

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

PREDICCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ESPECIE HUALLATA
(*Oressochen Melanopterus*) BAJO ESCENARIOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

PERÍODO 2020 - 2040 DISTRITO DE AYAVIRI, PUNO

PRESENTADA POR:

LUZ CECILIA VILLANUEVA MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO - PERÚ

2025



Repositorio Institucional ALCIRA by Universidad Privada San Carlos is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

9.32%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 29 MAY 2025, 4:38 PM

Similarity report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL
0.59%

● CHANGED TEXT
8.73%

Report #26673397

LUZ CECILIA VILLANUEVA MAMANI // PREDICCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ESPECIE HUALLATA (*Oressochen Melanopterus*) BAJO ESCENARIOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO PERÍODO 2020 - 2040 DISTRITO DE AYAVIRI, PUNO RESUMEN El calentamiento global ha generado un impacto significativo en la biodiversidad, afectando la distribución de la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*). Este estudio tiene como objetivo predecir la variación espacial de su distribución bajo distintos escenarios de cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno, durante el período 2020-2040. La metodología empleada es de enfoque no experimental y cuantitativo. Se recopilaron 19 variables bioclimáticas de WorldClim y registros de la especie Huallata obtenidos de la Infraestructura Mundial de Información sobre Biodiversidad (GBIF). Para la evaluación de su distribución se utilizó el modelo MaxEnt en los softwares R, RStudio y QGIS. Los resultados evidencian un incremento en la temperatura media, pasando de 7.16 °C en 2020 a 9.84 °C en 2040, lo que representa un aumento de 2.67 °C. Asimismo, la precipitación anual se elevó de 761.68 mm a 795.07 mm en el mismo período, con un aumento de 33.38 mm. En cuanto a la distribución de la especie, su hábitat, que en 2020 abarcaba aproximadamente 355.71 km², sufrirá una reducción drástica a sólo 70.66 km² en 2040. El análisis de varianza ANOVA arroja un p-value de 9.52E-08, inferior al nivel de significancia $\alpha = 0.05$, lo que confirma u



UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

**PREDICCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ESPECIE HUALLATA
(*Oressochen Melanopterus*) BAJO ESCENARIOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO
PERÍODO 2020 - 2040 DISTRITO DE AYAVIRI, PUNO**

PRESENTADA POR:

LUZ CECILIA VILLANUEVA MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:



Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

PRIMER MIEMBRO

:



Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA

SEGUNDO MIEMBRO

:



M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

ASESOR DE TESIS

:



Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería Ambiental

Sub Área: Ingeniería Ambiental

Líneas de Investigación: Sensores Remotos

Puno, 04 de junio del 2025.

DEDICATORIA

A Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza a lo largo de este camino. Su luz me ha iluminado en los momentos difíciles, dándome la fuerza necesaria para seguir adelante y alcanzar mis objetivos. Sin su amor y bendiciones, este logro no habría sido posible.

A mis amados padres, Pablo Villanueva y Justina Mamani cuyo amor incondicional y sacrificios han sido fundamentales en mi vida. Su apoyo constante y enseñanzas me han inspirado a esforzarme cada día. Gracias por su confianza, sus palabras de aliento y por estar siempre conmigo en cada etapa de este proceso. Este logro también les pertenece.

A mis hermanos, Rene Mario, Ruth Erica, Margot Mariluz y Dialnet Christa quienes con su compañía, apoyo y palabras de ánimo han sido un pilar en este camino. Su amistad sincera y el aliento brindado en los momentos difíciles han hecho que este proceso sea más llevadero y significativo.

Luz Cecilia Villanueva Mamani

AGRADECIMIENTOS

- Ante todo, expreso mi más sincera gratitud a Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza en cada etapa de mi vida. Su amor incondicional y sus bendiciones han sido la fuente de inspiración que me ha impulsado a perseverar, dándome la fuerza y determinación necesarias para superar cada obstáculo.
- Asimismo, manifiesto mi profundo agradecimiento a la **Universidad Privada San Carlos**, institución que ha desempeñado un papel clave en mi formación profesional. Gracias a sus enseñanzas y valores, he logrado adquirir los conocimientos esenciales para mi crecimiento tanto académico como personal, consolidando así mi camino hacia el ejercicio profesional.
- De igual manera, extiendo mi reconocimiento a la **Facultad de Ingenierías**, y en particular a la **Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental**, por proporcionarme las herramientas necesarias para mi aprendizaje. Cada experiencia vivida en sus aulas ha contribuido significativamente a mi formación y al fortalecimiento de mi compromiso con el ámbito ambiental.
- Quiero expresar un especial agradecimiento a mi asesor, el **Mg. Julio Wilfredo Cano Ojeda**, por su dedicación, paciencia y valioso acompañamiento durante todo este proceso. Su orientación ha sido fundamental para la culminación de este trabajo, brindándome su experiencia y conocimientos con total generosidad.
- Por último, con profundo cariño y respeto, agradezco a mis padres y familiares, quienes han sido mi pilar y fuente de motivación incondicional. Su apoyo constante, sus palabras de aliento y sus sacrificios han sido fundamentales en la consecución de mis logros. Este éxito es tanto mío como de ellos.

Luz Cecilia Villanueva Mamani

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ANEXOS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	14
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	14
1.2. ANTECEDENTES	15
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	15
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES	17
1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES	19
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	21
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	22
2.1.1. MODELADO DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES	22
2.1.2. MÁXIMA ENTROPÍA (MAXENT).	23
2.1.3. ECOLOGÍA	23
2.1.4. ECOLOGÍA DE LA ESPECIE HUALLATA (ORESSOCHEN MELANOPTERUS)	24
2.1.5. CAMBIO CLIMÁTICO	26
2.1.6. IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN AVES	27
2.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	28
2.2.1. HIPÓTESIS GENERAL	28
2.2.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	28
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	29
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	30
3.2.1 POBLACIÓN	30
3.2.2 MUESTRA	30
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	31
3.3.1 MÉTODOS	31
3.3.2 MATERIALES	31
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	38
3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	39
CAPÍTULO IV	
EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	
4.1. TENDENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI, PUNO, DURANTE EL PERÍODO 2020 - 2040.	40

4.2. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ESPECIE HUALLATA (ORESSOCHEN MELANOPTERUS) BAJO EL ESCENARIO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI, PUNO PERÍODO 2020 - 2040.	46
4.3. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS	57
4.3.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA EL OBJETIVO 1.	57
4.3.2 PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA EL OBJETIVO 2.	60
CONCLUSIONES	62
RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	65
ANEXOS	70

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Taxonomía de la especie Huallata (<i>Oressochen melanopterus</i>).	25
Tabla 02: Variables bioclimáticas de WorldClim.	35
Tabla 03: Operacionalidad de Variables.	38
Tabla 04: Precisión del área bajo la curva.	39
Tabla 05: Estadística descriptiva de climas durante el periodo 2020 al 2040.	43
Tabla 06: Análisis de varianza de un factor para el Bio1.	58
Tabla 07: Análisis de varianza para el Bio1.	58
Tabla 08: Análisis de varianza de un factor para el Bio12.	58
Tabla 09: Análisis de varianza para el Bio1.	59
Tabla 10: Análisis de varianza de un factor para la especie Huallata.	60
Tabla 11: Análisis de varianza para la especie Huallata (<i>Oressochen melanopterus</i>).	61

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Modelo de distribución de especies	22
Figura 02: Modelo de Máxima Entropía	23
Figura 03: Huallata (<i>Oressochen melanopterus</i>).	24
Figura 04: Cambio climático.	27
Figura 05: Impacto del cambio climático en aves.	28
Figura 06: Mapa de Ubicación del distrito de Ayaviri.	29
Figura 07: Temperatura media anual del distrito de Ayaviri durante el 2020 al 2040.	41
Figura 08: Precipitación anual del distrito de Ayaviri durante el 2020 al 2040.	42
Figura 09: Regresión de la temperatura del distrito de Ayaviri durante el 2020 al 2040.	44
Figura 10: Regresión de la precipitación del distrito de Ayaviri durante el 2020 al 2040.	45
Figura 11: Gráfico boxplot de Ausencia/presencia de la especie durante 2020 al 2040.	46
Figura 12: Densidad de Ausencia/presencia de la especie durante 2020 al 2040.	48
Figura 13: Área de distribución de la especie durante 2020 al 2040.	49
Figura 14: Mapa de distribución de la especie Huallata durante 2020 al 2040.	50
Figura 15: Mapa de distribución de la especie Huallata durante 2020 al 2040.	51
Figura 16: Variación de los bios con respecto a la especie Huallata durante el 2020.	52
Figura 17: Variación de los bios con respecto a la especie Huallata durante el 2025.	53
Figura 18: Variación de los bios con respecto a la especie Huallata para el 2030.	54
Figura 19: Variación de los bios con respecto a la especie Huallata para el 2040.	55
Figura 20: Validación del modelo MaxEnt en la distribución de la especie durante 2020 al 2040.	56

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia.	71
Anexo 02: Resamplero de los bioclimas a una resolución de 12.5.	72
Anexo 03: Unión de los bioclimas y visualización de las especies.	73
Anexo 04: Generación de gráficos en RStudio.	74
Anexo 05: Correlación de los bioclimas graficados en RStudio.	75
Anexo 06: Generación del modelo MaxEnt en RStudio.	76
Anexo 07: Generación del modelo MaxEnt entropía en RStudio.	77
Anexo 08: Resultado del modelo MaxEnt entropía en RStudio.	78
Anexo 09: Datos de bioclimas durante el periodo 2020 al 2040.	79
Anexo 10: Correlación de los datos climáticos durante el periodo 2020 al 2040.	81
Anexo 11: Panel Fotográfico.	83

RESUMEN

El calentamiento global ha generado un impacto significativo en la biodiversidad, afectando la distribución de la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*). Este estudio tiene como objetivo predecir la variación espacial de su distribución bajo distintos escenarios de cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno, durante el período 2020-2040. La metodología empleada es de enfoque no experimental y cuantitativo. Se recopilaron 19 variables bioclimáticas de WorldClim y registros de la especie Huallata obtenidos de la Infraestructura Mundial de Información sobre Biodiversidad (GBIF). Para la evaluación de su distribución se utilizó el modelo MaxEnt en los softwares R, RStudio y QGIS. Los resultados evidencian un incremento en la temperatura media, pasando de 7.16 °C en 2020 a 9.84 °C en 2040, lo que representa un aumento de 2.67 °C. Asimismo, la precipitación anual se elevó de 761.68 mm a 795.07 mm en el mismo período, con un aumento de 33.38 mm. En cuanto a la distribución de la especie, su hábitat, que en 2020 abarcaba aproximadamente 355.71 km², sufrirá una reducción drástica a sólo 70.66 km² en 2040. El análisis de varianza ANOVA arroja un p-value de 9.52E-08, inferior al nivel de significancia $\alpha = 0.05$, lo que confirma una disminución significativa en su distribución debido a las condiciones climáticas proyectadas. Se concluye que el cambio climático impactará significativamente en la distribución de *Oressochen melanopterus*, modificando su hábitat y la disponibilidad de recursos en el distrito de Ayaviri. Esto resalta la importancia de implementar estrategias de conservación adaptativas frente a estos cambios ambientales.

Palabras claves: Cambio climático, Distribución espacial, Máxima entropía, Modelado ecológico.

ABSTRACT

Global warming has had a significant impact on biodiversity, affecting the distribution of the Huallata species (*Oressochen melanopterus*). This study aims to predict the spatial variation of its distribution under different climate change scenarios in the Ayaviri district, Puno, during the period 2020-2040. The methodology used is non-experimental and quantitative. Nineteen bioclimatic variables from WorldClim and records of the Huallata species obtained from the Global Biodiversity Information Facility (GBIF) were compiled. The MaxEnt model was used in R, RStudio, and QGIS software to assess its distribution. The results show an increase in average temperature, from 7.16°C in 2020 to 9.84°C in 2040, representing an increase of 2.67°C. Likewise, annual precipitation rose from 761.68 mm to 795.07 mm over the same period, an increase of 33.38 mm. Regarding the species' distribution, its habitat, which in 2020 covered approximately 355.71 km², will undergo a drastic reduction to only 70.66 km² in 2040. The ANOVA yields a p-value of 9.52E-08, lower than the significance level of $\alpha = 0.05$, confirming a significant decrease in its distribution due to projected climatic conditions. It is concluded that climate change will significantly impact the distribution of *Oressochen melanopterus*, modifying its habitat and resource availability in the Ayaviri district. This highlights the importance of implementing adaptive conservation strategies in the face of these environmental changes.

Keywords: Climate change, Spatial distribution, Maximum entropy, Ecological modeling.

INTRODUCCIÓN

El calentamiento global constituye una de las principales amenazas para la biodiversidad, causando cambios en los ecosistemas y modificando el reparto de numerosas especies. En este sentido, la Huallata (*Oressochen melanopterus*), ave característica de los humedales altoandinos, podría ver comprometido su hábitat debido a los cambios en la temperatura y los patrones de precipitación. No obstante, aún se cuenta con información limitada sobre cómo estos factores afectarán su distribución en el futuro, lo que dificulta el desarrollo de estrategias eficaces para su conservación.

Es fundamental prever su aparición en el distrito de Ayaviri, Puno, donde esta especie vive en ecosistemas acuáticos, ante diversos escenarios de cambio climático proyectados para el período 2020-2040. La ausencia de estudios detallados sobre su reacción ante estas variaciones genera incertidumbres en la implementación de acciones para su protección.

En el departamento de Puno, la deforestación está aumentando en las provincias de Sandía, Carabaya y San Antonio de Putina, lo que afecta a especies vulnerables como el oso andino (*Tremarctos ornatus*). Para identificar las áreas y hábitats utilizados por estos osos en Ollachea (Carabaya) y evaluar las actividades humanas que afectan su presencia, se realizó un estudio en octubre de 2014, que incluyó el recorrido de 17,80 km de senderos y entrevistas. Se localizaron 38 puntos GPS con registros de osos andinos, entre los 2009 y 4086 msnm, en zonas de transición entre bosque montano y puna (50%), bosque montano (21%), puna (15,8%), y áreas intervenidas (13,2%). Estos lugares estaban ubicados a una distancia de hasta 0,72 km de fuentes de agua y de 1,87 km de selvas (Figuroa et al., 2023).

El cambio climático juega un papel crucial en la modificación de los ecosistemas, influyendo en la distribución de diversas especies. Este estudio evalúa los escenarios climáticos futuros como (Variable independiente) y su efecto sobre la distribución

potencial de la Huallata (*Oressochen melanopterus*) como (Variable dependiente) en el distrito de Ayaviri, Puno, durante el período 2020 al 2040.

Este estudio se organiza en cuatro capítulos esenciales. El Capítulo I expone el problema de investigación, junto con los antecedentes y los objetivos que orientan el trabajo. En el Capítulo II, se desarrolla el marco teórico, donde se presentan los conceptos clave y se plantea la hipótesis. El Capítulo III describe la metodología aplicada, detallando el diseño de la investigación, las técnicas de recopilación de datos y los modelos empleados para el análisis. Finalmente, el Capítulo IV abarca la presentación y el análisis de los resultados obtenidos, permitiendo interpretar con precisión los hallazgos respecto a la distribución de la Huallata bajo distintos escenarios de cambio climático.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cambio climático se presenta como uno de los retos más urgentes del siglo XXI a nivel global. La elevación de las temperaturas, la modificación en los patrones de lluvia y el incremento en la frecuencia de fenómenos climáticos extremos están provocando transformaciones importantes en los ecosistemas naturales. Las aves acuáticas, como la Huallata (*Oressochen melanopterus*), son especialmente vulnerables porque dependen de hábitats específicos como lagos y humedales, que están experimentando cambios drásticos en su disponibilidad y calidad en todo el mundo. Además, el cambio en las zonas climáticas puede modificar la distribución geográfica de estas especies, afectando su capacidad para sobrevivir y reproducirse. La pérdida de biodiversidad y la alteración en las interacciones ecológicas están amenazando la sostenibilidad de muchos ecosistemas (Medrano et al., 2020).

Perú es un país con una enorme diversidad biológica y muchas especies endémicas, pero el cambio climático amenaza a gran parte de ellas. Las aves acuáticas en Perú están viendo cómo sus hábitats disminuyen debido al retroceso de los glaciares andinos, la sequía de los humedales y la contaminación de las aguas. La Huallata, una especie icónica de los ecosistemas altoandinos, está en riesgo por estas razones. Además, las políticas de conservación y adaptación al cambio climático en el país necesita mejorar la

incorporación de estrategias respaldadas por evidencia científica para proteger a las especies en peligro y sus hábitats. La carencia de datos precisos y actualizados sobre la distribución y estado de conservación de muchas especies limita la efectividad de las medidas que se puedan tomar (Villegas et al., 2020).

El distrito de Ayaviri, situado en la región de Puno, es fundamental para la conservación de la Huallata, debido a sus amplios humedales y lagos altoandinos que proporcionan un hábitat esencial para esta especie. No obstante, la región enfrenta varias amenazas, como el cambio climático, la minería, la agricultura intensiva y la explotación excesiva de los recursos hídricos, que están deteriorando los ecosistemas acuáticos. La comunidad local depende en gran medida de estos recursos para su subsistencia, lo que incrementa la presión sobre el medio ambiente. Es esencial realizar un análisis predictivo de la distribución potencial de la Huallata en Ayaviri para prever los efectos del cambio climático y formular estrategias de conservación que incluyan a las comunidades locales en la protección de su biodiversidad y en la gestión sostenible de los recursos naturales.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la predicción de la distribución espacial de la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*) bajo escenarios del cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno, periodo 2020 al 2040?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuanto es la tendencia del cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno durante el período 2020 - 2040?
- ¿Cuál es la distribución espacial de la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*) bajo el escenario del cambio climático durante el período 2020 - 2040?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

- Fajardo et al., (2019), en Colombia con el objetivo de proyectar las áreas habitables para tres especies de *Polylepis* y determinar las áreas protegidas, que podrían servir para conservar estas especies, utilizando modelos de MaxEnt. Se utilizaron 223 ubicaciones de observación y 23 niveles ambientales, se evaluó la presencia de las especies en áreas naturales protegidas superponiendo las áreas de distribución modeladas. Los resultados mostraron que *P. sericea* tenía una distribución de 23.243 km², *P. quadrijuga* abarcaba 6.264 km², y *P. incana* tenía 1,772.8 km². Además, se calculó el porcentaje de estas áreas que estaban dentro de zonas protegidas por el estado, encontrando que *P. incana* tenía un 59% de su distribución potencial en áreas protegidas, *P. quadrijuga* presentaba un 44%, y *P. sericea* un 33% dentro de las zonas protegidas por el gobierno colombiano. Finalmente, se identificaron áreas estratégicas para la conservación de este género.
- Ovando et al., (2020), el propósito es modelar la distribución potencial, presente y venidera de cinco especies esenciales de la vegetación de dunas costeras en la península de Yucatán, México. Se centraron en las modificaciones en las zonas que actualmente están asignadas para la preservación. Mediante la aplicación del método de máxima entropía, se examinaron los escenarios RCP 4.5 y 8.5, que simbolizan un incremento moderado y severo de las emisiones de gases de efecto invernadero, respectivamente, y el modelo de circulación general CNRM-CM5 previsto para el 2080. Los modelos indicaron que, en ambos escenarios, la distribución de las especies se reduciría significativamente, con una disminución del 72% al 94% en el escenario 4.5 y del 82% al 93% en el escenario 8,5. Adicionalmente, se descubrió que la mayoría de las zonas naturales protegidas no conservarán condiciones ambientales propicias para las cinco especies analizadas.

- Méndez et al., (2021), en México, investigaron con el objetivo de estimar la distribución del *Dendroctonus mexicanus Hopkins* bajo escenarios climáticos actuales y futuros para el año 2050, utilizando dos valores de trayectorias de concentración representativas (RCP 4,5 y 8,5). El modelo se creó, calibró, seleccionó y evaluó utilizando el paquete kuenm de R, que emplea el algoritmo Maxent. La idoneidad para *D. mexicanus* se basó principalmente en la temperatura media del trimestre más cálido (76.6%), el rango de temperatura anual (12.5%), y la precipitación del trimestre más seco (5.5%). En México, el área con alta idoneidad para *D. mexicanus* se calculó en 12,131.07 km², con el Estado de México (17,879.7 km²), Michoacán (15,669.8 km²), Puebla (14,693.1 km²), Oaxaca (14,380.1 km²) e Hidalgo (13.830 km²) abarcando más del 63% de esta superficie. Se proyecta que para 2050, la idoneidad climática disminuirá en 51.000 km², especialmente en Michoacán, Jalisco y Guanajuato, mientras que podría aumentar en cerca de 25.000 km² hacia el noroeste del país. Esto sugiere una posible migración del escarabajo a mayores latitudes (aproximadamente 30 km ± 15 km) y altitudes (100 m), extendiendo su rango hasta los 3700 m s. n. m., lo que podría causar daños forestales significativos debido a estos cambios en su distribución.
- Jiménez & Méndez, (2022), Ejecutaron estudios en la Sierra Madre Occidental, México, con la finalidad de crear Modelos de Nicho Ecológico (MNE) para anticipar la distribución presente y venidera de *Pinus engelmannii* Carrière. Los modelos fueron producidos utilizando el paquete (kuenm) de R, el cual utiliza el algoritmo Maxent. Se utilizó 346 registros de presencia depurados, 15 variables bioclimáticas y estimaciones climáticas de cuatro modelos de circulación general (MCGs) para el año 2050, bajo los escenarios de concentración representativa (RCP) 4.5 y 8.5 respectivamente. Se evaluó a los MNE en función de su relevancia estadística, el ROC parcial, la tasa de omisión (<5%), el AIC y la respuesta de la variable. Se

produjeron 1827 modelos aspirantes, siendo el modelo cuadrado el de mayor rendimiento. Las variables Bio 1 [temperatura media anual (°C)] y Bio 17 [precipitación del trimestre más seco (mm)] resultaron ser las más acertadas en la predicción de la distribución de *P. engelmannii*, contribuyendo con el 75.6% y el 6.3% respectivamente al modelo. Las zonas altamente adecuadas para esta especie están distribuidas de manera discontinua en Chihuahua (29,090 km²) y Durango (9,310 km²), presentando preferencias de temperatura entre los 9 °C y los 12 °C (Bio 1). La especie parece no ser muy sensible al cambio climático; a pesar de un aumento proyectado de casi 2 °C en 2050, el modelo no predice nuevas áreas idóneas ni la pérdida de las áreas actuales.

1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES

- Quispe & Nuñez (2020), indican que, en los Andes de Perú y Bolivia desde los 3500 a 4800 msnm, el cambio climático es provocado por el ser humano siendo una de las principales causas de la pérdida de biodiversidad. En este contexto, es crucial realizar estudios sobre los futuros impactos del cambio climático a gran escala para desarrollar estrategias de conservación para especies en peligro, como la *Puya raimondii* Harms. En este estudio, modelamos la distribución potencial actual y futura de *P. raimondii* con el objetivo de identificar áreas prioritarias para su conservación. Nuestros resultados mostraron que 1) las áreas actualmente adecuadas se encuentran principalmente en los Andes de Perú y Bolivia, abarcando 154,268.40 km², y 2) en los escenarios futuros de cambio climático para la década de 2070, se observa una pérdida de áreas potenciales, con una reducción promedio de -34,326.53 km² y -8,193.22 km² en los escenarios climáticos de las vías de concentración representativas (RCP) 4.5 y RCP 8.5.
- Llacza et al., (2021), En Perú, estudiaron la distribución espacial y temporal de la temperatura y las precipitaciones para el año 2050. Los hallazgos espaciales señalan

variaciones notables en la precipitación anual, con aumentos que exceden el 45% y reducciones que alcanzan el 40%. Principalmente, las disminuciones se concentran en la Amazonía, mientras que en los Andes se notan tanto disminuciones como incrementos, y la costa norte muestra aumentos notables. Respecto a la media anual de temperatura, se anticipa un incremento uniforme a nivel nacional, variando entre 1.7 y 3.5 °C. Se ha establecido que la temperatura máxima se elevará por encima de la mínima, particularmente en la Amazonía, lo que provocará una variación del rango térmico diario (DTR) promedio de 0.2 a 0.8 °C. Para el año 2050, no se prevén fluctuaciones en los meses de picos y bajos de temperatura y lluvia. Respecto a las condiciones climáticas extremas, se anticipa que la Amazonía sufra disminuciones de las precipitaciones de 30.2 a 51.2 mm durante las épocas húmedas y secas. En los Andes, se anticipan reducciones de 20 mm en la sierra norte oriental, en cambio, la costa norte podría sufrir incrementos de 19 mm durante la estación húmeda. Además, se detectaron aumentos en los extremos de la temperatura media: en la Amazonía, se anticipa un crecimiento de 2.6 a 3.0°C durante la estación húmeda, en los Andes, un aumento de 2.6 a 3.0°C durante la estación seca, y en la costa, se prevén aumentos de 1.7 a 2.3°C tanto durante las temporadas húmedas como secas, y en la costa, se prevén aumentos de 1.7 a 2.3°C tanto durante las temporadas húmedas.

- Llatas (2023), en el norte de Perú, el propósito principal de su investigación fue determinar las áreas de distribución natural del género *Cinchona*, utilizando modelos de distribución de especies. Se utilizó el método de máxima entropía (MaxEnt), un instrumento de probabilidad que facilita la predicción e identificación de la distribución natural del género a través de un archivo de coordenadas tabular y un conjunto de capas ambientales. El modelo arrojó un valor de AUC de 0.917, lo que indica que es aceptable y sugiere que el género *Cinchona* se encuentra en siete provincias del

norte de Perú, cubriendo un área total de 864 km². Esta información es útil para enfocar programas de reforestación, conservación o reintroducción de especies de este género en la región.

