

Predicción de la distribución potencial del gallito de las rocas (*rupicola peruvianus*) en el parque nacional Tingo María mediante maxent y variables climáticas



Prediction of the potential distribution of the Cock-of-the-Rock (*Rupicola peruvianus*) in the tingo maria national park using Maxent and climate variables

Zanhy Leonor Valencia Reyes^{1,2}✉[ORCID](#), Sebastian Salvador Guillermo Lara Rodriguez²[ORCID](#), Rubén Armando Daga López²[ORCID](#) y Nora Rosa Concepción Malca Casavilca¹[ORCID](#)

¹Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

²Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Lima, Perú

Recibido: 23/10/2025

Revisado: 15/11/2025

Aceptado: 20/12/2025

Publicado: 30/12/2025

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo predecir la distribución potencial del gallito de las rocas (*Rupicola peruvianus*) en el Parque Nacional Tingo María (PNTM), mediante el modelado de nicho ecológico utilizando el algoritmo MaxEnt. Fueron empleados siete registros de presencia georreferenciados y validados, extraídos de la base de datos Global Biodiversity Information Facility (GBIF), los cuales fueron depurados para garantizar precisión espacial y actualidad, considerando únicamente datos de los últimos diez años. Las variables bioclimáticas utilizadas fueron extraídas de WorldClim v2.1 y agrupadas en tres bloques: temperatura, humedad y precipitación. Se construyeron modelos independientes por grupo de variables y un modelo combinado, evaluados con el Área Bajo la Curva (AUC) y la ganancia regularizada. El modelo general alcanzó un AUC de 0,938, evidenciando una alta capacidad predictiva. Las variables que más contribuyeron a la predicción fueron la isothermalidad (BIO3) y la precipitación del trimestre más frío (BIO19). El análisis espacial fue complementado con ArcGIS, garantizando la precisión geográfica del área de estudio. Los resultados demostraron que el modelado de nicho ecológico, incluso con muestras pequeñas pero representativas, es una herramienta eficaz para la gestión de áreas protegidas como el PNTM, aportando evidencia útil para estrategias de conservación y adaptación al cambio climático.

PALABRAS CLAVES: *Rupicola peruvianus*, modelado de nicho ecológico, MaxEnt, Parque Nacional Tingo María (PNTM), cambio climático.

ABSTRACT

The objective of this study was to predict the potential distribution of the Andean cock-of-the-rock (*Rupicola peruvianus*) in the Tingo María National Park (PNTM), through ecological niche modeling using the MaxEnt algorithm. Seven georeferenced and validated presence records were used, extracted from the Global Biodiversity Information Facility (GBIF) database. These records were filtered to ensure spatial accuracy and temporal relevance, considering only data from the last ten years. The bioclimatic variables were obtained from WorldClim v2.1 and grouped into three categories: temperature, humidity, and precipitation. Independent models were constructed for each variable group, as well as a combined model, all of which were evaluated using the Area Under the Curve (AUC) and regularized training gain. The general model achieved an AUC of 0.938, indicating high predictive performance. The most influential variables in the prediction were isothermality (BIO3) and precipitation of the coldest quarter (BIO19). Spatial analysis was complemented with ArcGIS to ensure geographic accuracy within the study area. The results demonstrate that ecological niche modeling, even with small but representative samples, is an effective tool for the management of protected areas such as PNTM, providing valuable insights for conservation strategies and climate change adaptation.

KEY WORDS: *Rupicola peruvianus*, ecological niche modeling, MaxEnt, Tingo María National Park (PNTM), climate change.

