

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**Modelado del nicho ecológico para la identificación de áreas de
distribución de *Ipomoea pauciflora* en los andes del centro sur del Perú**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

Ecología

PRESENTADO POR:

Poma Lapa, Jasmin Erika

ASESOR:

Dr. Tulio Celestino Paytán Montañez

HUANTA – PERÚ

2025

NOMBRE DEL TRABAJO

2025_POMA_LAPA_JASMIN_ERIKA_TESIS (1).docx.pdf

AUTOR

TULIO CELESTINO PAYTAN MONTAÑEZ

RECuento DE PALABRAS

25583 Words

RECuento DE CARACTERES

151235 Characters

RECuento DE PÁGINAS

114 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

4.9MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 21, 2026 10:50 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 21, 2026 10:52 AM GMT-5

● 15% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 6% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)
- Material citado


Tulio Celestino Paytan Montañez
Aser.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

Creada por Ley N° 29658

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL

"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

En la ciudad de Huanta, en el auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental del campus universitario de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, ubicado en la autopista Carlos Ch. Hiraoka, desvío a Ccollana, a los 14 días del mes de mayo de 2026, siendo las 16:00 horas, se dio inicio al acto académico de sustentación de tesis con la presencia de los miembros del jurado calificador:

Dr. Jorge Luis Lozano Rodriguez
Mtra. Olga Karina Durand De La O
Dr. Tulio Celestino Paytan Montañez

Presidente
Miembro titular 2
Miembro titular 3

Acto seguido, se procedió a dar lectura a la Resolución de Vicepresidencia Académica N° 056-2026-CO-UNAH, mediante la cual señala la fecha, hora y designación de jurado evaluador para la sustentación de tesis de la **Bach. Jasmin Erika Poma Lapa**, titulada: **"Modelado de nicho ecológico para la identificación de áreas de distribución de *Ipomoea pauciflora* en los Andes del centro-sur del Perú"**, asesorado por el Dr. Tulio Celestino Paytan Montañez, para optar el Título profesional de Ingeniero Ambiental.

Observaciones:

.....
.....

Terminada la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte de los miembros del jurado evaluador, las cuales fueron defendidas y absueltas por la tesista. Acto seguido se procedió a deliberar y calificar con el resultado siguiente:

Aprobado Regular	(X)
Aprobado Bueno	()
Aprobado Muy Buenos	()
Aprobado Excelente	()

Con la calificación de Trece..... (13)

Siendo las ..19:00.. horas, se da por finalizado el acto académico de sustentación de tesis, procediendo a firmar la presente acta los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA
Dr. Jorge Luis Lozano Rodriguez
DOCENTE ORDINARIO - ASOCIADO

Dr. Jorge Luis Lozano Rodriguez
Presidente



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA
Mtra. Olga Karina Durand De La O
DOCENTE

Mtra. Olga Karina Durand De La O
Miembro titular 2



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA
Dr. Tulio C. Paytan Montañez
DOCENTE

Dr. Tulio Celestino Paytan Montañez
Miembro titular 3

**“MODELADO DEL NICHOS ECOLÓGICO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE
ÁREAS DE DISTRIBUCIÓN DE *IPOMOEA PAUCIFLORA* EN LOS ANDES DEL
CENTRO SUR DEL PERÚ”**

TESISTA

Bach. Jasmin Erika Poma Lapa

ASESOR

Dr. Tulio Celestino Paytán Montañez

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con un profundo agradecimiento a Dios, por haber sido mi guía y fortaleza en cada etapa de este camino. A mi familia, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi mayor inspiración. A mis amigos, por acompañarme con palabras de aliento, paciencia y comprensión cuando más lo necesité. Cada uno, a su manera, ha dejado una huella en este logro que hoy se concreta.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme fortaleza y guía en los momentos difíciles.

A mis padres, Elsa Lapa Quintero y Jesús Poma Huayta, por su apoyo incondicional y confianza, y a mi hermana Brenda por su alegría y motivación constante.

A la Universidad Nacional Autónoma de Huanta y al PRONABEC, por brindarme formación y respaldo para continuar mis estudios.

A mis amigos por su apoyo en el trabajo de campo, y a mis docentes y asesores por su orientación y valiosos aportes.

Al equipo científico de la Universidad de Cambridge por su acompañamiento y contribución en mi formación y en el desarrollo de esta tesis. ¡Muchas gracias!

RESUMEN

El cambio climático y la deforestación constituyen amenazas significativas para la biodiversidad de bosques secos en los andes, afectando especialmente a especies con distribución restringida como *Ipomoea pauciflora*; en este contexto, se planteó modelar el nicho ecológico de la especie para identificar sus áreas potenciales de distribución en los Andes del centro-sur del Perú. Se utilizaron 64 registros de presencia obtenidos mediante trabajo de campo y bases de datos (GBIF, iNaturalist y DryFlor), los cuales fueron depurados y georreferenciados; asimismo, se emplearon 19 variables bioclimáticas provenientes de WorldClim, reducidas mediante análisis de componentes principales (PCA). El modelamiento se realizó utilizando el algoritmo Bioclim en el entorno R, y su desempeño fue evaluado mediante métricas AUC y TSS, evidenciando un buen rendimiento del modelo con un AUC de 0.89 y TSS de 0.79 con un umbral de 0.089. Los resultados mostraron que la temperatura media anual y la precipitación estacional son las variables que mayor influencia ejercen sobre la distribución de la especie, identificándose áreas con alta idoneidad ambiental principalmente en las regiones de Ayacucho, Apurímac y Cusco. Se concluye que *Ipomoea pauciflora* presenta una distribución potencial estrechamente asociada a condiciones climáticas específicas, caracterizadas por rangos de temperatura de fríos a cálidos y precipitaciones concentradas en los trimestres más húmedos. Asimismo, el modelamiento del nicho ecológico se confirma como una herramienta eficaz para identificar áreas adecuadas y orientar estrategias de conservación, adecuado como herramienta para políticas regionales dirigidas a la restauración y el manejo sostenible de los ecosistemas de valles secos.

Palabras Claves: Nicho ecológico, Presencia-Ausencia, Distribución potencial, conservación.

ABSTRACT

Climate change and deforestation constitute significant threats to the biodiversity of dry forests in the Andes, particularly affecting species with restricted distributions such as *Ipomoea pauciflora*. In this context, the ecological niche of the species was modeled to identify its potential distribution areas in the central-southern Andes of Peru. A total of 64 occurrence records were used, obtained from fieldwork and databases (GBIF, iNaturalist, and DryFlor), which were filtered and georeferenced. Additionally, 19 bioclimatic variables from WorldClim were employed and reduced through principal component analysis (PCA). Modeling was performed using the Bioclim algorithm in the R environment, and its performance was evaluated using AUC and TSS metrics, showing good model performance with an AUC of 0.89 and a TSS of 0.79 at a threshold of 0.089. The results indicated that mean annual temperature and seasonal precipitation are the variables with the greatest influence on the species' distribution, with areas of high environmental suitability mainly identified in the regions of Ayacucho, Apurímac, and Cusco. It is concluded that *Ipomoea pauciflora* exhibits a potential distribution closely associated with specific climatic conditions, characterized by temperature ranges from cold to warm and precipitation concentrated in the wettest quarters. Furthermore, ecological niche modeling is confirmed as an effective tool for identifying suitable areas and guiding conservation strategies, supporting its integration into regional policies aimed at the restoration and sustainable management of dry valley ecosystems.

Key Words: Ecological niche, Presence-absence, Potential distribution, Conservation.

ÍNDICE

DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.1 Descripción y formulación del problema	16
1.1.1. Formulación de la Interrogante general	18
1.1.2. Formulación de las Interrogantes específicas	18
1.2 Objetivos.....	18
1.2.1. Objetivo general.....	18
1.2.2. Objetivos específicos	18
1.3 Justificación e importancia	18
1.4 Variables	20
1.4.1 Variable 1.....	20
1.4.2 Variable 2.....	21
II. MARCO TEÓRICO	22
2.1. Antecedentes del Problema.....	22
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	22
2.1.2. Antecedentes Nacionales	26
2.2. Bases teóricas.....	28
2.3. Definiciones de términos	36
2.3.1. Modelamiento de nicho ecológico de especies arbóreas	36
2.3.2 Biodiversidad y distribución geográfica	37
2.3.3. Sistema de información geográfica.....	38
2.3.4. Software libre.....	38
2.4. Marco Legal.....	39
III. METODOLOGÍA	42

3.1. Enfoque, Tipo y nivel y diseño de investigación.....	42
3.2. Ámbito temporal y espacial	42
3.2.1 Ámbito temporal.....	42
3.2.2 Ámbito Espacial.....	42
3.3. Población y muestra.....	44
3.3.1 Población.....	44
3.3.2 Muestra	44
3.3.3. Muestreo	45
3.4. Instrumentos.....	45
3.5 Procedimientos.....	45
3.5.1. Organización y obtención de datos	45
3.5.2. Modelamiento y validación.....	49
3.5.3. Cálculo de áreas potenciales y priorización por regiones	50
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
4.1. RESULTADOS.....	51
4.1.1 Nicho ecológico de la <i>Ipomoea pauciflora</i>	51
4.1.1.1 Puntos de presencia geográfica	51
4.1.1.2 Selección de variables ambientales	52
4.1.2 Área de distribución potencial de la <i>Ipomoea pauciflora</i>	54
4.1.2.1 Distribución e idoneidad de hábitat.....	54
4.1.3 Presencia y ausencia de la especie	55
4.1.4 Validación de modelo	56
4.2. DISCUSIÓN	58
4.2.1 Nicho ecológico y variables ambientales determinantes	58
4.2.2 Distribución potencial y áreas prioritarias para la conservación	59
4.2.3 Desempeño del modelo.....	59
4.2.4 Implicancias para la conservación	60
V. CONCLUSIONES	62