- Quispe (2022), en los Andes Peruanos, evaluó los efectos del cambio climático en la distribución potencial de seis especies de *Polylepis*: *P. albicans*, *P. argentea*, *P. flavipila*, *P. multijuga*, *P. rodolfo-vasquezii*, y *P. subsericans*. Para modelar su distribución, se emplearon 118 puntos de presencia y capas climáticas presentes y proyectadas para el año 2070. Los modelos exhibieron un rendimiento óptimo, con un área bajo la curva (AUC) que supera el 0.9 para todas las especies. Se determinó que las distribuciones potenciales de las especies *polylepis* están desplazándose a altitudes más elevadas y sus áreas de distribución se reducen debido al cambio climático futuro. Por ejemplo, *Polylepis albicans* se desplazará hasta los 4,291.76 msnm, con una reducción del 46,84% en su área de distribución potencial. *argentea* subirá a 3,953.83 msnm, perdiendo hasta un 62.97% de su área, y *Polylepis flavipila* se moverá a 4,581.66 msnm, con una reducción del 76.52%. *Polylepis multijuga* migrará a 3618,43 msnm, perdiendo el 52.48% de su área de distribución, *Polylepis rodolfo-vasquezii* perderá el 100% de su área de distribución potencial, y *Polylepis subsericans* ascenderá a 4481.50 msnm, con una reducción del 78,76%.

1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES

- Caira et al., (2021), en la cuenca Coata, Puno, con el objetivo de analizar cómo las variables climáticas influyeron en la actividad agrícola del altiplano durante 2015-2016. Se emplearon datos históricos de temperaturas extremas y lluvias de 48 años, eligiendo estaciones meteorológicas basándose en la longitud de las series, la falta de datos y la uniformidad de los mismos. Estas series se sistematizaron, corrigieron y completaron mediante un análisis de homogeneidad. Se detectaron las tendencias mediante pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas, con

grados de significancia de 0.01, 0.05 y 0.10, además de examinar los datos acerca de los rendimientos agrícolas. Los hallazgos señalaron que en promedio, las temperaturas máximas se incrementan 0.05°C anualmente, las temperaturas medias se elevan 0.028°C anualmente con evidencia leve, y las temperaturas mínimas no muestran variaciones significativas. Por otro lado, las precipitaciones suelen reducirse, lo que repercute de manera considerable en los cultivos.

- Figueroa et al., (2023), En el departamento de Puno, se reporta un incremento en la deforestación en las provincias de Sandía, Carabaya y San Antonio de Putina, impactando a especies en riesgo como el oso andino (*Tremarctos ornatus*). Para determinar las zonas y hábitats usados por estos osos en Ollachea (Carabaya) y valorar las acciones humanas que impactan su presencia, se llevó a cabo una investigación en octubre de 2014, que implicó la realización de 17,80 km de rutas y entrevistas. Se identificaron 38 ubicaciones GPS que registraron osos andinos, desde 2009 hasta 4086 msnm, en áreas de transición entre bosque montano y puna (50%), bosque montano (21%), puna (15,8%), y zonas intervenidas (13,2%). Estos lugares estaban ubicados a una distancia de hasta 0,72 km de fuentes de agua y de 1,87 km de selvas. Es notable que los osos suelen consumir *Eryngium weberbaueri*. En Ollachea, el oso andino experimenta presiones considerables a causa de diferentes acciones humanas. La vía Interoceánica ha permitido identificar a los osos cuando la atraviesan, lo que los vuelve más susceptibles a la caza. La actividad minera ha causado contaminación en los ríos y arroyos que los osos utilizan como vías de movimiento. Adicionalmente, la agricultura ha originado disputas, dado que los osos penetran en los terrenos de maíz, causando pérdidas.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar la predicción de la distribución espacial de la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*) bajo escenarios del cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno, período 2020 - 2040.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la tendencia del cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno, durante el período 2020 - 2040.
- Determinar la distribución espacial de la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*) bajo el escenario del cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno período 2020 - 2040.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. MODELADO DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES

El modelado de distribución de especies (SDM, por sus siglas en inglés) es una técnica empleada para anticipar la posible distribución geográfica de una especie en distintos escenarios ambientales. Este método utiliza registros de presencia de especies junto con variables ambientales para determinar áreas de hábitat óptimas (Alaggia et al., 2022).

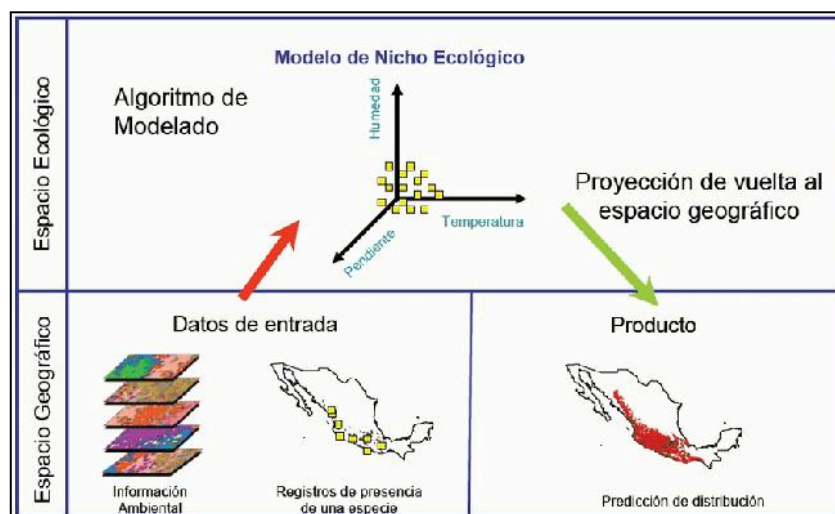


Figura 01: Modelo de distribución de especies

Fuente: (Alaggia et al., 2022).

El Modelado de Distribución de Especies (SDM) es un método para predecir dónde podrían vivir animales o plantas en el futuro, usando datos sobre su hábitat actual y las condiciones del entorno. Así, el SDM ayuda a hacer un mapa que muestra los posibles

lugares donde una especie podría vivir en el futuro, teniendo en cuenta sus preferencias y cómo podrían cambiar el clima y el ambiente (Aroca, 2021).

2.1.2. MÁXIMA ENTROPÍA (MAXENT).

El modelo MaxEnt (Máxima Entropía) es una técnica estadística que estima la distribución de una especie basándose en la premisa de que, dada la información disponible (como las ubicaciones conocidas de la especie y las variables ambientales), se debe asumir la distribución más equitativa (máxima entropía) que sea coherente con los datos. En otras palabras, MaxEnt selecciona la distribución de probabilidad que requiere las menores suposiciones adicionales fuera de los datos observados (Carpio, 2020).

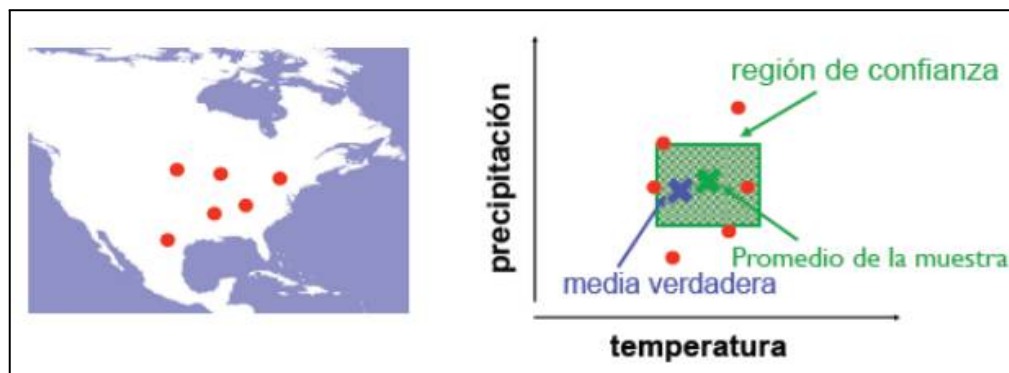


Figura 02: Modelo de Máxima Entropía

Fuente: (Carpio, 2020).

MaxEnt emplea la información sobre la presencia de una especie en distintas ubicaciones y las características ambientales de esas áreas para desarrollar un modelo que pronostica dónde podría encontrarse la especie en otros lugares con condiciones similares (Gonçalves et al., 2024).

2.1.3. ECOLOGÍA

La ecología es la ciencia que investiga cómo los seres vivos se relacionan con su entorno. Analiza cómo los organismos interactúan entre ellos y con componentes no vivos como el aire, el agua y el suelo. Su objetivo es comprender cómo estas interacciones

influyen en la distribución y cantidad de las especies, la estructura de los ecosistemas y el funcionamiento de los sistemas naturales (Di Pasquo et al., 2021).

La ecología es la ciencia que investiga cómo los animales, las plantas y otros seres vivos interactúan con su entorno. Piensa en ello como ser un detective que explora cómo conejos, árboles y flores colaboran y se ayudan entre sí para vivir en un bosque. La ecología nos muestra cómo los seres vivos y su entorno están conectados e influyen unos en otros (Antunes & Matos, 2020).

2.1.4. ECOLOGÍA DE LA ESPECIE HUALLATA (*ORESSOCHEN MELANOPTERUS*)

Según Lastra & Echevarría (2024) definió la ecología de la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*) como:



Figura 03: Huallata (*Oressochen melanopterus*).

Fuente: (Lastra & Echevarría, 2024).

- **Descripción de la especie**

La Huallata, o ganso andino, es un ave acuática de la familia Anatidae. Su distribución abarca los ecosistemas altoandinos de Perú, Bolivia, Chile y Argentina. Con plumaje blanco y negro, la Huallata está adaptada a vivir en altitudes superiores a los 3 000 metros sobre el nivel del mar.

- **Taxonomía**

Tabla 01: Taxonomía de la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*).

Categoría	Nombre	Descripción
Reino	Animalia	Organismos multicelulares que se mueven y consumen materia orgánica.
Filo	Chordata	Incluye animales con notocorda, que en los vertebrados se desarrolla en la columna vertebral.
Clase	Aves	Animales de sangre caliente con plumas y pico, la mayoría puede volar.
Orden	Anseriformes	Aves acuáticas como patos, gansos y cisnes.
Familia	Anatidae	Familia que abarca patos, gansos y cisnes, adaptados para nadar y bucear.
Género	Oressochen	Género de aves acuáticas adaptadas a ambientes de alta montaña.
Especie	Oressochen melanopterus	La Huallata o ganso andino, adaptada a los ecosistemas altoandinos.

Fuente: (Lastra & Echevarría, 2024).

- **Hábitat y requerimientos ecológicos**

La Huallata se encuentra en lagos, lagunas, ríos y bofedales altoandinos. Su dieta se basa principalmente en plantas acuáticas y algas. Estos ambientes le proporcionan los recursos necesarios para alimentarse, anidar y reproducirse. Los humedales altoandinos son cruciales no solo para la Huallata, sino también para muchas otras especies, debido a su biodiversidad y los servicios ecosistémicos que ofrecen.

- **Amenazas a la especie**

Las principales amenazas para la Huallata incluyen la degradación del hábitat por cambio climático, contaminación de cuerpos de agua, actividad minera, agricultura intensiva y sobreexplotación de recursos hídricos. Estos factores resultan en la pérdida de hábitats adecuados y afectan directamente la supervivencia y reproducción de la especie.

2.1.5. CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático se refiere a alteraciones importantes y duraderas en los patrones de temperatura, precipitación y otros aspectos del clima en la Tierra. Aunque estos cambios pueden ser naturales, hoy en día el término se usa para describir los cambios rápidos y profundos causados por actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles, la deforestación y la industrialización. Estos cambios impactan a los ecosistemas, la biodiversidad y las sociedades humanas, generando fenómenos extremos como olas de calor, tormentas intensas y variaciones en los patrones de lluvia (González & Meira, 2021).

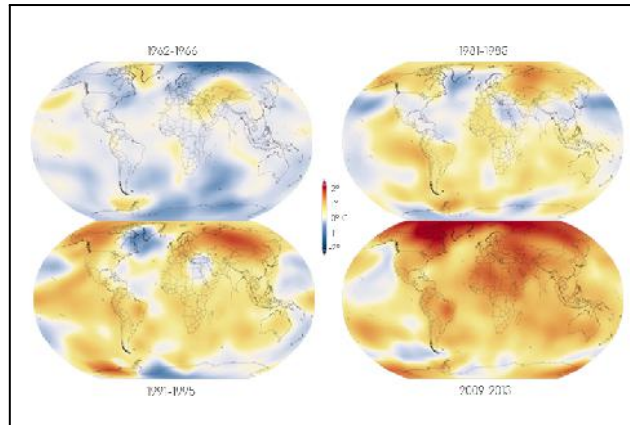


Figura 04: Cambio climático.

Fuente: (González & Meira, 2021).

El cambio climático ocurre cuando el clima de la Tierra cambia de manera significativa durante mucho tiempo. Piensa en la Tierra como una gran casa con un termómetro. Si la casa comienza a calentarse o enfriarse mucho más de lo habitual, eso es un cambio climático. Esto sucede porque hacemos cosas como usar muchos autos o talar muchos árboles, lo que altera el clima. Como resultado, puede haber más días muy calurosos, tormentas fuertes, o menos lluvia en algunos lugares (Lozano et al., 2021)

2.1.6. IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN AVES

Las aves como la Huallata, son especialmente susceptibles al cambio climático debido a su dependencia de hábitats acuáticos específicos. Las alteraciones en la precipitación y la temperatura pueden afectar la disponibilidad y calidad de estos hábitats, influir en sus fuentes de alimento y cambiar sus patrones migratorios. Además, el cambio climático puede intensificar otros factores estresantes, como la competencia por recursos y las enfermedades (García et al., 2020).



Figura 05: Impacto del cambio climático en aves.

Fuente: (García et al., 2020).

El cambio climático puede afectar a las aves que viven en el agua, como los patos y gansos, porque necesitan lugares especiales para vivir. Si el clima cambia, puede llover más o menos de lo normal, y eso puede hacer que los lagos y ríos donde viven cambien o desaparezcan. También puede afectar la comida que necesitan y sus viajes de un lugar a otro. Además, los cambios en el clima pueden hacer que haya más problemas, como menos comida o más enfermedades (Cuentas, 2022).

2.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.2.1. HIPÓTESIS GENERAL

La predicción de la distribución espacial de la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*) se verá una reducción de su distribución bajo los escenarios de cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno, durante el período 2020-2040.

2.2.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La tendencia del cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno, durante el período 2020-2040 presentarán cambios más drásticos en comparación con escenarios presentes.
- La distribución de la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*) se verá significativamente reducida su distribución bajo escenarios del cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno período 2020 - 2040.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El distrito de Ayaviri se encuentra en la región de Puno, al sur de Perú, en la sierra andina del país, a una altitud de aproximadamente 3,850 metros sobre el nivel del mar.

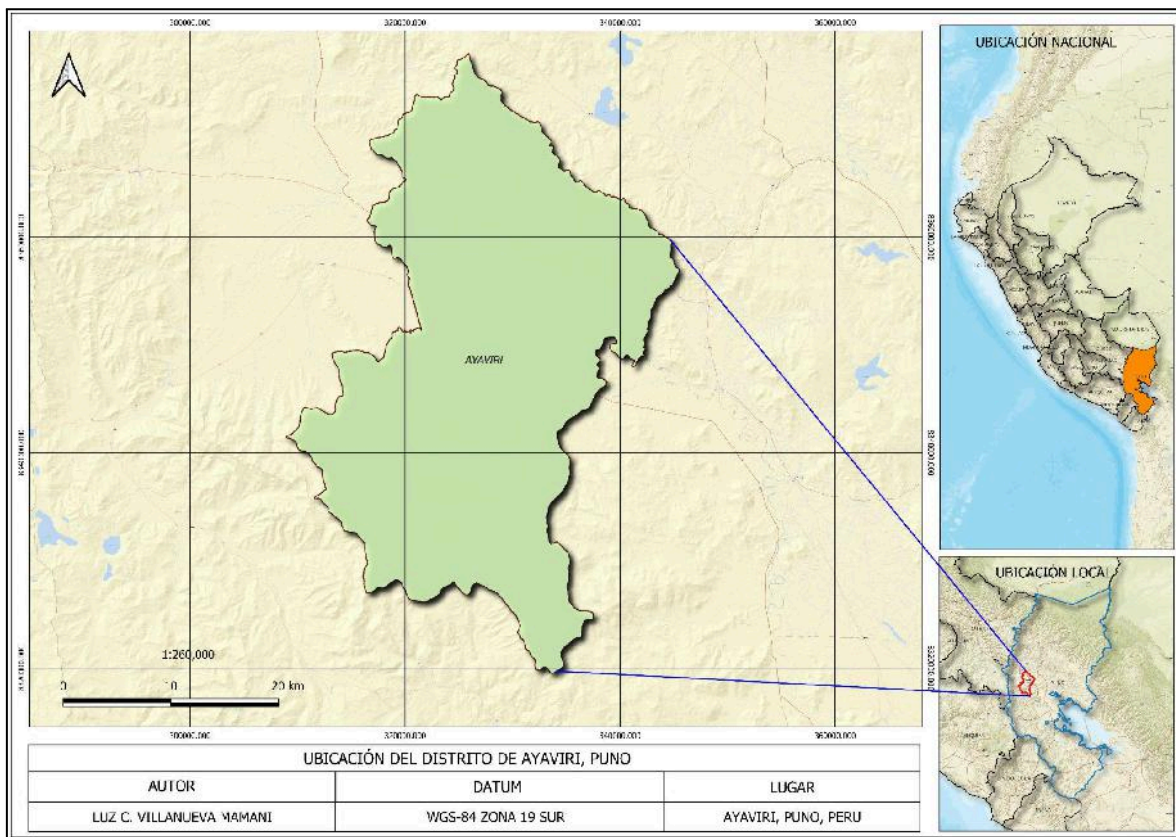


Figura 06: Mapa de Ubicación del distrito de Ayaviri.

Internacionalmente, está situado en el hemisferio sur, en la región andina de América del Sur, cerca de la frontera con Bolivia. Sus coordenadas geográficas son aproximadamente 15.5325° S y 70.2364° W, ubicándose en una zona de alta montaña que contribuye a su

clima frío y seco. Ayaviri es crucial en la región altoandina de Perú, actuando como un importante centro agrícola y ganadero que contribuye significativamente a la producción de alimentos en la zona. Su ubicación en los Andes la convierte en un área estratégica para la conservación de ecosistemas andinos y la protección de especies endémicas, como la Huallata (*Oressochen melanopterus*). Además, la región es vital por sus recursos hídricos, que sustentan lagos y bofedales esenciales para la biodiversidad local. Su rol ecológico y económico subraya su importancia para la conservación y el desarrollo sostenible en los Andes peruanos.

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

La población estuvo constituida por los registros de ubicación o puntos de presencia de la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*) que es 28.288 puntos georreferenciadas por la base de datos del Sistema Global de Información sobre Biodiversidad (GBIF) en las cordilleras de sudamérica.

3.2.2 MUESTRA

La muestra está conformada por los puntos de presencia de la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*) de la base de datos del Sistema Global de Información sobre Biodiversidad (GBIF), seleccionados dentro del área de estudio, que es el distrito de Ayaviri.

Muestreo

El muestreo es no probabilístico donde se configuró el método de selección en el que no todas las unidades de la población tienen una probabilidad conocida ni igual de ser elegidas. En el muestreo por conveniencia, la muestra se configuró a partir de lo que está al alcance, de lo que se puede obtener sin esfuerzo, como si se tomara lo que la corriente ofrece sin cuestionar su origen. Para la Huallata, este enfoque puede traducirse en utilizar los registros de presencia ya existentes, fácilmente accesibles en bases de datos como

GBIF, con consideración si realmente reflejan la totalidad de su distribución o si omiten áreas cruciales de su hábitat (Mata et al., 2020).

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1 MÉTODOS

Tipo de investigación

La investigación es predictiva al intentar anticipar futuros cambios en la distribución de la especie, y aplicada al utilizar estos resultados para desarrollar estrategias de gestión y conservación efectivas.

Diseño de Investigación:

En un diseño de investigación no experimental, el análisis predictivo de la distribución potencial de la Huallata (*Oressochen melanopterus*) frente a escenarios de cambio climático se llevo a cabo sin manipular ni intervenir en el entorno. En vez de realizar experimentos, se utilizan datos existentes para realizar predicciones y evaluaciones sobre la distribución de la especie.

Enfoque:

Método Cuantitativo: Utiliza datos numéricos y modelos estadísticos, como el análisis de distribución de especies y las proyecciones climáticas, para predecir cómo el cambio climático podría influir en la distribución de la Huallata.

3.3.2 MATERIALES

Equipos

- Navegador GPS
- Cámara fotográfica
- Computadora portátil, impresora, scanner.

Programas

- QGis (v3.26.17).
- R-Studio (v4.3.1).

Modelado de Distribución de Especies: Utiliza modelos estadísticos, como el de Máxima Entropía (MaxEnt), para prever las áreas potenciales de distribución futura de la especie, basándose en datos climáticos presentes y futuros (Méndez et al., 2021).

Análisis Climático: Aplica proyecciones climáticas para el período 2020-2040 con el fin de estimar cómo cambiará el hábitat disponible para la especie.

Método inductivo: En el estudio predictivo de la distribución futura de la Huallata (*Oressochen melanopterus*) frente al cambio climático, se utiliza el método inductivo para extraer conclusiones generales a partir de datos y observaciones específicas. Se examinan datos históricos y actuales sobre la distribución de la especie y las proyecciones climáticas para desarrollar predicciones sobre su posible distribución futura (Villegas et al., 2020).

Técnica de Observación: En este caso, la técnica de observación implica la recopilación de datos directos sobre la presencia y distribución actual de la Huallata. Esto incluye la observación en el campo, la revisión de registros en bases de datos y el análisis de imágenes satelitales para identificar hábitats y áreas relevantes. Esta técnica es esencial para construir un perfil detallado del hábitat de la especie y para validar los modelos predictivos (Ovando et al., 2020).

DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Metodología para el objetivo específico O1: Evaluar la tendencia del cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno, durante el período 2020 - 2040.

a) Recolección de Datos Climáticos:

- Se ingresó al sitio web de WorldClim <https://www.worldclim.org> y se seleccionó la última versión disponible (actualmente, la versión 2.1) enfocada en proyecciones climáticas futuras para el período 2020 al 2040.
- Se escogieron las variables climáticas más relevantes para el estudio, como las temperaturas y precipitaciones.

- Se descargaron las proyecciones climáticas futuras utilizando modelos de circulación general (GCMs) y escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero, como RCP4.5 o RCP8.5.

b) Preparación y procesamiento de datos

- Se añadieron los datos descargados en el programa de Sistemas de Información Geográfica (SIG) como QGIS, y usando un entorno de programación como RStudio.
- Se extrajeron los datos correspondientes con el área de interés, en este caso, el distrito de Ayaviri, recortando las capas climáticas según las coordenadas geográficas específicas de la región.

c) Análisis multitemporal

- Se evaluó la tendencia del cambio climático, calculando estadísticas climáticas anuales o estacionales, como la temperatura media anual y la precipitación total anual, para cada año entre 2020 y 2040.
- Se utilizaron las capas de datos de WorldClim para los períodos proyectados y se realizó un análisis temporal de cada variable climática seleccionada.

d) Identificación de tendencias

- Se aplicaron métodos estadísticos, como la regresión lineal, para identificar tendencias en los cambios climáticos a lo largo del tiempo.
- Se representaron gráficamente las tendencias anuales de las variables climáticas, como temperaturas y precipitaciones, para detectar patrones y cambios significativos.

e) Análisis de las Tendencias:

- **Análisis Estadístico:** Se aplicaron técnicas estadísticas para identificar y examinar las tendencias de los datos climáticos históricos y proyectarlos, utilizando el análisis de series temporales, regresiones y pruebas de significancia.

- **Comparación de Escenarios:** Se analizaron las proyecciones climáticas como cambian entre los diferentes escenarios de emisiones y se evaluaron sus posibles efectos en la región.

f) Visualización de Datos:

- **Mapas y Gráficos:** se desarrollaron mapas y gráficos que representan las tendencias en las variables climáticas y las proyecciones de cambio para el periodo a estudiar.

g) Análisis e interpretación

- Se examinaron los gráficos y mapas generados para comprender cómo están cambiando las condiciones climáticas en el distrito de Ayaviri.
- Se observaron si presentan incrementos o decrementos en las variables como temperatura y precipitación, y se analizará las posibles implicaciones de estos cambios para la región.

Metodología para el objetivo específico O2: Determinar la distribución espacial de la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*) bajo el escenario del cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno período 2020 - 2040.

a) Recolección de Datos sobre la Especie:

- Se recolectaron datos georreferenciados sobre la presencia de la Huallata a partir de fuentes como bases de datos (GBIF).
- Características del hábitat: Obtener información sobre las características actuales del hábitat de la Huallata y sus requisitos ecológicos.
- Se buscaron la especie "*Oressochen melanopterus*" y se descargaron los registros de ocurrencia disponibles. Asegúrate de obtener los datos más actualizados, incluyendo las coordenadas geográficas.
- Se filtraron los registros para el área de interés (Ayaviri, Puno) y se verificó la calidad de los datos, eliminando duplicados o registros con coordenadas incorrectas.

b) Modelado de distribución espacial de la especie:

- Selección de Variables Ambientales: Identificar y elegir variables climáticas y ambientales relevantes que influyen en la distribución de la Huallata.

Tabla 02: Variables bioclimáticas de WorldClim.