INTRODUCCION

El cambio climático sigue siendo una gran amenaza mundial, sus impactos ambientales afectan a todas las regiones del mundo (Chambi Echegaray et al., 2023). Uno de los mayores problemas ambientales a nivel mundial en los últimos años es la disminución de la biodiversidad, provocada por actividades antropogénicas (Valer Ortiz, 2025). En Latinoamérica se viene implementado medidas de protección hacia la biodiversidad y recursos naturales. Una de estas medidas adoptadas es la creación de áreas naturales protegidas, que vienen siendo espacios geográficos destinados a la preservación y conservación de la diversidad biológica y recursos naturales que habitan en ellas. Estas áreas incluyen a los parques nacionales (Vásquez Sánchez & Vara Carhuamaca, 2023). La Amazonía peruana no solo es un centro global de biodiversidad, sino que los bosques secundarios también albergan una notable riqueza de especies de aves, incluyendo aquellas de interés para la conservación (ESTEVEZ et al., 2024). Siendo el Parque Nacional Tingo María (PNTM) en Perú, un hábitat clave, pero viene enfrentando amenazas por cambio climático y presión antrópica (Savino et al., 2014). En el presente contexto de crisis ambiental global, la conservación de especies emblemáticas como el gallito de las rocas (*Rupicola peruvianus*) constituye un gran desafío crítico (Narváez, 2024). La falta de información precisa sobre su distribución potencial de la especie dificulta las estrategias de conservación eficaces. Los modelos de nicho ecológico, específicamente MaxEnt, son herramientas poderosas usadas para predecir la distribución de especies basados en registros de presencia y variables ambientales (Romero, 2022). El uso de MaxEnt permite identificar áreas prioritarias para conservación y proyectar escenarios bajo cambio climático.

Esta investigación busca modelar la distribución potencial del *Rupicola peruvianus* en el PNTM, utilizando MaxEnt y variables climáticas, generando insumos clave para la gestión de áreas protegidas. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue usar el modelado el nicho ecológico para predecir el área de distribución del gallito de las rocas (*Rupicola peruvianus*) en el PNTM.

MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño de investigación es básico, explicativo, no experimental y transversal, con un enfoque de tipo correlacional-predictivo (Martinez Cabrera et al., 2023). El área de estudio fue el Parque Nacional Tingo María (PNTM), ubicado en Huánuco, Perú, que abarca 4 777 ha con rangos altitudinales de 650 a 1 800 m s.n.m. (SERNANP, 2022). La población del estudio estuvo conformada por siete registros de presencia georreferenciados del *Rupicola peruvianus*, obtenidos de fuentes secundarias confiables, como la base de datos Global Biodiversity Information Facility (GBIF). Para garantizar la actualidad y relevancia ecológica de los datos, se consideraron únicamente registros obtenidos durante los últimos diez años (2014 al 2024). Se emplearon variables bioclimáticas de libre acceso consideradas relevantes para el modelado de nicho ecológico (Tabla 1).

Representando al universo de condiciones ambientales y puntos de presencia que permitieron inferir las áreas con mayor probabilidad de ocurrencia de la especie, con base en técnicas de modelamiento espacial. La selección de la muestra fue no

probabilística e intencionada, seleccionando únicamente aquellos registros que cumplieron con criterios específicos de calidad, precisión geográfica y relevancia ecológica.

Tomando criterios como:

Exactitud geográfica: Considerando registros con coordenadas geográficas precisas (latitud y longitud), verificadas a través de plataformas como Google Earth y ArcGIS 10.8.

Actualidad de datos: Priorizando registros obtenidos en los últimos 10 años con la finalidad de representar el rango actual de distribución de la especie.

Cobertura espacial: Garantizando que los puntos seleccionados estén distribuidos dentro del ámbito del PNTM, evitando concentraciones excesivas en áreas puntuales (efecto de sobreajuste).

Verificación de fuentes: Eligiendo datos provenientes de repositorios confiables, como artículos científicos revisados por pares y registros de instituciones ambientales reconocidas.

