de los suelos, por ejemplo, agricultura • Emisiones de gases de efecto invernadero • Infraestructura material, por ejemplo, represas • Amenazas presentes, por ejemplo, cosechas excesivas

Nota. Se presentan ejemplos de cambios en las presiones abióticas, bióticas y humanas asociadas al cambio climático que afectan la biodiversidad.

Adaptado de WWF (2020).

2.5.3. Marco para evaluar el impacto del cambio climático sobre las especies.

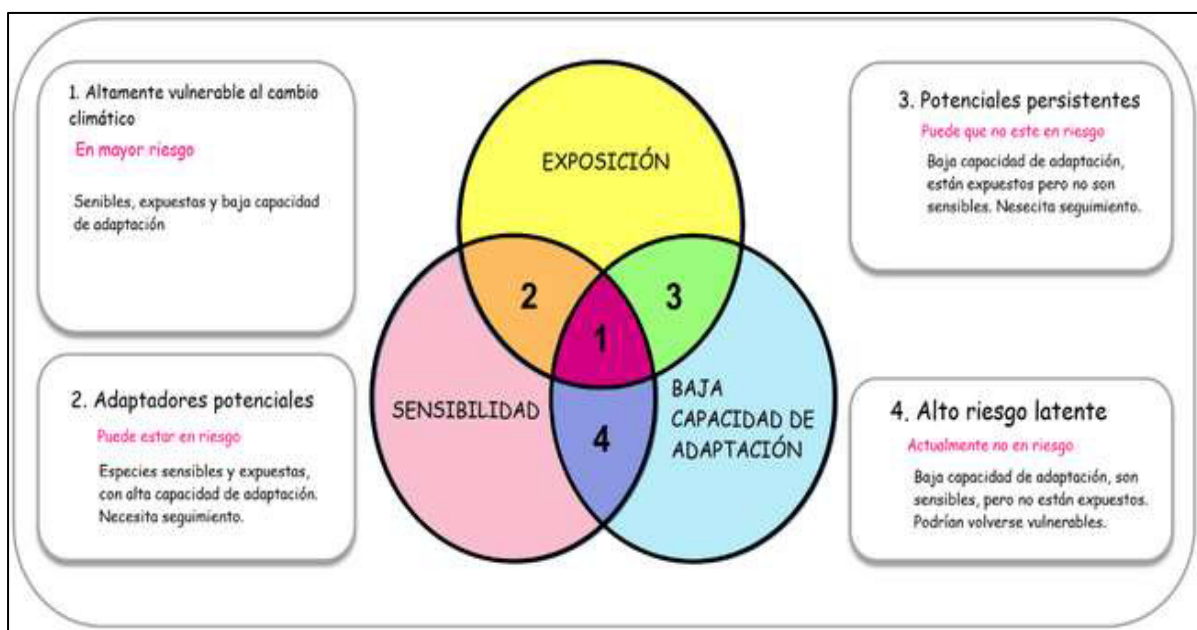
Foden-Butchart et al. (2013), desarrollaron un marco para detectar las especies más vulnerables a la extinción debido a diversas tensiones causadas por el cambio climático a lo largo de tres dimensiones de vulnerabilidad:

- **La sensibilidad**, indica la limitada capacidad que tiene una especie para mantenerse o persistir en su hábitat (in situ).
- **La exposición**, indica el cambio que tiene el entorno físico de cada especie.
- **La baja capacidad de adaptación**, indica la incapacidad que tiene una especie para hacer frente a los impactos adversos del cambio climático a través de la dispersión o el cambio evolutivo.

La combinación de estas tres dimensiones de vulnerabilidad frente al cambio climático describe cuatro categorías distintas de especies que son susceptibles a estos impactos, cada una con implicaciones específicas para la priorización de la conservación y la influencia de la planificación.

Figura 7

Marco para evaluar los impactos del cambio climático en las especies



Nota. Tomado de “Identificación de las especies más vulnerables al cambio climático: una evaluación sistemática basada en características de todas las aves, anfibios y corales” (e65427), por Foden, Butchart, Stuart, Vié, Akçakaya, Angulo, DeVantier, Gutsche, Turak y Cao, 2013, PLOS ONE, 8(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0065427>.

Las cuatro clases de especies vulnerables al cambio climático.

a. Especies altamente vulnerables al cambio climático:

Son aquellas especies sensibles, expuestas y con baja capacidad de adaptación, que generan mayor preocupación y son prioridad para monitorear sus respuestas frente al cambio climático.

b. Especies adaptadores potenciales:

Son especies sensibles y expuestas, pero altamente adaptables, que pueden mitigar los efectos negativos del cambio climático a través de la dispersión o la microevolución, aunque se necesita un seguimiento estrecho para verificarlo.

c. Especies potencialmente persistentes:

Especies que tienen una baja capacidad de adaptación y están expuestas (pero no son sensibles) pueden resistir el cambio climático por sí solas, pero necesitarán ser monitoreadas para garantizar que el supuesto de insensibilidad se cumpla en la práctica.

d. Especies de alto riesgo latente:

Son aquellas que tienen una baja capacidad de adaptación y son sensibles (pero no expuestas). Aunque no es una preocupación inmediata, si las proyecciones del cambio climático y los escenarios de emisiones son precisas, pueden ser vulnerables a los impactos del cambio climático más allá de un horizonte temporal seleccionado (por ejemplo, 2050).

2.5.4. Modelos climáticos

Los modelos climáticos son herramientas informáticas empleados por los científicos para analizar y pronosticar el comportamiento del clima. Estos simulan el clima de la Tierra basándose en las leyes fundamentales de la física, la química y la biología que explican la dinámica de la atmósfera, el océano, las masas de hielo y la tierra. Algunos de ellos incorporan más procesos, complejidad y nivel de detalle que otros, generando diferencias en los resultados de los climas simulados, razón por la cual, el IPCC siempre analiza los resultados de varios modelos climáticos para comprender cuáles son los más sólidos (IPCC, 2021b).

2.5.4.1. Proyecto de Comparación de Modelos Acoplados (CMIP). El CMIP es un programa que se utiliza para el diseño y distribución de simulaciones climáticas y es componente clave para las evaluaciones nacionales e internacionales del cambio climático (Velásquez, 2021). El objetivo del CMIP es comprender los climas pasados, presentes y futuros causados por la variabilidad natural no forzada y las respuestas climáticas a diferentes forzamientos, actualmente se encuentra en su sexta fase (CMIP6), que a diferencia del CMIP5 trabaja con las proyecciones de Vías Socioeconómicas Compartidas (SSPs), los cuales contienen datos actualizados de las emisiones de GEI, que permiten analizar de manera coherente las estrategias de mitigación, adaptación y los impactos futuros del cambio climático y social (Velásquez, 2021).

2.5.4.2. Modelos de Circulación General (GCM). Constituye uno de los productos generados por el Proyecto de Comparación de Modelos Acoplados (CMIP), que se usa para la investigación climática, ya que, proporcionan datos relevantes para la toma de decisiones relacionadas con las estrategias de adaptación y mitigación ante el cambio climático (Velásquez, 2021).

2.5.5. Trayectorias Socioeconómicas Compartidas

Las trayectorias socioeconómicas compartidas describen cinco futuros alternos de desarrollo socioeconómico que no involucran políticas climáticas sobre mitigación y adaptación (IPCC, 2018a).

Según el IPCC, (2021a), los cinco futuros alternos o escenarios se representan bajo la siguiente nomenclatura “SSPx-y”, donde “SSPx” hace referencia a la trayectoria socioeconómica compartida y “y” al nivel de forzamiento radiativo, siendo estos:

Tabla 7

Escenarios ilustrativos de futuros climáticos

Escenarios de emisiones	2021–2040		2041–2060		2081–2100		Forzamiento radiativo (w/m ²)
	Mejor estimación (°C)	Rango muy probable (°C)	Mejor estimación (°C)	Rango muy probable (°C)	Mejor estimación (°C)	Rango muy probable (°C)	
SSP1 1.9 Emisiones de GEI muy bajas	1.5	1.2 a 1.7	1.6	1.2 a 2	1.4	1 a 1.8	1.9
SSP1 2.6 Emisiones de GEI bajas	1.5	1.2 a 1.8	1.7	1.3 a 2.2	1.8	1.3 a 2.4	2.6
SSP2 4.5 Emisiones de GEI intermedias	1.5	1.2 a 1.8	2	1.6 a 2.5	2.7	2.1 a 3.5	4.5
SSP3 7.0 Emisiones de GEI altas	1.5	1.2 a 1.8	2.1	1.7 a 2.6	3.6	2.8 a 4.6	7
SSP5 8.5 Emisiones de GEI muy altas	1.6	1.3 a 1.9	2.4	1.9 a 3	4.4	3.3 a 5.7	8.5

Nota. Se presentan cinco escenarios ilustrativos de futuros climáticos a corto plazo (2021–2040), mediano plazo (2041–2060) y largo plazo (2081–2100). El escenario SSP1–1.9 representa emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) muy bajas; SSP1–2.6 corresponde a emisiones bajas; SSP2–4.5 a emisiones intermedias; SSP3–7.0 a emisiones altas; y SSP5–8.5

a emisiones muy altas. Cada escenario se asocia a un nivel de forzamiento radiativo proyectado para el año 2100 de 1.9, 2.6, 4.5, 7.0 y 8.5 W/m², respectivamente. Adaptado de IPCC (2021).

2.5.5.1. SSP1 – 1.9 (escenario de emisiones de gases de efecto invernadero muy bajas). Nuevo escenario del CMIP6, es el más optimista para el futuro ya que, las emisiones de CO₂ se reducirán al cero neto para el 2050. Además, se estima que para el 2100 la temperatura media terrestre se incrementará en 1.4 °C y se tendrá un forzamiento radiativo de 1.9 w/m². En este contexto, la sociedad se vuelve sostenible, impulsada por mayores inversiones en la salud y educación, lo que favorece la disminución de la desigualdad (Hausfather, 2019).

2.5.5.2. SSP1 – 2.6 (escenario de emisiones de gases de efecto invernadero bajas). Es una nueva versión del escenario RCP 2.6 presentado por el CMIP5, considerado como un escenario optimista para el futuro ya que, las emisiones de CO₂ se reducirán paulatinamente hasta alcanzar el cero neto después del 2050, la temperatura media terrestre se incrementará en 1.8 °C para el 2100 y se tendrá un forzamiento radiativo de 2.6 w/m² al finalizar el siglo. Este escenario es similar al escenario futuro SSP1 – 1.9 teniendo como diferencia el incremento de la temperatura (Hausfather, 2019).

2.5.5.3. SSP2 – 4.5 (escenario de emisiones de gases de efecto invernadero intermedias).

Es una nueva versión del escenario RCP 4.5 presentado por el CMIP5, considerado como un escenario intermedio ya que, las emisiones de CO₂ no llegarán al cero neto para el 2100, la temperatura media terrestre se incrementará en 2.7°C y se tendrá un forzamiento radiativo de 4.5 w/m². En este escenario no existen cambios algunos en los factores socioeconómicos actuales lo que conllevará a un progreso lento para una sociedad sostenible en el futuro (Hausfather, 2019).

2.5.5.4. SSP3 – 7.0 (escenario de emisiones de gases de efecto invernadero altas).

Es un nuevo escenario del CMIP6 en el que las emisiones de CO₂ se duplicarán respecto a los niveles actuales para el 2100. La temperatura media terrestre se incrementará en 3.6°C y se tendrá un forzamiento radiativo de 7.0 w/m² al finalizar este siglo. En este escenario los países se vuelven competitivos entre sí, ya que, cada uno buscará salvaguardar sus propios suministros de alimentos (Hausfather, 2019).

2.5.5.5. SSP5 – 8.5 (escenario de emisiones de gases de efecto invernadero muy altas). Es una nueva versión del escenario RCP 8.5 presentado por el CMIP5. Considerado uno de los más críticos, porque proyecta una duplicación de los niveles actuales de CO₂ para el 2050, un incremento de 4.4°C en la temperatura media global terrestre y un forzamiento radiativo de 8.5 w/m² para el 2100. En este contexto, la economía global crece de manera rápida impulsado por el uso de combustibles fósiles, promoviendo un estilo de vida basado en un alto consumo de energía (Hausfather, 2019).

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo exploratorio y descriptivo tal como lo hicieron Yáñez, (2022) y Ortiz y Ortiz (2020).

Se considera descriptivo, porque se recopiló información veraz y confiable de entidades nacionales como el SERNANP – Oxapampa y de plataformas internacionales, como la UICN y GBIF. Esta información, permitió conocer la distribución actual del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) y las características de su hábitat, estableciendo una base de referencia para su comparación con las proyecciones futuras.

Fue un estudio exploratorio, porque se analizó, delimitó y modeló la distribución espacial de la especie en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén para el periodo 2025, así como se proyectó su distribución futura (2050) bajo cuatro escenarios de emisión de GEI (SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 y SSP5 8.5).

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. *Ámbito temporal*

El estudio se basó en registros de ocurrencias históricos y actuales del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el PNYCH correspondiente a los años 2007, 2010, 2011, 2022, 2023 y 2025. Estos registros permitieron analizar el cambio espacial del hábitat de la especie a lo largo del tiempo. Mediante modelos predictivos se analizó su distribución futura (2050) bajo los escenarios de GEI proyectados. El análisis y modelado de datos se realizaron entre los meses de marzo y junio de 2025.

3.2.2. *Ámbito espacial*

El estudio se desarrolló en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén, ubicado en los distritos de Oxapampa, Pozuzo, Huancabamba, Villa Rica y Palcazú de la Provincia de

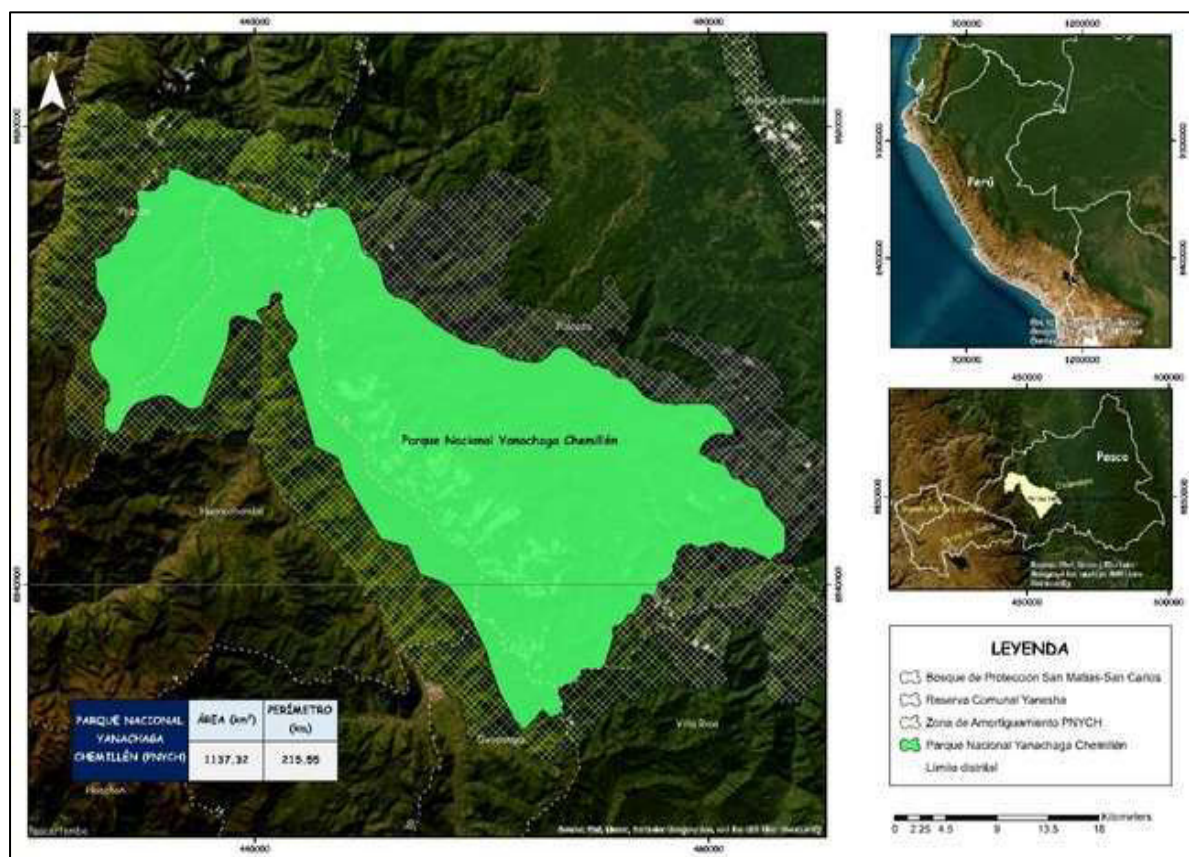
Oxapampa, en el Departamento de Pasco, el mismo que se encuentra ubicado sobre las siguientes coordenadas geográficas WGS_1984_UTM_Zone_18S.

- Vértice 1: 426764.44 E; 8852217.36 N
- Vértice 2: 421691.78 E; 8879456.95 N
- Vértice 3: 488986.36 E; 8844492.50 N
- Vértice 4: 463110.52 E; 8825877.46 N

Esta Área Natural Protegida abarca 1 137.32 km² o 113 732.34 ha y se caracteriza por una diversidad de ecosistemas que incluyen los bosques montanos, considerados como hábitats claves para la protección del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*). El análisis de la distribución de la especie se enfocó en diferentes sectores de este parque, donde se contó con registros de ocurrencia correspondientes a los años 2007, 2010, 2011, 2022, 2023 y 2025.

Figura 8

Ubicación geográfica y política del Parque Nacional Yanachaga Chemillén



Nota. Ubicación del Parque Nacional Yanachaga Chemillén en la región Pasco, sobre los distritos de Oxapampa, Pozuzo, Huancabamba, Villa Rica y Palcazú, y su colindancia con la Reserva Comunal Yánesha, el Bosque de Protección San Matías–San Carlos y su zona de amortiguamiento. Elaboración propia.

3.3. Variables

Para el presente estudio, se realizó una matriz operacional de variables que se muestra en el Anexo A.

- Variable dependiente (VD): Distribución del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*)
- Variable independiente (VI): Cambio climático.

La definición, operacionalización, dimensiones e indicadores de cada variable se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 8

Matriz de operación de variables

Tipo de variable	Definición	Operación de variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
Distribución del oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>) (variable dependiente)	El área sobre el cual se distribuye una especie, es un fragmento del espacio geográfico donde este se encuentra presente e interactúa de manera no efímera con el ecosistema (Zunino y Palestrini, 1991), depende de factores ambientales (biogeográficos, fisiológicos y ecológicos) (Alberto- Manríquez et al. 2015) y se determina a través de modelos de distribución de especies (Mateo-Felicitísimo et al., 2011).	Se determinará los factores ambientales que condicionan la distribución del oso de anteojos en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén (Variable independiente) y se levantarán los puntos de ocurrencia de la especie (Variable independiente) dentro del parque (Pliscoff y Fuentes, 2011), para modelar la distribución del oso de anteojos utilizando el algoritmo MaxEnt (Navarro-Jove et al. 2020).	Variables ambientales	<ul style="list-style-type: none"> Factores físicos (altitud). Factores ambientales (ecosistema y uso de suelos). Factores climáticos (Bio7: rango anual de temperatura, Bio 16: Precipitación del trimestre más húmedo) 	<ul style="list-style-type: none"> Altitud: m.s.n.m. Ecosistema y suelos: variables categóricas. Bio7: °C × 10 Bio16: mm
Cambio climático (variable dependiente)	El cambio climático es la variación del estado del clima que se mantiene durante períodos largos, se deben a procesos naturales o forzamientos externos (IPCC, 2018a). Se utilizan 05 escenarios de emisiones, para su estudio a corto (2021 – 2040), mediano (2041 – 2060) y largo plazo (2081 – 2100)(IPCC, 2021a).	Para evaluar el impacto del cambio climático en la distribución del oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén, se proyectará la distribución de la especie sobre: 1) las condiciones climáticas actuales, para ello se utilizará las variables bioclimáticas históricas, junto con otras variables ambientales (Quispe y Nuñez, 2020). 2) las condiciones climáticas futuras, para ello se utilizará las variables bioclimáticas (Quispe y Nuñez, 2020) de 4 escenarios de emisión de gases de efecto invernadero proyectados para el año 2050 (IPCC, 2021a).	Condiciones climáticas actuales	Importancia de variables Variables bioclimáticas históricas Variables bioclimáticas futuras de cuatro Rutas Socioeconómicas compartidas (2041 – 2060): •SSP1 2.6 (emisiones bajas de GEI): forzamiento radiativo = 2.6 w/m ² , T° promedio = 1.7°C. •SSP2 4.5 (emisiones intermedias de GEI): forzamiento radiativo = 4.5 w/m ² , T° promedio = 2.0°C. •SSP3 7.0 (emisiones altas de GEI): forzamiento radiativo = 7.0 w/m ² , T° promedio = 2.1°C) •SSP5 8.5 (emisiones muy altas de GEI): forzamiento radiativo = 8.5 w/m ² , T° promedio = 2.4°C.	<ul style="list-style-type: none"> % de contribución Grados Celsius (°C), milímetros anuales (mm). Grados Celsius (°C), milímetros anuales (mm).

Nota. La tabla muestra las variables consideradas en el estudio: distribución del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) como variable dependiente y el efecto del cambio climático como variable independiente. Se detallan el tipo de variable, definición, operación, dimensiones, indicadores y unidad de medida. Los escenarios climáticos incluyen cinco proyecciones de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para los años 2021–2050 y 2081–2100, de acuerdo con IPCC (2021a). Las variables ambientales fueron procesadas mediante el algoritmo MaxEnt (Navarro-Jove et al., 2020) y las condiciones climáticas actuales y futuras se obtuvieron de Quispe y Núñez (2020).

3.4. Población y muestra

La población de este estudio estuvo conformada por los individuos del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) presentes en el PNYCH en toda su extensión (1 137.32 km² o 113 732.34 ha). Para representar esta población se utilizaron 50 registros de ocurrencia correspondientes a los años 2007, 2010, 2011, 2022, 2023 y 2025, los cuales fueron recopilados a partir de varias fuentes, como GBIF, el SERNANP - Oxapampa y registros obtenidos en campo.

Ya que, se integraron todos los registros disponibles de la especie dentro del parque y se analizó toda su superficie mediante celdas espaciales de 1 km², se trabajó bajo un enfoque censal donde la muestra es igual a la población.

3.5. Instrumentos

Se emplearon los siguientes instrumentos de recolección de datos que permitieron analizar la distribución actual y proyectada (2050) de la especie en el área de estudio.

Tabla 9

Matriz de recolección de datos en gabinete

Variable	Indicador	Fuente de datos	Instrumento / herramienta	Descripción
Distribución del oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>)	Registros de presencia del oso de anteojos (coordenadas geográficas)	GBIF: (https://doi.org/10.15468/dl.kahhnr) SERNANP Oxapampa Datos de campo 2025	Base de datos, GPS (para levantar datos en campo)	Datos de ocurrencia del oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>) de los años 2007, 2010, 2011, 2021 y 2025.
Factores climáticos	VARIABLES bioclimáticas (temperatura y precipitación)	Página web WorldClim 2.1 (https://www.worldclim.org/data/index.html)	Base de datos climáticos Software ArcGIS 10.5	Datos climáticos históricos del periodo 1970-2000 y datos climáticos futuros del periodo 2041-2060.
Factores físicos	Altitud	Página Web del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) (https://earthexplorer.usgs.gov/)	Modelos de elevación digital (DEM)	Datos de altitud y topografía del Parque Nacional Yanachaga Chemillén.

	Uso de suelo	Página web Geo GPS Perú (https://www.geogpsperu.com/2018/02/mapa-de-suelos-shapefile-memoria.html)	Mapa de uso de suelos en formato vectorial	Análisis del impacto del cambio de uso de suelo en el hábitat del oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>).
Factores ambientales	Ecosistemas	Página web Geoservidor MINAM (https://geoservidor.minam.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/)	Mapa de ecosistemas del Perú en formato vectorial	Identificación de los ecosistemas dentro del Parque Nacional Yanachaga Chemillén donde habita el oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>).
Modelo de distribución	Áreas potenciales de distribución futura	Datos climáticos y registros de presencia	Software MaxEnt y ArcGIS 10.5	Modelo de distribución potencial del oso de anteojos en cuatro escenarios de emisión de gases de efecto invernadero en el 2050.

Nota. La tabla presenta un resumen de las variables, indicadores, fuentes de datos, instrumentos y herramientas empleadas para el desarrollo del presente trabajo de investigación. Se incluyen variables del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) como variable dependiente y variables climáticas, físicas y ambientales como independientes. Los registros espaciales fueron obtenidos de GBIF y SERNANP, los datos climáticos históricos y futuros de WorldClim 2.1, y la información de altitud, topografía y uso de suelo de DEM, USGS y GeoPESPE. La identificación de ecosistemas se realizó mediante el portal Geoservidor MINAM. Las áreas de distribución potencial del oso de anteojos fueron modeladas utilizando el software MaxEnt y ArcGIS 10.5 bajo escenarios de emisión de gases de efecto invernadero proyectados para el año 2050.

3.6. Procedimientos

Se siguieron las siguientes etapas metodológicas para el desarrollo de los objetivos planteados:

3.6.1. Procedimiento para el desarrollo del objetivo específico 1

Para identificar los factores ambientales, climáticos y físicos que determinan la distribución del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el PNYCH se siguieron los siguientes pasos:

3.6.1.1. Obtención de puntos de ocurrencia. Se obtuvieron registros históricos y actuales de la especie de varias fuentes de datos, tales como:

A. La Plataforma internacional GBIF

Se descargaron 28 puntos de ocurrencia de la especie correspondientes a los años 2007, 2010 y 2011 (<https://doi.org/10.15468/dl.kahhnr>).

B. SERNANP – Oxapampa

Previa solicitud y aprobación del TUPA – SERNANP, se obtuvieron 18 puntos de ocurrencia de la especie correspondientes al monitoreo de línea base realizado por los gestores del parque en los años 2022 y 2023.

C. La Observación en campo

En marzo de 2025, se realizó una visita de campo al PNYCH, específicamente en el Sector San Alberto - Oxapampa, identificado por los gestores del parque como una zona con mayor frecuencia de avistamientos del oso. Previa autorización de los responsables de esta área natural protegida se realizó la recolección de datos mediante el método de detección de huellas y excrementos, recorriendo las áreas donde los guardaparques habían registrado estos indicios previamente. En el circuito de Las Orquídeas se pudo registrar cuatro puntos de ocurrencia de la especie, logrando observar las heces, los rasguños y los restos de comida (bromelias sobre el suelo).

Figura 9

Observación de heces en el circuito Las Orquídeas – Parque Nacional Yanachaga Chemillén



Nota. Registro de rastros de heces del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) observados durante el recorrido del circuito Las Orquídeas, en el sector San Alberto, distrito de Oxapampa, región Pasco. El hallazgo fue georreferenciado en las coordenadas -10.549258° de latitud y -75.358127° de longitud.

Figura 10

Observación de rasguños / arañazos en el circuito Las Orquídeas - Parque Nacional

Yanachaga Chemillén



Nota. Registro de rastros de rasguños y arañazos del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) observados durante el recorrido del circuito Las Orquídeas, en el sector San Alberto, distrito de Oxapampa, región Pasco. El hallazgo fue georreferenciado en las coordenadas -10.548399° de latitud y -75.359229° de longitud.

Figura 11

Observación de restos de bromelias en el circuito Las Orquídeas - Parque Nacional

Yanachaga Chemillén



Nota. Registro de rastros de bromelias consumidas por el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en dos puntos del recorrido del circuito Las Orquídeas, en el sector San Alberto, distrito de Oxapampa, región Pasco. Los hallazgos fueron georreferenciados en las coordenadas: punto 1,

−10.548287° de latitud y −75.359332° de longitud; punto 2, −10.548783° de latitud y −75.358608° de longitud.

