

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES ESCUELA
PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y
AGUA



**“MODELAMIENTO DE LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL GUÁCHARO
(*Steatornis caripensis*) EN LA CUENCA DE ALTO HUALLAGA: UN ENFOQUE BAJO
ESCENARIO DE CAMBIO CLIMATICO”**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

BACH. BERNARDO JUSTO VIGILIO

Tingo María-Perú 2025



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N° 111-2025-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 15 de setiembre de 2025, a horas 12:24 p.m. en la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“MODELAMIENTO DE LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL GUÁCHARO
(*Steatornis caripensis*) EN LA CUENCA DE ALTO HUALLAGA: UN ENFOQUE BAJO
ESCENARIO DE CAMBIO CLIMATICO”**

Presentado por el Bachiller: **JUSTO VIGILIO, BERNARDO** después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de “**MUY BUENA**”.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 15 de octubre de 2025

Dr. JOSE DOLORES LEVANO CRISOSTOMO
PRESIDENTE

Ing. MSc. MARCO ANTONIO DUEÑAS TUESTA
MIEMBRO

Dr. LADISLAO RUIZ RENGIFO
MIEMBRO

Ing. MSc. HOMER SANDOVAL SAAVEDRA
ASESOR

Dr. NELINO FLORIDA ROFNER
ASESOR





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

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 368 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Jefe de la Unidad de Soporte Científico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
MODELAMIENTO DE LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL GUÁCHARO (<i>Steatornis caripensis</i>) EN LA CUENCA DE ALTO HUALLAGA: UN ENFOQUE BAJO ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO	BERNARDO JUSTO VIGILIO	07 % Siete	Menor a 20 %

Tingo María, 17 de noviembre de 2025.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO

 ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES
 JEFE



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
VICERRECTOR DE INVESTIGACION UNIDAD DE GESTIÓN DE LA
INVESTIGACIÓN

“Promoviendo la Calidad de la Investigación”

REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO UNIVERSITARIO

Universidad	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad	: Recursos Naturales Renovables
Escuela profesional/	: Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua
Título de Tesis	: Modelamiento de la distribución potencial del guácharo (<i>Steatornis caripensis</i>) en la Cuenca de Alto Huallaga: un enfoque bajo escenario de cambio climático.
Objetivo General	: Realizar el modelamiento de la distribución potencial del guácharo <i>Steatornis caripensis</i> en el presente y futuro bajo 2 escenarios (SSP1 y SSP5) para el periodo 2041-2060 en la Cuenca de Alto Huallaga.
Autor de la tesis	: Bach. Bernardo Justo Vigilio
DNI	: 73264853
Correo Electrónico	: bernardo.justo@unas.edu.pe
Asesores de Tesis	: Dr. Nelino Florida Rofner Ing. M.Sc. Homer Sandoval Saavedra
Área de Investigación	: Valorización de la biodiversidad, recursos naturales biotecnología
Grupo de Investigación	: Ordenamiento del paisaje, gobernanza y adaptación al cambio climático
Línea (s) de investigación	: Ordenamiento del paisaje, gobernanza y adaptación al cambio climático
Lugar de Ejecución	: Cuenca de Alto Huallaga
Fecha Inicio	: 23 de mayo 2024
Fecha Termino	: 15 de mayo 2025
Financiamiento	: Propio (x) FIF () Eterno ()
Presupuesto	: S/. 7,775.00

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN
DE SUELOS Y AGUA



Universidad	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad	: Recursos Naturales Renovables
Escuela profesional/	: Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua
Título de Tesis	: Modelamiento de la distribución potencial del guácharo <i>Steatornis caripensis</i> en la Cuenca de Alto Huallaga: un enfoque bajo escenario de cambio climático.
Objetivo General	: Realizar el modelamiento de la distribución potencial del guácharo <i>Steatornis caripensis</i> en el presente y futuro bajo 2 escenarios (SSP1 y SSP5) para el periodo 2041-2060 en la Cuenca de Alto Huallaga.
Autor de la tesis	: Bach. Bernardo Justo Vigilio
Asesores de Tesis	: Dr. Nelino Florida Rofner Ing. M.Sc. Homer Sandoval Saavedra
Área de Investigación	: Valorización de la biodiversidad, recursos naturales biotecnología
Grupo de Investigación	: Ordenamiento del paisaje, gobernanza y adaptación al cambio climático
Línea (s) de investigación	: Ordenamiento del paisaje, gobernanza y adaptación al cambio climático
Lugar de Ejecución	: Cuenca de Alto Huallaga
Fecha Inicio	: 23 de mayo 2024
Fecha Terminó	: 15 de mayo 2025
Financiamiento	: Propio (x) FIF () Eterno ()
Presupuesto	:

DEDICATORIA

A Dios, por ser la guía constante en cada paso de mi vida, por brindarme la fortaleza, sabiduría y perseverancia para culminar esta importante etapa académica.

A mis padres Vicente Justo Ferrer y Ignacia Vigilio Villanueva, por su amor incondicional, sus enseñanzas, sacrificios y apoyo permanente, pilares fundamentales en mi formación personal y profesional. Esta meta también es de ustedes.

A mi hermana Yenifer Guadalupe Justo Vigilio y hermano Jaime Justo Vigilio, primo Royer Vigilio Alarcón y Ruiz Justo Cervantes, mi tía Angelica Justo Ferrer y tío Telesforo Justo Ferrer, por ser fuente de motivación constante, por creer en mí y animarme a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles.

A mis docentes y asesores, por compartir su conocimiento, por su orientación y exigencia académica, que han sido clave para la realización de esta investigación.

Finalmente, a todas las personas que, de una u otra manera, han contribuido a este logro. Mi agradecimiento eterno.

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento a la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por brindarme la oportunidad de formarme como profesional, y a la Facultad de Recursos Naturales Renovables por proporcionar las herramientas y conocimientos necesarios para el desarrollo de esta investigación. Expreso mi más profundo reconocimiento al Dr. Nelino Florida Rofner y al Ing. M.Sc. Homer Sandoval Saavedra, asesores de tesis, por su valioso acompañamiento, orientación y compromiso durante todo el proceso de investigación. Su experiencia y rigurosidad científica fueron fundamentales para el logro de este trabajo.

Agradezco a los docentes del programa de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua, quienes con su enseñanza contribuyeron a mi formación académica.

A mis padres, por su amor, esfuerzo y constante apoyo; a mi familia, por estar presente en cada momento importante de mi vida; y a mis amigos y compañeros de estudio, por su compañía, colaboración y estímulo permanente.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas, instituciones y plataformas científicas como GBIF, Google Earth Engine, entre otras, que de manera directa o indirecta hicieron posible la realización de esta tesis.

¡A todos, muchas gracias!

ÍNDICE

Página

I.	INTRODUCCIÓN.....	17
	1.1. Objetivo general	18
	1.2. Objetivos específicos.....	18
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	19
	2.1. Antecedentes	19
	2.1.1. Internacionales	19
	2.1.2. Antecedentes nacionales	20
	2.2. Marco teórico	20
	2.2.1. Cuenca hidrográfica	20
	2.2.2. Morfometría de una cuenca.....	21
	2.2.3. <i>Steatornis caripensis</i>	21
	2.2.4. Hábitat del guácharo	22
	2.2.5. Ecología del guácharo	22
	2.2.6. Fundamentos de biogeografía y distribución de especies	23
	2.2.7. Cambio Climático	23
	2.2.8. Trayectorias económicas compartidas	23
	2.2.9. Modelamiento	24
	2.2.10. Técnicas de modelado	25
	2.2.11. Modelos de distribución de especies.....	25
	2.2.12. Modelamiento ecológico de especies: enfoque y herramientas	25
	2.2.13. Datos de presencia de especies	25
	2.2.14. Variables ambientales	26
	2.2.15. Variables ambientales y orográficas en el modelado ecológico	26
	2.2.16. MaxEnt.....	26
	2.2.17. Evaluación y validación de modelos con MaxEnt	27
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
	3.1. Ubicación del área de estudio	28

3.1.1. Características generales de la zona	29
c) Zona de vida	29
d) Cobertura vegetal de vida	29
e) Formaciones ecológicas	29
3.2. Materiales y equipos.....	30
3.2.1. Materiales	30
3.2.2. Materiales de campo	30
3.2.3. Equipos de campo.....	30
3.2.4. Software.....	30
3.3. Grupo de estudios	30
3.4. Base de datos	30
3.4.1. Datos de ocurrencia	30
3.4.2. Datos de clima	30
3.4.3. Datos orográficos.....	30
3.5. Tipo y diseño	31
3.5.1. Datos de ocurrencia	31
3.5.2. Población y muestra.....	32
3.6. Metodología.....	32
3.6.1. De la determinación de la distribución espacial del <i>Steatornis caripensis</i> en la Cuenca Alto Huallaga bajo la idoneidad del territorio	32
3.6.2. De la determinar la distribución del guácharo (<i>Steatornis caripensis</i>) bajo escenario socioeconómicos del periodo 2041-2060.....	33
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.1. Distribución del guácharo (<i>Steatornis caripensis</i>) en la Cuenca de Alto Huallaga...	35
4.1.1 Población y muestra.....	35
4.1.2. Validación de modelo	36
4.1.3. Variables de mayor importancia en el modelo	37
4.2. Distribución del guácharo (<i>Steatornis caripensis</i>) en la Cuenca de Alto Huallaga...	38
4.2.1. Población y muestra.....	38
4.2.2. Validación de modelos de SSP1 Y SSP5	40
4.2.3. Variables de mayor importancia en el modelo	42
V. CONCLUSIONES.....	44
VI. PROPUESTAS A FUTURO	45

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
VIII. ANEXOS.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Operacionalización de variables	30
2. Distribución del <i>Steatornis caripensis</i> en la Cuenca de Alto Huallaga	34
3. Distribución bajo escenario socioeconómicos (SSP1 y SSP5) del periodo 2041-2060	37
4. Registro de presencia de la especie	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Guácharo y su hábitat (cavernas) como un medio ecológico	20
2. Cinco tipos de escenarios basados en las SSP, con diferentes retos socioeconómicos de mitigación y adaptación.....	22
3. Ubicación geográfica de la cuenca Alto Huallaga.....	26
4. Área bajo la curva (AUC) de la modelación del <i>Steatornis caripensis</i>	34
5. Prueba de Jackknife.....	35
6. Área bajo la curva (AUC) de la modelación del <i>Steatornis caripensis</i> bajo el escenario de SSP1.....	38
7. Área bajo la curva (AUC) de la modelación del <i>Steatornis caripensis</i> bajo el escenario SSP5.....	39
8. Prueba de Jackknife para los datos de prueba SSP1.....	39
9. Prueba de Jackknife para los datos de prueba SSP5.....	40
10. La distribución espacial en la Cuenca de Alto Huallaga bajo la idoneidad del territorio, generado por MaxEnt siguientes muestran la media puntual y la desviación estándar.....	50
11. Distribución espacial en la Cuenca de Alto Huallaga bajo la idoneidad del territorio en ArcGis.....	51
12. Mapa de distribución espacial en la Cuenca de Alto Huallaga	52
13. Distribución espacial futura ante un escenario de sostenibilidad (SSP1) bajo la idoneidad del territorio del periodo 2041-2060 generado por MaxEnt.....	53
14. Distribución espacial futura ante un escenario de sostenibilidad (SSP1) bajo la idoneidad del territorio del periodo 2041-2060 en ArcGis.....	54
15. Distribución espacial futura ante un escenario de uso de combustibles fósiles (SSP5) bajo la idoneidad del territorio del periodo 2041-2060, generado por MaxEnt	55
16. Distribución espacial futura ante un escenario de combustibles fósiles (SSP5) bajo la idoneidad del territorio del periodo 2041-2060 en ArcGis.....	56
17. Diagrama de dispersión de la distribución espacial bajo la idoneidad del territorio actual.....	57
18. Gráfica de barras de la distribución espacial futura ante un escenario de combustibles fósiles (SSP5).	57
19. Gráfica de barras de la distribución espacial futura ante un escenario de sostenibilidad (SSP1).....	58

20. Gráfica de barras de la distribución espacial	58
21. Gráfica de contribución de la variable temperatura promedio anual (bio 1) para el modelado en la prueba de Jackknife.....	59
22. Gráfica de contribución de la variable rango medio diurno (temp max – temp min; promedio mensual) (bio 2) para el modelado en la prueba de Jackknife	59
23. Gráfica de contribución de la variable isothermalidad (BIO1/BIO7) * 100 (bio 3) para el modelado en la prueba de Jackknife	60
24. Gráfica de contribución de la variable estacionalidad en temperatura (bio 4) para el modelado en la prueba de Jackknife.....	60
25. Gráfica de contribución de la variable temperatura máxima del período más caliente (bio 5) para el modelado en la prueba de Jackknife	61
26. Gráfica de contribución de la variable temperatura mínima del período más frío (bio6) para el modelado en la prueba de Jackknife	61
27. Gráfica de contribución de la variable rango anual de temperatura (BIO5-BIO6) (bio7) para el modelado en la prueba de Jackknife.....	62
28. Gráfica de contribución de la variable temperatura media en el trimestre más lluvioso (bio 8) para el modelado en la prueba de Jackknife.	62
29. Gráfica de contribución de la variable temperatura promedio en el trimestre más seco (bio 9) para el modelado en la prueba de Jackknife.	63
30. Gráfica de contribución de la variable temperatura promedio en el trimestre más caluroso (bio 10) para el modelado en la prueba de Jackknife.....	63
31. Gráfica de contribución de la variable temperatura promedio en el trimestre más frío (bio 11) para el modelado en la prueba de Jackknife.	64
32. Gráfica de contribución de la variable precipitación anual (bio 12) para el modelado en la prueba de Jackknife.....	64
33. Gráfica de contribución de la variable precipitación en el período más lluvioso (bio 13) para el modelado en la prueba de Jackknife.....	65
34. Gráfica de contribución de la variable precipitación en el período más seco (bio 14) para el modelado en la prueba de Jackknife.....	65
35. Gráfica de contribución de la variable Estacionalidad de la precipitación (Coeficiente de variación) (bio 15) para el modelado en la prueba de Jackknife	66
36. Gráfica de contribución de la variable precipitación en el trimestre más lluvioso (bio 16) para el modelado en la prueba de Jackknife.....	66

37. Gráfica de contribución de la variable precipitación en el trimestre más seco (bio 17) para el modelado en la prueba de Jackknife	67
38. Gráfica de contribución de la variable precipitación en el trimestre más caluroso (bio 18) para el modelado en la prueba de Jackknife.....	67
39. Gráfica de contribución de la variable precipitación en el trimestre más frío (bio 19) para el modelado en la prueba de Jackknife.....	68
40. Gráfica de contribución de la variable elevación para el modelado en la prueba de Jackknife.....	68
41. Gráfica de contribución de la variable pendiente para el modelado en la prueba de Jackknife.....	69
42. Descarga de datos bioclimáticos y análisis geoespacial en Google Earth Engine	71
43. Descarga de datos orográficos y análisis geoespacial en Google Earth Engine.....	71
44. Descarga de datos bioclimáticos para escenarios futuros y análisis geoespacial en Google Earth Engine	72
45. Clúster y colinealidad en RStudio.....	72
46. Ubicación en el distrito de Mariano Dámaso Beraun de Mickaël Villemagne.....	73
47. Distrito de Leoncio Prado, 22 de junio 2023.....	73
48. Pacayzapa, San Martin, 27 de enero.....	74
49. Puente Quiscarrumi, San Martín, Perú	74
50. Registro en el sonograma, Tingo María, 23 de octubre de 2013.....	75
51. Registro en el sonograma en Cueva de las Lechuzas, Tingo María, 9 de julio de 2013...75	
52. Registro en el sonograma, Tingo María, 29 de septiembre de 2022	76
53. Registro en el Parque Nacional Tingo María, 10 de enero de 2025.....	76

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo modelar la distribución potencial del *Steatornis caripensis* en el presente y bajo escenarios futuros de cambio climático, específicamente SSP1 (sostenibilidad) y SSP5 (alta dependencia de combustibles fósiles), correspondientes al periodo 2041–2060 en la Cuenca de Alto Huallaga. Para ello, se emplearon datos de presencia obtenidos de la plataforma Global Biodiversity Information Facility (GBIF) así como variables climáticas y orográficas disponibles en Google Earth Engine. Posteriormente, la información fue sometida a procesos de depuración y corrección en los programas ArcGis, QGis y Rstudio, para luego ser utilizada en el modelado mediante MaxEnt. Los mapas de distribución fueron procesados y elaborados en ArcGIS y RStudio.

Los resultados indican que, en la distribución actual, las categorías de idoneidad corresponden a: muy alta (1,20%), alta (1,01%), media (1,60%), baja (3,36%) y muy baja (92,84%). Para la proyección futura en el escenario SSP1, los valores estimados fueron: muy alta (1,05%), alta (1,19%), media (1,69%), baja (3,33%) y muy baja (92,77%). En el escenario SSP5, se registraron porcentajes similares: muy alta (1,00%), alta (1,03%), media (1,82%), baja (3,37%) y muy baja (92,77%). Las variables ambientales que tienen mayor influencia fueron: temperatura media anual (Bio 01), Temperatura máxima del mes más cálido (Bio 05), Temperatura mínima del mes más frío (Bio 06), Precipitación del mes más lluvioso (Bio 13), Precipitación del trimestre más húmedo (Bio 16) y la elevación, este modelado con el área bajo la curva (AUC) excelente por presentar mayor a 0.90 y su desviación estándar de 0.002 permitiendo la predicción buena. Se concluye que la distribución del *Steatornis caripensis* está localizado más en la provincia de Leoncio Prado, pero a futuro se reduce estas áreas causadas por efectos del cambio climático y la intervención antropogénica.

Palabras clave: distribución espacial, idoneidad del territorio, MaxEnt, trayectorias económicas compartidas, cambio climático, antropogénico.

ABSTRACT

The objective of the present research was to model the potential distribution of the *Steatornis caripensis* currently and under future scenarios with climate change, specifically SSP1 (sustainability) and SSP5 (high dependency on fossil fuels), corresponding to the period from 2041 to 2060, within the Alto Huallaga watershed. To do this, data of their presence that was obtained from the Global Biodiversity Information Facility (GBIF) platform, as well as climate and orographic variables available on the Google Earth engine were used. Later, the information was submitted to a purification and correction process in the ArcGis, QGis and Rstudio programs, in order to later be used in modeling through MaxEnt. The distribution maps were processed and created in ArcGIS and RStudio.

The results indicated that in the current distribution, the suitability categories corresponded to: very high (1.20%), high (1.01%), average (1.60%), low (3.36%), and very low (92.84%). For the future projection in the SSP1 scenario, the estimated values were: very high (1.05%), high (1.19%), average (1.69%), low (3.33%), and very low (92.77%). In the SSP5 scenario, similar percentages were registered: very high (1.00%), high (1.03%), average (1.82%), low (3.37%), and very low (92.77%). The environmental variables that had the greatest influence were: average annual temperature (Bio 01), highest temperature from the warmest month (Bio 05), lowest temperature from the coldest month (Bio 06), precipitation from the rainiest month (Bio 13), precipitation from the wettest quarter (Bio 16), and the elevation; this modelling within the area under the curve (AUC) [was] excellent, due to being greater than 0.90, and the standard deviation was 0.002, allowing for a good predication. It was concluded that the distribution of the *Steatornis caripensis* was mostly localized in the Leoncio Prado province, but in the future these areas will be reduced due to the effects of climate change and anthropogenic intervention.

Keywords: spatial distribution, suitability of the territory, MaxEnt, shared economic trajectories, climate change, anthropogenic.

I. INTRODUCCIÓN

El informe difundido por BirdLife International (2017), señala que más del 20% de las aves a nivel global enfrentan riesgos derivados del cambio climático. Un clima cada vez más inhóspito está ejerciendo presión sobre las comunidades y las aves migratorias de todo el mundo, de hecho, algunas de estas aves están modificando el calendario de sus migraciones en reacción al incremento de la temperatura, donde las aves están migrando de zonas cálidas a ambientes más fríos (Pearson & Dawson, 2003), constituyendo así uno de los indicadores biológicos más destacados de las modificaciones medioambientales vinculadas al calentamiento. Es complicado determinar con precisión cómo el clima afectará a las aves al alterar su entorno natural, la disponibilidad de alimentos o los fenómenos meteorológicos en su hábitat. Las aves son extremadamente sensibles a los cambios en las condiciones del clima y su migración es un ejemplo destacado de cómo el clima, la ecología y el comportamiento en su distribución espacial en búsqueda de su alimento (BirdLife International, 2017). Este cambio provoca que lleven a cabo la reproducción en momentos donde la disponibilidad de alimento es limitada, lo que representa un peligro para el éxito de la temporada de cría y esto afecta a población (Cano & Cano, 2016), la disminución cuantitativa de las aves puede causar una extensión masiva, según el informe en el BirdLife International (2008), esto se debe a que muchas veces las especies son incapaces de adaptarse al nuevo hábitat (Pearson & Dawson, 2003).

Para el estudio de la distribución de especies, la ciencia encargada de ello es la Biogeografía, que da a conocer los patrones de biodiversidad (Brown & Lomolino, 1998). La biodiversidad en el mundo viene siendo afectado y alterado por el cambio climático (Turner et al., 2010), esto afecta el aumento de las especies como las aves cambien sus patrones de distribución o que aumente los riesgos de extinción, reduciendo su población (Capano, 2012). Si bien hay estudios a nivel mundial de diferentes especies en su distribución y como estos pueden ser afectados por el cambio climático, pero en la Cuenca de Alta Huallaga (CAH) no hay estudios respecto a ello, tanto el presente y futuro por efectos de las variabilidades climáticas, ya sea mediante algoritmos de MaxEnt, técnicas con modelos de nicho ecológico, interpretación con datos satelitales u otros, es nula la investigación dentro del CAH. En este contexto, la investigación plantea dos interrogantes como problema central. En primer lugar, ¿cuál es la distribución potencial actual del *Steatornis caripensis* en el CAH? En segundo lugar, ¿Cuál será la representatividad futura de la distribución potencial del *Steatornis caripensis* bajo 2 escenarios en el CAH?.

El impacto del cambio climático en los *Steatornis caripensis* puede ser significativo, ya que estas especies se alimentan principalmente de frutos, insectos, paltas, arbóreas y palmeras (Dourojeanni & Tovar, 1974), dependen de ambientes específicos como cuevas húmedas y estas condiciones son vulnerables ante la variabilidad climática. Los efectos pueden influir en la fenología de las plantas, en el impacto en la calidad nutricional y eventos climáticos extremos afectando en su distribución de estas aves. Como menciona Ehrlen & Morris (2015), el estudio de la distribución es esencial para manejo y conservación de la biodiversidad. La falta de investigaciones en estos temas hace imprescindible de comprender y entender el comportamiento en el presente y futuro para llevar estrategias de gestión, conservación y protección en el largo plazo de estas especies.

Los alcances de esta investigación contribuye nuevos conocimientos que nos permite en la generación de mapas de distribución potencial del presente y futuro del *Steatornis caripensis*, para instituciones públicas e investigadores en estudios biogeográficos, como también para su conservación, aprovechamiento y otros, finalmente para la toma de decisiones, logrando elevados rendimientos de predicción, como menciona Jha (2021), es importante conocer la distribución actual, para un mejor gestión, protección, conservación y prevención de la disminución de especies por la crisis climática u otros escenarios climáticos, en este contexto los resultados lograron contrastar que los efectos de cambio del cambio climático tuvo efectos en la distribución de la especie en la Cuenca de Alto Huallaga para el año 2060.

1.1. Objetivo general

Realizar el modelamiento de la distribución potencial del *Steatornis caripensis* en el presente y futuro bajo 2 escenarios (SSP1 y SSP5) para el periodo 2041-2060 en la Cuenca de Alto Huallaga.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar la distribución espacial del *Steatornis caripensis* en la Cuenca de Alto Huallaga bajo la idoneidad del territorio.
- Determinar un modelo de distribución espacial futura del *Steatornis caripensis* ante un escenario de sostenibilidad (SSP1) y uso de combustibles fósiles (SSP5) del periodo 2041-2060 en la Cuenca de Alto Huallaga.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

Uno de los acontecimientos más importantes en el estudio de Sistemas de Información Geográfica (SIG) a principios del siglo XXI es la accesibilidad de la información geoespacial, esto ha permitido enfoques analíticos en las investigaciones y el uso de los modelos de distribución de especies (MDE), (Hernández et al, 2018), esto se ve reflejado en el aumento de publicaciones en revistas especializadas en ecología y medio ambiente, estos estudios involucraron una red global de colaboración que incluyó a 4329 instituciones provenientes de 155 países (Urbina et al., 2019). En este contexto se inició los primeros intentos más precisos en la MDE entre las variables ambientales y especies.

En el ámbito internacional hay muchos estudios de la distribución de especies, la biogeografía es la encargada de ello (Brown & Lomolino, 1998). En Pakistán Ashraf et al. (2018), uso 219 datos de presencia, como también las variables climáticas y topográficas, el modelado de la especie *Olea ferrugínea*, tuvo la finalidad de predecir los cambios que pueda tener en el futuro por el cambio climático (CC), sus hallazgos indican que a futuro habrá una reducción en 19,192 km². En Colombia se han hecho estudios de la especie del género *Polylepis*, donde recolectaron 223 especies de presencia y usaron 23 variables ambientales, para su modelación usaron el modelo de máxima entropía (MaxEnt), de estas variables la que ha influido en mayor proporción es la altitud y la temperatura. Con la finalidad de ver las posibles zonas de distribución de las tres especies, como también para localizar las posibles áreas de conservación; finalmente, tras evaluar las amenazas y oportunidades, se sugieren áreas clave para la conservación de *Polylepis* y se identifican regiones donde podría haber poblaciones no documentadas (Fajardo et al., 2018).

Por otro lado, en México Hernández et al. (2018), llevó a cabo estudios sobre *Cedrela odorata*, donde uso 1,757 especie de presencia y 19 variables bioclimáticas, pero a ello también agregaron las variables de pendiente y altitud; con este modelamiento se pudo determinar con una precisión y pronóstico de una alta distribución histórica de la especie estudiadas. En Chile Ibarra & Huerta (2016), realizaron estudios con los MDE y utilizaron MaxEnt para entender la dinámica ecológica, los estudios de MDE predijeron los impactos de la mortalidad de los árboles provocados por la sequía y calor en las áreas boscosas, evidenciando los riesgos emergentes para el año 2050 por el CC, afectando

ecosistemas forestales y microhábitats de aves endémicas. Vargas et al. (2004), menciona que en Bolivia el MDE en sus inicios se centró principalmente en la delimitación de la capa ambiental desde entonces, hay técnicas de modelado más complejo y adaptables para abordar desafíos como la colinealidad entre variables independientes, el sesgo en el muestreo (Muñoz et al., 2004), estos avances han permitido mejorar con exactitud y con robustez los modelos de distribución de especies, esto ha permitido un avance en la conservación y ecología.