Para el modelado se emplearon 7 registros de presencia confiables del gallito de las rocas (*Rupicola peruvianus*), obtenidos de la plataforma GBIF y validados mediante análisis documental, verificación geográfica y control de duplicados. Estos registros fueron seleccionados en base a su precisión espacial y actualidad, cumpliendo con estándares mínimos para modelamiento ecológico en MaxEnt. Asimismo, se usaron 19 variables bioclimáticas de la base de datos WorldClim v2.1 (resolución de 30 arc-seg), agrupadas en temperatura, humedad y precipitación. El modelo se elaboró utilizando MaxEnt v3.4.4 y se validó con el Área Bajo la Curva (AUC) (Área Bajo la Curva ROC) y pruebas Jackknife para determinar la importancia de cada variable (Dias et al., 2023). Para el análisis espacial se utilizó ArcGIS 10.8 para generar mapas de idoneidad ambiental (Galindo-Cruz et al., 2021).

RESULTADOS

DESEMPEÑO DEL MODELO

El modelo que fue generado con MaxEnt mostró un desempeño robusto para predecir la distribución potencial del *Rupicola peruvianus*, utilizando un total de 7 registros de ocurrencia georreferenciados, para el periodo 2014 al 2024, validados en campo y extraídos de estudios previos y observaciones directas, ya que número de registros fue limitado, el modelo no fue dividido en entrenamiento y validación, empleándose todos los puntos para el entrenamiento. El modelo general obtuvo un AUC de 0,938 (Figura 1), clasificando la predicción como excelente (Soberon Idrogo & Flores Cervantes, 2023).

MAPAS DE DISTRIBUCIÓN

Las áreas de mayor idoneidad ambiental para el gallito de las rocas (*Rupicola peruvianus*) se concentraron principalmente en los sectores centrales y orientales del Parque Nacional Tingo María, coincidiendo con los registros georreferenciados de presencia. Según la escala generada por el modelo MaxEnt (valores entre 0 y 1), se establecieron tres rangos: baja (< 0.4), media ($0.4-0.6$) y alta idoneidad (> 0.6). Este umbral es consistente con lo aplicado en estudios previos (Acevedo et al., 2012), quienes usaron valores > 0.6 para representar zonas de alta probabilidad de ocurrencia en modelamientos ecológicos (Figura 2).

VARIABLES BIOCLIMÁTICAS DETERMINANTES EN LA PREDICCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL GALLITO DE LAS ROCAS (*Rupicola peruvianus*)

La Tabla 1 muestra las variables bioclimáticas utilizadas para el modelamiento de nicho ecológico. En la Tabla 2 se muestra los porcentajes de contribución e importancia por permutación de las principales variables bioclimáticas del modelo combinado, se presentan los valores porcentuales de contribución y la importancia por permutación de cada variable bioclimática incluida en el modelo combinado. BIO3 fue la variable con mayor peso en el modelo (35,8 % de contribución y 47,1 % de importancia por permutación), seguida de BIO19 con 28,4 % de contribución y 33,5 % de importancia. Finalmente, BIO6, a pesar de tener una contribución del 25,4 %, presentó una importancia por permutación nula, lo que sugiere colinealidad o dependencia con otras variables.

COMPARACIÓN ESPACIAL DE MODELOS PARA LA PREDICCIÓN DEL HÁBITAT DEL *Rupicola peruvianus*

Se compararon espacialmente los modelos generados con distintos grupos de variables climáticas, observando que el modelo basado únicamente en la variable BIO6 (temperatura mínima del mes más frío) delimitó áreas de alta idoneidad en zonas de mayor altitud, evidenciando la temperatura como un factor limitante, aunque con una cobertura predictiva más restringida (Figura 3).

Por otra parte, el modelo con la variable BIO19 (precipitación del trimestre más frío) mostró una mayor extensión de hábitats potenciales, especialmente en el nororiente del parque, destacando la relevancia de la humedad para la persistencia de *Rupicola peruvianus* (Figura 4).