3.6.1.2. Descarga de factores ambientales, climáticos y físicos. Se descargaron las siguientes capas vectoriales y ráster de información geoespacial de fuentes oficiales.

A. Factores climáticos históricos

Se descargaron 19 variables bioclimáticas históricas correspondientes al periodo 1970 – 2000 (<https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html>) del portal WorldClim 2.1, en formato Geo Tiff (.Tif), con una resolución espacial de 30 segundos (1 km²). Se optó por estas variables bioclimáticas, porque tienen significado biológico, dado que se originan a partir de datos mensuales de temperatura y precipitación, además que son utilizadas para modelar la distribución de especies, porque representan los patrones anuales, estacionalidad y factores ambientales extremos o limitantes de la precipitación y temperatura (Fick y Hijmans, 2017). Según Aldás (2017), el oso de anteojos se distribuye en rangos de temperatura anual de 6°C a 24°C y precipitaciones de 1000 a 2000 mm / año, siendo los bosques montanos el ecosistema de mayor preferencia por reunir estas características para su distribución y por la gran disponibilidad de alimentos que alberga (Peyton, 1999 como se citó en Figueroa, 2012).

Tabla 10

Variables bioclimáticas descargadas de WorldClim 2.1

VARIABLES BIOCLIMÁTICAS

BIO1 = Temperatura media anual

BIO2 = Rango medio diario (Media mensual (temperatura máxima - temperatura mínima))

BIO3 = Isotermalidad (BIO2/BIO7) (×100)

BIO4 = Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar ×100)

BIO5 = Temperatura máxima del mes más cálido

BIO6 = Temperatura mínima del mes más frío

BIO7 = Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6)

BIO8 = Temperatura media del trimestre más húmedo
BIO9 = Temperatura media del trimestre más seco
BIO10 = Temperatura media del trimestre más cálido
BIO11 = Temperatura media del trimestre más frío
BIO12 = Precipitación anual
BIO13 = Precipitación del mes más lluvioso
BIO14 = Precipitación del mes más seco
BIO15 = Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación)
BIO16 = Precipitación del trimestre más húmedo
BIO17 = Precipitación del trimestre más seco
BIO18 = Precipitación del trimestre más cálido
BIO19 = Precipitación del trimestre más frío

Nota. La tabla muestra las variables bioclimáticas que fueron descargados para el desarrollo del objetivo 1 del presente trabajo de investigación. Tomado de “*Variables bioclimáticas*”, por Fick y Hijmans, 2017 (<https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html>)

B. Factores ambientales

Se descargaron datos vectoriales en formato shapefile (.shp) sobre ecosistemas y usos de suelo del Geoservidor MINAM (<https://geoservidor.minam.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/>) y el blog GEO GPS PERÚ (<https://www.geogpsperu.com/2017/11/uso-actual-de-tierras-zee-minam.html>) respectivamente.

Se seleccionó la variable ambiental ecosistema, por su papel como unidad funcional resultante de la interacción entre animales, plantas, microorganismos y factores abióticos, que proporcionan servicios ecosistémicos tales como alimentos, agua, regulación climática e hídrica (MINAM, 2018). En este contexto el área de estudio tiene como objetos de conservación a los ecosistemas de la región selva baja, selva alta y el pajonal, los cuales constituyen el hábitat de especies amenazadas como el oso de anteojos (SERNANP, 2022).

Asimismo, se incluyó también a la variable ambiental uso del suelo, ya que este parque enfrenta amenazas relacionadas con la agricultura, la ganadería, el transporte, la ocupación

humana, el turismo, entre otras actividades (SERNANP, 2020). En tal sentido la pérdida y la fragmentación de hábitat representan un peligro para la distribución de la especie en esta ANP (SERFOR, 2016).

C. Factores físicos

Se descargó el Modelo de Elevación Digital (altitud) de la página Web Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) en formato ráster con una resolución espacial de 30 m. Se seleccionó esta variable física, porque el área de estudio presenta una variación altitudinal muy notable que oscila entre los 460 y los 3643 m.s.n.m., lo que determina una gran variedad de climas y formaciones ecológicas (SERNANP, 2018), que hacen posible la presencia del oso en este parque, ya que, esta especie en el territorio peruano, se distribuye entre los 210 y 4750 m.s.n.m., ocupando así diversos ecosistemas, como el bosque seco ecuatorial (<1500 m.s.n.m.), el bosque tropical amazónico (<700 – 800 m.s.n.m.), el bosque seco interandino (<2 000 m.s.n.m.), el bosque montano (1 800 – 3 400 m.s.n.m.), la puna (3 400 – 5 000 m.s.n.m.) y el páramo (>3 500 m.s.n.m.), siendo el bosque montano el hábitat de mayor preferencia para la especie por su gran disponibilidad de alimentos que alberga (Peyton, 1999 como se citó en Figueroa, 2012).

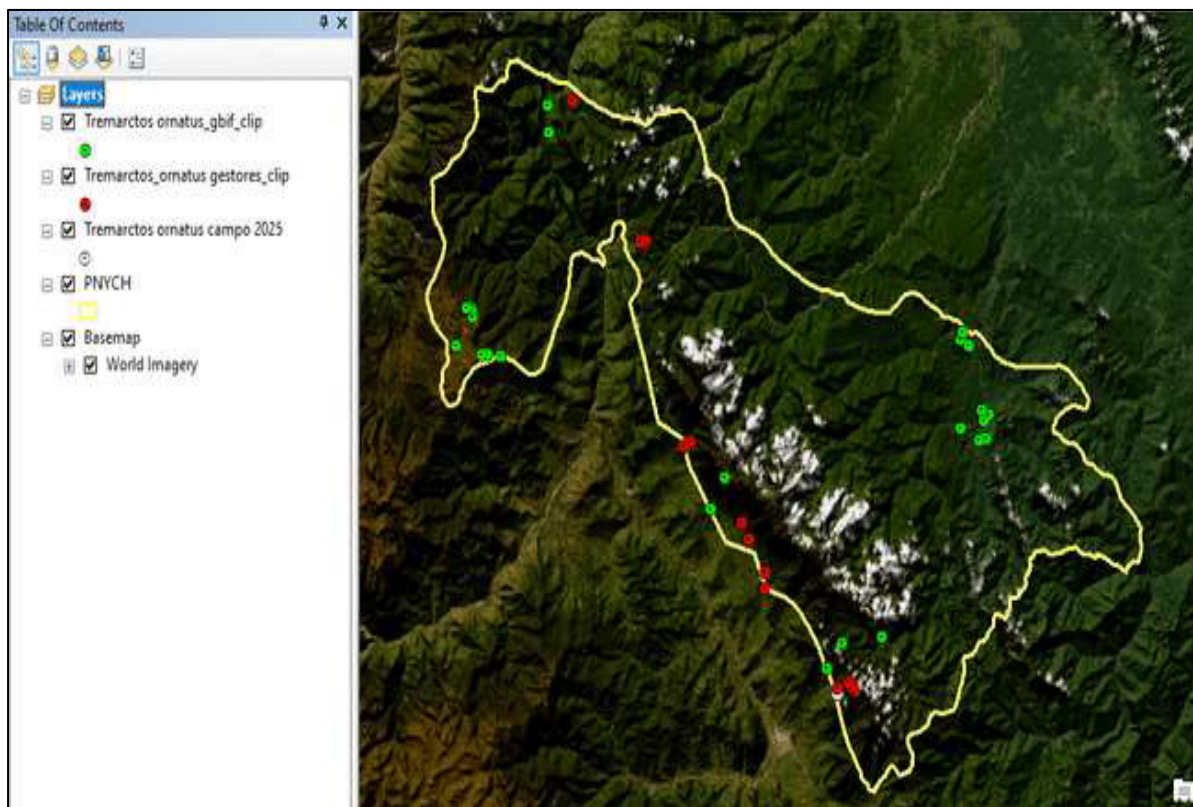
3.6.1.3. Tratamiento de datos ambientales y puntos de ocurrencia. Los datos obtenidos fueron procesados utilizando los siguientes programas:

A. ArcGIS 10.5.

A través de este programa se recortaron todas las capas ambientales respecto al parque y se estandarizaron a una misma resolución espacial (tamaño de pixel = 30 m), proyección geográfica (WGS 84) y formato (ASCII). Asimismo, se utilizó este software para crear un solo archivo vectorial de los registros de ocurrencia del oso.

Figura 12

Registros de ocurrencia del oso de anteojos (Tremarctos ornatus) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén



Nota. Superposición de los 50 puntos de ocurrencia del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén. Los registros fueron obtenidos del portal GBIF, recopilados en campo y proporcionados por los gestores del parque (SERNANP–Oxapampa).

B. Microsoft Excel

Mediante este programa se transformaron los registros de ocurrencia de la especie a formato CSV (coordenadas de latitud y longitud en grados decimales), los cuales siguieron la siguiente nomenclatura:

ESPECIE, LONGITUD, LATITUD

Tremarctos ornatus, -70.916664,-13.5

3.6.1.4. Análisis de colinealidad y limpieza de variables (correlación de Pearson).

A fin de minimizar la colinealidad entre las variables ambientales y el sobreajuste en las predicciones, se realizó un análisis de correlación por pares, utilizando un coeficiente de correlación de Pearson mayor a 0.8 o menor a -0.8, tal como lo hicieron Herrera-De Decker et al. (2021), Quispe (2022) y Reynoso-Pérez et al. (2018). Se empleó la herramienta Extract Multi Values to Point de ArcToolBox en el software ArcGIS 10.5 para extraer los valores de las capas ambientales en los registros de ocurrencia de la especie, para luego ser procesados en Microsoft Excel, donde se generó una matriz de correlación de variables, que mediante un análisis por pares ayudaron a reducir la redundancia de información entre sí.

Figura 13

Extracción de valores de las variables ambientales en los puntos de ocurrencia del oso de anteojos (Tremarctos ornatus)

especies	altitud	Ecosist	Suelos	Bio1	Bio2	Bio3	Bio4	Bio5	Bio6	Bio7	Bio8	Bio9	Bio10	Bio11	Bio12	Bio13	Bio14	Bio15	Bio16	Bio17	Bio18	Bio19
Tremarctos ornatus	-9999	2	4	20.6375	12.0553	02.6161	59.4501	27.4	12.9	14.5	20.6167	20.6167	21.2667	20.6167	1137	159	34	50.7160	464	107	272	107
Tremarctos ornatus	1577	5	4	20.6125	12.0917	02.6196	59.7277	27.4	12.9	14.6	20.5333	19.95	21.2167	19.95	1066	153	30	53.1183	443	92	256	92
Tremarctos ornatus	1577	5	4	20.6125	12.0917	02.6196	59.7277	27.4	12.9	14.6	20.5333	19.95	21.2167	19.95	1066	153	30	53.1183	443	92	256	92
Tremarctos ornatus	1169	5	4	20.7917	11.95	03.5664	47.9504	27.4	13.1	14.3	20.7333	20.15	21.3333	20.15	1239	171	39	49.5303	499	120	299	120
Tremarctos ornatus	2011	8	4	19.3042	12.2417	01.6111	55.6593	26.2	11.2	15	19.2667	18.5667	19.95	18.5667	943	142	22	57.1579	405	72	224	72
Tremarctos ornatus	1934	5	4	19.3042	12.2417	01.6111	55.6593	26.2	11.2	15	19.2667	18.5667	19.95	18.5667	943	142	22	57.1579	405	72	224	72
Tremarctos ornatus	2044	6	4	19.3042	12.2417	01.6111	55.6593	26.2	11.2	15	19.2667	18.5667	19.95	18.5667	943	142	22	57.1579	405	72	224	72
Tremarctos ornatus	379	3	4	24.65	11.0167	00.7454	43.6411	30.6	17.9	12.7	24.65	24	24.6533	24	2219	208	63	42.0729	608	363	742	263
Tremarctos ornatus	619	3	4	24.0167	11.3	05.0061	44.0213	30.2	17	13.2	24.1667	23.3833	24.4837	23.3833	2151	274	90	42.7490	809	249	541	249
Tremarctos ornatus	-9999	3	4	24.5242	11.0917	06.0538	43.9244	30.5	17.7	12.8	24.7	23.85	24.0333	23.85	2218	208	62	42.9016	827	302	566	262
Tremarctos ornatus	3267	7	1	12.1042	12.425	79.6474	61.8818	19	3.4	15.6	12.25	11.2	12.7667	11.2	1010	147	24	54.1249	427	91	310	91
Tremarctos ornatus	3315	7	1	11.8625	12.4417	79.7543	61.6487	18.8	3.2	15.6	12.0167	10.9667	12.5333	10.9667	1002	150	21	57.1255	432	76	312	76
Tremarctos ornatus	3328	1	1	12.1042	12.425	79.6474	61.8818	19	3.4	15.6	12.25	11.2	12.7667	11.2	1010	147	24	54.1249	427	91	310	91
Tremarctos ornatus	3395	1	1	12.1042	12.425	79.6474	61.8818	19	3.4	15.6	12.25	11.2	12.7667	11.2	1010	147	24	54.1249	427	91	310	91
Tremarctos ornatus	3310	1	1	12.1042	12.425	79.6474	61.8818	19	3.4	15.6	12.25	11.2	12.7667	11.2	1010	147	24	54.1249	427	91	310	91
Tremarctos ornatus	3316	1	1	12.1042	12.425	79.6474	61.8818	19	3.4	15.6	12.25	11.2	12.7667	11.2	1010	147	24	54.1249	427	91	310	91
Tremarctos ornatus	3313	7	1	11.8708	12.4917	79.5046	62.974	18.6	3.1	15.7	12.0333	10.95	12.5333	10.95	962	148	16	57.2421	436	74	307	74
Tremarctos ornatus	3315	1	1	12.1042	12.425	79.6474	61.8818	19	3.4	15.6	12.25	11.2	12.7667	11.2	1010	147	24	54.1249	427	91	310	91
Tremarctos ornatus	3303	1	1	12.1042	12.425	79.6474	61.8818	19	3.4	15.6	12.25	11.2	12.7667	11.2	1010	147	24	54.1249	427	91	310	91
Tremarctos ornatus	413	3	4	24.6083	11.0333	06.1979	46.9445	30.6	17.8	12.8	24.8333	23.9	24.95	23.9	2191	206	81	42.9889	820	258	731	258
Tremarctos ornatus	3348	3	4	12.3053	12.3167	79.4534	62.4075	19.2	3.7	15.5	12.4667	11.4	12.9667	11.4	955	145	21	54.8066	419	84	302	84
Tremarctos ornatus	3179	-9999	4	12.9958	12.2583	79.5996	63.1541	19.0	4.4	15.4	13.15	12.0667	13.65	12.0667	944	138	22	54.3737	401	95	290	95
Tremarctos ornatus	3517	7	4	11.24167	79.594	64.2085	17.9	2.3	15.6	11.2333	10.05	11.65	10.05	1104	184	22	55.1703	470	89	336	89	
Tremarctos ornatus	415	3	4	24.4417	11.1	06.0465	44.862	30.5	17.6	12.9	24.65	23.7667	24.7033	23.7667	2191	204	80	42.8427	819	259	557	259
Tremarctos ornatus	415	6	4	24.4667	11.0333	05.9113	46.9203	30.5	17.6	12.9	24.6033	23.7667	24.9167	23.7667	2187	204	82	42.9500	819	259	557	259
Tremarctos ornatus	762	3	4	23.5675	11.4917	05.1235	46.9617	29.9	16.4	13.5	23.7667	22.9167	24.0333	22.9167	2060	200	77	43.0663	777	240	507	240
Tremarctos ornatus	569	3	4	24.075	11.2833	05.4798	45.1009	30.3	17.1	13.2	24.25	23.4167	24.4667	23.4167	2138	274	80	43.2067	804	249	536	249
Tremarctos ornatus	443	6	4	24.3392	11.1563	06.4987	46.5861	30.4	17.5	12.9	24.5333	23.0333	24.6333	23.0333	2175	200	82	42.8766	815	255	549	255
Tremarctos ornatus	2388	5	4	16.0792	12.5063	00.4466	59.1015	23	7.7	15.3	16.1	15.9667	16.7333	15.2667	901	135	20	59.7637	399	69	281	69
Tremarctos ornatus	2298	-9999	2	17.2125	12.375	00.3571	59.6248	24.2	8.8	15.4	17.2333	16.3833	17.8667	16.3833	931	144	20	60.0032	412	69	291	69
Tremarctos ornatus	2302	-9999	2	17.2125	12.375	00.3571	59.6248	24.2	8.8	15.4	17.2333	16.3833	17.8667	16.3833	931	144	20	60.0032	412	69	291	69
Tremarctos ornatus	3315	1	4	12.3053	12.3167	79.4534	64.7605	19.2	3.7	15.5	12.4333	11.3833	13.0167	11.3833	992	154	22	60.0099	442	60	306	60
Tremarctos ornatus	2345	5	2	17.1333	12.5833	00.6624	60.4278	24.5	8.7	15.6	17.2	16.35	17.85	16.35	950	148	19	61.1859	424	67	298	67
Tremarctos ornatus	2372	5	4	17.1252	12.4917	01.1147	59.4466	24.1	8.7	15.4	17.15	16.3	17.5333	16.3	972	151	19	60.7563	431	69	302	69
Tremarctos ornatus	2209	5	2	17.1375	12.4917	00.5914	60.307	24.2	8.7	15.5	17.1667	16.3	17.6	16.3	965	152	20	60.2012	436	71	306	71
Tremarctos ornatus	2337	5	2	16.5683	12.4833	00.0214	62.2617	23.6	8	15.6	16.6	15.6833	17.2333	15.6833	968	149	21	60.4676	427	71	286	71
Tremarctos ornatus	2607	1	4	15.2458	12.1863	79.1394	63.941	22.1	6.8	15.3	15.3167	14.35	15.95	14.35	977	145	27	56.4060	426	68	294	68
Tremarctos ornatus	2052	5	4	17.4376	11.875	79.698	58.9347	24.2	8.9	14.9	17.4667	16.6167	18.0667	16.6167	1220	180	39	51.2121	510	127	273	127
Tremarctos ornatus	2107	5	-9999	17.4125	12.6583	00.118	61.9796	24.6	8.8	15.8	17.4667	16.55	18.0333	16.55	1020	160	21	60.4883	454	74	317	74

Nota. Tabla resultante de la extracción de valores de las variables ambientales en los puntos de ocurrencia de la especie. La extracción se realizó mediante la herramienta Extract Multi Values to Point del módulo Spatial Analyst Tools de ArcToolbox, utilizando el software ArcGIS 10.5. Elaboración propia.

Figura 14

Matriz de correlación de Pearson en Microsoft Excel

	Altitud	Ecosistema	Suelos	Bio1	Bio2	Bio3	Bio4	Bio5	Bio6	Bio7	Bio8	Bio9	Bio10	Bio11	Bio12	Bio13	Bio14	Bio15	Bio16	Bio17	Bio18	Bio19	
Altitud	1																						
Ecosistema	-0.07479199	1																					
Suelos	-0.02022916	-0.0360787	1																				
Bio1	-0.59564611	0.073245746	-0.01171439	1																			
Bio2	0.526839708	-0.120236663	-0.16638255	-0.82724476	1																		
Bio3	-0.59464114	0.113552254	0.063735221	0.920165949	-0.90799209	1																	
Bio4	0.607868681	-0.091535665	-0.07511055	-0.90081542	0.858902578	-0.97529954	1																
Bio5	-0.59004959	0.068391457	-0.02710611	0.998592365	-0.79766137	0.90124392	-0.88442651	1															
Bio6	-0.59916002	0.079911073	0.002775899	0.99892152	-0.85115111	0.934595947	-0.91351172	0.99510457	1														
Bio7	0.572196873	-0.119022052	-0.12632212	-0.89238228	0.980898142	-0.97186843	0.935377849	-0.86722434	-0.9122692	1													
Bio8	-0.59479924	0.074794564	-0.01048272	0.99806398	-0.83582695	0.925314034	-0.90354406	0.997532131	0.999434882	-0.89936196	1												
Bio9	-0.59721414	0.073846788	-0.01020669	0.999556903	-0.82707391	0.92168422	-0.90398906	0.998483504	0.998964654	-0.89305976	0.999706955	1											
Bio10	-0.59406579	0.072708228	-0.01390368	0.998899187	-0.82015933	0.914170085	-0.89531917	0.999240392	0.998139731	-0.88575907	0.999409877	0.999792389	1										
Bio11	-0.59721414	0.073846788	-0.01020669	0.999556903	-0.82707391	0.92168422	-0.90398906	0.998483504	0.998964654	-0.89305976	0.999706955	1	0.999792389	1									
Bio12	-0.48868626	0.157101639	0.061346811	0.804450512	-0.95409399	0.917815923	-0.84992154	0.774833403	0.827543963	-0.95652883	0.815588018	0.803719963	0.796887638	0.803719963	1								
Bio13	-0.47868788	0.159517722	0.039314326	0.808113165	-0.9461216	0.907790891	-0.83153627	0.779912524	0.829812291	-0.9469857	0.819234063	0.806884699	0.799890398	0.806884699	0.997178527	1							
Bio14	-0.50194315	0.156925215	0.086884847	0.820315417	-0.97400074	0.918879995	-0.859465	0.791011058	0.844391389	-0.95937868	0.830548017	0.81976771	0.81239656	0.81976771	0.93915074	0.987502866	1						
Bio15	0.496470646	-0.183341852	-0.1627103	-0.69868516	0.933323849	-0.85578949	0.834578717	-0.66362676	-0.72809932	0.918994149	-0.70301305	-0.65997254	-0.6891495	-0.65997254	-0.92453898	-0.89962298	-0.94247939	1					
Bio16	-0.47992432	0.160004286	0.046504576	0.804541626	-0.94652564	0.908903996	-0.85339207	0.775915765	0.826700862	-0.94787961	0.815716171	0.803469846	0.796228937	0.803469846	0.998770362	0.999242363	0.990374264	-0.90760999	1				
Bio17	-0.48665483	0.15451411	0.088346732	0.785518969	-0.96393648	0.903533522	-0.84004635	0.754033274	0.810267451	-0.95680505	0.79636196	0.784876882	0.776734148	0.784876882	0.995711411	0.989069259	0.996837999	-0.94817694	0.991805175	1			
Bio18	-0.36231446	0.117231933	0.037084375	0.680134243	-0.87838765	0.816813775	-0.71233667	0.647818233	0.704679372	-0.8642109	0.693353516	0.678094981	0.670610641	0.678094981	0.93858215	0.945488058	0.919204714	-0.820932	0.94153432	0.932718544	1		
Bio19	-0.48665483	0.15451411	0.088346732	0.785518969	-0.96393648	0.903533522	-0.84004635	0.754033274	0.810267451	-0.95680505	0.79636196	0.784876882	0.776734148	0.784876882	0.995711411	0.989069259	0.996837999	-0.94817694	0.991805175	1	0.932718544	1	

Nota. Matriz de correlación de Pearson entre las variables ambientales consideradas en el estudio, procesada en Microsoft Excel. Se identificaron altas correlaciones ($r > 0.8$ o $r < -0.8$), principalmente entre variables climáticas, lo que evidencia un alto grado de colinealidad entre ellas. Elaboración propia.

A partir de la matriz de correlación de Pearson, se identificaron cuatro grupos de variables altamente correlacionadas ($|r| \geq 0.8$), que permitieron seleccionar un subconjunto de variables no redundantes, los cuales fueron analizados en diferentes matrices, considerando su relevancia ecológica en la distribución del oso, su menor redundancia y correlación entre sí.

- Grupo 1: Temperatura media y extremos.
- Grupo 2: Variabilidad térmica.
- Grupo 3: Precipitación anual y estacionalidad.
- Grupo 4: Precipitación en trimestre clave

Figura 15

Matriz de relación de las variables del Grupo 1- temperatura media y extremos

GRUPO 1: Temperatura media y extremos							
BIO1 = Temperatura media anual							
BIO5 = Temperatura máxima del mes más cálido							
BIO6 = Temperatura mínima del mes más frío							
BIO8 = Temperatura media del trimestre más húmedo							
BIO9 = Temperatura media del trimestre más seco							
BIO10 = Temperatura media del trimestre más cálido							
BIO11 = Temperatura media del trimestre más frío							
	Bio1	Bio5	Bio6	Bio8	Bio9	Bio10	Bio11
Bio1	1						
Bio5	0.998592365	1					
Bio6	0.99892152	0.99510457	1				
Bio8	0.999806398	0.997532131	0.999434882	1			
Bio9	0.999955603	0.998483504	0.998966454	0.999706955	1		
Bio10	0.999869187	0.999240392	0.998139731	0.999409877	0.999792389	1	
Bio11	0.999955603	0.998483504	0.998966454	0.999706955	1	0.999792389	1

Nota. Matriz de correlación entre las variables Bio1, Bio5, Bio6, Bio8, Bio9, Bio10 y Bio11, correspondientes a temperatura media y extremos. Todas las variables presentan altos valores de correlación (> 0.99) entre sí, por lo que se seleccionó Bio1 (temperatura media anual) como la variable más representativa para el estudio, al resumir el comportamiento térmico general del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el área de estudio. Elaboración propia.

Figura 16

Matriz de relación de las variables del Grupo 2 - Variabilidad térmica

GRUPO 2: Variabilidad térmica				
BIO2 = Rango medio diario (Media mensual (temperatura máxima - temperatura mínima))				
BIO3 = Isotermalidad (BIO2/BIO7) ($\times 100$)				
BIO4 = Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar $\times 100$)				
BIO7 = Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6)				
	Bio2	Bio3	Bio4	Bio7
Bio2	1			
Bio3	-0.90799209	1		
Bio4	0.858902578	-0.97529554	1	
Bio7	0.980898142	-0.97186843	0.935377849	1

Nota. Matriz de correlación entre las variables Bio2, Bio3, Bio4 y Bio7, correspondientes a la variabilidad térmica. Se identificó una alta correlación entre Bio7 y las variables Bio2 y Bio4, por lo que se seleccionó Bio7 (rango anual de temperatura) como la variable más representativa

para la investigación, al resumir la variabilidad térmica anual en el área de estudio. Elaboración propia.

Figura 17

Matriz de relación de las variables del Grupo 3 - Precipitación anual y estacionalidad

GRUPO 3: Precipitación anual y estacionalidad				
BIO12 = Precipitación anual	Bio12	Bio13	Bio14	Bio15
BIO13 = Precipitación del mes más lluvioso		1		
BIO14 = Precipitación del mes más seco		0.997178527	1	
BIO15 = Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación)		0.993915074	0.987502866	1
		-0.92452688	-0.8996298	-0.94247939

Nota. Matriz de correlación entre las variables Bio12, Bio13, Bio14 y Bio15, correspondientes a la precipitación anual y su estacionalidad. Se identificó una alta correlación entre Bio12 y las variables Bio13 y Bio14, mientras que Bio15 presentó una correlación negativa con las demás variables. Por ello, se seleccionó Bio12 (precipitación anual) como la variable más representativa para la investigación, al resumir el régimen de precipitación en el área de estudio. Elaboración propia.

Figura 18

Matriz de relación de las variables del Grupo 4 - Precipitación en trimestre clave

GRUPO 4: Precipitación en trimestres clave				
BIO16 = Precipitación del trimestre más húmedo	Bio16	Bio17	Bio18	Bio19
BIO17 = Precipitación del trimestre más seco		1		
BIO18 = Precipitación del trimestre más cálido		0.991805175	1	
BIO19 = Precipitación del trimestre más frío		0.94153432	0.932718544	1
		0.991805175	1	0.932718544

Nota. Matriz de correlación entre las variables Bio16, Bio17, Bio18 y Bio19, correspondientes a la precipitación en trimestres clave. Se identificó una alta correlación entre estas variables, por lo que se seleccionó Bio16 (precipitación del trimestre más húmedo) como la variable más representativa para la investigación, al reflejar la disponibilidad hídrica en el área de estudio. Elaboración propia.