VI. RECOMENDACIONES.....	64
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
VIII. ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Operacionalización de la variable 1	20
Tabla 2 Operacionalización de la variable 2	21
Tabla 3 Matriz de confusión de presencia/ausencia.....	32
Tabla 4 Ecorregiones terrestres propuesto en Libro Rojo de Plantas Endémica (LRPEP).	44
Tabla 5 Variables bioclimáticas de WordClim.	46
Tabla 6 Resumen de obtención de datos de presencia de la especie <i>Ipomoea pauciflora</i>	51
Tabla 7 Áreas potenciales de distribución por áreas administrativas regionales y provinciales.	54
Tabla 8 Coordenadas de presencia de la <i>Ipomoea pauciflora</i>	106

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1 Relación entre nicho ecológico y distribución	31
Figura 2 Presencia de <i>Ipomoea pauciflora</i> en estaciones secas y lluviosas en Huanta.	35
Figura 3 Ubicación y puntos de presencia de las especies en estudio	43
Figura 4 Distribución geográfica de puntos de presencia.	52
Figura 5 Áreas de idoneidad de hábitat actual de la <i>Ipomoea pauciflora</i>	55
Figura 6 Modelo binario de presencia (rojo)/ausencia (naranja) de la especie <i>Ipomoea pauciflora</i>	56
Figura 7 Evaluación del rendimiento del modelo Bioclim	57
Figura 8 Gráfico de distribución de varianza de componentes principales.	83
Figura 9 Contribuciones de las variables en la CP1.....	84
Figura 10 Contribuciones de las variables en la CP2.....	85
Figura 11 Contribuciones de las variables en la CP3.....	86
Figura 12 Diagrama de dispersión bidimensional PC1 vs PC2.	87
Figura 13 Distribución de puntos de clima y de la <i>Ipomoea pauciflora</i>	88
Figura 14 Variables bioclimáticas.....	89
Figura 15 Mapa de idoneidad de hábitat por provincia.	90
Figura 16 Áreas de distribución potencial actual de la <i>Ipomoea pauciflora</i>	90
Figura 17 Reporte de la especie <i>Ipomoea pauciflora</i> en campo.	91
Figura 18 Muestra botánica de <i>Ipomoea pauciflora</i>	92

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción y formulación del problema

La deforestación, el cambio climático y la expansión de actividades antrópicas han provocado una significativa alteración de la biodiversidad en los ecosistemas andinos, afectando la distribución y conservación de especies vegetales endémicas (Charcape & Pingo, 2018; Feeley & Silman, 2010; Pecl et al., 2017). En este escenario, la limitada disponibilidad de información respecto a la distribución geográfica y las condiciones ecológicas necesarias para la *Ipomoea pauciflora* en la región Andina del centro sur del Perú constituye un obstáculo significativo para el desarrollo de estrategias de conservación eficaces (Barik et al., 2018; Deloya et al., 2023). La falta de datos metodológicos precisos y registros poblacionales detallados impide evaluar su vulnerabilidad frente a los impactos ambientales y antrópicos (Isaac & Pocock, 2015; Syfert et al., 2014).

Las especies con distribuciones restringidas y alto grado de aislamiento geográfico, como *Ipomoea pauciflora*, la cual se encuentre presente en mayor parte en ecosistemas secos, presentan una mayor susceptibilidad a amenazas ecológicas severas (Quispe, 2022; Ye et al., 2021). Este problema se agrava debido a la deforestación y la degradación del hábitat, las cuales han reducido drásticamente las poblaciones de especies arbóreas en los Andes (Dryflor et al., 2016; Feeley et al., 2012). Solo en América Latina, los bosques secos han sufrido una intensa fragmentación debido a actividades como la tala, la extracción de leña y la expansión de la agricultura, esta última responsable del 90 % de la deforestación a nivel global (FAO, 2021). Considerando además que en nuestro país tan solo representa el 5% de la cobertura original en comparación a años anteriores, clasificándolos como "en peligro crítico" (Conservamos por Naturaleza, 2017; INEI, 2021). Estas actividades afectan gravemente la capacidad de los ecosistemas para cumplir funciones esenciales, como la regulación hídrica, la captura de carbono, interacciones interespecíficas (IUFRO, 2012; United Nations, 2016)

Asimismo, el cambio climático es otro de los impulsores ha alterado los patrones de distribución de especies, generando nuevas condiciones ambientales que pueden limitar su supervivencia o favorecer la proliferación de especies invasoras (Kosanic et al., 2018; Navarro et al., 2020).

El modelado del nicho ecológico (MNE) se ha consolidado como una herramienta fundamental para estimar la distribución potencial de especies y

generar información estratégica que contribuya a su conservación (Löffler & Pape, 2019; Yackulic et al., 2015). Estos modelos facilitan la evaluación de los factores ambientales que condicionan la presencia de especies, ofreciendo proyecciones sobre su posible respuesta frente al cambio climático y a las alteraciones en el paisaje (Da Cunha et al., 2018; Syfert et al., 2014). Sin embargo, la aplicabilidad de estos modelos en la conservación efectiva aún enfrenta limitaciones, principalmente por la escasez de datos locales y la dificultad de integrar variables ecológicas complejas (Curtis & Bradley, 2016; Turnbull et al., 2016).

En el caso de los ecosistemas andinos, la creación de corredores biológicos y estrategias de restauración ecológica resulta fundamental para mitigar los efectos negativos de la fragmentación del hábitat (Eduardo et al., 2017). La diversidad beta observada en los bosques interandinos sugiere que la conservación no puede centrarse exclusivamente en las áreas más diversas, sino que debe considerar una red de protección a lo largo del gradiente altitudinal (Linares et al., 2022). Además, la inclusión de datos sobre la resiliencia de especies frente a condiciones climáticas adversas puede mejorar las predicciones de distribución y guiar estrategias de reforestación y restauración (Boyjnath et al., 2024; Pyankov et al., 2000).

Dentro del contexto de *Ipomoea pauciflora*, es relevante considerar que esta especie se encuentra en ecosistemas de bosques secos interandinos, los cuales han sufrido una intensa fragmentación debido a la deforestación y la expansión de la agricultura (FAO, 2021). Estos bosques, a pesar de su importancia ecológica y su capacidad para la regulación climática y la captura de carbono, han sido ampliamente degradados, quedando solo un porcentaje reducido de su cobertura original (Conservamos por Naturaleza, 2017; INEI, 2021). Aunque el enfoque principal de este estudio se centra en *Ipomoea pauciflora*, el conocimiento sobre la dinámica de estos ecosistemas resulta clave para comprender los factores que influyen en la distribución y persistencia de la especie.

Dado este panorama, el presente estudio busca modelar el nicho ecológico de *Ipomoea pauciflora* en los Andes del centro sur del Perú para identificar sus áreas potenciales de distribución. Esto permitirá llenar vacíos de información, fortalecer las iniciativas de conservación y contribuir a la toma de decisiones basada en evidencia científica (Navarro et al., 2020; Quispe, 2022). La combinación de modelos de distribución de especies y datos de campo será crucial para proponer

acciones de manejo adecuadas y garantizar la persistencia de esta especie en su hábitat natural (Barik et al., 2018; Deloya et al., 2023).

1.1.1. Formulación de la Interrogante general

¿Cómo el modelado del nicho ecológico permite identificar las áreas de distribución potencial de *Ipomoea pauciflora* en los andes del centro sur del Perú?

1.1.2. Formulación de las Interrogantes específicas

- ¿Cuál es el nicho ecológico de la especie *Ipomoea pauciflora* en los andes del centro sur del Perú?
- ¿Cuáles son las áreas con mayor idoneidad ambiental modelados para la conservación de *Ipomoea pauciflora* en los andes del centro sur del Perú?

1.2 Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Modelar el nicho ecológico para la identificación de áreas con mayor idoneidad ambiental de la especie *Ipomoea pauciflora* en los andes del Centro-sur del Perú.

1.2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el nicho ecológico de la especie *Ipomoea pauciflora* en los Andes del centro-sur del Perú.
- Identificar las áreas con mayor idoneidad ambiental de la especie *Ipomoea pauciflora* en los Andes del centro-sur del Perú.

1.3 Justificación e importancia

La presente investigación se justificó por su relevancia científica, ya que permitió generar información sobre la distribución potencial de la *Ipomoea pauciflora*, mediante el uso de técnicas de modelado del nicho, contribuyendo al fortalecimiento del conocimiento ecológico de especies vegetales propias de los ecosistemas andinos del centro sur del Perú.

Desde el punto de vista metodológico, el estudio aplicó herramientas de modelado ecológico y análisis espacial, empleando variables bioclimáticas y algoritmos validados, lo cual permitió obtener resultados confiables y reproducibles que pueden servir como referencia para investigaciones similares en especies con información limitada.

Así mismo, la investigación se alineó con los principios de desarrollo sostenible y con el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 15 “vida de ecosistemas terrestres”, específicamente con la meta 15.4, orientada a garantizar la preservación de los ecosistemas de montaña y su biodiversidad biológica, con el fin de fortalecer su capacidad para proporcionar beneficios fundamentales (Organización Internacional del Trabajo (OIT), 2017). En este sentido, el estudio generó evidencia científica que puede ser considerada por instituciones públicas y privadas vinculadas a la gestión ambiental.

La pérdida de biodiversidad y los servicios ecosistémicos han demostrado generar impactos significativos en la seguridad alimentaria, la salud humana, el tejido cultural y los medios de vida de la población, especialmente en comunidades rurales e indígenas (Valencia et al., 2021). En este contexto, la presente investigación adquirió relevancia al aportar información científica que respalda la inclusión de especies nativas como *Ipomoea pauciflora*, en proyectos de conservación de los bosques andinos, considerando su rol ecológico y su potencial como fuentes de compuestos con propiedades insecticidas, herbicidas y etnofarmacológicas (Valencia et al., 2021). Así mismo, el estudio cobró importancia al considerar que la especie *Ipomoea pauciflora* ha sido clasificada recientemente como "Preocupación menor" en la Lista Roja de Especies Amenazadas lo que resalta la necesidad de generar información preventiva que contribuya a su adecuada gestión y conservación a largo plazo Gardens, (2021).