2.1.2. Antecedentes nacionales

En Perú, la gran biodiversidad está siendo amenazada, por factores naturales actuales y actividades antropogénica; en la región Tacna se realizaron estudios de modelamiento en la especie *Buddleja coriacea*, donde se demuestra que el futuro se reducirá en más del 80% debido a las futuras variaciones en las precipitaciones y temperaturas ocasionadas por el CC, lo que sugiere que sus niveles de amenaza se deben principalmente a la actividad humana (Navarro et al., 2020), estos modelos optimizan notablemente la comprensión del funcionamiento de los ecosistemas. En su investigación, Da Silva (2022), realizó investigaciones en el CC y sus efectos en la distribución de 10 especies de *Podocarpus* que están dentro del territorio peruano, donde uso MaxEnt para comprender mejor la influencia del CC en la distribución y su factibilidad de la especie en el futuro, lo que proporciona información valiosa para la conservación y la gestión ambiental.

Quispe & Elias (2020), realizaron una investigación en modelación de distribución potencial de *P. raimondii* en la región de los Andes, tanto para el presente y futuro, los resultados son alarmantes para un marco de futuro (RCP 4.5 y RCP 8.5) del CC hasta el año 2070, hay pérdidas significativas de las áreas adecuadas de distribución de la especie en los Andes, en este panorama preocupante es necesario tomar medidas de conservación y adaptación al CC en esta región. En Huánuco Vivanco (2019), estudió 2 especies forestales (*cateniformis* y *C. spruceana*), usando las variables bioclimáticas y topográficas, el modelo mostro alto rendimiento con MaxEnt. Además, en la misma región, Quispe (2022), uso 118 especies (*Polylepis* spp) de presencia, también el modelado fue excelente según los valores de AUC. Estos tipos de estudios son muy pocos y casi nulas en nuestra región, este tipo de información es muy valiosa, fundamental para la preservación y administración de la gestión de los ecosistemas locales (Puerta & Palomino, 2022).

2.2. Marco teórico

2.2.1. Cuenca hidrográfica

Villón (2002) define la cuenca de drenaje como el área donde el agua de

lluvia se acumula y forma un único curso, con límites bien establecidos en cada punto de su trayecto. Su delimitación se realiza mediante curvas de nivel y líneas divisorias, que separan las cuencas contiguas y dirigen el escurrimiento hacia un punto de control, como una estación de aforo.

La cuenca hidrográfica y la cuenca subterránea pueden no coincidir en su extensión horizontal, por lo que es importante considerar el flujo de aguas subterráneas al establecer los límites reales de la cuenca. Esta integración permite una mejor comprensión del sistema hidrológico y una gestión más precisa de los recursos hídricos.

2.2.2. Morfometría de una cuenca

Las características morfométricas de una cuenca hidrográfica permiten describir su estructura física y espacial, facilitando la comparación con otras cuencas y proporcionando información clave sobre su dinámica hidrológica. Estos parámetros incluyen aspectos como la forma de la cuenca, la pendiente del terreno y la distribución de la red de drenaje, los cuales influyen en la manera en que el agua de lluvia es captada, almacenada y transportada a lo largo del sistema.

El estudio detallado de estos elementos es fundamental para la modelación hidrológica, ya que permite comprender cómo se mueve el agua dentro de la cuenca y estimar su respuesta ante eventos de precipitación. Este tipo de información dentro de la Cuenca Alto Huallaga es importante para la gestión, investigación y planificación de los recursos hídricos. El diseño de infraestructuras hidráulicas y la prevención de riesgos asociados a fenómenos como inundaciones y erosión, esto permite una adecuada toma de decisiones en el manejo del territorio (Gaspari et al. 2013).

2.2.3. *Steatornis caripensis*

Los guacharos son aves nocturnas que pertenece a la familia Steatornithidae, del término "stear", que hace referencia al "cebo o grasa", esto se debe a que los polluelos tienen alta cantidad de grasa e inclusive llegando a pesar más de 50% que los adultos, como también son conocidos como "ave aceitunada" o "petrel de aceituna". La hembra exhibe un tamaño menor que el macho. La región inferior del cuerpo presenta manchas en forma de diamante con contornos negros, y, además, se observan pequeños puntos con esta misma forma en la cabeza y, en algunos individuos en la cola (Hoyo et al., 1999), como se muestra en Figura 1.



Fuente: Fotografía de Jenifer Grisales - Parques Nacionales Naturales

Figura 1. Guácharo y su hábitat (cavernas) como un medio ecológico.

2.2.4. Hábitat del guácharo

Las cuevas, utilizadas tanto para la reproducción como para el descanso, es su hábitat y desempeñan un papel crucial como el recurso principal que limita las poblaciones de guácharo. No obstante, los bosques que estas aves utilizan para buscar alimento también pueden estar en riesgo, lo que constituye un factor restrictivo adicional para su distribución (Rojas et al., 2004). Las cuevas de guácharos se han identificado en diversas ubicaciones, como Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Venezuela, Trinidad y Guyana, con registros que abarcan desde el nivel del mar hasta altitudes de 3400 metros (Hoyo et al., 1999).

2.2.5. Ecología del guácharo

El guácharo es un ave nocturna, frugívora y cavernícola, única representante de la familia Steatornithidae, cuya distribución geográfica se extiende desde el norte de Sudamérica hasta la vertiente oriental de los Andes peruanos (Snow, 1979; Hoyo et al., 1999). Esta especie desempeña un rol clave en la dispersión de semillas de plantas tropicales, contribuyendo significativamente a la regeneración de bosques húmedos (Holland et al., 2008). Su dependencia de frutas ricas en lípidos, como las producidas por las familias Lauraceae y Arecaceae, le impone una elevada demanda energética, especialmente durante la etapa reproductiva (Bosque, 1986). Las cuevas donde se reproducen requieren condiciones ambientales estables, principalmente en términos de temperatura y humedad, lo

cual hace a la especie especialmente vulnerable a cambios climáticos y a perturbaciones antrópicas (Cárdenas et al., 2012; Cisneros-Heredia et al., 2012). En el contexto peruano, su presencia ha sido registrada en regiones como Huánuco, especialmente en zonas cercanas al Parque Nacional Tingo María, donde existen condiciones óptimas de microhábitat.

2.2.6. Fundamentos de biogeografía y distribución de especies

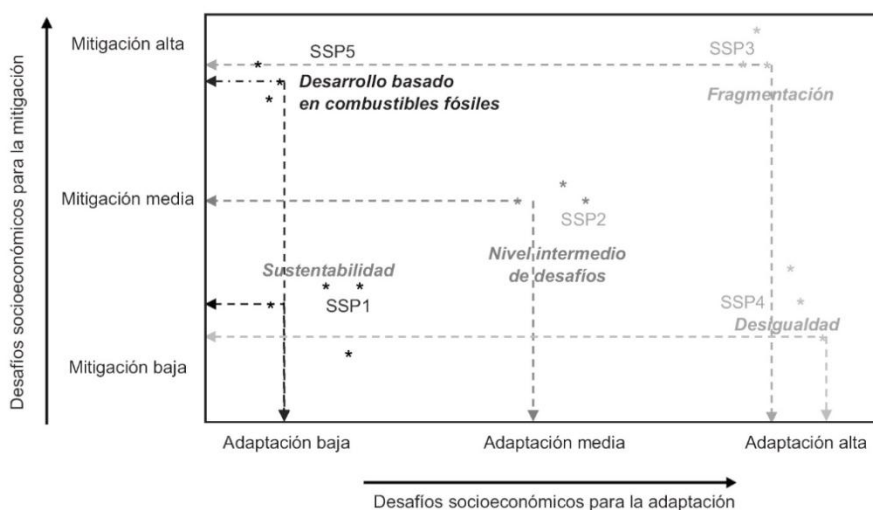
La biogeografía es una disciplina que analiza los patrones de distribución espacial de las especies y los factores que los determinan, tales como el clima, la topografía, la disponibilidad de hábitat y la historia evolutiva (Brown & Lomolino, 1998). Esta perspectiva permite evaluar cómo las especies responden a los cambios ambientales, incluyendo eventos de origen natural o inducidos por el ser humano. En este marco, los Modelos de Distribución de Especies (MDE) han emergido como herramientas analíticas cruciales para predecir la idoneidad del hábitat a partir de datos empíricos, facilitando el diagnóstico espacial de áreas prioritarias para la conservación y la gestión de la biodiversidad (Guisan & Zimmermann, 2000).

2.2.7. Cambio Climático

El último informe del IPCC (2023), el cambio climático destaca que el aumento de las temperaturas globales tiene consecuencias críticas para la biodiversidad, estos efectos se están experimentando antes, gran parte de las especies en el mundo se está moviendo de sus territorios nativos, esto debido a olas de calor cada vez más intenso, sequías prolongadas, lluvias torrenciales y ciclones que han aumentado (Masson & Zhai, 2022). Según Sánchez et al. (2021), esto es debido al aumento de carbono (CO₂) y el metano (CH₄) en los últimos años y esto ha permitido que se siga la incorporando exagerada de calor. La alta demanda de consumo de energía y materiales es una de las principales causas de aumento de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y el uso de energías renovables no es suficiente para reducirlo (Bordera & Prieto, 2021). Las tecnologías implementadas hasta la actualidad en el mundo no son suficiente para alcanzar los objetivos climáticos ni del progreso sostenible (Bordera & Prieto, 2022).

2.2.8. Trayectorias económicas compartidas

El Shared Socioeconomic Pathways (SSP), describen un escenario alternativo de desarrollo socioeconómico y de la sociedad en el futuro, están conformadas por 2 elementos: un conjunto de medidas cuantificadas de desarrollo y una trama narrativa (Bauer et al., 2017). En la narrativa se consideran 2 dimensiones: la adaptación que tendrán frente a los desafíos socioeconómicos y los retos que vendrán para su mitigación.



Fuente: Escoto et al., 2017.

Figura 2. Cinco tipos de escenarios basados en las SSP, con diferentes retos socioeconómicos de mitigación y adaptación.

Según Escoto et al., (2017) dentro de los desafíos de mitigación y adaptación está la narrativa de “sustentabilidad” (SSP1), donde hay bajo crecimiento de la población, cooperación internacional, desarrollo sostenible y conciencia ambiental, gobernabilidad, desarrollo tecnológico, niveles altos de educación y crecimiento económico. El SSP2 es el intermedio de SSP1 y SSP3. El SSP3 se describe como “fragmentación”, es todo lo contrario a SSP1, por lo que representa altos desafíos para su adaptación y mitigación. En la narrativa de “Desigualdad” (SSP4), la población no logra beneficiarse a pesar de los avances del desarrollo de la tecnología. El SSP5, hay un crecimiento bajo de la población, y hay un elevado crecimiento económico y del desarrollo humano; sin embargo, la dependencia de los combustibles fósiles es muy alta, esto representa unas medidas altas de mitigación.

2.2.9. Modelamiento

El modelo es una representación selectiva de la realidad, donde se realiza una captura únicamente algunas de sus características de lo que se está estudiando. Esto surge por la complejidad como de nuestra limitada comprensión de muchas de las propiedades del objeto en cuestión (Joly & Carrera, 2013). Según Pinzón et al. (2020), el concepto de modelamiento alude a un proceso esencial, por recrear un escenario que guarda similitudes con la realidad, pero en un entorno virtual. Es una construcción conceptual del mundo real, por ofrecer una versión simplificada y manejable del objeto en cuestión, facilitando su comprensión (De Pando & De giles, 2007).

2.2.10. Técnicas de modelado

Existen cuatro amplias categorías de técnicas para modelar la distribución geográfica de especies (Pliscoff & Fuentes-Castillo, 2011), como los modelos estadísticos de regresión, modelos lineales generalizados (GLM), modelos aditivos generalizados (GAM) y modelo de clasificación basado en algoritmos en GARRP y MaxEnt.

2.2.11. Modelos de distribución de especies

Los Modelos de Distribución de Especies (MDE) constituyen representaciones cartográficas en la superficie terrestre, donde se da en un espacio y tiempo, como menciona Pliscoff & Fuentes-Castillo (2011), es el espacio ambiental y geográfico. Los MDE son técnicas que han permitido analizar como los factores afectan en la distribución de la especie estudiada (Mohammadi et al., 2019). La idoneidad y pronóstico de los MDE para su proyección en el presente y futuro han sido significativos para la biogeografía (Guisan & Thuiller, 2005). Los modelos de distribución se revelan como herramientas de gran utilidad siempre que se apliquen de manera apropiada y cuidadosa (Graham et al., 2012).

2.2.12. Modelamiento ecológico de especies: enfoque y herramientas

El modelamiento ecológico de especies se basa en la relación funcional entre las condiciones ambientales y las ocurrencias geográficas registradas de una especie. Entre los algoritmos más reconocidos se encuentran los modelos lineales generalizados (GLM), los modelos aditivos (GAM), y los más recientes como los bosques aleatorios (Random Forest) y MaxEnt (Phillips et al., 2006). MaxEnt ha ganado gran popularidad por su eficiencia con datos de presencia únicamente, su interpretabilidad ecológica y su bajo requerimiento computacional. Sin embargo, su aplicación requiere controles rigurosos para minimizar problemas de sobreajuste, correlación entre variables predictoras y sesgos en el muestreo espacial (Fourcade et al., 2014).

2.2.13. Datos de presencia de especies

Los datos de presencia son ubicaciones de las especies, son registros documentadas, para ello se deben considerar 2 condiciones: el entorno de la especie debe estar en equilibrio y no se debe excluir los registros de cultivos en plantaciones, recolección en campo y jardines (Scheldeman & Van Zonneveld, 2011). La obtención de datos se realiza in situ, utilizando GPS u otras herramientas de toma de datos (Pliscoff & Fuentes-Castillo, 2011), o recurriendo también a los registros geográficos en Global Biodiversity Information Facility (GBIF), Natusfera, iNaturalist, eBIRD, Ocean Biogeographic Information System, entre otras.

2.2.14. Variables ambientales

Según Benito & Peñas (2007), las variables ambientales son inherentes al nicho ecológico de la especie, esto dificulta trabajar con todas las variables y frente a este desafío plantea trabajar con variables que influyan directamente o indirectamente en la biología, como también deben ser representativas como mapas digitales dentro de SIG. Las variables más usadas y fundamentales en la predicción de diferentes entornos geográficos de los MDE son aquellas relacionadas a la temperatura, clima y precipitación, entre otras (Benito & Peñas, 2007). El clima es importante y este tipo de información se puede generar a partir de estaciones climatológicas mediante la interpolación de datos (Felicísimo et al., 2012). Según Holdridge (1987), el clima es uno de los principales factores que desempeña para la distribución y este influye en las comunidades vegetales. Por otro lado, Clark (2002) menciona la importancia del suelo, especialmente los que se encuentran en zonas tropicales, estos tienen fuerte influencia en la distribución de especies, por el simple hecho de tener heterogeneidad edáfica. Otro factor es la topografía del terreno, debido a que determina la composición y estructura de los bosques (Louman et al., 2005). Según lo que menciona Gracida (2005), es también por el ángulo de pendiente y la convexidad, esto permite la distribución de especies.

2.2.15. Variables ambientales y orográficas en el modelado ecológico

La selección de variables predictoras en los MDE es un aspecto crítico que influye directamente en la calidad y validez ecológica de los resultados. Las variables bioclimáticas como la temperatura media anual, la precipitación estacional y los extremos térmicos, junto con factores topográficos como la altitud y la pendiente, son ampliamente utilizadas por su relevancia ecológica y disponibilidad global estandarizada (Fick & Hijmans, 2017; Benito et al., 2007). La Cuenca del Alto Huallaga presenta una elevada complejidad ambiental, con gradientes altitudinales que generan microclimas diversos y estructuran patrones de biodiversidad, haciéndola ideal para estudios de modelamiento espacial de especies.

2.2.16. MaxEnt

La Máxima Entropía (MaxEnt) es una metodología que toma en cuenta los datos de presencia (coordenadas o puntos) y capas ambientales, a partir de ello analiza las informaciones incompletas para realizar las predicciones (Phillips, 2006). Como menciona Elith et al. (2011), es un programa que permite estimar la probabilidad de ocurrencia de la especie estudiada a partir de su distribución geográfica. Ibarra et al. (2016), menciona que el programa se convirtió en uno de los mejores para el modelado de especies, esto fue corroborado por diferentes investigadores.

2.2.17. Evaluación y validación de modelos con MaxEnt

La calidad de los modelos generados mediante MaxEnt se evalúa utilizando diversas métricas de desempeño estadístico, siendo una de las más empleadas el Área Bajo la Curva de la característica operativa del receptor (AUC por sus siglas en inglés). Este índice, con un rango entre 0 y 1, cuantifica la capacidad discriminatoria del modelo para diferenciar entre sitios con y sin presencia de la especie. Un valor de AUC cercano a 1 indica una excelente capacidad predictiva, mientras que valores próximos a 0.5 sugieren un desempeño no mejor que el azar (Fielding & Bell, 1997).

Otra estrategia común para validar los modelos es el método de partición denominado bootstrap. Este procedimiento consiste en generar múltiples subconjuntos de los datos de entrenamiento mediante muestreo con reemplazo, lo que permite evaluar la estabilidad y consistencia del modelo a partir de repeticiones independientes (Efron & Tibshirani, 1993). La aplicación de bootstrap en MaxEnt proporciona una estimación de la variabilidad de los resultados y mejora la confiabilidad de las predicciones.

Asimismo, la prueba de Jackknife es utilizada para identificar la importancia relativa de cada variable ambiental en el modelo. Esta técnica consiste en eliminar sistemáticamente una variable a la vez, evaluar el modelo resultante y comparar su rendimiento con el modelo completo. De esta forma, se determina cuánto aporta cada variable al modelo cuando está presente de manera individual y cuánto se pierde al omitirla (Phillips et al., 2006). Esta prueba permite conocer la sensibilidad del modelo frente a la exclusión de variables clave, aportando información valiosa para la selección de predictores.

Adicionalmente, algunos estudios sugieren complementar estas métricas con otros indicadores como el Índice de Concordancia de Somers' D, el Índice de Sensibilidad y Especificidad, o el Índice de TSS (True Skill Statistic), los cuales ofrecen una perspectiva adicional sobre la precisión y utilidad del modelo para la toma de decisiones en conservación (Allouche et al., 2006). La incorporación de estos procedimientos de validación y evaluación incrementa la confiabilidad de los MDE generados con MaxEnt, haciendo posible identificar modelos robustos que representen con mayor fidelidad la distribución potencial de las especies en distintos escenarios climáticos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de estudio

La investigación se realizó en la Cuenca de Alto Huallaga (CAH) que abarca al departamento de Huánuco, La Libertad, San Martín y Pasco, el cual cuenta con una expansión de 30437.5 km².

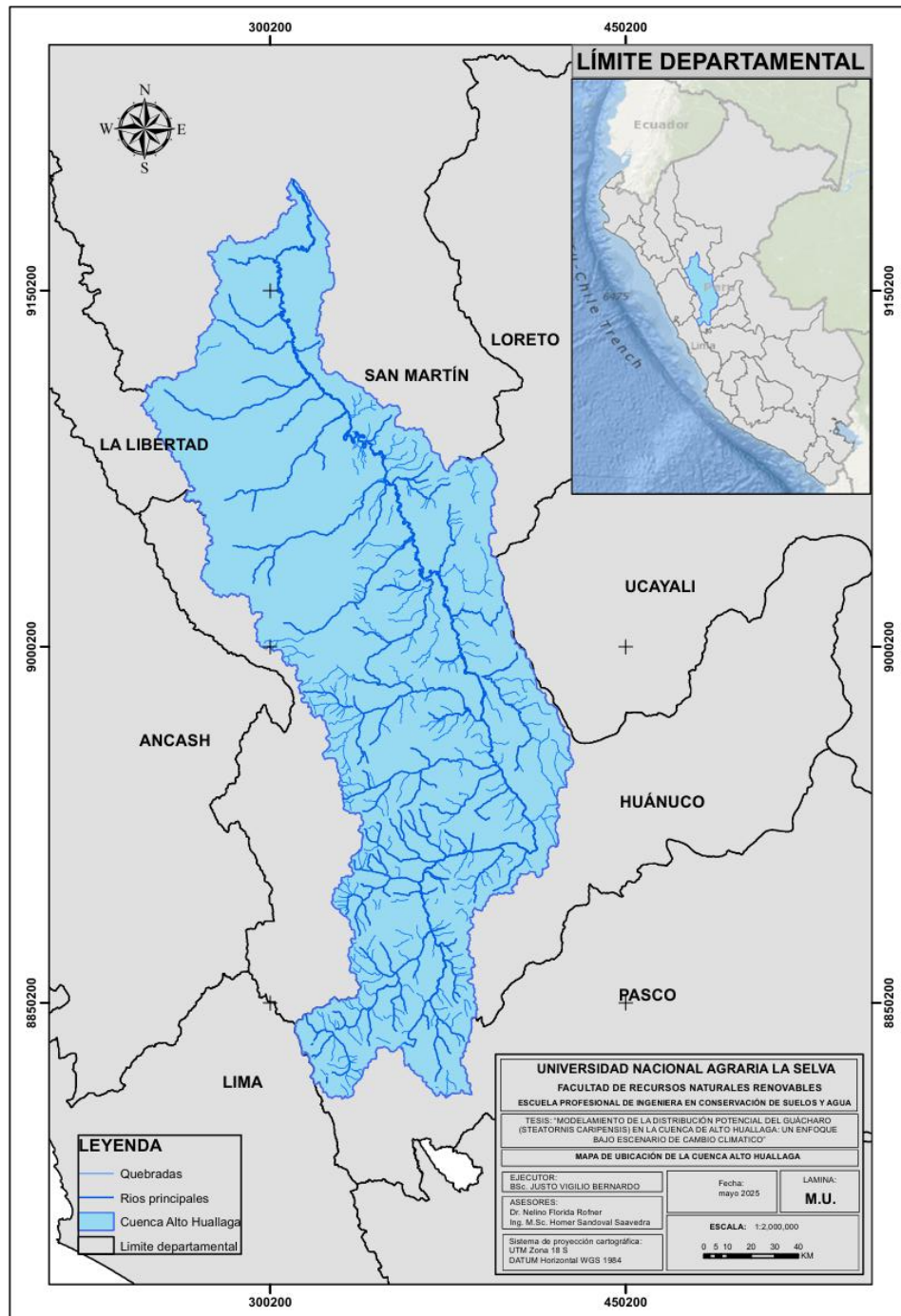


Figura 3. Ubicación geográfica de la cuenca de Alto Huallaga.

3.1.1. Características generales de la zona

a) Topografía

La parte de la pendiente, como principal expresión de la topografía de la Cuenca Alto Huallaga, se aprecia que las máximas pendientes se pueden visualizar en los valles y quebradas de los tributarios de la Cordillera Oriental. Las pendientes pronunciadas, como parte de los procesos geológicos en el tiempo, favorecieron la erosión y el transporte de sedimentos. Además, aceleran la escorrentía superficial y reducen los tiempos de concentración, influyendo en el régimen hidrológico y aumentando la susceptibilidad a deslizamientos y erosión.

b) Suelos

Los aspectos de Capacidad de Uso Mayor de los Suelos (CUM), tiene el 34.9% de protección forestal y 26.1% es una zona árida o semiárida. El 13.7% son suelos regosoles dísticos y éutricos en las zonas montañosas.

c) Zona de vida

Dentro la CAA podemos encontrar zonas húmedas con más del 60% de toda la superficie, como también podemos apreciar áreas agrícolas, nevados, praderas y cuerpos de agua ANA (2015).

d) Cobertura vegetal de vida

La parte de la cobertura vegetal es muy notoria y se ubica en la selva baja y en la parte alta de la sierra. El 9% es pajonal, 85% bosque húmedo y 1% de agricultura, como también en fracciones pequeñas se puede ubicar los glaciares, aguajales y arbustivos.

e) Formaciones ecológicas

Según ANA (2015) la CAH presenta 11 ecosistemas ecológicos (Bosque húmedo, Bosque muy húmedo, Bosque pluvial, Bosque seco, Estepa, Estepa espinosa, Monte espinoso, Nival, Páramo muy húmedo, Páramo pluvial y Tundra pluvial), que han sido formados por la altitud, temperatura, precipitación, clima y cobertura vegetal.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales

Memoria USB (64 Gb), laptop y papel bond, Modelo Digital de Elevación (DEM).

3.2.2. Materiales de campo

Libreta de apuntes, lapiceros, folder de plástico, linterna, pilas AA, poncho de agua y botas de jebe.

3.2.3. Equipos de campo

Gps Garmin 65s y cámara Canon EOS Rebel T7 c/ EF S 18-55 IS.

3.2.4. Software

ArcGIS 10.4, QGIS 3.40.5, Rstudio 4.5.1, MaxEnt, Google Earth Engine, Google Earth Pro, MaxEnt y Microsoft office (Excel/Word).

3.3. Grupo de estudios

Dentro del presente estudio se escogió la especie *steatornis caripensis*, por su importancia ecológica, turística y ambiental.

3.4. Base de datos

3.4.1. Datos de ocurrencia

Los datos de presencia u coordenadas geográficas se extrajeron de las plataformas de GBIF, SIBPeru y Inaturalist. Los datos recolectados se realizaron una limpieza y luego la corroboración con salidas al campo dentro de la CAH.

3.4.2. Datos de clima

Para la obtención de datos bioclimáticos (19 mapas bioclimáticas de precipitación y temperatura) y orográficas (pendiente y elevación) se extrajeron de WorldClim con la plataforma Google Earth Engine (GEE) para el análisis geoespacial.

3.4.3. Datos orográficos

Se ha considerado la pendiente y la elevación, luego se extrajeron en SoilGrids en Google Earth Engine.

Tabla 1. Operacionalización de variables

Dimensiones	Indicadores
Elevación	Metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m)
Pendiente	Porcentaje (%)
BIO1	Temperatura promedio anual (°C)
BIO2	Rango medio diario (temp max – temp min; promedio mensual) (°C)
BIO3	Isotermalidad (BIO1/BIO7) * 100 (°C)
BIO4	Estacionalidad en temperatura (SD × 100) (%)
BIO5	Temperatura máxima del período más caliente (°C)
BIO6	Temperatura mínima del período más frío (°C)
BIO7	Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6) (°C)
BIO8	Temperatura media en el trimestre más lluvioso (°C)
BIO9	Temperatura promedio en el trimestre más seco (°C)
BIO10	Temperatura promedio en el trimestre más caluroso (°C)
BIO11	Temperatura promedio en el trimestre más frío (°C)
BIO12	Precipitación anual (mm)
BIO13	Precipitación en el período más lluvioso (mm)
BIO14	Precipitación en el período más seco (mm)
BIO15	Estacionalidad de la precipitación (Coeficiente de variación) (%)
BIO16	Precipitación en el trimestre más lluvioso (mm)
BIO17	Precipitación en el trimestre más seco (mm)
BIO18	Precipitación en el trimestre más caluroso (mm)
BIO19	Precipitación en el trimestre más frío (mm)

3.5. Tipo y diseño

El presente estudio es de una categoría cuantitativo y correlacional, donde se toma datos de presencia de la especie.

3.5.1. Datos de ocurrencia

El estudio se caracterizó por ser no experimental (observacional), ya que se observó la naturaleza, sin intervenir deliberadamente. Además, tiene un enfoque longitudinal, ya que se examinaron las áreas de distribución potencial de las especies en dos momentos temporales: presente y futuro (Hernández et al., 2014).