Posterior al análisis por pares, se seleccionaron las variables climáticas claves para el estudio, siendo estos: Bio1 = Temperatura media anual, Bio7 = Rango anual de temperatura, Bio12 = Precipitación anual y Bio16 = Precipitación del trimestre más húmedo. A esta selección, se sumaron también las variables altitud, usos de suelo y ecosistema por su baja correlación con las variables climáticas y por haber sido evaluadas en estudios previos, como los de Figueroa-Stucchi et al. (2016) y Aldás (2017).

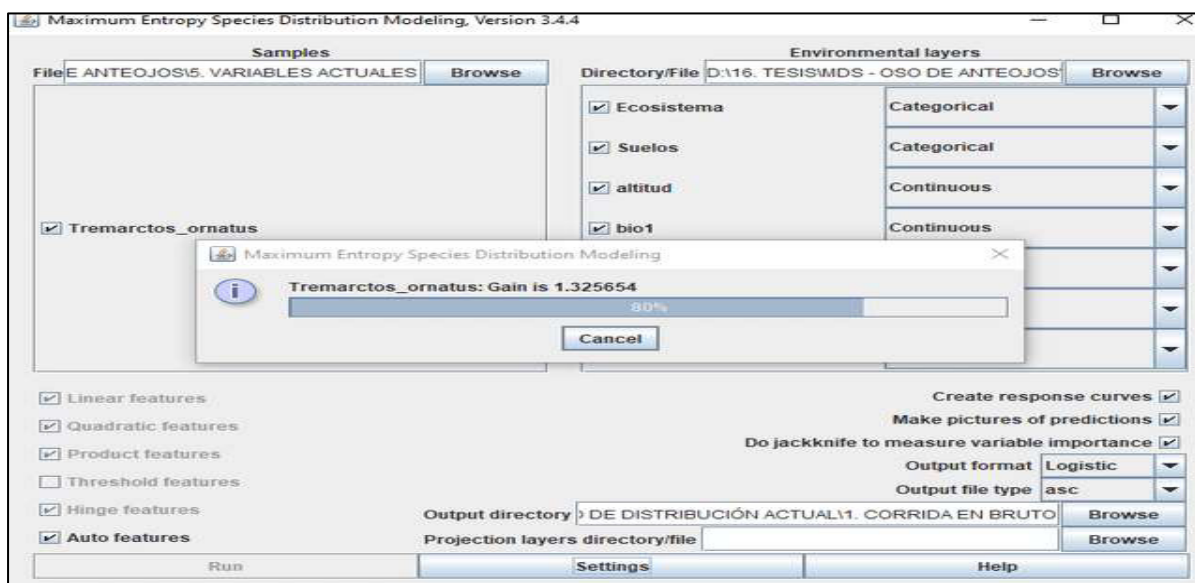
3.6.1.5. Obtención factores ambientales, climáticos y físicos que determinan la distribución de la especie mediante MaxEnt 3.4.4. Para determinar que variables ambientales determinan la distribución del oso en el PNYCH, se modeló su distribución actual utilizando el software MaxEnt 3.4.4, para ello se utilizaron como datos de entrada los 50 puntos de ocurrencia en formato CSV y las variables previamente seleccionadas mediante la correlación de Pearson.

Se realizaron ajustes específicos en los parámetros del modelo con el fin de optimizar su desempeño y adecuarlo a las características de la especie y del parque. En la interfaz de MaxEnt 3.4.4, se cargaron los registros de ocurrencia del oso (sección izquierda) y las variables ambientales (sección derecha), clasificadas en categóricas y continuas. Se configuró el tipo de salida como Logistic, dado que este formato permite interpretar los valores de predicción como probabilidades de presencia cuyos valores van de 0 a 1, facilitando el análisis ecológico y espacial, tal como lo realizó Suárez (2023).

Se evaluó la contribución relativa de las variables mediante la aplicación de la prueba Jackknife, tal como lo realizaron Suárez (2023), Ascencio y Vega (2021), Figueroa-Stucchi et al. (2016) y Aldás (2017). Mediante este análisis se obtuvo una tabla de contribución de variables e importancia en la permutación y un gráfico de la prueba Jackknife, que permitieron identificar las variables más determinantes para la distribución del oso en el PNYCH.

Figura 19

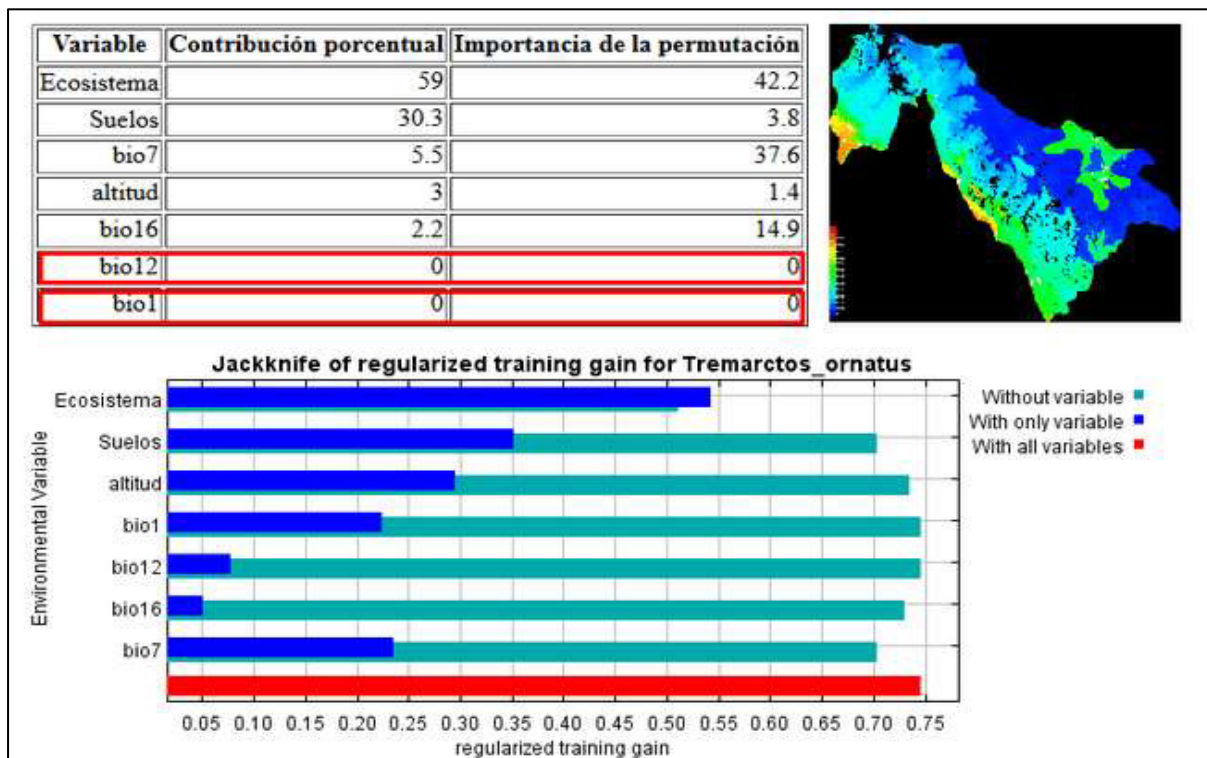
Procesamiento de datos en el software MaxEnt 3.4.4.



Nota. Interfaz del software MaxEnt 3.4.4 utilizada para el procesamiento de los datos de ocurrencia del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) y de las variables ambientales. En la ventana se muestran los puntos de ocurrencia de la especie y las variables ambientales clasificadas como categóricas y continuas. El modelo se configuró con salida en formato logistic y se activó la prueba de jackknife para evaluar la importancia de las variables en la distribución de la especie. Elaboración propia.

Figura 20

Importancia y contribución de las variables ambientales en el modelo



Nota. Resultados de la prueba de jackknife generados por el software MaxEnt 3.4.4 para evaluar la importancia relativa de las variables ambientales en la distribución del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*). Se muestran los valores de contribución porcentual y de importancia de la permutación, así como las ganancias del modelo con y sin cada variable. Elaboración propia.

3.6.2. Procedimiento para el desarrollo del objetivo específico 2

Para evaluar los cambios en la distribución potencial del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el PNYCH bajo los diferentes escenarios de emisión de GEI proyectados para el año 2050, se siguieron los siguientes pasos:

3.6.2.1. Modelado de la distribución actual. Se utilizó el software MaxEnt 3.4.4, tal como lo hicieron Torres (2023), González-Ortiz et al. (2022) y Muñoz (2023), Herrera-De

Decker et al. (2021), Ortiz y Ortiz (2020), Quispe (2023), Suárez (2023), Cuentas (2022), Ascencio y Vega (2021) y SERFOR (2021).

El proceso de modelamiento incluyó dos fases de ajustes y corridas del modelo:

A. Primer ajuste / primera corrida

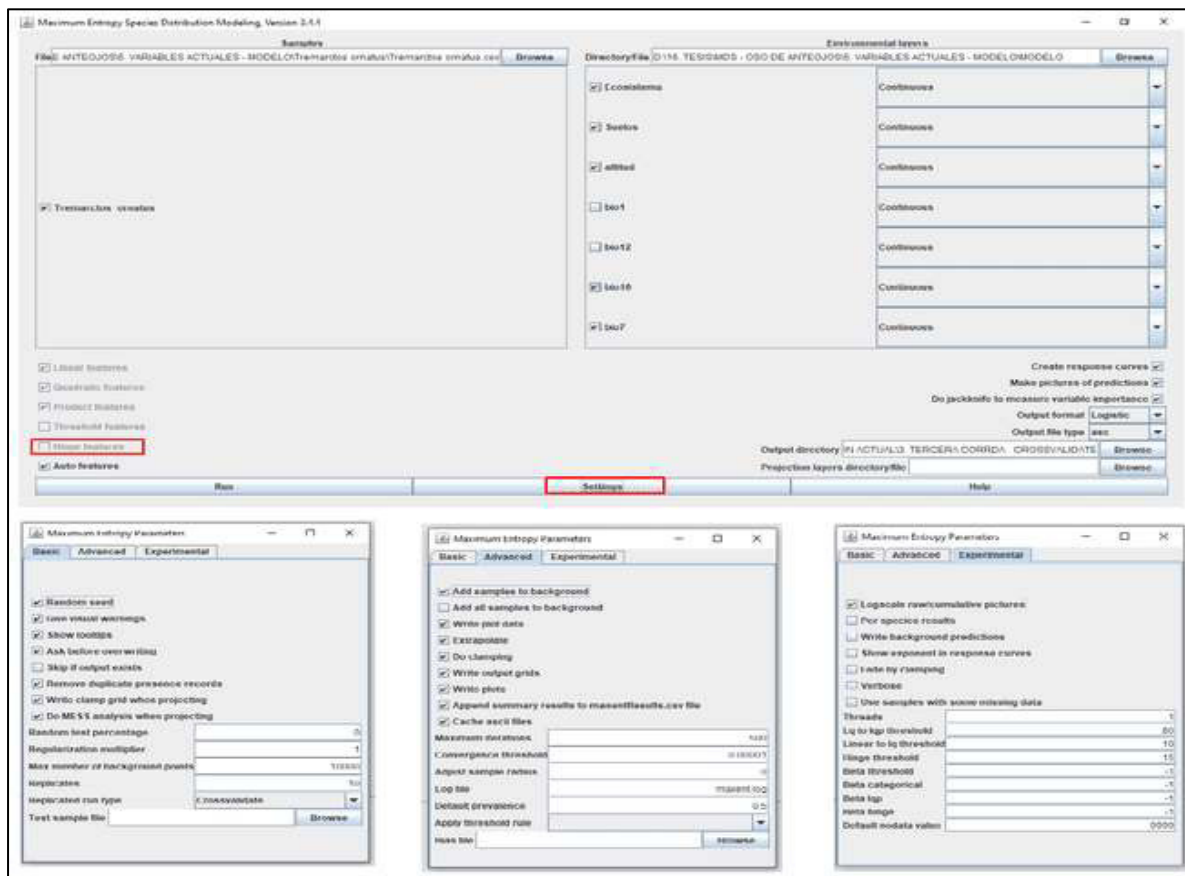
Se realizó conforme a lo descrito en el ítem 3.6.1.5.

B. Segundo ajuste / segunda corrida

Se desactivaron las variables ambientales que registraron un valor de 0% en la permutación (Bio12: precipitación anual y Bio1: temperatura media anual). El modelo se ejecutó mediante validación cruzada (crossvalidate) con 10 réplicas, utilizando únicamente las características lineales y cuadráticas (LQ), mientras que las funciones hinge features (características de la bisagra) y threshold features (características del umbral) fueron desactivadas con el fin de reducir el sobreajuste y mejorar la capacidad de extrapolación del modelo a escenarios futuros. Se aplicó un parámetro de regularización de 1, adecuado para evitar la complejidad excesiva del modelo. Se estableció un límite de 5000 iteraciones máximas para asegurar la convergencia del modelo y la salida fue generada en formato logistic, tal como lo hicieron Phillips-Anderson et al. (2006), Muscarella-Galante et al. (2014), Merow-Smith et al. (2013), Morales-Fernández et al. (2017) y Torres (2023).

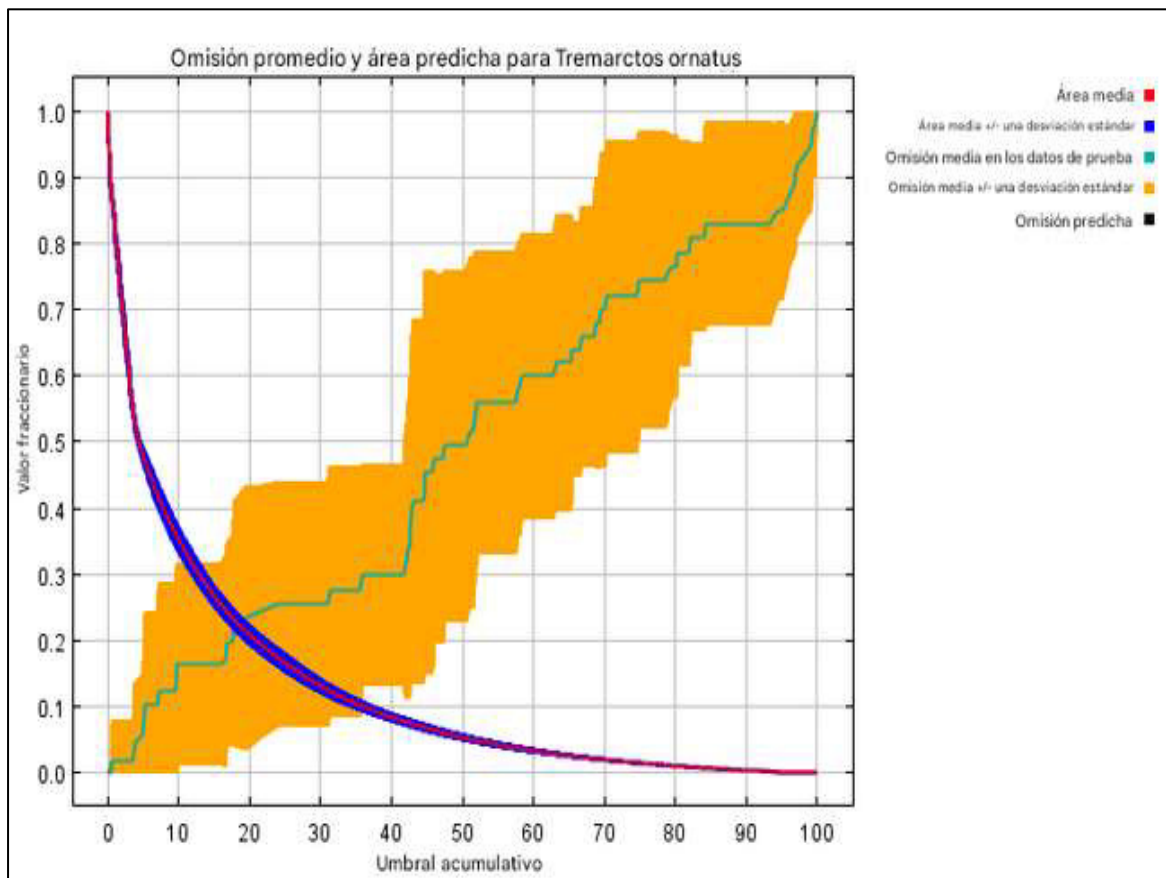
Figura 21

Ajustes y configuraciones del modelo – MaxEnt 3.4.4



Nota. Configuraciones realizadas en la interfaz del software MaxEnt 3.4.4 para la segunda corrida y validación del modelo de distribución del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*). Elaboración propia.

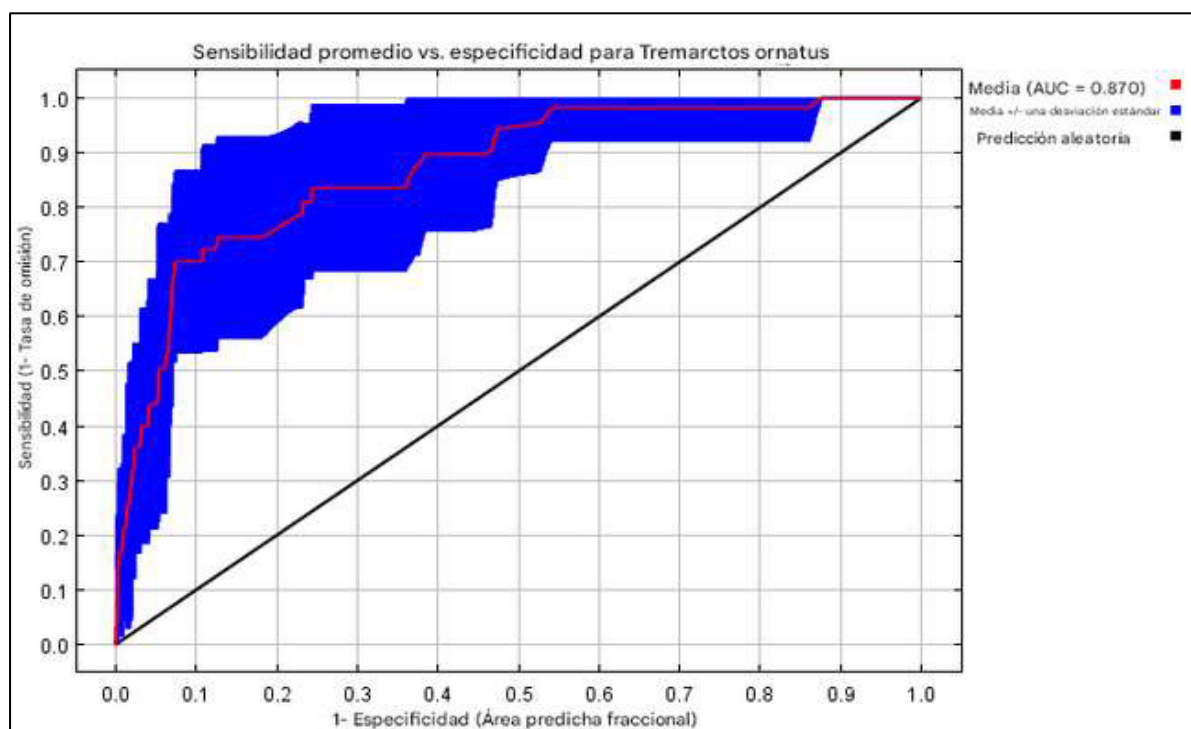
3.6.2.2. Evaluación y validación del modelo de distribución. Se validó el modelo a través de los resultados promedios de las 10 réplicas de la validación cruzada obtenidos mediante MaxEnt 3.4.4, tales como la curva ROC (Receiver Operating Characteristic), el valor de AUC (Área Bajo la Curva) y el análisis de omisión / comisión, tal como lo hicieron Torres (2023), González-Ortiz et al. (2022) y Muñoz (2023), Herrera-De Decker et al. (2021), Ortiz y Ortiz (2020), Quispe (2023), Suárez (2023), Cuentas (2022), Ascencio y Vega (2021) y SERFOR (2021).

Figura 22*Análisis de omisión / comisión promedio*

Nota. Curvas de omisión promedio y área predicha para el modelo de distribución del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), generadas en MaxEnt. La tasa media de omisión en los datos de prueba se mantiene próxima a la tasa de omisión predicha por el modelo, lo que evidencia un buen desempeño y ausencia de sobreajuste. El área sombreada representa una desviación estándar por encima y por debajo de la media de omisión, mientras que la curva magenta muestra el promedio del área predicha como adecuada para la especie. Elaboración propia.

Figura 23

Curva ROC y AUC del modelo MaxEnt para Tremarctos ornatus



Nota. Curva ROC promedio y área bajo la curva (AUC) del modelo de distribución del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), generadas en MaxEnt. El valor de AUC promedio obtenido fue de 0.870, lo que indica una buena capacidad predictiva del modelo. Elaboración propia.

Figura 24

Desempeño del modelo según los valores del AUC en MaxEnt 3.4.4

Species	Test AUC	AUC Standard Deviation
Tremarctos_ornatus_0	0.9583	0.0115
Tremarctos_ornatus_1	0.9487	0.0353
Tremarctos_ornatus_2	0.9084	0.0622
Tremarctos_ornatus_3	0.8001	0.1512
Tremarctos_ornatus_4	0.8819	0.0588
Tremarctos_ornatus_5	0.7803	0.0928
Tremarctos_ornatus_6	0.7736	0.0817
Tremarctos_ornatus_7	0.8783	0.0583
Tremarctos_ornatus_8	0.9558	0.0206
Tremarctos_ornatus_9	0.8159	0.1014
PROMEDIO	0.8701	0.0674

Nota. Resultados de los valores de AUC (área bajo la curva) obtenidos para las 10 réplicas del modelo de distribución del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), generados mediante validación cruzada en MaxEnt 3.4.4. Se presenta el AUC de prueba y su desviación estándar, así como el valor promedio, que evidencia un buen desempeño del modelo. Elaboración propia.

3.6.2.3. Modelado de la distribución futura - 2050. Para proyectar la distribución potencial del oso bajo los escenarios futuros de emisión de GEI para el año 2050, se utilizaron cuatro escenarios climáticos: SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 y SSP5 8.5 correspondientes al periodo 2041 – 2060, tal como lo hicieron Torres (2023), Muñoz (2023) y González-Ortíz et al. (2022). Estos escenarios, establecidos por el IPCC dentro del CMIP6 (Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados, Fase 6), representan trayectorias socioeconómicas y niveles de emisiones de GEI desde un desarrollo sostenible con bajas emisiones (SSP1-2.6), hasta un crecimiento intensivo basado en combustibles fósiles con muy altas emisiones (SSP5-8.5), cada escenario combina supuestos sobre políticas climáticas, crecimiento económico, demografía y uso del suelo, y está diseñado para analizar el impacto potencial del cambio climático sobre el entorno natural y social (O’Neill-Kriegler et al. 2017).

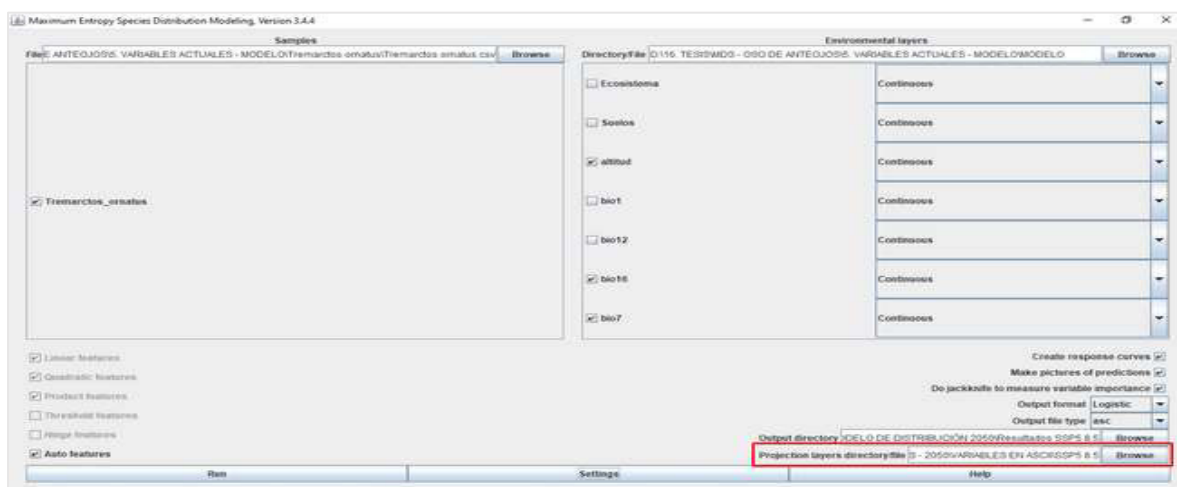
Con el fin de garantizar la coherencia metodológica entre el modelo actual y las proyecciones futuras al año 2050, se emplearon las mismas variables bioclimáticas utilizadas previamente, correspondientes al periodo 2041 – 2060. Estas fueron descargadas en formato GeoTiff, con resolución espacial de 30 segundos (~1 km²), del Modelo Climático Global IPSL-CM6A-LR, disponible en el portal de WorldClim (https://www.worldclim.org/data/cmip6_all/cmip6_clim30s.html), tal como lo hizo Torres (2023). Se seleccionó este modelo climático global por su buen desempeño en la simulación de variables climáticas a escala regional, particularmente en zonas tropicales, andinas y con topografía compleja, tal como lo evidencian estudios previos realizados por Feldman-Dos Santos et al. (2022) y Villamayor-Khodri et al. (2021).

El modelo fue ejecutado en MaxEnt 3.4.4 utilizando las mismas configuraciones que se emplearon en el modelo actual. Se realizaron cuatro corridas del modelo, uno por cada escenario de emisión de GEI, utilizando las variables que mostraron mayor contribución en el modelo actual y que cuentan con proyecciones futuras disponibles (Bio 7 y Bio16). También se incluyó la variable altitud, por ser una variable estática que no varía en el tiempo, pero que cumple una función clave en la distribución de las especies (Franklin y Miller, 2010; Dubuis-Rossier et al. 2013).

Por otro lado, no se incluyeron las variables: ecosistema y uso de suelos, porque son variables categóricas estáticas con alta probabilidad de cambio en el tiempo. Incluir estas variables, implicaba asumir que las condiciones ecológicas y de cobertura del suelo se mantendrían constantes en el tiempo, lo que podría introducir sesgos en el modelo. Esta exclusión se fundamenta en las recomendaciones de Guisan y Thuiller (2005) y Yates-Bouchet et al. (2018), quienes señalan que el uso de variables estáticas no climáticas debe realizarse con cautela en modelos de predicción, especialmente si no se dispone de escenarios futuros confiables para dichas variables.

Figura 25

Ajustes y configuraciones del modelo para la distribución futura – MaxEnt 3.4.4



Nota. La figura muestra las configuraciones realizadas en la interfaz de MaxEnt 3.4.4 para el modelado de la distribución futura del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén.

3.6.2.4. Aplicación del umbral de corte – evaluación de cambios en el hábitat futuro. Para identificar las áreas potenciales de hábitat adecuado o no adecuado (presencia / ausencia) de la especie en el parque, tanto en condiciones actuales y bajo los escenarios futuros de emisión de GEI, se aplicó el umbral del 10% de presencia en el entrenamiento sobre los cinco (05) mapas continuos (de valores entre 0 y 1) obtenidos mediante MaxEnt 3.4.4, generando así mapas binarios (donde el valor 1 representa un hábitat adecuado y el valor 0, un hábitat no adecuado). Se utilizó esta técnica, porque es ampliamente recomendada para minimizar los errores de omisión y evitar la sobreestimación del hábitat según Pearson-Raxworthy et al. (2007) y Liu-Berry et al. (2005).

Se identificó los umbrales de corte de los 05 modelos de distribución mediante el archivo *maxentResults.csv* y se calculó el promedio de los datos de la columna *10 percentile training presence logistic threshold*. Los resultados obtenidos fueron ingresados al software ArcGIS 10.5 y usando la herramienta *Reclassify* de *ArcToolbox* se obtuvo mapas binarios con valores de 0: hábitat no adecuado y 1: hábitat adecuado.