Código	Variable Bioclimática	Descripción
<i>BIO1</i>	Temperatura media anual	Promedio anual de la temperatura en °C
<i>BIO2</i>	Amplitud térmica media diurna	Diferencia entre la temperatura media diurna y nocturna
<i>BIO3</i>	Isotermalidad	Relación entre la amplitud térmica media y la anual
<i>BIO4</i>	Estacionalidad de la temperatura	Variabilidad de la temperatura a lo largo del año
<i>BIO5</i>	Temperatura máxima del mes más cálido	Valor máximo de temperatura en el mes más cálido
<i>BIO6</i>	Temperatura mínima del mes más frío	Valor mínimo de temperatura en el mes más frío
<i>BIO7</i>	Rango de temperatura anual	Diferencia entre la temperatura máxima y mínima anual
<i>BIO8</i>	Temperatura media del trimestre más húmedo	Promedio de temperatura en los meses más lluviosos
<i>BIO9</i>	Temperatura media del trimestre más seco	Promedio de temperatura en los meses más secos

<i>BIO10</i>	Temperatura media del trimestre más cálido	Promedio de temperatura en los meses más cálidos
<i>BIO11</i>	Temperatura media del trimestre más frío	Promedio de temperatura en los meses más fríos
<i>BIO12</i>	Precipitación anual	Total de precipitación anual en mm
<i>BIO13</i>	Precipitación del mes más húmedo	Total de precipitación en el mes más lluvioso
<i>BIO14</i>	Precipitación del mes más seco	Total de precipitación en el mes menos lluvioso
<i>BIO15</i>	Estacionalidad de la precipitación	Variabilidad de la precipitación a lo largo del año
<i>BIO16</i>	Precipitación del trimestre más húmedo	Total de precipitación en los meses más lluviosos
<i>BIO17</i>	Precipitación del trimestre más seco	Total de precipitación en los meses más secos
<i>BIO18</i>	Precipitación del trimestre más cálido	Total de precipitación en los meses más cálidos
<i>BIO19</i>	Precipitación del trimestre más frío	Total de precipitación en los meses más fríos

Fuente: WorldClim.

- Aplicación de Modelos Predictivos: Utilizar modelos de distribución de especies, como MaxEnt, para prever la distribución potencial de la Huallata bajo las

proyecciones climáticas del período 2020-2040.

- Evaluación de Escenarios: Analizar cómo diferentes escenarios de cambio climático afectarán la distribución de la Huallata.
- Se cargaron los datos de ocurrencia de la especie y las capas ambientales en el entorno de modelado (como R).
- Se realizó una selección de las variables ambientales relevantes que influyen en la presencia de la Huallata, como temperatura, precipitación, altitud.

c) Validación y Análisis de Resultados:

- Validación del Modelo: Comparar las predicciones del modelo con datos actuales y registros de presencia para verificar su precisión.
- Análisis de Impactos: Interpretar los resultados para identificar áreas potenciales de distribución futura y posibles cambios en el hábitat debido al cambio climático.
- Se utilizaron un algoritmo de modelado de distribución de especies (SDM), como Máxima Entropía (MaxEnt) o modelos de nicho ecológico.
- Se entrenó el modelo utilizando los registros de ocurrencia actuales de la Huallata y las variables ambientales seleccionadas.

d) Proyección bajo escenarios futuros

- Una vez que el modelo fue entrenado y validado, se proyectó la distribución potencial de la especie bajo escenarios climáticos futuros (2020-2040).
- Se utilizaron las capas ambientales proyectadas de (WorldClim) para el escenario de cambio climático seleccionado (RCP4.5 o RCP8.5).

e) Análisis de la distribución futura

- Se generaron mapas que muestran la distribución potencial de la Huallata en Ayaviri para el período 2020-2040.
- Se analizaron los cambios en la distribución en comparación con el escenario actual para entender cómo el cambio climático puede afectar la presencia de la especie.

f) Visualización y Comunicación:

- **Mapas de Distribución:** Crear mapas que muestran las áreas potenciales de distribución futura de la Huallata.
- **Informes y Recomendaciones:** Preparar informes que resuman los hallazgos y ofrezcan recomendaciones para la gestión y conservación de la especie en el contexto de los cambios climáticos proyectados.

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Causa o variable independiente (VI): Escenarios del cambio climático.

Efecto o variable dependiente (VD): Distribución potencial de la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*).

Tabla 03. Operacionalidad de Variables.

Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
(VI) Escenarios del cambio climático.	Variable climática	Temperaturas	°C
		Máximas	°C
		Mínimas	°C
		Mensual	°C
		Anual	
		Precipitación	mm
(VD) Presencia y distribución espacial de la especie Huallata	Espacio geográfico	Ubicación	%
		Distribución	km ²

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

Se utilizó el AUC (Área Bajo la Curva) que cuantifica la capacidad del modelo MaxEnt, con un valor cercano a 1 que indica un modelo efectivo, mientras que un valor próximo a 0.5 sugiere que el modelo es poco mejor que una predicción aleatoria.

Tabla 04: Precisión del área bajo la curva.

Valor de AUC	Interpretación
0.90 - 1.00	Excelente precisión del modelo
0.80 - 0.89	Buena precisión del modelo
0.70 - 0.79	Aceptable, pero con margen de mejora
0.60 - 0.69	Precisión baja, modelo poco confiable
0.50 - 0.59	Modelo no mejor que una clasificación aleatoria

Fuente: (Mata et al., 2020).

Para manejar la información, se empleó el análisis de varianza (ANOVA), un enfoque estadístico creado para contrastar las medias de distintos grupos y establecer si hay diferencias relevantes entre estos. Esta investigación empleó el método ANOVA para analizar cómo los escenarios de cambio climático influyen en la distribución posible de la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*) en el distrito de Ayaviri, Puno, durante el periodo comprendido entre 2020 y 2020. Se fijó un grado de significancia de 0,05 ($\alpha = 5\%$) en el procedimiento de decisión. Este criterio posibilita valorar si hay variaciones importantes en los resultados logrados.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. TENDENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI, PUNO, DURANTE EL PERÍODO 2020 - 2040.

En este estudio, utilizando datos del programa WorldClim y los indicadores bioclimáticos Bio1 (temperatura media anual) y Bio12 (precipitación total anual), se examinaron las tendencias del cambio climático en el distrito de Ayaviri, ubicado en la región de Puno, durante el período 2020 al 2040. El análisis de estos datos, procesados en RStudio, mostró una tendencia al aumento anual de la temperatura media con un comportamiento casi exponencial, lo que indica un aumento progresivo de las temperaturas durante las próximas dos décadas. Este escenario podría incrementar la variabilidad climática, afectando significativamente los ecosistemas locales y modificando la distribución de las especies. Las proyecciones muestran un aumento de 1 a 2 °C, lo que indica un proceso de calentamiento sostenido en el distrito, como se muestra en el Anexo 09.

Por otro lado, en cuanto a las precipitaciones anuales (Bio12), los resultados indican un leve aumento en las lluvias en Ayaviri durante el período proyectado. A pesar de que la variabilidad interanual podría ser considerable, se prevé una tendencia al incremento generalizado de las precipitaciones, lo que podría generar episodios más frecuentes de inundaciones. Este cambio en los patrones de lluvia tendrá consecuencias directas en los ecosistemas locales, alterando los hábitats naturales y afectando la biodiversidad. En

particular, las especies adaptadas a condiciones más secas podrían verse desplazadas o incluso amenazadas por el exceso de humedad.

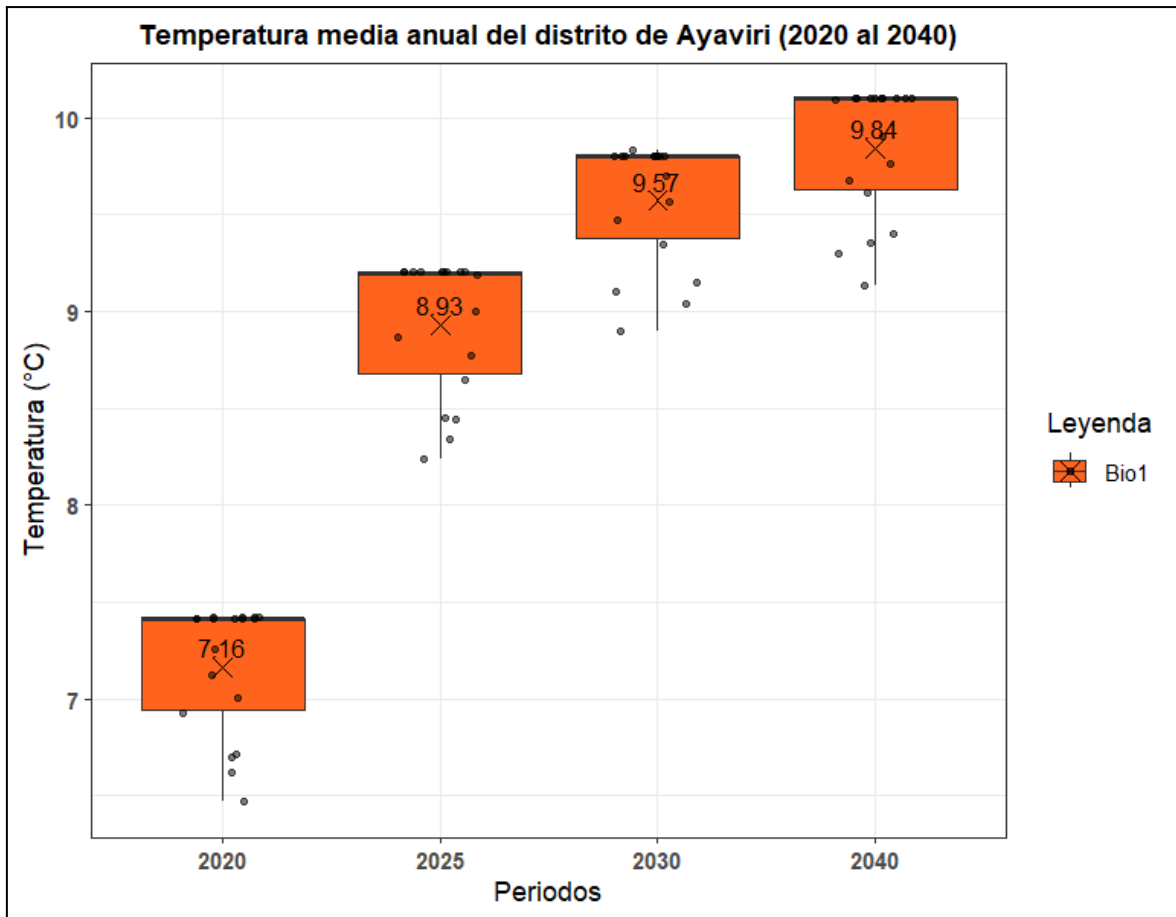


Figura 07: Temperatura media anual del distrito de Ayaviri durante el 2020 al 2040.

En la figura 07, se muestra la temperatura media anual del distrito de Ayaviri durante el periodo 2020 al 2040, donde se evidencia una tendencia ascendente con el paso del tiempo. En términos numéricos, la temperatura media pasa de 7.16 °C en 2020 a 8.93 °C en 2025, posteriormente alcanza 9.57 °C en 2030 y llega a 9.84 °C en 2040, este aumento constante sugiere un fenómeno de calentamiento climático, que está relacionado tanto con el cambio climático global. El boxplot muestra que la temperatura media anual sigue una tendencia ascendente a lo largo de los periodos analizados, cada caja representa el rango intercuartil, comprendido entre el primer y el tercer cuartil, mientras que la línea dentro de la caja señala la mediana. Los puntos situados fuera de

las cajas corresponden a valores atípicos. A medida que transcurre el tiempo, no solo se observa un aumento en la temperatura promedio, sino también una mayor variabilidad, con valores extremos más dispersos, lo que indica posibles fluctuaciones climáticas más pronunciadas en el futuro, por otro lado concuerda con (Llacza et al., 2021), en Perú, analizar la distribución espacial y temporal de la temperatura y precipitación para el año 2050, respecto a sus resultados, se espera un incremento constante a nivel nacional, variando entre 1.7 y 3.5 °C. Se ha determinado que la temperatura máxima aumentará más que la mínima, especialmente en la Amazonía, resultando en un cambio del rango térmico diario (DTR) promedio de 0.2 a 0.8 °C.

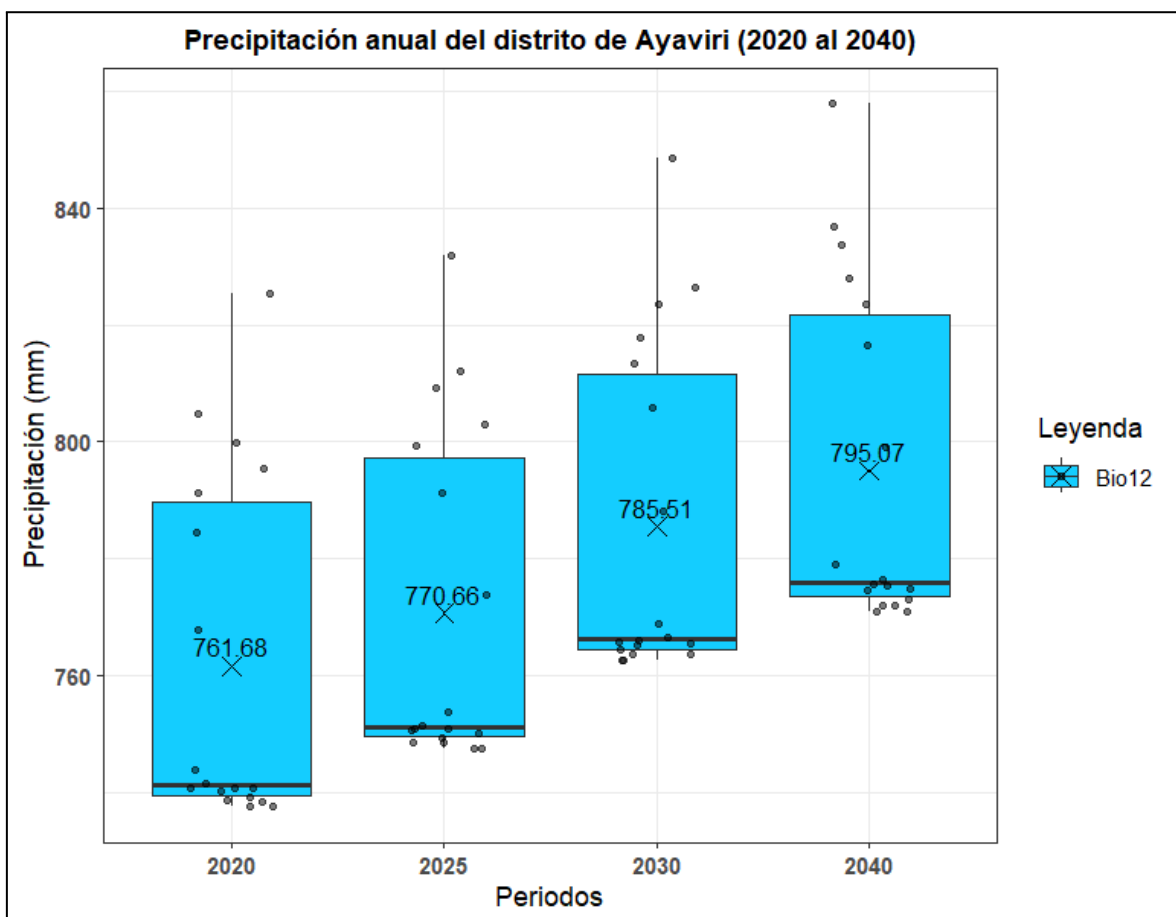


Figura 08: Precipitación anual del distrito de Ayaviri durante el 2020 al 2040.

En la figura 08, se muestran las precipitaciones anuales del distrito de Ayaviri durante el periodo 2020 al 2040, las precipitación comienza en 761.68 mm en 2020, aumentando a

770.66 mm en 2025, luego a 785.51 mm en 2030 y finalmente alcanza 795.07 mm en 2040. Las cajas del boxplot reflejan el rango intercuartil y evidencian un incremento en la variabilidad de las precipitaciones a lo largo del tiempo. En cada periodo analizado, la mediana permanece relativamente baja dentro del rango intercuartil, lo que indica que los valores más bajos de precipitación siguen siendo predominantes. No obstante, la aparición de valores atípicos y la mayor extensión de los boxplot superiores sugieren que las precipitaciones extremas podrían volverse más frecuentes. Estos resultados señalan una tendencia al aumento en la cantidad de precipitación anual, por otro lado concuerda con (Llacza et al., 2021), en Perú, analizar la distribución espacial y temporal de la temperatura y precipitación para el año 2050, Los resultados espaciales indican cambios significativos en la precipitación anual, con aumentos que exceden el 45% y reducciones que alcanzan el 40%. Principalmente, las disminuciones se concentran en la Amazonía, mientras que en los Andes se notan tanto disminuciones como incrementos, y la costa norte muestra aumentos notables.

Tabla 05: Estadística descriptiva de climas durante el periodo 2020 al 2040.

Variables	Media	Mediana	Desviación estándar	Coficiente de asimetría	Mínimo	Máximo
Temp. (°C)	8.87	9.25	1.20	-1.44	7.16	9.84
PP. (mm)	778.23	778.08	14.91	0.03	761.68	795.06

Nivel de confianza(95.0%)

En la tabla 05, se muestra la estadística descriptiva de climas durante el periodo 2020 al 2040, considerando la temperatura media anual (°C) y la precipitación anual (mm). En cuanto a la temperatura, se observa una media de 8.87 °C y una mediana de 9.25 °C, lo

que sugiere que los datos tienden ligeramente hacia valores más bajos. La variabilidad en las temperaturas anuales es moderada, como lo indica una desviación estándar de 1.20 °C. Además, el coeficiente de asimetría de -1.44 señala que la distribución presenta un sesgo hacia la izquierda, lo que implica la presencia de temperaturas más bajas que afectan el comportamiento general de los datos. Los valores extremos registrados muestran un mínimo de 7.16 °C y un máximo de 9.84 °C, lo que refleja un incremento gradual en la temperatura a lo largo del tiempo. Respecto a la precipitación, la media alcanza los 778.23 mm, mientras que la mediana es 778.08 mm, lo que sugiere que los datos están distribuidos de manera casi simétrica. La baja dispersión en los valores de precipitación se refleja en una desviación estándar de 14.91 mm. Asimismo, el coeficiente de asimetría de 0.03 indica que la distribución no muestra un sesgo significativo hacia valores más altos o bajos. Los registros extremos oscilan entre un mínimo de 761.68 mm y un máximo de 795.06 mm, lo que sugiere una relativa estabilidad en la cantidad de precipitación anual, con una ligera tendencia al aumento.

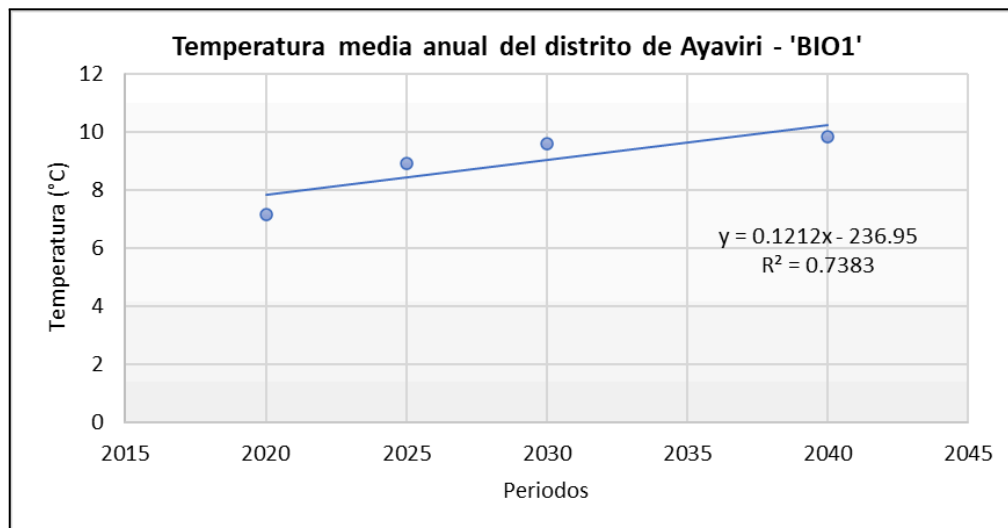


Figura 09: Regresión de la temperatura del distrito de Ayaviri durante el 2020 al 2040.

En la figura 09, se presenta el gráfico de la media anual de la temperatura en el distrito de Ayaviri desde el 2020 hasta el 2040. El coeficiente de determinación R^2 adquirido en el estudio de regresión es 0.7383, lo que señala que cerca del 73.83% de la variabilidad en

la temperatura media anual del distrito de Ayaviri entre 2020 y 2040 puede ser atribuido a la tendencia lineal reflejada en el modelo. Esto sugiere una relación notable entre el paso del tiempo y el aumento de la temperatura, evidenciando un patrón de calentamiento progresivo en el distrito. Sin embargo, el 26.17% de la variación en los datos no es explicado por la regresión, lo que sugiere la influencia de otros factores, como modificaciones en el uso del suelo, la variabilidad climática natural o eventos meteorológicos extremos, que pueden incidir en los cambios de temperatura a lo largo del tiempo.

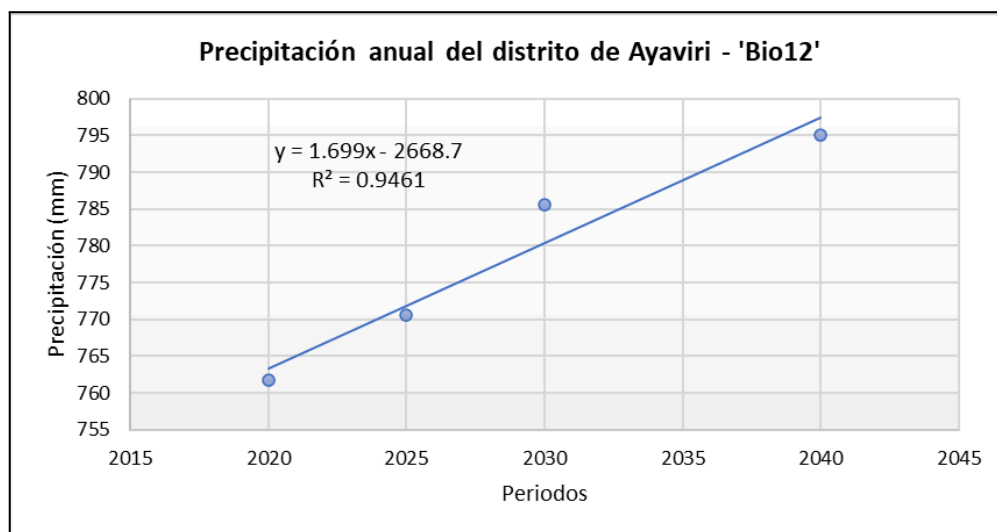


Figura 10: Regresión de la precipitación del distrito de Ayaviri durante el 2020 al 2040.

En la figura 10, se muestra la regresión de la precipitación anual del distrito de Ayaviri durante el 2020 a 2040, la tendencia muestra al aumento en la precipitación anual del distrito de Ayaviri entre 2020 al 2040, lo que indica un aumento progresivo en las lluvias a lo largo del tiempo. La ecuación de la línea de regresión, muestra que la precipitación incrementa aproximadamente 1.699 mm por año. Además, el coeficiente de determinación $R^2 = 0.9461$ señala que el 94.61% de la variabilidad en los datos de precipitación, lo que demuestra una fuerte relación entre el tiempo y el aumento de las lluvias. No obstante, el 5.39% restante de la variabilidad no está representado en la

regresión, lo que implica que otros factores ambientales o climáticos podrían estar influyendo en las precipitaciones en el distrito.

4.2. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ESPECIE HUALLATA (ORESSOCHEN MELANOPTERUS) BAJO EL ESCENARIO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI, PUNO PERÍODO 2020 - 2040.

El estudio sobre la distribución espacial de *Oressochen melanopterus* en el distrito de Ayaviri, Puno, bajo el escenario del cambio climático en el período 2020 al 2040, se realizó utilizando datos climáticos de WorldClim. Para la modelización con el método MaxEnt, se eligieron 19 variables bioclimáticas con una correlación (< 0.8), lo que permitió reducir la duplicación entre los predictores y aumentar la exactitud del modelo, tal como se ilustra en el Anexo 10. A través del software en RStudio.