Finalmente, el estudio resultó viable, debido a la disponibilidad de registro de presencia, base de datos oficiales y herramientas de software libre, lo que permitió su ejecución sin limitaciones técnicas significativas.

1.4 Variables

1.4.1 Variable 1

Tabla 1

Operacionalización de la variable 1

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Definición Operacional	Instrumentos	Unidad de Medida
Nicho ecológico (NE)	El nicho ecológico (NE) comprende las condiciones necesarias de una especie para su supervivencia en una región y los impactos que genera en su entorno, incluyendo sus interacciones con otras especies, su hábitat y el medio ambiente, cuya interpretación varía según si se enfoca en los factores ambientales que posibilitan su existencia o en su rol funcional dentro de la comunidad (Townsend et al., 2011).	Condiciones ambientales	Precipitación	Rango de precipitación que favorece la presencia de la especie.	Datos bioclimáticos de WorldClim, SIG	mm
			Temperatura	Intervalo de temperatura en el que <i>Ipomoea pauciflora</i> puede desarrollarse.		°C
		Presencia de la especie	Localización geográfica	Coordenadas donde se ha registrado la especie.	Trabajo de campo, bases de datos (GBIF, Inaturalist, DryFlor, herbarios, etc.), SIG.	grados (°)

Nota: El nicho ecológico representa las condiciones ambientales favorables para la presencia de la especie en estudio.

1.4.2 Variable 2

Tabla 2

Operacionalización de la variable 2

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Definición Operacional	Instrumentos	Unidad de Medida
Áreas de distribución potencial	Se definido como el espacio geográfico que ocupa una especie, en la cual mantiene interacciones con el ecosistema sin asumir un papel ecológicamente dominante dentro de él. (Maciel-Mata et al., 2015)	Idoneidad del hábitat	área	Áreas con mayor probabilidad de presencia según modelos ecológicos.	Modelos envolventes climático (BIOCLIM), SIG	Km ²

Nota: El área de distribución potencial representa la extensión donde la especie puede encontrarse en condiciones favorables.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Problema

2.1.1. *Antecedentes Internacionales*

En la investigación realizada por (Asaad et al., 2016), El estudio se centra en la identificación de áreas clave para la biodiversidad y en la evaluación de la eficacia de las áreas protegidas existentes en la conservación de la biodiversidad. Para ello, se emplea un enfoque de modelado de distribución de especies con el fin de delimitar dichas áreas clave, y se aplica una comparación de biodiversidad dentro y fuera de las áreas protegidas para valorar su efectividad. Los resultados de la investigación evidencian que el modelado de distribución de especies es una herramienta eficaz para identificar zonas prioritarias para la conservación. Asimismo, se concluye que las áreas protegidas actuales contribuyen significativamente a la conservación de la biodiversidad; no obstante, se requieren acciones adicionales tanto para optimizar su efectividad como para ampliar su cobertura.

En el estudio de (Diao et al., 2021) Se identificaron áreas prioritarias para la conservación de especies en una región caracterizada por su alta biodiversidad en China, mediante el uso de datos públicos sobre la presencia de especies y la aplicación de modelos de distribución de especies. Los resultados del estudio evidencian que la integración de estos datos y herramientas contribuye significativamente a optimizar la planificación de estrategias de conservación a escala local. En particular, se delimitaron zonas clave dentro de la región de los Tres Ríos Paralelos, y se formularon recomendaciones que podrían ser aplicadas en otras regiones con fines de mejorar la planificación y eficacia de las acciones de conservación de la biodiversidad.

(Suárez-mota et al., 2015), Analizaron la similitud de nichos ecológicos entre especies de plantas congenéricas en México. Para llevar a cabo el estudio, recolectaron datos de distribución geográfica y variables ambientales de 20 especies de plantas congenéricas en México. Luego, utilizaron modelos de distribución de especies para analizar la similitud de nichos ecológicos entre las especies. Los resultados mostraron que las especies congenéricas tienden a tener nichos ecológicos similares, lo que sugiere que la evolución convergente puede estar influyendo en la similitud de nichos ecológicos. Además, los autores encontraron

que la elevación, la pendiente y la orientación son factores importantes que influyen en la similitud de nichos ecológicos entre las especies. El estudio sugiere que la similitud de nichos ecológicos entre especies con genéricas puede ser el resultado de la evolución convergente y que la elevación, la pendiente y la orientación son factores importantes que influyen en la similitud de nichos ecológicos entre las especies. Estos hallazgos pueden ser útiles para la conservación de especies y la gestión de ecosistemas en México.

(Xie et al., 2023) desarrollaron un estudio en diversas provincias del suroeste, sur y este de China con el objetivo de identificar los factores bioclimáticos que determinan la distribución geográfica del árbol endémico y amenazado *Tapiscia sinensis*, además de predecir su hábitat potencial bajo escenarios climáticos actuales y futuros. La muestra consistió en 117 registros validados de ocurrencia natural de la especie. Metodológicamente, integraron datos de campo y bases de datos herborísticas, aplicaron análisis de correlación de Spearman para eliminar variables multicolineales, realizaron análisis de componentes principales para seleccionar variables climáticas relevantes, y modelaron la distribución mediante el modelo BIOCLIM utilizando datos bioclimáticos de WorldClim. En los resultados destacaron que variables relacionadas con la temperatura, especialmente estacionalidad e isoterma, limitan la distribución de *T. sinensis*, y se pronosticó una considerable reducción y fragmentación de su hábitat bajo un escenario climático futuro con el doble de CO₂ atmosférico para 2100. El estudio evidenció que el cambio climático amenaza la supervivencia de la especie y validó el modelo BIOCLIM como herramienta confiable para la identificación de hábitats adecuados. El aporte principal radica en ofrecer una base científica para el diseño de estrategias de conservación y manejo adaptativo para salvaguardar *T. sinensis* frente a las amenazas ambientales presentes y futuras.

(Buirra, 2016), evaluó la utilidad de los modelos de nicho ecológico para la localización de estas seis plantas raras y amenazadas dentro del parque Els Ports Natural Park, una zona montañosa en el noreste de España, que alberga una gran diversidad de especies vegetales y animales, incluyendo seis plantas raras y amenazadas que fueron objeto de estudio. Utilizó datos de presencia de las seis especies de estudio y variables ambientales para generar modelos de nicho ecológico utilizando el programa MaxEnt. Se evaluó la precisión de los modelos utilizando el índice de área bajo la curva (AUC) y se generaron mapas de idoneidad

del hábitat para cada especie. Se seleccionaron ocho áreas para establecer itinerarios de muestreo basados en la agregación de celdas de los mapas de idoneidad del hábitat. Los modelos de nicho ecológico generados tuvieron una alta precisión, con valores de AUC que oscilaron entre 0,85 y 0,99. Los mapas de idoneidad del hábitat mostraron que las áreas con mayor idoneidad para las seis especies de estudio se encontraban en las zonas montañosas del parque. El muestreo de campo confirmó la presencia de las seis especies de estudio en las áreas seleccionadas y los valores de sensibilidad y especificidad indicaron que los modelos de nicho ecológico fueron capaces de predecir la presencia de las especies con una alta precisión.

Mathur et al (2023) realizaron un estudio en India para evaluar la distribución espacial y la adecuación del hábitat de la especie críticamente amenazada *Commiphora wightii*, utilizando variables bioclimáticas actuales y proyectadas para el 2050, 2070 y 2090, así como factores no bioclimáticos como suelo, uso del suelo, pendiente y heterogeneidad del hábitat. Utilizaron datos de presencia de la especie y aplicó modelos de nicho ecológico con el software MaxEnt y otras herramientas como QGIS y ENMTools para analizar la influencia de estas variables en la distribución, extensión de ocurrencia y área de ocupación de la planta. Los resultados destacaron la importancia de variables relacionadas con la disponibilidad de agua para los escenarios actuales y futuros cercanos, mientras que para 2090 factores térmicos fueron determinantes; además, se observó que la inclusión de variables no bioclimáticas redujo la precisión del modelo. Concluyeron que las condiciones climáticas futuras podrían ampliar las áreas adecuadas para la especie, aunque la actividad humana será un factor decisivo, y recomiendan incorporar múltiples enfoques para mejorar la predicción del nicho ecológico. Este estudio aporta un análisis detallado sobre el impacto del cambio climático y variables ambientales en la conservación de *C. wightii*, proporcionando una base para estrategias de manejo y conservación en un contexto de escenarios climáticos variables.

Menon et al., (2010), estudiaron la ubicación de poblaciones de una especie de árbol en peligro de extinción en Arunachal Pradesh, India, utilizando la modelización de nicho ecológico (ENM). La especie se encuentra en una situación precaria debido a la pérdida y degradación del hábitat, su pequeño tamaño de población, la mala capacidad de dispersión y regeneración natural, y la separación de árboles machos y hermafroditas. Los resultados de las encuestas de campo y

entrevistas con los habitantes locales se basaron en las predicciones de áreas altamente adecuadas para la ocurrencia de la especie según ENM. El estudio discute las implicaciones de estos resultados para mejorar los esfuerzos de conservación in situ y ex situ.

(Flores-tolentino et al., 2019), evaluaron diferentes propuestas de distribución potencial del bosque tropical seco en Michoacán, México, utilizando modelos de nicho ecológico. El lugar de estudio fue el estado de Michoacán, donde se encuentra una gran diversidad de ecosistemas y especies endémicas. Recolectaron de datos de presencia de especies y variables ambientales, y la aplicación de diferentes algoritmos para construir modelos de nicho ecológico. Los resultados mostraron que el modelo más preciso y equilibrado en el porcentaje de errores de omisión y comisión fue el propuesto por los autores, y el más similar fue el propuesto por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía-INEGI.