Además, el modelo que integró las 19 biovariables ofreció una predicción espacial más equilibrada y ecológicamente coherente, identificando zonas de alta idoneidad en sectores centrales y orientales del PNTM, tal como se muestra en la Figura 2, lo que evidencia la ventaja de considerar conjuntamente variables de temperatura y precipitación para reflejar con mayor precisión las condiciones del hábitat de la especie.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente investigación coinciden con estudios reportados de otras aves neotropicales, donde la temperatura mínima y la precipitación del trimestre más frío determinan hábitats clave (Dias et al., 2023; Galindo-Cruz et al., 2021). Esto demuestra la importancia del estudio de las variables climáticas para la conservación de *Rupicola peruvianus*. Además, MaxEnt sigue demostrando alta eficacia, incluso con datos limitados, coincidiendo con estudios previos en Perú y la región (Martinez Cabrera et al., 2023; Soberon Idrogo & Flores Cervantes, 2023).

La predicción espacial obtenida constituye una herramienta estratégica para gestores del Parque Nacional Tingo María, permitiendo orientar esfuerzos de monitoreo y manejo adaptativo.

CONCLUSIONES

El modelado con MaxEnt permitió predecir con alta precisión la distribución potencial del gallito de las rocas *Rupicola peruvianus* en el PNTM. Las variables que más influyeron en el modelo de distribución potencial fueron isothermalidad (BIO3), precipitación del trimestre más frío (BIO19) y temperatura mínima del mes más frío (BIO6). BIO3 registró la mayor contribución (35,8 %) y la mayor importancia en la permutación (47,1 %), lo que confirma su rol clave en la predicción de la distribución de gallito de las rocas. BIO19 también mostró una alta relevancia, con un 28,4 % de contribución y 19,6 % de importancia en la permutación, resaltando el papel de la precipitación en los meses fríos. En contraste, BIO6, aunque contribuyó con un 25,4 % durante el entrenamiento, tuvo una importancia nula en la permutación (0,0 %), lo que sugiere una posible redundancia con variables más informativas como BIO3. Finalmente, los mapas de distribución potencial e idoneidad ambiental generados serán insumos claves para la conservación y manejo adaptativo ante escenarios de cambio climático.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestra más profunda gratitud a los especialistas que participaron en este estudio, quienes, a través de sus valiosas experiencias y conocimientos, nos permitieron obtener una visión detallada sobre los desafíos relacionados al modelado de nicho ecológico usando el algoritmo MaxEnt. También queremos extender nuestro reconocimiento a La Revista Científica de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, BIOTECH & ENGINEERING por brindarnos un espacio para difundir esta importante investigación, con la esperanza de que contribuya a mejorar la gestión de áreas protegidas, aportando información clave para estrategias de conservación y adaptación al cambio climático.

REFERENCIAS

- Acevedo, P., Jiménez-Valverde, A., Lobo, J. M., & Real, R. (2012). Delimiting the geographical background in species distribution modelling. *Journal of Biogeography*, 39(8), 1383–1390. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2012.02713.x>
- Chambi Echegaray, G., Cabrera Carranza, C. F., Torres Guerra, J., Rodríguez Delgado, M. D., Malca-Casavilca, N., Rendon Schneir, E., & Herencia Félix, B. G. (2023). Impacto del cambio climático en factores hídricos de la cuenca inferior de los ríos Chira y Piura. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 26(51), e25292. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v26i51.25292>
- Dias, R. A., Marcon, A. P., Kappes, B. B., Azpiroz, A. B., Barbosa, F. G., Bencke, G. A., Clay, R., Di Giacomo, A. S., Fontana, C. S., Repenning, M., Sarquis, J. A., & Areta, J. I. (2023). A new analytical framework for Maxent species distribution models unveils complex spatiotemporal suitability patterns for two migratory seed eaters (Aves: Sporophila) of conservation concern. *Ecological Informatics*, 77(June). <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.102189>