3.5.2. Población y muestra

a) Población

Las especies ubicadas o registradas de presencia del *Steatornis caripensis*, según GBif son 1095 registros de presencia dentro de la Cuenca de Alto Huallaga.

b) Muestra

Las muestras se componen de 39 ubicaciones registradas, que se han realizado la limpieza de datos y filtradas espacialmente dentro del Cuenca de Alto Huallaga.

3.6. Metodología

3.6.1. De la determinación de la distribución espacial del *Steatornis caripensis* en la Cuenca Alto de Huallaga bajo la idoneidad del territorio

Para determinación de la distribución actual de la especie dentro de la Cuenca de Alto Huallaga, se procedió de la siguiente manera:

a) Obtención de datos de presencia:

Se obtuvieron 1095 datos de presencia de la plataforma Global Biodiversity Information Facility (GBIF), donde se realizó la instalación del plugin GBIF Occurrences, dentro de Qgis, luego se realizó una limpieza de datos y se exportó en formato shapefile(shp). En ArcGis se instaló la herramienta SDMtoolbox 10.4 para el filtro espacial de registros geográficos, donde cada punto de presencia esté separado a 2.5 Km, para reducir los efectos de la autocorrelación espacial, como resultado final se obtuvieron 39 puntos de presencia en la Cuenca de Alto Huallaga.

b) Obtención de variables climáticos y orográficos:

Las variables se obtuvieron a partir de la plataforma de geomática Google Earth Engine de la siguiente manera:

- Se generó y se realizó la lista de cuencas (231) existentes en Perú.
- Se realizó la extracción de la cuenca (Cuenca de Alto Huallaga) de la zona de estudio.
- Se realizó un filtro y formó un rectángulo que contenga la cuenca.
- Se realizó un buffer de 5 km al rectángulo.
- Se añadió la cuenca, el rectángulo y el buffer para la visualización.

- Se realizó los recortes de todas las bandas de la colección con el buffer y se visualizó la CAH.
- Se extrajeron las propiedades de las bandas.
- Se utilizó un bucle (for) para todas las bandas recortadas individualmente y se exportó a Google Drive.

Se consideró las 19 variables bioclimáticas y 2 orográficas a 250 píxeles, donde se trabajó con un buffer de 100 m de la Cuenca de Alto Huallaga. Finalmente, todo ello se exporta en formato .asc para el reconocimiento y aceptación por el programa MaxEnt Finalmente, la idoneidad se procesó en ArcGIS 10.5:

- Se proyectó los datos de MaxEnt.
- Reclasificación del modelo.
- Conversión de Vector a Raster.
- Recorte de la Cuenca de Alto Huallaga.
- Proyección en universal transversal de Mercator (UTM).
- Cálculo de datos en ArcGIS y Microsoft Excel.

3.6.2. Determinación de la distribución del guácharo (*Steatornis caripensis*) bajo escenario socioeconómicos del periodo 2041-2060

Se obtuvo 39 puntos de presencia en la actualidad se dio lugar para el escenario socioeconómico del periodo 2041-2060, donde de los Modelos climáticos de Circulación (GCMs) se tomaron en cuenta el MIROC6 para las siguientes vías socioeconómicas compartidas:

a) Obtención de datos de vía socioeconómica compartida de SSP126 y SSP585:

- Se generó y se realizó la lista de cuencas (231) existentes en Perú.
- Se realizó la extracción de la cuenca (Cuenca de Alto Huallaga) de área de estudio.
- Se realizó un filtro y formó un rectángulo que contenga la cuenca.
- Se realizó un buffer de 5 km al rectángulo.

- Se añadió la cuenca, el rectángulo y el buffer para la visualización.
- Se realizó los recortes de todas las bandas de la colección con el buffer y visualizamos.
- Se extrajeron las propiedades de las bandas.
- Se utilizó un bucle (for) para todas las bandas recortadas individualmente y se exportó a Google Drive.

b) Obtención de datos de vía socioeconómica compartida de SSP126 y SSP585

Se tomó en cuenta las 19 variables bioclimáticas y 2 orográficas en el escenario del SSP1 y SSP5 de forma independiente, separado la presencia de las especies actuales. Para la evaluación y análisis de los resultados en MaxEnt se realizó 10 repeticiones y por el método Bootstrap. Los resultados en MaxEnt es la prueba de Jackknife, modelo de mapa de distribución potencial, valores de AUC y la curva de ROC. Finalmente, la idoneidad se procesó en ArcGIS 10.5:

- Se proyectó los datos de MaxEnt.
- Reclasificación del modelo.
- Conversión de Vector a Raster.
- Recorte de la Cuenca de Alto Huallaga.
- Proyección en universal transversal de Mercator (UTM).
- Cálculo de datos en ArcGIS y Microsoft Excel.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Distribución del *Steatornis caripensis* en la Cuenca de Alto Huallaga

4.1.1 Población y muestra

La Cuenca de Alto Huallaga tiene un área de 30437.5 km², actualmente se registró 1095 datos de presencia, como resultado final de la limpieza de datos se mantuvieron 39 puntos de presencia (ver Tabla 2).

Nombre científico	Idoneidad del territorio	Distribución actual (km ²)	Distribución actual (%)
<i>Steatornis caripensis</i>	Muy baja	28257.85	92.84
	Baja	1021.54	3.36
	Media	485.56	1.60
	Alta	307.10	1.01
	Muy alta	365.45	1.20
Área total		30437.5	100

Tabla 2. Distribución del *Steatornis caripensis* en la Cuenca de Alto Huallaga.

La distribución en menor cantidad represento: muy alta con 365.45 km² (1.20%), alta 307.10 Km² (1.01%), media 485.56 Km² (1.60%) y baja 1021.54 Km² (3.36%). Estas áreas de mayor idoneidad se concentran principalmente en la provincia de Leoncio Prado (Rupa Rupa, Castillo Grande, Luyando y Mariano Dámaso Beraún), lo cual se relaciona con la dieta de *Steatornis caripensis*, depende frutos en alta cantidad de lípidos (palmas, aguacates, higos), esta dieta rica en grasas es crucial para mantener su alta demanda energética en periodos de reproducción (Snow,1962). De manera similar, en Colombia se observa una preferencia por frutos de palmas y lauráceas, lo que permite a la especie actuar como dispersora de semillas a largas distancias en ecosistemas húmedos (Peña, 2007). Esta función ecológica es particularmente relevante en los bosques andinos, donde la dispersión de semillas contribuye significativamente a la regeneración y mantenimiento de los ecosistemas tropicales y andinos (Sanchez, 1997). Como señala Kunz (2005), las adaptaciones del guácharo presentan una singularidad notable al combinar características propias de ambientes cavernícolas con aquellas de bosques húmedos o selvas adyacentes, en estrecha interacción con las condiciones climáticas subterráneas. En este sentido, la distribución geográfica de *Steatornis caripensis* y su relación con las variables ambientales constituyen un aspecto fundamental para comprender su ecología y dinámica poblacional.

La mayor proporción de la distribución modelada corresponde a la categoría de muy baja idoneidad, con 28.257,85 km² (92,84%), localizada principalmente en áreas de sierra como las provincias de Pasco, Daniel Alcides Carrión, Ambo, Huánuco, Pachitea, Dos de Mayo, Huacaybamba, Marañón y Pataz, así como en sectores de selva, como la provincia de Tocache, donde no se registró presencia de la especie. Este patrón se explica por la estrecha asociación del hábitat de *Steatornis caripensis* con zonas subtropicales húmedas y la cercanía a cuevas utilizadas para el anidamiento, lo que limita su distribución en ecosistemas altoandinos o secos (Cisneros et al, 2012). Tal como señala Martin (2004), la disponibilidad de frutos, principal fuente alimenticia de la especie, es escasa en ecosistemas de alta montaña y en climas fríos. En concordancia, Cárdenas et al. (2020) destacan que el guácharo presenta baja tolerancia a temperaturas extremas, y la ausencia de cobertura boscosa restringe sus posibilidades de subsistencia. La exposición a bajas temperaturas afecta directamente su balance energético, ya que el frío compromete su capacidad de vuelo y búsqueda de alimento. De acuerdo con Cisneros et al. (2012), por encima de los 3.000 m s.n.m. Las poblaciones son especialmente vulnerables debido a la marcada disminución térmica. En estas zonas serranas predominan ecosistemas como páramos y bosques montanos secos, que ofrecen baja disponibilidad de frutos para aves frugívoras nocturnas como el guácharo (Carlo, 2022).

4.1.2. Validación de modelo

Para la validación el modelo se realizó 10 repeticiones y se usó el método de partición Bootstrap, estos valores de ocurrencia fueron superiores a 10, la desviación estándar es de 0.002 y el AUC (Área bajo la curva) de proceso de modelado fue excelente (Figura 04).

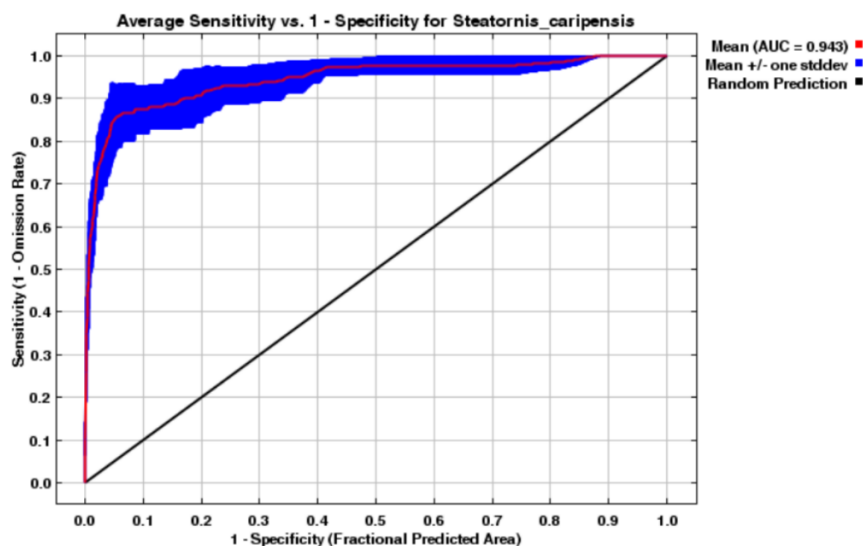


Figura 04. Área bajo la curva (AUC) de la modelación del *Steatornis caripensis*.

El valor de la curva (AUC) es excelente (Araujo et al., 2005) por presentar mayor a 0.90 y tener una capacidad buena de predicción en los datos de prueba, asimismo también las variables bioclimáticas más influyentes en el modelamiento es la humedad, precipitación del mes más lluvioso, la temperatura más media del trimestre calidad y frío, temperatura máxima del mes más cálido y mínima del mes más frío. Diferentes investigadores consideran el área bajo la curva ROC(AUC) como una de los métodos estadísticos para un mejor modelado, Rios et al., (2018).

4.1.3. Variables de mayor importancia en el modelo

La evaluación de la contribución de las variables mediante la prueba Jackknife (Figura 5) mostró que las más determinantes fueron la temperatura media anual (BIO01), la temperatura máxima del mes más cálido (BIO05), la temperatura mínima del mes más frío (BIO06), la precipitación del mes más lluvioso (BIO13), la precipitación del trimestre más húmedo (BIO16) y la elevación. Estos predictores evidenciaron un alto grado de ajuste y capacidad explicativa para la distribución potencial de *Steatornis caripensis* en la Cuenca del Alto Huallaga. Según Guisan et al. (2014), la solidez de los modelos depende de la representatividad espacial de los registros de presencia, mientras que Elith et al. (2006) señalan que el poder predictivo también está condicionado por el número y la calidad de los datos de ocurrencia.

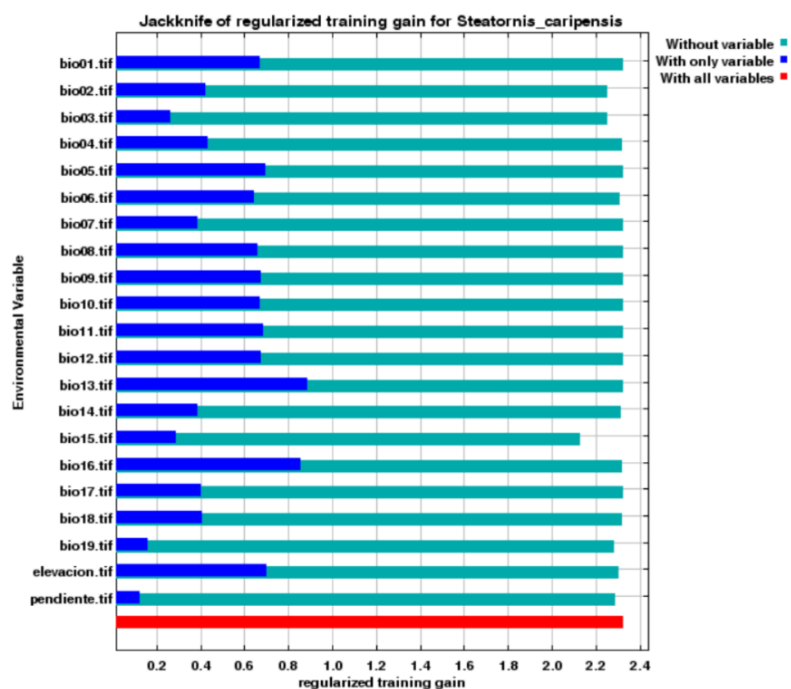


Figura 05. Prueba de Jackknife.

La validación del modelo, con valores de AUC superiores a 0,90, respalda la alta calidad del ajuste y confirma la solidez de las predicciones, mientras que la baja desviación estándar refleja estabilidad en los resultados obtenidos. La prueba Jackknife identificó como variables más determinantes a la temperatura media anual (BIO01), la temperatura máxima del mes más cálido (BIO05), la temperatura mínima del mes más frío (BIO06) y la elevación. Este patrón se explica por la estrecha relación de *Steatornis caripensis* con ambientes que presentan un rango térmico entre 18 °C y 25 °C. Descensos por debajo de este rango afectan su metabolismo y reducen su tolerancia ambiental, ya que la especie evita temperaturas extremas y se adapta mejor a climas moderados (Cisneros-Heredia et al., 2012).

Las condiciones térmicas y de precipitación son factores clave en la distribución de *Steatornis caripensis*. Las temperaturas elevadas pueden provocar estrés térmico y limitar su actividad de vuelo nocturno, mientras que valores inferiores a 10 °C comprometen la supervivencia y restringen la colonización por encima de los 3.000 m s.n.m., incluso en zonas con cuevas disponibles, debido a los efectos negativos del frío en la reproducción y supervivencia de las crías (Snow, 1979; Bosque, 1986). La precipitación también cumple un rol regulador: lluvias intensas restringen el vuelo y la disponibilidad de frutos, en contraste con precipitaciones moderadas y estables que favorecen la funcionalidad de los ecosistemas (Cárdenas et al., 2012). Estos hallazgos coinciden con Cisneros-Heredia et al. (2012) y Martin (2004), quienes destacan la vulnerabilidad de la especie al frío extremo y su dependencia de bosques húmedos con alta productividad de frutos.

4.2. Distribución del *Steatornis caripensis* en la Cuenca de Alto Huallaga

4.2.1. Población y muestra

Nombre científico	Idoneidad del territorio	Escenarios socioeconómicos			
		Periodo 2041- 2060			
		SSP1-2-6 (km ²)	SSP1-2-6 (%)	SSP5-8-5 (km ²)	SSP5-8-5 (%)
<i>Steatornis caripensis</i>	Muy baja	28236.11	92.77	28237.88	92.77
	Baja	1012.51	3.33	1026.86	3.37
	Media	508.01	1.67	553.78	1.82
	Alta	360.79	1.19	313.36	1.03
	Muy alta	320.08	1.05	305.62	1.0
Área total		30437.5	100	30437.5	100

Tabla 3. Distribución bajo escenario socioeconómicos (SSP1 y SSP5) del periodo 2041-2060.

En el modelo proyectado bajo el escenario socioeconómico SSP1 (“Sostenibilidad” o “Camino Verde”) para el periodo 2041–2060, se observa una disminución de 45,37 km² en las áreas de muy alta idoneidad para *Steatornis caripensis*. Este escenario plantea una transición hacia un desarrollo más sostenible; sin embargo, los resultados evidencian una reducción en la distribución potencial de la especie. Dicha disminución puede explicarse por tres factores principales.

En primer lugar, los cambios en el uso del suelo, a pesar de estar orientados a políticas de conservación y restauración de ecosistemas degradados o agrícolas hacia paisajes naturales (Popp et al., 2017), podrían afectar negativamente el hábitat del guácharo. Esto se debe a la alteración de hábitats secundarios, como los bosques circundantes a las cuevas, que constituyen fuentes clave de recursos alimenticios. Modificaciones en estos entornos pueden disminuir la disponibilidad de frutos y limitar la conectividad ecológica (Elsen et al., 2020).

En segundo lugar, las variaciones en las condiciones climáticas proyectadas para mediados del siglo XXI incluyen incrementos moderados de temperatura y cambios en los regímenes de humedad (IPCC, 2021). Estas modificaciones afectan la estabilidad de los microclimas de las cuevas y sus alrededores, comprometiendo la idoneidad de los refugios (López-González et al., 2007). Asimismo, la disponibilidad y distribución de frutos, dependiente de condiciones de temperatura y precipitación estables, se vería alterada, impactando la oferta alimenticia de la especie (Jara-Guerrero et al., 2015).

Por último, las actividades humanas asociadas a modelos de desarrollo sostenible, como el ecoturismo, la extracción responsable de recursos y la agricultura orgánica (O’Neill et al., 2017), aunque positivas en términos de sostenibilidad, también pueden generar presiones sobre la especie. El incremento del turismo podría ocasionar disturbios en colonias de guácharos, mientras que la expansión de proyectos agroforestales y de áreas de conservación intensiva podría reducir la disponibilidad de territorios idóneos. Para Bajo el escenario SSP5 para el periodo 2041–2060 se proyecta una reducción de 59,83 km² en las áreas de muy alta idoneidad para *Steatornis caripensis*, lo que representa una disminución mayor en comparación con el escenario SSP1. Esta contracción está asociada al énfasis de este escenario en el crecimiento económico acelerado, sustentado en la industrialización intensiva, el uso desmedido de combustibles fósiles y la baja prioridad otorgada a la sostenibilidad (O’Neill et al., 2017).

La expansión urbana, industrial y agrícola esperada bajo SSP5 promueve una fuerte presión sobre los ecosistemas, incrementando la demanda de recursos y el avance de la frontera antrópica incluso hacia áreas cercanas a zonas protegidas. Este proceso podría impactar directamente a las colonias de guácharos, al modificar o fragmentar su hábitat y reducir la disponibilidad de áreas de alimentación adyacentes a las cuevas (Laurance et al., 2014).

Adicionalmente, las emisiones intensivas de gases de efecto invernadero previstas en este escenario favorecen un cambio climático más severo que en SSP1. Entre los impactos asociados se incluyen la intensificación de los patrones de precipitación y la mayor frecuencia de eventos extremos, lo que alteraría la fenología y disponibilidad de frutos en los ecosistemas tropicales (Jara-Guerrero et al., 2015). Estas alteraciones comprometerían la base alimenticia de la especie y, en consecuencia, su capacidad de mantener poblaciones estables en la región.

Asimismo, la baja prioridad otorgada a la conservación en este escenario se explica por la primacía del desarrollo económico sobre la protección de los ecosistemas. Esto conlleva que las políticas de manejo ambiental y de biodiversidad sean predominantemente reactivas en lugar de proactivas (O'Neill et al., 2017), lo que se traduce en una limitada implementación de medidas de mitigación y en un incremento potencial de los conflictos territoriales.

4.2.2. Validación de modelos de SSP1 Y SSP5

Para las trayectorias socioeconómicas compartidas SSP1 y SSP5, se realizaron de manera independiente los análisis con variables topográficas y bioclimáticas. La validación del modelo se efectuó mediante 10 repeticiones utilizando el método de partición Bootstrap, lo que permitió evaluar la estabilidad y robustez de las predicciones en ambos escenarios. En el caso del escenario SSP1, los valores de ocurrencia fueron superiores a 10, con una desviación estándar de 0,101. El valor medio del AUC obtenido en las replicaciones fue de 0,889, mientras que el AUC global del proceso de modelado se ubicó en un rango excelente, confirmando la alta capacidad predictiva del modelo (Figura 06 y 07).

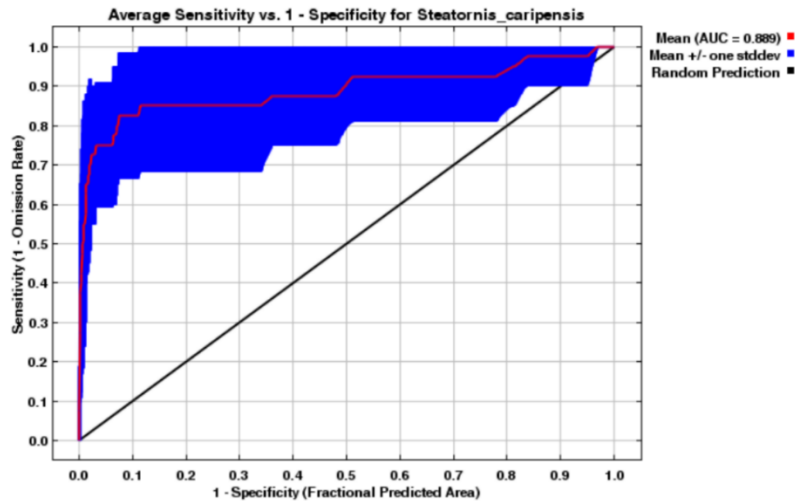


Figura 06. Área bajo la curva (AUC) de la modelación del *Steatornis caripensis* bajo el escenario de SSP1.

En el escenario SSP5, los valores de ocurrencia registrados fueron superiores a 10, con una desviación estándar de 0,107. El valor medio del AUC obtenido en las ejecuciones replicadas alcanzó 0,893, mientras que el AUC global del proceso de modelado se clasificó como excelente, lo que evidencia una alta precisión y capacidad predictiva del modelo bajo este escenario (Figura 07).

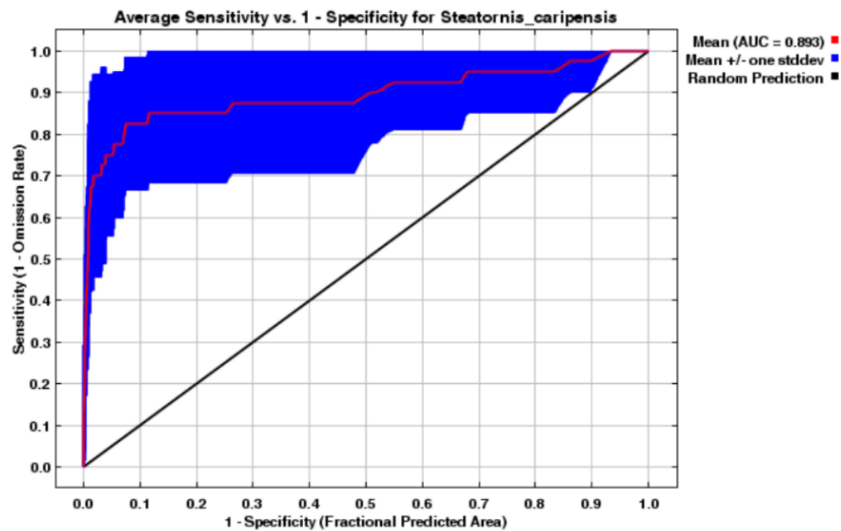


Figura 07. Área bajo la curva (AUC) de la modelación del *Steatornis caripensis* bajo el escenario SSP5.

El valor del área bajo la curva (AUC) obtenido en ambos escenarios fue superior a 0,90, lo que, de acuerdo con Araújo et al. (2005), corresponde a una capacidad predictiva excelente y respalda la solidez del modelo en los datos de prueba. Diversos estudios coinciden en que el AUC constituye uno de los métodos estadísticos más utilizados y confiables para evaluar el desempeño de los modelos de distribución de especies, al proporcionar una medida robusta de su capacidad de discriminación (Ríos et al., 2018).

4.2.3. Variables de mayor importancia en el modelo

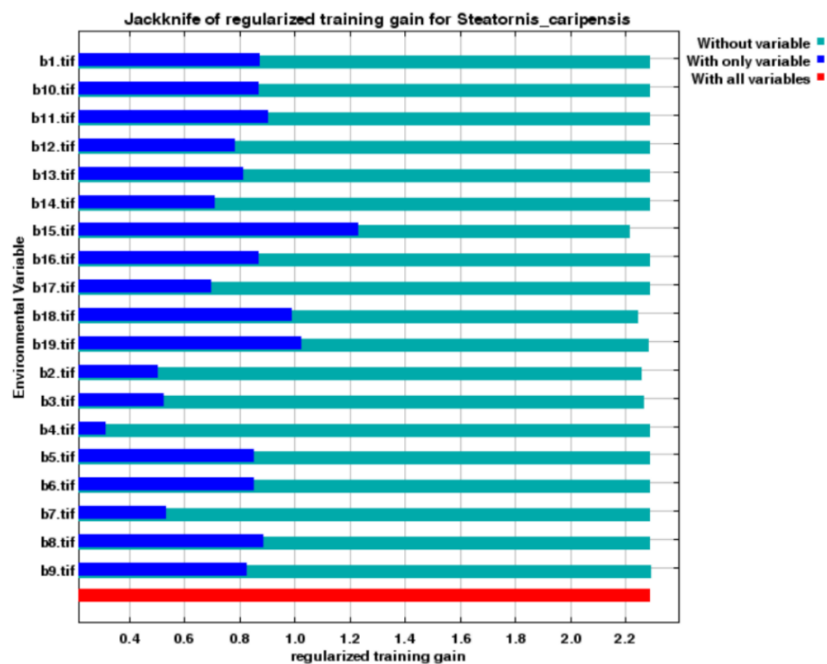


Figura 08. Prueba de Jackknife para los datos de prueba SSP1

En ambos escenarios (SSP1 y SSP5), la variable ambiental con mayor influencia fue la estacionalidad de la precipitación (BIO15), la cual mostró el mejor ajuste en el modelado y un alto poder predictivo. Cabe destacar que la contribución relativa de las variables ambientales al modelo también está condicionada por el número y representatividad de los registros de presencia disponibles, lo que influye directamente en la robustez de las predicciones (Elith et al., 2006).