Figura 26

Umbral de corte de los modelos de distribución del oso de anteojos (Tremarctos ornatus)

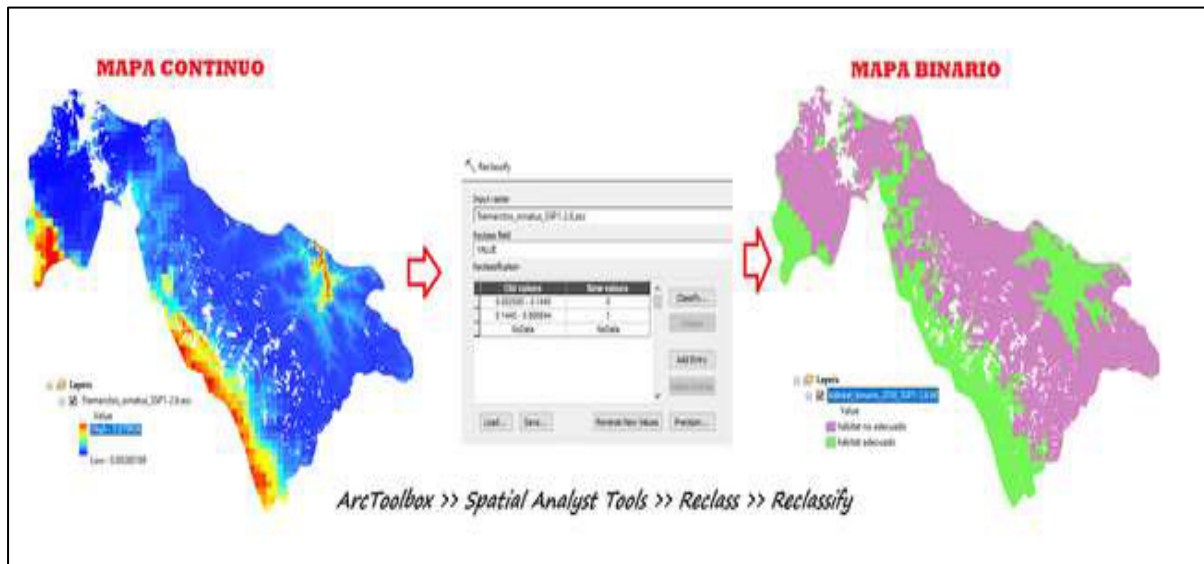
Especie	MODELO DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL	MODELO DISTRIBUCIÓN 2050 ESCENARIO SSP1-2.6	MODELO DE DISTRIBUCIÓN 2050 ESCENARIO SSP2-4.5	MODELO DE DISTRIBUCIÓN 2050 ESCENARIO SSP3-7.0	MODELO DE DISTRIBUCIÓN 2050 ESCENARIO SSP5-8.5
	(10 percentile training presence Logistic threshold)	(10 percentile training presence Logistic threshold)	(10 percentile training presence Logistic threshold)	(10 percentile training presence Logistic threshold)	(10 percentile training presence Logistic threshold)
Tremarctos_ornatus_0	0.1901	0.1809	0.2066	0.1382	0.1374
Tremarctos_ornatus_1	0.2038	0.1268	0.1956	0.1505	0.1606
Tremarctos_ornatus_2	0.1886	0.1371	0.1329	0.1453	0.1336
Tremarctos_ornatus_3	0.1841	0.1128	0.1761	0.1702	0.2108
Tremarctos_ornatus_4	0.1436	0.1511	0.1609	0.1754	0.1758
Tremarctos_ornatus_5	0.129	0.1187	0.145	0.1467	0.152
Tremarctos_ornatus_6	0.1559	0.184	0.1907	0.1479	0.1698
Tremarctos_ornatus_7	0.1316	0.1294	0.1791	0.1629	0.1253
Tremarctos_ornatus_8	0.1696	0.1415	0.1455	0.179	0.162
Tremarctos_ornatus_9	0.1935	0.1625	0.1684	0.189	0.2195
Umbral de corte (promedio)	0.1690	0.1445	0.1701	0.1605	0.1647

Nota. Resumen de los umbrales de corte de los cinco modelos de distribución del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén, correspondientes

al escenario actual y a los escenarios de cambio climático proyectados. Los valores fueron procesados en Microsoft Excel.

Figura 27

Conversión de mapas continuos a mapas binarios en ArcGIS 10.5



Nota. Conversión de los mapas continuos de distribución del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), obtenidos mediante MaxEnt 3.4.4, a mapas binarios con valores de 0 (hábitat no adecuado) y 1 (hábitat adecuado). El proceso se realizó utilizando la herramienta Reclassify de ArcToolbox, del módulo Spatial Analyst Tools, en el software ArcGIS 10.5.

Una vez obtenidos los mapas binarios, se evaluó la variación espacial del hábitat del oso entre el presente y los escenarios de emisión de GEI proyectados para el año 2050. Para ello se utilizó la herramienta Raster Calculator en ArcGIS 10.5, que mediante las siguientes operaciones algebraicas permitieron identificar las áreas de persistencia, pérdida y ganancia de hábitat adecuado tal como lo hicieron Rodríguez-Monroy et al. (2013) y Escobar-Qiao et al. (2018).

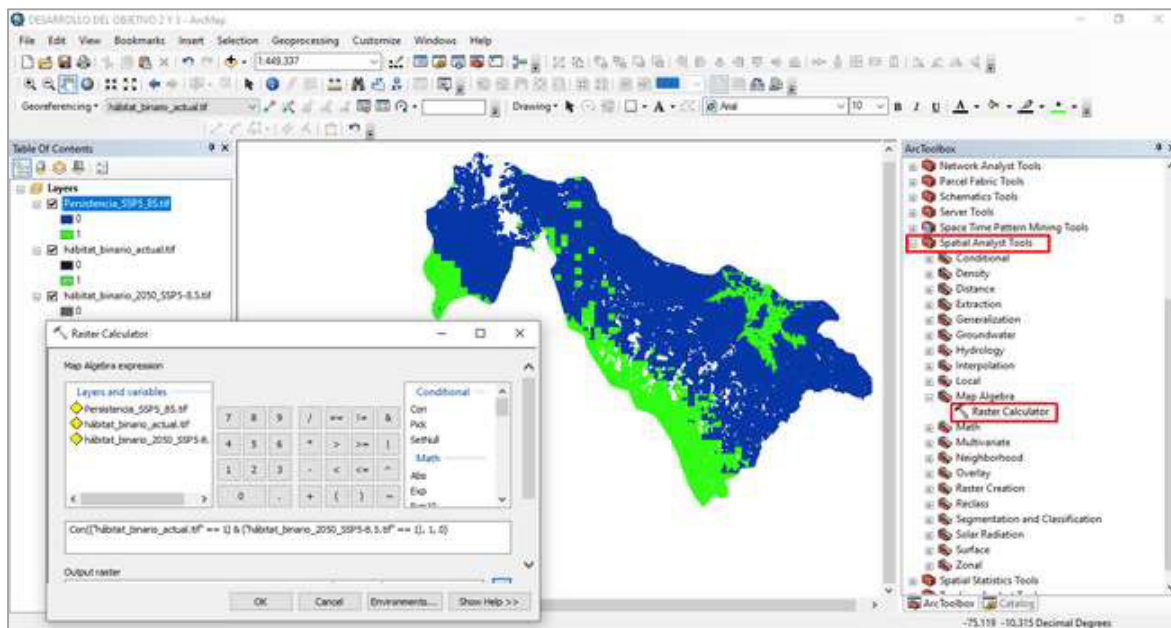
Persistencia: Con $(("hábitat_binario_actual.tif" == 1) \text{ y } ("hábitat_binario_2050_SSP1-2.6.tif" == 1), 1, 0)$

Pérdida: Con $(("hábitat_binario_actual.tif" == 1) \text{ y } ("hábitat_binario_2050_SSP1-2.6.tif" == 0), 1, 0)$

Ganancia: Con $(("hábitat_binario_actual.tif" == 0) \text{ y } ("hábitat_binario_2050_SSP1-2.6.tif" == 1), 1, 0)$

Figura 28

Obtención de hábitats de persistencia, ganancia y pérdida en ArcGIS 10.5

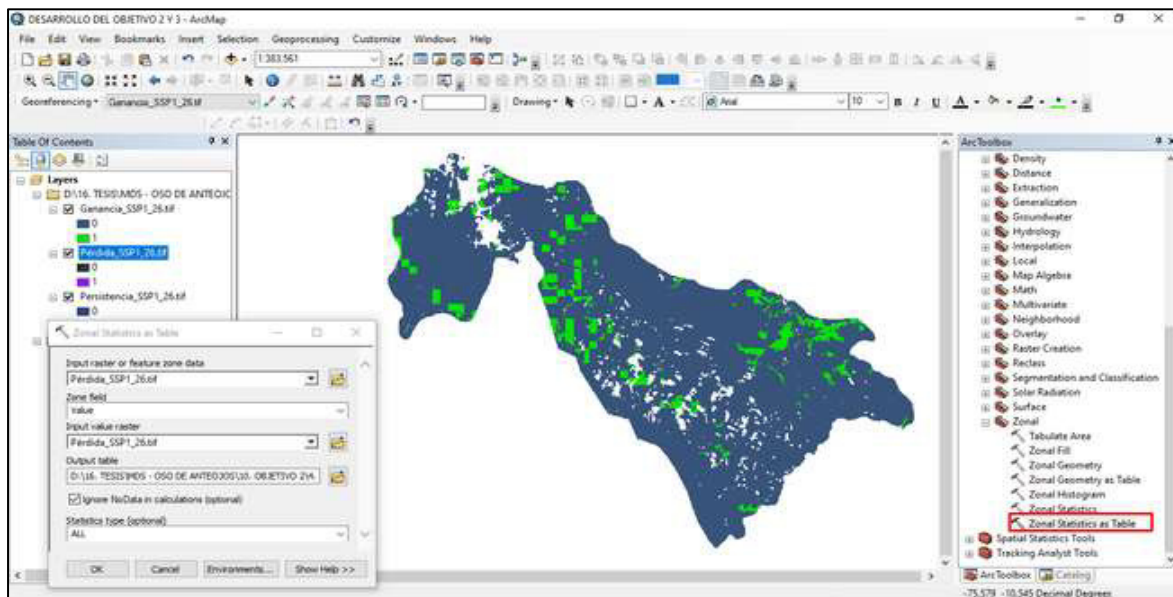


Nota. Proceso de obtención de las áreas de persistencia, ganancia y pérdida del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) bajo los escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5. El procedimiento se realizó en ArcGIS 10.5 mediante la herramienta Raster Calculator de ArcToolbox, del módulo Spatial Analyst Tools, para comparar los mapas binarios de hábitat por escenario. Elaboración propia.

Luego, se calculó las áreas de persistencia, ganancia y pérdida del hábitat del oso utilizando la herramienta Zonal Statistics as Table de ArcToolBox en ArcGIS 10.5. Para ello, los ráster obtenidos fueron proyectados al sistema geográfico WGS_1984_UTM_Zone_18S, con el fin de obtener las áreas en metros cuadrados.

Figura 29

Cálculo de áreas de persistencia, ganancia y pérdida en ArcGIS 10.5



Nota. Interfaz del software ArcGIS 10.5 utilizada para el cálculo de las áreas de persistencia, ganancia y pérdida del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*). El procedimiento se realizó mediante la herramienta Zonal Statistics as Table de ArcToolbox, del módulo Spatial Analyst Tools. Elaboración propia.

3.6.3. Procedimiento para el desarrollo del objetivo específico 3

Para determinar que zonas de la zonificación del PNYCH seguirán conservando condiciones climáticas favorables para la persistencia del hábitat del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) bajo los escenarios de emisión de GEI proyectados para el año 2050, se siguieron los siguientes pasos:

3.6.3.1. Reclasificación de la zonificación del Parque Nacional Yanachaga Chemillén. Se reclasificó el mapa de zonificación del área de estudio en cinco clases:

- 1: Zona de Uso Especial (UE)
- 2: Zona Silvestre (S)
- 3: Zona de Recuperación (REC)
- 4: Zona de Uso Turístico y Recreativo (T)

5: Zona de Protección Estricta (PE)

Se utilizó la herramienta Reclassify de ArcToolbox en el software ArcGIS 10.5, cabe mencionar que el archivo se transformó a raster antes de ser procesado.

3.6.3.2. Superposición de mapas de zonificación y mapas de persistencia. Se utilizó la herramienta Combine de ArcToolbox en ArcGIS 10.5, para obtener un solo mapa mediante la combinación de los raster cambios de hábitat (pérdida, ganancia y persistencia) y zonificación del área de estudio.

De los raster combinados se extrajo las celdas que contienen información de persistencia de hábitats (zonas que mantendrán condiciones favorables para la distribución de la especie tanto en el presente como en el futuro). Para lograrlo, se utilizó la herramienta Extract by Attributes en ArcGIS 10.5 especificando la condición de: “*cambio_ha*” =3. Se obtuvo como resultado un nuevo raster que muestra los hábitats persistentes en las zonas de la zonificación del parque.

3.7. Análisis de datos

3.7.1. Análisis de datos para el objetivo específico 1

Se utilizó la prueba de Jackknife en MaxEnt 3.4.4 para obtener los factores ambientales, climáticos y físicos que determinan la distribución del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el PNYCH tal como lo realizaron Suárez (2023), Ascencio y Vega (2021), Figueroa-Stucchi et al. (2016) y Aldás (2017). Mediante esta prueba se obtuvo una tabla de datos con porcentajes de contribución de variables y un gráfico de la prueba Jackknife, que permitieron visualizar y cuantificar la relevancia de cada variable en la distribución del oso, luego estos datos fueron procesados en Microsoft Excel para generar cálculos y gráficos comparativos.

También, se estableció cuatro umbrales para interpretar los resultados obtenidos, tomando como referencia lo señalado por Bradie y Leung (2017) en estudios anteriores, considerando la contribución de las variables como: alta influencia (> 20%), influencia media

(10% a 19.9%), baja influencia (< 10%) y nula influencia (0%). Las comparaciones de estos valores se realizaron en Microsoft Excel.

3.7.2. Análisis de datos para el objetivo específico 2

Se calculó las áreas de persistencia, ganancia y pérdida del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el PNYCH para los escenarios futuros de emisión de GEI (SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 y SSP5 8.5) proyectados para el año 2050, utilizando la herramienta Zonal Statistics as Table de ArcToolBox en ArcGIS 10.5. Luego estos datos fueron procesados en Microsoft Excel para cuantificar las áreas en km² y realizar gráficos comparativos.

Asimismo, se estableció un umbral de significancia del 10% de pérdida y/o ganancia del hábitat actual para analizar los cambios en la distribución del oso. Se escogió este umbral, en referencia a lo señalado por Guisan y Thuiller (2005) y Hanski (2011), quienes indican que pequeños cambios en el hábitat de una especie puede tener implicancias significativas en su distribución y que cambios mayores al 10% en el hábitat tienen un efecto significativo. Los resultados fueron comparados y evaluados en Microsoft Excel.

3.7.3. Análisis de datos para el objetivo específico 3

Utilizando la herramienta Zonal Statistics as Table de ArcToolBox en ArcGIS 10.5, se calculó las áreas persistentes del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en las cinco zonas de la zonificación del PNYCH bajo los diferentes escenarios de emisión de GEI (SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 y SSP5 8.5) proyectados para el año 2050. Los datos obtenidos se procesaron en Microsoft Excel para cuantificar las áreas en km² y realizar gráficos comparativos.

Se estableció también un umbral del 50% para evaluar si las zonas de mayor protección (PE y S) de la zonificación del parque seguirán conservando el hábitat funcional de la especie en el futuro. Este umbral se fundamenta en lo señalado por Hilty-Worboys et al. (2020), quienes sostienen que el desempeño de las áreas naturales protegidas no solo depende de las leyes o la

administración, sino también de la capacidad que tienen para mantener la conectividad ecológica y asegurar su funcionalidad frente al cambio climático, aunque no definen un umbral, su enfoque sugiere que los hábitats menores al 50% comprometen la conservación de una especie. Los resultados fueron comparados y evaluados en Microsoft Excel.

IV. RESULTADOS

4.1. Resultados del objetivo general

Los hallazgos encontrados evidencian que el cambio climático tendrá un efecto significativo (medio – alto) en la distribución potencial del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el PNYCH para el año 2050, aceptando la hipótesis alterna (H_1), dado que se cumple con una de las condiciones planteadas en su formulación (pérdida o ganancia de hábitats en el futuro > al 10 % del hábitat actual).

Tabla 11

*Análisis del efecto del cambio climático sobre la distribución potencial del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el PNYCH - 2050*

Escenario	Pérdida de hábitat (km ²)	Ganancia de hábitat (km ²)	Pérdida o ganancia de hábitat ≤ 10 % (29.16 km ²) ¿Se cumple con la H ₀ ?	Pérdida o ganancia de hábitat > 10 % (29.16 km ²) ¿Se Cumple H ₁ ?	Zona de Protección Estricta (PE) + Zona Silvestre (S)	Persistencia de hábitat ≥ 50 % (145.79 km ²) ¿Se cumple H ₀ ?	Persistencia de hábitat < 50 % (145.79 km ²) ¿Se Cumple H ₁ ?	Si una condición se incumpla, se rechaza H ₀	Si Cumple una condición se acepta la H ₁	¿Cuál es el efecto del Cambio climático?
SSP1 2.6 Emisiones de GEI bajas	26.69 km ²	81.60 km ²	No (por ganancia).	Si (por ganancia).	210.24 km ²	Si (hábitat persistente ≥ a 145.79 km ²)	No (hábitat persistente ≥ a 145.79 km ²)	Se rechaza H ₀ (no se cumplen ambas condiciones)	Se acepta H ₁ (se cumple una condición)	
SSP2 4.5 Emisiones de GEI intermedias	58.13 km ²	53.10 km ²	No (por ganancia y pérdida)	Si (por ganancia y pérdida)	179.77 km ²	Si (hábitat persistente ≥ a 145.79 km ²)	No (hábitat persistente ≥ a 145.79 km ²)	Se rechaza H ₀ (no se cumplen ambas condiciones)	Se acepta H ₁ (se cumple una condición)	Efecto significativo (medio o alto)
SSP3 7.0 Emisiones de GEI altas	62.31 km ²	62.00 km ²	No (por ganancia y pérdida)	Si (por ganancia y pérdida)	178.15 km ²	Si (hábitat persistente ≥ a 145.79 km ²)	No (hábitat persistente ≥ a 145.79 km ²)	Se rechaza H ₀ (no se cumplen ambas condiciones)	Se acepta H ₁ (se cumple una condición)	
SSP5 8.5 Emisiones de GEI muy altas	35.69 km ²	45.78 km ²	No (por ganancia y pérdida)	Si (por ganancia y pérdida)	203.80 km ²	Si (hábitat persistente ≥ a 145.79 km ²)	No (hábitat persistente ≥ a 145.79 km ²)	Se rechaza H ₀ (no se cumplen ambas condiciones)	Se acepta H ₁ (se cumple una condición)	

Nota. La tabla muestra el análisis del efecto del cambio climático sobre la distribución potencial del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén bajo los diferentes escenarios de emisión de gases de efecto invernadero proyectados para el año 2050. Las pérdidas o ganancias de hábitats mayores al 10 % del hábitat

actual (29.16 km²) indican que se espera una alteración significativa en la distribución de la especie, aunque las zonas de mayor protección de la zonificación del parque (PE + S) conservarán conjuntamente más del 50 % del hábitat persistente de la especie.

4.2. Resultados del objetivo específico 1

Los resultados obtenidos que se muestran a continuación permitieron identificar los factores ambientales, climáticos y físicos que determinan la distribución del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el PNYCH. Se aceptó la hipótesis alterna (H₁), al comprobar que los factores ambientales ecosistema y suelos tienen una alta influencia en la distribución de la especie ($\geq 20\%$).

Tabla 12

Contribución porcentual de variables ambientales, físicas y climáticas en la distribución del oso de anteojos (Tremarctos ornatus)

Tipo de factor	Variable	Contribución porcentual	Importancia de la permutación	Clasificación de influencia según hipótesis
Factores ambientales	Ecosistema	59.00%	42.20%	Alta ($\geq 20\%$)
Factores ambientales	Suelos	30.30%	3.80%	Alta ($\geq 20\%$)
Factores climáticos	Bio7: Rango anual de temperatura (bio5 – bio6)	5.50%	37.60%	Baja (<10%)
Factores físicos	Altitud	3.00%	1.40%	Baja (<10%)
Factores climáticos	Bio16: Precipitación del trimestre más húmedo	2.20%	14.90%	Baja (<10%)
Factores climáticos	Bio12: Precipitación anual	0.00%	0.00%	Nula (0%)
Factores climáticos	Bio1: Temperatura media anual	0.00%	0.00%	Nula (0%)

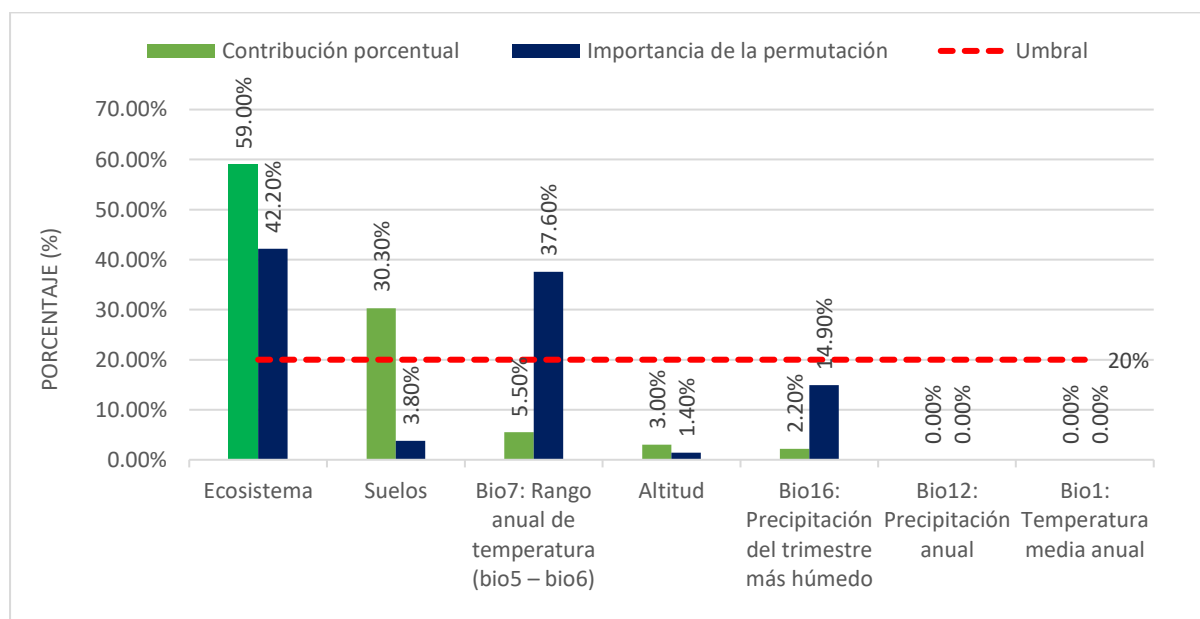
Nota. La tabla muestra que los factores ambientales *ecosistema* y *suelos* fueron las variables más determinantes para la distribución del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén. La contribución porcentual, la importancia de la permutación y la clasificación de influencia según la hipótesis indican que ecosistema y suelos presentan

alta influencia ($\geq 20\%$), mientras que las variables Bio7, altitud y Bio16 muestran baja influencia ($< 10\%$) y Bio12 y Bio1 no presentan influencia (0%).

Donde la variable ecosistema presentó la mayor contribución porcentual en el modelo (59.00%) e importancia en la permutación (42.20%), seguida de la variable suelos, que presentó una contribución porcentual del 30.30% . Ambas variables clasificadas como de alta influencia ($\geq 20\%$) según la validación de la hipótesis. Asimismo, las variables climáticas y físicas mostraron una influencia baja ($<10\%$), donde la variable Bio7: rango anual de temperatura presentó una contribución porcentual de 5.50% , seguida de la variable altitud y Bio16: precipitación del trimestre más húmedo, con una contribución porcentual de 3.30% y 2.20% respectivamente. Por otro lado, las variables Bio12: precipitación anual y Bio1: temperatura media anual no presentaron ninguna contribución e importancia en la distribución de la especie (0.00%), clasificadas como de influencia nula.

Figura 30

*Influencia de las variables ambientales en la distribución del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*)*



Nota. Influencia de las variables ambientales en la distribución del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), expresada mediante los valores de contribución porcentual e importancia de la permutación obtenidos en el modelo MaxEnt. Se muestra el umbral del 20% utilizado como criterio para clasificar la relevancia de los factores ambientales.

4.3. Resultados del objetivo específico 2

Los resultados obtenidos que se muestran a continuación permitieron evaluar los cambios en la distribución potencial del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el PNYCH bajo los diferentes escenarios de emisión de GEI (SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 y SSP5 8.5) proyectados para el año 2050. Se aceptó la hipótesis alterna al comprobar que las áreas proyectadas de ganancia y pérdida superaron el umbral de significancia del 10% (29.16 km²) del hábitat actual, a excepción del escenario SSP1 2.6 que presentó una pérdida de hábitat menor, pero significativa.

Tabla 13

Cambios en la distribución potencial del hábitat del oso de anteojos (Tremarctos ornatus) - 2050

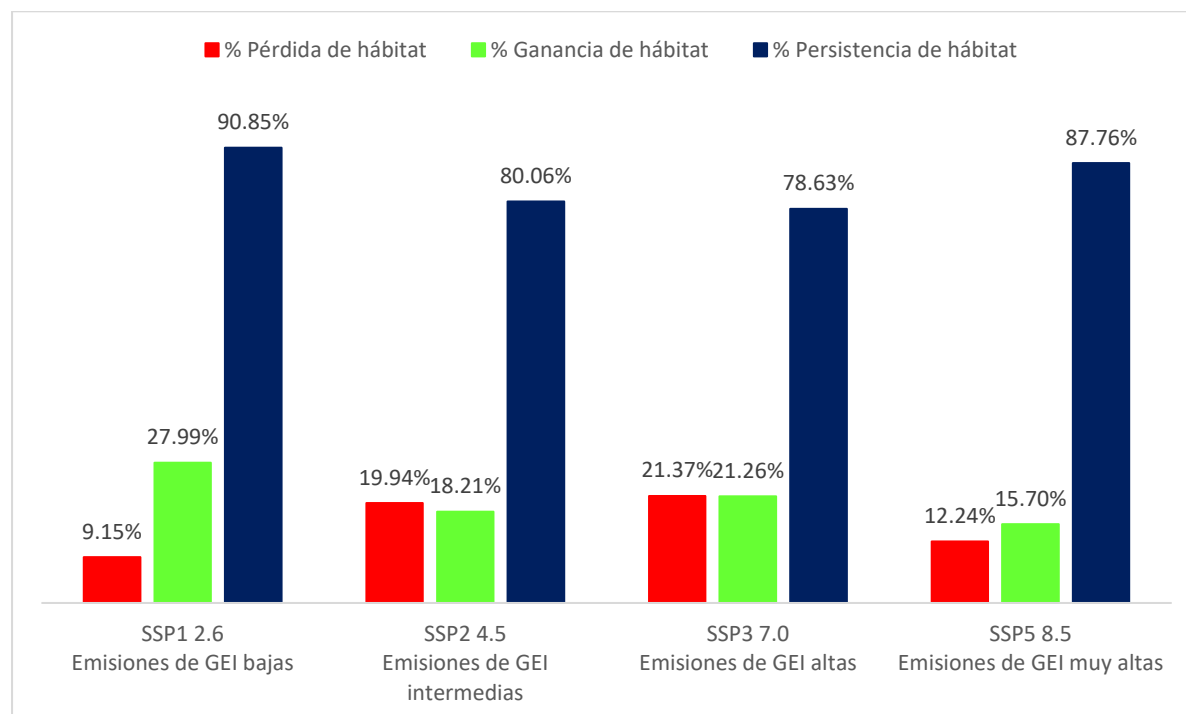
Escenario	Área total hábitat potencial (km ²)	Pérdida de hábitat (km ²)	% Pérdida de hábitat	Ganancia de hábitat (km ²)	% Ganancia de hábitat	Persistencia de hábitat (km ²)	% Persistencia de hábitat
Actual	291.58	-	-	-	-	-	-
SSP1 Emisiones GEI bajas	2.6 de 346.50	26.69	9.15%	81.60	27.99%	264.89	90.85%
SSP2 Emisiones GEI intermedias	4.5 de 286.55	58.13	19.94%	53.10	18.21%	233.45	80.06%
SSP3 Emisiones GEI altas	7.0 de 291.28	62.31	21.37%	62.00	21.26%	229.27	78.63%

SSP5	8.5						
Emisiones de GEI muy altas	301.67	35.69	12.24%	45.78	15.70%	255.89	87.76%

Nota. La tabla muestra los resultados del análisis de cambios en la distribución del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén bajo los escenarios de emisión SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 y SSP5 8.5 proyectados para el año 2050. A partir del hábitat actual, que tiene un área de 291.58 km², se evaluaron las áreas y los porcentajes de pérdida, ganancia y persistencia del hábitat en cada escenario futuro. Los valores reflejan la variación en la superficie de hábitat según los distintos niveles de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), indicando cómo los escenarios climáticos impactan la disponibilidad de hábitat para la especie.