(Mirdavoudi et al., 2022)(Mirdavoudi et al., 2022), Modela el nicho ecológico *Artemisia sieberi* y predecir su distribución potencial en la vegetación de la estepa iraní. Además, buscaron identificar los factores ambientales que influyen en la distribución de esta especie y evaluar su estado de conservación. Tomaron tres sitios ubicados en las provincias de Khorasan Razavi, Semnan y Yazd, y seleccionaron 50 puntos de muestreo en cada sitio para recolectar datos sobre las características del suelo y la topografía. Utilizaron modelos de nicho ecológico para predecir la distribución potencial de *Artemisia sieberi* en la estepa iraní. Se recolectaron datos sobre las características del suelo y la topografía en los sitios de muestreo, y se utilizaron técnicas estadísticas para analizar la relación entre estas variables y la presencia de la especie. Se utilizaron modelos de máxima entropía (MaxEnt) y modelos de bosques aleatorios (RF) para predecir la distribución potencial de la especie. Los resultados indican que la distribución potencial de *Artemisia sieberi* está influenciada principalmente por la temperatura media anual, la precipitación estacional y la altitud. Los modelos de nicho ecológico predicen que la especie tiene una distribución potencial en la mayor parte de la estepa iraní, con una mayor probabilidad de presencia en las regiones del norte y centro. Además, se encontró que la especie está en peligro de extinción debido a la degradación del hábitat y la sobreexplotación.

(Wood et al., 2020), Realizaron una monografía detallada de 425 especies de *Ipomoea* en el "Nuevo Mundo", que proporciona información sobre la

descripción, ecología, distribución e información taxonómica de cada especie. Además, se incluye una sinonimia completa y *lectotipificación* de 272 nombres. Describe la importancia de *Ipomoea* para la actualidad y la necesidad de esta numerosa familia; además, enfatiza en metodología de estudio, incluyendo la recolección de especímenes, la revisión de literatura y la identificación de especies. Además, realizaron una lista completa de las 425 especies de *Ipomoea*, junto con información detallada sobre cada especie, taxonomía y la evolución.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Navarro et al., (2019), realizaron modelos de nichos ecológicos en el departamento de Tacna de especies de flora amenazada en escenarios de cambio climático. Se utilizó la herramienta MaxEnt para predecir la distribución geográfica de las especies en función de variables ambientales, como la temperatura, la precipitación, la altitud y la pendiente del terreno. Los resultados mostraron que las especies estudiadas podrían experimentar cambios significativos en su distribución geográfica en el futuro, especialmente en las zonas costeras y andinas. Se concluye que el modelamiento de nichos ecológicos es una herramienta útil para la gestión y planificación territorial, y para la conservación de la biodiversidad en el contexto del cambio climático.

En un estudio de Villasante et al., (2021), realizó una descripción detallada de la especie *Tillandsia purpurea*, su hábitat, distribución, nicho ecológico y estado de conservación a lo largo de la costa peruana. El lugar de estudio fue la costa peruana, desde Piura en el norte hasta Tacna en el sur. Utilizó modelos de nicho ecológico y un estudio de campo para recopilar datos sobre la distribución y el estado de conservación de la especie. Los resultados mostraron que la distribución de la especie no es continua, sino que se encuentra en parches a lo largo de la costa peruana, y que su estado de conservación es preocupante debido a las amenazas a las que se enfrenta, y la importancia de la especie en el ecosistema costero y la necesidad de tomar medidas de conservación para protegerla.

En la investigación de Gonzáles et al., (2022), analizaron la distribución geográfica y el estado de conservación de *Pedersenia weberbaueri*, un arbusto endémico y altamente amenazado del valle del Marañón de Perú. Para ello, se realizó un estudio de campo en el que se registraron las localidades de la especie y se evaluó su estado de conservación. Además, se llevó a cabo la lectotipificación

de la especie, lo que permitió establecer un nombre científico válido y unificado para la misma. determinaron que la *Pedersenia weberbaueri* se encuentra en peligro crítico de extinción debido a la pérdida de hábitat y la fragmentación de su distribución geográfica.

El estudio de (Quispe, 2022) se desarrolló en los Andes peruanos con el objetivo de modelar los efectos del cambio climático en la distribución potencial de seis especies del género *Polylepis* (*P. albicans*, *P. argentea*, *P. flavipila*, *P. multijuga*, *P. rodolfo-vasquezii* y *P. subsericans*). Se utilizó una muestra compuesta por datos de ocurrencia y variables climáticas, aplicando modelamientos de distribución potencial mediante software libre como R Project para identificar áreas prioritarias para la conservación. Los resultados muestran una pérdida significativa de áreas de distribución potencial para todas las especies bajo escenarios climáticos pesimistas (RCP 8.5), con algunas especies como *P. rodolfo-vasquezii* enfrentando una reducción casi total. Además, se delimitaron regiones prioritarias para la conservación, destacando la importancia de integrar estudios bióticos y antrópicos para garantizar la protección efectiva. El estudio concluye que el cambio climático impactará negativamente la distribución de estas especies, desplazándolas a elevaciones más altas y reduciendo sus hábitats disponibles, lo que resalta la necesidad de estrategias de conservación focalizadas y uso de modelamientos en la toma de decisiones para la conservación de ecosistemas vulnerables en los Andes peruanos

Huaman-Arque et al. (2022) desarrollaron su estudio en Perú y Bolivia con el objetivo de estimar la distribución potencial de la especie *Puya raimondii* en el contexto del cambio climático, analizando también la importancia de las áreas naturales protegidas para su conservación. Utilizaron modelamiento de nicho ecológico basado en datos de presencia de la especie, variables ambientales, escenarios de cambio climático proyectados al 2050 y 2070, y herramientas de análisis estadístico como la selección de variables ambientales y evaluación de modelos con AICc y ROC, para identificar la probable pérdida de hábitat debido a actividades humanas y cambio climático. Entre sus principales resultados, encontraron que la distribución actual de la especie abarca aproximadamente 137,522 km², de los cuales solamente un 7.5% están dentro de áreas protegidas, y que el impacto del cambio climático podría reducir su rango en un 41.3% para 2050 y en un 51.1% para 2070, además de evidenciar una significativa disminución del

hábitat en estas áreas. Las conclusiones indican que las áreas protegidas actuales son insuficientes para la conservación de *P. raimondii*, dado que la mayor parte de su hábitat es vulnerable a la pérdida por actividades humanas y efectos del cambio climático, por lo que se resalta la necesidad de desarrollar estrategias de conservación más efectivas y considerar el impacto del clima en la planificación de la protección.

Arias, (2016), Modelo el nicho ecológico de tres especies de árboles en las regiones de Huánuco, Pasco y Junín, con el fin de comprender su adaptación al entorno y proteger la biodiversidad de los bosques. La metodología utilizada fue de tipo aplicada, de nivel descriptivo, con diseño no experimental, y de corte longitudinal, considerando los atributos de las especies y obteniendo datos de recolección de especímenes de herbarios. Los resultados mostraron que las tres especies tienen un nicho ecológico amplio y que su distribución geográfica está influenciada por factores climáticos y topográficos, identificando áreas prioritarias para su conservación.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Nicho ecológico

El nicho ocupa una posición dominante en la teoría ecológica porque la mayoría de las estructuras conceptuales en ecología lo consideran de manera explícita o implícita (Grinnell, 1904; Milesi & Lopez, 2005); restringido por lo que se conoce como nicho ecológico, que se refiere al momento presente en el cual el organismo se desarrolla y cómo interactúa con los factores ambientales que lo rodean (Townsend, 2006). Sin embargo, la definición, medición y predicción de los nichos han sido objeto de una controversia persistente entre los ecólogos (McInerny & Etienne, 2012; Sales et al., 2020). Con el tiempo, el concepto de nicho se ha transformado en una noción más funcional y se fundamenta en la distribución de la utilización de recursos por parte de las especies en cuestión (Macarthur & Levins, 1967; Sales et al., 2020). Por lo que, el nicho ecológico se refiere este comprende la ubicación que ocupa una especie en un ecosistema y engloba tanto sus necesidades de hábitat como su función en dicho entorno (Polechová & Storch, 2008). Grinnell fue uno de los primeros ecólogos en establecer que el nicho ecológico es "la unidad de distribución más pequeña dentro de la cual cada especie se mantiene debido a sus limitaciones instintivas y estructurales" (Grinnell, 1904).

a) Nicho ecológico fundamental:

Según Hutchinson (1957), se refiere al conjunto de todas las condiciones ambientales que permitirían que una especie sobreviva y se reproduzca en ausencia de interacciones biológicas, como la competencia y la depredación (Peterson, 2011). La cual responde al rango de condiciones que la especie efectivamente ocupa en la realidad (Cuervo et al., 2017).

b) Nicho ecológico realizado/efectivo

Este nicho es más restringido y define el rango de condiciones que realmente utiliza una especie en su hábitat natural, considerando las interacciones bióticas como la competencia y la depredación (Cuervo et al., 2017). Hutchinson (1957), como una parte del nicho fundamental donde la presencia de la especie está limitada por interacciones con otros organismos, representando el espacio ecológico y geográfico que realmente ocupa (Broennimann et al., 2012; Lozano, 2020).