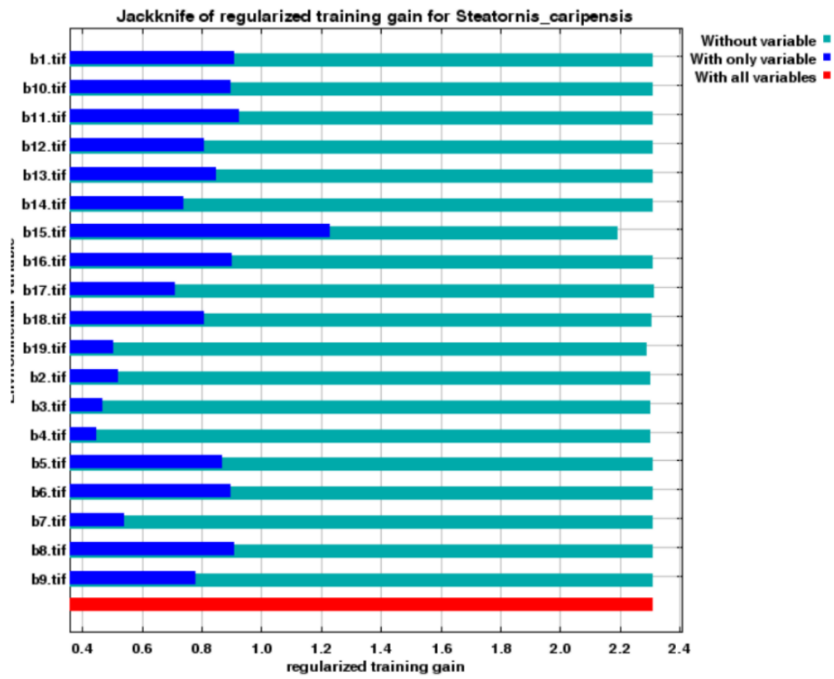


Figura 09. Prueba de Jackknife para los datos de prueba SSP5.

V. CONCLUSIONES

1. La distribución actual del *Steatornis caripensis* en la Cuenca de Alto Huallaga se encuentra fuertemente concentrada en áreas específicas de la provincia de Leoncio Prado, donde las condiciones ambientales como temperatura media anual, precipitación del trimestre más húmedo y elevación configuran un entorno ecológicamente idóneo para la especie, asociadas a ecosistemas de selva alta húmeda, presencia de cuevas y elevada disponibilidad de frutos ricos en lípidos, lo cual evidencia la dependencia a microclimas estables y sensibilidad térmica de la especie. Mas del 90% del territorio modelado presenta una idoneidad baja o muy baja, revelando una distribución espacial limitada y condicionada por factores ambientales restrictivos, tales como climas extremos, ausencia de formaciones cavernosas y escasa disponibilidad de alimento, lo que sugiere una alta vulnerabilidad ecológica en amplias zonas de la cuenca.
2. En relación con los escenarios proyectados de cambio climático (SSP1 y SSP5) para el periodo 2041-2060, los resultados evidencian una disminución progresiva de las áreas de muy alta idoneidad, siendo más pronunciada bajo el escenario SSP5. Este deterioro se asocia principalmente al incremento de la temperatura, la variabilidad en las precipitaciones, la transformación del uso del suelo y la intensificación de actividades antropogénicas. Incluso bajo un enfoque de sostenibilidad (SSP1), se observa una pérdida significativa de hábitat óptimo, lo que indica que las estrategias de desarrollo no siempre garantizan condiciones favorables para especies con requerimientos ecológicos especializados. Estos hallazgos destacan la necesidad urgente de implementar medidas de conservación específicas que prioricen la protección de hábitats críticos, la conectividad ecológica y la mitigación de los impactos del cambio climático sobre especies altamente sensibles como el guácharo.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Priorizar la inclusión de hábitats clave del guácharo, como cuevas de anidación y bosques frugíferos circundantes, dentro de Áreas Naturales Protegidas. Se propone la ampliación de la cobertura del Parque Nacional Tingo María y otras zonas de conservación en la Cuenca del Alto Huallaga, incorporando criterios de idoneidad espacial derivados del modelamiento ecológico
2. Establecer un sistema de monitoreo continuo que combine sensores climáticos, imágenes satelitales y observaciones en campo, para evaluar en tiempo real los cambios en las variables ambientales críticas (temperatura, precipitación) y su efecto sobre la presencia y comportamiento del guácharo. Esto permitirá validar y actualizar los modelos predictivos ante escenarios futuros
3. Fomentar actividades económicas sostenibles que reduzcan la presión sobre los hábitats del guácharo, como el ecoturismo responsable, agroforestería, y prácticas agrícolas sostenibles que sean compatibles con la conservación de la biodiversidad.
4. Ampliar la investigación sobre la ecología reproductiva, los patrones de movimiento, la dieta específica y la variabilidad genética del guácharo en la región, a fin de mejorar las estrategias de conservación. La incorporación de datos genómicos y estudios de conectividad poblacional brindará una base más sólida para evaluar la resiliencia de la especie frente al cambio climático.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ashraf, U., & Sendra, J. Q. (2018). Ecología política de la reforestación en Pakistán. *Ecología Política*, 55, 51–55. <https://www.jstor.org/stable/26573422>
- Allouche, O., Tsoar, A., & Kadmon, R. (2006). Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of Applied Ecology*, 43(6), 1223–1232.
- Autoridad Nacional de Agua. (2015). Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca de Huallaga. <https://repositorio.ana.gob.pe/>
- Benito, B., & Peñas, J. (2007). Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica. *GeoFocus. International Review of Geographical Information Science and Technology*, (7), 100-119.
- Bauer, N., Calvin, K., Emmerling, J., Fricko, O., Fujimori, S., Hilaire, J., Eom, J., Krey, V., Kriegler, E., Mouratiadou, I., Sytze de Boer, H., van den Berg, M., Carrara, S., Daioglou, V., Drouet, L., Edmonds, J., Gernaat, D., Havlik, P., Pietzcker, R., & Strubegger, M. (2017). Shared Socio Economic Pathways of the Energy Sector - Quantifying the Narratives. *Global Environmental Change*, 42, 316-330.
- Benito, B., & Peñas, J. (2007). Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad. *GeoFocus*, (7), 100-119.
- Bird Life International. (2017). Annual review 2017. Partnership for nature and people. <https://www.birdlife.org/wp-content/uploads/2021/06/report2018.lores-plan.pdf>
- BirdLife Internacional. (2008). A range of threats drives declines in bird populations. BirdLife International. Recuperado de: <http://www.birdlife.org>, 5 de agosto de 2016.
- Brown, J.H. & Lomolino, M.V. (1998). *Biogeography*, xii+ 691 pp. Sunderland (Massachusetts): Sinauer Associate; distributed in the UK by Macmillan. Price£ 35.95 (hard covers). ISBN 0 87893 073 6. *Geological Magazine*, 136(4), 475-478.
- Bordera, J., & Prieto, F. (2021). El IPCC considera que el decrecimiento es clave para mitigar el cambio climático. CTXT Contexto y Acción.
- Bordera, J., & Prieto, F. (2022). Advertencias del panel intergubernamental del cambio climático el IPCC considera que el decrecimiento es clave para mitigar el cambio climático. *Revista de Economía Institucional*, 24(46), 237-247.
- Bosque, C. (1986). Estudio ecológico de las colonias de guácharos en Venezuela.
- Cano Barbacil, C., & Cano Sánchez, J. (2016). Efectos del cambio climático sobre las aves.
- Capano, G. C. (2012). Lista de especies de Aves de Uruguay vulnerables al cambio

climático global.

- Cárdenas, S., et al. (2012). Movement patterns and habitat preference of Oilbirds (*Steatornis caripensis*) in the southern Andes of Colombia.
- Cárdenas, S., Cardona, L. M., A Echeverry-Galvis, M., & Stevenson, P. R. (2020). Movement patterns and habitat preference of Oilbirds (*Steatornis caripensis*) in the southern Andes of Colombia. *Avian Conservation & Ecology*, 15(2).
- Carlo, T. A., Camargo, P. H., & Pizo, M. A. (2022). Functional ecology of Neotropical frugivorous birds. *Ornithology Research*, 30(3), 139-154.
- Clark, D. B. (2002). Los factores edáficos y la distribución de las plantas. *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. LUR, Cartago, Costa Rica, 193-221.
- Cisneros-Heredia, D. F., Henry, P. Y., Buitrón-Jurado, G., Solano-Ugalde, A., Arcos-Torres, A., & Tinoco, B. A. (2012). New data on the distribution of Oilbird *Steatornis caripensis* in Ecuador. *Cotinga*, 34(1), 100-103.
- Da Silva, L., Mitchell, J. D., Douglas, C., Bitencourt, C., Pierre, P. M. O., Pell, S. K., & Pirani, J. R. (2022). Hidden Species of Anacardiaceae in the Andean Cloud Forests: A Revision of *Schinus* section *Myrtifolia*. <https://www.ingentaconnect.com/content/aspt/sb/2022/00000047/00000004/art00013>
- De Pando, B. B., & De giles, J. P. (2007). Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica. *GeoFocus. International Review of Geographical Information Science and Technology*, (7), 100-119.
- Dourojeanni, M. J., & Tovar, A. (1974). Notas Sobre el Ecosistema y la Conservación de la Cueva de las Lechuzas (Parque Nacional de Tingo María, Perú) 1. *Revista Forestal Del Perú* v, 5(2), 1–19.
- Ehrlén, J., & Morris, W. F. (2015). Predicting changes in the distribution and abundance of species under environmental change. *Ecology letters*, 18(3), 303-314.
- Efron, B., & Tibshirani, R. J. (1993). *An Introduction to the Bootstrap*. Chapman & Hall.
- Escoto Castillo, A., Sánchez Peña, L., & Gachuz Delgado, S. (2017). Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP): nuevas maneras de comprender el cambio climático y social. *Estudios demográficos y urbanos*, 32(3), 669-693.
- Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E., & Yates, C. J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and distributions*, 17(1), 43-57.
- Elsen, P. R., Monahan, W. B., & Merenlender, A. M. (2020). Topography and human pressure in mountain ranges alter expected species responses to climate change.

Nature Communications, 11(1), 1974. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15749-4>

- Fajardo, F., Infante, J., & Cabrera, D. M. (2018). Modelización de la distribución potencial del género *Polylepis* en Colombia y consideraciones para su conservación. <http://ref.scielo.org/cz5hkr>
- Felicísimo, A. M., Muñoz, J., Mateo, R. G., & Villalba, C. J. (2012). Vulnerabilidad de la flora y vegetación españolas ante el cambio climático. *Ecosistemas*, 21(3), 1-6.
- Fielding, A. H., & Bell, J. F. (1997). A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*, 24(1), 38–49.
- Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302-4315.
- Gaspari, F. j., Rodriguez V. M., Senisterra, D. G., Delgado, M. I., Besteiro, J, S. (2013). Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas. 1 ed. Buenos Aires, Argentina. Editorial de la Universidad de La Plata. 191 p.
- Gracida, C. G. S. (2005). Patrones de distribución del orden Rodentia en Baja California Sur, México.
- Guisan, A., & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology letters*, 8(9), 993-1009.
- Guisan, A., & Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135(2-3), 147–186.
- Graham, C. H., Loiselle, B. A., Velásquez-Tibatá, J., & Cuesta, F. (2012). Modelos de distribución de especies y el desafío de pronosticar distribuciones futuras. *Cambio Climático y la Biodiversidad de los Andes Tropicales*, 147-186.
- Hernández, J., Reynoso, R., Hernández, H., Hernández, A., Cob, J. V. García, X., & López, D. (2018). Distribución histórica, actual y futura de *Cedrela odorata* en México. <https://doi.org/10.21829/abm124.2018.1305>
- Holdridge, L. R. (1987). *Ecología basada en zonas de vida* (No. 83). IICA Biblioteca Venezuela.
- Holland, J. N. et al. (2008). Frugivory and seed dispersal by the Oilbird (*Steatornis caripensis*) in northern South America. *Biotropica*, 40(3), 286-297
- Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., & Callar, N. J. (1999). *Handbook of the Birds of the World, Vol. 5: Barn Owls to Hummingbirds*. Bird Life International.
- Ibarra, J. L. & Huerta, F. M. (2016). Cambio climático y predicción de incendios al 2050 en el Bosque La Primavera, Jalisco.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200711322016000500039&lng=es&tlng=es

- Ibarra, D. V. I., Lebgue, K. T., Viramontes, O. O., Reyes, C. I., Ortega, G. J. A y Morales, N. C. (2016). Modelo de nicho fundamental para *Coryphantha chihuahuensis* (cactaceae) en el estado de Chihuahua, México. *Ecología Aplicada*. 15, 11-17. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v15i1.578>
- IPCC (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Jara-Guerrero, A., De la Cruz, M., & Méndez, M. (2015). Seed dispersal spectrum of woody species in South American dry forests: The role of birds, mammals, and abiotic factors. *American Journal of Botany*, 102(4), 644–655.
- Jha, K. K., & Jha, R. (2021). Study of vulture habitat suitability and impact of climate change in Central India using MaxEnt. *Journal of Resources and Ecology*, 12(1), 30-42.
- Joly, V., & Carrera, L. (2013). Vestir la democracia: Universidad, diseño y cambio cultural hacia 1988. *Anales Del Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas*. Mario J. Buschiazzo, 43(2), 201–212. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2362-20242013000200006&lng=es&nrm=iso&tlng=en
- Kunz, T. H., & Weise, C. F. (2005). Cave-dwelling birds: ecological adaptations and conservation implications. *Journal of Tropical Ecology*, 21(3), 301-310.
- Laurance, W. F., Sayer, J., & Cassman, K. G. (2014). Agricultural expansion and its impacts on tropical nature. *Trends in Ecology & Evolution*, 29(2), 107-116.
- Louman, B. (2005). Efectos del pago por servicios ambientales y la certificación forestal en el desempeño ambiental y socioeconómico del manejo de bosques naturales en Costa Rica (No. 30). CATIE.
- López-González, C., Presley, S. J., Lozano, A., & Stevens, R. D. (2007). Ecological biogeography of Mexican bats: The influence of habitat, elevational gradients and latitude on species distribution. *Ecography*, 30(1), 21-30.
- Masson-Delmotte, V., & Zhai, P. (2022). Tendencias regionales de los fenómenos extremos en el informe del IPCC de 2021.
- Martin, G., Rojas, L. M., Ramírez, Y., & McNeil, R. (2004). The eyes of oilbirds (*Steatornis caripensis*): pushing at the limits of sensitivity. *Naturwissenschaften*, 91, 26-29.
- Mohammadi S., Ebrahimi E., Moghadam, S. M & Bosso, L. (2019). Modelling current and

- future potential distributions of two desert jerboas under climate change in Iran. *Ecological Informatics*, 52, 7-3. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2019.04.003>
- Muñoz, J., Felicísimo, A. M., & Mateo, R.G. (2004). Species distributions models: A synthetic revision. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0716078X2011000200008&script=sci_arttext&tlng=en
- Navarro, M. A., Jove, C. A., & Ignacio, M. J. (2020). Modelamiento de nichos ecológicos de flora amenazada para escenarios de cambio climático en el departamento de Tacna – Perú. <https://doi.org/10.14483/2256201x.14866>
- O'Neill, B. C., Kriegler, E., Ebi, K. L., et al. (2017). Los caminos por delante: Narrativas para caminos socioeconómicos compartidos que describan el futuro mundial en el siglo XXI, 42, 169-180.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling*, 190(3-4), 231-259.
- Pearson, R. G., & Dawson, T. P. (2003). Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful?. *Global ecology and biogeography*, 12(5), 361-371.
- Peña-Venegas, P., Rodríguez-Mora, M., & Castellanos, M. C. (2007). Dispersión de semillas por *Steatornis caripensis* y su impacto en la ecología del bosque tropical colombiano. *Ecología Aplicada*, 6(2), 35-48.
- Pinzón, C.E., Vargas, C. E., Sarmiento, M. V., & Jiménez, J. A. (2020). Aportes a la conservación estratégica de los páramos de Colombia: actualización de la cartografía de los complejos de páramo a escala 1:100.000. *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*, 3(1) 46-47.
- Puerta, R., Vargas, Y., & Palomino, F. (2022). Cadena productiva de bolaina blanca (*Guazuma crinita* mart.) en la provincia Leoncio Prado. *Biotempo*, 19(1), 89–93. <https://doi.org/10.31381/biotempo.v19i1.4808>
- Pliscoff, P., & Fuentes-Castillo, T. (2011). Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles. *Revista de Geografía Norte Grande*, (48), 61-79.
- Popp, A., Calvin, K., Fujimori, S., et al. (2017). Land-use futures in the shared socio-economic pathways. *Global Environmental Change*, 42, 331-345.
- Quispe, W. R., & Elias. E. (2020). Distribución potencial de *Puya raimondii* Harms en futuros escenarios del cambio climático. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2020.605>
- Quispe, W. R. (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).
<http://hdl.handle.net/20.500.12894/8305>
- Rojas, G. L., Frank G., & Stiles H. (2004). Dieta y dispersión de semillas por guácharos (*Steatornis caripensis*) en el PNN cueva de los Guácharos (Huila, Colombia).
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/11438>
- Sánchez, B. M., Valvanera, U., Luna, Y., Gutiérrez, J. M., Vicente Serrano, S. M., Faria, S. H., ... & Gómez Borrego, Á. (2021). Webinar: Las bases físicas del cambio climático, encuentro con los autores del Sexto Informe IPCC.
- Sánchez, R., Morales, H., & Rodríguez, M. (1997). Seed dispersal by Oilbirds in the Andean forests. *Biotropica*, 29(3), 367-375.
- Scheldeman, X., & Van Zonneveld, M. (2011). Manual de capacitación en análisis espacial de diversidad y distribución.
- Snow, D. W. (1962). A field study of the oilbird (*Steatornis caripensis*) in Trinidad, W.I. *Zoologica*, 47, 27-48.
- Snow, D. W. (1979). The Oilbird (*Steatornis caripensis*), a unique nocturnal fruit-eating bird. *Scientific American*, 241(1), 106–117.
- Turner, W. R., Bradley, B. A., Estes, L. D., Hole, D. G., Oppenheimer, M., & Wilcove, D. S. (2010). 3(5), 304-312.
- Urbina, N., Saboya, L., & Londoño, M. (2019). Conocimiento científico de los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad continental: productividad de las instituciones colombianas y propuesta para un análisis integral.
<https://revistas.humboldt.org.co/index.php/BEP/article/view/685>
- Vargas, J., Meneses, R., López, R. P., Gómez, M., & Naoki, K. (2004). Comparación de modelos de distribución de especies para predecir la distribución potencial de vida silvestre en Bolivia. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1605-25282006000700005&script=sci_arttext
- Vivanco, G. B. (2019). Modelamiento espacial en la distribución potencial de *Cedrelinga cateniformis* Ducke (tornillo) y *Cunuria spruceana* Baillon (higuerilla) en los bosques de producción permanente, distrito la morada, Huánuco (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva).
<https://hdl.handle.net/20.500.14292/1604>
- Villón, B. M. (2002). Hidrología. 2 ed. Lima, Perú. Editoria l Villón.431 p.

VIII. ANEXOS

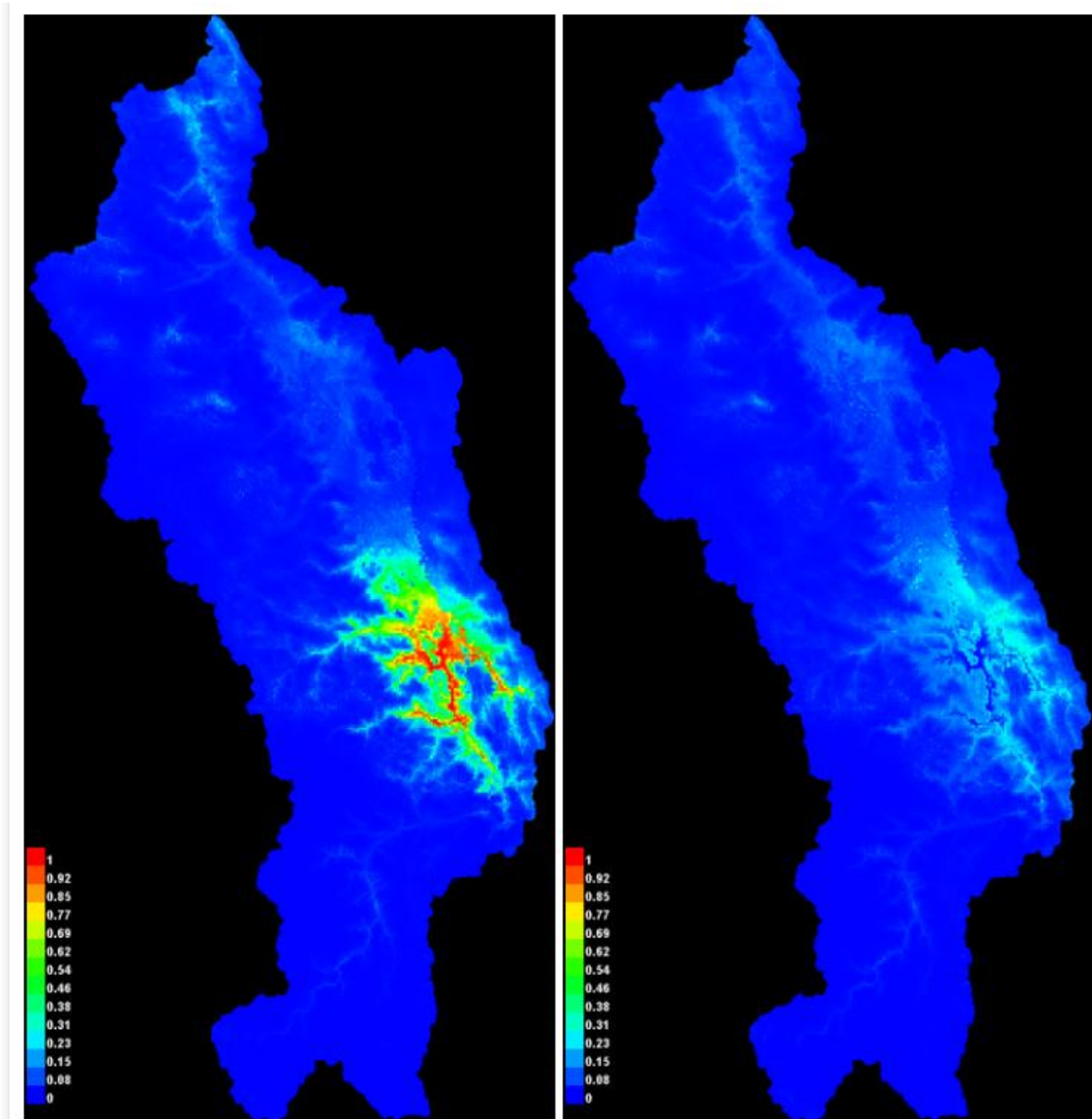
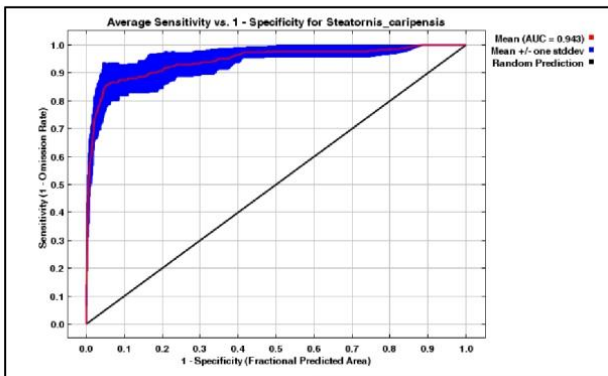
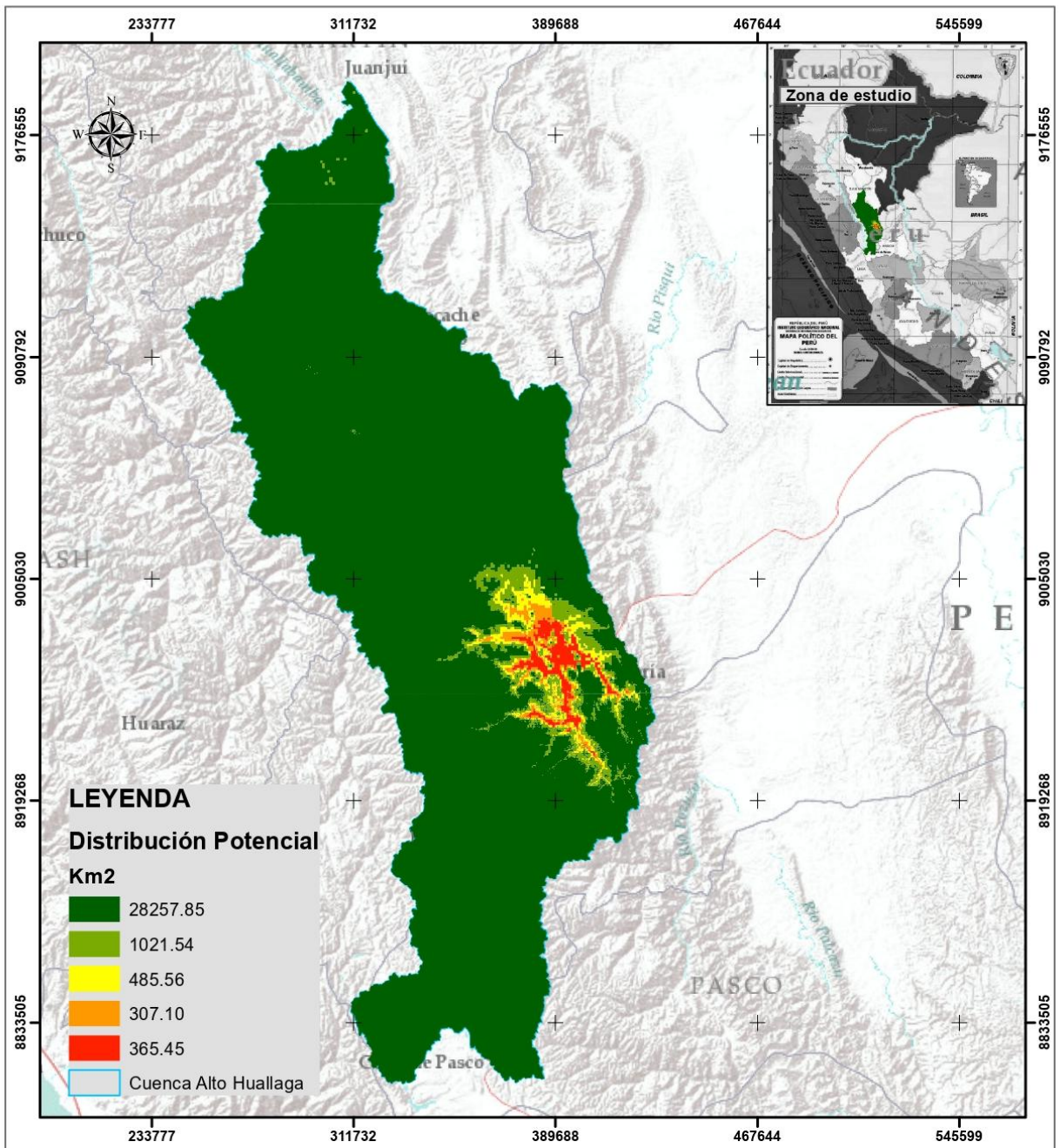


Figura 10. La distribución espacial en la Cuenca de Alto Huallaga bajo la idoneidad del territorio, generado por MaxEnt siguientes muestras muestran la media puntual y la desviación estándar.