Figura 31

Cambios en el hábitat del oso de anteojos (Tremarctos ornatus) bajo escenarios de emisión de GEI - 2050



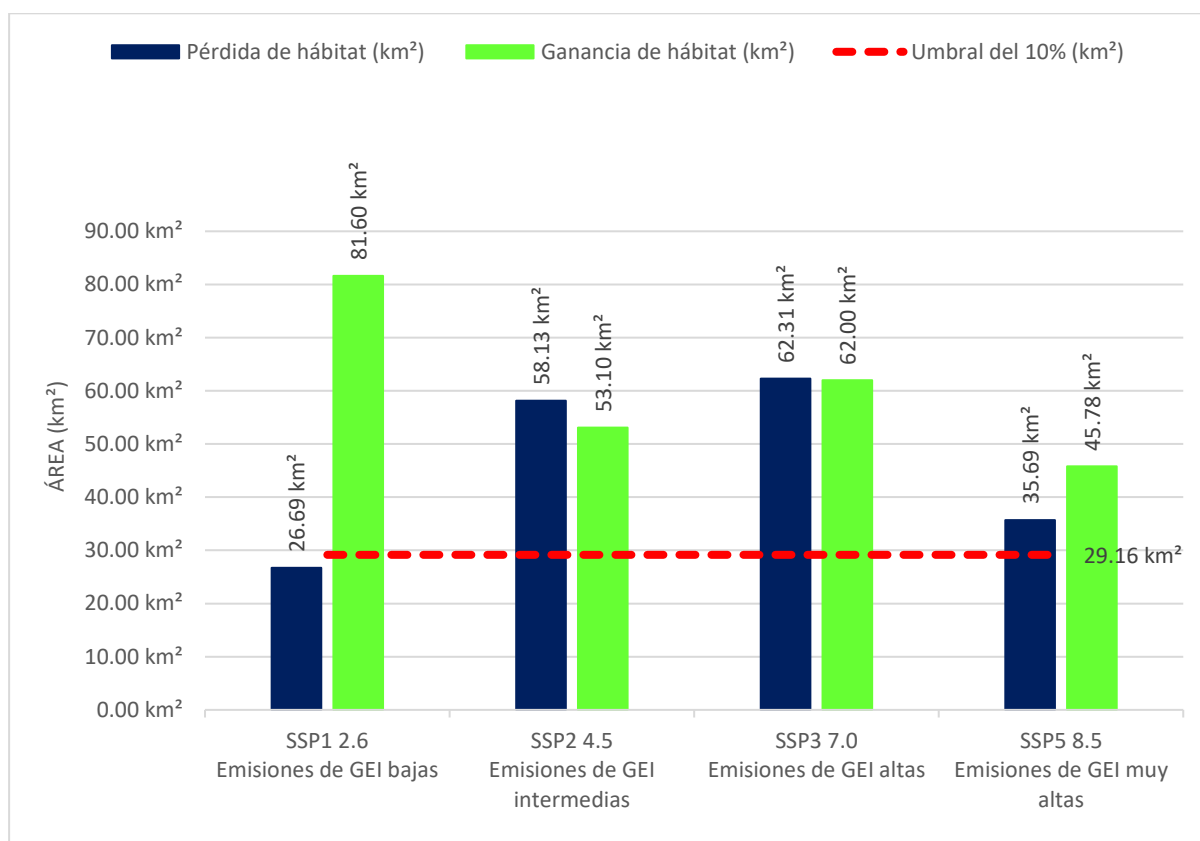
Nota. Porcentajes de ganancia, pérdida y persistencia del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el área de estudio bajo los escenarios de emisiones de gases de efecto

invernadero proyectados para el año 2050. Los valores fueron obtenidos a partir de la comparación de mapas binarios de hábitat por escenario.

Para el escenario SSP1 2.6, se tuvo una ganancia del 27.99%, una pérdida de 9.15% y una persistencia de hábitat del 90.85%. Para el escenario SSP2 4.5, se tuvo una ganancia de 18.21%, una pérdida de 19.94% y una persistencia de hábitat del 80.06%. Para el escenario SSP3 7.0, se tuvo una ganancia de 21.26%, una pérdida de 21.37% y una persistencia de hábitat del 78.63%. Y, por último, para el escenario SSP5 8.5, se tuvo una ganancia de 15.70%, una pérdida de 12.24% y una persistencia de hábitat del 87.76%.

Figura 32

*Análisis del cambio en la distribución del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*)*



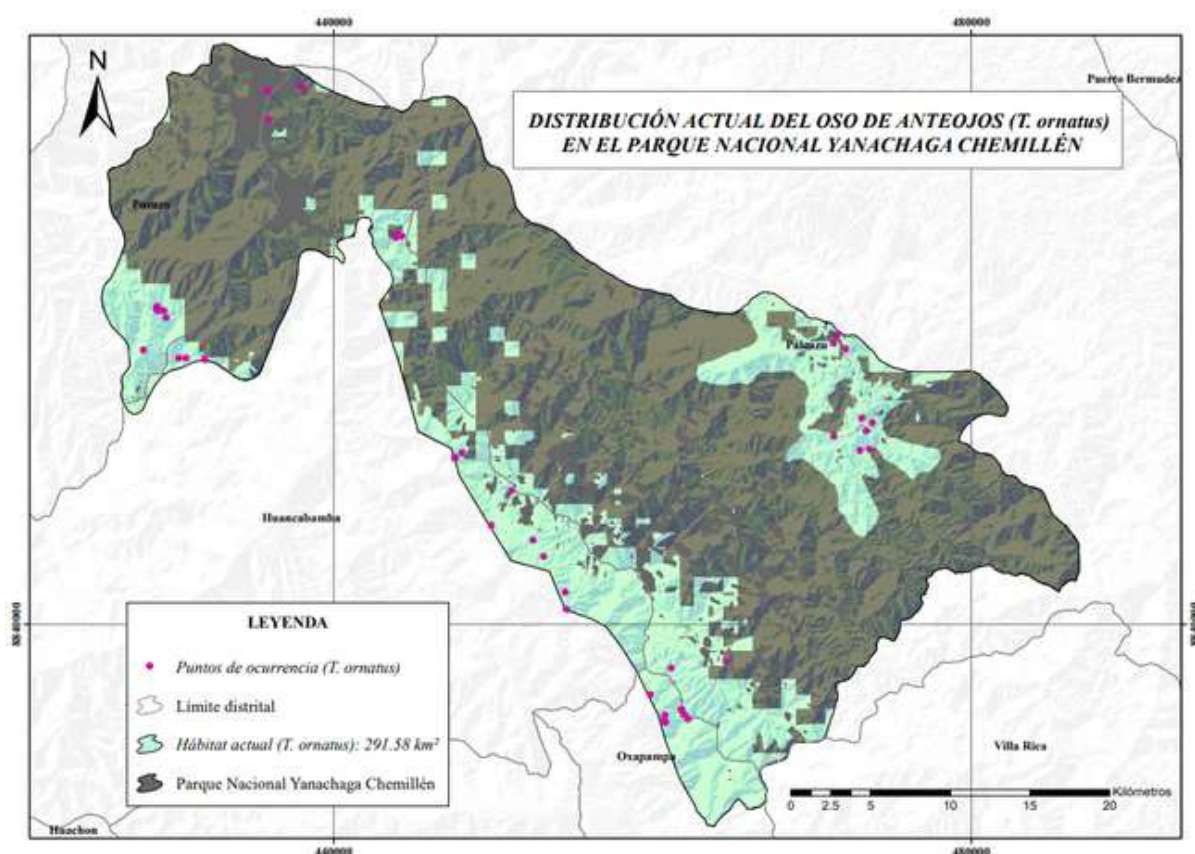
Nota. Áreas de pérdida y ganancia de hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), expresadas en kilómetros cuadrados, bajo los escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero proyectados para el año 2050 (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5). Se

muestra el umbral del 10% utilizado como criterio de referencia para evaluar la magnitud de los cambios en el hábitat por escenario.

La figura muestra que se tendrán pérdidas y ganancias de hábitats mayores al 10% (29.16 km²) del hábitat actual del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) bajo los escenarios de emisión de gases de efecto invernadero: SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 y SSP5 8.5 proyectados para el año 2050. El umbral de significancia del 10% indica que todos los escenarios proyectaron cambios significativos, ya sea por pérdida o ganancia, a excepción del escenario SSP1 2.6 que presentó una pérdida de hábitat menor al umbral de significancia, pero significativo.

Figura 33

Distribución actual del oso de anteojos (Tremarctos ornatus)



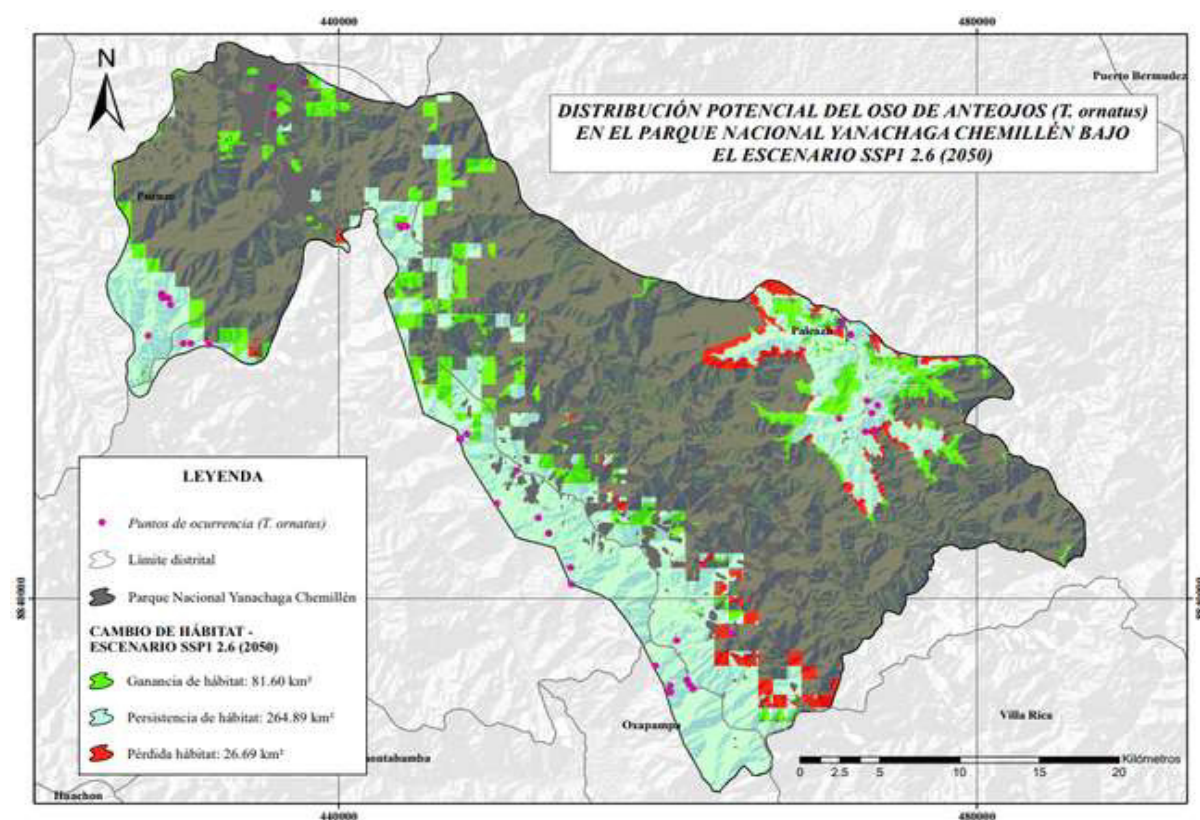
Nota. Distribución actual del hábitat potencial del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén, obtenida a partir del modelo de distribución de

especies generado en MaxEnt. Se muestran los puntos de ocurrencia, el límite del área protegida y las áreas clasificadas como hábitat adecuado. Elaboración propia.

Los puntos de color fucsia representan los registros de ocurrencia de la especie que fueron recolectados de diversas fuentes (GBIF, SERNANP – Oxapampa y visita en campo). Las áreas resaltadas de color verde agua indican el hábitat actual de la especie que se sitúa sobre los distritos de Palcazú, Oxapampa, Huancabamba y Pozuzo, observándose que este se encuentra fragmentado por la geografía del área de estudio.

Figura 34

Distribución potencial del hábitat del oso de anteojos (Tremarctos ornatus) bajo el escenario SSP1 2.6



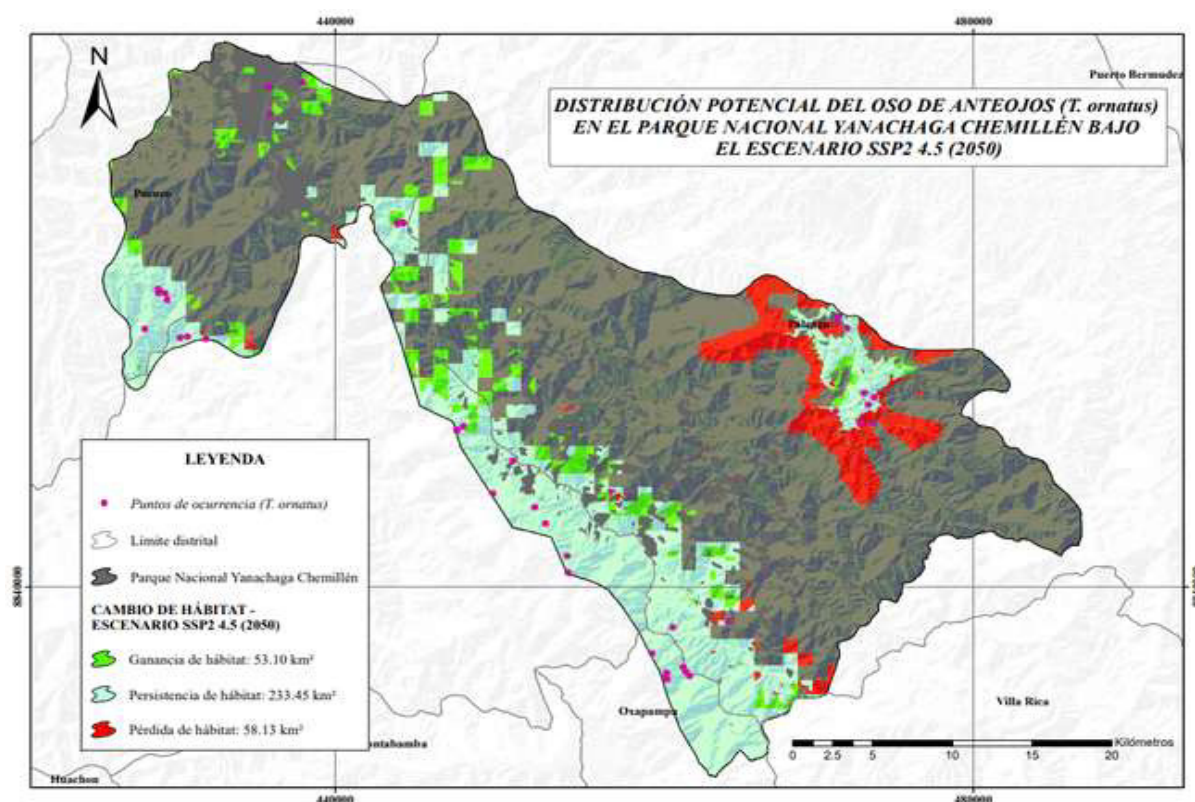
Nota. Mapa de distribución potencial del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén bajo el escenario de emisiones de gases de efecto invernadero SSP1-2.6, proyectado para el año 2050. El mapa fue obtenido a partir del modelo

de distribución de especies generado en MaxEnt y muestra las áreas clasificadas como hábitat adecuado, persistente, de ganancia y de pérdida.

Los puntos de color fucsia representan los registros de ocurrencia de la especie. Las áreas resaltadas de color verde agua (264.89 km²), verde fosforescente (81.60 km²) y rojo (26.69 km²) representan la persistencia, ganancia y pérdida de hábitat respectivamente. Estos hallazgos permiten evidenciar los cambios potenciales que tendrá el hábitat actual de la especie para el año 2050 bajo el escenario SSP1 2.6, caracterizado por presentar emisiones bajas de GEI y políticas climáticas basados en un desarrollo sostenible.

Figura 35

Distribución potencial del hábitat del oso de anteojos (Tremarctos ornatus) bajo el escenario SSP2 4.5



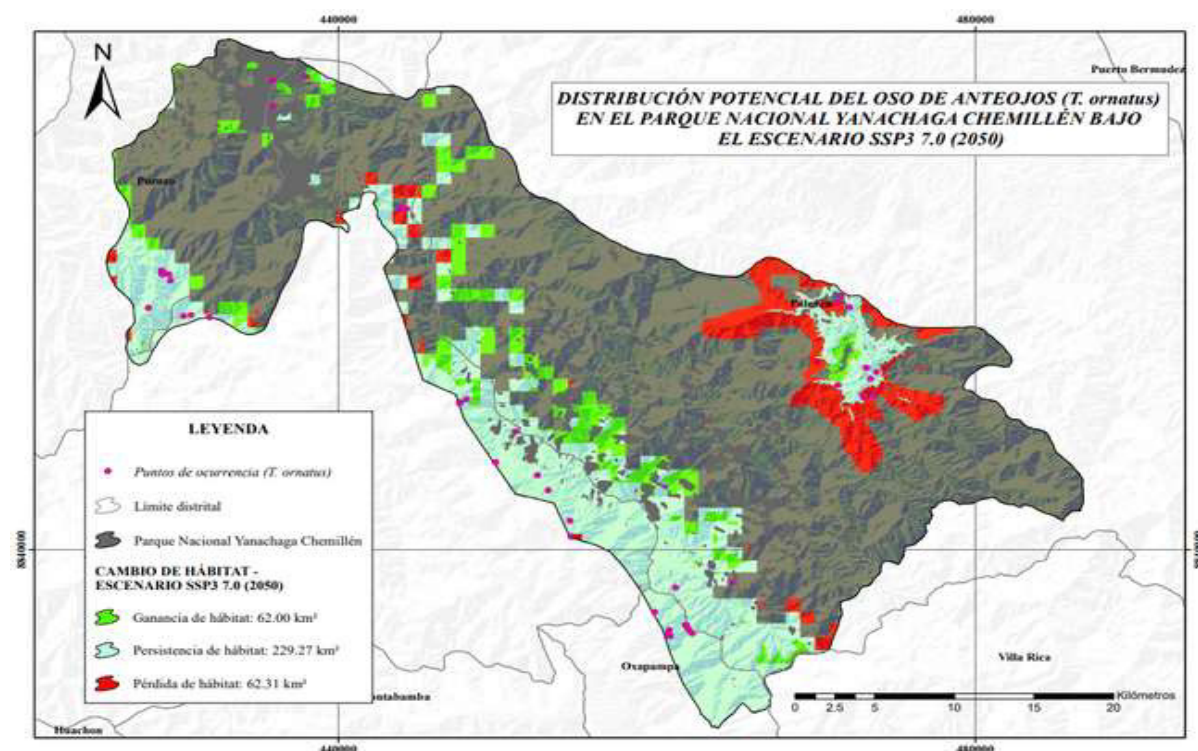
Nota. Mapa de distribución potencial del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén bajo el escenario de emisiones de gases de efecto invernadero SSP2-4.5, proyectado para el año 2050. El mapa fue obtenido a partir del modelo

de distribución de especies generado en MaxEnt y muestra las áreas clasificadas como hábitat adecuado, persistente, de ganancia y de pérdida. Los puntos de color fucsia representan los registros de ocurrencia de la especie.

Las áreas resaltadas de color verde agua (233.45 km²), verde fosforescente (53.10 km²) y rojo (58.13 km²) representan la persistencia, ganancia y pérdida de hábitat respectivamente. Estos hallazgos permiten evidenciar los cambios potenciales que tendrá el hábitat actual de la especie para el año 2050 bajo el escenario SSP2 4.5, caracterizado por presentar emisiones intermedias de GEI y un lento progreso hacia una sociedad sostenible, ya que se implementa algunas políticas climáticas, pero de forma desigual.

Figura 36

*Distribución potencial del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) bajo el escenario SSP3 7.0*



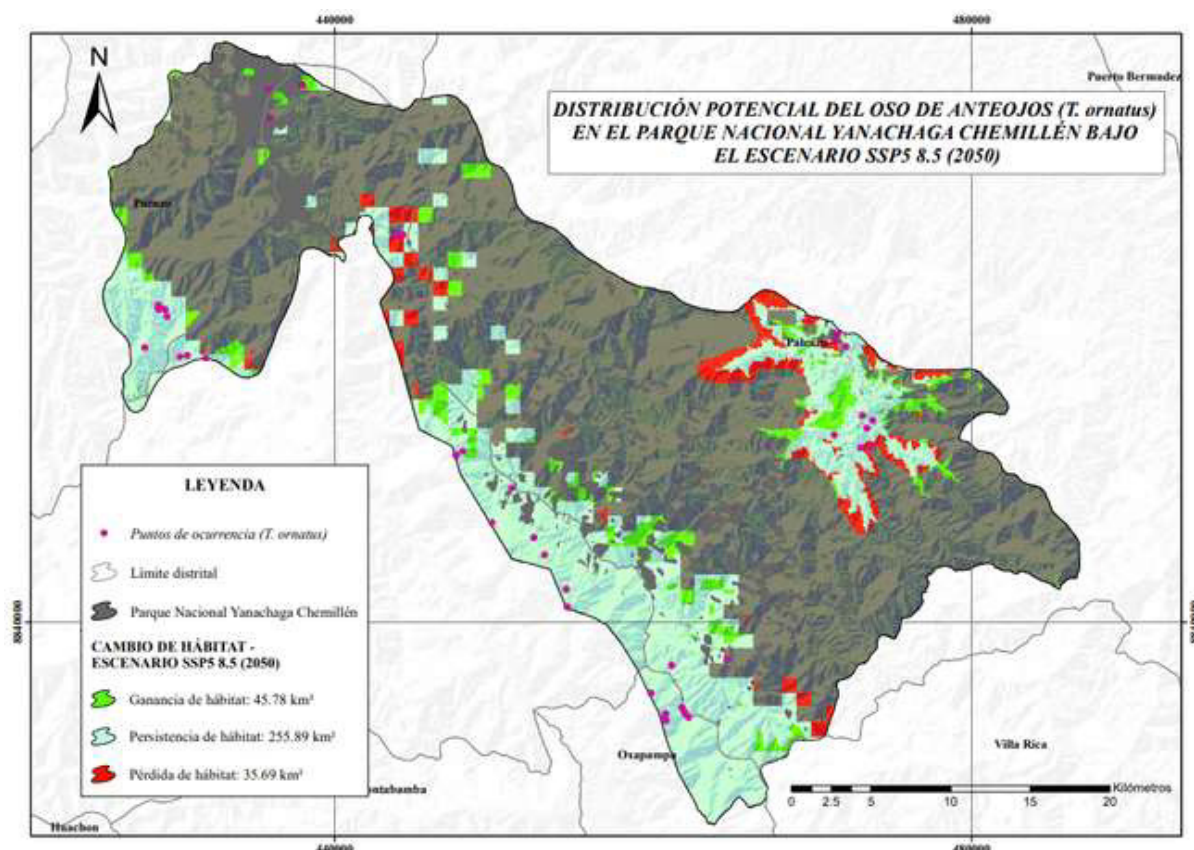
Nota. Mapa de distribución potencial del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén bajo el escenario de emisiones de gases de efecto invernadero SSP3-7.0, proyectado para el año 2050. El mapa fue obtenido a partir del modelo

de distribución de especies generado en MaxEnt y muestra las áreas clasificadas como hábitat adecuado, persistente, de ganancia y de pérdida.

Los puntos de color fucsia representan los registros de ocurrencia de la especie. Las áreas resaltadas de color verde agua (229.27 km²), verde fosforescente (62.00 km²) y rojo (62.31 km²) representan la persistencia, ganancia y pérdida de hábitat respectivamente. Estos hallazgos permiten evidenciar los cambios potenciales que tendrá el hábitat actual de la especie para el año 2050 bajo el escenario SSP3 7.0, caracterizado por presentar emisiones altas de GEI y un crecimiento rápido de la economía global basado en alto consumo de energía provenientes de los combustibles fósiles.

Figura 37

*Distribución potencial del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) bajo el escenario SSP5 8.5*



Nota. Mapa de distribución potencial del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén bajo el escenario de emisiones de gases de efecto invernadero SSP5-8.5, proyectado para el año 2050. El mapa fue obtenido a partir del modelo de distribución de especies generado en MaxEnt y muestra las áreas clasificadas como hábitat adecuado, persistente, de ganancia y de pérdida.

Los puntos de color fucsia representan los registros de ocurrencia de la especie. Las áreas resaltadas de color verde agua (255.89 km²), verde fosforescente (45.78 km²) y rojo (35.69 km²) representan la persistencia, ganancia y pérdida de hábitat respectivamente. Estos hallazgos permiten evidenciar los cambios potenciales que tendrá el hábitat actual de la especie para el año 2050 bajo el escenario SSP5 8.5, caracterizado por presentar emisiones muy altas de GEI y un crecimiento económico acelerado basado en el consumo de combustibles fósiles, que involucran un estilo de vida con consumo de grandes cantidades de energía.

La comparación de estos mapas nos permite visualizar que en el escenario SSP3 7.0 (emisiones altas de GEI) se tendrá mayor pérdida del hábitat actual, mientras que la menor pérdida del hábitat se dará en el escenario SSP1 2.6 (emisiones bajas de GEI). Por otro lado, la mayor ganancia de hábitat se dará en el escenario SSP1 2.6 (emisiones bajas de GEI), mientras que la menor ganancia se dará el escenario SSP5 8.5 (emisiones muy altas de GEI). En cuanto a la persistencia, este será menor en el escenario SSP3 7.0 (emisiones altas de GEI) y mayor en el escenario SSP1 2.6 (emisiones bajas de GEI).

4.4. Resultados del objetivo específico 3

Los resultados obtenidos que se muestran a continuación permitieron determinar que zonas de la zonificación del PNYCH conservarán condiciones climáticas favorables para la persistencia del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) bajo los diferentes escenarios de emisión de GEI (SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 y SSP5 8.5) proyectados para el año 2050. Se aceptó la hipótesis nula (H_0) al comprobar que las áreas proyectadas de Zona Silvestre (S)

y Zona de Protección Estricta (PE) conservarán más del 50% del hábitat actual de la especie en todos los escenarios para el 2050.