- ESTEVEZ, J., ARANA, C., ARANA, A., & SALINAS, L. E. (2024). a Broad Overview of the Avifauna of Secondary Forests in Peruvian Amazonia. *Folia Amazónica*, 33(1), e33769. <https://doi.org/10.24841/fa.v33i2.769>
- Galindo-Cruz, A., Rosas-Espinoza, V. C., Vásquez-Bolaños, M., & Sahagún-Sánchez, F. J. (2021). Prioritizing areas for bird conservation at western Transmexican Volcanic Belt. *Madera y Bosques*, 27(2). <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2722175>
- Martínez Cabrera, R., Segovia Aranibar, E. L., Canales Antayhua, M. L., & Chulluncuy Francisco, E. V. (2023). Modelamiento del nicho ecológico del *Phyllodactylus microphyllus* aplicado al ecoturismo, Zona Reservada Lomas de Ancón. *Cátedra Villarreal Posgrado*, 2(2), 105–119. <https://doi.org/10.24039/rcvp2023221702>
- Narváez, G. (2024). ¿ESTÁN LAS DISTRIBUCIONES ALOPÁTRICAS DE LAS SUBESPECIES DE *RUPICOLA PERUVIANUS* (AVES: C OTINGIDAE) ASOCIADAS CON DIVERGENCIA ECOLÓGICA? *Universidad Del Valle*, 1–34. <https://hdl.handle.net/10893/31422%0A>
- Romero, M. A. C. (2022). Analysis of climate change incidence on threatened bird species in the Peruvian Andes: distribution models and connectivity proposals. *Pirineos*, 177(2050), 1–22. <https://doi.org/10.3989/pirineos.2022.177004>
- Savino, C., Diodato, L., Gatto, M., & Zerda, H. (2014). Modelos de Distribución Potencial de Especies. *Instituto de Protección Vegetal*, December 2015, 1–8. <https://www.researchgate.net/publication/286927344> Modelos
- SERNANP. (2022). *PROTOCOLO DE MONITOREO DE ABUNDANCIA RELATIVA PARA GALLITO DE LAS ROCAS (Rupicola peruvianus) DEL PARQUE NACIONAL YANACHAGA CHEMILLÉN*. 1–17. <https://www.gob.pe/institucion/sernanp/normas-legales/2730223-02-2022-sernanp-dganp>
- Soberón Idrogo, M. E., & Flores Cervantes, M. T. (2023). *MODELAMIENTO DEL NICHOS ECOLÓGICO DE LA PALMERA BLANCA (Ceroxylon quindiuense (H. Karst.) H. Wendl.) EN EL PARQUE NACIONAL DE CUTERVO, CAJAMARCA-PERÚ*. 1–91. <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/592>
- Valer Ortiz, Z. (2025). Modelamiento del nicho ecológico de la *Alouatta seniculus* en el bosque aluvial inundable, Lote 95. *Revista Del Instituto de Investigación – FIGMMG*, 28(55), 1–8. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v28i55.29367>
- Vásquez Sánchez, J. R., & Vara Carhuamaca, L. E. (2023). Zonas de amortiguamiento en Latinoamérica: análisis comparativo de marcos jurídicos sobre sanciones por alteración del ambiente y paisaje. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 26(51), e25262. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v26i51.25262>