 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA SELVA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES		
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA		
TESIS: "MODELAMIENTO DE LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL GUÁCHARO (STEATORNIS CARIPENSIS) EN LA CUENCA DE ALTO HUALLAGA: UN ENFOQUE BAJO ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO"		
MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE STEATORNIS CARIPENSIS BAJO IDONEIDAD DEL TERRITORIO ACTUAL		
EJECUTOR: BSc. JUSTO VIGILIO BERNARDO	Fecha: mayo 2025	LAMINA: 01
ASESORES: Dr. Nelino Florida Rofner Ing. M.Sc. Homer Sandoval Saavedra	Sistema de proyección cartográfica: UTM Zone 18 S DATUM Horizontal WGS 1984	
ESCALA: 1:2.000.000		

Figura 11. Distribución espacial en la Cuenca de Alto Huallaga bajo la idoneidad del territorio en ArcGis.

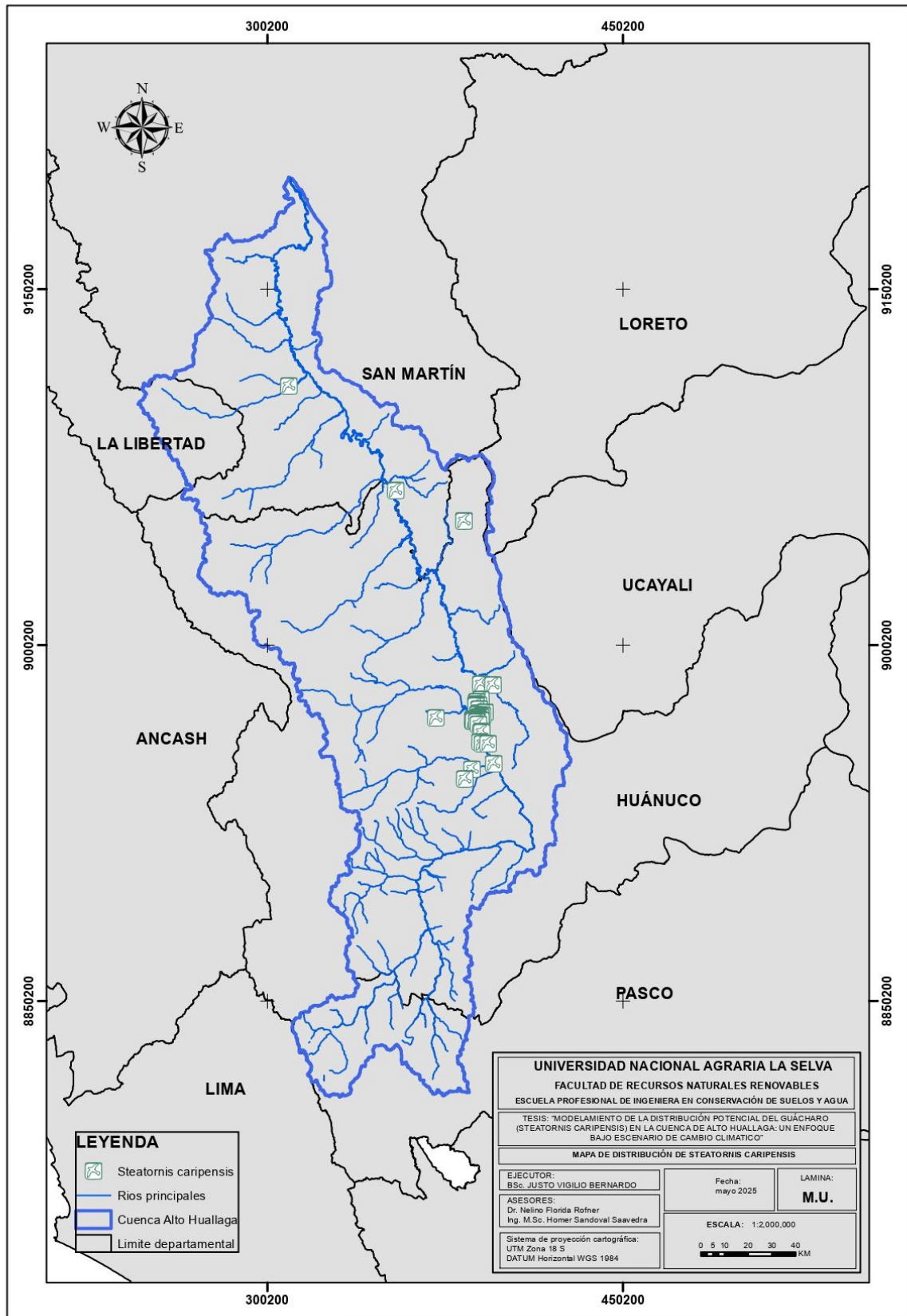


Figura 12. Mapa de distribución espacial en la Cuenca de Alto Huallaga.

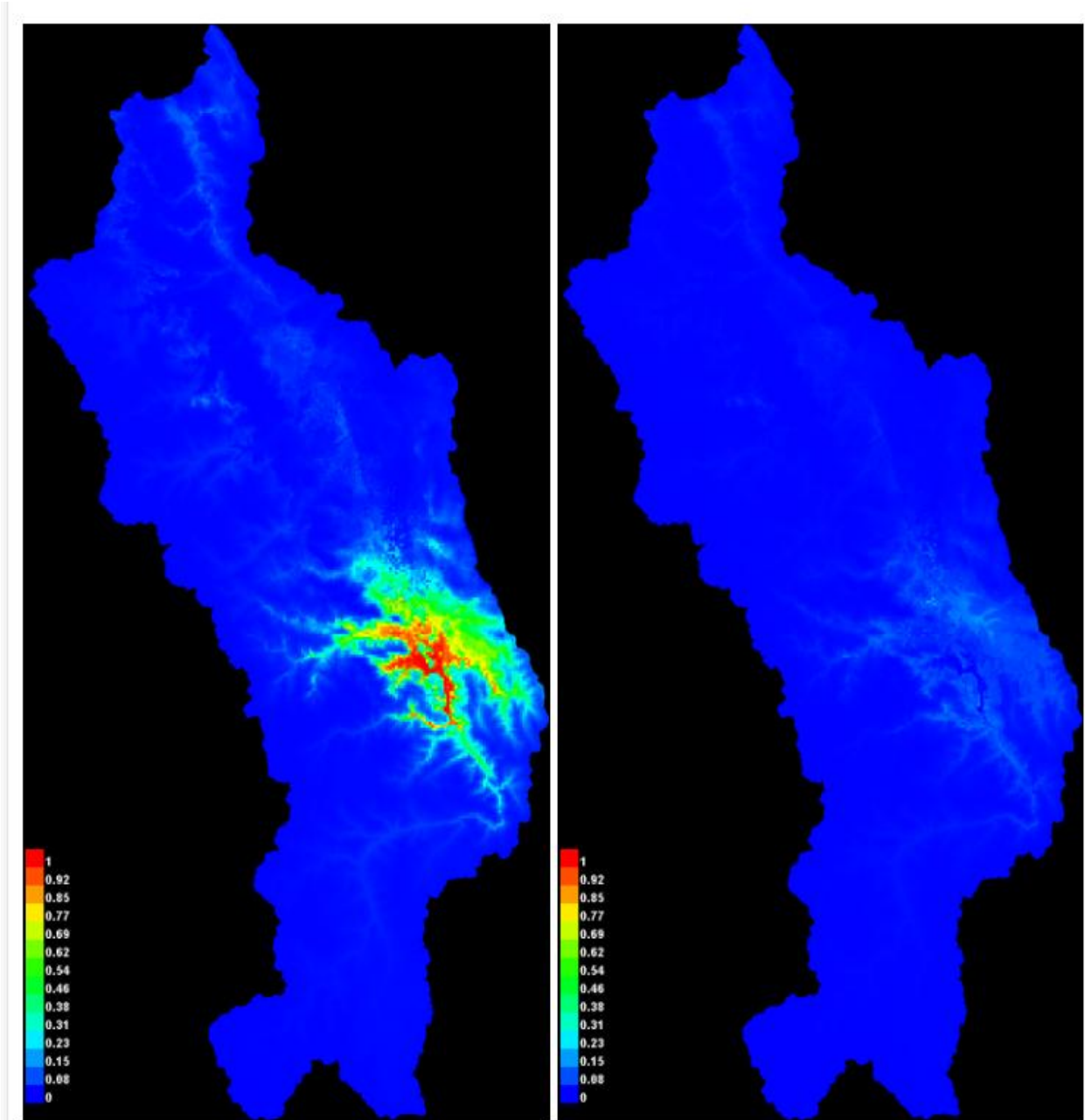
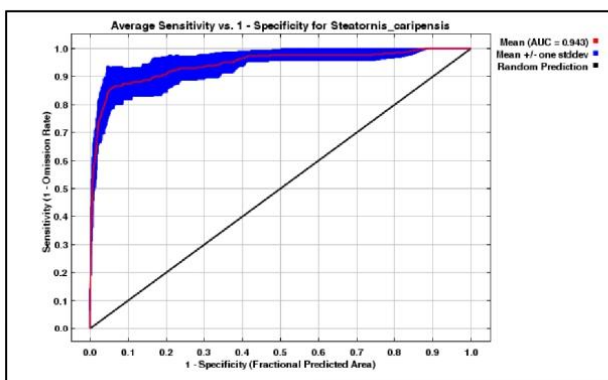
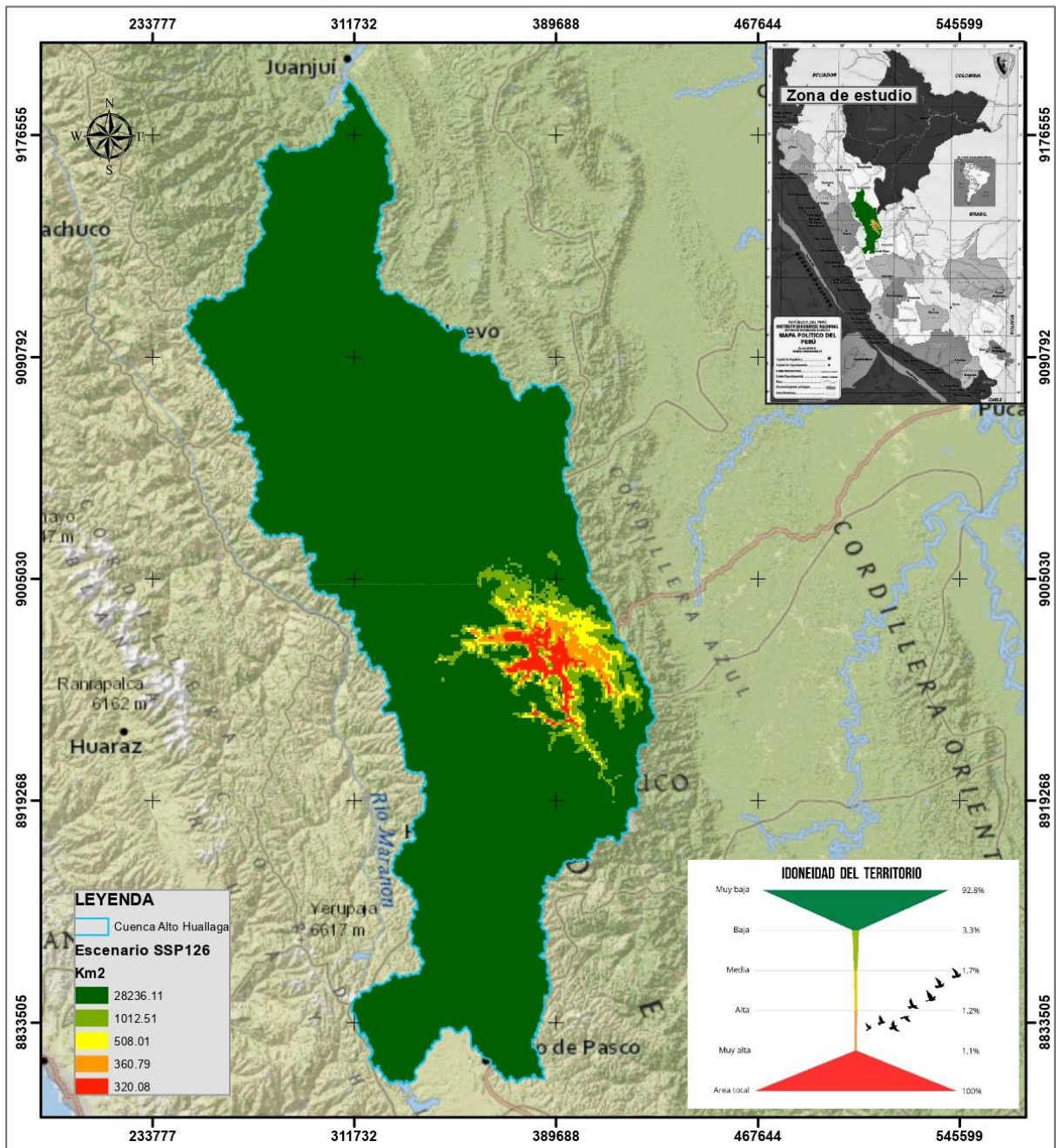


Figura 13. Distribución espacial futura ante un escenario de sostenibilidad (SSP1) bajo la idoneidad del territorio del periodo 2041-2060 generado por MaxEnt.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERA EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

TESIS: "MODELAMIENTO DE LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL GUÁCHARO (*STEATORNIS CARIPENSIS*) EN LA CUENCA DE ALTO HUALLAGA: UN ENFOQUE BAJO ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO"

MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE *STEATORNIS CARIPENSIS* BAJO EL ESCENARIO DE SSP1

EJECUTOR:
BSc. JUSTO VIGILIO BERNARDO

FECHA: mayo 2025

LAMINA: 01

ASESORES:
Dr. Nelino Florida Rofner
Ing. M.Sc. Homer Sandoval Saavedra

Sistema de proyección cartográfica:
UTM Zona 18 S
DATUM Horizontal WGS 1984

ESCALA: 1:2,000,000

0 5 10 20 30 40 KM

Figura 14. Distribución espacial futura ante un escenario de sostenibilidad (SSP1) bajo la idoneidad del territorio del periodo 2041-2060 en ArcGis.

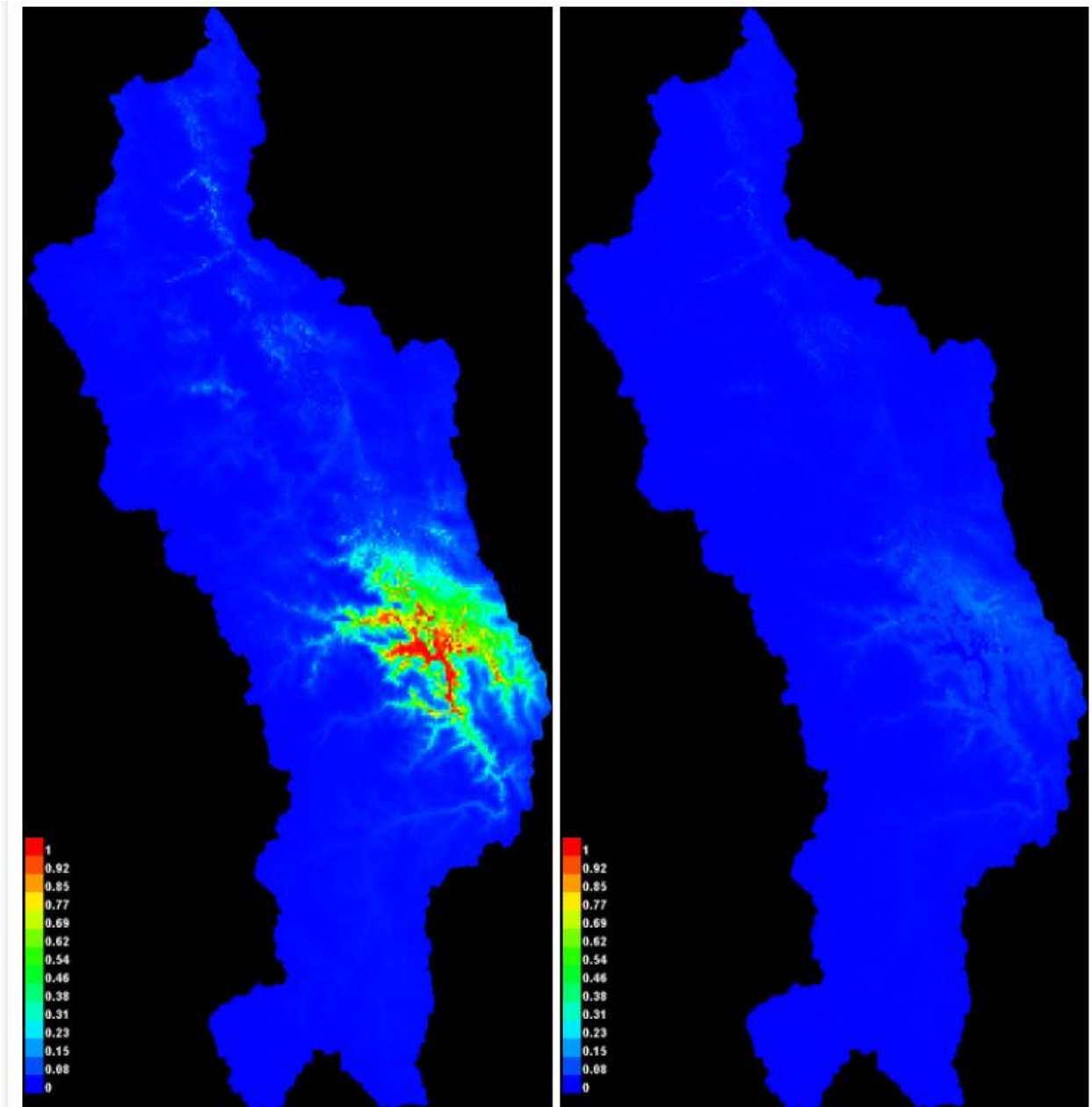
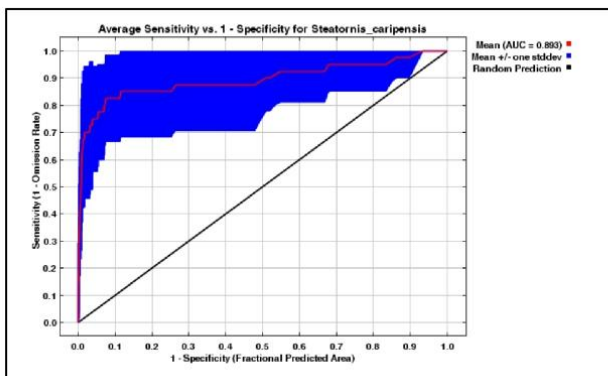
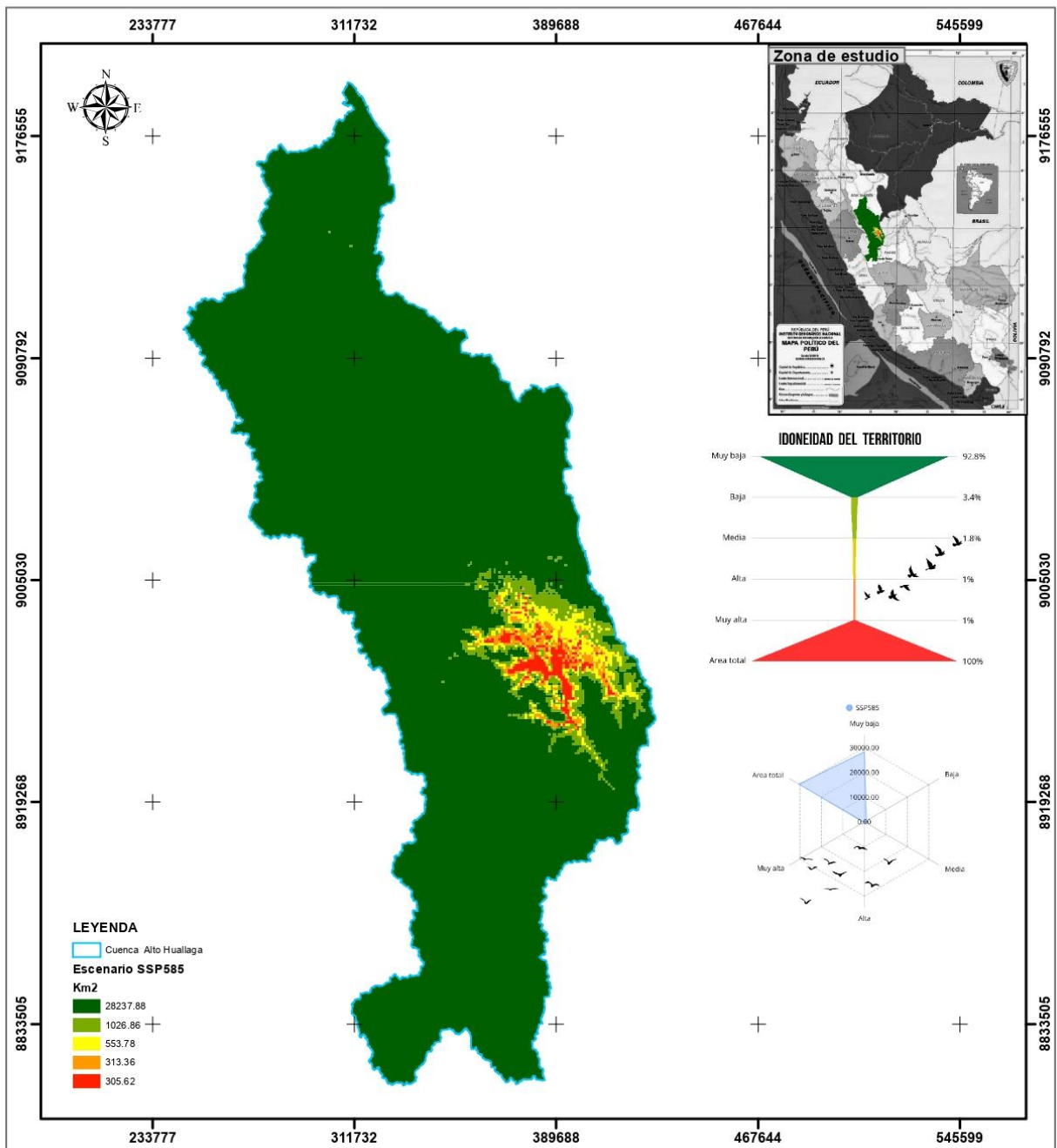


Figura 15. Distribución espacial futura ante un escenario de uso de combustibles fósiles (SSP5) bajo la idoneidad del territorio del periodo 2041-2060, generado por MaxEnt.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERA EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

TESIS: "MODELAMIENTO DE LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL GUÁCHARO (*STEATORNIS CARIPENSIS*) EN LA CUENCA DE ALTO HUALLAGA: UN ENFOQUE BAJO ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO"

MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE *STEATORNIS CARIPENSIS* BAJO EL ESCENARIO DE SSP585

EJECUTOR: BSc. JUSTO VIGILIO BERNARDO

Fecha: mayo 2025

LAMINA: 01

ASESORES:
Dr. Nelson Florida Rofner
Ing. M.Sc. Homer Sandoval Saavedra

Sistema de proyección cartográfica:
UTM Zona 18 S
DATUM Horizontal WGS 1984

ESCALA: 1:2,000,000

0 5 10 20 30 40 KM

Figura 16. Distribución espacial futura ante un escenario de combustibles fósiles (SSP5) bajo la idoneidad del territorio del periodo 2041-2060 en ArcGis.

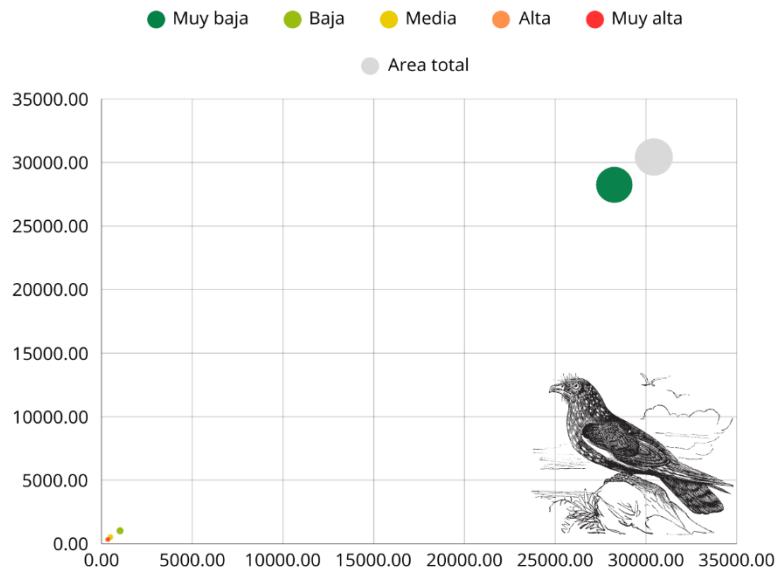


Figura 17. Diagrama de dispersión de la distribución espacial bajo la idoneidad del territorio actual.

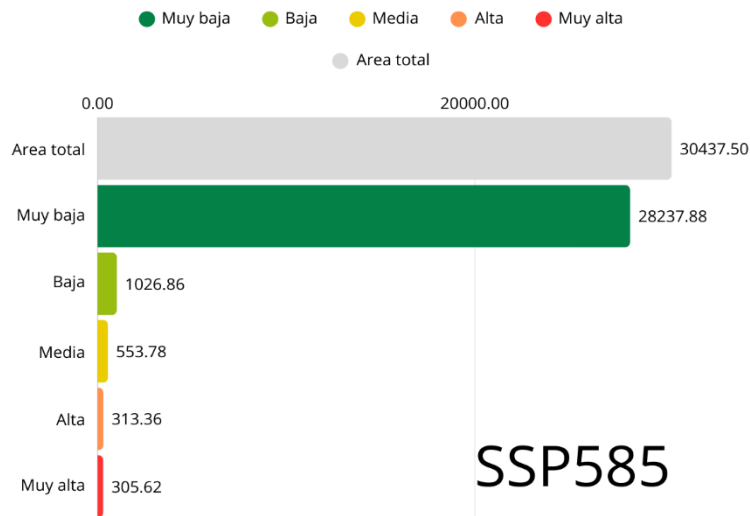


Figura 18. Gráfica de barras de la distribución espacial futura ante un escenario de combustibles fósiles (SSP5).

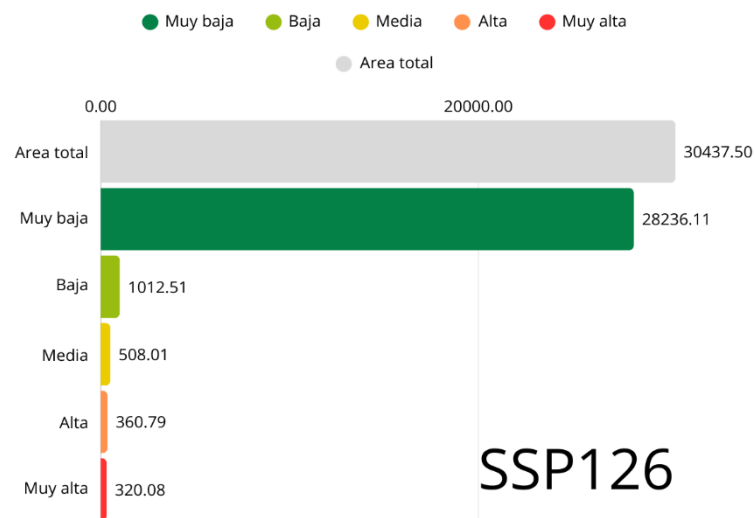


Figura 19. Gráfica de barras de la distribución espacial futura ante un escenario de sostenibilidad (SSP1).