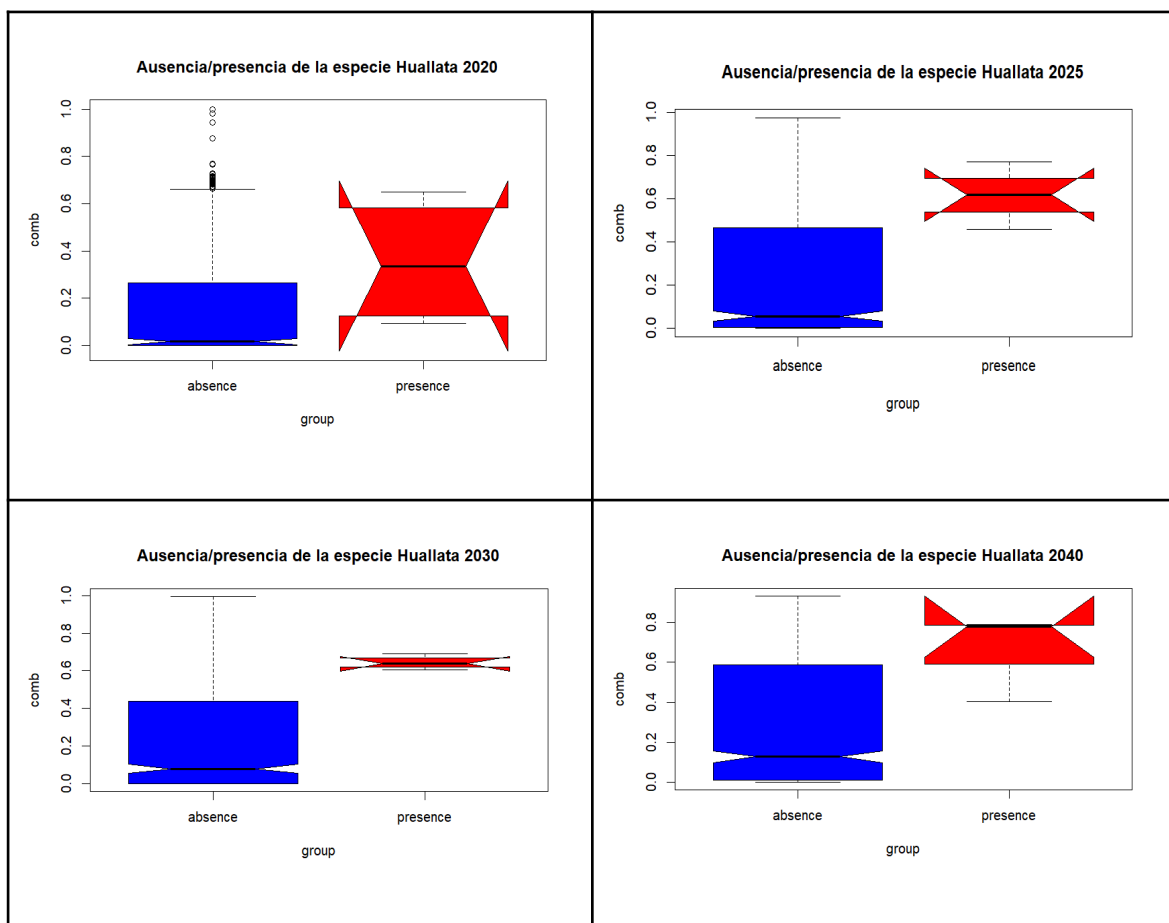


Figura 11: Gráfico boxplot de Ausencia/presencia de la especie durante 2020 al 2040.

En la figura 11, se muestran los diagramas de caja de ausencia/presencia, donde se aprecia la variación en la adecuabilidad del hábitat de la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*) entre los años 2020 al 2040, distinguiendo entre áreas de presencia (rojo) y ausencia (azul). En 2020, los valores correspondientes a la presencia exhiben una amplia dispersión con una mediana cercana a 0.6, mientras que los valores de ausencia se concentran en niveles bajos, aunque con algunos valores atípicos que superan 0.6. Para 2025, la distribución de la presencia se reduce y los valores se sitúan mayormente por encima de 0.5, en tanto que la ausencia conserva su patrón en rangos bajos. En 2030, esta tendencia se intensificará con una mayor concentración de reducción de la presencia, alcanzando una mediana superior a 0.7, mientras que la ausencia muestra una leve expansión en su dispersión. Finalmente, en 2040, la presencia alcanzará valores aún más altos en la pérdida de la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*), fluctuando entre 0.5 y 0.9, mientras que la ausencia continúa concentrándose en valores bajos. Estos resultados sugieren que, con el paso del tiempo, la especie tiende a ocupar hábitats más específicos y restringidos, en respuesta a variaciones en las condiciones climáticas proyectadas.

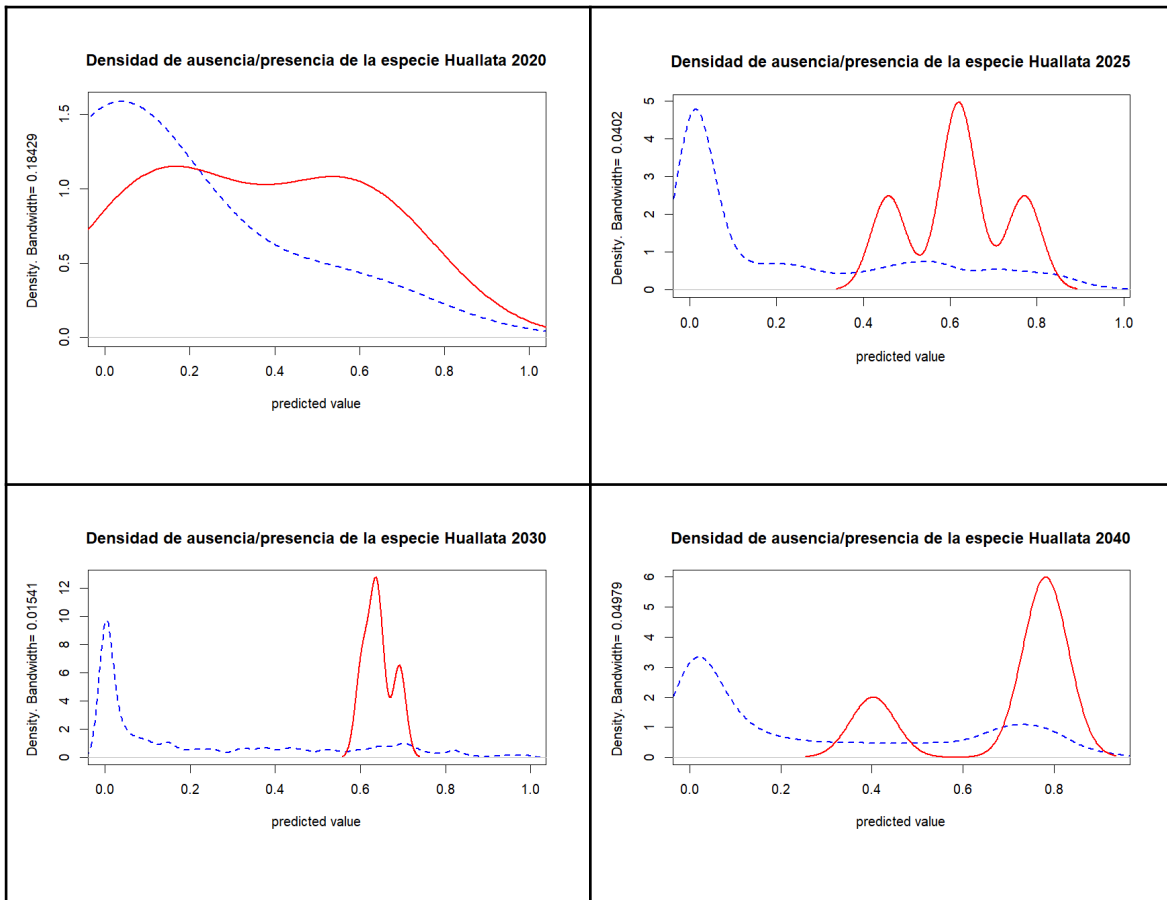


Figura 12: Densidad de Ausencia/presencia de la especie durante 2020 al 2040.

En la figura 12, se muestra la densidad correspondiente a la ausencia y presencia de la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*) en los años 2020, 2025, 2030 y 2040, donde revela una modificación progresiva en la distribución de la adecuabilidad del hábitat. En 2020, la densidad de ausencia (representada en azul) alcanza su punto más alto en valores bajos de adecuabilidad, mientras que la presencia (en rojo) exhibe una mayor dispersión con una tendencia ascendente hacia valores intermedios. Para el año 2025, la presencia se concentra en valores superiores a 0.5, destacándose picos pronunciados, en tanto que la ausencia continúa predominando en niveles cercanos a 0. En 2030, la presencia se limitará aún más a valores altos, con un pico significativo entre 0.6 y 0.7, mientras que la ausencia mantiene su prevalencia en valores bajos. Finalmente, en 2040, la presencia se agruparan en rangos elevados de adecuabilidad (0.8-0.9), lo que

sugiere una posible reducción en las áreas óptimas para la especie. Este patrón indica una progresiva adecuabilidad del hábitat y un posible declive en la población de la Huallata (*Oressochen melanopterus*) en los próximos años.

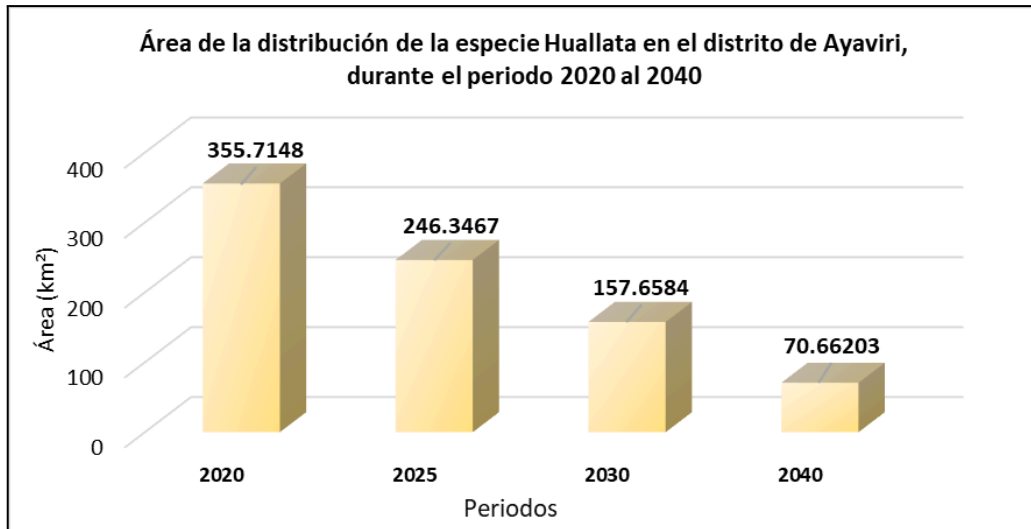


Figura 13: Área de distribución de la especie durante 2020 al 2040.

En la figura 13, se muestra el área de distribución de la especie Huallata (*Oressochen Melanopterus*) durante el periodo 2020 al 2040. Se observa una reducción progresiva en el área de distribución de la especie Huallata (*Oressochen Melanopterus*) en el distrito de Ayaviri. En el año 2020, la extensión del hábitat alcanzaba aproximadamente 355.71 km², pero con el paso del tiempo esta superficie disminuye considerablemente. Para 2025, el área se reduce a 246.35 km², en 2030 continúa descendiendo hasta 157.66 km² y, finalmente, en 2040 experimentará una contracción aún más pronunciada, llegando a solo 70.66 km². Esta tendencia decreciente en la disponibilidad del hábitat sugiere que la especie está enfrentando cambios ambientales desfavorables, por otro lado concuerda con (Quispe & Nuñez, 2020), En los Andes de Perú y Bolivia, el cambio climático es causado por la humanidad, provocando la extinción de la especie *Puya raimondii*. En sus resultados muestran las áreas principalmente en los Andes, abarcando 154,268.40 km², y en los escenarios futuros de cambio climático para la década de 2070, se observa una

pérdida de áreas potenciales, con una reducción promedio de $-34,326.53 \text{ km}^2$ y $-8,193.22 \text{ km}^2$.

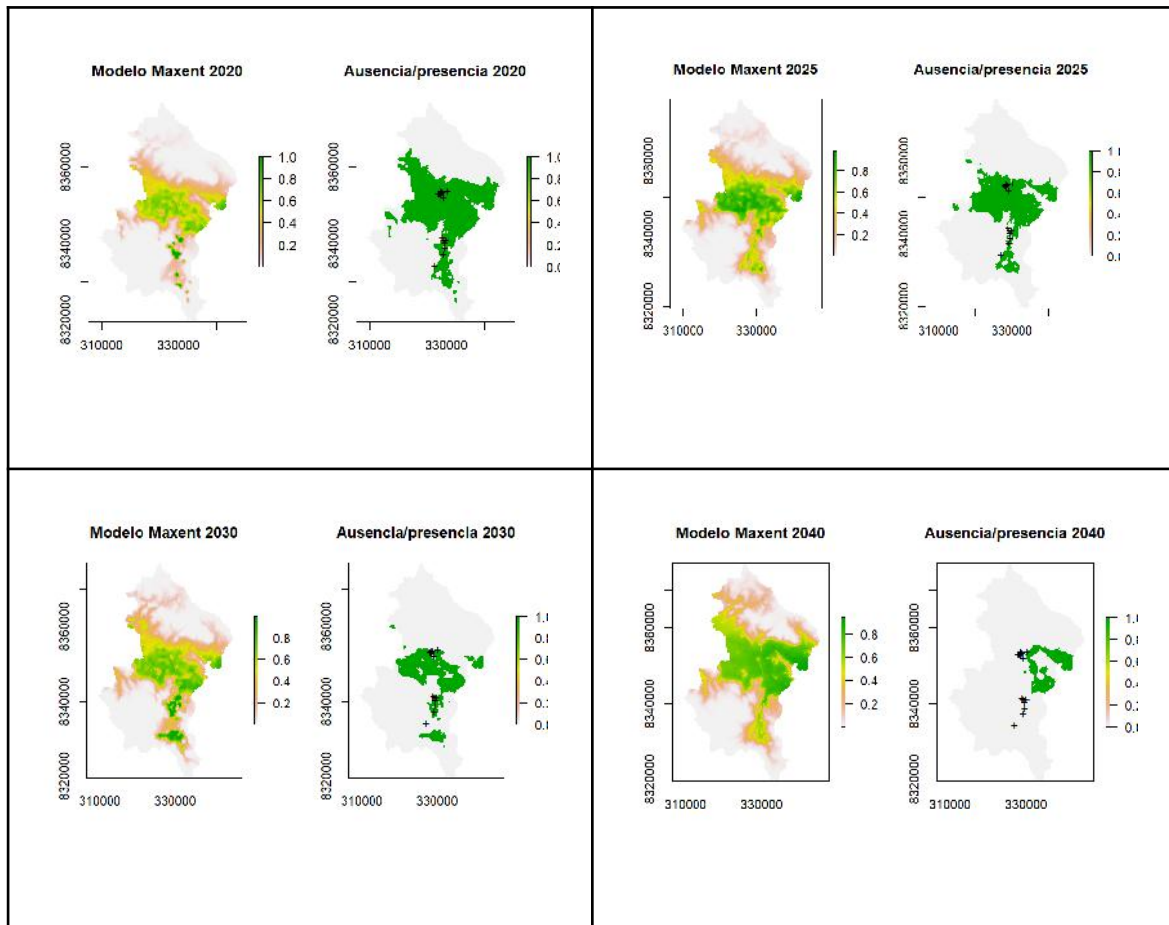


Figura 14: Mapa de distribución de la especie Huallata durante 2020 al 2040.

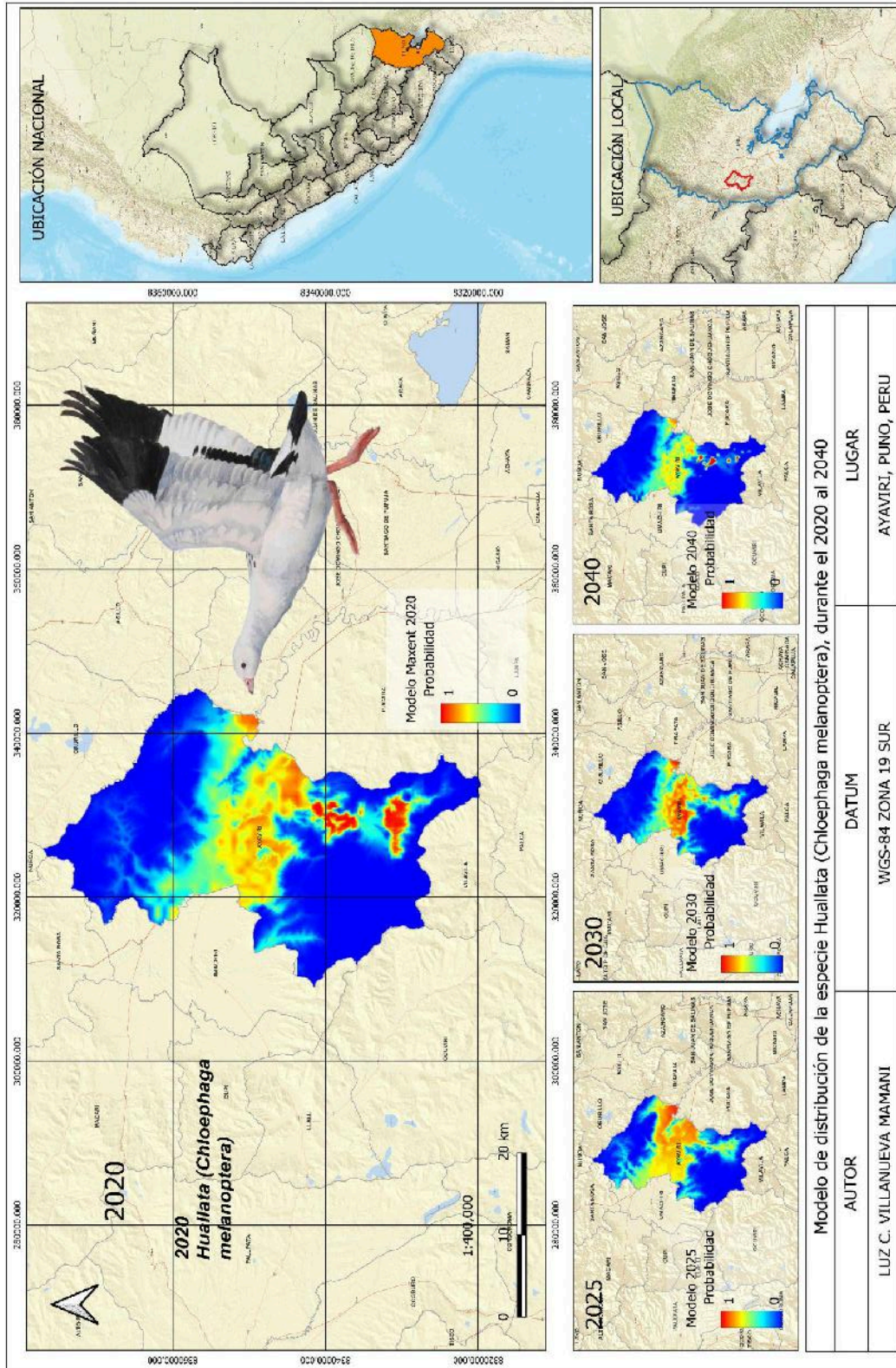


Figura 15: Mapa de distribución de la especie Huallata durante 2020 al 2040.

En la figura 14 y 15, se muestran los mapas de la distribución de la especie Huallata (*Oressochen Melanopterus*) durante 2020 al 2040, experimentando una reducción paulatina. En 2020, la especie cuenta con la mayor extensión de hábitat disponible, sin embargo, con el paso de los años, esta área disminuye de manera progresiva. Para 2025, se observa una reducción significativa en su distribución, tendencia que se acentúa aún más en 2030, con una contracción más pronunciada. Finalmente, en 2040, el espacio adecuado para la presencia de la Huallata se verá severamente limitado, representando sólo una fracción del área inicial. Este descenso en la disponibilidad de hábitat indica que la especie podría estar enfrentando condiciones ambientales cada vez más adversas, lo que pondría en riesgo su permanencia y aumentaría su vulnerabilidad en el distrito.

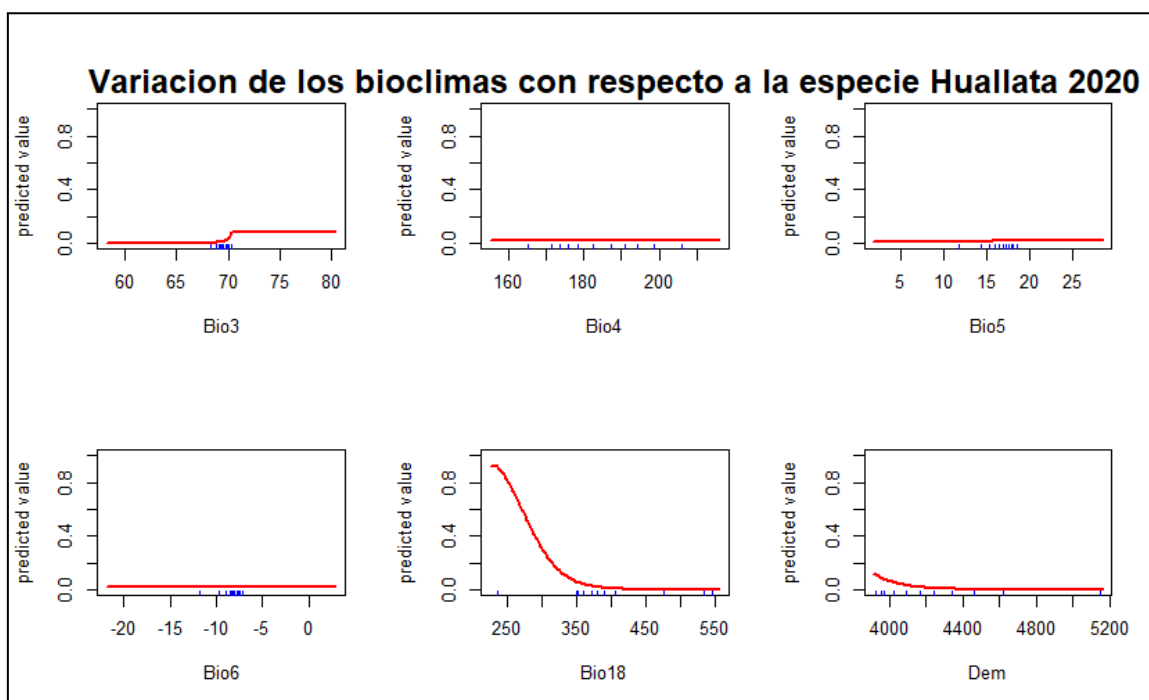


Figura 16: Variación de los bios con respecto a la especie Huallata durante el 2020.

En la figura 16, se muestra el estudio de los bioclimas, en 2020 revela que ciertos factores influyen en la distribución de la especie Huallata (*Oressochen Melanopterus*). La isothermalidad (Bio3) favorece su presencia cuando supera los 70%, mientras que la precipitación en el trimestre más cálido (Bio18) reduce la adecuabilidad del hábitat por

encima de 250 mm. La altitud (Dem) también impacta negativamente, con menor idoneidad sobre los 4000 m.s.n.m. En contraste, Bio4, Bio5 y Bio6 presentan variaciones menores en su efecto. Estos resultados sugieren que la especie prefiere zonas con menor variabilidad térmica y altitudes moderadas, evitando áreas muy elevadas o con lluvias intensas en los meses cálidos.

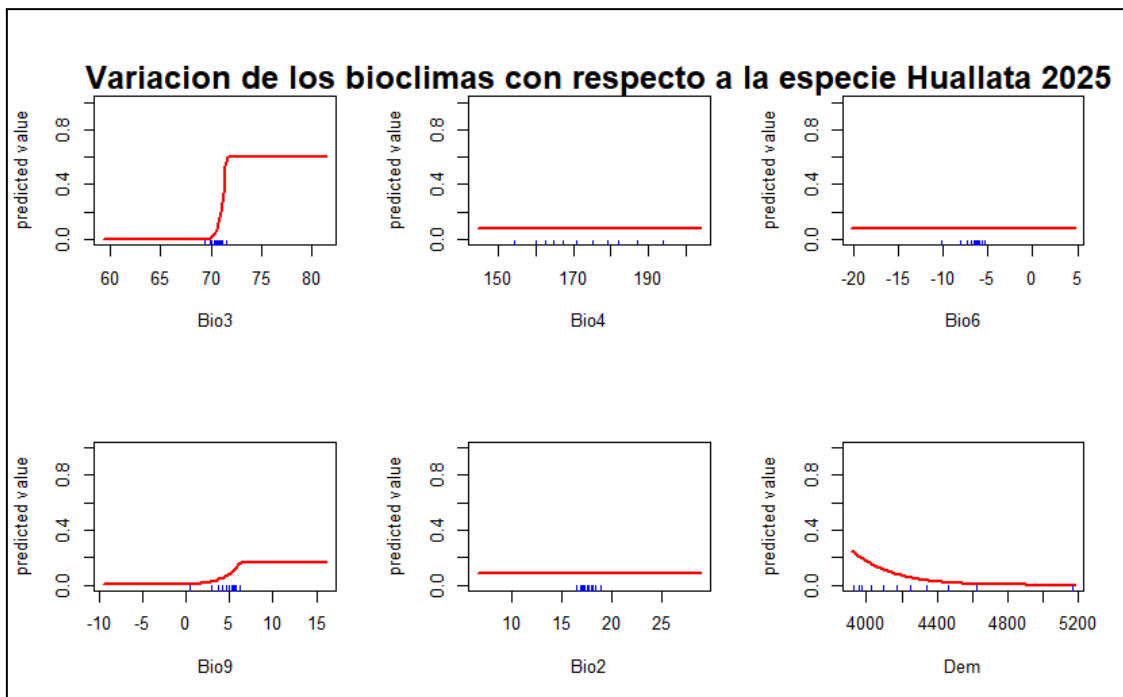


Figura 17: Variación de los bios con respecto a la especie Huallata durante el 2025.

En la figura 17, se muestra el estudio de los bioclimas y su relación con la distribución de la Huallata (*Oressochen Melanopterus*) en 2025 revela que ciertos factores ambientales influyen en su hábitat. La idoneidad aumenta cuando la isothermalidad (Bio3) supera 75 y la temperatura del trimestre más cálido (Bio9) excede los 5°C. En contraste, la altitud (Dem) reduce la adecuabilidad por encima de los 4000 m. Otros factores como Bio4, Bio2 y Bio6 muestran poca variación en su impacto. Esto sugiere que la especie prefiere entornos con menor variabilidad térmica y altitudes moderadas, evitando regiones muy elevadas.