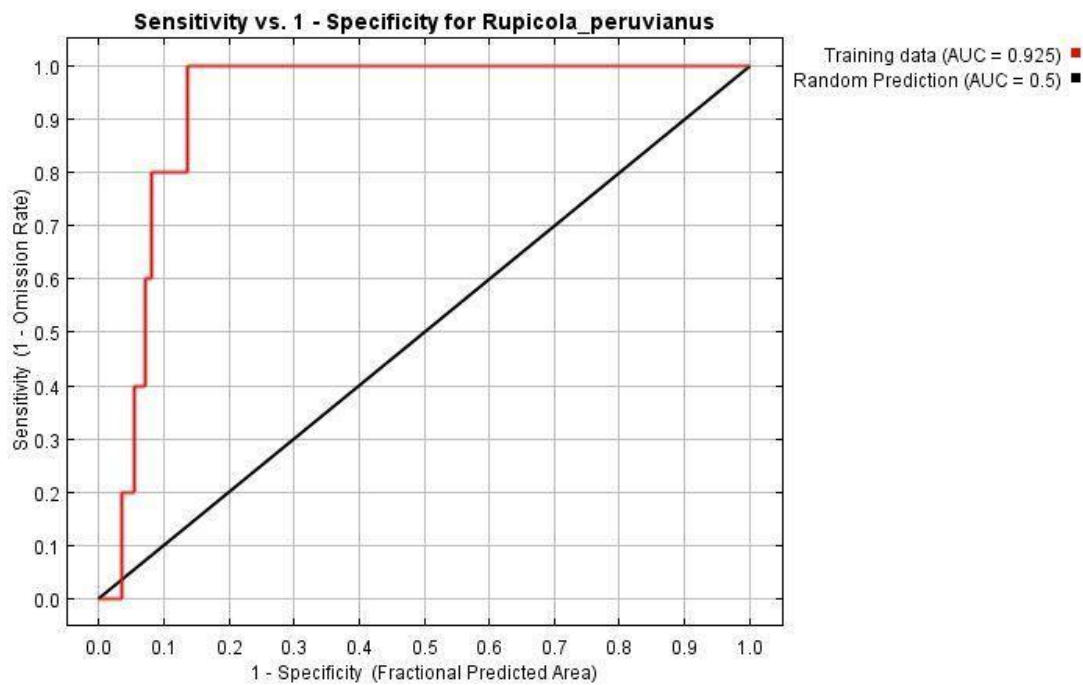


Figura 1. Curva característica operativa del receptor (ROC) del modelo MaxEnt para *Rupicola peruvianus*.

Nota: Elaboración propia (2025).

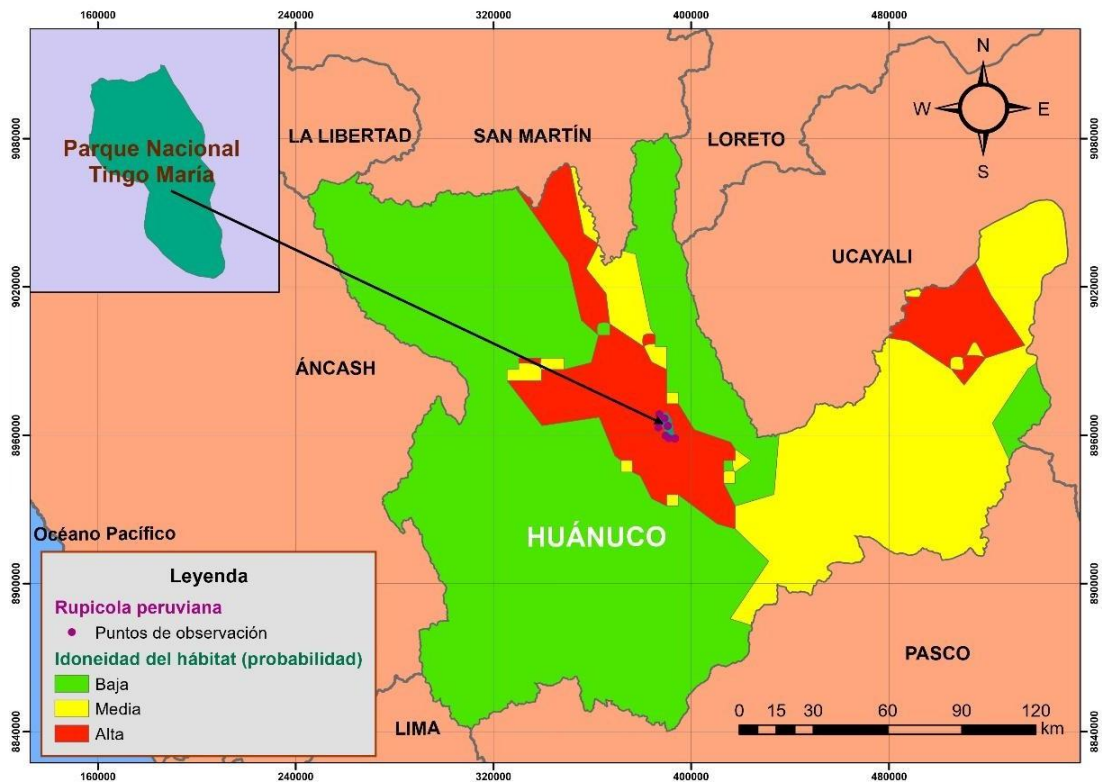


Figura 2. Distribución potencial del *Rupicola peruvianus* en el PNTM.
Nota: Elaboración propia (2025).