2.2.3. Modelado de nicho ecológico

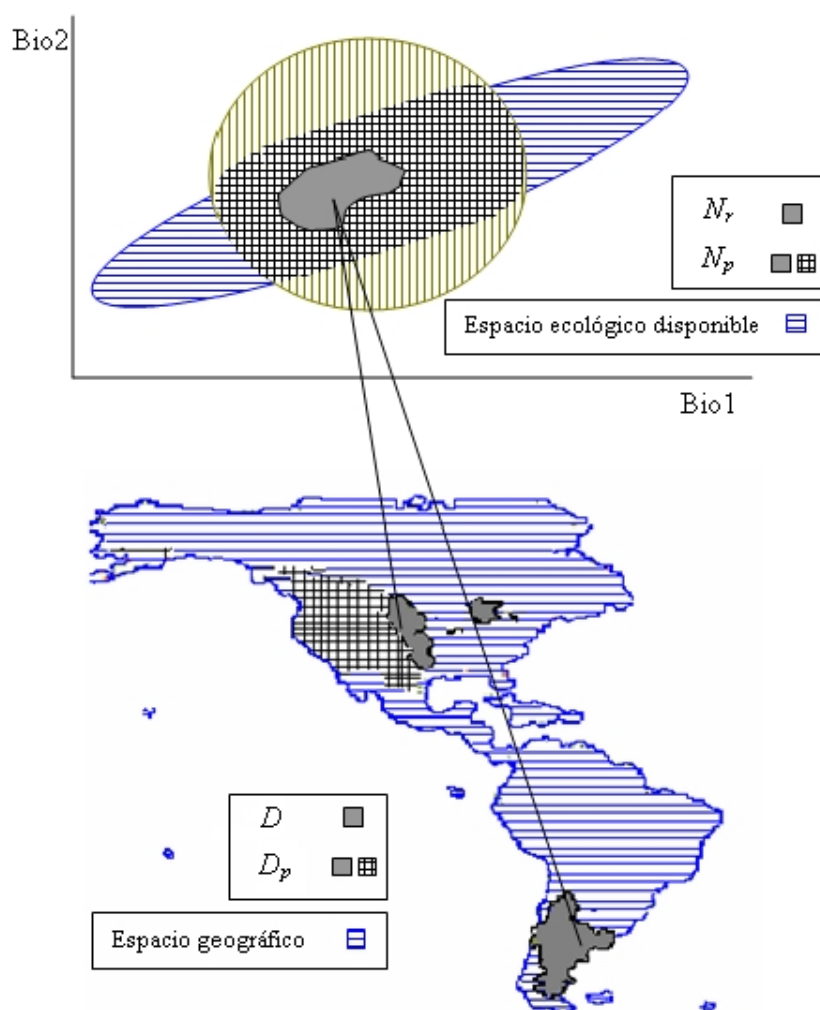
Un modelo de nicho ecológico (MNE) constituye un conjunto de técnicas correlativas destinadas a identificar las condiciones ambientales asociadas a la presencia de una especie, modelando la dimensión ambiental que ocupa y proyectándola sobre el espacio geográfico a partir de variables ambientales y registro georreferenciados y ausencias en ocasiones (Jiménez et al., 2011; Warren, 2012; Zurell & Engler, 2019). Su propósito es establecer relaciones significativas entre las características ecológicas de las localidades de muestreo y aquellas seleccionadas aleatoriamente en la región en estudio (Albarrán, 2005). Mediante este procedimiento, se generan reglas que describen los factores ambientales vinculados a la presencia de la especie. Asimismo se han utilizado modelos de distribución de especies (MDE) tanto para analizar el espacio geográfico como para analizar comparaciones en el espacio ambiental con los objetivos de: (1) identificar cambios en el nicho ecológico a lo largo del desarrollo de la especie y (2) determinar las causas que han impedido su establecimiento (Rubió et al., 2017).

2.2.4. Relación entre nicho y distribución

La distribución de las especies responde a una combinación de factores históricos, ecológicos y fisiológicos que condicionan a su presencia o ausencia en

un territorio (Maciel et al., 2015). Según Pulliam, (2000), una especie ocupará áreas donde las condiciones le permitan mantenerse o crecer, pero su distribución efectiva dependerá de las interacciones con otras especies y de limitaciones históricas o de dispersión, lo que explica por qué no siempre se encuentra en todas las áreas potencialmente aptas.

La relación entre el nicho y la distribución es una interacción compleja que ha recibido una atención significativa en la investigación ecológica. Un nicho se refiere a la gama de condiciones ambientales en las que una especie puede prosperar, mientras que la distribución se refiere a la extensión espacial de la presencia de una especie (Soberón et al., 2017). Las preferencias ambientales (o nicho ecológico) de una especie determinan su capacidad para colonizar exitosamente un área y, en consecuencia, su distribución y abundancia (Osorio et al., 2016). Desde los estudios de Grinnell, se ha observado que las regiones con condiciones óptimas en el centro del nicho albergan poblaciones más abundantes, mientras que las zonas periféricas con condiciones menos favorables tienen densidades menores (Kambach et al., 2019; Osorio et al., 2016).

Figura 1*Relación entre nicho ecológico y distribución*

Nota: La figura representa la relación entre nicho ecológico y distribución: $N_r = \varphi(D)$ (la imagen directa de la distribución es el nicho realizado); $N_p = \varphi^{-1}(N_p)$ (la imagen inversa del nicho potencial es la distribución potencial). Adaptado de (López, 2007).

La Figura 1 ilustra la relación teórica entre el nicho ecológico y la distribución de las especies, diferenciando el nicho realizado y el nicho potencial. Según López (2007), el nicho realizado se manifiesta espacialmente a través de la distribución observada de una especie bajo las condiciones ambientales actuales, mientras que el nicho potencial comprende el conjunto de condiciones ambientales que permiten su establecimiento, aun cuando la especie no se encuentre presente en todos esos espacios. Tanto el nicho como la distribución están relacionados con la

factibilidad de vida de la especie, diferenciándose en los espacios donde se definen, ya que la distribución corresponde al espacio geográfico, mientras que el nicho se establece en un espacio ecológico, denotándose el primero como $G(C, R)$ y el segundo como $E(R^p)$ cuando se consideran p variables ambientales (López, 2007).

Comprender cómo interactúan estos conceptos es crucial para predecir las respuestas de las especies a los cambios ambientales.

2.2.5. Validación de MNE

La validación de los modelos ecológicos se centra en la capacidad de predecir combinaciones ambientales específicas en lugar de solo proyectar resultados en el espacio geográfico, ya que un gran número de puntos de ocurrencia podría inflar artificialmente el tamaño de la muestra debido a la redundancia ambiental (Soberón & Peterson, 2005). Para mejorar este proceso, se han desarrollado "especies virtuales", las cuales permiten controlar la forma, posición y amplitud del nicho ecológico, facilitando la evaluación de la respuesta de las especies a las variables ambientales, especialmente cuando los datos disponibles pueden estar sesgados o no representar correctamente el nicho ecológico (Cuervo et al., 2017; Soberón et al., 2017). La validación del modelo implica determinar la efectividad predictiva de los modelos a través de su significancia estadística que permite contrastar los valores observados con los valores predichos por el modelo (Arias, 2016). En este sentido, la tabla 3 muestra la matriz de confusión de presencia/ausencia, la cual constituye un instrumento fundamental para evaluar el desempeño del modelo de distribución empleado.

Tabla 3

Matriz de confusión de presencia/ausencia.

		Datos reales (registro de presencia y ausencia)	
		Presencia	Ausencia
Datos predichos (modelo de distribución)	Presencia	A	B
	Ausencia	C	D

Nota: La tabla muestra la relación entre los datos reales de presencia y ausencia de la especie y los valores predichos por el modelo de distribución, utilizada para evaluar su desempeño predictivo. Adaptado de (Arias, 2016).

Donde:

A: Localidades en las que se ha confirmado la presencia de la especie y cuya ocurrencia es correctamente predicha por el modelo, constituyendo así verdaderos positivos.

B: Localidades en las que no se registra la presencia de la especie, pero que son incorrectamente identificadas por el modelo como áreas de presencia, constituyendo falsos positivos.

C: Localidades en las que se ha documentado la presencia de la especie, pero que no son reconocidas como tales por el modelo, lo que representa falsos negativos.

D: Localidades en las que no se ha registrado la presencia de la especie y cuya ausencia es correctamente estimada por el modelo, constituyendo así verdaderos negativos.

2.2.2. *Ipomoea pauciflora*

a) Taxonomía.(Gbis, 2020), la clasificación taxonómica *Ipomoea pauciflora* es de la siguiente manera:

Reino	:	Plantae
Clase	:	Magnoliopsida
Orden	:	Solanales
Familia	:	Convolvulaceae
Género	:	<i>Ipomoea</i>
Especie	:	<i>Ipomoea pauciflora</i> M.Martens & Galeotti

b) Morfología:

Ipomoea pauciflora es una especie de arbustos o pequeños árboles perennes que pueden alcanzar alturas de hasta 3 metros, su superficie de la planta es glabra, aunque se pueden observar algunos tricomas en los sépalos y tricomas glandulares en la base de los filamentos cortos; las hojas son de forma ovada, con dimensiones aproximadas de 3 a 10 cm de longitud y 2.5 a 7 cm de ancho (Soto, 1987), su base

de las hojas es abiertamente cordada o subtruncada, mientras que el ápice es agudo a acuminado (Paniagua et al., 2020), los nervios subparalelos son prominentes en la parte inferior de las hojas. Las inflorescencias se presentan en cimas con pocas flores en las axilas superiores de las ramas; los sépalos son ovados, gruesos y tienen un tamaño cercano a los 9 a 12 mm de largo y 7.5 a 10.5 mm de ancho (Huamantupa & Cuba, 2013). La corola tiene forma de embudo y alcanza longitudes entre 5 y 7 cm. Los estambres miden aproximadamente de 15 a 21 mm de largo, mientras que las anteras tienen una longitud de 7 a 9 mm y presentan polen espinoso (Soto, 1987). La planta se caracteriza por tener un disco floral grueso y posee raíces desarrolladas que le permiten extraer agua y nutrientes del suelo de manera eficiente. Las flores de la *Ipomoea pauciflora* son de color blanco y se disponen en inflorescencias en forma de cimas. Produce frutos en forma de cápsulas que contienen semillas (Martens, 2023; Paniagua et al., 2020).