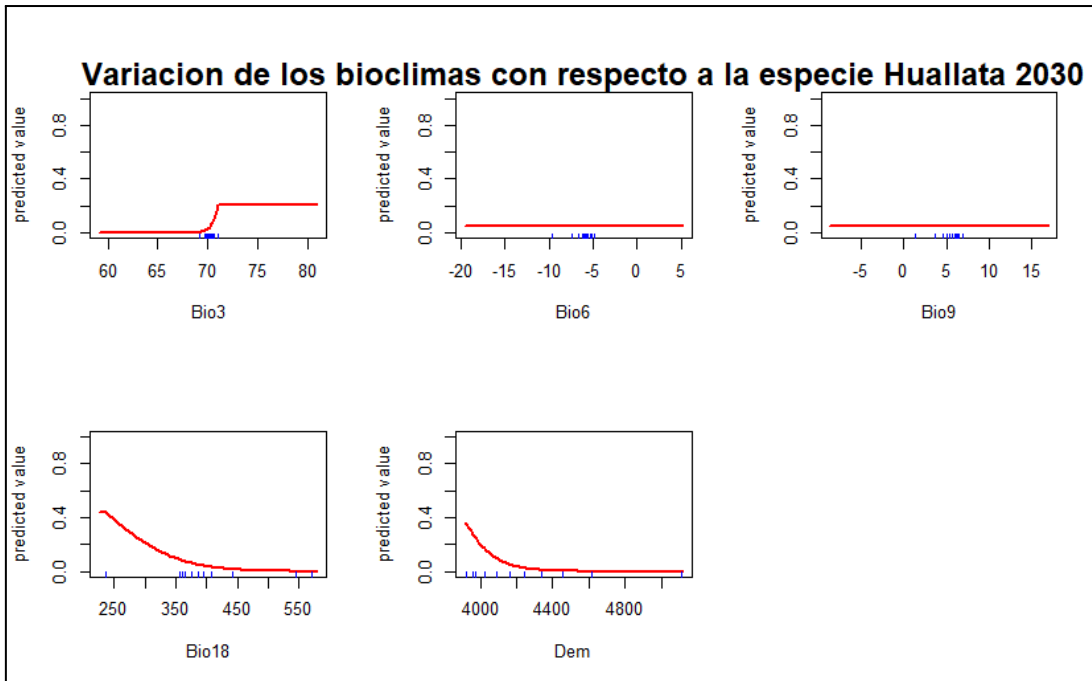


Figura 18: Variación de los bios con respecto a la especie Huallata para el 2030.

En la figura 18, se muestra el estudio de los bioclimas en 2030 indicando que diversos factores ambientales incidirán en la distribución de la especie Huallata (*Oressochen Melanopterus*). La isothermalidad (Bio3) favorece la idoneidad del hábitat cuando sus valores superan los 75. En contraste, la precipitación del trimestre más cálido (Bio18) muestra un efecto negativo, disminuyendo progresivamente la adecuabilidad del hábitat a partir de los 250 mm. Asimismo, la altitud (Dem) reduce la presencia de la especie cuando supera los 4000 m, lo que sugiere una preferencia por zonas de altura intermedia. Por otro lado, la temperatura mínima del mes más frío (Bio6) y la temperatura del trimestre más cálido (Bio9) no presentan variaciones significativas en su impacto. En general, estos hallazgos indican que la Huallata tiende a habitar en áreas con menor precipitación durante los meses cálidos y altitudes moderadas, lo que podría influir en su distribución futura en respuesta a cambios climáticos.

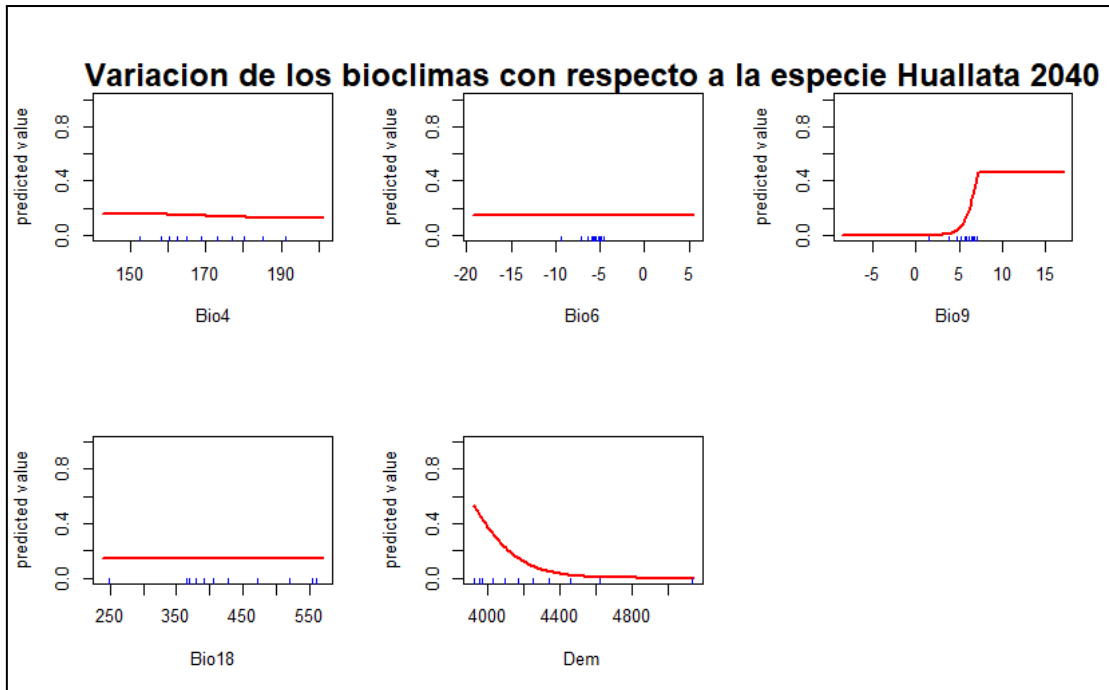


Figura 19: Variación de los bios con respecto a la especie Huallata para el 2040.

En la figura 19, se muestra las proyecciones bioclimáticas para 2040 indicando que la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*) mostrará una mayor preferencia por hábitats donde la temperatura del trimestre más cálido (Bio9) supere los 10°C, lo que sugiere una mayor presencia en áreas con condiciones térmicas moderadas durante dicho periodo. En contraste, la altitud (Dem) influirá negativamente en su distribución, reduciendo la idoneidad del hábitat a partir de los 4000 m.s.n.m, lo que evidencia su inclinación hacia zonas de menor elevación. Otros factores bioclimáticos, como la variabilidad estacional de la temperatura (Bio4), la temperatura mínima del mes más frío (Bio6) y la precipitación del trimestre más cálido (Bio18), no mostrarán alteraciones significativas en la adecuabilidad del hábitat, indicando que su impacto en la distribución de la especie será mínimo. En términos generales, estos hallazgos reflejan la preferencia de la Huallata (*Oressochen melanopterus*) por entornos con temperaturas más constantes y la evitación de altitudes extremas, lo que podría influir en su capacidad de adaptación ante los cambios climáticos previstos en las próximas décadas.

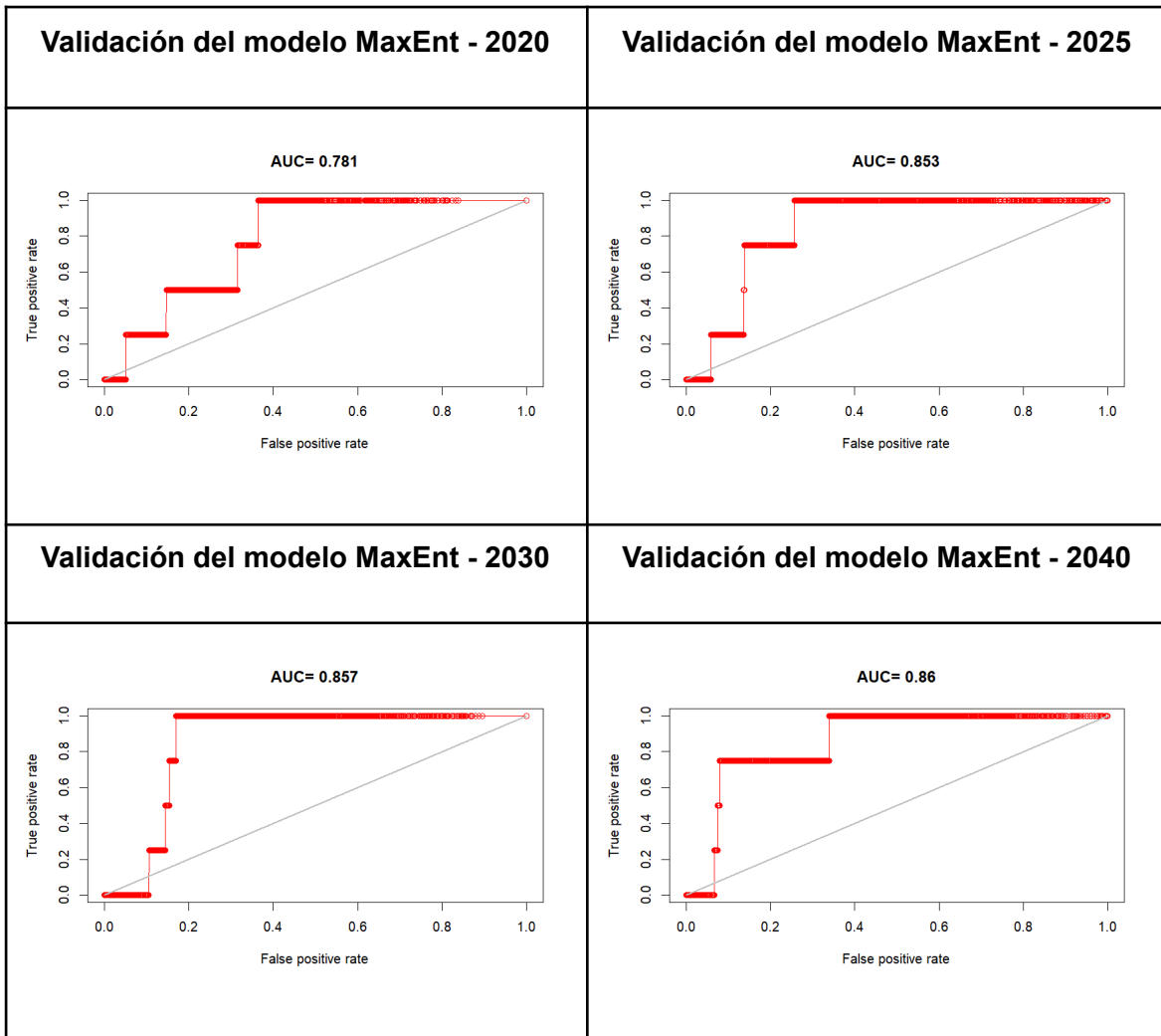


Figura 20: Validación del modelo MaxEnt en la distribución de la especie durante 2020 al 2040.

En la Figura 20, se presenta la validación de los modelos de distribución de la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*), generados mediante el algoritmo MaxEnt en el software RStudio, para el período 2020-2040. Los resultados evidencian una mejora progresiva en la precisión predictiva de estos modelos, con valores del Área Bajo la Curva (AUC) que fluctúan entre 0.781 y 0.86. Esto sugiere un desempeño sólido en la estimación de la adecuabilidad del hábitat, ya que un AUC superior a 0.70 es considerado aceptable, mientras que valores cercanos a 0.85 indican una elevada capacidad de discriminación. En consecuencia, estos modelos son apropiados para analizar la distribución de la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*) y proyección futura.

Además, estos hallazgos concuerdan con **Llatas (2023)**, quien estudió la distribución natural del género *Cinchona* en el norte de Perú utilizando modelos de distribución de especies. Mediante el uso del método de Máxima Entropía (MaxEnt), su modelo registró un AUC de 0.917, corroborando así una elevada exactitud en la predicción. Los resultados sugieren que *Cinchona* se encuentra en siete provincias del norte de Perú, abarcando una extensión de 864 km².

Asimismo, estos resultados coinciden con **Quispe (2022)**, quien analizó los efectos del cambio climático en la distribución potencial de seis especies del género *Polylepis* en los Andes Peruanos (*P. albicans*, *P. argentea*, *P. flavipila*, *P. multijuga*, *P. rodolfo-vasquezii*, y *P. subsericans*). El algoritmo MaxEnt, utilizando 118 puntos de presencia y capas climáticas presentes y proyectadas para 2070, se utilizó para modelar su distribución. En este estudio, los modelos mostraron un desempeño notable, con valores de AUC superiores a 0.9 para todas las especies evaluadas.

4.3. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.3.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA EL OBJETIVO 1.

Formulación de hipótesis:

Hipótesis alterna (H_A): La tendencia del cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno, durante el período 2020-2040 presentaran cambios más drásticos en comparación con escenarios presentes.

Hipótesis nula (H₀): La tendencia del cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno, durante el período 2020-2040 no presentarán cambios drásticos en comparación con escenarios presentes.

Regla de decisión:

Se establece un nivel de significancia (α) del 95% (0.05).

- Si el valor *p-value* es $<$ a 0.05, se rechaza H₀
- Si el valor *p-value* es $>$ que 0.05 no se rechaza H₀

Tabla 06: Análisis de varianza de un factor para el Bio1.

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
<i>Periodo</i>	4	8115	2028.75	72.9166667
<i>Bio1</i>	4	35.5082848	8.8770712	1.4500307

Tabla 07: Análisis de varianza para el Bio1.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad p-value</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	8159773.3	1	8159773.3	219446.973	6.38681E-15	5.98737761
Dentro de los grupos	223.100092	6	37.1833487			
Total	8159996.4	7				

Tabla 08: Análisis de varianza de un factor para el Bio12.

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
<i>Periodo</i>	4	8115	2028.75	72.9166667
<i>Bio12</i>	4	3112.92127	778.230318	222.482147

Tabla 09: Análisis de varianza para el Bio1.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad p-value	Valor crítico para F
Entre grupos	3127598.95	1	3127598.95	21175.4334	7.10369E-12	5.98737761
Dentro de los grupos	886.19644	6	147.699407			
Total	3128485.15	7				

Interpretación:

En la tabla 07, Se evidencia que el $p\text{-value} = 6.38681E-15$ es significativamente menor al nivel de significancia establecido $\alpha = 0.05$, se elimina la hipótesis nula (H_0). Esto sugiere que hay diferencias significativas en la tendencia del cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno, para el período 2020-2040 en relación con las condiciones actuales. En consecuencia, se respalda la hipótesis alternativa (H_a), lo que indica que los cambios climáticos en la zona serán más pronunciados en el futuro, evidenciando un incremento notable en la temperatura media anual.

En la tabla 09, se muestra que el $p\text{-value} = 7.10369E-12$ es considerablemente inferior al umbral de significancia establecido del $\alpha = 0.05$, lo que lleva al rechazo de la hipótesis nula (H_0). Esto sugiere que hay diferencias significativas en la evolución del clima en el distrito de Ayaviri, Puno, entre el período 2020-2040 y las condiciones climáticas actuales.

Así pues, se adopta la hipótesis alternativa (H_a), lo que sugiere que es probable que la región sufra cambios climáticos más significativos en el futuro, que podrían manifestarse en modificaciones en los patrones de lluvia u otras variables climáticas pertinentes.

4.3.2 PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA EL OBJETIVO 2.

Formulación de hipótesis:

Hipótesis alterna (HA): La distribución de la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*) se verá significativamente reducida su distribución bajo escenarios del cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno período 2020 - 2040.

Hipótesis nula (H0): La distribución de la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*) no se verá significativamente reducida su distribución bajo escenarios del cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno período 2020 - 2040.

Regla de decisión:

Se establece un nivel de significancia (α) del 95% (0.05).

- Si el valor *p-value* es $<$ a 0.05, se rechaza H_0
- Si el valor *p-value* es $>$ que 0.05 no se rechaza H_0

Tabla 10: Análisis de varianza de un factor para la especie Huallata.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Periodos	4	8115	2028.75	72.9166667
Especie Huallata				
(Oressochen melanopterus) km²	4	830.38193	207.595483	14895.1572

Tabla 11: Análisis de varianza para la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*).

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad ad p-value	Valor crítico para F
Entre grupos	6633207.55	1	6633207.5	886.3141	9.5246E-08	5.9873776
Dentro de los grupos	44904.22	6	7484.0369			
Total	6678111.7	7				

Interpretación:

En la tabla 11, se muestra que el $p\text{-value} = 9.52\text{E-}08$ que es significativamente menor que el nivel de significancia establecido $\alpha = 0.05$, se descarta la hipótesis nula (H_0). Esto sugiere que hay diferencias relevantes en la distribución de la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*) en escenarios de cambio climático dentro del distrito de Ayaviri, Puno, para el período 2020 al 2040. Por lo tanto, se respalda la hipótesis alternativa (H_a), lo que indica que la distribución de la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*) experimentará una reducción considerable debido a las condiciones climáticas previstas para el futuro.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Se determina que la predicción de la distribución espacial de la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*) bajo escenarios de cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno, durante el período 2020-2040, evidencia una reducción significativa en su presencia futura. Esto indica que el cambio climático tendrá un impacto sustancial en la distribución de la especie, modificando su hábitat y afectando la disponibilidad de recursos en la zona.

SEGUNDA: La tendencia del cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno, para el período 2020-2040, muestra un aumento considerable en las temperaturas y precipitaciones. Los valores de p obtenidos ($p = 6.39E-15$ para la temperatura media anual y $p = 7.10E-12$ para la precipitación total) reflejan cambios estadísticamente significativos, lo que confirma que el clima en la región sufrirá transformaciones notables, con incrementos en estos factores respecto a las condiciones actuales.

TERCERA: Se verifica que la distribución espacial de la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*) bajo el escenario de cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno, durante el período 2020-2040, presenta una disminución sustancial en su presencia, según el valor de p obtenido ($p = 9.52E-08$). Este resultado indica que su hábitat está experimentando alteraciones significativas debido a las condiciones climáticas proyectadas, lo que podría afectar tanto su distribución como la disponibilidad de recursos esenciales para su supervivencia.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Al Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) considerar con prioridad los hallazgos sobre la proyección de la distribución geográfica de la Huallata (*Oressochen melanopterus*) en el distrito de Ayaviri, Puno, ante escenarios previstos para el cambio climático durante el período 2020-2040. Los resultados indican una reducción significativa en su presencia futura, atribuida a modificaciones en su hábitat y disponibilidad de recursos. Ante esta situación, es fundamental adoptar estrategias de prevención y adaptación, como el monitoreo constante de la especie, la recuperación de zonas degradadas y la promoción de un manejo ecosistémico que involucre a los gobiernos locales y comunidades del área.

SEGUNDA: Al Ministerio del Ambiente (MINAM) tiene la obligación de incluir las proyecciones de cambio climático proyectadas para el distrito de Ayaviri, Puno, en sus medidas de conservación durante el período 2020-2040. La evidencia muestra un incremento en temperaturas y precipitaciones respecto a las condiciones actuales, lo que podría afectar negativamente los ecosistemas altoandinos, poniendo en riesgo la biodiversidad y los procesos ecológicos. En este contexto, es esencial incluir mecanismos de adaptación y vigilancia ambiental en los planes de gestión, con el objetivo de garantizar la protección sostenida de las áreas naturales protegidas frente a los efectos del cambio climático.

TERCERA: Al Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP) integrar en sus planes de manejo y conservación los posibles efectos del

cambio climático sobre la distribución de la Huallata (*Oressochen melanopterus*) en el distrito de Ayaviri, Puno, para el período 2020-2040. Los resultados indican una reducción significativa en su presencia, lo que evidencia alteraciones en su hábitat debido a las proyecciones climáticas. Estas condiciones podrían afectar la disponibilidad de recursos y la estabilidad de la especie en la región. Por ello, es crucial implementar acciones de adaptación, restauración de hábitats clave y un monitoreo continuo para mitigar los impactos sobre esta ave, emblemática de los ecosistemas altoandinos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alaggia, G., Torres, C., & Nori, J. (2022, 08 15). *Efecto hipotético del cambio climático sobre la distribución de dos especies leñosas dominantes del Chaco Serrano*. Repositorio Institucional CONICET Digital. Retrieved July 26, 2024, from <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/201672>
- Antunes, E., & Matos, R. (2020, April 17). *Concepções de Educação Ambiental no ensino de Ecologia em atenção às estratégias de ensino: uma revisão bibliográfica | REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*. Retrieved July 26, 2024, from <https://periodicos.furg.br/remea/article/view/9550>
- Aroca, B. D. (2021, 03 20). *¿En peligro o no? Distribución potencial de la hepática Pleurozia paradoxa en Colombia*. SciELO Colombia. Retrieved July 26, 2024, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0370-39082021000100260&script=sci_arttext
- Caira, C., Lopez, C., & Carhuarupay, Y. (2021, 08 31). *Efecto de la temperatura y precipitación sobre la agricultura en la cuenca Coata-Puno, Perú*. SciELO Bolivia. Retrieved July 26, 2024, from http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2664-09022021000200285&script=sci_arttext
- Carpio, E. (2020, March 13). *Modelos de máxima entropía y su resolución numérica mediante métodos de segundo orden con aplicación en la predicción de presencia de especies en áreas naturales*. Repositorio Digital - EPN. Retrieved July 26, 2024, from <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20797>
- Cuentas, M. (2022, November 8). *Análisis de la incidencia del cambio climático en especies de aves amenazadas en los Andes peruanos: modelos de distribución y propuestas de conectividad | Pirineos*. Revista Pirineos. Retrieved July 26, 2024, from <https://pirineos.revistas.csic.es/index.php/pirineos/article/view/342>

- del Carmen, K., Minga, J., Gómez, J., Gallo, V., & Garcés, V. (2023, 06 03). *Evaluation of Soil Loss and Sediment Yield Based on GIS and Remote Sensing Techniques in a Complex Amazon Mountain Basin of Peru: Case Study Mayo River Basin, San Martin Region*. MDPI. Retrieved July 26, 2024, from <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/11/9059>
- Di Pasquo, F., Del Castillo, D., Busan, T., Rodríguez, E., & Klier, G. (2021, 03 15). *Hegemonía, ecología y problemática ambiental*. Repositorio Institucional CONICET Digital. Retrieved July 26, 2024, from <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/164923>
- Duran, P. (2022, 09 05). *Aplicación de cámaras de aire para reducción de costos de voladura en la fase 4 norte de la unidad Toromocho - minera Chinalco Perú S.A. - 2022*. Repositorio UNASAM. Retrieved July 26, 2024, from <https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5213>
- Fajardo, F., Infante, J., & Cabrera, D. (2019, May 22). *Modelización de la distribución potencial del género Polylepis en Colombia y consideraciones para su conservación*. Ecología Austral. Retrieved July 26, 2024, from https://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/585
- Figueroa, J., Tapia, T., Apaza, D., & Puell, A. (2023, 11 04). *El oso andino en Ollachea (Puno, Perú) y las actividades antrópicas que amenazan su presencia*. SciELO. Retrieved July 26, 2024, from http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572023000400249
- García, M., Castaño, F., & Merino, S. (2020, July 7). *Efectos del cambio climático sobre las interacciones ave-parásito | Ecosistemas*. Revista Ecosistemas. Retrieved July 26, 2024, from <https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/1981>

- Gonçalves, C., Menezes, P., & Freire, S. (2024, 06 20). *Uso do modelo MaxEnt para prever a potencial distribuição de Prosopis juliflora no Nordeste do Brasil | Gonçalves Pedroza*. Revista Brasileira de Meio Ambiente. Retrieved July 26, 2024, from <https://revistabrasileirademeioambiente.com/index.php/RVBMA/article/view/1571>
- González, E., & Meira, P. (2021, 03 09). *Educación para el cambio climático: ¿Educar sobre el clima o para el cambio?* SciELO México. Retrieved July 26, 2024, from <https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0185-26982020000200157&script=sciarttext>
- Jiménez, M., & Méndez, J. (2022, 03 28). *Distribución actual y potencial de Pinus engelmannii Carrière bajo escenarios de cambio climático*. SciELO México. Retrieved July 26, 2024, from <https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-04712021000300101&script=sciarttext>
- Lastra, C., & Echevarria, A. (2024, March 21). *Primeros registros de Pato Puneño (Spatula puna) y Guayata (Oressochen melanoptera) en el embalse El Cadillal, provincia de Tucumán, Argentina | Nuestras Aves*. Nuestras Aves. Retrieved July 26, 2024, from <https://nuestrasaves.avesargentinas.org.ar/index.php/home/article/view/1023>
- Llaczka, A., Acuña, D., Jácome, G., & Gustavo, D. I. C. (2021, 11 15). *Escenarios climáticos al 2050 en el Perú: Cambios en el clima promedio*. Repositorio Institucional SENAMHI. Retrieved July 26, 2024, from <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/1470>
- Llatas, E. (2023, April 13). *Modelamiento de la distribución natural del género Cinchona en el norte del Perú*. Repositorio UNACH. Retrieved July 26, 2024, from <https://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/381>