Tabla 14

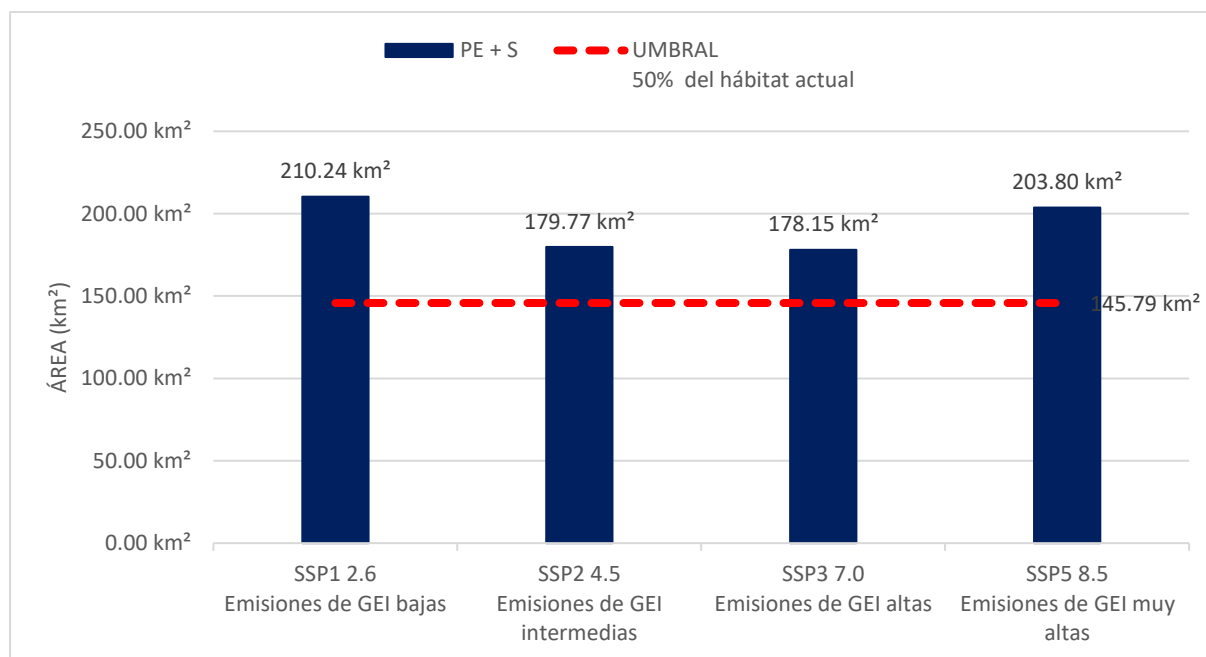
*Zonas de la zonificación del parque persistentes como hábitat para el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) al 2050*

Escenario	Zona Silvestre (S)	Zona de Uso Especial (UE)	Zona de Protección Estricta (PE)	Zona de Uso Turístico y Recreativo (T)	Zona de Recuperación (REC)	Total, hábitat persistente (km ²)	PE + S	UMBRAL 50% del hábitat actual	UE+T
SSP1 2.6 Emisiones de GEI bajas	210.14 km ²	48.04 km ²	0.10 km ²	6.35 km ²	0.00 km ²	264.63 km ²	210.24 km ²	145.79 km ²	54.40 km ²
SSP2 4.5 Emisiones de GEI intermedias	179.67 km ²	47.99 km ²	0.10 km ²	5.44 km ²	0.00 km ²	233.21 km ²	179.77 km ²	145.79 km ²	53.43 km ²
SSP3 7.0 Emisiones de GEI altas	178.05 km ²	45.42 km ²	0.10 km ²	5.46 km ²	0.00 km ²	229.03 km ²	178.15 km ²	145.79 km ²	50.88 km ²
SSP5 8.5 Emisiones de GEI muy altas	203.70 km ²	45.77 km ²	0.10 km ²	6.05 km ²	0.00 km ²	255.62 km ²	203.80 km ²	145.79 km ²	51.82 km ²

Nota. La tabla muestra los resultados obtenidos de las zonas persistentes del Parque Nacional Yanachaga Chemillén como hábitat para el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) bajo los diferentes escenarios de emisión de gases de efecto invernadero (SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 y SSP5 8.5) proyectados para el año 2050. En la antepenúltima columna se presenta la suma de las áreas de los hábitats persistentes: Zona de Protección Estricta (PE) + Zona Silvestre (S), y en la penúltima columna, el umbral del 50%, lo que permite evaluar la persistencia de las zonas de mayor protección de la zonificación del parque en el futuro. Los valores reflejan la disponibilidad de hábitat según la severidad de los distintos escenarios de emisión.

Figura 38

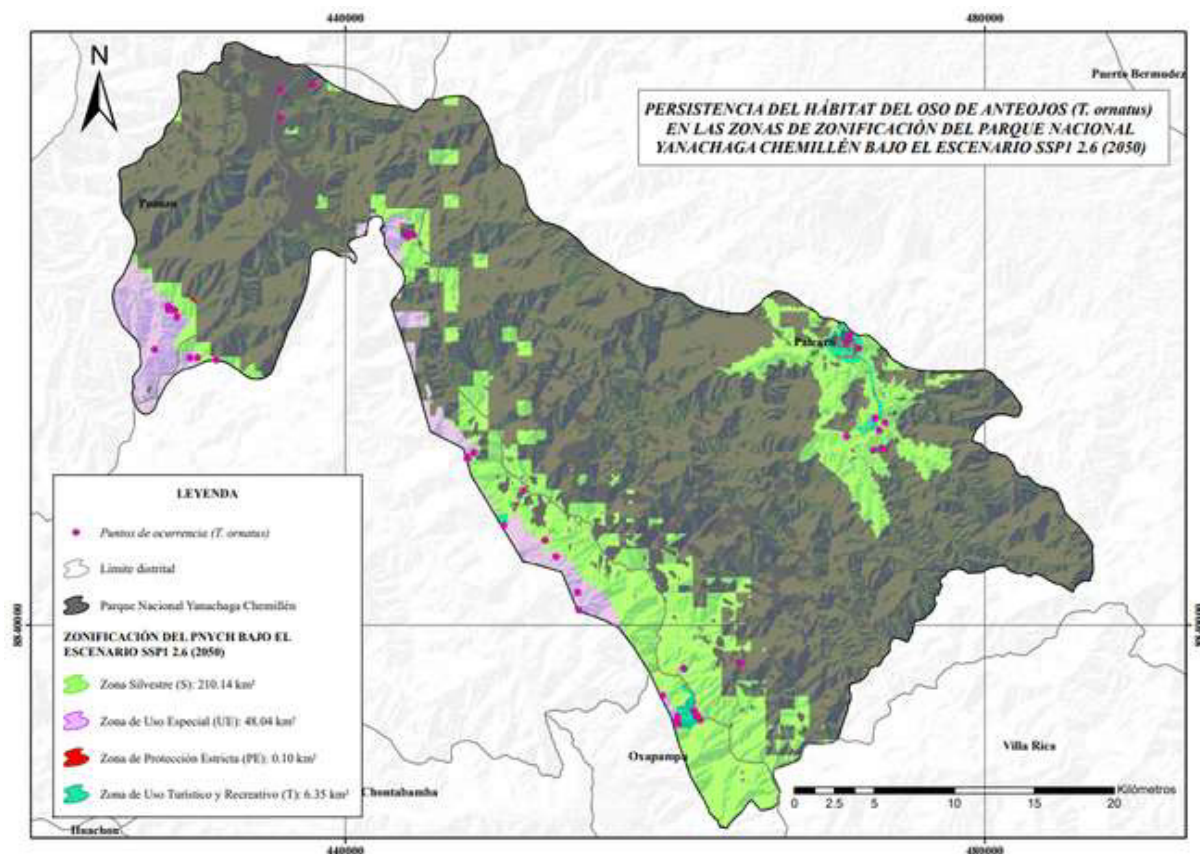
*Persistencia del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en zonas de alta protección (PE +S) de la zonificación del parque - 2050*



Nota. Áreas de persistencia del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) dentro de la Zona de Protección Estricta (PE) y la Zona Silvestre (S) del Parque Nacional Yanachaga Chemillén, bajo los escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero proyectados para el año 2050 (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5). Se muestra el umbral correspondiente al 50% del hábitat actual como criterio de referencia.

Figura 39

*Persistencia del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en la zonificación del PNYCH bajo el escenario SSP1 2.6*



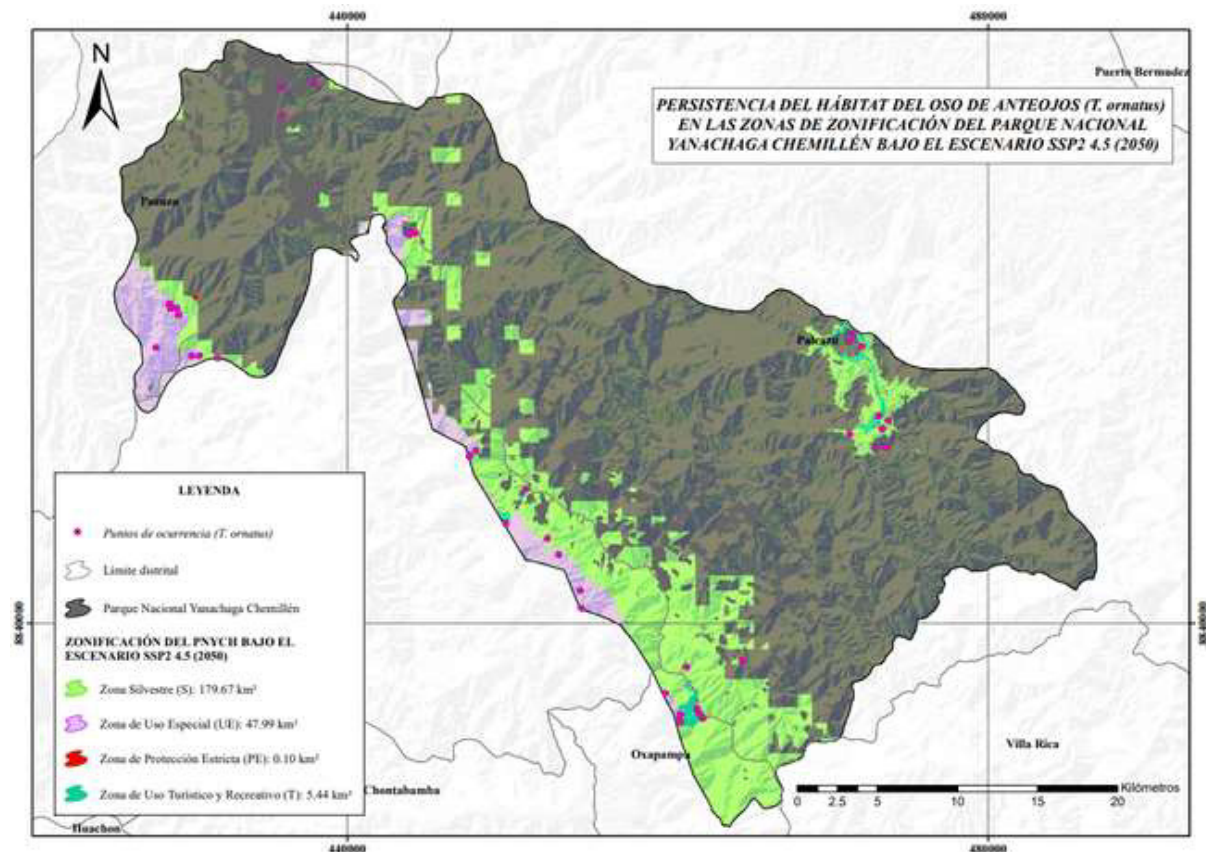
Nota. Mapa de persistencia del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en las zonas de zonificación del Parque Nacional Yanachaga Chemillén bajo el escenario de emisiones de gases de efecto invernadero SSP1-2.6, proyectado para el año 2050. El mapa fue obtenido a partir de la superposición del hábitat persistente con la zonificación del parque y muestra las áreas que mantendrán condiciones climáticas favorables para la especie. Elaboración propia.

Los puntos de color fucsia representan los registros de ocurrencia de la especie. Las áreas de color rojo, verde, turquesa y morado representan las zonas de protección estricta (PE), Zona Silvestre (S), Zona de Uso Turístico y Recreativo (T), Zona de Uso Especial (UE) persistentes hacia el año 2050 respectivamente. Se puede observar que la Zona Silvestre

presenta mayor persistencia de hábitat en el futuro, mientras que la Zona de Protección Estricta muestra la menor persistencia.

Figura 40

*Persistencia del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en la zonificación del PNYCH bajo el escenario SSP2 4.5*



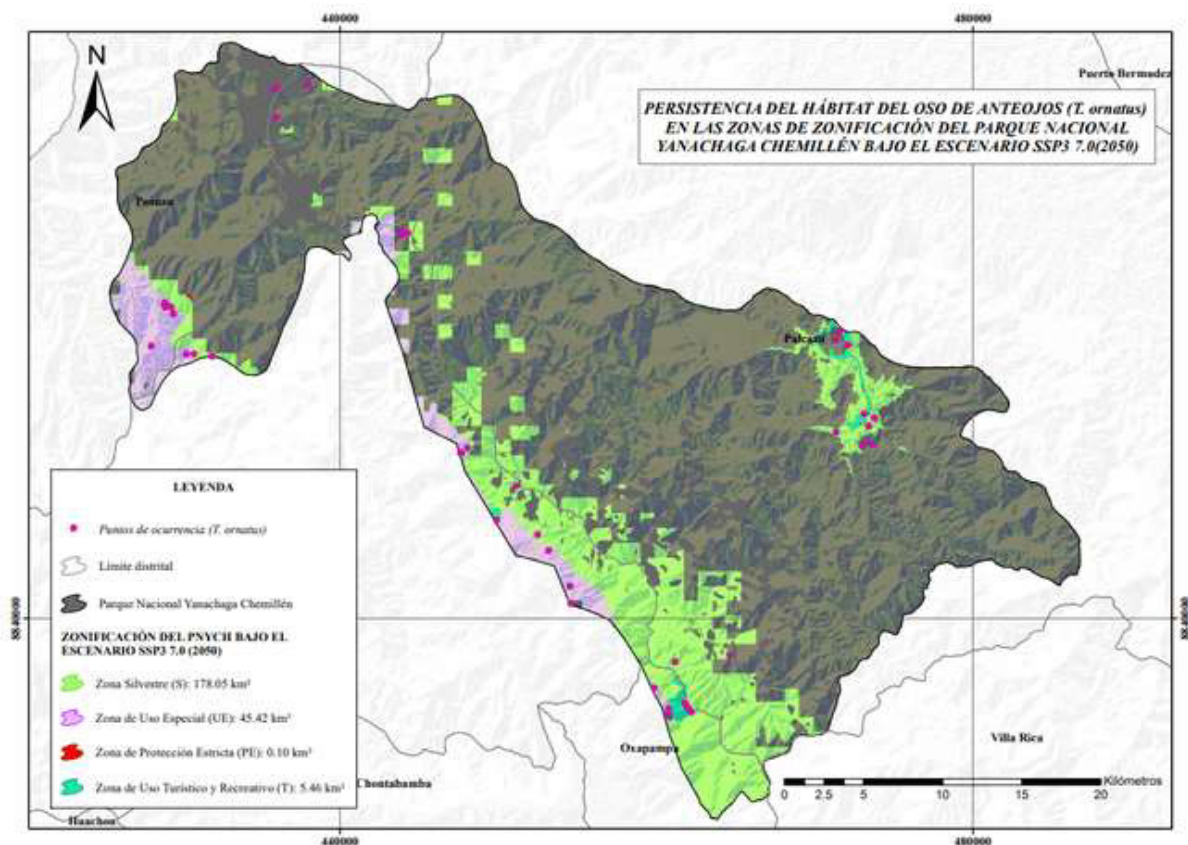
Nota. Mapa de persistencia del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en las zonas de zonificación del Parque Nacional Yanachaga Chemillén bajo el escenario de emisiones de gases de efecto invernadero SSP2-4.5, proyectado para el año 2050. El mapa fue obtenido a partir de la superposición del hábitat persistente con la zonificación del parque y muestra las áreas que mantendrán condiciones climáticas favorables para la especie.

Los puntos de color fucsia representan los registros de ocurrencia de la especie. Las áreas de color rojo, verde, turquesa y morado representan las zonas de protección estricta (PE), Zona Silvestre (S), Zona de Uso Turístico y Recreativo (T), Zona de Uso Especial (UE)

persistentes hacia el año 2050 respectivamente. Se puede observar que la Zona Silvestre presenta mayor persistencia de hábitat en el futuro, mientras que la Zona de Protección Estricta muestra la menor persistencia.

Figura 41

*Persistencia del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en la zonificación del PNYCH bajo el escenario SSP3 7.0*

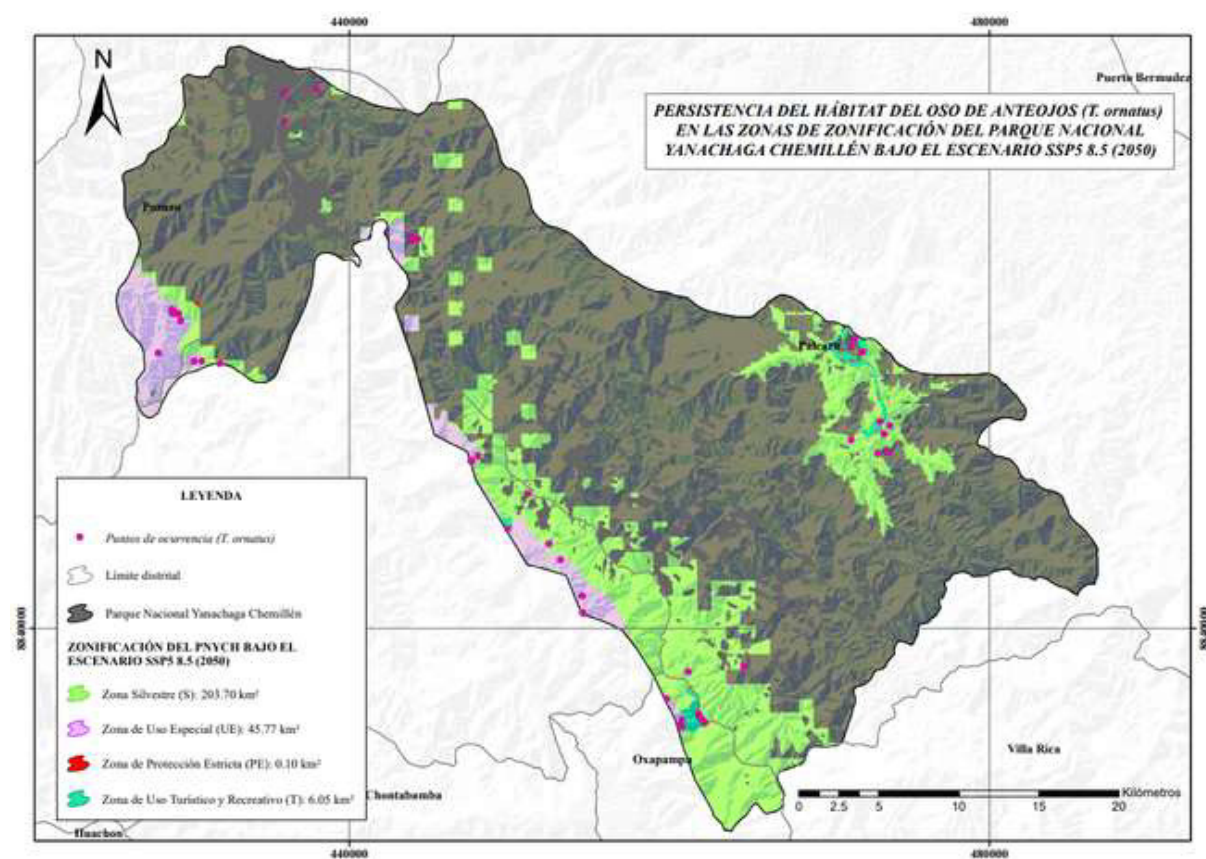


Nota. Mapa de persistencia del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en las zonas de zonificación del Parque Nacional Yanachaga Chemillén bajo el escenario de emisiones de gases de efecto invernadero SSP3-7.0, proyectado para el año 2050. El mapa fue obtenido a partir de la superposición del hábitat persistente con la zonificación del parque y muestra las áreas que mantendrán condiciones climáticas favorables para la especie. Los puntos de color fucsia representan los registros de ocurrencia de la especie.

Las áreas de color rojo, verde, turquesa y morado representan las zonas de protección estricta (PE), Zona Silvestre (S), Zona de Uso Turístico y Recreativo (T), Zona de Uso Especial (UE) persistentes hacia el año 2050 respectivamente. Se puede observar que la Zona Silvestre presenta mayor persistencia de hábitat en el futuro, mientras que la Zona de Protección Estricta muestra la menor persistencia.

Figura 42

*Persistencia del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en la zonificación del PNYCH bajo el escenario SSP5 8.5*



Nota. Mapa de persistencia del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en las zonas de zonificación del Parque Nacional Yanachaga Chemillén bajo el escenario de emisiones de gases de efecto invernadero SSP5-8.5, proyectado para el año 2050. El mapa fue obtenido a partir de la superposición del hábitat persistente con la zonificación del parque y muestra las áreas que mantendrán condiciones climáticas favorables para la especie.

Los puntos de color fucsia representan los registros de ocurrencia de la especie. Las áreas de color rojo, verde, turquesa y morado representan las zonas de protección estricta (PE), Zona Silvestre (S), Zona de Uso Turístico y Recreativo (T), Zona de Uso Especial (UE) persistentes hacia el año 2050 respectivamente. Se puede observar que la Zona Silvestre presenta mayor persistencia de hábitat en el futuro, mientras que la Zona de Protección Estricta muestra la menor persistencia.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los hallazgos de la prueba de Jackknife en el software MaxEnt 3.4.4, permitieron identificar los factores ambientales, climáticos y físicos que determinan la distribución actual del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén, tal como lo realizaron Suárez (2023), Ascencio y Vega (2021), Figueroa-Stucchi et al. (2016) y Aldás (2017) en estudios similares.

Entre los factores ambientales más relevantes en la distribución de la especie destacaron las variables ecosistema y uso de suelos, con una contribución porcentual del 59.00% y del 30.30% respectivamente, ambas variables clasificadas como de alta influencia ($\geq 20\%$). Asimismo, las variables climáticas y físicas mostraron una influencia baja ($<10\%$), ya que la variable Bio7 (rango anual de temperatura) presentó una contribución porcentual del 5.50%, seguida de la variable altitud y Bio16 (precipitación del trimestre más húmedo), con una contribución porcentual del 3.30% y del 2.20% respectivamente.

La alta contribución porcentual de los factores ambientales ecosistema y uso de suelos se alinean a los hallazgos encontrados por Aldás (2017) en Colombia, en un estudio similar con la misma especie. Asimismo, SERNANP, (2022) indica que la presencia del oso en el parque se encuentra asociado a los ecosistemas de la región selva baja, selva alta y el pajonal, que influyen en la disponibilidad de su alimento, agua, regulación climática e hídrica. Por otro lado, la contribución porcentual del factor físico altitud junto con los factores climáticos rango anual de temperatura (Bio7) y precipitación del trimestre más húmedo (Bio16) coinciden con los hallazgos encontrados por Figueroa-Stucchi et al. (2016) en un estudio similar con la misma especie en los departamentos de Cajamarca y Amazonas. Estos autores señalan que la precipitación del trimestre más húmedo había influido en la disponibilidad hídrica del área de estudio favoreciendo la presencia de la especie en estos departamentos por el incremento de los recursos alimenticios y la cobertura vegetal que son óptimos para su refugio.

La aplicación del umbral del 10% de presencia en el entrenamiento permitió determinar las áreas de persistencia, ganancia y pérdida para el hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el PNYCH bajo los escenarios de emisión de GEI proyectados para el año 2050. Esta técnica permite determinar hábitats adecuados y no adecuados y es ampliamente recomendada para minimizar los errores de omisión y evitar sobreestimaciones tal como lo señalan Pearson-Raxworthy et al. (2007) y Liu-Berry et al. (2005).

Todos los escenarios de emisión de GEI presentaron pérdidas mayores al 10% del hábitat actual (291.58 km²). El escenario SSP3 7.0 caracterizado por emisiones altas de GEI presentó la mayor pérdida de hábitat con 62.31 km² (21.37% menos que el hábitat actual), seguido de los escenarios SSP2 4.5 (emisiones intermedias de GEI), SSP5 8.5 (emisiones muy altas de GEI) y SSP1 2.6 (emisiones bajas de GEI), que presentaron pérdidas de 58.13 km², 35.69 km² y 26.69 km² respectivamente. Estos resultados se asemejan a los encontrados por Torres (2023), en un estudio similar con la especie *Leopardus tigrinus* en Colombia, que presentó cambios significativos decrecientes del 27% de su hábitat bajo el escenario SSP5 8.5 para el 2050, así como los encontrados por Ortiz y Ortiz (2020), en un estudio similar con la misma especie en Colombia, que presentó una reducción del 28% de su hábitat para el 2050. Asimismo, todos los escenarios de GEI, también presentaron ganancias de hábitats para la especie mayores al 10% del hábitat actual (291.58 km²) permitiendo visualizar desplazamientos de la especie hacia norte del Parque Nacional Yanachaga Chemillén para el 2050. El escenario SSP1 2.6 presentó una ganancia de hábitat de 81.60 km², seguido de SSP3 7.0, SSP2 4.5 y SSP5 8.5 con 62.00 km², 53.10 km² y 45.78 km² respectivamente. Estos resultados se asemejan a los encontrados por Ortiz y Ortiz (2020), en un estudio similar con la misma especie en Colombia, que le permitió identificar nuevas áreas habitables para el oso donde no se tenían registros de ocurrencia en la actualidad. La expansión del hábitat oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) proyectado para el año 2050 en el parque, sugiere una nueva redistribución de su

hábitat hacia otras zonas que en la actualidad son hábitats no adecuados. No obstante, como señala Vos-Berry et al. (2008), esta expansión potencial no garantiza que estas nuevas zonas sean accesibles ni funcionales.

Por último, el análisis de hábitats persistentes de la especie en las cinco zonas de zonificación del PNYCH bajo los escenarios de emisión de GEI, evidencian que el área de estudio conservará más del 50% del hábitat actual (145.79 km²) en las zonas de mayor protección (Zonas Silvestre y de Protección Estricta) para el año 2050.

La Zona Silvestre (S) del parque, es la zona que más hábitat persistente conservará bajo todos los escenarios de emisión de GEI, proyectando un área de conservación que oscila entre los 178.15 km² (SSP3 7.0) y los 210.24 km² (SSP1 2.6). Por otro lado, la Zona de Protección Estricta (PE), presenta menos superficie de hábitat persistente, conservando 0.10 km² del hábitat actual en todos los escenarios. El hábitat persistente en estas zonas de mayor protección, refuerzan el papel fundamental que cumplen las áreas menos intervenidas en la conservación de las especies, según lo señalado por el Art. 23 de la Ley N.º 26834, (2017). Asimismo, SERNANP, (2022), en el plan maestro de este parque, señala que el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) está presente en todas las zonas de la zonificación del área de estudio, pero se concentra particularmente en la Zona de Protección Estricta (PE) y Zonas Silvestre (S), porque estas ofrecen óptimas condiciones para su distribución, como la cobertura vegetal continua, la baja perturbación humana y la disponibilidad de alimentos.

Por otro lado, las Zonas de Uso Especial (UE) y de Uso Turístico y Recreativo (T) contribuirán también en la preservación del hábitat persistente del oso bajo todos los escenarios de emisión de gases de GEI proyectados para el 2050. A pesar de que se encuentran expuestas a mayor presión antrópica, en conjunto conservarán superficies que oscilan entre los 50.88 km² (SSP3 7.0) y los 54.40 km² (SSP1 2.6). Estas zonas de la zonificación del área de estudio podrían desempeñar un rol estratégico en la conectividad para los hábitats persistentes ubicados

en las Zonas de Protección Estricta (PE) y Silvestre (S), facilitando el desplazamiento de la especie, tal como lo señala Doerr-Barrett et al. (2011) en su estudio de conectividad y conservación bajo el cambio climático.