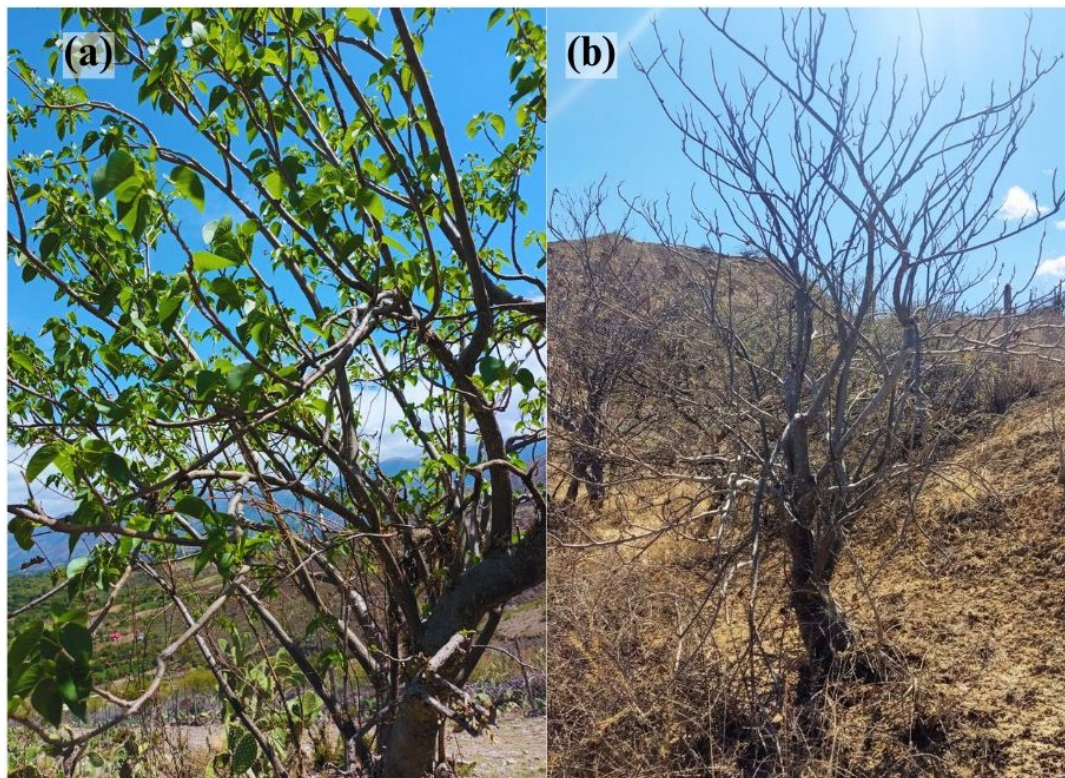
c) Hábitat y principales amenazas

La *Ipomoea pauciflora* se encuentra a altitudes que oscilan entre 300 y 1200 metros sobre el nivel del mar (Alcántar et al., 2012). Esta especie es una planta adaptada a climas cálidos y secos (Cortes et al., 2017), su fisiología le permite sobrevivir en condiciones de baja disponibilidad de agua.

Se encuentra en diversos hábitats, principalmente en climas templados secos bosques tropicales caducifolios, donde es rica en especies. Además, se adapta bien a pastizales secundarios y prefiere suelos litosoles, vertisoles y luvisoles, ampliamente distribuidos en su hábitat (Alcántar et al., 2012).

Figura 2

Presencia de Ipomoea pauciflora en estaciones secas y lluviosas en Huanta.



Nota: (a) *I. pauciflora*. identificada en bosque seco de Cangari (Huanta) (b) *Ipomoea p.* identificada en bosque seco de Huancarumi (Luricocha).

La figura 2 muestra registros fotográficos de la presencia de la especie *Ipomoea pauciflora* que fueron obtenidos durante el trabajo de campo en la provincia de Huanta, localidad de Cangari y Huancarumi, correspondientemente a la estación lluviosa como en la estación seca. Estas evidencias visuales permiten corroborar la ocurrencia de la especie en condiciones climáticas contrastantes y respaldan la información de presencia utilizada en el modelado del nicho ecológico. Así mismo la figura 2 contribuya a la validación de los registros de campo y facilita la comprensión de la adaptabilidad de la especie frente a la variabilidad estacional del área de estudio.

Además, la especie se encuentra expuesta a múltiples amenazas que comprometen su viabilidad y permanencia a largo plazo. La expansión urbana, las actividades agrícolas y ganaderas, así como la transformación del uso del suelo, reducen significativamente sus áreas de crecimiento (Alcántar et al., 2012).

d) Importancia ecológica

Ipomoea pauciflora se ha identificado como una especie clave en la sucesión ecológica, especialmente en bosques tropicales secos. Martínez-Garza et al. subrayan que esta especie, junto con otras, contribuye significativamente a la restauración de ecosistemas degradados mediante su capacidad de germinación y crecimiento rápido, ayudando así a establecer un sotobosque más diverso y saludable (Martínez et al., 2022).

Es comúnmente sometida a niveles considerables de herbívora, lo que indica que desempeña un rol relevante en las interacciones tróficas dentro de su ecosistema. Se han reportado que esta especie muestra una tasa mayor de daños por herbívoros, a pesar de sus defensas químicas (Juan et al., 2015). Esto resalta su importancia como fuente de alimento para diversas especies de herbívoros, afectando así las relaciones interespecíficas dentro del ecosistema.

No solo es relevante en su función como planta de crecimiento, sino también en su interacción con otras especies dentro del ecosistema. La identificación de su relación con otros miembros de la comunidad vegetal, así como sus efectos en procesos como la disponibilidad de nutrientes y el hábitat para fauna, coloca a esta especie como un componente integral para mantener la salud ecológica en los ambientes en que se encuentra (Ortiz et al., 2019; Valentín et al., 2023).

e) Importancia socioeconómica

En el Perú, la planta es utilizada para tratar escalofríos y resfriados, además de contar con propiedades antibacterianas (Paniagua et al., 2020).

2.3. Definiciones de términos

2.3.1. Modelamiento de nicho ecológico de especies arbóreas

Los modelos de distribución presentan características integrales mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (SIG), estadística y ecología de especie (Quispe, 2022). Este proceso implica asociar o relacionar especies arbóreas de interés, con condiciones ambientales virtuales (capas), a fin de identificar idoneidad de hábitat o distribución la cual corresponde a un modelo de una especie (Elith et al., 2010).

Bioclim

Este conjunto de técnicas se basa en registros ocasionales de ocurrencia de una especie, y puede clasificarse en dos grandes grupos: *i) técnicas descriptivas*, que emplean datos de presencia junto con información climática o geográfica mediante el uso de algoritmos matemáticos, y *ii) técnicas discriminantes*, que incorporan datos tanto de presencia como de ausencia con el fin de estimar la idoneidad del hábitat de forma directa e indirecta (Mateo et al., 2011, citado en Maciel et al., 2015). Cabe señalar que el primer grupo de técnicas se asocia comúnmente con el enfoque Bioclim.

El algoritmo Bioclim ha sido ampliamente empleado en el modelado de la distribución de especies y es considerado uno de los enfoques clásicos dentro de los modelos de envolvente climática (Elith et al., 2006). Este algoritmo evalúa la idoneidad de un sitio comparando sus valores ambientales con la distribución percentil de dichas variables en los sitios de ocurrencia conocidos (también denominados sitios de entrenamiento). Cuanto más cercanos estén los valores ambientales de un sitio al percentil 50 (mediana), mayor será su idoneidad para la especie (Hijmans et al., 2024; Smart et al., 2019; Xie et al., 2023). Por ejemplo, si una especie vegetal tropical requiere una precipitación anual entre 1,500 y 3,000 mm, el modelo identificará aquellas zonas que se encuentren dentro de este intervalo (Timaná & Cuentas, 2015).

A pesar de su eficacia, este método se basa en suposiciones de equilibrio ecológico y dispersión ilimitada, lo que puede llevar a predicciones que sobrestimen la idoneidad del hábitat en comparación con modelos más complejos que incorporan más variables y las interacciones entre especies (Xie et al., 2023)

2.3.2 Biodiversidad y distribución geográfica

La biodiversidad y la distribución geográfica están intrínsecamente vinculadas, ya que la riqueza de especies y el tamaño del área de distribución se influyen mutuamente (Villalobos, 2014). Los modelos pueden revelar que, aunque exista límites locales que conduzcan a un equilibrio en la riqueza regional, las dinámicas pueden estar desacopladas. Además, las áreas más pequeñas con límites ecológicos altos pueden sustentar una mayor diversidad en comparación con áreas más grandes con restricciones más severas (Herrera et al., 2018).

El gradiente de diversidad latitudinal muestra que la diversidad de especies suele aumentar desde los polos hacia el ecuador (Gizachew, 2022). La biodiversidad está significativamente influenciada por la distribución geográfica, particularmente a través del tamaño y la fragmentación de las regiones climáticas (Coelho et al., 2023), considerando además la escala (Nogués, 2003). Por otro lado, la heterogeneidad ambiental impacta considerablemente la capacidad de las especies para sobrevivir y establecerse.

Es por ello, que a menudo a través de enfoques como la Modelización de Nicho Ecológico (ENM) y la Modelización de Distribución de Especies (SDM), permite a los investigadores predecir áreas donde las especies podrían ocurrir basándose en datos de presencia y variables ambientales (Townsend et al., 2011).

2.3.3. Sistema de información geográfica

Un Sistema de Información Geográfica (GIS o SIG) es un sistema diseñado para capturar, almacenar, consultar, analizar y mostrar datos geoespaciales (Kang, 2017). Mediante estas herramientas se pueden relacionar datos sobre las ocurrencias de especies con conjuntos de datos que resumen dimensiones climáticas, topográficas, edáficas y otras correspondientes a las variables ecológicas, las cuales se presentan en capas (Soberón & Peterson, 2005).