- Lozano, A., Alvarez, C., & Moggiano, N. (2021, 03 15). *El cambio climático en los andes y su impacto en la agricultura: una revisión sistemática*. SciELO. Retrieved July 26, 2024, from http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172021000100101&script=sci_arttext
- Mata, J., Hernández, S., Alanís, E., & Mora, A. (2020, 09 09). *Riqueza, composición y abundancia de especies en una comunidad vegetal ribereña en el río Santa Catarina, Monterrey, Nuevo León*. SciELO México. Retrieved July 26, 2024, from https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-78582020000100006&script=sci_arttext
- Medrano, P., Bedoya, J., & Cadena, H. (2020, 01 25). *Dinámica de la distribución y hospederos de *Molothrus bonariensis* (Passeriformes: Icteridae) en Ecuador*. SciELO Colombia. Retrieved July 26, 2024, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0366-52322020000100038&script=sci_arttext
- Méndez, F., Méndez, J., & Cerano, J. (2021, 02 17). *Distribución actual y potencial de *Dendroctonus mexicanus* Hopkins bajo dos escenarios de cambio climático*. SciELO México. Retrieved July 26, 2024, from https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-04712020000200217&script=sci_arttext
- Ovando, N., Tun, J., Mendoza, G., & Parra, V. (2020, 12 02). *Efecto del cambio climático en la distribución de especies clave en la vegetación de duna costera en la península de Yucatán, México*. SciELO México. Retrieved July 26, 2024, from https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-34532020000100304&script=sci_arttext

Quispe, W. (2022, 08 20). Modelamiento de los efectos del cambio climático en la distribución potencial de seis especies del género *polylepis* en los Andes Peruanos. Retrieved July 26, 2024, from <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/8305>

Quispe, W., & Nuñez, E. (2020, 04 04). *Distribución potencial de puya raimondii harms en futuros escenarios del cambio climático*. SciELO. Retrieved July 26, 2024, from http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2313-29572020000200170&script=sci_artrtext&tlng=en

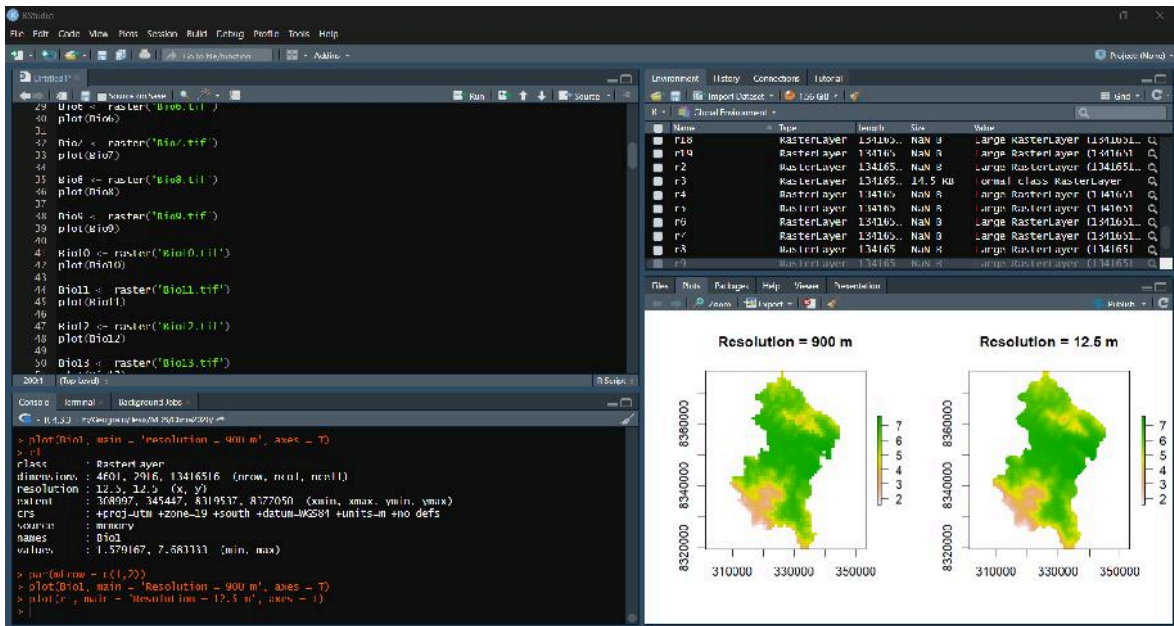
Villegas, L., Huamaní, L., & Luque, C. (2020, 01 10). *Una nueva especie de Liolaemus (Iguania: Liolaemidae) perteneciente al grupo L. montanus en las lomas costeras del sur de Perú*. SciELO. Retrieved July 26, 2024, from https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442020000100069&script=sci_artrtext

ANEXOS

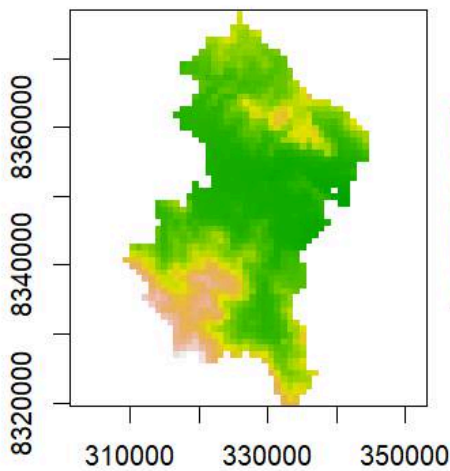
Anexo 01: Matriz de consistencia.
Predicción de la distribución espacial de la especie Huallata (*Oressochen melanopterus*) bajo escenarios del cambio climático período 2020 - 2040 en el distrito de Ayaviri - Puno”.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	TÉCNICA DE PROCESAMIENTO DE DATOS
<p>GENERAL</p> <p>¿Cuál es la predicción de la distribución espacial de la especie Huallata (<i>Oressochen melanopterus</i>) bajo escenarios del cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno, período 2020 al 2040?</p> <p>ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuanto es la tendencia del cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno durante el período 2020 - 2040? • ¿Cuál es la distribución espacial de la especie Huallata (<i>Oressochen melanopterus</i>) bajo el escenario del cambio climático durante el período 2020 - 2040? 	<p>GENERAL</p> <p>Analizar la predicción de la distribución espacial de la especie Huallata (<i>Oressochen melanopterus</i>) bajo escenarios del cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno, período 2020 - 2040.</p> <p>ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar la tendencia del cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno, durante el período 2020 - 2040. • Determinar la distribución espacial de la especie Huallata (<i>Oressochen melanopterus</i>) bajo el escenario del cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno período 2020 - 2040. 	<p>GENERAL</p> <p>La predicción de la distribución espacial de la especie Huallata (<i>Oressochen melanopterus</i>) se verá una reducción de su distribución bajo los escenarios de cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno, durante el período 2020-2040.</p> <p>ESPECÍFICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • La tendencia del cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno, durante el período 2020-2040 presentarán cambios más drásticos en comparación con escenarios presentes. • La distribución de la especie Huallata (<i>Oressochen melanopterus</i>) se verá significativamente reducida su distribución bajo escenarios del cambio climático en el distrito de Ayaviri, Puno período 2020 - 2040. 	<p>Variable Independiente:</p> <p>Escenarios del cambio climático</p> <p>Variable Dependiente:</p> <p>Predicción de la distribución potencial de la especie Huallata (<i>Oressochen melanopterus</i>)</p>	<p>Temperaturas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Máximas (°C) • Mínimas (°C) • Mensual (°C) • Anual (°C) <p>Precipitación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mensual(mm) • Anual (mm) <p>Área</p> <ul style="list-style-type: none"> • km² 	<p>Softwares</p> <p>R-Studio (v4.3.1)</p> <p>Software QGIS (v3.26.17)</p> <p>WorldClim:</p> <p>Información climática desde el año 2020 al 2040</p>	<p>Información de Gbif</p> <p>Tipo de Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Descriptivo y predictivo. - Aplicada enfoque cuantitativo. <p>Diseño de Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> - No Experimental <p>Método</p> <ul style="list-style-type: none"> - Deductivo - Inductivo.

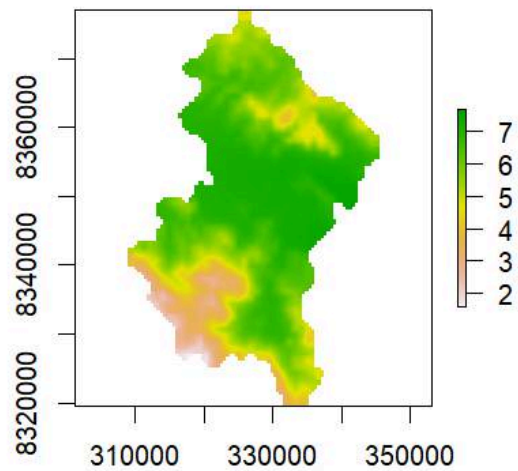
Anexo 02: Resamplado de los bioclimas a una resolución de 12.5.



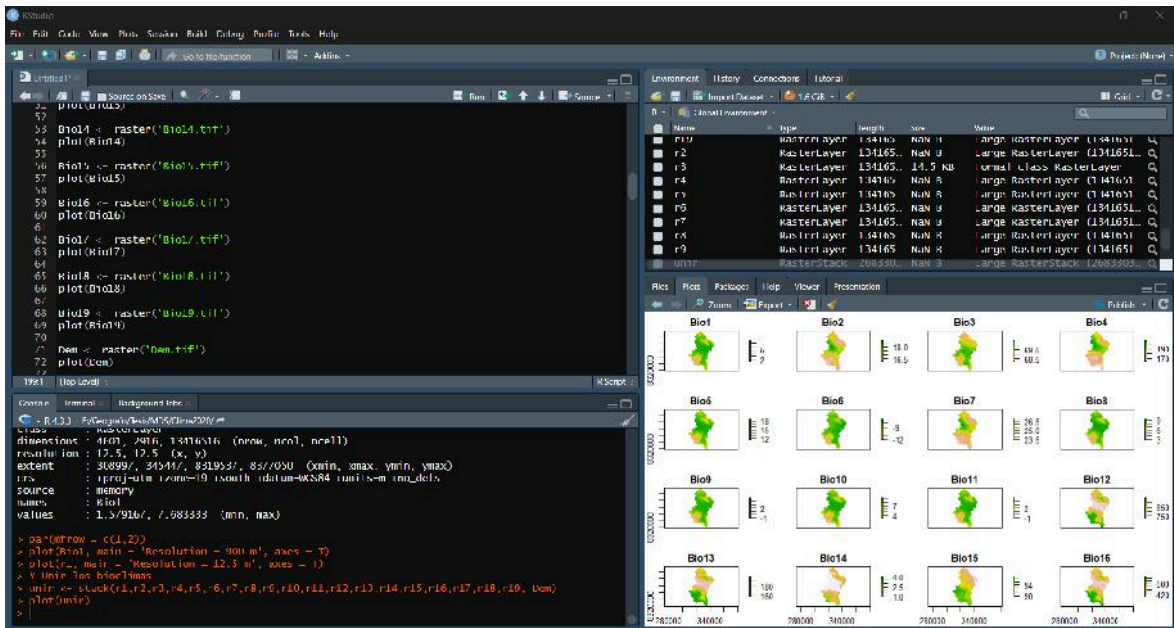
Resolution = 900 m



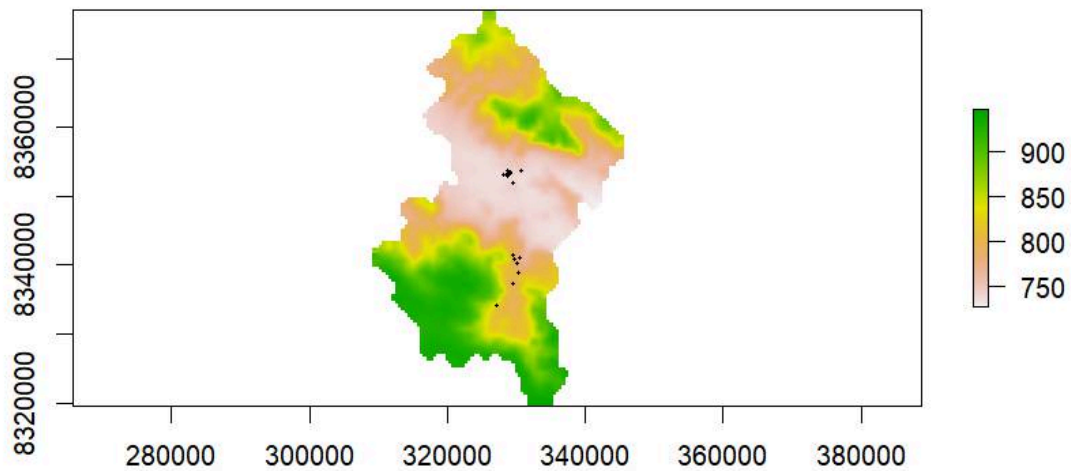
Resolution = 12.5 m



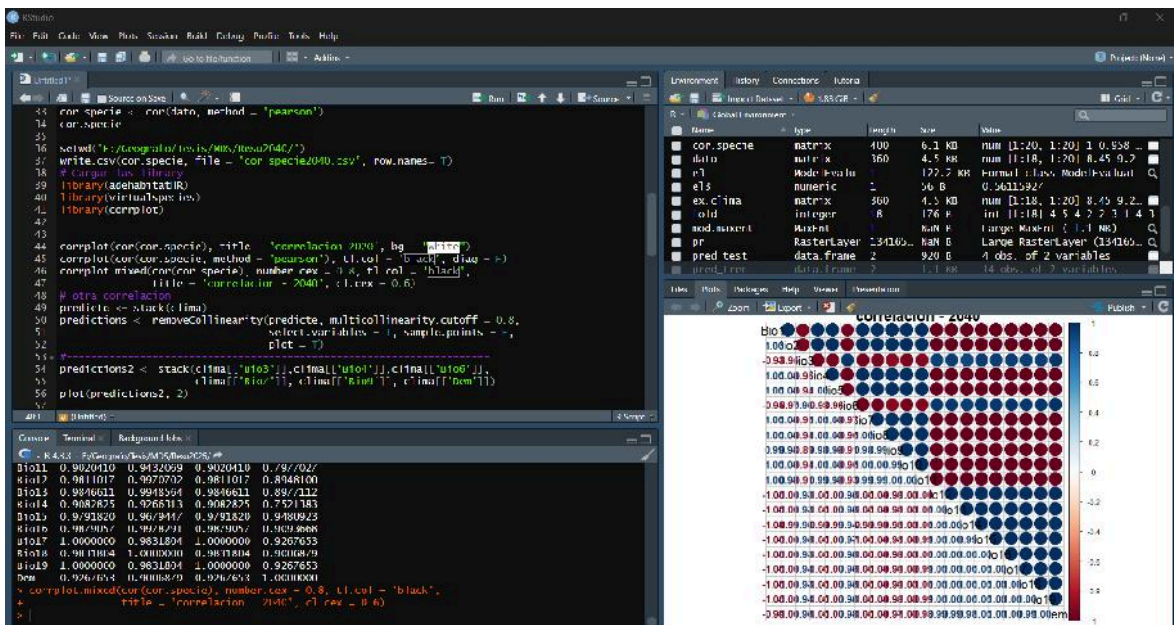
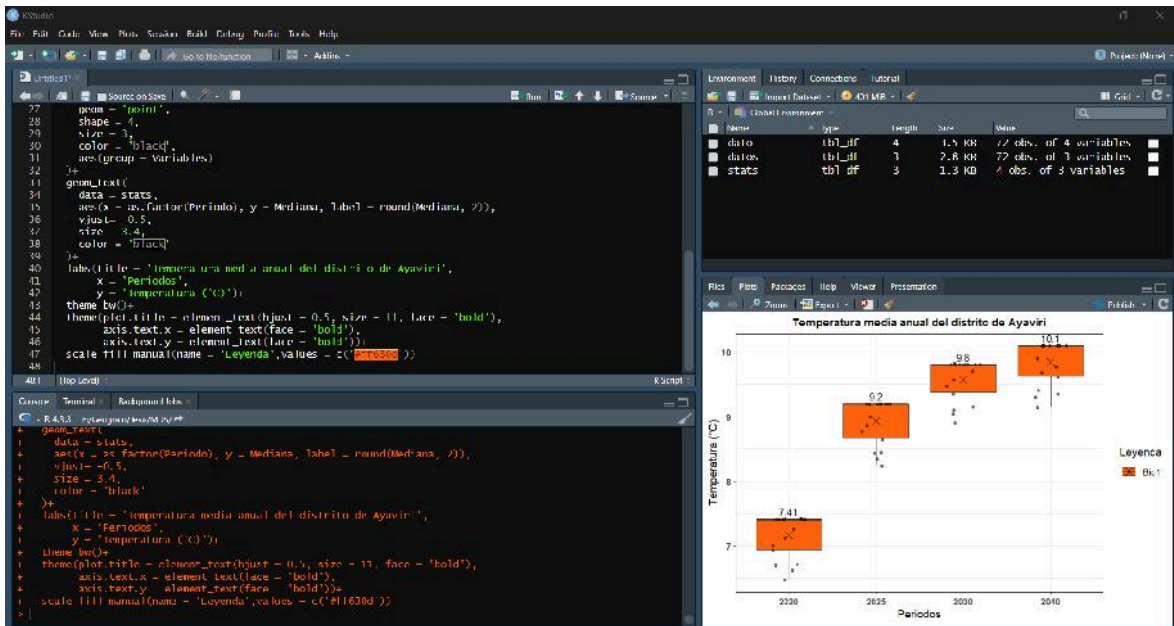
Anexo 03: Unión de los bioclimas y visualización de las especies.



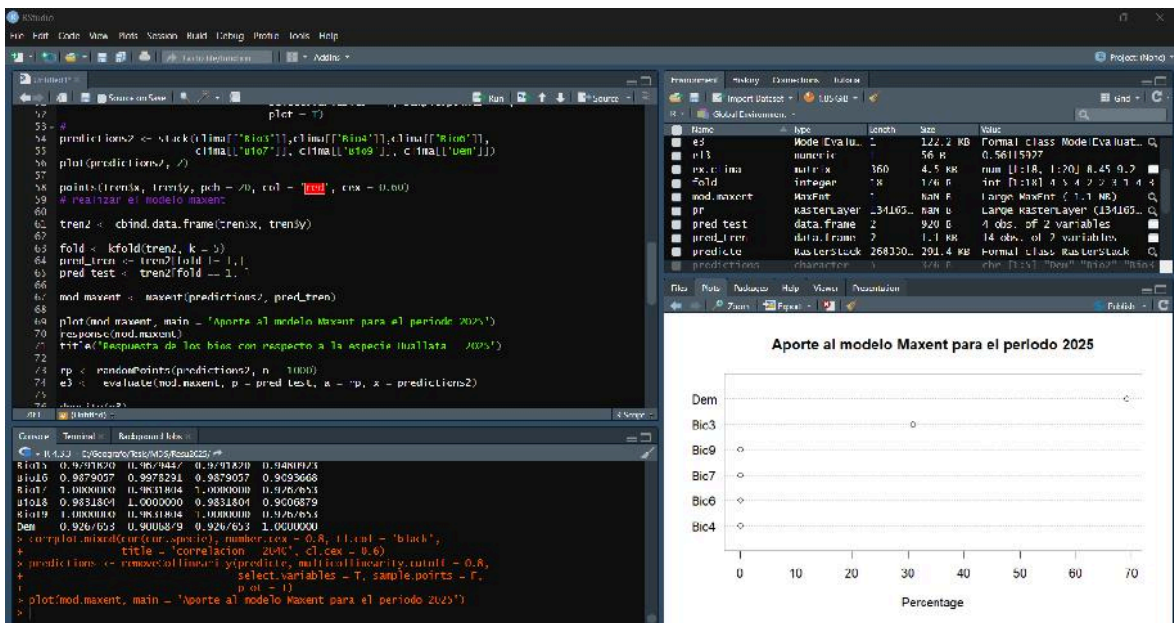
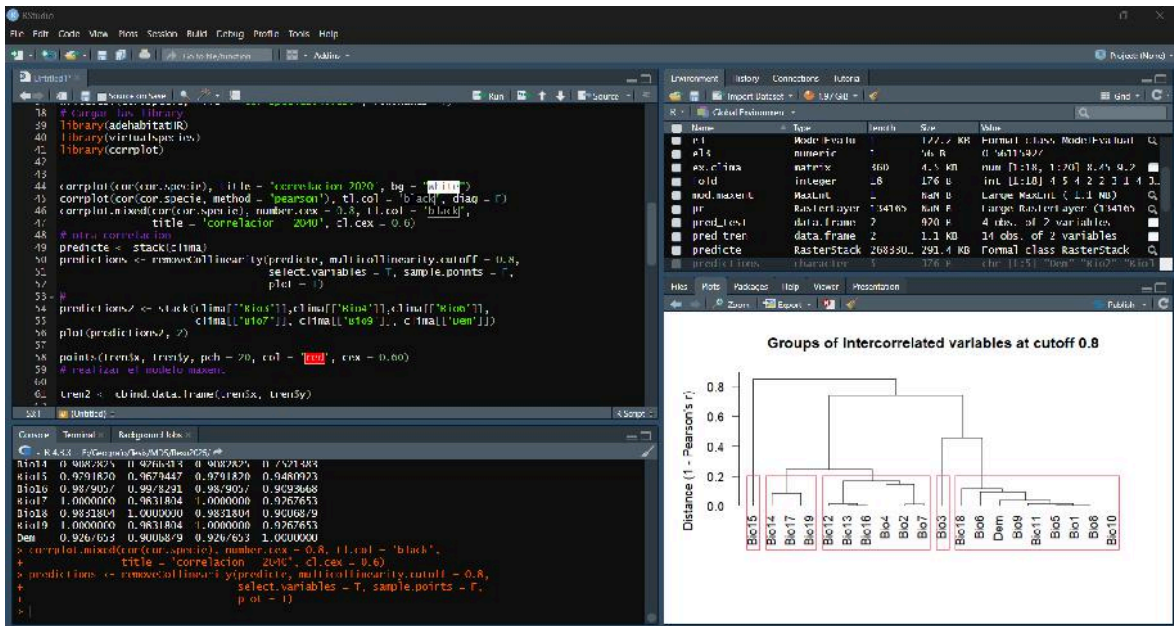
Bio12



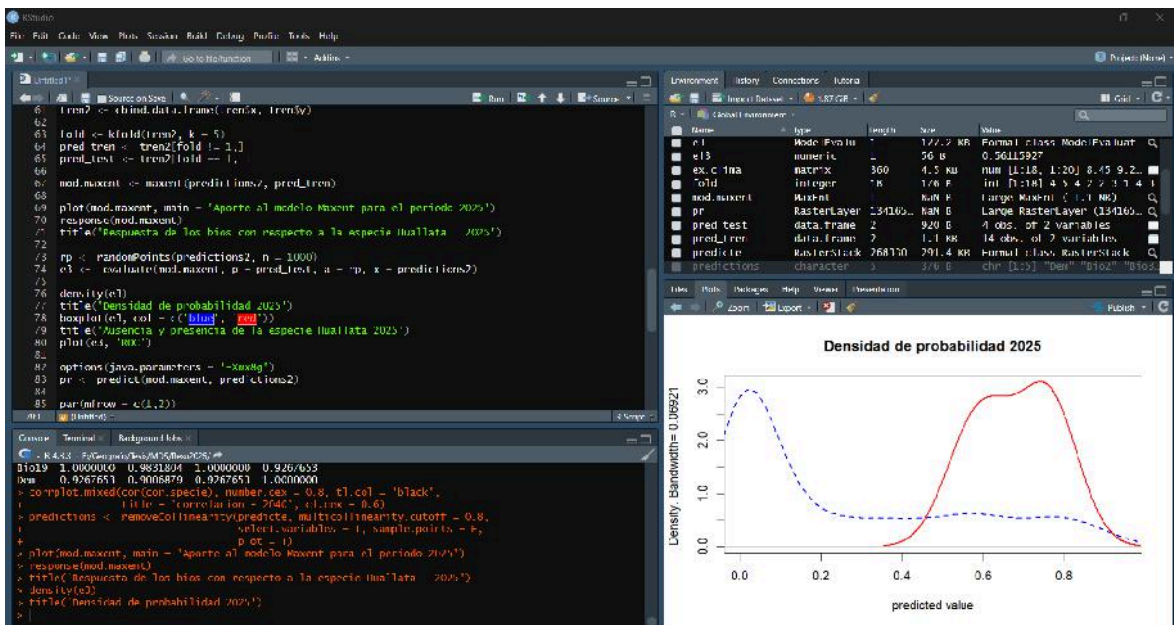
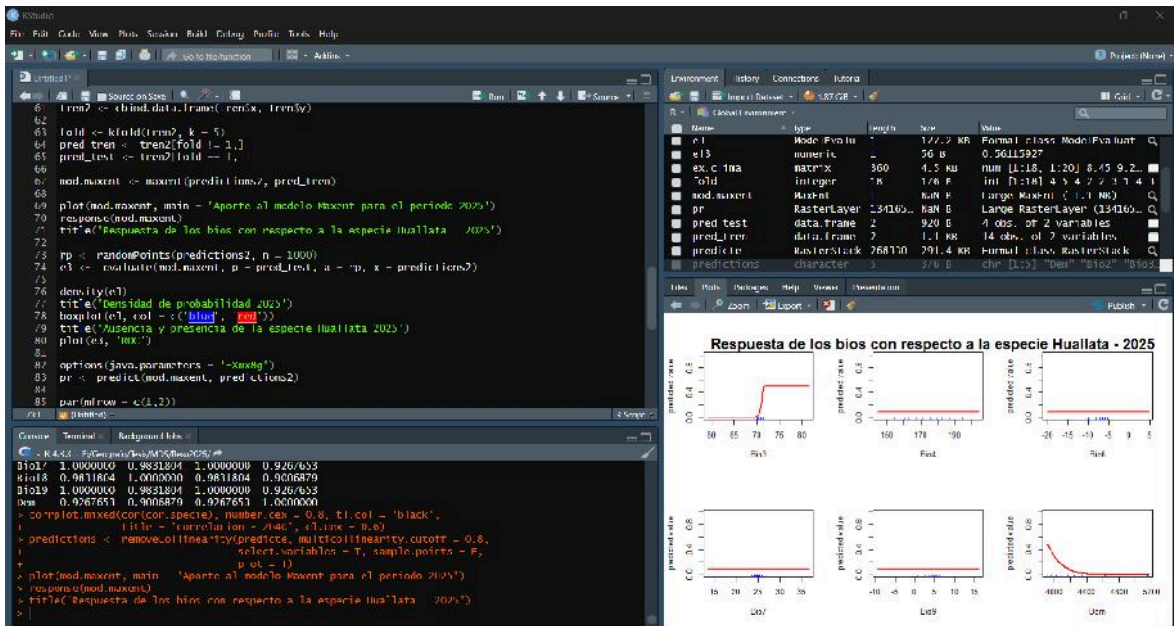
Anexo 04: Generación de gráficos en RStudio.