VI. CONCLUSIONES

- Los factores ambientales ecosistema (59.00%) y uso de suelos (30.30%) fueron las variables que mayor influencia tuvieron en la distribución del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) ($\geq 20\%$), superando incluso a las variables climáticas y físicas que presentaron una contribución porcentual menor al 10% de significancia (Bio7 = 5.50%, altitud = 3.30% y Bio16 = 2.20%), lo que indica que las condiciones estructurales (uso de suelos) y funcionales (ecosistema) del hábitat actual son determinantes para la distribución de la especie en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén, ya que estos influyen en la disponibilidad de su alimento y refugio.
- Los cambios en la distribución potencial del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén bajo los escenarios de emisión de gases de efecto invernadero (SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 y SSP5 8.5) proyectados para el año 2050, evidenciaron que el cambio climático tendrá un impacto significativo en el hábitat de la especie, ya que, en casi todos los escenarios evaluados, se perderán más del 10% del hábitat actual (29.16 km²). Sin embargo, también se registraron ganancias de hábitat en el futuro, proyectando una nueva redistribución de la especie hacia el norte del parque. También se identificaron hábitats persistentes, áreas que se mantendrán estables a lo largo del tiempo, que alcanzarán superficies hasta los 264.89 km² en el escenario de bajas emisiones de GEI (SSP1 2.6), y que no bajarán de los 229.27 km² para el escenario SSP3 7.0 (emisiones altas de GEI), confirmando, que el Parque Nacional Yanachaga Chemillén hacia el año 2050 continuará ofreciendo áreas favorables para la distribución de la especie, reforzando una vez más su papel como refugio. Los resultados obtenidos reflejan una situación compleja, ya que, el hábitat de la especie se reducirá, pero también tendrán oportunidades en nuevas áreas para su conservación, lo

que enfatiza la importancia de establecer estrategias de conservación antes estos posibles cambios.

- Al relacionar los hábitats persistentes del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) con las zonas de la zonificación del Parque Nacional Yanachaga Chemillén bajo los escenarios de emisión de gases de efecto invernadero (SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 y SSP5 8.5) proyectados para el año 2050, se comprobó que la Zonas de Protección Estricta (PE) y Silvestre (S) concentrarán en conjunto más del 50% del hábitat actual (145.79 km²), reforzando la función de estas zonas en la conservación de especies. Por otro lado, la Zonas de Uso Especial (UE) y Uso Turístico y Recreativo (T) también concentrarán hábitats persistentes, pero menores al 50% del hábitat actual que podrían resultar claves para mantener la conectividad entre las zonas de mayor protección (PE y S). Estos hallazgos demuestran que el Parque Nacional Yanachaga Chemillén hacia el año 2050, no solo continuará ofreciendo áreas ecológicamente adecuadas para el oso, sino que la zonificación existente podría funcionar como base para el diseño de nuevas estrategias de conservación.
- El cambio climático tendrá un efecto significativo (medio – alto) sobre la distribución potencial del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén bajo los diferentes escenarios de emisión de gases de efecto invernadero (SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 y SSP5 8.5) proyectados para el año 2050. Las pérdidas o ganancias de hábitats superarán el 10% del hábitat actual (291.58 km²), indicando una redistribución de la especie sujeto a nuevos desafíos de adaptación, desplazamiento, fragmentación de hábitats o aislamiento en el peor de los casos. Por fortuna, las zonas de mayor protección: Zonas de Protección Estricta (PE) y Silvestre (S) de la zonificación del parque, en conjunto conservarán hábitats persistentes mayores al 50% del hábitat actual (145.79 km²) en todos los escenarios, indicando que este parque

seguirá siendo un refugio para la especie a pesar de los cambios que se darán en el futuro. Mediante este estudio se demuestra entonces, que el cambio climático (un proceso en marcha) tendrá un efecto significativo en la distribución de la especie, que nos invita a asumir nuevos retos, reformular o formular estrategias de conservación con enfoques adaptativos al cambio climático, ya que si queremos preservar la especie debemos adaptarnos con él.

VII. RECOMENDACIONES

- Ya que, las condiciones estructurales (uso de suelos) y funcionales (ecosistema) fueron determinantes en la distribución de la especie, se recomienda incluir nuevas variables en futuras investigaciones, como la cobertura vegetal, con el fin de robustecer los modelos predictivos de la especie.
- Con respecto a las pérdidas, ganancias y persistencia de hábitats de la especie en el futuro, se sugiere que los mapas resultados del presente estudio puedan ser considerados como herramientas para identificar zonas prioritarias de restauración, áreas sensibles al cambio climático y espacios con potencial para la distribución del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*)
- Dado que para el 2050, más del 50% (145.79 km²) del hábitat persistente del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) se encuentra en las zonas de Protección Estricta (PE) y Silvestre (S) de la zonificación del parque, se recomienda a los gestores y otras partes interesadas fortalecer su vigilancia, para evitar cambios en la zonificación y asegurar la persistencia de los procesos ecológicos esenciales.
- Si bien se proyectaron cambios en el hábitat actual del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), así como su persistencia, aún queda pendiente profundizar la capacidad de adaptación de este frente a las nuevas condiciones de paisaje, incluyendo los hábitats ganados y su interacción con las actividades humanas cernas o dentro del área de estudio, para lo cual se recomienda que en futuras investigaciones no solo se aborden factores ambientales, climáticos y físicos, sino que también se integren perspectivas sociales y territoriales, ya que conocer el comportamiento de la especie frente a la presencia humana, permitirá tomar decisiones acertadas para su conservación.

VIII. REFERENCIAS

- Aldás, E. (2017). Modelamiento ecológico del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Cayambe-Coca mediante el empleo de sistemas de información geográfica. *Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte. Repositorio Institucional UTN*. Obtenido de <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6912>
- Araújo-Miguel et al. (2005). Validation of species–climate impact models under climate change. *Global Change Biology*, *11*(9), 1504-1513. doi:<https://doi.org/10.1111/J.1365-2486.2005.01000.X>
- Ascencio, J., & Vega, L. (2021). Evaluación de “*Sternula lorata*” en la Reserva de Paracas mediante el modelo de dispersión de especies MaxEnt y Divagis. *Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión*. Obtenido de <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/5004>
- Bradie, J., & Leung, B. (2017). A quantitative synthesis of the importance of variables used in MaxEnt species distribution models. *Journal of Biogeography*, *44*(6), 1344-1361. doi:<https://doi.org/10.1111/jbi.12894>
- Colwell, R., & Rangel, T. (2009). La dualidad de Hutchinson: el nicho del pasado y el del futuro. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *106*(2), 19651-19658. doi:<https://doi.org/10.1073/pnas.0901650106>
- Cuentas, M. (2022). Análisis de la incidencia del cambio climático en especies de aves amenazadas en los Andes peruanos: modelos de distribución y propuestas de conectividad. *Revista de Ecología de Montaña*, *71*, 177. doi:<https://doi.org/10.3989/pirineos.2022.177004>
- D.S. N°004-2014-MINAGRI. (2014). *Anexo: Clasificación de Especies Amenazadas de Fauna Silvestre*. Congreso de la República. El Peruano. . Obtenido de <https://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2014/Abril/08/DS-004-2014-MINAGRI.pdf>

- Doerr-Veronica et al. (2011). Connectivity, dispersal behaviour and conservation under climate change: A response to Hodgson et al. *Journal of Applied Ecology*, 48(1), 143-147. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01899.x>
- Elith-Jane et al. (2011). Una explicación estadística de MaxEnt para los ecologistas. *Diversity and Distributions*, 17(1), 43-57. doi:<https://doi.org/10.1111/J.1472-4642.2010.00725.X>
- Escobar-Luis et al. (2018). Ecological niche modeling re-examined: A case study with the Darwin's fox. *Ecology and Evolution*, 8(10), 4757-4770. doi:<https://doi.org/10.1002/ECE3.4014>
- Feldman-Mari et al. (2022). Assessment of CMIP6 models' performance in simulating present-day climate in Brazil. *Frontiers in Climate*, 4, 1-27. doi:<https://doi.org/10.3389/FCLIM.2022.948499/BIBTEX>
- Fick, S., & Hijmans, R. (2017). WorldClim 2: nuevas superficies climáticas con una resolución espacial de 1 km para áreas terrestres globales. *Revista Internacional de Climatología*, 12, 4302-4315. doi:<https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- Figuroa, J. (2012). Presencia del oso andino *Tremarctos ornatus* (Carnivora: Ursidae) en el bosque tropical amazónico del Perú. *Acta Zoológica Mexicana*, 3, 594-606. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372012000300008
- Figuroa-Judith et al. (2016). Modelación de la distribución del oso andino *Tremarctos ornatus* en el bosque seco del Maraón (Perú). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(1), 230-238. doi:<https://doi.org/10.1016/J.RMB.2016.01.008>
- Foden-Wendy et al. (2013). Identificación de las especies más vulnerables al cambio climático del mundo: una evaluación sistemática basada en rasgos de todas las aves, anfibios y corales. *PLOS ONE*, 8(6). doi:<https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0065427>

- Franklin, J., & Miller, J. (2010). Mapping Species Distributions: Spatial Inference and Prediction. *Prensa de la Universidad de Cambridge*, 1, 1-320. doi:<https://doi.org/10.1017/CBO9780511810602>
- González-Belem et al. (2022). Efectos del cambio climático en la distribución potencial del Quetzal (*Pharomachrus mocinno*) en Guatemala a partir de modelamientos de nicho ecológico. *Universidad Del Valle de Guatemala*, 4, 43-52. doi:<https://repositorio.uvg.edu.gt/xmlui/handle/123456789/4363>
- Guisan, A., & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: Offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8(5), 909-1020. doi:<https://doi.org/10.1111/J.1461-0248.2007.01044.X>
- Hanski, I. (2011). Habitat Loss, the Dynamics of Biodiversity, and a Perspective on Conservation. *Ambio*, 40(3), 248-255. doi:<https://doi.org/10.1007/S13280-011-0147-3>
- Hausfather, Z. (2019). CMIP6: la próxima generación de modelos climáticos explicados. *Carbon Brief*. Obtenido de <https://www.carbonbrief.org/cmip6-the-next-generation-of-climate-models-explained/>
- Herrera-Robinson et al. (2021). Posibles cambios en el rango de distribución de Tapirus pinchaque bajo escenarios de cambio climático. *Green Journal*, 4(2), 1-19. doi:<https://doi.org/10.53313/gwj42004>
- Hilty-Jodi et al. (2020). *Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 30 Developing capacity for a protected planet*. International Union for Conservation of Nature. doi:<https://doi.org/https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.PAG.30.en>
- INRENA. (2005). *Plan Maestro del Parque Nacional Yanachaga Chemillén, 2005 - 2009*. SERNANP. Obtenido de <https://sis.sernanp.gob.pe/biblioteca/?publicacion=1095>

- IPCC. (2018). *Anexo I: Glosario*. IPCC. Obtenido de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/10/SR15_Glossary_spanish.pdf
- IPCC. (2018). *Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto i.* IPCC. Obtenido de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf
- IPCC. (2019). *El cambio climático y la tierra: Informe especial del IPCC sobre el cambio climático, la desertificación, la degradación de las tierras, la gestión sostenible de las tierras, la seguridad alimentaria y los flujos de gases de efecto invernadero en los ecos.* IPCC. Obtenido de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/06/SRCCL_SPM_es.pdf
- IPCC. (2021). *Cambio Climático 2021. Bases físicas. Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de Trabajo I al Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. IPCC. Obtenido de https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WG1_SPM_Spanish.pdf
- IPCC. (2021). *Cambio Climático 2021: Un resumen para todo el mundo*. IPCC. Obtenido de https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/outreach/IPCC_AR6_WGI_SummaryForAll_Spanish.pdf
- Ley N.º 26834. (21 de Abril de 2017). Ley de Áreas Naturales Protegidas. Art. 23. *Diario el Peruano*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/congreso-de-la-republica/normas-legales/3571-26834>

- Liu-Canran et al. (2005). Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography*, 28(9), 385-393. doi:<https://doi.org/10.1111/J.0906-7590.2005.03957.X>
- López, M. (2007). Descripción y caracterización de nichos ecológicos: una visión más cuantitativa del espacio ambiental. *Tesis de maestría, Centro de Investigación en Matemáticas*. Obtenido de <https://cimat.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1008/87/2/TE%20244.pdf>
- Maciel-Carlos et al. (2015). El área de distribución de las especies: revisión del concepto. *Acta Universitaria*, 25(2), 03-19. doi:<https://doi.org/10.15174/AU.2015.690>
- Martínez, F. (2011). Modelos de Idoneidad de Microhábitat para el estudio del Régimen Ecológico de Caudales. *Tesis de pregrado, Universitat Politècnica de València*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/13641>
- Mateo-Rubén et al. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84(2), 217-240. doi:<https://doi.org/10.4067/S0716-078X2011000200008>
- Mena-Luis et al. (2014). *Análisis de Vulnerabilidad de las Áreas Naturales Protegidas frente al Cambio Climático*. Obtenido de https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/DdT_12_Vulnerabilidad_SINANPE.pdf
- Merow-Cory et al. (2013). A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, 36(10), 1058-1069. doi:<https://doi.org/10.1111/J.1600-0587.2013.07872.X>
- MINAM. (2018). Definiciones conceptuales de los ecosistemas del Perú. *Ministerio del Ambiente*. Obtenido de <https://geoservidor.minam.gob.pe/wp->

content/uploads/2017/06/Definiciones-Conceptuales-de-los-Ecosistemas_version-final2.pdf

- Morales-Narkis et al. (2017). MaxEnt's parameter configuration and small samples: ¿Are we paying attention to recommendations? A systematic review. *PeerJ*, 2017(3), 3093. doi:<https://doi.org/10.7717/peerj.3093>
- Muñoz, C. (2023). Modelando para la distribución espacial de *Akodon mollis* en los Andes ecuatorianos bajo escenarios de cambio climático. *Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica Indoamérica*. Obtenido de <https://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/5500>
- Muscarella-Roberto et al. (2014). ENMeval: An R package for conducting spatially independent evaluations and estimating optimal model complexity for Maxent ecological niche models. *Methods in Ecology and Evolution*, 5(11), 1198-1205. doi:<https://doi.org/10.1111/2041-210X.12261>
- Navarro-Marco et al. (2020). Modelamiento de nichos ecológicos de flora amenazada para escenarios de cambio climático en el departamento de Tacna - Perú. *Colombia Forestal*, 23(1), 51-67. doi:<https://doi.org/10.14483/2256201X.14866>
- Navarro-Rafael et al. (2024). Modelos de distribución de especies en ecosistemas forestales. *Geociencias aplicadas a la gestión forestal*, 396-441. Obtenido de <https://mastergeoforest.es/libro-geoforest/>
- O'Neill-Brian et al. (2017). The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century. *Global Environmental Change*, 42, 169-180. doi:<https://doi.org/10.1016/J.GLOENVCHA.2015.01.004>
- Ortega, M., & Townsend, A. (2008). Modelado de nichos ecológicos y predicción de distribuciones geográficas: comparación de seis métodos. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79(1), 205-216. Obtenido de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532008000100017&lng=es&tlng=

Ortiz, D., & Ortiz, J. (2020). Modelado de distribución geográfica del oso andino bajo escenarios de cambio climático en Colombia. *Tesis de pregrado, Universidad Antonio Nariño*. Obtenido de

<https://repositorio.uan.edu.co/server/api/core/bitstreams/ae7e90d6-de56-4346-a892-7f1a7546187d/content>

OSINFOR. (2013). Modelamiento espacial de nichos ecológicos para la evaluación de presencia de especies forestales maderables en la Amazonía peruana. *Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre (OSINFOR)*, 1, 1-82. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/osinfor/informes-publicaciones/832417-modelamiento-espacial-de-nichos-ecologicos-para-la-evaluacion-de-presencia-de-especies-forestales-maderables-en-la-amazonia-peruana>

OSINFOR. (2016). Modelamiento de la distribución potencial de 18 especies forestales en el departamento de Loreto. *Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre (OSINFOR)*, 1, 1-90. Obtenido de <https://www.osinfor.gob.pe/publicaciones/modelamiento-de-la-distribucion-potencial-de-18-especies-forestales-en-el-departamento-de-loreto-2/>

Pearson-Richard et al. (2007). Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: A test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, 34(1), 102-117. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01594.x>

Phillips-Steven et al. (2006). Modelado de máxima entropía de distribuciones geográficas de especies. *Ecological Modelling*, 190(3-4), 231-259. doi:<https://doi.org/10.1016/J.ECOLMODEL.2005.03.026>

- Plasencia-Alexis et al. (2014). Modelación de la distribución geográfica potencial de dos especies de psitácidos neotropicales utilizando variables climáticas y topográficas. *Acta Zoológica Mexicana*, 30(3), 471-486. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v30n3/v30n3a2.pdf>
- Pliscoff, P., & Fuentes, C. (2011). Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles. *Revista de Geografía Norte Grande*, 2011(48), 61-79. doi:<https://doi.org/10.4067/S0718-34022011000100005>
- Quispe, T. (2023). Modelamiento predictivo y endemismo de *Bachia intermedia*, *Phyllodactylus internadinus* y *Stenocercus huancabambae* en escenarios de cambio climático en el Perú al año 2050. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 2008-2036. doi:https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V7I3.6326
- Quispe, W. (2022). Modelamiento de los efectos del cambio climático en la distribución potencial de seis especies del género *polylepis* en los Andes Peruanos. *Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú*. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/8305>
- Quispe, W., & Nuñez, E. (2020). Distribución potencial de puya *raimondii* harms en futuros escenarios del cambio climático. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(2), 170-181. doi:<https://doi.org/10.18271/RIA.2020.605>
- Restrepo, H. (2012). *Plan de manejo y conservación del oso andino (Tremarctos ornatus) en la jurisdicción de la Corporación Autónoma de Cundinamarca (CAR)*. CAR. Obtenido de <https://www.car.gov.co/uploads/files/5bfc082bd4f5d.pdf>
- Reynoso-Roberto et al. (2018). El nicho ecológico como herramienta para predecir áreas potenciales de dos especies de pino. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(48), 47-68. doi:<https://doi.org/10.29298/RMCF.V8I48.114>

- Rodríguez-Clarita et al. (2013). Corridors for jaguar (*Panthera onca*) in Mexico: Conservation strategies. *Journal for Nature Conservation*, 21(6), 438-443. doi:<https://doi.org/10.1016/J.JNC.2013.07.002>
- Rojas-Roxana et al. (2019). *Conviviendo con el oso andino en el Perú. Diagnóstico y pautas para el manejo de los conflictos humano – oso*. Sociedad Zoológica de Fráncfort Perú. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/131/2019/05/Gu%C3%ADa-oso-andino-en-el-Per%C3%BA-web.pdf>
- Sandoval, P., & Yáñez, P. (2019). Aspectos biológicos y ecológicos del oso de anteojos (*Tremarctos Ornatus*, Ursidae) en la zona andina de Ecuador y perspectivas para su conservación bajo el enfoque de especies paisaje. *Revista de Ciencias de La Vida*, 30(2), 19-27. doi:<https://doi.org/10.17163/LGR.N30.2019.02>
- Servicio Forestal y de Fauna Silvestre. (2018). *Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú*. Servicio Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/libro-rojo-fauna-silvestre-amenazada-peru>
- Servicio Forestal y de Fauna Silvestre. (2021). *Efectos del cambio climático en la distribución de 20 especies de aves de la región amazónica del Perú*. Servicio Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/serfor/informes-publicaciones/1882015-efectos-del-cambio-climatico-en-la-distribucion-de-20-especies-de-aves-de-la-region-amazonica-del-peru>
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. (2019). *Parque Nacional Yanachaga Chemillén*. Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP). Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/sernanp/informes-publicaciones/1949459-parque-nacional-yanachaga-chemillen>

Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. (2020). *Mapa de niveles de presión de amenaza del Parque Nacional Yanachaga-Chemillén*. Geoportal del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP). Obtenido de <https://geoportal.sernanp.gob.pe/wp-content/uploads/2022/07/PARQUE-NACIONAL-YANACHAGA-CHEMILLEN.pdf>

Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. (2022). *Plan Maestro del Parque Nacional Yanachaga Chemillén 2022 – 2026*. Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP). Obtenido de <https://sis.sernanp.gob.pe/biblioteca/?publicacion=2541>

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR]. (2016). *Plan Nacional de Conservación del Oso Andino (Tremarctos ornatus) en el Perú. Periodo 2016 - 2026*. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/serfor/informes-publicaciones/1467150-plan-nacional-de-conservacion-del-oso-andino-en-el-peru>

Soberón, J., & Peterson, A. (2005). Interpretación de modelos de nichos ecológicos fundamentales y áreas de distribución de especies. *Biodiversity Informatics*, 2(0), 1-10. doi:<https://doi.org/10.17161/BI.V2I0.4>

Soberón-Jorge et al. (2017). Diferencias conceptuales entre modelación de nichos y modelación de áreas de distribución. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(2), 437-441. doi:<https://doi.org/10.1016/J.RMB.2017.03.011>

Suárez, V. (2023). Modelamiento de los efectos del cambio climático en la distribución del cóndor andino *Vultur gryphus* en Ayacucho, Perú. *esis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina*. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/69169644-a35b-4e93-902f-8da7dab52989>

- Torres, J. (2023). Modelo de Distribución Geográfica de la Especie *Leopardus tigrinus* (VU) Bajo Escenarios de Cambio Climático en Colombia. *Tesis de pregrado, Universidad Antonio Nariño*. Obtenido de <https://repositorio.uan.edu.co/items/12fd7998-bcbd-414f-9c25-e77432097624>
- UICN. (2017). Oso Andino. *Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN*. Obtenido de <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T22066A45034047.en>
- Uribe, E. (2015). *El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/df277d47-47a1-4466-84a4-82ee62adad54/content#:~:text=Entre%20los%20principales%20impactos%20del,y%20el%20Caribe%2C%20se%20incluyen%3A&text=Afectaci%C3%B3n%20de%20la%20ecolog%C3%ADa%20de,humedales%20>
- Velásquez, S. (2021). Evaluación de la capacidad de los modelos CMIP6 para simular la evapotranspiración y precipitación en el norte de Suramérica. *Tesis de pregrado, Universidad de Antioquia. Repositorio Institucional UdeA*. Obtenido de <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/entities/publication/48cf4ec1-e71d-462f-b63e-30fe573b5577>
- Villamayor-Julián et al. (2021). Causes of the long-term variability of southwestern South America precipitation in the IPSL-CM6A-LR model. *Climate Dynamics*, 57(9-10), 2391-2414. doi:<https://doi.org/10.1007/S00382-021-05811-Y/METRICS>
- Vos-Claeri et al. (2008). Adapting landscapes to climate change: examples of climate-proof ecosystem networks and priority adaptation zones. *Journal of Applied Ecology*, 45(6), 1722-1731. doi:<https://doi.org/10.1111/J.1365-2664.2008.01569.X>
- World Wide Fund for Nature (WWF). (2021). *Un nuevo informe del IPCC subraya la urgencia de actuar contra el cambio climático para evitar superar el peligroso límite de 1.5°C*.

- World Wide Fund for Nature (WWF). Obtenido de <https://www.wwf.org.pe/?368630/Un-nuevo-informe-del-IPCC-subraya-la-urgencia-de-actuar-contr-el-cambio-climatico-para-evitar-superar-el-peligroso-limite-de-15C>
- World Wildlife Fund [WWF]. (2022). *Informe Planeta VIVO. Hacia una sociedad con la naturaleza en positivo*. Suiza: Rosamunde Almond); Monique Grooten; Diego Juffe Bignoli ;Tanya Petersen; Barney Jeffries and Evan Jeffries; Katie Gough and Eleanor O'Leary. Obtenido de https://wwfes.awsassets.panda.org/downloads/descarga_informe_planeta_vivo_2022.pdf
- World Wide Fund for Nature. (2020). *Cambio climático: una amenaza creciente para la biodiversidad*. World Wide Fund for Nature (WWF). Obtenido de https://wwfes.awsassets.panda.org/downloads/ipv_2020_biodiversidad_y_cambio_climatico.pdf
- Yáñez, J. (2022). Modelamiento de la distribución espacial de la *Dipteryx micrantha* (Shihuahuaco) en el Perú. *Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal*. Obtenido de https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/6972/UNFV_FIGAE_Yanez_Alvarado_Jose_Titulo_profesional_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Yates-Katherine et al. (2018). Outstanding Challenges in the Transferability of Ecological Models. *Trends in Ecology and Evolution*, 33(10), 790-802. doi:<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tree.2018.08.001>
- Yujra-Jhessica et al. (2022). Cambio climático propiciado por la caza y venta ilegal del oso andino (*Tremarctos ornatus*) en zonas bolivianas. *Revista Estudiantil Agro-Vet*, 6(1), 99. Obtenido de http://revistasbolivianas.umsa.bo/pdf/reav/v6n2/v6n2_a11.pdf

Zunino, M., & Palestrini, C. (1991). El concepto de especie y la biogeografía. *Biología Animal*, 17(6), 95-88. Obtenido de <https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/2068/1/AB17%20%281991%29%20p%2085-88.pdf>

ANEXOS

Anexo A Matriz de operacionalización de variables

EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL OSO DE ANTEOJOS (<i>Tremarctos ornatus</i>) EN EL PARQUE NACIONAL YANACHAGA CHEMILLÉN – 2050									
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN	OPERACIÓN DE VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	DE
¿Cuál será el efecto del cambio climático en la distribución potencial del oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén para el año 2050?	Determinar el efecto del cambio climático en la distribución potencial del oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén para el año 2050.	<p>Hipótesis nula (H0). El cambio climático no tendrá un efecto significativo (nulo -bajo) sobre la distribución potencial del oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén para el año 2050, evidenciados mediante una pérdida o ganancia de hábitat que no superan el 10% del área actual y, una persistencia de al menos del 50% del hábitat actual en las zonas de mayor protección de la zonificación del parque.</p> <p>Hipótesis alterna (H1). El cambio climático tendrá un efecto significativo (medio -alto) sobre la distribución potencial del oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén para el año 2050, evidenciados mediante una pérdida o ganancia mayor al 10% del hábitat actual o una persistencia menor al 50% del hábitat actual en las zonas de mayor protección de la zonificación del parque.</p>	Distribución del oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>)	El área sobre el cual se distribuye una especie, es un fragmento del espacio geográfico donde este se encuentra presente e interactúa de manera no efímera con el ecosistema (Zunino y Palestini, 1991), depende de factores ambientales (biogeográficos, fisiológicos y ecológicos) (Alberto- Manríquez et al. 2015) y se determina a través de modelos de distribución de especies (Mateo-Felicitimo et al., 2011).	Se determinará los factores ambientales que condicionan la distribución del oso de anteojos en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén (Variable independiente) y se levantarán los puntos de ocurrencia de la especie (Variable independiente) dentro del parque (Pliscoff y Fuentes, 2011), para modelar la distribución del oso de anteojos utilizando el algoritmo MaxEnt (Navarro-Jove et al. 2020).	Variables ambientales	<ul style="list-style-type: none"> Factores físicos (altitud). Factores ambientales (ecosistema y uso de suelos). Factores climáticos (Bio7: rango anual de temperatura, Bio 16: Precipitación del trimestre más húmedo) 	<ul style="list-style-type: none"> Altitud: m.s.n.m. Ecosistema y suelos: variables categóricas. Bio7: °C × 10 Bio16: mm 	% (porcentaje) de contribución
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN	OPERACIÓN DE VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	DE
¿Cuáles son los factores ambientales que determinan la distribución del oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén?	Identificar los factores ambientales, climáticos y físicos que determinan la distribución del oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén.	<p>Hipótesis nula (H0). Los factores ambientales, climáticos y físicos tienen una nula (0%) o baja (<10%) influencia en la distribución del oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén.</p> <p>Hipótesis alterna (H1). Los factores ambientales, climáticos y físicos tienen una media (10% - 19.9%) o alta (≥ 20%) influencia en la distribución del oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén.</p>	Cambio climático	El cambio climático es la variación del estado del clima que se mantiene durante períodos largos, se deben a procesos naturales o forzamientos externos (IPCC, 2018a). Se utilizan 05 escenarios de emisiones, para su estudio a corto (2021 – 2040), mediano (2041 – 2060) y largo plazo (2081 – 2100)(IPCC, 2021a).	Para evaluar el impacto del cambio climático en la distribución del oso de anteojos (<i>Tremarctos ornatus</i>) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén, se proyectará la distribución de la especie sobre: 1) las condiciones climáticas actuales, para ello se utilizará las variables bioclimáticas históricas, junto con otras	Condiciones climáticas actuales	Variables históricas bioclimáticas	Grados Celsius (°C), milímetros anuales (mm).	