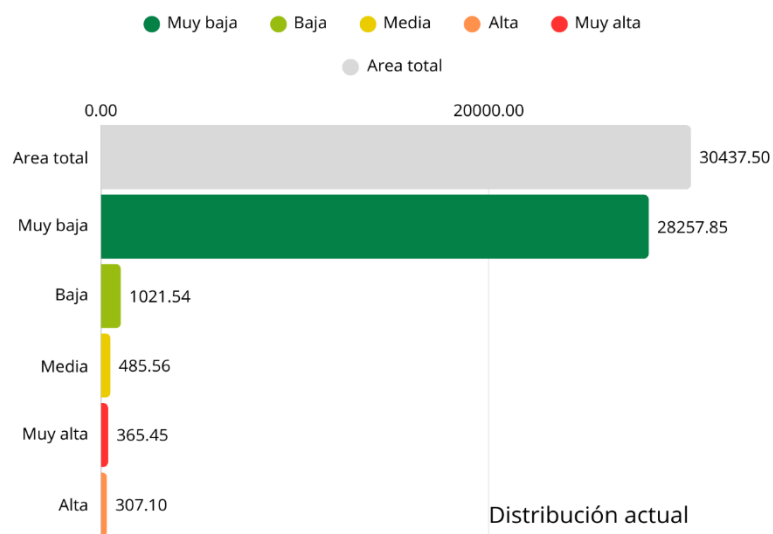


Figura 20. Gráfica de barras de la distribución espacial.

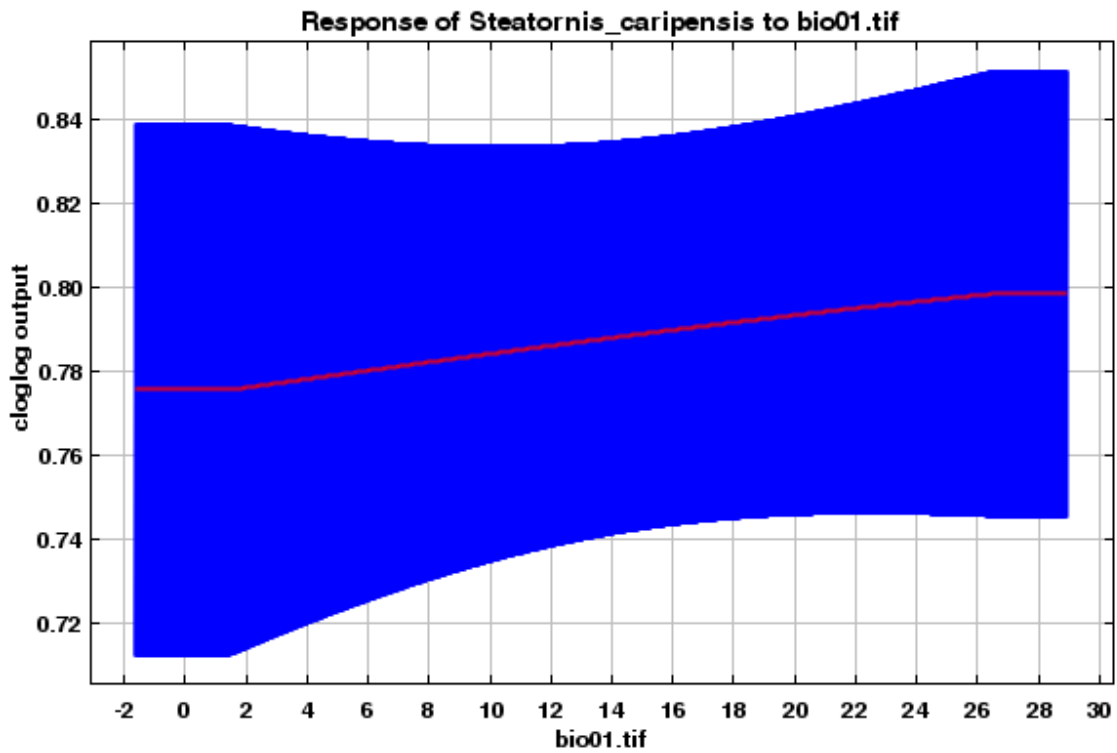


Figura 21. Gráfica de contribución de la variable temperatura promedio anual (bio 1) para el modelado en la prueba de Jackknife.

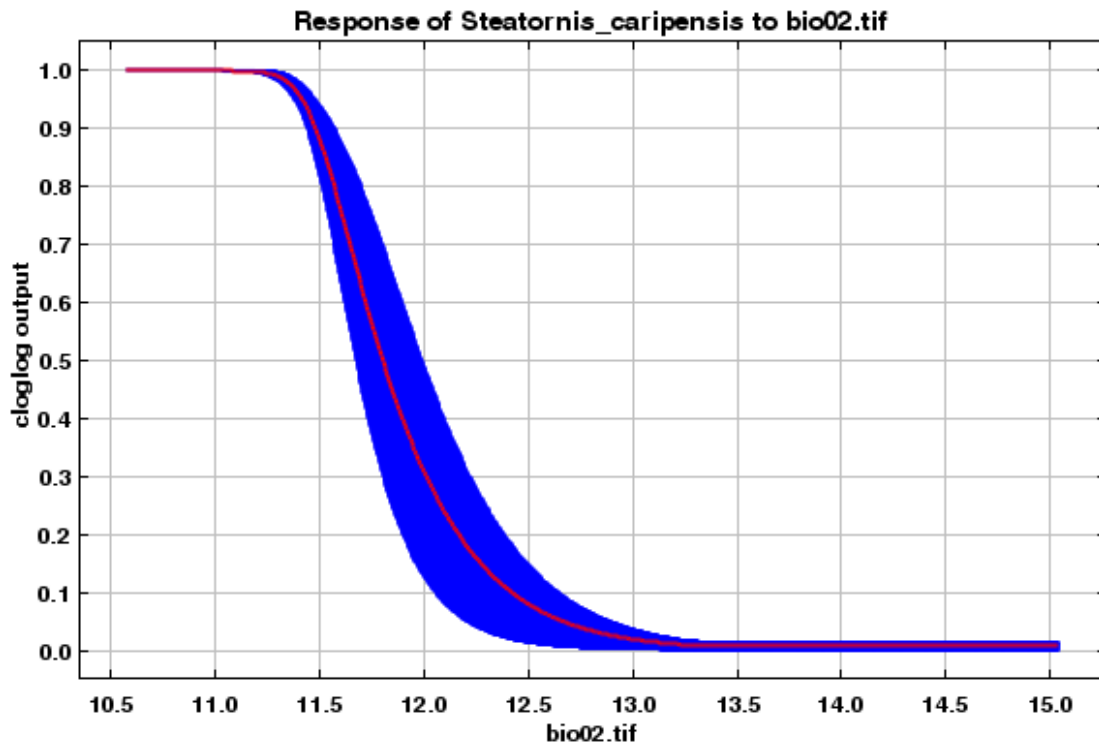


Figura 22. Gráfica de contribución de la variable rango medio diario (temp max – temp min; promedio mensual) (bio 2) para el modelado en la prueba de Jackknife

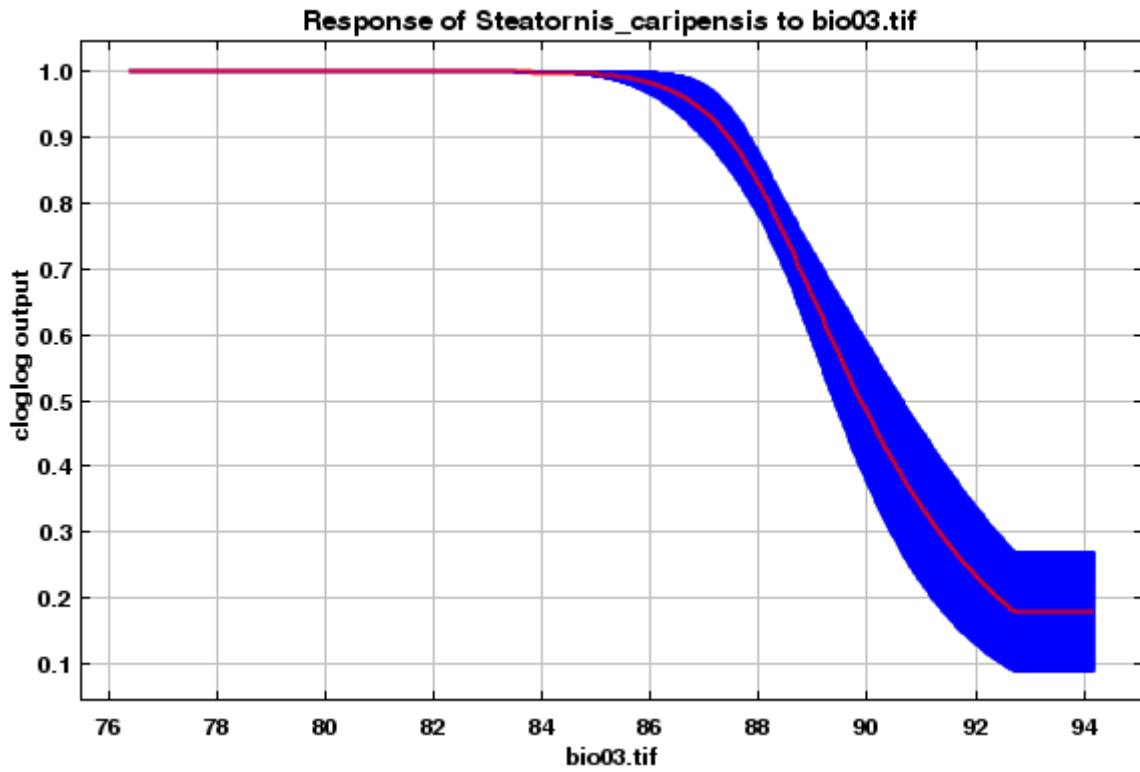


Figura 23. Gráfica de contribución de la variable isothermalidad $(BIO1/BIO7) * 100$ (bio 3) para el modelado en la prueba de Jackknife.

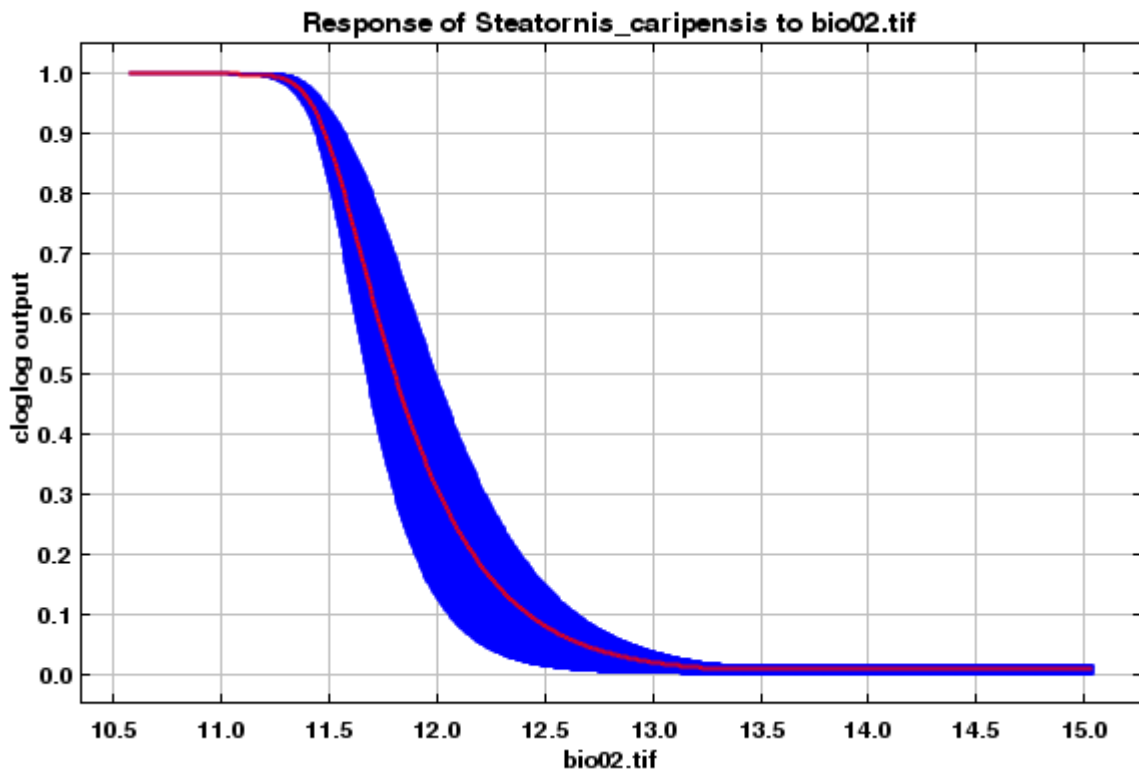


Figura 24. Gráfica de contribución de la variable estacionalidad en temperatura (bio 4) para el modelado en la prueba de Jackknife

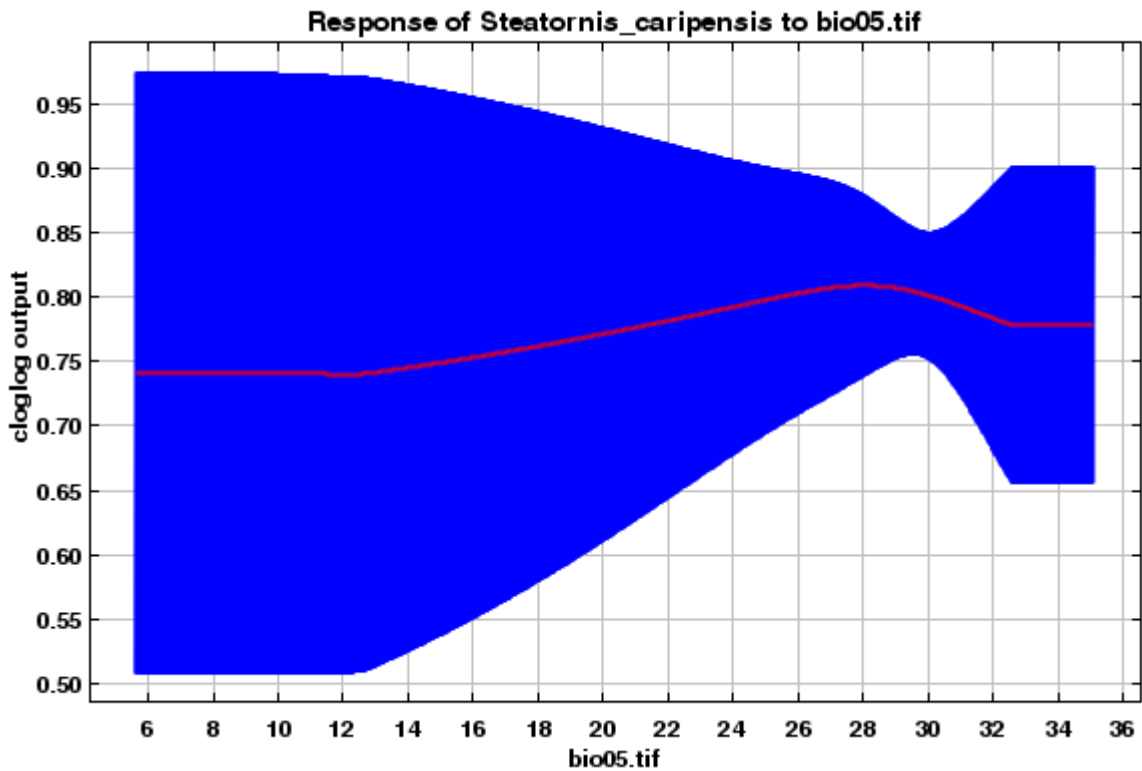


Figura 25. Gráfica de contribución de la variable temperatura máxima del período más caliente (bio 5) para el modelado en la prueba de Jackknife.

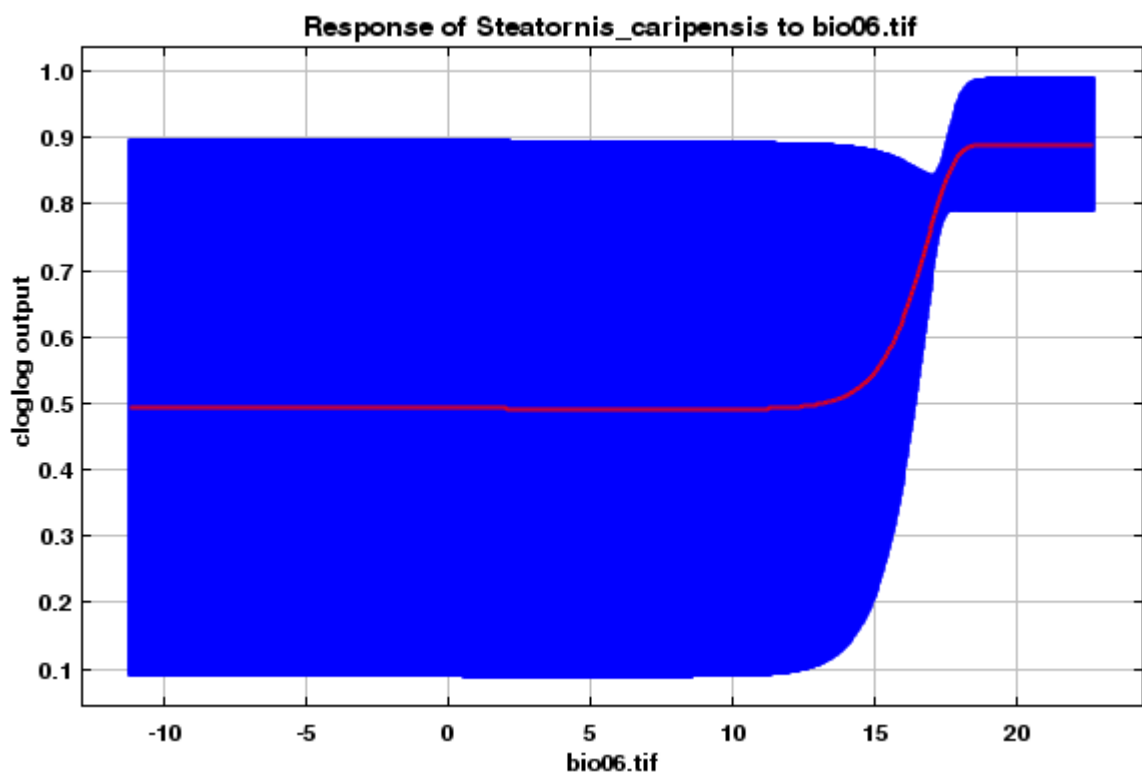


Figura 26. Gráfica de contribución de la variable temperatura mínima del período más frío (bio 6) para el modelado en la prueba de Jackknife

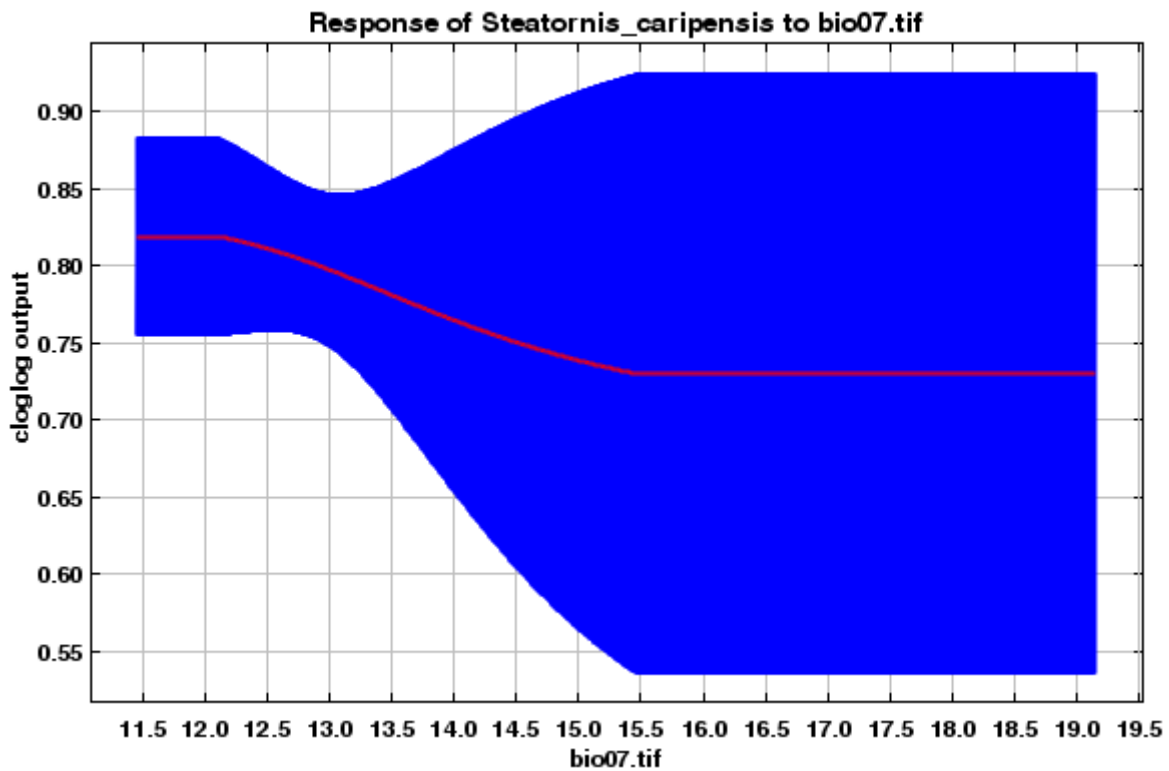


Figura 27. Gráfica de contribución de la variable rango anual de temperatura (BIO5-BIO6) (bio 7) para el modelado en la prueba de Jackknife.

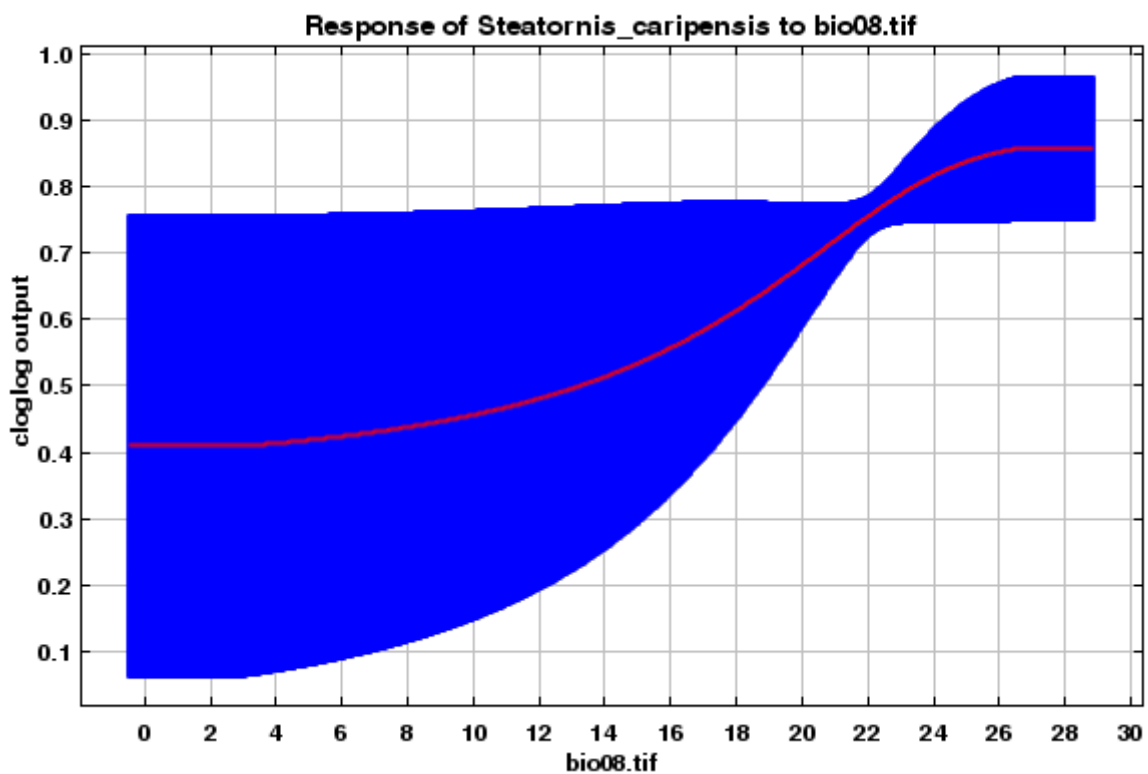


Figura 28. Gráfica de contribución de la variable temperatura media en el trimestre más lluvioso (bio 8) para el modelado en la prueba de Jackknife

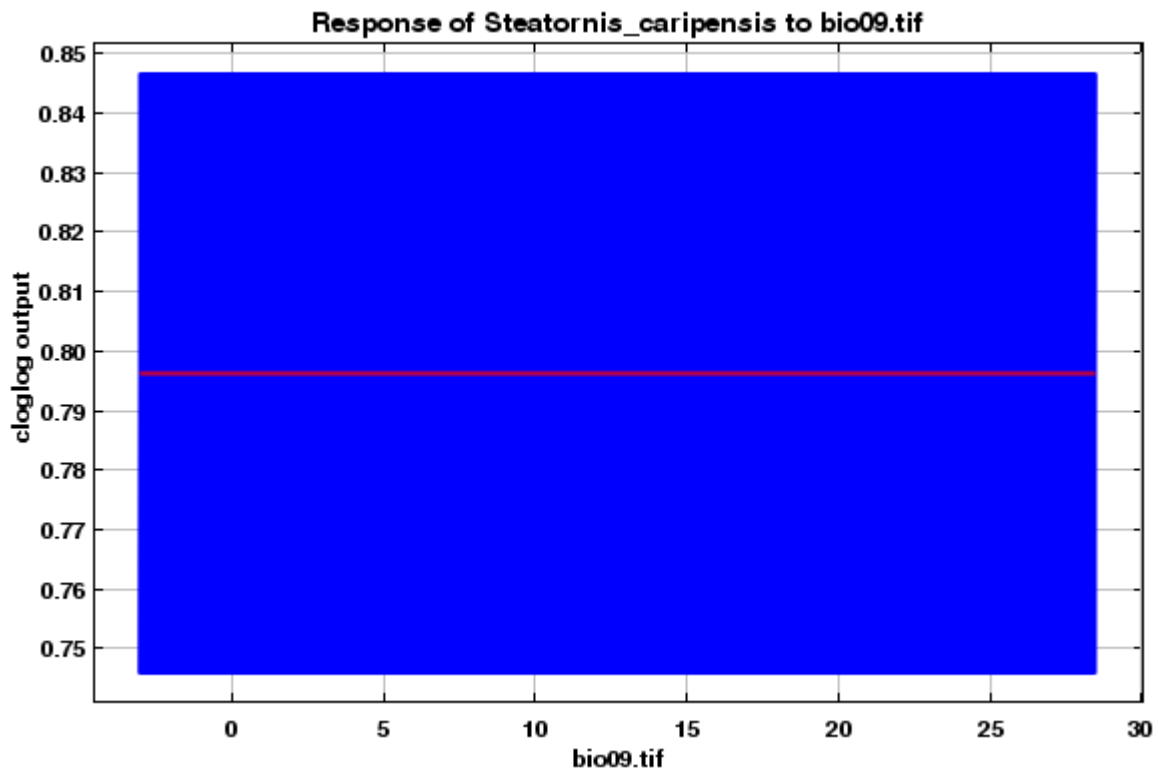


Figura 29. Gráfica de contribución de la variable temperatura promedio en el trimestre más seco (bio 9) para el modelado en la prueba de Jackknife.