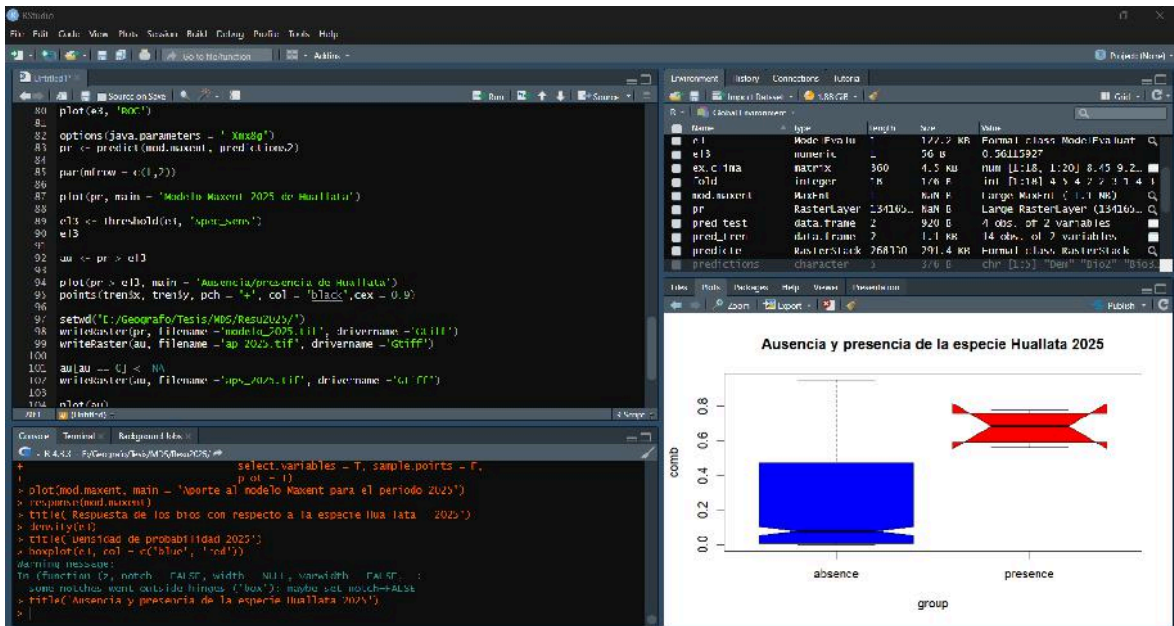
Anexo 05: Correlación de los bioclimas graficados en RStudio.



Anexo 06: Generación del modelo MaxEnt en RStudio.

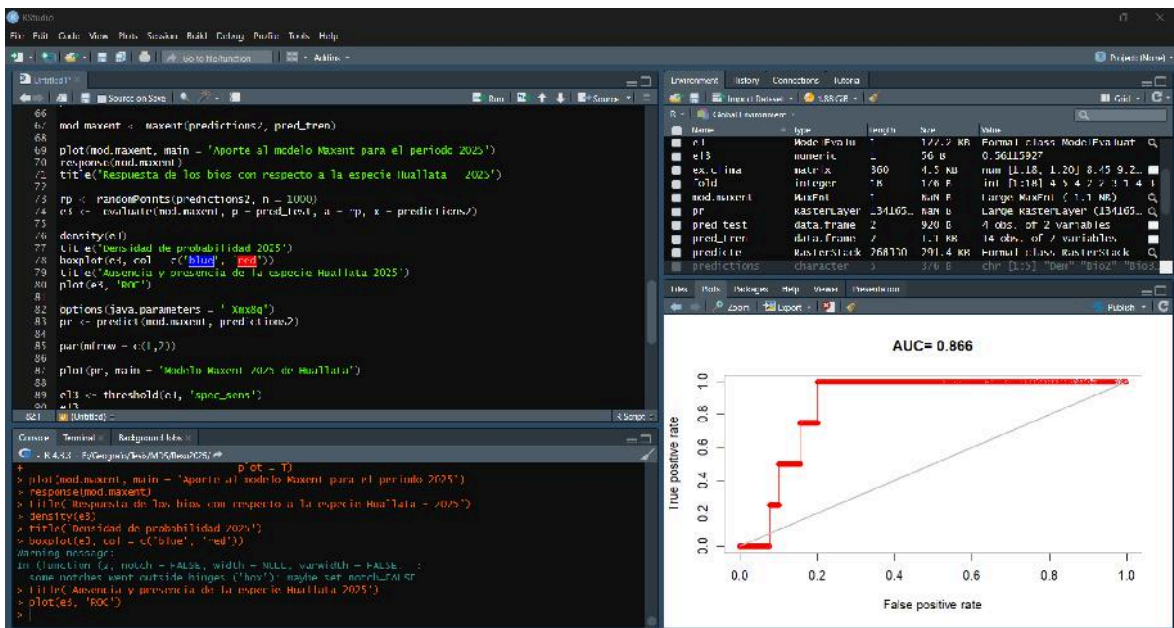


Anexo 07: Generación del modelo MaxEnt entropía en RStudio.



The screenshot shows the RStudio interface with the following components:

- Environment:** Lists variables such as `e1` (Mode Eya lu), `e13` (numerical), `ex.c.1na` (matrix), `Gold` (integer), `mod.maxent` (MaxEnt), `pr` (RasterLayer), `pred.test` (data.frame), `pred.trn` (data.frame), `predictr` (RasterStack), and `predictions` (character).
- Code Editor:** Contains R code for plotting the model results, including `plot(es, 'roc')`, `options(java.parameters = 'Xms8g')`, `pr <- predict(mod.maxent, pred.c1tres2)`, `par(mfrow = c(1,2))`, `plot(pr, main = 'Modelo Maxent 2025 de Huallata')`, `e13 <- threshold(e1, 'spec_sens')`, `uu <- pr > e13`, `plot(uu, main = 'Ausencia/presencia de Huallata 2025')`, `points(trenix, trenly, pch = '+', col = 'black', cex = 0.9)`, `setwd('C:/Geografo/Tesis/MS/Resu2025/')`, `writeRaster(pr, filename = 'modelo_2025.tif', drivename = 'G:\')`, `writeRaster(uu, filename = 'sp_2025.tif', drivename = 'G:\')`, and `plot(uu)`.
- Terminal:** Shows the execution of `select.variables = T, sample.points = F, p.ok = 1` and other commands related to the MaxEnt model.
- Plot:** A box plot titled "Ausencia y presencia de la especie Huallata 2025" comparing the distribution of the variable `comb` for 'absence' and 'presence' groups. The 'absence' group is shown in blue, and the 'presence' group is shown in red.



The screenshot shows the RStudio interface with the following components:

- Environment:** Lists variables such as `e1` (Mode Eya lu), `e13` (numerical), `ex.c.1na` (matrix), `Gold` (integer), `mod.maxent` (MaxEnt), `pr` (RasterLayer), `pred.test` (data.frame), `pred.trn` (data.frame), `predictr` (RasterStack), and `predictions` (character).
- Code Editor:** Contains R code for model evaluation, including `mod.maxent <- maxent(predictions2, pred.trn)`, `plot(mod.maxent, main = 'Aporte al modelo Maxent para el periodo 2025')`, `response(mod.maxent)`, `title('Respuesta de los bios con respecto a la especie Huallata 2025')`, `density(e1)`, `rp <- randomPoints(predictions2, n = 1000)`, `es <- evaluate(mod.maxent, p = pred.trn, a = rp, x = predictions2)`, `density(e1)`, `title('Densidad de probabilidad 2025')`, `boxplot(es, col = c('blue', 'red'))`, `title('Ausencia y presencia de la especie Huallata 2025')`, `plot(es, 'roc')`, `options(java.parameters = 'Xms8g')`, `pr <- predict(mod.maxent, pred.c1tres2)`, `par(mfrow = c(1,2))`, `plot(pr, main = 'Modelo Maxent 2025 de Huallata')`, `e13 <- threshold(e1, 'spec_sens')`, and `plot(uu)`.
- Terminal:** Shows the execution of `plot = T` and other commands.
- Plot:** An ROC curve titled "AUC= 0.866" showing the True Positive Rate (Y-axis) versus the False Positive Rate (X-axis). The curve is significantly above the diagonal line, indicating good model performance.

Anexo 09: Datos de bioclimas durante el periodo 2020 al 2040.

Bio1	Bio2	Bio3	Bio4	Bio5	Bio6	Bio7	Bio8	Bio9	Bio10	Bio11	Bio12	Bio13	Bio14	Bio15	Bio16	Bio17	Bio18	Bio19	Dem	
6.700029	17.32468	70.21036	177.0916	17.17373	-7.501583	24.67531	8.109176	4.074611	8.219142	4.074611	795.5342	175.0529	1.733655	94.29449	456.6859	11.46731	346.382	11.46731	4047	
7.410838	18.40028	69.95708	200.2503	18.3601	-7.942811	26.30291	9.107136	4.47122	9.173801	4.47122	737.6662	161.8742	1	92.85468	416.8451	8	350.0471	8	3946	
7.410909	18.40228	69.95483	200.2698	18.36182	-7.944182	26.306	9.107364	4.470933	9.17403	4.470933	737.6594	161.8742	1	92.85219	416.8142	8	350.0506	8	3949	
7.417595	18.32752	69.92313	200.175	18.34772	-7.863282	26.211	9.052243	4.483333	9.178905	4.483333	741.0165	162.7541	1	92.74725	417.5425	8	351.2314	8	3943	
6.925484	17.38971	70.15144	177.2972	17.43223	-7.536564	24.78879	8.260462	4.296974	8.445072	4.296974	784.465	172.8846	1.140899	94.16341	449.1844	10.2818	347.2607	10.2818	4025	
7.414566	18.35651	69.96681	200.0948	18.3771	-7.885221	26.26232	9.075955	4.483333	9.171593	4.483333	741.619	162.9047	1	92.7567	417.8381	8	351.6758	8	3957	
7.409594	18.36005	69.96681	199.6753	18.32546	-7.904418	26.22988	9.100737	4.482023	9.167402	4.482023	738.7289	162.176	1	92.921	417.8772	8	350.3865	8	3946	
7.41851	18.31388	69.93949	200.1718	18.33167	-7.853683	26.18535	9.056246	4.483333	9.182105	4.483333	740.3594	162.5899	1	92.76506	417.3469	8	350.9065	8	3942	
7.4108	18.34318	70.00117	199.6721	18.31478	-7.889334	26.20411	9.099732	4.483333	9.170221	4.483333	738.6618	162.1655	1	92.92075	417.8043	8	350.3132	8	3939	
6.61942	17.31766	70.06896	176.8376	17.10065	-7.614639	24.71529	8.061059	3.996273	8.127446	3.996273	799.9844	175.9671	2	94.55469	460.6686	11.41517	299.1948	11.41517	4066	
6.467281	17.18212	70.04774	175.923	16.89386	-7.635238	24.5291	7.75778	3.865657	9.67818	3.865657	825.4121	181.7696	2	94.41605	476.3096	12	383.1228	12	4054	
7.421081	18.3022	69.9337	200.317	18.32948	-7.841342	26.17082	9.028928	4.483334	9.186219	4.483334	740.8523	162.7131	1	92.71494	417.2451	8	351.0079	8	3939	
7.255384	18.17671	69.9057	198.6221	18.10192	-7.899827	26.00175	8.918096	4.334383	9.001137	4.334383	743.958	163.9807	1	93.06498	421.9738	8.982502	352.979	8.982502	3947	
7.006199	17.4189	69.98509	177.5999	17.57361	-7.315849	24.88946	8.259499	4.378797	8.527081	4.378797	791.3874	175.2641	2	94.11391	454.852	11.05279	236.4429	11.05279	4010	
7.423082	18.12924	69.8477	197.9652	18.2909	-7.664457	25.95536	8.958847	4.511705	9.168489	4.511705	740.9976	162.4355	1	92.66047	417.1514	8	350.2067	8	3947	
7.120211	17.49646	70.28999	179.2568	17.66187	-7.229944	24.89181	8.415041	4.467606	8.649514	4.467606	767.8972	169.4099	1.02851	93.87263	438.3502	10.05521	245.1953	10.05521	4063	
6.71397	17.30209	70.04895	175.8984	17.20289	-7.497107	24.7	7.952411	4.108124	8.222672	4.108124	804.6925	177.2622	2	94.37969	462.2798	11.41828	376.5994	11.41828	4024	
7.412056	18.34472	69.97135	199.7971	18.33092	-7.866592	26.211751	9.094095	4.483333	9.171136	4.483333	739.4285	162.3571	1	92.87531	417.7797	8	350.6664	8	3943	
7.164267	17.9382	70.07005	190.9397	17.91726	-7.707004	25.62427	8.689711	4.353239	8.827988	4.353239	761.6845	167.5242	1.272392	93.3849	433.0305	9.259614	338.5372	9.259614	3982.611	
7.16426796	17.93820487	70.070253	190.9397414	17.91726208	-7.707004097	25.62426599	8.689711442	4.353239112	8.827988015	4.353239112	761.6844652	167.524192	1.272392425	93.38489944	433.0304955	9.259613938	338.5371662	9.259613938	3982.611111	
																				Promedio

Bio1	Bio2	Bio3	Bio4	Bio5	Bio6	Bio7	Bio8	Bio9	Bio10	Bio11	Bio12	Bio13	Bio14	Bio15	Bio16	Bio17	Bio18	Bio19	Dem	
8.447095	17.57178	71.21498	166.0084	18.87373	-5.801583	24.67531	9.648155	5.447095	9.947095	6.025051	803.0721	174.0529	1.733655	94.8344	462.2239	11.46731	380.1463	11.46731	4047	
9.2	18.64281	71.02261	188.1967	20.0601	-6.142811	26.20291	10.7	5.8	10.84281	6.4	747.6662	161.8742	1	93.39274	422.8451	8	356.0471	8	3946	
9.2	18.64418	71.02054	188.2173	20.06182	-6.144182	26.20601	10.7	5.8	10.84418	6.4	747.6594	161.8742	1	93.39032	422.8142	8	356.0506	8	3949	
9.2	18.56328	70.96783	188.1089	20.04772	-6.063282	26.111	10.67231	5.68	10.83672	6.4	751.0165	162.7541	1	93.27573	423.5425	8	357.2314	8	3943	
8.646319	17.65753	71.15443	166.2462	19.13223	-5.656564	24.78879	9.883987	5.646319	10.14632	6.229346	791.3721	171.8846	1.140899	94.66798	454.0916	10.2818	374.2709	10.2818	4027	
9.2	18.58522	70.93102	188.0372	20.0771	-6.08522	26.16232	10.68663	5.8	10.81478	6.4	751.619	162.9047	1	93.2895	423.8381	8	357.6758	8	3955	
9.2	18.60442	71.05348	187.6	20.02547	-6.104417	26.12988	10.7	5.8	10.80442	6.4	748.7289	162.176	1	93.45004	423.8772	8	356.3865	8	3946	
9.2	18.55368	70.99036	188.1078	20.03167	-6.053683	26.08535	10.67268	5.8	10.84632	6.4	750.3594	162.5899	1	93.2894	423.3469	8	356.9065	8	3942	
9.2	18.58933	71.05978	187.5989	20.01478	-6.089334	26.10411	10.69824	5.8	10.81067	6.4	748.6618	162.1655	1	93.44558	423.8043	8	356.3132	8	3939	
8.342165	17.5568	71.07703	165.7144	18.80065	-5.914639	24.71529	9.542165	5.342165	9.837845	5.942165	809.2068	175.5784	2	95.20569	467.2798	11.41517	383.0038	11.41517	4066	
8.235579	17.4291	71.0703	165.4376	18.59386	-5.935238	24.5291	9.53558	5.199914	9.635579	5.799914	831.8293	180.7696	2	94.90809	479.3096	12	388.54	12	4054	
9.2	18.54134	70.98238	188.2471	20.02948	-6.041342	26.07082	10.65817	5.8	10.85866	6.4	750.5523	162.7131	1	93.24007	423.2451	8	357.0079	8	3939	
9.001925	18.40175	71.00158	186.6078	19.80192	-6.099827	25.90175	10.4021	5.603499	10.70035	6.300175	753.958	163.9807	1	93.60105	427.9738	8.982502	358.979	8.982502	3947	
8.773373	17.68946	71.00547	166.5244	19.27361	-5.615849	24.88946	9.973607	5.78625	10.17889	6.278824	799.3824	174.2641	2	94.62062	458.8495	11.05279	375.6337	11.05279	4010	
9.190901	18.35536	70.86906	185.9593	19.9909	-5.864458	25.85536	10.62804	5.890901	10.83001	6.43001	790.9976	162.4355	1	93.19141	423.1514	8	356.2067	8	3947	
8.864535	17.78545	71.27207	168.3069	19.36187	-5.529944	24.89181	10.06454	5.858355	10.36454	6.367386	774.0196	168.4117	1.02851	94.35758	442.4708	10.05521	365.9955	10.05521	4063	
8.4395	17.56339	71.03201	164.7931	18.90289	-5.797107	24.7	9.602893	5.415606	9.902893	6.026787	812.1108	176.2622	2	94.87395	466.6459	11.41828	382.5994	11.41828	4024	
9.2	18.58659	71.02474	187.7292	20.03092	-6.086592	26.11752	10.69521	5.8	10.81341	6.4	749.4285	162.3571	1	93.40176	423.7797	8	356.6664	8	3943	
8.930077	18.18453	71.04315	179.3023	19.61726	-5.945893	25.56316	10.30357	5.687916	10.50086	6.277762	770.6634	167.1694	1.272392	93.91311	438.505	9.259614	365.3145	9.259614	3982.611	
8.930077	18.18453	71.04315	179.3023	19.61726	-5.945893	25.56316	10.30357	5.687916	10.50086	6.277762	770.6634	167.1694	1.272392	93.91311	438.505	9.259614	365.3145	9.259614	3982.611	
																				Promedio

Bio1	Bio2	Bio3	Bio4	Bio5	Bio6	Bio7	Bio8	Bio9	Bio10	Bio11	Bio12	Bio13	Bio14	Bio15	Bio16	Bio17	Bio18	Bio19	Dem
9.147095	17.64515	163.6853	19.67373	24.87531	10.27267	6.747095	183.7865	1.733655	95.59502	477.6966	10.46731	348.738	10.46731	4047					
9.8	18.67305	70.52261	185.9967	20.8601	-5.642811	26.50291	11.2	6.5	11.5	7.157189	762.6662	170.8742	1	93.69274	436.3204	8	360.0471	8	3946
9.8	18.67579	70.52054	186.0173	20.86182	-5.644182	26.506	11.2	6.5	11.5	7.155818	762.6594	170.8742	1	93.69032	436.3066	8	360.0506	8	3949
9.8	18.6387	70.46783	185.9089	20.84772	-5.563282	26.411	11.2	6.5	11.5	7.2	766.0165	171.7541	1	93.58476	438.5083	8	361.2314	8	3943
9.346319	17.67162	70.75444	163.8916	19.93223	-5.056564	24.98879	10.49456	6.34632	10.3223	6.94632	805.8897	182.0255	1.140899	95.42902	470.5611	9.281797	310.3822	9.281797	4027
9.8	18.6757	70.43102	185.8371	20.8771	-5.58522	26.46232	11.2	6.5	11.5	7.2	766.619	171.9047	1	93.5909	438.8095	8	361.6758	8	3955
9.8	18.62644	70.53484	185.4	20.82546	-5.604417	26.42988	11.2	6.5	11.5	7.195582	763.7289	171.176	1	93.75005	437.3079	8	360.3865	8	3946
9.8	18.61267	70.49036	185.9078	20.83167	-5.53683	26.38535	11.2	6.5	11.5	7.2	765.3594	171.5899	1	93.60839	438.1797	8	360.9065	8	3942
9.8	18.60588	70.55978	185.3989	20.81478	-5.589334	26.40411	11.2	6.5	11.5	7.2	763.6618	171.1655	1	93.75448	437.3309	8	360.3132	8	3939
9.042165	17.65248	70.67703	163.2283	19.60065	-5.314639	24.91529	10.20497	6.104968	10.50065	6.642165	823.5956	185.9671	2	95.71967	481.6686	10.41517	300.8274	10.41517	4066
8.999914	17.49343	70.71202	162.3733	19.39386	-5.352338	24.7291	10.13358	5.977299	10.33558	6.499914	848.4121	191.7696	2	95.70406	499.3096	11	393.1228	11	4054
8.8	18.61265	70.48238	186.0471	20.82948	-5.541342	26.37082	11.2	6.5	11.5	7.2	765.8523	171.7131	1	93.5569	438.4261	8	361.0079	8	3939
9.700175	18.50158	70.50158	184.308	20.60192	-5.599827	26.20175	11.00192	6.3035	11.30192	7.001925	768.958	172.9807	1	93.90123	440.9772	8.982502	362.979	8.982502	3947
9.473372	17.69472	70.60547	164.3171	20.07361	-5.015849	25.08946	10.57337	6.478639	10.87887	7.078639	813.3851	184.2641	2	95.31511	476.8496	10.05279	235.4442	10.05279	4010
9.830009	18.45536	70.45695	183.7593	20.7909	-5.364458	26.45536	11.19287	6.53001	11.53001	7.1909	765.6619	171.4355	1	93.59141	438.7799	8	359.8709	8	3947
9.564536	17.7883	70.88443	165.8598	20.16187	-4.929944	25.09181	10.76187	6.564717	11.06187	7.164535	788.1081	178.4384	1.02851	95.14182	459.3502	9.055205	244.1373	9.055205	4063
9.102893	17.6	70.69019	162.4983	19.70289	-5.197107	24.9	10.2395	6.202893	10.60289	6.797672	826.2901	186.4416	2	95.61345	484.4592	10.41828	275.8795	10.41828	4024
9.8	18.6223	70.52474	185.5292	20.83092	-5.586592	26.41751	11.2	6.5	11.5	7.2	764.4285	171.3571	1	93.71038	437.7142	8	360.6664	8	3943
9.572582	18.23588	70.59166	176.998	20.41726	-5.407004	25.82427	10.87096	6.397524	11.17321	7.043208	785.5061	176.6954	1.272392	94.38387	453.8086	8.870725	337.6481	8.870725	3982.611
9.572582	18.23588	70.59166	176.998	20.41726	-5.407004	25.82427	10.87096	6.397524	11.17321	7.043208	785.5061	176.6954	1.272392	94.38387	453.8086	8.870725	337.6481	8.870725	3982.611

Bio1	Bio2	Bio3	Bio4	Bio5	Bio6	Bio7	Bio8	Bio9	Bio10	Bio11	Bio12	Bio13	Bio14	Bio15	Bio16	Bio17	Bio18	Bio19	Dem
9.351686	17.64868	70.91499	163.8084	19.97373	-4.901583	24.87531	10.67267	6.348155	10.77373	6.951686	828.0474	183.7865	1.733655	95.03192	477.6966	11.46731	385.2393	11.46731	4047
10.1	18.6601	70.4399	186.8539	21.1601	-5.342811	26.50291	11.6	6.7	11.74281	7.370133	771.1415	170.0471	1	93.62732	436.7956	8	366.2201	8	3946
10.1	18.66182	70.43818	186.8732	21.16182	-5.344182	26.506	11.6	6.7	11.74418	7.369781	771.1519	170.0506	1	93.6256	436.7991	8	366.227	8	3949
10.1	18.611	70.44325	186.7999	21.14772	-5.263281	26.411	11.6	6.7	11.73672	7.4	775.6151	171.5083	1	93.63559	440.1068	8	367.9855	8	3943
9.615256	17.70288	70.85444	164.0462	20.23223	-4.756564	24.98879	10.89456	6.583988	11.03223	7.215256	816.4362	181.0255	1.140899	94.87437	470.5611	10.2818	340.808	10.2818	4027
10.1	18.66232	70.42149	186.7357	21.1771	-5.285221	26.46232	11.6	6.7	11.71478	7.4	776.4425	171.8095	1	93.67184	440.633	8	368.5805	8	3955
10.1	18.62547	70.47453	186.2955	21.12547	-5.304418	26.42988	11.6	6.7	11.70442	7.396555	772.1595	170.3865	1	93.69214	437.7386	8	366.597	8	3946
10.1	18.58535	70.44934	186.7888	21.13167	-5.253683	26.38535	11.6	6.7	11.74632	7.4	774.7291	171.1797	1	93.62636	439.5494	8	367.4964	8	3942
10.1	18.60411	70.47632	186.29	21.11478	-5.289334	26.40411	11.6	6.7	11.71067	7.4	772.0817	170.3309	1	93.68757	438.2798	8	366.4787	8	3939
9.300648	17.65681	70.77703	163.8216	19.90065	-5.014639	24.91529	10.60233	6.304968	10.70065	6.843844	833.6388	184.9671	2	95.34457	482.2798	11.41517	309.9745	11.41517	4066
9.135579	17.49343	70.7703	162.6607	19.69386	-5.035238	24.7291	10.53558	6.177299	10.53558	6.777299	857.8293	190.1868	2	95.14578	498.7268	12	479.5689	12	4054
9.901924	18.40333	70.40158	185.2079	20.90192	-5.299828	26.20175	11.30367	6.5035	11.60035	7.201925	778.9562	172.979	1	93.90263	442.9755	8.982502	369.9772	8.982502	3947
9.678872	17.69496	70.70547	164.4174	20.37361	-4.715849	25.08946	10.97337	6.678872	11.07887	7.278872	823.3851	183.2641	2	94.82037	476.8496	11.05279	384.6362	11.05279	4010
10.09287	18.3925	70.36053	184.5628	21.0909	-5.064457	26.15536	11.52644	6.790901	11.73001	7.43001	775.0333	170.4711	1	93.4614	439.8156	8	366.2424	8	3947
9.764717	17.7883	70.97825	166.1078	20.46187	-4.629944	25.09181	11.16187	6.764717	11.26187	7.364535	799.0178	177.4384	1.02851	94.5574	459.352	10.05521	375.738	10.05521	4063
9.402893	17.6	70.79018	162.6751	20.00289	-4.897107	24.9	10.70289	6.402893	10.80289	7.002893	836.8718	185.4416	2	95.05527	484.4592	11.41828	362.2894	11.41828	4024
10.1	18.61752	70.46046	186.4206	21.13092	-5.286592	26.41751	11.6	6.7	11.71341	7.4	773.2289	170.7142	1	93.6818	438.5146	8	367.0235	8	3943
9.841358	18.22108	70.58944	177.6275	20.71726	-5.107004	25.82427	11.26519	6.603072	11.39379	7.255711	795.0674	175.9452	1.272392	94.16897	454.4792	9.259614	367.7113	9.259614	3982.611
9.841358	18.22108	70.58944	177.6275	20.71726	-5.107004	25.82427	11.26519	6.603072	11.39379	7.255711	795.0674	175.9452	1.272392	94.16897	454.4792	9.259614	367.7113	9.259614	3982.611

Anexo 10: Correlación de los datos climáticos durante el periodo 2020 al 2040.