2.3.4. Software libre

a) Lenguaje de programación R

R es un proyecto de software libre bajo licencia GNU, desarrollado inicialmente en los Laboratorios Bell por John Chambers y su equipo. Se ha consolidado como una herramienta fundamental en la investigación en metodología estadística, al proporcionar una plataforma de código abierto que facilita la colaboración y el desarrollo en este campo (Quispe, 2022). Este entorno es compatible con múltiples sistemas operativos, incluidos UNIX, Windows y macOS (Venables et al., 2025). El término *The R Project for Statistical Computing* hace referencia tanto al lenguaje de programación como al entorno de desarrollo utilizado ampliamente para análisis estadístico y visualización gráfica (Hijmans et al., 2024). Lo que puede permitir a realizar análisis complejos, incluyendo la estimación de correlaciones ambientales y residuales entre las especies, la cual lo convierte esencial para que la mayoría de los ecólogos en la aplicación de métodos de modelización. (Duffy & Johnson, 2017; Ovaskainen & Abrego, 2020),

apreciado por su flexibilidad y por la rica variedad de paquetes y funciones (Townsend et al., 2011).

b) QGIS

QGIS es una herramienta de información geográfica de código abierto, desarrollado en mayo de 2002 y establecido como proyecto en SourceForge en junio del mismo año. Buscando ser un SIG intuitivo con funciones esenciales. Inicialmente desarrollado como un visor de datos, ha evolucionado hasta ser utilizado en tareas diarias como visualización, captura, análisis avanzado y creación de mapas, atlas e informes (QGIS Development Team, 2025).

A través de este entorno se puede acceder a una amplia gama de datos vectoriales almacenados en una diversidad de formatos digitales (p. ej. KML, GLM, geopackage, etc.), geodatabases (p. ej. PostgreSQL, ODBC, ESRI Personal GeoDatabase, SQLite) y protocolos de red (OPeNDAP, GeoJSON); así mismo, en datos ráster admitidos por la biblioteca ráster GDAL (ASCII, GIF, GeoTIFF, GRIB y JPEG-2000), la cual es compatible con múltiples plataformas operativas de Linux, Windows, macOS, OSX, incluyendo Android (QGIS Development Team, 2025).

Respecto a la funcionalidad, esta se encuentra ampliamente detallada en su sitio web QGIS web site (<https://www.qgis.org/en/site/>), desde donde constantemente se muestran nuevas actualizaciones.

2.4. Marco Legal

Respondiendo en el marco legal peruano, la constitución, que promueve la conservación de la diversidad biológica, al igual que la ley general del ambiente artículo n° 100, sobre la protección de los ecosistemas de montaña, y a nivel regional como uno de los objetivos estratégicos del 2019 al 2022 preservar la calidad ambiental y la biodiversidad del departamento de Ayacucho (GORE, 2021). Según el instituto interamericano para la investigación del cambio global (IAI), la identificación de zonas prioritarias para la conservación de especies puede ayudar a preservar la biodiversidad de la región (Pfaff, 2023). El uso de técnicas de análisis espacial asigna eficazmente los recursos a las labores de conservación, lo que puede conducir al desarrollo de prácticas sostenibles de uso de la tierra que equilibren las necesidades de conservación y desarrollo (Ministerio del Ambiente, 2016).

Ley N° 26839: Ley sobre la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica(Congreso de la República, 1997)

- **Objeto y ámbito:**

Esta ley norma la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes, en concordancia con los artículos 66 y 68 de la Constitución Política del Perú. Además, adopta los principios y definiciones del Convenio sobre Diversidad Biológica (CBD) para su aplicación.

- **Artículo 1:**

"La presente ley norma la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes en concordancia con los Artículos 66 y 68 de la Constitución Política del Perú. Los principios y definiciones del Convenio sobre Diversidad Biológica rigen para los efectos de aplicación de la presente ley".

- **Principios clave (Artículo 3):**

- Conservación de ecosistemas, especies y genes, manteniendo procesos ecológicos esenciales.
- Promoción de la participación justa y equitativa en los beneficios derivados del uso de la biodiversidad.
- Fomento de la educación, investigación científica y transferencia tecnológica relacionada con la biodiversidad.

- **Mecanismos de conservación (Artículos 13 y 14):**

El Estado promueve mecanismos de conservación in situ (como el manejo regulado de ecosistemas naturales) y ex situ (herbarios, jardines botánicos, bancos de genes), que garantizan la conservación de especies en su lugar de origen y complementan la protección de la biodiversidad.

- **Áreas naturales protegidas y conservación fuera de ellas:**

Aunque tu área de estudio no sea un área natural protegida, la ley reconoce la importancia de conservar la biodiversidad también fuera de estas áreas, mediante mecanismos administrativos, técnicos y jurídicos que promuevan la conservación en territorios no formalmente protegidos.

- **Complementos legales relevantes**

- Constitución Política del Perú (Artículos 66 y 68):

Reconoce que los recursos naturales son patrimonio de la nación y que el Estado tiene la obligación de promover la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad.

- Modalidades de conservación fuera de áreas protegidas:

El marco legal peruano contempla diversas modalidades para conservar la biodiversidad fuera de áreas naturales protegidas, tales como concesiones para conservación, áreas de conservación privada, reservas comunales, entre otras

- Principios clave (Artículo 3):

Conservación de ecosistemas, especies y genes, manteniendo procesos ecológicos esenciales.

Promoción de la participación justa y equitativa en los beneficios derivados del uso de la biodiversidad.

Fomento de la educación, investigación científica y transferencia tecnológica relacionada con la biodiversidad.

Impulso al desarrollo económico basado en el uso sostenible de la diversidad biológica.

III. METODOLOGÍA

3.1. Enfoque, Tipo y nivel y diseño de investigación

a. Enfoque.

El enfoque que toma esta investigación es cuantitativo, por que emplea un procedimiento sistemático y ordenado por el que cada nivel siguiente depende del anterior, eliminando así la capacidad de saltar etapas (Hernández; Fernández; Baptista, 2014).

b. Tipo y nivel

El tipo de investigación es aplicada debido a que se utilizara métodos y técnicas de investigación para recopilar información sobre problemas específicos con fines prácticos Kumar, (2011). El nivel de investigación es descriptivo debido a que se busca representar de manera sistemática una situación, fenómeno detallando lo que prevalece en relación con el tema de investigación (Kumar, 2011).

c. Diseño

El diseño de esta investigación corresponde a un enfoque no experimental, ya que no implica la manipulación deliberada de las variables independientes, sino la observación y análisis de los fenómenos en su entorno natural, tal como ocurren de manera espontánea. Para ello, se emplearán modelos matemáticos de tipo correlacional con el fin de predecir la distribución de la especie (Sampieri & Baptista, 2010).

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1 *Ámbito temporal*

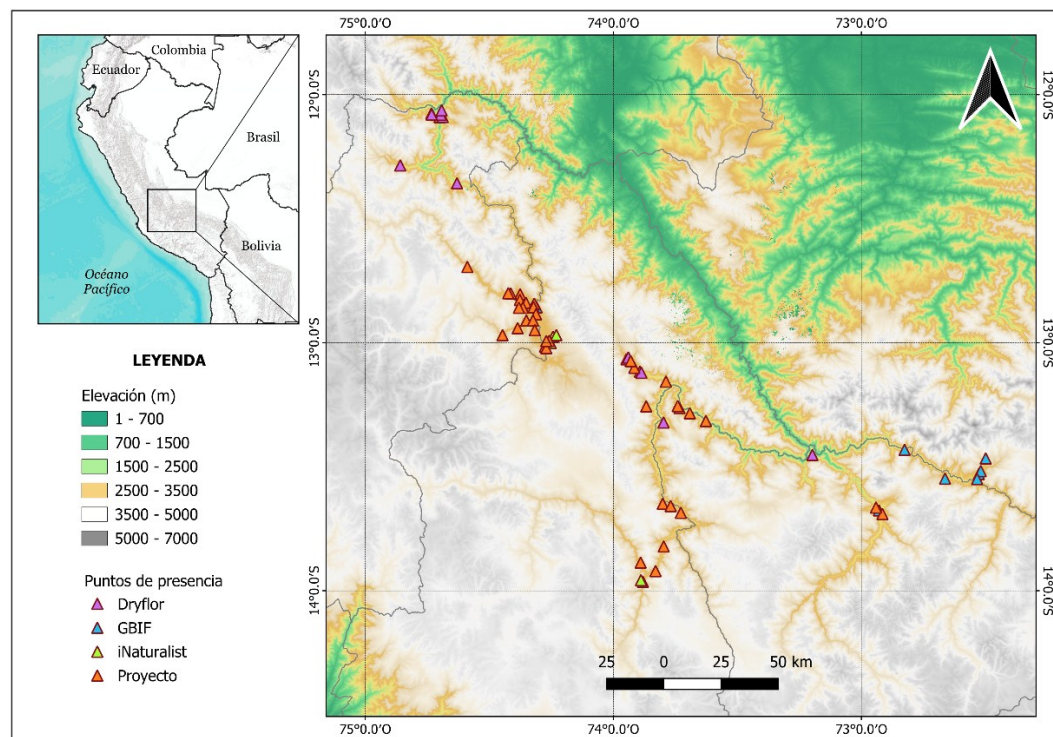
El análisis utilizado es de tipo transversal, ya que se llevó a cabo en un único momento temporal (Hernández; et al, 2014); identificar áreas de distribución potencial de las especies *Ipomoea p.* en la actualidad.

3.2.2 *Ámbito Espacial*

El estudio se realizó en los Andes del centro-sur del Perú, que abarca regiones como Cusco, Apurímac, Ayacucho, Junín y Huancavelica, donde se distribuyen ecosistemas andinos clave para la especie.

Figura 3

Ubicación y puntos de presencia de las especies en estudio



Nota: Mapa de ubicación del área de estudio y distribución espacial de los puntos de presencia de *Ipomoea pauciflora* obtenidos de DryFlor, GBIF, iNaturalist y trabajo de campo. Elaboración propia.

La figura 3 presenta la ubicación del área de estudio y la distribución espacial de los puntos de presencia de la especie *Ipomoea pauciflora* recopilados a partir de diferentes fuentes de información. Esta representación permite visualizar la concentración y dispersión de los registros en relación con la gradiente altitudinal y las características fisiográficas de los Andes del centro-sur del Perú. Por lo que es una evidencia a la base espacial sobre la cual se estimó la idoneidad ambiental de la especie y respalda la selección del área de análisis.