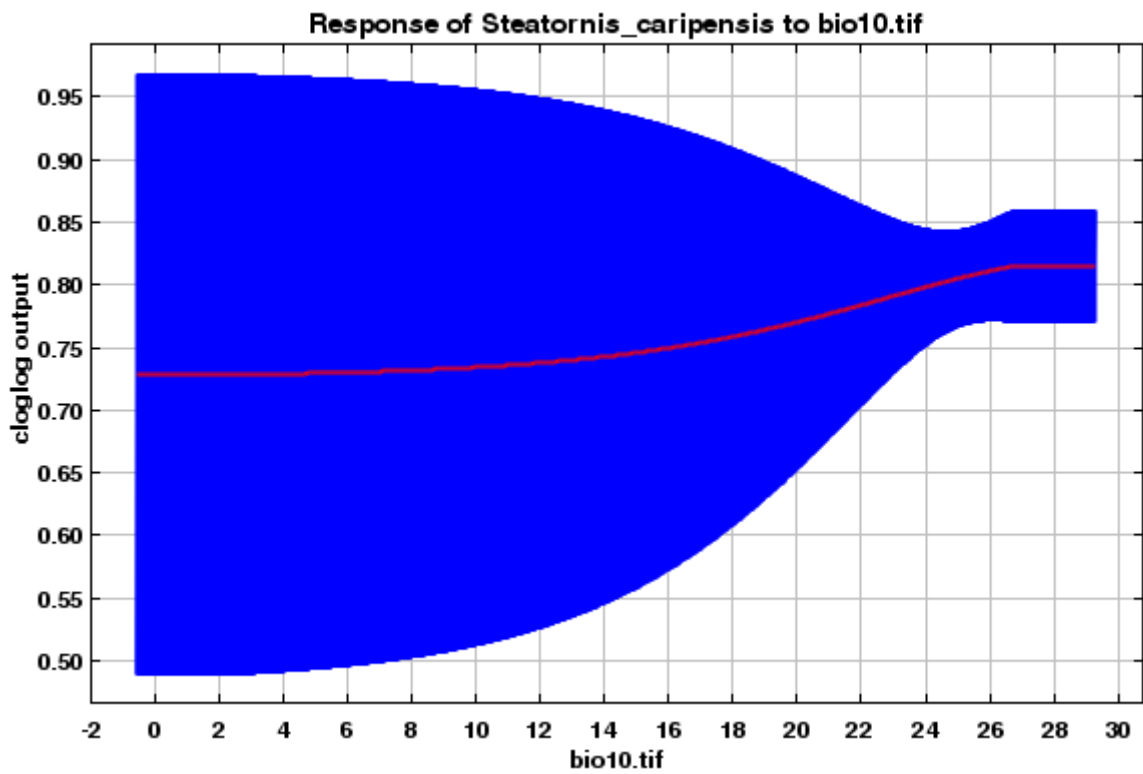


Figura 30. Gráfica de contribución de la variable temperatura promedio en el trimestre más caluroso (bio 10) para el modelado en la prueba de Jackknife.

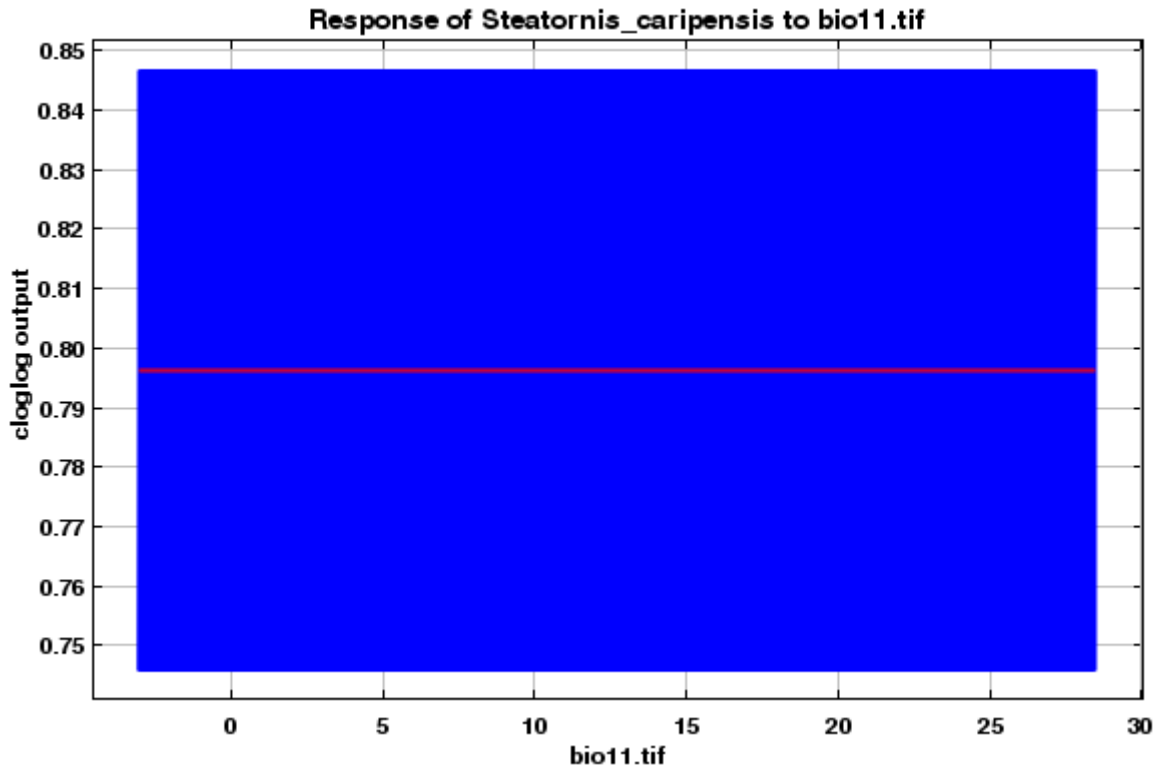


Figura 31. Gráfica de contribución de la variable temperatura promedio en el trimestre más frío (bio 11) para el modelado en la prueba de Jackknife.

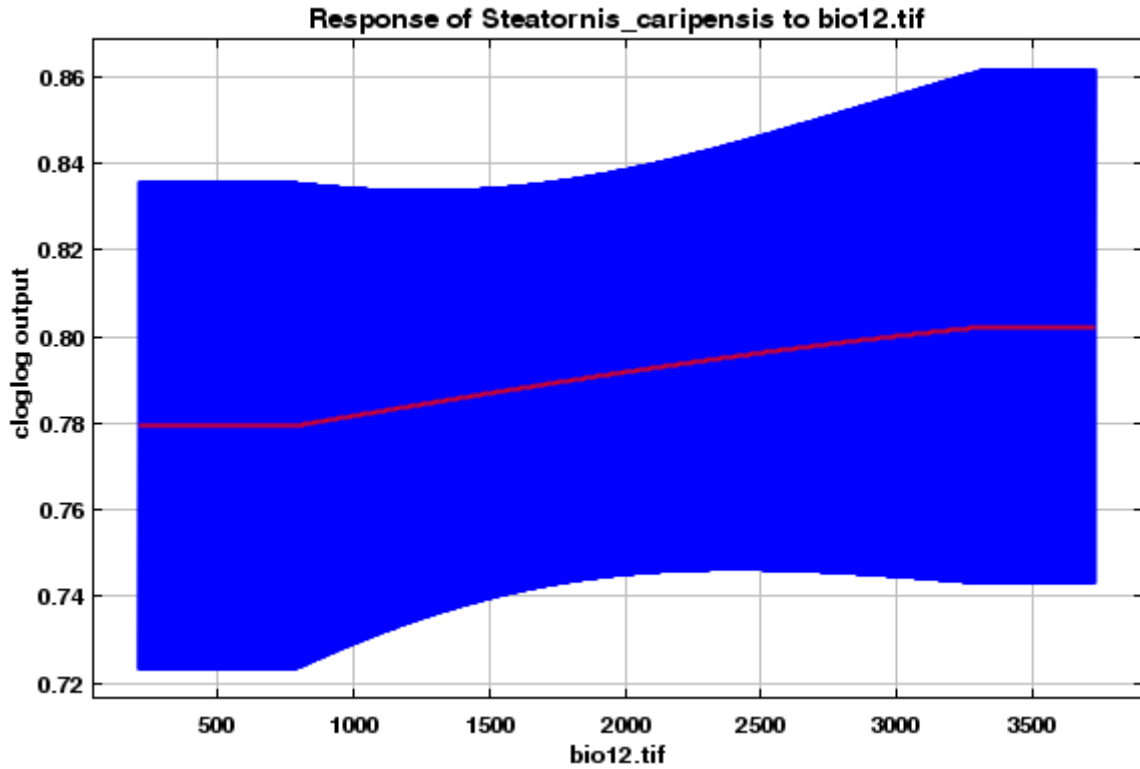


Figura 32. Gráfica de contribución de la variable precipitación anual (bio 12) para el modelado en la prueba de Jackknife

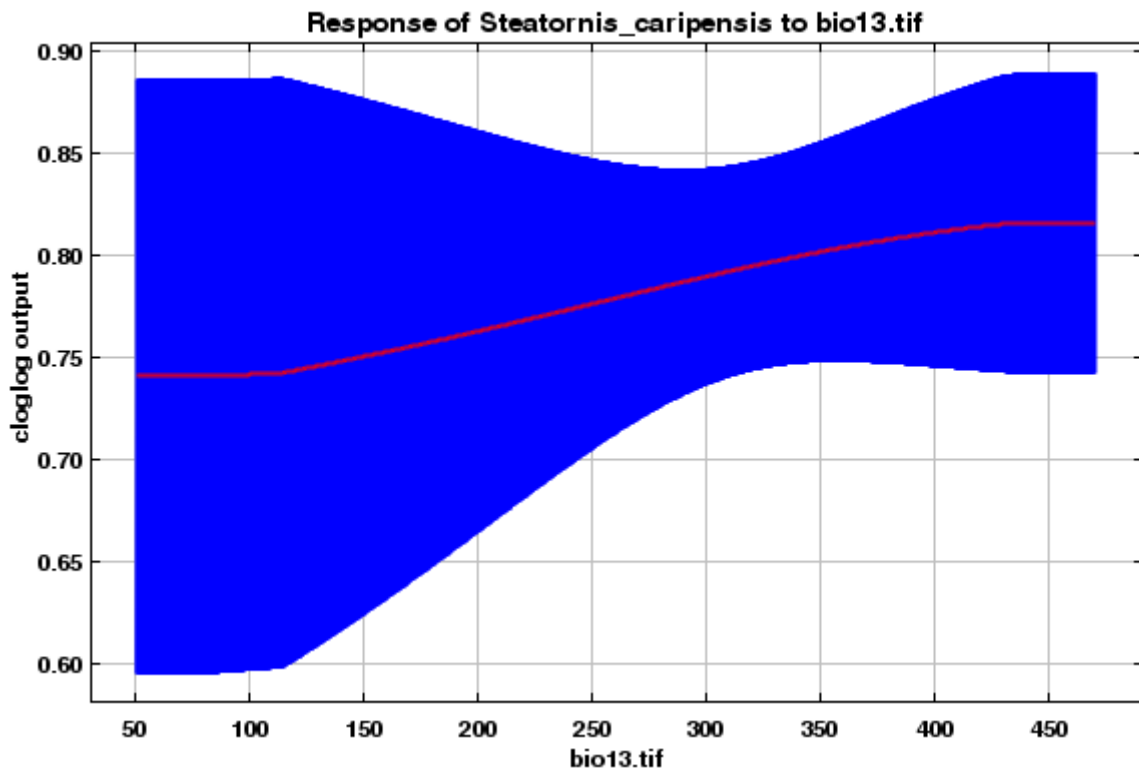


Figura 33. Gráfica de contribución de la variable precipitación en el período más lluvioso (bio 13) para el modelado en la prueba de Jackknife.

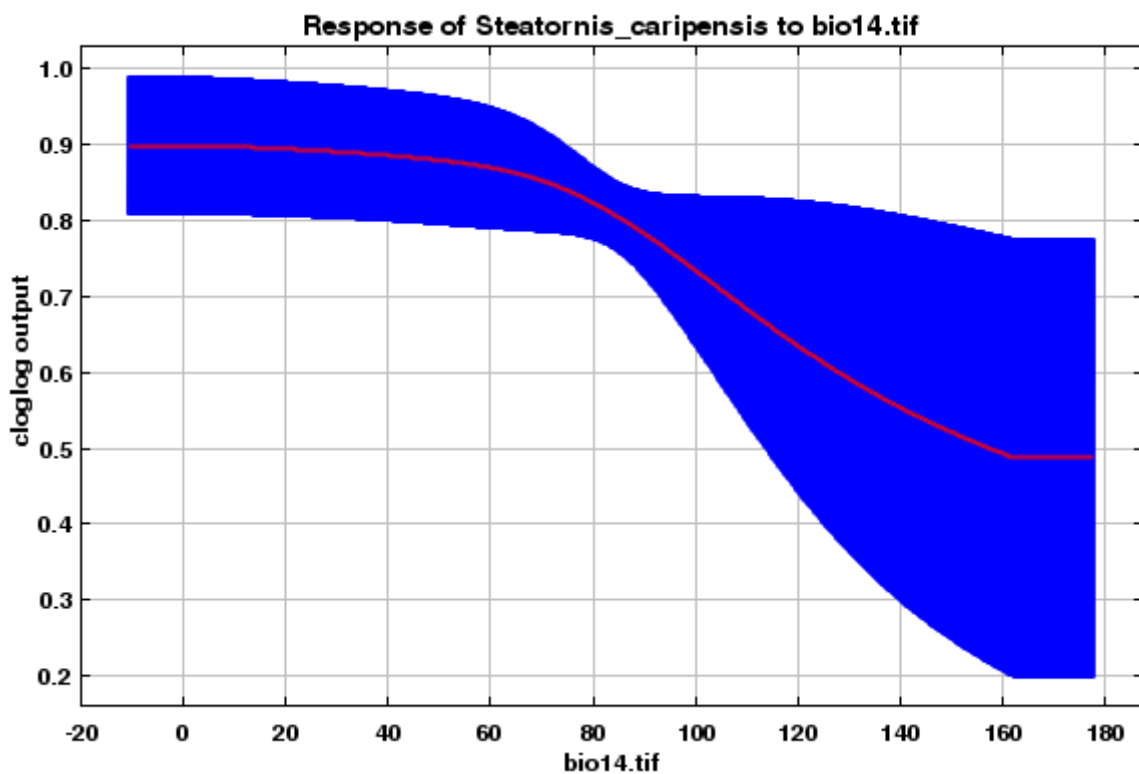


Figura 34. Gráfica de contribución de la variable precipitación en el período más seco (bio 14) para el modelado en la prueba de Jackknife.

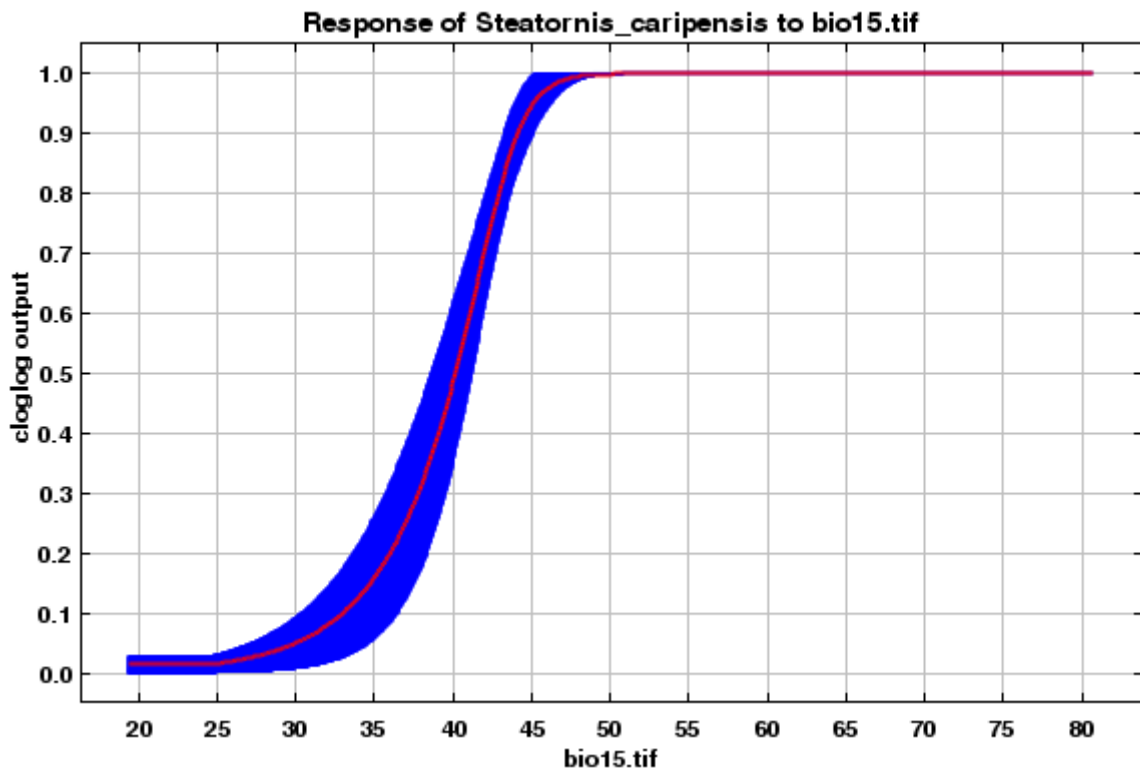


Figura 35. Gráfica de contribución de la variable Estacionalidad de la precipitación (Coeficiente de variación) (bio 15) para el modelado en la prueba de Jackknife.

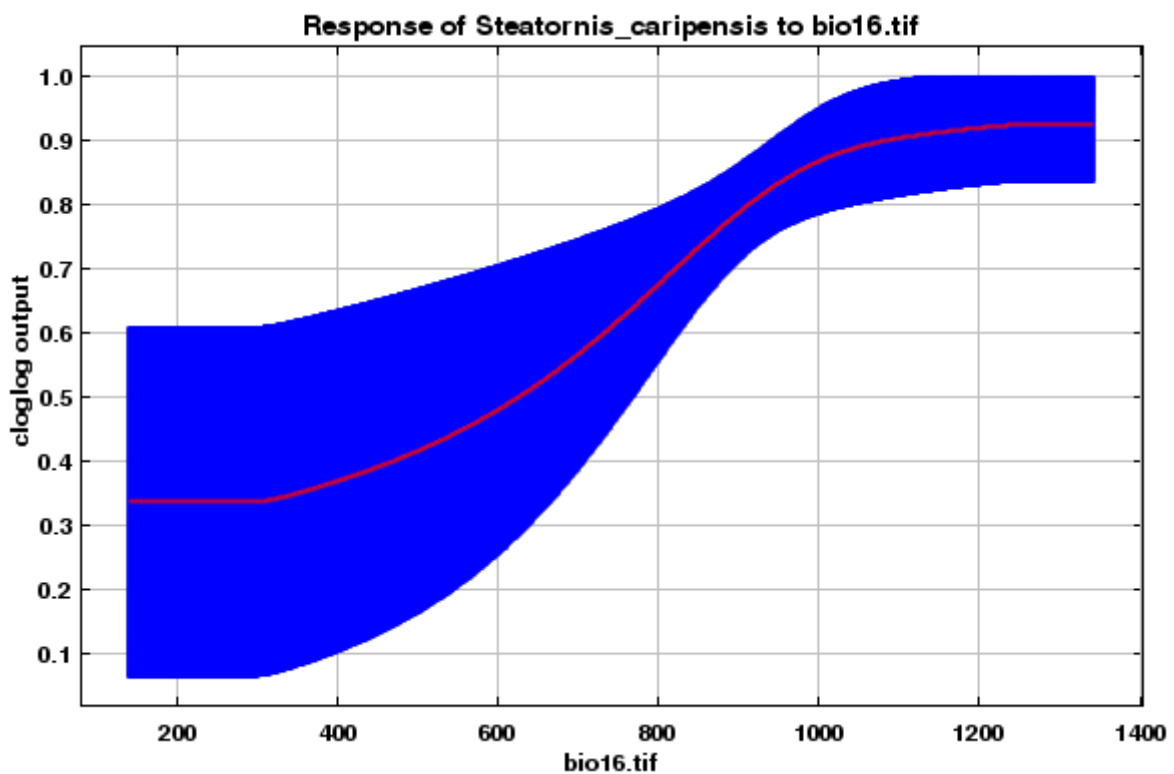


Figura 36. Gráfica de contribución de la variable precipitación en el trimestre más lluvioso (bio 16) para el modelado en la prueba de Jackknife

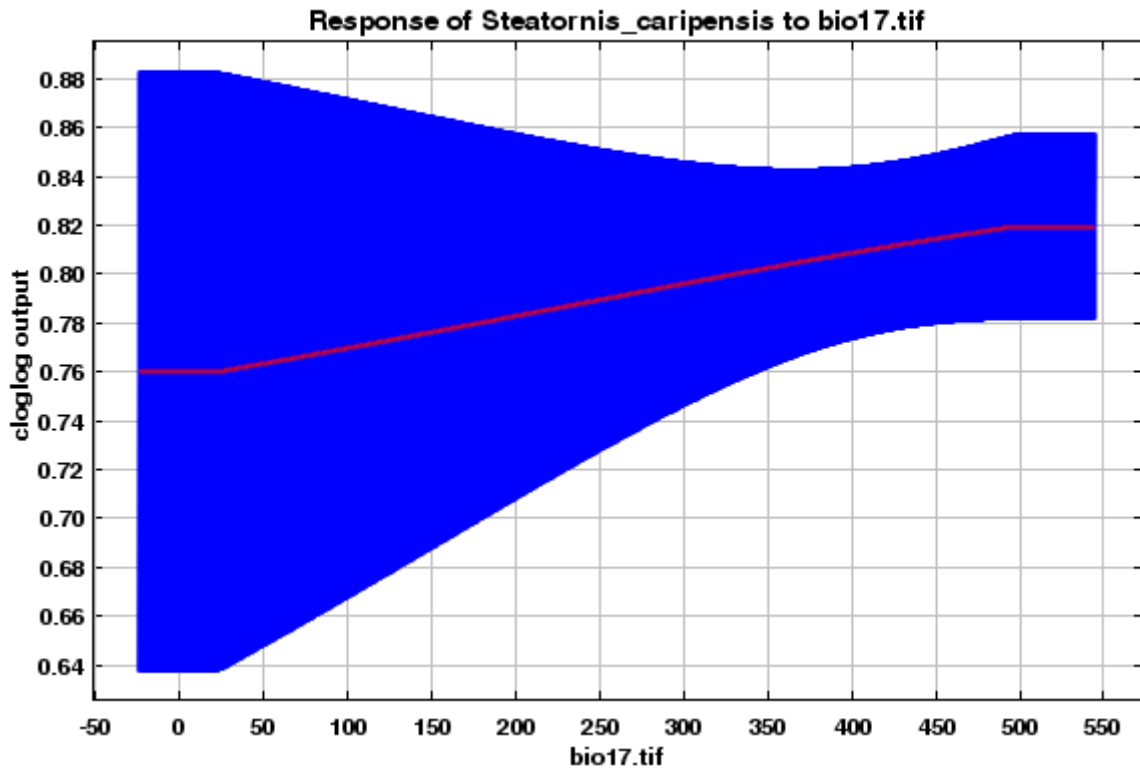


Figura 37. Gráfica de contribución de la variable precipitación en el trimestre más seco (bio 17) para el modelado en la prueba de Jackknife.

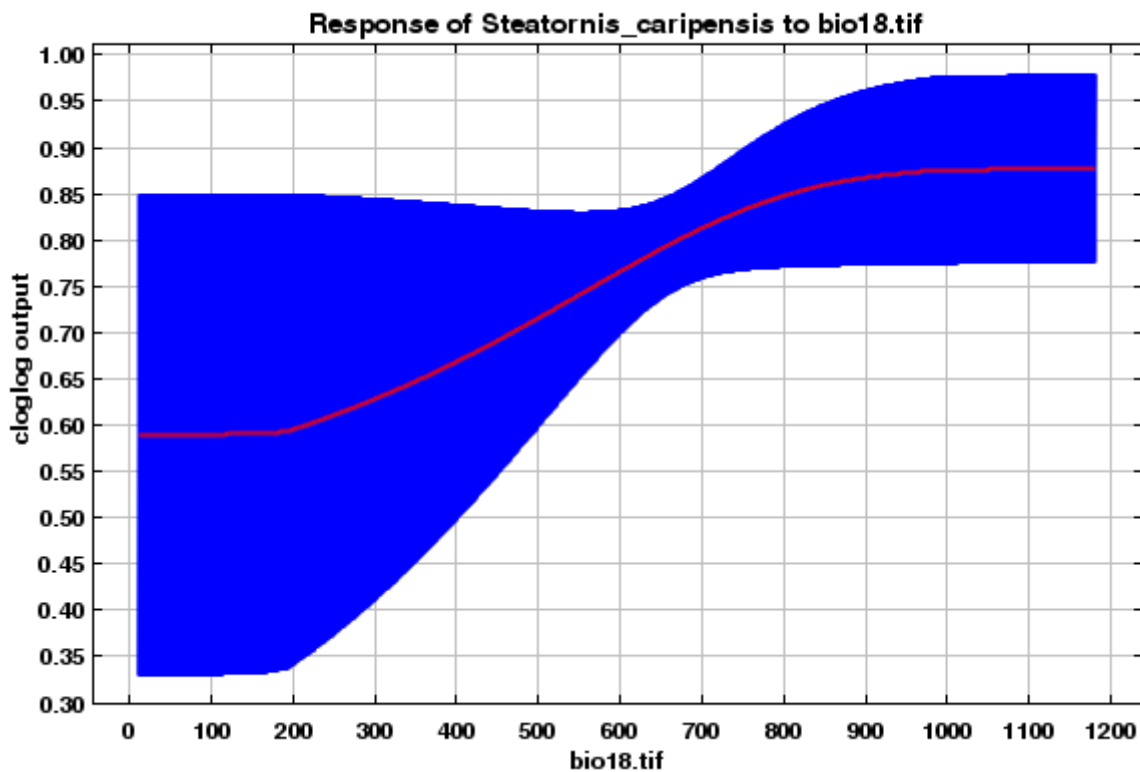


Figura 38. Gráfica de contribución de la variable precipitación en el trimestre más caluroso (bio 18) para el modelado en la prueba de Jackknife

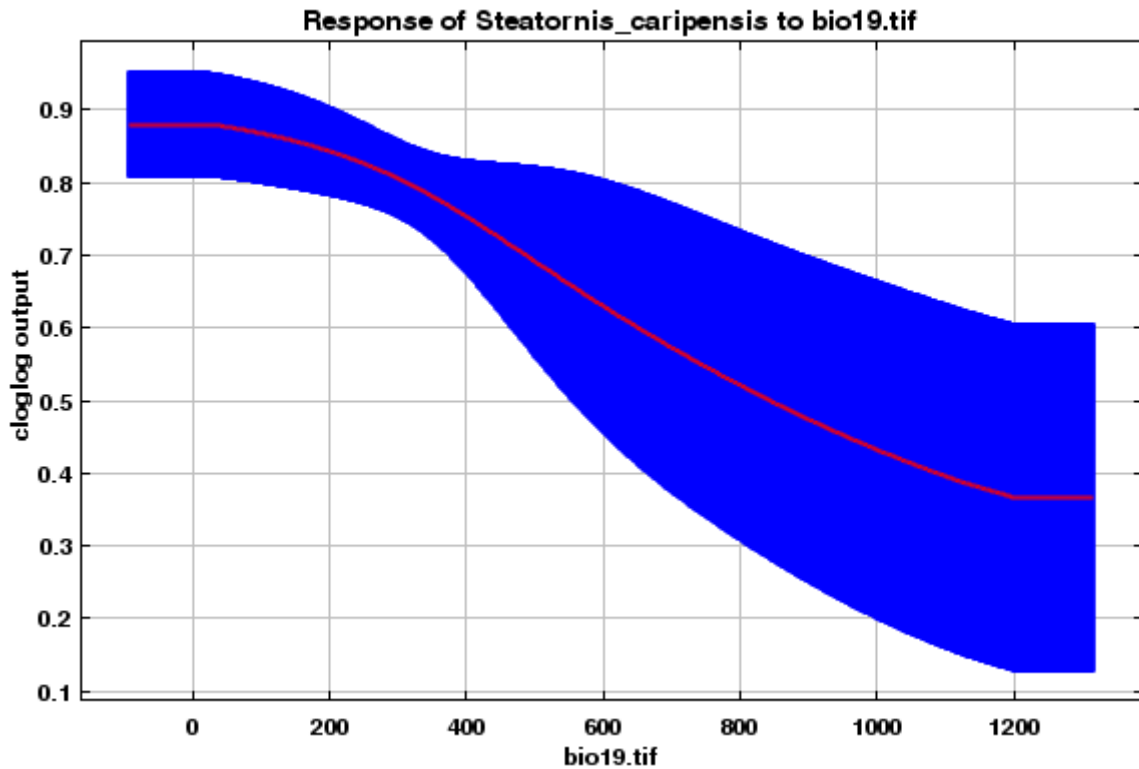


Figura 39. Gráfica de contribución de la variable precipitación en el trimestre más frío (bio 19) para el modelado en la prueba de Jackknife.