	Bio1	Bio2	Bio3	Bio4	Bio5	Bio6	Bio7	Bio8	Bio9	Bio10	Bio11	Bio12	Bio13	Bio14	Bio15	Bio16	Bio17	Bio18	Bio19	Dem
Bio1	1	0.945576	-0.601512	0.926645	0.992238	-0.854239	0.941582	0.978265	0.957748	0.99469	0.957748	-0.981999	-0.976598	-0.89432	-0.961722	-0.983069	-0.97638	0.87014	-0.97767	-0.906654
Bio2	0.945576	1	-0.697867	0.993232	0.977325	-0.857773	0.999195	0.98721	0.816617	0.972295	0.816617	-0.964759	-0.962845	-0.841696	-0.976628	-0.967821	-0.977272	0.310925	-0.977272	0.852951
Bio3	-0.601512	-0.697867	1	-0.739673	-0.663878	0.729145	-0.726035	-0.639393	-0.437208	-0.649784	-0.437208	0.581917	0.587215	0.35463	0.715162	0.63983	-0.392219	0.63983	-0.392219	0.63983
Bio4	0.926645	0.993232	-0.739673	1	0.963623	-0.876352	0.99507	0.974346	0.77948	0.960267	0.77948	-0.951417	-0.957681	-0.830555	-0.982697	-0.957213	-0.968008	0.361213	-0.968008	-0.95932
Bio5	0.992238	0.977325	-0.663878	0.963623	1	-0.732662	0.975549	0.992399	-0.466006	0.999003	0.91677	-0.984887	-0.983036	-0.87681	-0.981333	-0.987457	-0.987888	0.171429	-0.987888	-0.939197
Bio6	-0.854239	-0.857773	0.729145	-0.876352	-0.732662	1	-0.864329	0.77519	0.916077	-0.71565	-0.466006	0.715793	0.588092	0.78238	0.78238	0.714834	0.756109	-0.600343	0.756109	0.824059
Bio7	0.941582	0.999195	-0.726035	0.99507	0.975549	-0.864329	1	0.983666	0.808561	0.969938	0.808561	-0.958934	-0.963543	-0.828144	-0.977811	-0.962784	-0.974171	0.320544	-0.974171	-0.960133
Bio8	0.978265	0.98721	-0.639393	0.974346	0.992399	-0.77519	0.983666	1	0.884628	0.991367	0.884628	-0.991612	-0.992044	-0.887143	-0.975507	-0.991834	-0.98845	0.200962	-0.98845	-0.932968
Bio9	0.957748	0.816617	-0.437208	0.77948	0.91677	-0.406006	0.808561	0.884628	1	0.923173	0.923173	-0.907139	-0.893331	-0.85301	-0.90471	-0.886711	-0.130467	-0.130467	-0.886711	-0.777754
Bio10	0.99469	0.972295	-0.649784	0.960267	0.999003	-0.71565	0.969938	0.991367	0.923173	1	0.923173	-0.987881	-0.893331	-0.85301	-0.90471	-0.886711	-0.130467	-0.130467	-0.886711	-0.777754
Bio11	0.957748	0.816617	-0.437208	0.77948	0.91677	-0.406006	0.808561	0.884628	1	0.923173	0.923173	-0.907139	-0.893331	-0.85301	-0.90471	-0.886711	-0.130467	-0.130467	-0.886711	-0.777754
Bio12	-0.981999	-0.964759	0.581917	-0.951417	-0.984887	0.715793	-0.958934	-0.991612	-0.907139	-0.987881	-0.907139	0.998827	1	0.918077	0.963542	0.998929	0.982487	-0.159969	0.982487	0.902131
Bio13	-0.976598	-0.962845	0.587215	-0.957681	-0.983036	0.734301	-0.963543	-0.992044	-0.893331	-0.985656	-0.893331	0.998827	0.918077	1	0.868756	0.919393	0.908282	-0.189035	0.908282	0.903988
Bio14	-0.89432	-0.841696	0.35463	-0.830555	-0.87681	0.588092	-0.828144	-0.887143	-0.85301	-0.889224	-0.85301	0.919027	0.918077	0.868756	1	0.868756	0.908282	-0.18837	0.908282	0.752138
Bio15	-0.961722	-0.976628	0.715162	-0.982697	-0.981333	0.78238	-0.977811	-0.975507	-0.85138	-0.981787	-0.85138	0.963542	0.967153	0.868756	0.868756	1	0.982142	-0.293762	0.982142	0.949033
Bio16	-0.983069	-0.967821	0.597892	-0.957213	-0.987457	0.721834	-0.962784	-0.991834	-0.90471	-0.909348	-0.90471	0.998929	0.998879	0.919393	0.972376	1	0.987435	-0.180105	0.987435	0.908907
Bio17	-0.97638	-0.977272	0.63983	-0.968008	-0.987888	0.756109	-0.974171	-0.98845	-0.886711	-0.98845	-0.886711	0.982487	0.986386	0.908282	0.982142	0.987435	1	-0.255302	1	0.926765
Bio18	0.087014	0.310925	-0.392219	0.361213	0.171429	-0.600343	0.320544	0.200962	-0.130467	0.166414	-0.130467	-0.159969	-0.189035	-0.18837	-0.293762	-0.180105	-0.255302	1	-0.255302	0.390453
Bio19	-0.97638	-0.977272	0.63983	-0.968008	-0.987888	0.756109	-0.974171	-0.98845	-0.886711	-0.98845	-0.886711	0.982487	0.986386	0.908282	0.982142	0.987435	1	-0.255302	1	0.926765
Dem	-0.906654	-0.952951	0.807799	-0.959932	-0.939197	0.824059	-0.960133	-0.932968	-0.777754	-0.93615	-0.777754	0.902131	0.903988	0.752138	0.949033	0.908907	0.926765	-0.390453	0.926765	1

	Bio1	Bio2	Bio3	Bio4	Bio5	Bio6	Bio7	Bio8	Bio9	Bio10	Bio11	Bio12	Bio13	Bio14	Bio15	Bio16	Bio17	Bio18	Bio19	Dem
Bio1	1	0.957575	-0.514249	0.932472	0.994198	-0.5733	0.950077	0.99032	0.903121	0.993701	0.959978	-0.979877	-0.976684	-0.885539	-0.967827	-0.984625	-0.977697	-0.988582	-0.977697	-0.912638
Bio2	0.957575	1	-0.569973	0.98997	0.98043	-0.783071	0.998539	0.98259	0.746684	0.972061	0.847946	-0.963282	-0.966563	-0.847733	-0.971046	-0.969648	-0.979388	-0.962551	-0.979388	-0.950658
Bio3	-0.514249	-0.569973	1	-0.623638	-0.564025	0.577022	-0.610256	-0.552689	-0.30184	-0.525255	-0.372887	0.448226	0.45385	0.232765	0.607769	0.484644	0.539285	0.466255	0.539285	0.710023
Bio4	0.932472	0.98997	-0.623638	1	0.962609	-0.814929	0.993434	0.967213	0.690318	0.955779	0.801132	-0.943792	-0.948539	-0.831065	-0.976855	-0.954453	-0.96736	-0.944713	-0.96736	-0.958065
Bio5	0.994198	0.98043	-0.564025	0.962609	1	-0.650926	0.976645	0.995529	0.855903	0.99668	0.930238	-0.983343	-0.982417	-0.87681	-0.979768	-0.989391	-0.987888	-0.988324	-0.987888	0.939197
Bio6	-0.5733	-0.783071	0.577022	-0.814929	-0.650926	1	-0.798832	-0.668763	-0.17851	-0.623728	-0.338249	0.617973	0.633878	0.473815	0.687558	0.629515	0.677874	0.60232	0.677874	0.758369
Bio7	0.950077	0.998539	-0.610256	0.993434	0.976645	-0.798832	1	0.978151	0.728754	0.966317	0.832868	-0.954119	-0.957887	-0.8289	-0.970981	-0.962179	-0.974675	-0.953636	-0.974675	-0.958874
Bio8	0.99032	0.98259	-0.552689	0.967213	0.995529	-0.668763	0.978151	1	0.842754	0.99009	0.914762	-0.974785	-0.974967	-0.797371	-0.983973	-0.982436	-0.989589	-0.983123	-0.989589	-0.938836
Bio9	0.903121	0.746684	-0.30184	0.690318	0.855903	-0.17851	0.728754	0.842754	1	0.865707	0.977949	-0.854163	-0.843512	-0.799831	-0.791042	-0.851226	-0.821224	-0.870028	-0.821224	-0.69012
Bio10	0.993701	0.972061	-0.525255	0.955779	0.99668	-0.623728	0.966317	0.99009	0.865707	1	0.940201	-0.992408	-0.990937	-0.901634	-0.977855	-0.99646	-0.987138	-0.995817	-0.987138	-0.926855
Bio11	0.959978	0.847946	-0.372887	0.801132	0.930238	-0.338249	0.832868	0.914762	0.977949	0.940201	1	-0.93406	-0.924494	-0.874861	-0.973303	-0.930974	-0.902041	-0.943207	-0.902041	-0.797703
Bio12	-0.979877	-0.963282	0.448226	-0.943792	-0.983343	0.617973	-0.954119	-0.974785	-0.854163	-0.92408	-0.93406	1	0.999004	0.927333	0.957333	0.998244	0.981102	0.99707	0.981102	0.89481
Bio13	-0.976684	-0.966563	0.45385	-0.948539	-0.982417	0.633878	-0.957887	-0.974967	-0.843512	-0.990937	-0.924494	0.999004	1	0.925076	0.959531	0.997986	0.984661	0.994856	0.984661	0.897711
Bio14	-0.885539	-0.847733	-0.232765	-0.831065	-0.87681	0.473815	-0.8289	-0.879371	-0.799831	-0.901634	-0.874861	-0.927333	0.925076	1	0.872673	0.923386	0.908282	0.926631	0.908282	0.752138
Bio15	-0.967827	-0.971046	0.607769	-0.976855	-0.979768	0.687558	-0.970981	-0.983973	-0.791042	-0.977855	-0.873303	0.957333	0.959531	0.925076	1	0.971862	0.979182	0.967945	0.979182	0.948092
Bio16	-0.984625	-0.969648	0.484644	-0.954453	-0.993991	0.629515	-0.962179	-0.982436	-0.851226	-0.99646	-0.930974	0.998244	0.997986	0.923386	0.971862	1	0.987906	0.997829	0.987906	0.909367
Bio17	-0.977697	-0.979388	0.539285	-0.96736	-0.987888	0.677874	-0.974675	-0.989589	-0.821224	-0.981138	-0.902041	0.981102	0.984661	0.908282	0.979182	0.987906	1	0.98318	1	0.926765
Bio18	-0.988582	-0.962551	0.466255	-0.944713	-0.988324	0.60232	-0.953636	-0.983123	-0.870028	-0.995817	-0.943207	0.99707	0.994856	0.926631	0.967945	0.997829	0.98318	1	0.98318	0.900688
Bio19	-0.97638	-0.979388	0.539285	-0.96736	-0.987888	0.677874	-0.974675	-0.989589	-0.821224	-0.981138	-0.902041	0.981102	0.984661	0.908282	0.979182	0.987906	1	0.98318	1	0.926765
Dem	-0.912638	-0.950658	0.710023	-0.958065	-0.939197	0.758369	-0.958874	-0.938836	-0.69012	-0.926855	-0.797703	0.89481	0.897711	0.752138	0.948092	0.909367	0.926765	0.900688	0.926765	1

	Bio1	Bio2	Bio3	Bio4	Bio5	Bio6	Bio7	Bio8	Bio9	Bio10	Bio11	Bio12	Bio13	Bio14	Bio15	Bio16	Bio17	Bio18	Bio19	Dem
Bio1	1	0.925889	-0.732271	0.914524	0.985072	-0.615013	0.926526	0.987168	0.912546	0.991463	0.961057	-0.980238	-0.975148	-0.892415	-0.943144	-0.973716	-0.967072	-0.967072	-0.967072	-0.892543
Bio2	0.925889	1	-0.846123	0.996391	0.974399	-0.863608	0.998917	0.966708	0.716849	0.959831	0.809326	-0.953749	-0.989374	-0.839424	-0.989631	-0.967532	-0.940953	0.593433	-0.940953	-0.951406
Bio3	-0.732271	-0.846123	1	-0.860955	-0.805971	0.808784	-0.856752	-0.777934	-0.499354	-0.772795	-0.595591	0.718032	0.741066	0.521766	0.857168	0.743605	0.721563	-0.557836	0.721563	0.899063
Bio4	0.914524	0.996391	-0.860955	1	0.965388	0.808784	-0.856752	-0.777934	-0.499354	0.951203	0.875545	-0.94183	-0.955197	-0.832107	-0.992087	-0.928087	-0.928087	0.63361	-0.928087	-0.959963
Bio5	0.985072	0.974399	-0.805971	0.965388	1	-0.732662	0.975549	0.960083	0.650725	0.951203	0.875545	-0.94183	-0.955197	-0.832107	-0.992087	-0.928087	-0.928087	0.63361	-0.928087	-0.959963
Bio6	-0.615013	-0.860955	0.808784	-0.856752	-0.732662	1	-0.864329	-0.714008	-0.285127	-0.691668	-0.414631	0.69111	0.721116	0.558092	0.817308	0.72801	0.673412	-0.808139	0.673412	0.824059
Bio7	0.926526	0.998917	-0.856752	0.995469	0.975549	-0.864329	1	0.96678	0.720686	0.96007	0.811676	-0.948948	-0.961086	-0.828144	-0.988761	-0.962674	-0.93922	0.587136	-0.93922	-0.960133
Bio8	0.987168	0.966708	-0.777934	0.960083	0.996285	-0.714008	0.96678	1	0.858695	0.997394	0.920229	-0.982311	-0.984311	-0.896983	-0.978548	-0.980926	0.448902	0.448902	-0.980926	-0.922497
Bio9	0.912546	0.716849	-0.499354	0.687525	0.850677	-0.285127	0.858695	0.858695	1	0.874276	0.983936	-0.84879	-0.831352	-0.781413	-0.746671	-0.823376	-0.866889	-0.866889	-0.866889	-0.680229
Bio10	0.991463	0.959831	-0.772795	0.951203	0.996966	-0.691668	0.96007	0.997394	0.874276	1	0.934192	-0.987098	-0.988453	-0.898142	-0.972408	-0.986544	-0.984296	0.412557	-0.984296	-0.922373
Bio11	0.961057	0.809326	-0.595591	0.875545	0.917216	-0.414631	0.811676	0.920229	0.983936	0.934192	1	-0.913535	-0.900542	-0.835218	-0.83405	-0.995026	-0.91913	0.099126	-0.91913	-0.872407
Bio12	-0.980238	-0.953749	0.718032	0.741066	-0.94183	-0.955197	-0.948948	-0.982311	-0.84879	-0.987098	-0.913535	1	0.99851	0.900542	0.925749	0.995026	0.91913	0.099126	-0.91913	-0.872407
Bio13	-0.975148	-0.965374	0.741066	-0.955197	-0.985473	0.721116	-0.961086	-0.984311	-0.831352	-0.988453	-0.900542	0.99851	1	0.919528	0.966163	0.99962	0.979035	-0.44466	0.979035	0.905843
Bio14	-0.892415	-0.839424	0.521766	-0.832107	-0.87681	0.558092	-0.828144	-0.896983	-0.781413	-0.89812	-0.835218	-0.835218	0.919528	1	0.852934	0.966163	0.99962	0.979035	-0.44466	0.905843
Bio15	-0.943144	-0.989631	0.857168	-0.992087	-0.980888	0.817308	-0.88761	-0.978548	-0.746671	-0.972408	-0.83405	0.95312	0.966163	0.852934	1	0.967292	0.949282	-0.585946	0.949282	0.95904
Bio16	-0.973716	-0.967532	0.743605	-0.957747	-0.984609	0.72801	-0.962674	-0.983367	-0.823376	-0.986544	-0.895026	0.998408	0.99962	0.919221	0.967292	1	0.975194	-0.452775	0.975194	0.906017
Bio17	-0.967072	-0.940953	0.721563	-0.928087	-0.97673	0.673412	-0.93922	-0.980926	-0.866889	-0.984296	-0.91913	-0.9838275	-0.9842173	-0.8768093	0.927072	0.949282	0.975194	1	-0.427659	0.882245
Bio18	0.326169	0.593433	-0.557836	0.63361	0.441391	-0.808139	0.587136	0.448902	-0.029975	0.412557	0.099126	-0.408329	-0.44466	-0.432617	-0.585946	0.452775	-0.427659	1	-0.427659	-0.575902
Bio19	-0.967072	-0.940953	0.721563	-0.928087	-0.97673	0.673412	-0.93922	-0.980926	-0.866889	-0.984296	-0.91913	0.975838	0.979035	0.927072	0.949282	0.975194	1	-0.427659	1	0.882245
Dem	-0.892543	-0.951406	0.899063	-0.959963	-0.939197	0.824059	-0.960133	-0.922497	-0.680229	-0.922373	-0.782407	0.890874	0.905843	0.752138	0.95904	0.906017	0.882245	-0.575902	0.882245	1

	Bio1	Bio2	Bio3	Bio4	Bio5	Bio6	Bio7	Bio8	Bio9	Bio10	Bio11	Bio12	Bio13	Bio14	Bio15	Bio16	Bio17	Bio18	Bio19	Dem
Bio1	1	0.94556387	-0.823574	0.92882023	0.99323752	-0.6553631	0.94559052	0.99277448	0.89391479	0.9940353	0.95271772	-0.981292	-0.9802514	-0.8881015	-0.9678484	-0.9785065	-0.9794836	-0.128301	-0.9794836	-0.9123901
Bio2	0.94556387	1	-0.9050738	0.99174992	0.97425017	-0.8612597	0.9980488	0.96707005	0.70725088	0.96330193	0.80746591	-0.9568707	-0.9620005	-0.8399078	-0.9695399	-0.9647285	-0.9773036	-0.0648569	-0.9773036	-0.9460663
Bio3	-0.8235734	-0.9050738	1	-0.9358653	-0.8716675	0.87171837	-0.9256226	-0.8409464	-0.541181	-0.8552462	-0.6464146	0.815165	0.82594839	0.64182101	0.89603075	0.87273163	0.8635253	0.00391925	0.8635253	0.94918225
Bio4	0.92882023	0.99174992	-0.9358653	1	0.9638687	-0.8762505	0.99521838	0.9525496	0.66994895	0.95646617	0.77747476	-0.9450063	-0.9510021	-0.8303224	-0.9758783	-0.9542725	-0.9682333	-0.0190625	-0.9682333	-0.9586139
Bio5	0.99323752	0.97425017	-0.8716675	0.9638687	1	-0.8716675	0.9755494	0.99517071	0.83982999	0.99718693	0.91341802	-0.9838275	-0.9842173	-0.8768093	-0.9838532	-0.9845049	-0.9878883	-0.0935715	-0.9878883	-0.9391973
Bio6	-0.6553631	-0.8612597	0.87171837	-0.8762505	-0.7326619	1	-0.8643287	-0.7118885	-0.2582669	-0.7069161	-0.4030411	-0.9535977	-0.9586738	-0.8281442	-0.9738104	-0.76422559	0.7406567	0.75610874	0.75610874	0.82405879
Bio7	0.94559052	0.9980488	-0.9256226	0.99521838	0.9755494	-0.8643287	1	0.96527248	0.703997	0.96515674	0.80512643	-0.9586738	-0.9586738	-0.8281442	-0.9738104	-0.76422559	-0.9613233	-0.9741709	-0.9613233	-0.9601335
Bio8	0.99277448	0.96707005	-0.8409464	0.99174992	0.97425017	-0.8612597	0.9980488	1	0.85575579	0.99316673	0.92587172	-0.9785212	-0.9802741	-0.8872873	-0.9815574	-0.9878241	-0.9881961	-0.0584572	-0.9881961	-0.9189575
Bio9	0.89391479	0.70725088	-0.541181	0.66994895	0.83982999	-0.2582669	0.703997	0.85575579	1	0.85118004	0.98154642	-0.8363127	-0.8296522	-0.7853932	-0.7862141	-0.8199035	-0.8090748	-0.8090748	-0.8090748	-0.6725735
Bio10	0.9940353	0.96330193	-0.8552462	0.95646617	0.99718693	-0.7069161	0.96515674	0.99316673	0.85118004	1	0.92196703	-0.9892809	-0.9884851	-0.8994388	-0.9835423	-0.9887823	-0.9869391	-0.0985861	-0.9869391	-0.9291972
Bio11	0.95271772	0.80746591	-0.6464146	0.7714764	0.91341802	-0.4030411	0.80512643	0.92587172	0.98154642	0.92196703	1	-0.9037162	-0.8974141	-0.8524398	-0.8707795	-0.8919005	-0.8876554	-0.1332373	-0.8876554	-0.7823055
Bio12	-0.981292	-0.9568707	0.815165	-0.9450063	-0.9838275	0.70169169	-0.9535977	-0.9785212	-0.8363127	-0.892809	-0.9037162	1	0.9982902	0.92277149	0.96420395	0.99930252	0.98095726	0.15272351	0.98095726	0.89573916
Bio13	-0.8881015	-0.9620005	-0.8399078	-0.9510021	-0.9842173	0.71640762	-0.9826378	-0.9802741	-0.8296522	-0.9884851	-0.8974141	0.9982902	1	0.92007091	0.92085581	0.9082825	0.9082825	0.9082825	0.9082825	0.90217442
Bio14	-0.9678484	-0.9695399	0.89603075	-0.9758783	-0.9838532	0.55809224	-0.8281442	-0.8872873	-0.7852922	-0.994388	-0.8524398	-0.9892809	0.96420395	0.92085581	0.96898279	0.92085581	0.9082825	0.9082825	0.9082825	0.90217442
Bio15	-0.9785065	-0.9647285	0.8273163	-0.9542725	-0.9845049	0.72406567	-0.9613233	-0.9787241	-0.8199035	-0.9887823	-0.8919005	0.99898872	0.92085581	0.96898279	0.92085581	0.9082825	0.9082825	0.9082825	0.9082825	0.90390696
Bio16	-0.9794836	-0.9773036	0.8635253	-0.9682333	-0.9878883	0.75610874	-0.9741709	-0.9881961	-0.8090748	-0.9869391	-0.8876554	0.98095726	0.9082825	0.96898279	0.92085581	0.9082825	0.9082825	0.9082825	0.9082825	0.90390696
Bio17	-0.128301	-0.0648569	0.00391925	-0.0190625	-0.0935715	-0.40405378	-0.0560541	-0.0584572	-0.1830767	-0.1830767	-0.1332373	0.15272351	0.14965046	0.05665012	-0.0078864	0.14575723	0.10075786	1	0.10075786	0.92676526
Bio18	-0.9794836	-0.9773036	0.8635253	-0.9682333	-0.9878883	0.75610874	-0.9741709	-0.9881961	-0.8090748	-0.9869391	-0.8876554	0.98095726	0.9082825	0.96898279	0.92085581	0.9082825	0.9082825	0.9082825	0.9082825	0.90390696
Bio19	-0.9123901	-0.9460663	0.94918225	-0.9586139	-0.9391973	0.82405879	-0.9601335	-0.9189575	-0.6725735	-0.9291972	-0.7823055	0.89573916	0.90217442	0.75213831	0.94772041	0.90390696	0.92676526	0.0552777	0.92676526	1
Dem	-0.9123901	-0.9460663	0.94918225	-0.9586139	-0.9391973	0.824														

Anexo 11: Panel Fotográfico.