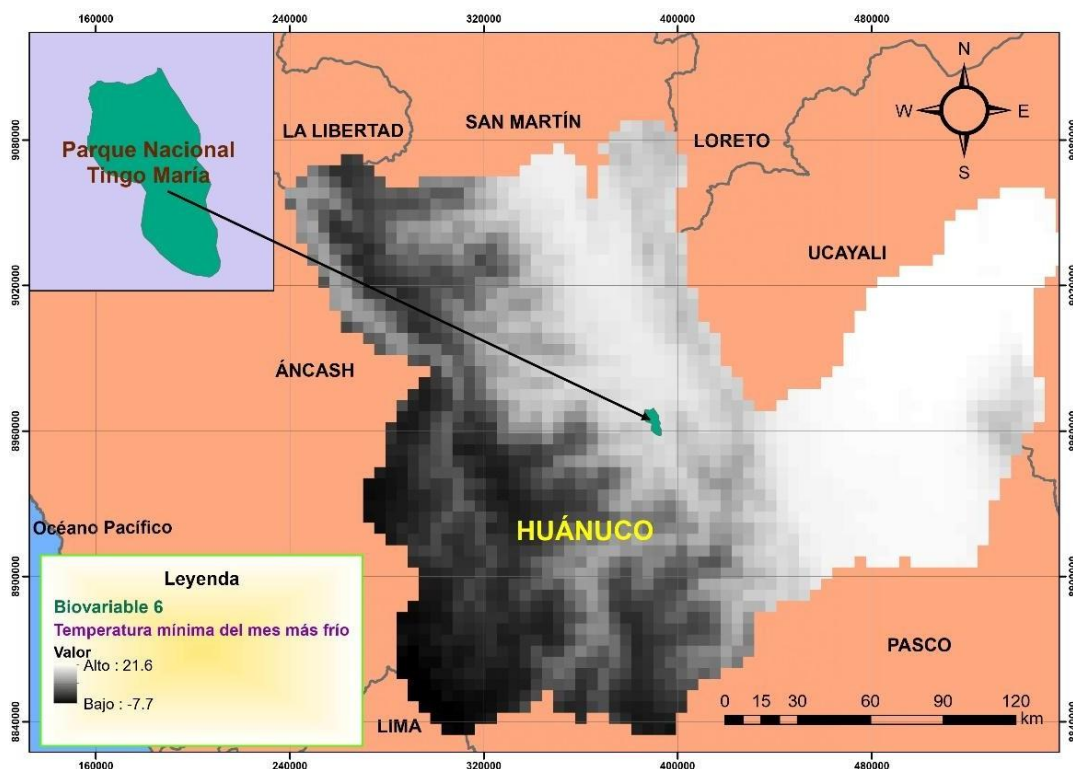


Figura 3. Mapa de idoneidad ambiental generado con la variable BIO6.
Nota: Elaboración propia (2025).