¿Cómo cambiará la distribución potencial del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén bajo los diferentes escenarios de emisión de gases de efecto invernadero proyectados para el año 2050?

Evaluar los cambios en la distribución potencial del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén bajo los diferentes escenarios de emisión de gases de efecto invernadero proyectados para el año 2050.

Hipótesis nula (H0). Los cambios en la distribución potencial del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén no superan el 10% de pérdida o ganancia de hábitat bajo los diferentes escenarios de emisión de gases de efecto invernadero proyectados para el año 2050.

Hipótesis alterna (H1). Los cambios en la distribución potencial del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén superan el 10% de pérdida o ganancia de hábitat bajo los diferentes escenarios de emisión de gases de efecto invernadero proyectados para el año 2050.

Hipótesis nula (H0). Las zonas de mayor protección de la zonificación del Parque Nacional Yanachaga Chemillén conservarán al menos el 50% del hábitat persistente del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) bajo los diferentes escenarios de emisión de gases de efecto invernadero proyectados para el año 2050.

Hipótesis alternativa (H1). Las zonas de mayor protección de la zonificación del Parque Nacional Yanachaga Chemillén conservarán menos del 50% del hábitat persistente del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) bajo los diferentes escenarios de emisión de gases de efecto invernadero proyectados para el año 2050. Las zonas de mayor protección del Parque Nacional Yanachaga Chemillén conservarán más del 50% del hábitat persistente del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) bajo los diferentes escenarios de emisión de gases de efecto invernadero proyectados para el año 2050.

¿Qué zonas de la zonificación del Parque Nacional Yanachaga Chemillén conservarán condiciones climáticas favorables para la persistencia del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) bajo los diferentes escenarios de emisión de gases de efecto invernadero proyectados para el año 2050?

Determinar que zonas de la zonificación del Parque Nacional Yanachaga Chemillén conservarán condiciones climáticas favorables para la persistencia del hábitat del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) bajo los diferentes escenarios de emisión de gases de efecto invernadero proyectados para el año 2050.

variables ambientales (Quispe y Nuñez, 2020). 2) las condiciones climáticas futuras, para ello se utilizará las variables bioclimáticas (Quispe y Nuñez, 2020) de 4 escenarios de emisión de gases de efecto invernadero proyectados para el año 2050 (IPCC, 2021a).

Condiciones climáticas futuras

Variables bioclimáticas futuras de cuatro Rutas Socioeconómicas compartidas (2041 – 2060):

• **SSP1 2.6 (emisiones bajas**

de GEI): forzamiento

radiativo = 2.6 w/m², T°

promedio = 1.7°C.

• **SSP2 4.5 (emisiones**

intermedias de GEI):

forzamiento radiativo = 4.5

w/m², T° promedio = 2.0°C.

• **SSP3 7.0 (emisiones altas de**

GEI): forzamiento radiativo

= 7.0 w/m², T° promedio =

2.1°C)

• **SSP5 8.5 (emisiones muy**

altas de GEI): forzamiento

radiativo = 8.5 w/m², T°

promedio = 2.4°C.

Grados Celsius (°C), milímetros anuales (mm).

Anexo B Autorización para el desarrollo de investigación en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén por parte de SERNANP – Oxapampa



Oxapampa, 28 de Febrero del 2025

CONSTANCIA DE RECEPCION N° 000001-2025-SERNANP/PNYCH-SGD

A la Señora **ESPINOZA ROSALES REYNA**, identificado con DNI N° 71980501, con domicilio en San Carlos – Huancabamba - Oxapampa; en calidad de investigador, de la Universidad Nacional Federico Villarreal.

Quien ha ingresado la Solicitud S/N de fecha 27/02/2025, con número de Expediente SGD 2025-0004758, e información complementaria a través de correo electrónico de fecha 27/02/2025, solicitando autorización para la investigación, en los supuestos distintos a los señalados en el artículo 4 del Decreto Supremo N° 010-2015-MINAM y el artículo 27 de la Resolución Presidencial N° 214-2021-SERNANP, denominado "Efecto del cambio climático sobre la distribución del oso de anteojos en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén – 2050", por el periodo de un (01) año, en el sector San Alberto, y en el cual intervienen como parte del equipo de investigación:

Nombres y Apellidos	Documento de Identidad	Nacionalidad
Espinoza Rosales Reyna	71980501	Peruana
Huayhua Huamani Jorge Luis	74147449	Peruana

La investigación no se encuentra dentro de los supuestos contemplados en el numeral 4.1 del artículo 4 del Decreto Supremo N°010-2015-MINAM, cumpliendo con los requisitos previstos en el Procedimiento Administrativo denominado "Autorización para la investigación al interior de áreas naturales protegidas de administración nacional en los supuestos distintos a los señalados en el artículo 4 del Decreto Supremo N° 010-2015-MINAM" del Texto Único de Procedimientos Administrativos - TUPA del SERNANP.

Se expide el presente documento el cual constituye la autorización de investigación dentro de la jurisdicción del Parque Nacional Yanachaga Chemillén, la cual caducará automáticamente al vencer el plazo concedido, por el incumplimiento de los compromisos adquiridos estipulados en el Anexo 1 de la presente; o por cualquier daño al patrimonio natural, sin perjuicio de las responsabilidades administrativas, civiles o penales que pudieran originarse.

Atentamente,

Ing. Betuwill Daniel Orzano Quispe
 Jefe (e) del Parque Nacional Yanachaga Chemillén
 Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado
 SERNANP



Anexo C Registros de ocurrencia del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) por parte de SERNANP – Oxapampa



Procedo a firmar este por ANTEZANO ANGOMA Salome Fátima 2047653178
 CUI
 Cargo: Jefe de Anp - Parque Nacional Yanachaga-Chemillén
 Motivo: Act. al Acta de Documento
 Fecha: 14.03.2025 14:34:35 -0500

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
 "Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

Oxapampa, 14 de Marzo del 2025

CARTA N° 000014-2025-SERNANP/PNYCH-SGD

Señorita
ESPINOZA ROSALES REYNA
 DNI: 71980501
 San Carlos Oxapampa_PASCO-OXAPAMPA-OXAPAMPA
respinozarosales96@gmail.com

Presente. –

Asunto : Registros de puntos de ocurrencia del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén.

Referencia : CARTA S/N

De mi mayor consideración. –

Tengo el agrado de dirigirme a usted, para saludarlo cordialmente y, a la vez, en atención al documento de referencia, mediante el cual usted solicita *registros de puntos de ocurrencia del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*)*; En ese sentido, remito registros que cuenta el PN Yanachaga chemillén siendo estos de los años 2022 y 2023, los cuales se adjuntan al siguiente link: <https://archivosgd.sernanp.gob.pe/sgd-anexos/download/9346b3d7-f3e0-416e-81fd-2b7e64d38c7e>

Finalmente mencionar, respetar los créditos de la información que se remite a su representada, de acuerdo al uso que le va dar.

Sin otro particular, hago propicia la oportunidad de hacerle llegar mis consideraciones más distinguidas. Atentamente,

Atentamente,

(Firma y Sello)

SALOME ANTEZANO ANGOMA
 JEFE DE ANP - PARQUE NACIONAL YANACHAGA CHEMILLEN

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 025-2015-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: <https://sgd.sernanp.gob.pe/verificador-doc-web/lnico.do> e ingresando la siguiente clave: 088UW4Y



Anexo D Ficha de recolección de puntos de ocurrencia del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*).

Especie	Latitud	Longitud	Año	Observación	Fecha	Lugar	Investigador / Guardaparque
<i>Tremarctos ornatus</i>	-10.549258	-75.358127	2025	Heces	1/03/2025	Parque Nacional Yanachaga Chemillén Circuito orquídeas	Reyna Espinoza / Ronald
<i>Tremarctos ornatus</i>	-10.548399	-75.359229	2025	Rasguño	1/03/2025	Parque Nacional Yanachaga Chemillén Circuito orquídeas	Reyna Espinoza / Ronald
<i>Tremarctos ornatus</i>	-10.548287	-75.359332	2025	Restos de bromelias	1/03/2025	Parque Nacional Yanachaga Chemillén Circuito orquídeas	Reyna Espinoza / Ronald
<i>Tremarctos ornatus</i>	-10.548783	-75.358608	2025	Restos de bromelias	1/03/2025	Parque Nacional Yanachaga Chemillén Circuito orquídeas	Reyna Espinoza / Ronald

Anexo E Fotos de visita de campo

- Ingreso al Parque Nacional Yanachaga Chemillén – sector San Alberto, Oxapampa



- Coordinación con el guardaparque Ronald



- Bromelias, alimento preferido por el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*)



Anexo F Extracción de variables en los puntos de ocurrencia del oso de anteojos (Tremarctos ornatus)

ESPECIE	LATITUD	LONGITUD	FUENTE	altitud	Ecosistema	Suelos	Bio1	Bio2	Bio3	Bio4	Bio5	Bio6	Bio7	Bio8	Bio9	Bio10	Bio11	Bio12	Bio13	Bio14	Bio15	Bio16	Bio17	Bio18	Bio19
Tremarctos ornatus	-10.191	-75.585167	GBIF	9999	2	4	20.6875	12.008298	82.8161011	50.4580994	27.3999996	12.8999996	14.5	20.6166992	20.0167007	21.2667007	20.0167007	1137	159	34	50.7168007	464	107	272	107
Tremarctos ornatus	10.18850304	-75.56625797	SERNANP OXAPAMPA A	1577	5	4	20.6124992	12.0916996	82.8196003	50.7276993	27.3999996	12.8000002	14.6000004	20.5333004	19.9500008	21.2166996	19.9500008	1068	153	30	53.1183014	443	92	256	92
Tremarctos ornatus	-10.188582	75.56628102	SERNANP OXAPAMPA A	1577	5	4	20.6124992	12.0916996	82.8196003	50.7276993	27.3999996	12.8000002	14.6000004	20.5333004	19.9500008	21.2166996	19.9500008	1068	153	30	53.1183014	443	92	256	92
Tremarctos ornatus	-10.207415	-75.584487	GBIF	1169	5	4	20.7917004	11.9499998	83.56663986	47.9504013	27.3999996	13.1000004	14.3000002	20.7332993	20.1499996	21.3332996	20.1499996	1239	171	39	49.5303001	499	120	299	120
Tremarctos ornatus	10.27270167	75.51214833	SERNANP OXAPAMPA A	2011	8	4	19.3041992	12.2417002	81.6110992	55.8592987	26.2000008	11.1999998	15	19.2667007	18.5667	19.9500008	18.5667	943	142	22	57.1579018	405	72	224	72
Tremarctos ornatus	10.27333603	75.50884201	SERNANP OXAPAMPA A	1934	5	4	19.3041992	12.2417002	81.6110992	55.8592987	26.2000008	11.1999998	15	19.2667007	18.5667	19.9500008	18.5667	943	142	22	57.1579018	405	72	224	72
Tremarctos ornatus	-10.274273	-75.512253	SERNANP OXAPAMPA A	2044	8	4	19.3041992	12.2417002	81.6110992	55.8592987	26.2000008	11.1999998	15	19.2667007	18.5667	19.9500008	18.5667	943	142	22	57.1579018	405	72	224	72
Tremarctos ornatus	-10.3375	-75.2548	GBIF	379	3	4	24.6499996	11.0166998	86.7453995	43.6411018	30.6000004	17.8999996	12.6999998	24.8500004	24	24.9832993	24	2219	288	83	42.8728981	828	263	742	263
Tremarctos ornatus	-10.3341	-75.2614	GBIF	619	3	4	24.0167007	11.3000002	85.6061002	44.0213013	30.2000008	17	13.1999998	24.1667004	23.3833008	24.4167004	23.3833008	2151	274	80	43.7498016	809	249	541	249
Tremarctos ornatus	-10.3299	-75.2594	GBIF	9999	3	4	24.5042	11.0916996	86.6536006	43.9244003	30.5	17.7000008	12.8000002	24.7000008	23.8500004	24.8332996	23.8500004	2218	286	82	42.9015999	827	262	566	262
Tremarctos ornatus	-10.313056	-75.649167	GBIF	3267	7	1	12.1042004	12.4250002	79.6473999	61.8818016	19	3.4000001	15.6000004	12.25	11.1999998	12.7666996	11.1999998	1010	147	24	54.1249008	427	91	310	91
Tremarctos ornatus	-10.319444	-75.644167	GBIF	3315	7	1	11.8625002	12.4417	79.7543003	61.6487007	18.7999992	3.2	15.6000004	12.0166998	10.9666996	12.5333004	10.9666996	1002	150	21	57.1254997	432	78	312	78
Tremarctos ornatus	-10.315556	-75.645278	GBIF	3328	1	1	12.1042004	12.4250002	79.6473999	61.8818016	19	3.4000001	15.6000004	12.25	11.1999998	12.7666996	11.1999998	1010	147	24	54.1249008	427	91	310	91
Tremarctos ornatus	-10.315556	-75.648889	GBIF	3305	1	1	12.1042004	12.4250002	79.6473999	61.8818016	19	3.4000001	15.6000004	12.25	11.1999998	12.7666996	11.1999998	1010	147	24	54.1249008	427	91	310	91
Tremarctos ornatus	-10.315	-75.648611	GBIF	3310	1	1	12.1042004	12.4250002	79.6473999	61.8818016	19	3.4000001	15.6000004	12.25	11.1999998	12.7666996	11.1999998	1010	147	24	54.1249008	427	91	310	91
Tremarctos ornatus	-10.315	-75.648333	GBIF	3316	1	1	12.1042004	12.4250002	79.6473999	61.8818016	19	3.4000001	15.6000004	12.25	11.1999998	12.7666996	11.1999998	1010	147	24	54.1249008	427	91	310	91
Tremarctos ornatus	-10.3375	-75.656944	GBIF	3313	7	1	11.8708	12.4917002	79.5647996	62.9739999	18.7999992	3.0999996	15.6999998	12.0333004	10.9499998	12.5333004	10.9499998	992	148	18	57.2420998	428	74	307	74
Tremarctos ornatus	-10.315278	-75.648333	GBIF	3315	1	1	12.1042004	12.4250002	79.6473999	61.8818016	19	3.4000001	15.6000004	12.25	11.1999998	12.7666996	11.1999998	1010	147	24	54.1249008	427	91	310	91
Tremarctos ornatus	-10.314722	-75.648889	GBIF	3303	1	1	12.1042004	12.4250002	79.6473999	61.8818016	19	3.4000001	15.6000004	12.25	11.1999998	12.7666996	11.1999998	1010	147	24	54.1249008	427	91	310	91
Tremarctos ornatus	-10.3767	-75.2453	GBIF	413	3	4	24.6082993	11.0333004	86.1978998	46.9445	30.6000004	17.7999996	12.8000002	24.8332996	23.8999996	24.9500008	23.8999996	2191	286	81	42.9888992	820	258	731	258
Tremarctos ornatus	-10.342222	-75.6325	GBIF	3348	7	4	12.3083	12.3167	79.4624023	62.4075012	19.2000008	3.7	15.5	12.4666996	11.3999996	12.9666996	11.3999996	985	145	21	54.8605995	419	84	302	84
Tremarctos ornatus	-10.343333	-75.621944	GBIF	3179	-9999	4	12.9958	12.2582998	79.5996006	63.1540995	19.7999996	4.4000000	15.3999996	13.1499996	12.0667	13.6499996	12.0667	944	138	22	54.3736992	401	85	290	85
Tremarctos ornatus	-10.3425	-75.636667	GBIF	3517	7	4	11	12.4167004	79.5940018	64.2085037	17.8999996	2.3	15.6000004	11.2333002	10.0500002	11.6499996	10.0500002	1104	164	22	55.1702995	470	89	336	89
Tremarctos ornatus	-10.3794	-75.2394	GBIF	418	3	4	24.4417	11.1000004	86.0465012	44.6619987	30.5	17.6000004	12.8999996	24.6499996	23.7667007	24.7833004	23.7667007	2191	284	82	42.8437004	819	259	557	259

Tremarctos ornatus	-10.3837	-75.2428	GBIF	410	6	4	24.46669 96	11.08329 74	85.91729 95	46.92029 30.5	17.60000 04	12.89999 96	24.6833	23.76670 07	24.8167	23.76670 07	2187	284	82	42.85079 96	819	259	725	259	
Tremarctos ornatus	-10.3945	-75.2409	GBIF	762	3	4	23.58749 96	11.49170 02	85.12349 7	46.86169 82	29.89999 96	16.39999 96	13.5	23.76670 07	22.91670 04	24.03330 04	22.91670 04	2060	260	77	43.50630 19	777	240	507	240
Tremarctos ornatus	-10.395	-75.2464	GBIF	568	3	4	24.07500 08	11.28330 04	85.47979 74	45.10089 87	30.29999 92	17.10000 04	13.19999 98	24.25	23.41670 04	24.46669 96	23.41670 04	2138	274	80	43.26070 02	804	249	536	249
Tremarctos ornatus	-10.3874	-75.2614	GBIF	443	6	4	24.32920 07	11.15830 04	46.58610 3	30.39999 15	17.5	12.89999 96	24.53330 04	23.63330 08	24.6833	23.63330 08	2175	280	82	42.87060 17	815	255	549	255	
Tremarctos ornatus	10.3961950 3	-	SERNANP - OXAPAMP A	2388	5	4	16.07920 07	12.3083	80.44660 19	59.10150 15	23	7.699999 8	15.30000 02	16.10000 04	15.26669 98	16.73329 93	15.26669 98	901	138	20	59.76369 86	399	69	281	69
Tremarctos ornatus	10.3991140 3	-75.478453	SERNANP - OXAPAMP A	2296	-9999	2	17.21249 96	12.375	80.35710 14	59.62480 16	24.20000 08	8.800000 2	15.39999 96	17.23329 93	16.38330 08	17.86669 92	16.38330 08	931	144	20	60.00320 05	412	69	291	69
Tremarctos ornatus	10.3986080 2	-75.4782820 1	SERNANP - OXAPAMP A	2302	-9999	2	17.21249 96	12.375	80.35710 14	59.62480 16	24.20000 08	8.800000 2	15.39999 96	17.23329 93	16.38330 08	17.86669 92	16.38330 08	931	144	20	60.00320 05	412	69	291	69
Tremarctos ornatus	-10.4175	-75.446389	GBIF	3515	1	4	12.3083	12.3167	79.46240 23	64.76650 24	19.20000 08	3.7	15.5	12.4333	11.38329 98	13.01669 98	11.38329 98	992	154	22	60.50889 97	442	68	308	68
Tremarctos ornatus	-10.437222	-75.457778	GBIF	2345	5	2	17.1833	12.58329 96	80.66239 93	60.42779 92	24.29999 92	8.699999 8	15.60000 04	17.20000 08	16.35000 04	17.85000 04	16.35000 04	950	148	19	61.18590 16	424	67	298	67
Tremarctos ornatus	10.4454519 6	-75.4339440 1	SERNANP - OXAPAMP A	2372	5	4	17.1292	12.49170 02	81.11470 03	59.44660 19	24.10000 04	8.699999 8	15.39999 96	17.14999 96	16.29999 92	17.78330 04	16.29999 92	970	151	19	60.75630 19	431	69	303	69
Tremarctos ornatus	-10.454898	-75.427718	SERNANP - OXAPAMP A	2289	5	2	17.13750 08	12.49170 02	80.59140 01	60.30699 92	24.20000 08	8.699999 8	15.5	17.16670 04	16.29999 92	17.79999 92	16.29999 92	985	153	20	60.20119 86	436	71	306	71
Tremarctos ornatus	10.4750389 8	-75.4153090 2	SERNANP - OXAPAMP A	2337	5	2	16.5583	12.48330 02	80.02140 05	62.26169 97	23.60000 04	8	15.60000 04	16.60000 04	15.6833	17.23329 93	15.6833	960	149	21	60.46749 88	427	71	298	71
Tremarctos ornatus	-10.518056	-75.354722	GBIF	2607	1	4	15.2458	12.10830 02	79.13939 67	63.94100 19	22.10000 04	6.800000 2	15.30000 02	15.3167	14.35000 04	15.94999 98	14.35000 04	977	148	27	56.40660 1	426	88	294	88
Tremarctos ornatus	-10.514722	-75.323056	GBIF	2052	5	4	17.4375	11.875	79.69799 8	58.9347	24.20000 08	9.300000 2	14.89999 96	17.46669 96	16.61669 92	18.0667	16.61669 92	1220	180	39	51.21210 1	510	127	273	127
Tremarctos ornatus	-10.484836	-75.414897	SERNANP - OXAPAMP A	2187	5	-9999	17.41250 04	12.65830 04	80.11599 73	61.97959 9	24.60000 04	8.800000 2	15.80000 02	17.46669 96	16.54999 92	18.08329 96	16.54999 92	1023	160	21	60.48030 09	454	74	317	74
Tremarctos ornatus	-10.549258	-75.358127	Visita de campo 2025	2647	1	4	15.2458	12.29170 04	79.30110 17	64.68309 78	22.20000 08	6.699999 8	15.5	15.33329 96	14.33329 96	15.96669 96	14.33329 96	979	148	25	57.01739 88	428	84	296	84
Tremarctos ornatus	-10.548	-75.359229	Visita de campo 2025	2613	1	4	16.54170 04	12.39999 96	79.48719 79	64.73139 95	23.60000 04	8	15.60000 04	16.61669 92	15.63329 98	17.25	15.63329 98	1040	160	24	58.00350 19	456	85	315	85
Tremarctos ornatus	-10.548287	-75.359	Visita de campo 2025	2618	1	4	16.54170 04	12.39999 96	79.48719 79	64.73139 95	23.60000 04	8	15.60000 04	16.61669 92	15.63329 98	17.25	15.63329 98	1040	160	24	58.00350 19	456	85	315	85
Tremarctos ornatus	-10.549	-75.358608	Visita de campo 2025	2632	1	4	16.54170 04	12.39999 96	79.48719 79	64.73139 95	23.60000 04	8	15.60000 04	16.61669 92	15.63329 98	17.25	15.63329 98	1040	160	24	58.00350 19	456	85	315	85
Tremarctos ornatus	-10.5333	-75.3667	GBIF	2531	1	4	15.5583	12.4333	79.70089 72	64.94170 38	22.60000 04	7	15.60000 04	15.63329 98	14.64999 96	16.28330 04	14.64999 96	973	148	24	57.43519 97	426	84	296	84
Tremarctos ornatus	-10.545235	-75.358358	SERNANP - OXAPAMP A	2442	5	4	16.54170 04	12.39999 96	79.48719 79	64.73139 95	23.60000 04	8	15.60000 04	16.61669 92	15.63329 98	17.25	15.63329 98	1040	160	24	58.00350 19	456	85	315	85
Tremarctos ornatus	10.5472256 2	-75.3451714 9	SERNANP -	3013	1	4	14.08329 96	12.1833	79.11260 22	65.30809 78	21	5.599999 9	15.39999 96	14.16670 04	13.16670 04	14.8167	13.16670 04	977	146	26	55.58919 91	423	87	293	87

Anexo G Matriz de correlación de Pearson

	Altitud	Ecosistema	Suelos	Bio1	Bio2	Bio3	Bio4	Bio5	Bio6	Bio7	Bio8	Bio9	Bio10	Bio11	Bio12	Bio13	Bio14	Bio15	Bio16	Bio17	Bio18	Bio19	
Altitud	1																						
Ecosistema	-0.074791991	1																					
Suelos	-0.020229162	-0.0360787	1																				
Bio1	0.595646109	0.073245746	0.011714393	1																			
Bio2	0.526839708	0.120235663	0.166382554	0.827244761	1																		
Bio3	-0.594641144	0.113552254	0.063735221	0.920165949	-0.90799209	1																	
Bio4	0.607868681	0.091535665	0.075110552	0.900815418	0.858902578	-0.975295543	1																
Bio5	-0.590049595	0.068391457	0.027106107	0.998592365	-0.797661372	0.90124392	-0.884426514	1															
Bio6	-0.599160023	0.079911073	0.002775699	0.99892152	-0.8511511	0.934595947	-0.91351172	0.99510457	1														
Bio7	0.572196873	0.119022052	0.126322121	0.892382281	0.980898142	-0.971868431	0.935377849	0.867324335	0.912269196	1													
Bio8	-0.594799242	0.074794564	0.010482716	0.999806398	-0.835826945	0.925314034	0.903544061	0.997532131	0.999434882	-0.899361958	1												
Bio9	-0.597214136	0.073846788	0.010206694	0.999955603	-0.827073907	0.92168422	0.903988056	0.998483504	0.998966454	-0.89305976	0.999706955	1											
Bio10	-0.594065792	0.072708228	0.013903679	0.999869187	-0.820159332	0.914170085	-0.895319171	0.999240392	0.998139731	-0.885759065	0.999409877	0.999792389	1										
Bio11	-0.597214136	0.073846788	0.010206694	0.999955603	-0.827073907	0.92168422	0.903988056	0.998483504	0.998966454	-0.89305976	0.999706955	1											
Bio12	-0.488696264	0.157101639	0.061346611	0.804450512	-0.95409399	0.917815923	0.849221545	0.774853403	0.827543963	-0.956528827	0.815568018	0.803719953	0.795887638	1									
Bio13	-0.479867881	0.159517722	0.039314326	0.808113165	-0.946121596	0.907790891	0.831536268	0.779912524	0.829812291	-0.946985701	0.819234063	0.806684699	0.799890398	0.806684699	1								
Bio14	-0.501943154	0.156925215	0.086884847	0.820315417	-0.974000736	0.918879996	0.859465001	0.791011058	0.843391389	-0.969378679	0.830548017	0.81976771	0.81239656	0.81976771	0.993915074	1							
Bio15	0.496470646	0.183341852	0.162710301	0.698685161	0.933323849	0.855789492	0.834578717	0.663062757	0.728099318	0.918994149	-0.709013947	-0.69997264	-0.689149502	-0.69997264	0.924526881	0.899629805	0.942479392	1					
Bio16	-0.479924323	0.160004286	0.046504576	0.804541626	-0.946525643	0.908903696	-0.835392071	0.775915765	0.826700862	-0.947879612	0.815718171	0.803469846	0.796228937	0.803469846	0.998770362	0.999242363	0.990374264	-0.907609987	1				
Bio17	-0.486854825	0.15451411	0.088346732	0.785518969	-0.963936477	0.903533522	-0.840046351	0.754033274	0.810267451	-0.955805048	0.796836196	0.784876882	0.776734148	0.784876882	0.995711411	0.989069259	0.996837999	-0.948176942	0.991805175	1			
Bio18	-0.362314456	0.117231933	0.037084375	0.680134243	-0.87836765	0.816813775	-0.712336673	0.647818233	0.704679372	-0.864221087	0.693353516	0.678094981	0.670610641	0.678094981	0.93858215	0.945488058	0.919204714	-0.829593202	0.941534324	0.932718544	1		
Bio19	-0.486854825	0.15451411	0.088346732	0.785518969	-0.963936477	0.903533522	-0.840046351	0.754033274	0.810267451	-0.955805048	0.796836196	0.784876882	0.776734148	0.784876882	0.995711411	0.989069259	0.996837999	-0.948176942	0.991805175	0.932718544	0.932718544	1	