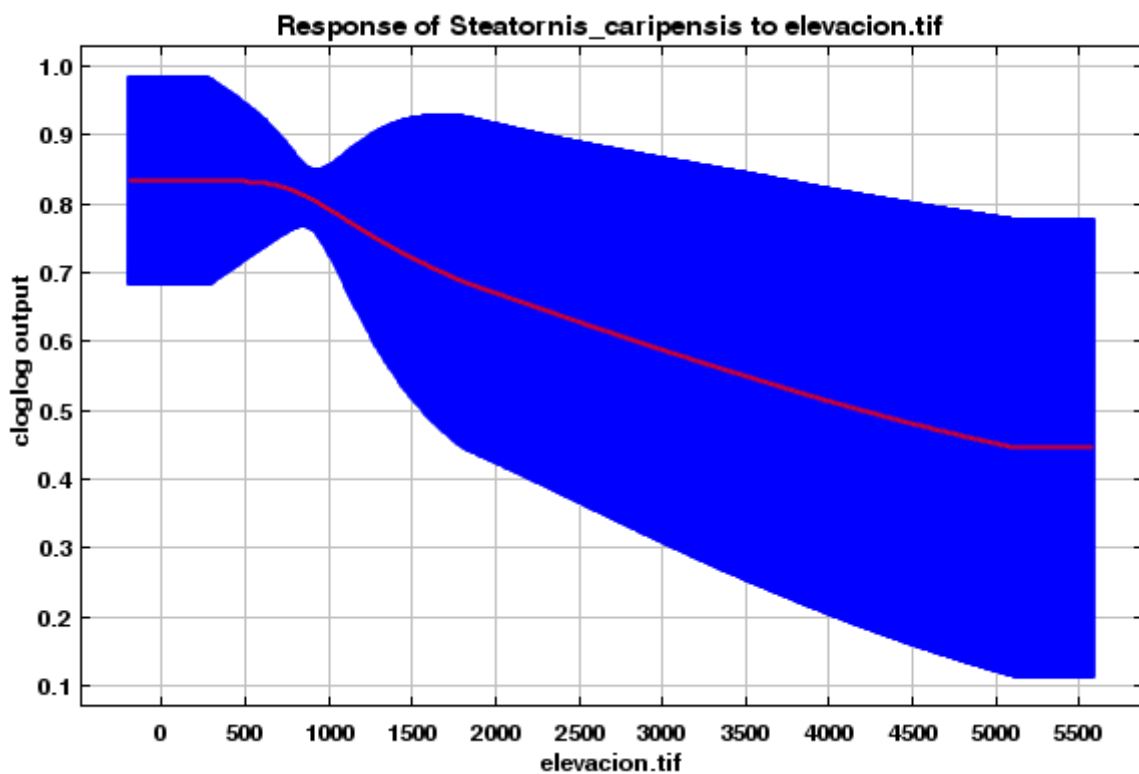


Figura 40. Gráfica de contribución de la variable elevación para el modelado en la prueba de Jackknife

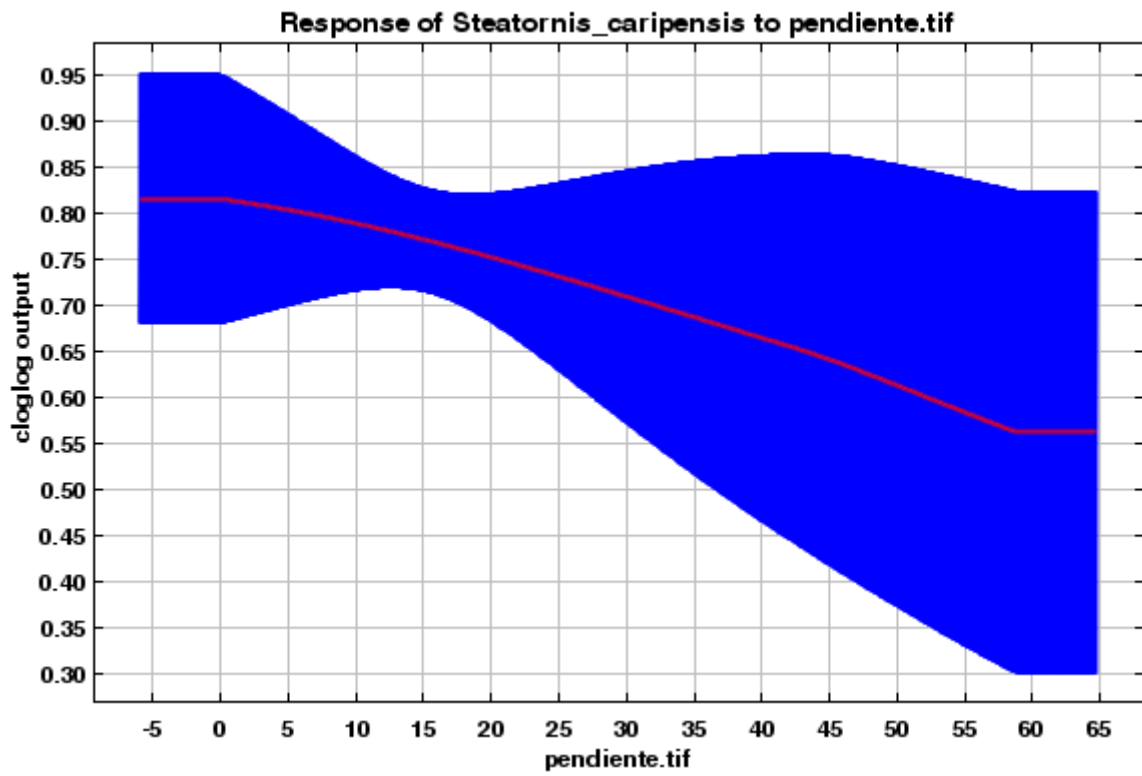


Figura 41. Gráfica de contribución de la variable pendiente para el modelado en la prueba de Jackknife

pts	specie,longitude,latitude
1	Steatornis_caripensis,-76.729904,-8.050859
2	Steatornis_caripensis,-76.323416,-8.452855
3	Steatornis_caripensis,-76.062904,-8.56739
4	Steatornis_caripensis,-76.062904,-8.569636
5	Steatornis_caripensis,-76.000022,-9.189474
6	Steatornis_caripensis,-75.952861,-9.193965
7	Steatornis_caripensis,-76.000022,-9.25011
8	Steatornis_caripensis,-76.013497,-9.259093
9	Steatornis_caripensis,-76.017989,-9.268076
10	Steatornis_caripensis,-76.009006,-9.270322
11	Steatornis_caripensis,-76.017989,-9.272568
12	Steatornis_caripensis,-76.00676,-9.286042
13	Steatornis_caripensis,-76.004514,-9.299517
14	Steatornis_caripensis,-75.984302,-9.299517
15	Steatornis_caripensis,-76.011251,-9.306255
16	Steatornis_caripensis,-75.993285,-9.310746
17	Steatornis_caripensis,-76.00676,-9.315238
18	Steatornis_caripensis,-76.009006,-9.317483
19	Steatornis_caripensis,-76.000022,-9.317483
20	Steatornis_caripensis,-76.170702,-9.319729
21	Steatornis_caripensis,-76.011251,-9.319729
22	Steatornis_caripensis,-76.026972,-9.324221
23	Steatornis_caripensis,-76.00676,-9.324221
24	Steatornis_caripensis,-76.029218,-9.326467
25	Steatornis_caripensis,-76.015743,-9.326467
26	Steatornis_caripensis,-76.026972,-9.328712
27	Steatornis_caripensis,-76.000022,-9.328712
28	Steatornis_caripensis,-76.029218,-9.330958
29	Steatornis_caripensis,-76.026972,-9.330958
30	Steatornis_caripensis,-76.015743,-9.333204
31	Steatornis_caripensis,-76.009006,-9.344433
32	Steatornis_caripensis,-75.997777,-9.371382
33	Steatornis_caripensis,-75.997777,-9.373628
34	Steatornis_caripensis,-76.002268,-9.411807
35	Steatornis_caripensis,-75.993285,-9.418544
36	Steatornis_caripensis,-75.970827,-9.418544
37	Steatornis_caripensis,-75.950615,-9.494901
38	Steatornis_caripensis,-76.033709,-9.515113
39	Steatornis_caripensis,-76.062904,-9.551045

Tabla 04. Registrado de presencia de la especie.

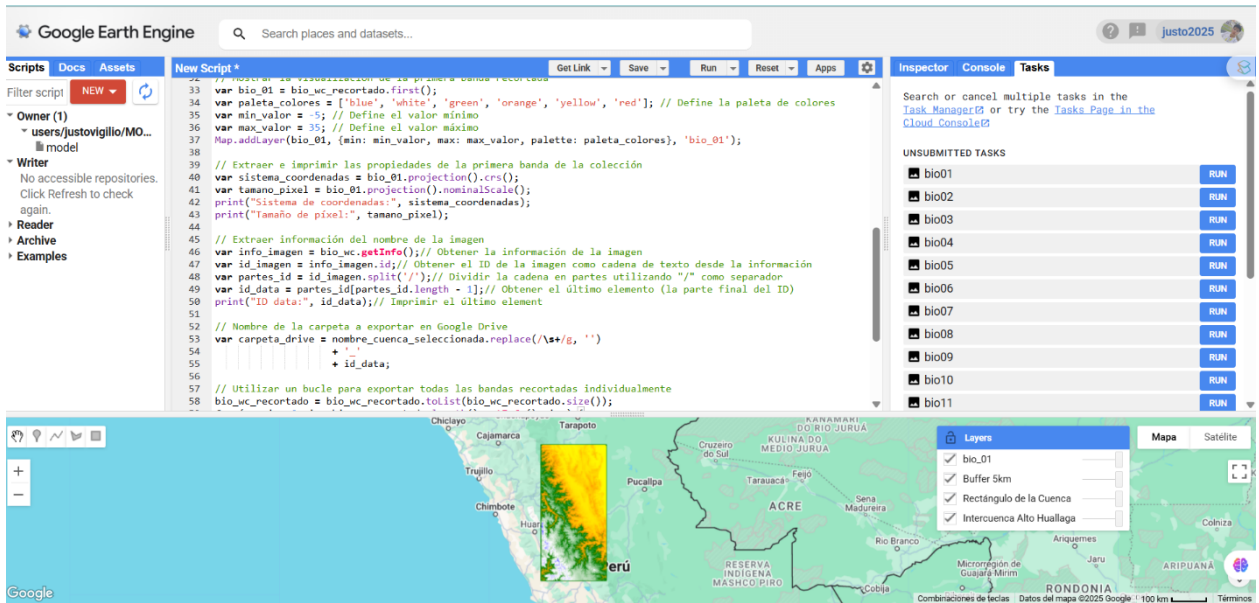


Figura 42. Descarga de datos bioclimáticos y análisis geoespacial en Google Earth Engine.

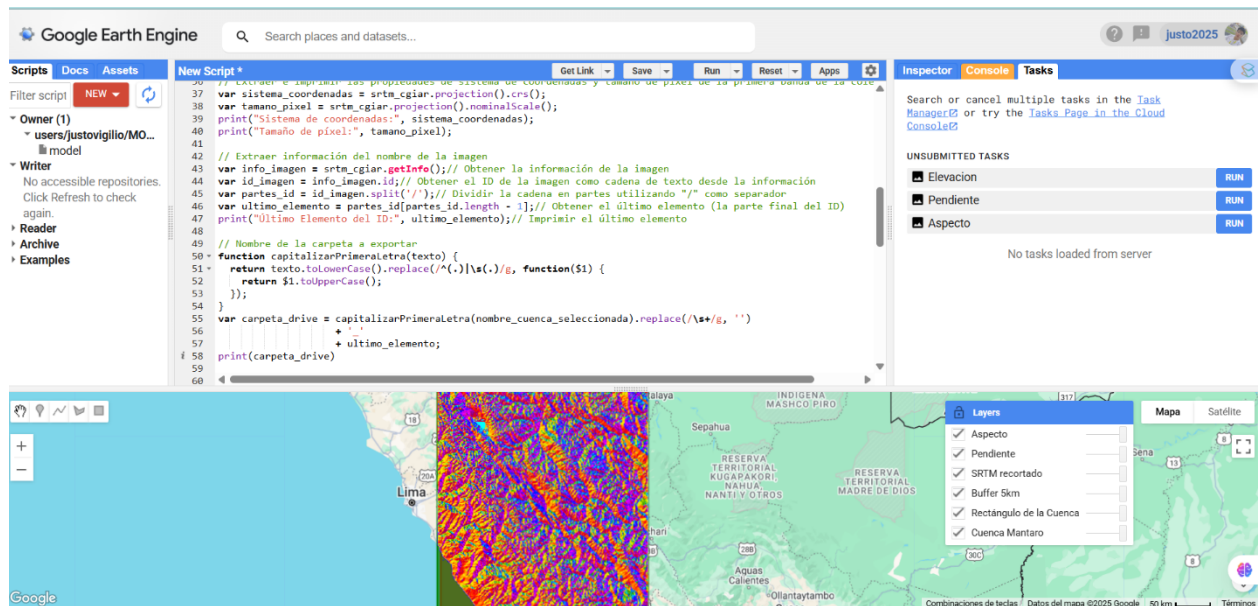


Figura 43. Descarga de datos orográficos y análisis geoespacial en Google Earth Engine.

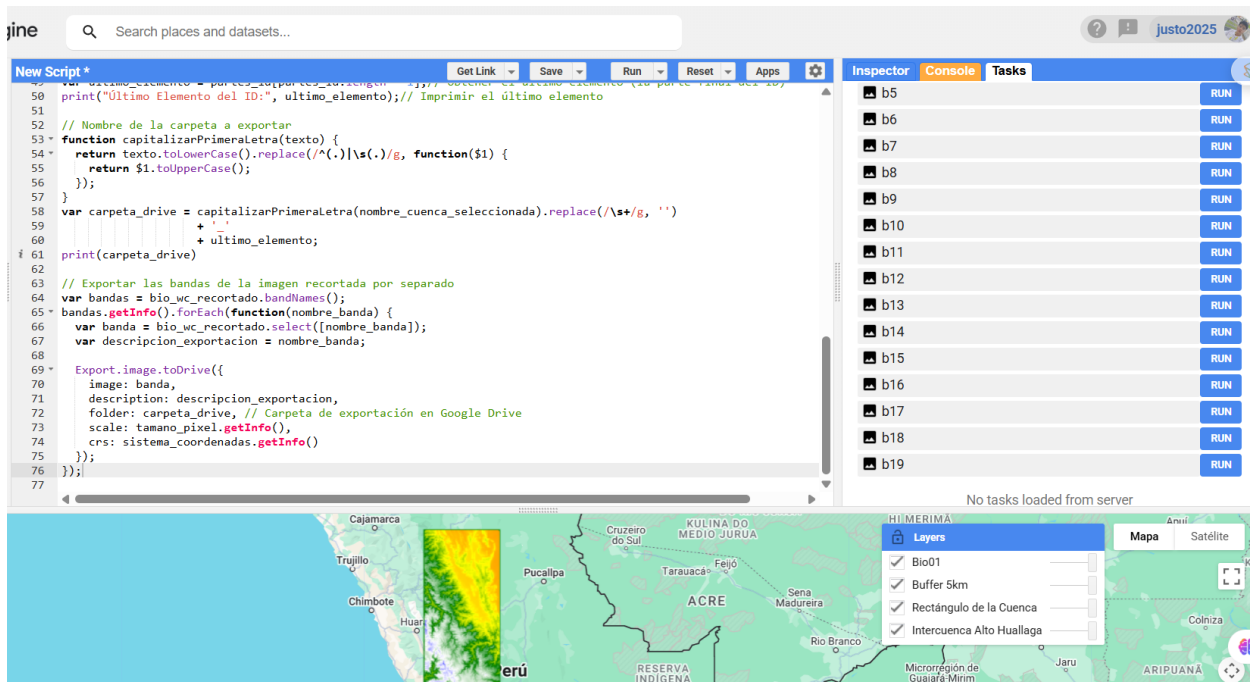


Figura 44. Descarga de datos bioclimáticos para escenarios futuros y análisis geoespacial en Google Earth Engine.

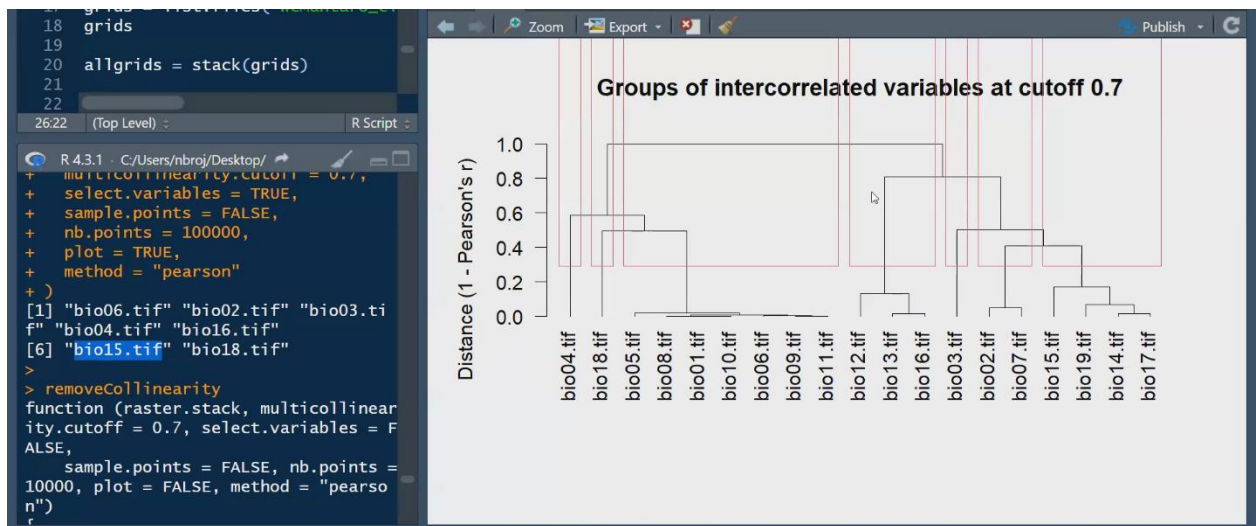


Figura 45. Clúster y colinealidad en RStudio.



Fuente. GBIF

Figura 46. Ubicado en el distrito de Mariano Dámaso Beraun de Mickaël Villemagne.



Fuente. GBIF

Figura 47. Distrito de Leoncio Prado, 22 de junio 2023.



Fuente. GBIF

Figura 48. Pacayzapa, San Martín, 27 de enero.



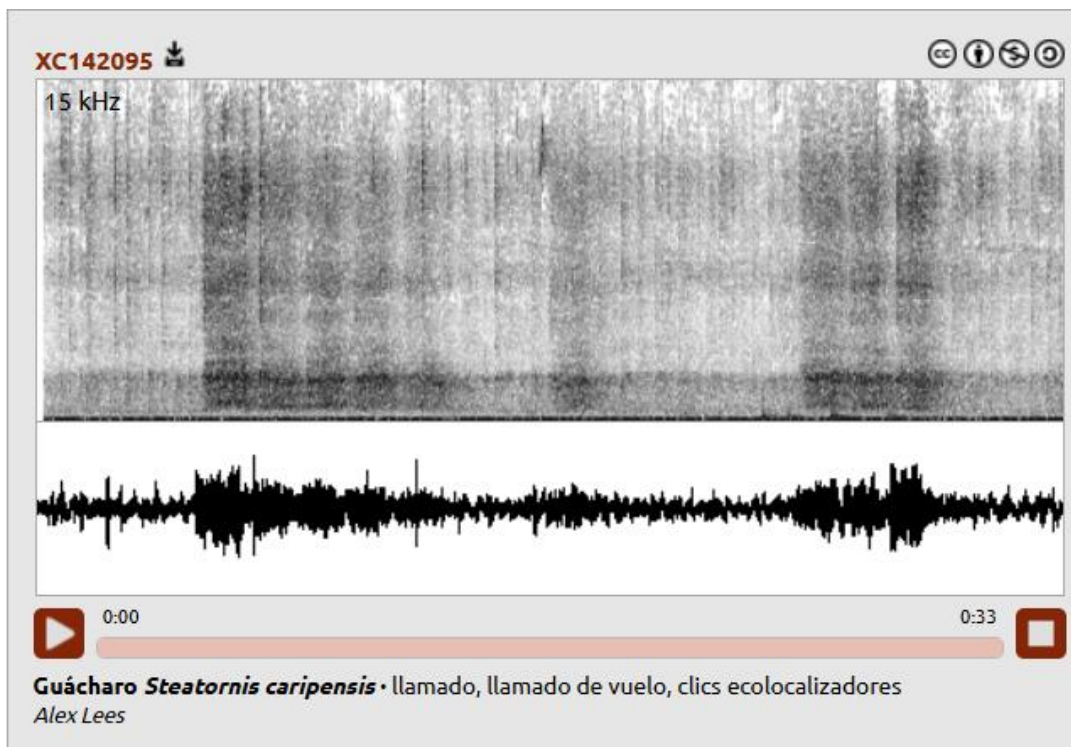
Fuente. GBIF

Figura 49. Puente Quiscarrumi, San Martín, Perú



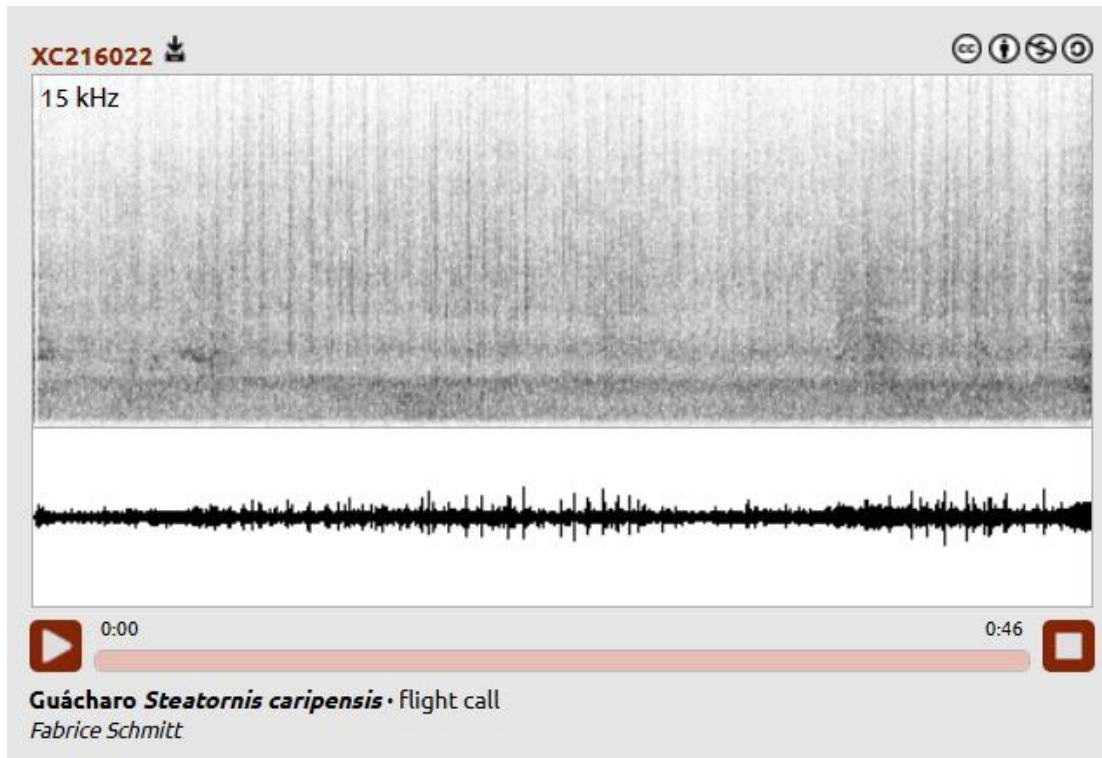
Fuente. GBIF

Figura 50. Registrado en sonograma, Tingo María, 23 de octubre de 2013.



Fuente. GBIF

Figura 51. Registrado en sonograma en Cueva de las Lechuzas, Tingo María, 9 de julio de 2013.



Fuente. GBIF

Figura 52. Registrado en sonograma, Tingo María, 29 de septiembre de 2022.



Figura 53. Registrado en el Parque Nacional Tingo María, 10 de enero de 2025.