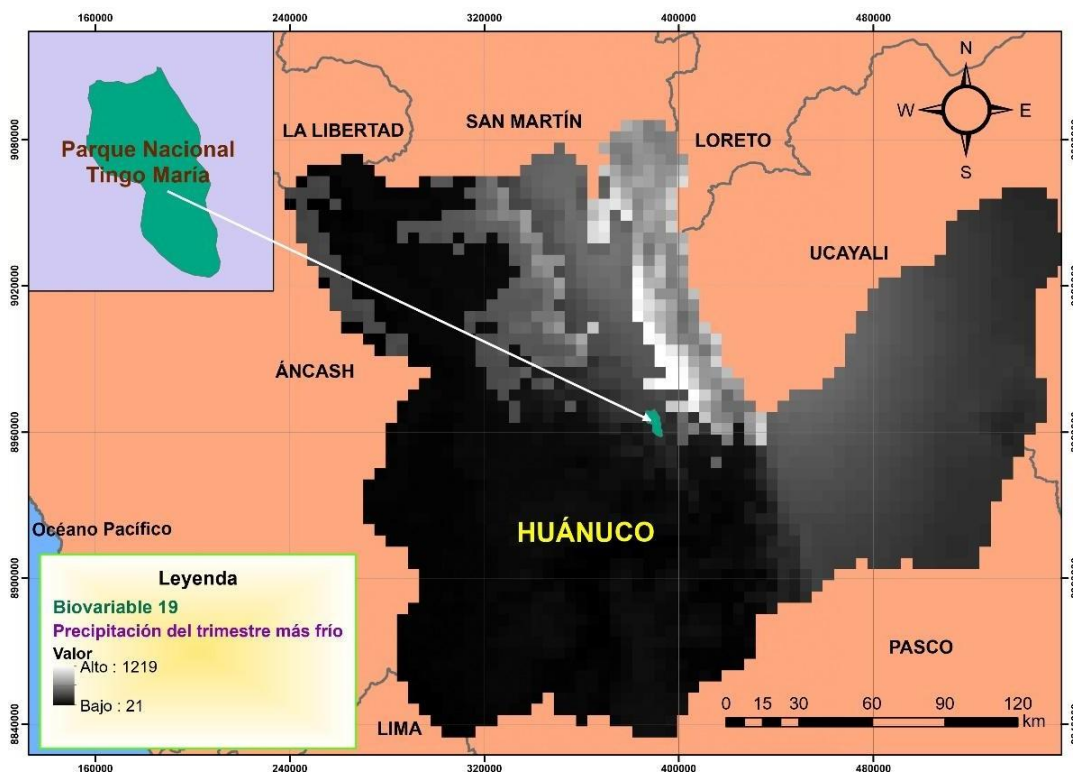


Figura 4. Mapa de idoneidad ambiental generado con la variable BIO19.

Nota: Elaboración propia (2025).

Tabla 1. Variables bioclimáticas utilizadas para el modelamiento de nicho ecológico según WorldClim v2.1.

BIO	Variable
BIO1	Temperatura media anual
BIO2	Rango medio diurno (Media mensual: temperatura máxima - temperatura mínima)
BIO3	Isotermalidad $(BIO2/BIO7) \times 100$
BIO4	Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar $\times 100$)
BIO5	Temperatura máxima del mes más cálido
BIO6	Temperatura mínima del mes más frío
BIO7	Rango anual de temperatura $(BIO5 - BIO6)$
BIO8	Temperatura media del trimestre más húmedo
BIO9	Temperatura media del trimestre más seco
BIO10	Temperatura media del trimestre más cálido
BIO11	Temperatura media del trimestre más frío
BIO12	Precipitación anual
BIO13	Precipitación del mes más húmedo
BIO14	Precipitación del mes más seco
BIO15	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación)
BIO16	Precipitación del trimestre más húmedo
BIO17	Precipitación del trimestre más seco
BIO18	Precipitación del trimestre más cálido
BIO19	Precipitación del trimestre más frío

Elaboración propia (2025).

Tabla 2. Porcentaje de contribución e importancia en la permutación de las variables bioclimáticas incluidas en MaxEnt

BIO	Variable	Contribución (%)	Importancia en permutación (%)
BIO3	Isotermalidad	35,8	47,1
BIO19	Precipitación del trimestre más frío	28,4	19,6
BIO6	Temperatura mínima del mes más frío	25,4	0,0

Elaboración propia (2025).