Estos límites regionales presentan una variedad de climas, desde el templado subhúmedo con temperaturas anuales entre 10°C y 15°C en los valles interandinos hasta el frío y árido en las altas montañas con promedios de 5°C a 10°C (SENAMHI, 2021; Ubeda & Palacios, 2008). Las precipitaciones en esta zona son pluviosas, con temporada seca de mayo a septiembre y una lluviosa de octubre a abril (Weberbauer, 1944); y es precisamente, por la presencia de la cordillera de los Andes ejerce un efecto orográfico significativo, lo que resulta en

variaciones locales de temperatura y precipitación (SENAMHI, 2021). Así mismo, permite una variedad de ecorregiones (**Tabla 4**).

Tabla 4

Ecorregiones terrestres propuesto en Libro Rojo de Plantas Endémica (LRPEP).

Ecorregión	Descripciones
Alto Andino (AA)	Comprende las franjas altitudinales que se extienden por encima de los (-4.500) 4.800 m s.n.m.
Meso-Andino (MA)	Se encuentra distribuida en las vertientes occidentales, las laderas de valles interandinos y el altiplano, en un rango altitudinal entre 2.500 a 3.500 (-3.800) m s.n.m
Bosque Seco estacionalmente (BSe)	Se localiza entre 500 y 1.600 m, aunque en algunas regiones puede extendiéndose hasta altitudes de 2.00 y 2.500 metros.
Bosque Seco oriental (BSO)	Ubicado en la zona del “Huallaga central” entre los ríos Huallaga y mayo, distribuyéndose altitudinalmente entre los 100 y 500 m s.n.m
Puna Húmeda Seca (PHS)	Comprende una franja andina de casi todos los departamentos, entre 3.500 (-3.800) y (-4.500) 4.800 m s.n.m
Puna Desértica (PD)	Franja andina distribuyéndose entre los 3.800 m.s.n.m y 4.200 m.s.n.m. con predominancia en la región del suroeste peruano.
Jalca (JA)	Comprende a las zonas de transición entre los Páramos y Puna del centro y sur de Sudamérica, que se distribuye entre (-3.200) 3.500 y 4.200 m.

Nota: Las descripciones se extrajeron de las ecorregiones correspondiente a los a los andes peruanos del Libro Rojo de Plantas Endémicas del Perú (LRPEP) citado por (Britto, 2017).

3.3. Población y muestra

3.3.1 Población

La población constituye todos los registros de presencia de la *Ipomoea pauciflora* que se encuentran en base de datos (GBIF, iNaturalist, DryFlor), documentos (artículos, informes gubernamentales, etc.), salidas de campo.

3.3.2 Muestra

La muestra está formada por 64 registros de presencia de la *Ipomoea pauciflora* distribuidos en las regiones de Junín, Huancavelica, Ayacucho, Apurímac y Cusco, que representa a datos georreferenciados del área de interés (Tabla 08).

3.3.3. Muestreo

Los puntos de presencia que conforman la muestra se realizaron mediante una técnica de muestreo no probabilística; basado en la disponibilidad de registros de presencia confirmados de la especie *Ipomoea pauciflora*. (Moreno, 2016; Ramírez et al., 2021). Este muestreo fue orientado a cubrir la mayor representatividad ambiental y espacial posible dentro del área de estudio (centro-sur del Perú), considerando únicamente registros verificados y georreferenciados con precisión.

3.4. Instrumentos

- ✓ Ficha de recolección de datos de presencia
- ✓ GPS portátil para la georreferencia de forma precisa
- ✓ Bases de datos de presencia
- ✓ Base de datos climáticas WorldClim

3.5 Procedimientos

3.5.1. Organización y obtención de datos

a) Descarga y tratamiento de datos de presencia

Se realizó la recopilación de datos georreferenciados de presencia de la especie *Ipomoea pauciflora* a partir de diferentes bases de datos (GBIF, iNaturalist, Tropicos) mediante el uso de la librería “spocc” en R, abarcando todo el territorio peruano. Además, se descargaron registros directamente desde la base de datos del sitio web DryFlor (<http://www.dryflor.info/>), complementándose con la búsqueda de información en informes técnicos, artículos científicos y tesis.

Posteriormente, se realizó un filtrado de los datos, considerando únicamente registros con una antigüedad máxima de treinta años hasta la actualidad. Asimismo, se procedió a la corrección y estandarización de los nombres taxonómicos, unificando los registros a una única categoría específica, excluyendo subespecies y sinónimos taxonómicos. De igual manera, se efectuaron ajustes en las coordenadas geográficas (latitud y longitud) expresadas en grados decimales (°), empleando el sistema de referencia geodésico WGS84. Además, se seleccionaron exclusivamente aquellos registros ubicados dentro de los límites geográficos de la ecorregión de la serranía peruana, delimitados a partir de la cartografía disponible en el portal web del GeoServidor del MINAM (<https://geoservidor.minam.gob.pe>), la cual cuenta

con un area de extensión de 349 428.53 km². Este procedimiento se realizó en los entornos de R y QGIS, utilizando capas base de acceso público mediante el complemento QuickMapServices (versión 0.21.1), considerando estudios previos que reportan la presencia de la especie en zonas de bosques secos andinos.

b) Selección de datos bioclimáticos

Se obtuvieron 19 variables o capas bioclimáticas estándar relacionada con la temperatura y precipitación (Tabla 5) a partir de la base de datos WorldClim Versión 2.1, las cuales representan condiciones climáticas históricas correspondientes al periodo 1970 – 2000. Estas capas presentan una resolución espacial de 30 segundos de arco (~1 km x 1 km por píxel) (Fick & Hijmans, 2017). Dichas variables son ampliamente utilizadas en estudios de modelamiento de nicho ecológico debido a su relevancia para describir las condiciones ambientales que influyen a la distribución de la especie.

Tabla 5

Variables bioclimáticas de WordClim.

Variable	Descripción
BIO-01	Temperatura promedio anual (°C)
BIO-02	Rango medio diario (temp Max – temp min; promedio mensual) (°C)
BIO-03	Isotermalidad (BIO1/BIO7) * 100 (°C)
BIO-04	Estacionalidad en temperatura (SD × 100) (%)
BIO-05	Temperatura máxima del período más caliente (°C)
BIO-06	Temperatura mínima del período más frío (°C)
BIO-07	Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6) (°C)
BIO-08	Temperatura media en el trimestre más lluvioso (°C)
BIO-09	Temperatura promedio en el trimestre más seco (°C)
BIO-10	Temperatura promedio en el trimestre más caluroso (°C)
BIO-11	Temperatura promedio en el trimestre más frío (°C)
BIO-12	Precipitación anual (mm)
BIO-13	Precipitación en el período más lluvioso (mm)
BIO-14	Precipitación en el período más seco (mm)

BIO-15	Estacionalidad de la precipitación (Coeficiente de variación) (%)
BIO-16	Precipitación en el trimestre más lluvioso (mm)
BIO-17	Precipitación en el trimestre más seco (mm)
BIO-18	Precipitación en el trimestre más caluroso (mm)
BIO-19	Precipitación en el trimestre más frío (mm)

Nota: Las variables bioclimáticas corresponden a capas climáticas estándar de temperatura y precipitación utilizadas en el modelado del nicho ecológico de *Ipomoea pauciflora*. Los datos fueron obtenidos de la base WorldClim versión 2.1 y representan promedios climáticos del periodo 1970–2000, con una resolución espacial de 30 segundos de arco (~1 km² por píxel). Adaptado de Fick y Hijmans (2017)

Para evitar predicciones erróneas en la distribución de especies, es fundamental seleccionar las variables con mayor contribución al modelo, minimizando así la multicolinealidad entre predictores (Flores et al., 2019; Townsend et al., 2011; Xie et al., 2023). Con este propósito, se empleó el análisis de componentes principales (ACP) para identificar las variables que más aportan a la varianza explicada del modelo (Xie et al., 2023), utilizando el paquete estadístico *FactoMineR* en R.

Se consideraron aquellas componentes principales que, en conjunto, explicaron el 90% de la varianza total (Anexo 1, Figura 8), donde el primer eje explicó el 53.9%, el segundo el 27.5% y el tercero el 10.7%. Asimismo, se excluyeron cuatro variables bioclimáticas (bio8, bio9, bio18 y bio19) debido a la presencia de anomalías detectadas en su comportamiento (Escobar et al., 2014).

c) Colecta de muestras y toma de puntos de presencia en campo

Las actividades de trabajo de campo estuvieron orientadas a la prospección, identificación y registro de poblaciones de *Ipomoea pauciflora* en su hábitat natural, con el objetivo de obtener datos primarios precisos sobre su distribución espacial. Para ello, se planificaron recorridos estratégicos en zonas previamente delimitadas en gabinete, utilizando herramientas cartográficas digitales y sistemas de información geográfica (SIG). La selección de las áreas de muestreo se fundamentó en criterios ecológicos asociados a las condiciones ambientales favorables para la especie, considerando rangos altitudinales específicos, coberturas vegetales

representativas (Maher et al., 2014; Ramírez et al., 2021); y unidades de ecosistema típicas de los bosques secos andinos dentro de la ecorregión de la serranía peruana, apoyándose en mapas temáticos de altitud, cobertura vegetal y ecosistemas disponibles en plataformas oficiales, como el GeoServidor del MINAM. En cada sitio de observación, se registraron las coordenadas geográficas de los individuos (Tabla 08) mediante dispositivos de posicionamiento global (GPS) configurados con el sistema de referencia geodésico WGS84, lo que garantizó la precisión y estandarización espacial de los datos obtenidos (Quispe, 2022; Zermoglio et al., 2020). Asimismo, se consideró que, para especies endémicas, existe un requerimiento mínimo de puntos de presencia; de acuerdo con diversos estudios, las muestras pequeñas son viables si se integran con inferencias biogeográficas y umbrales; por ejemplo: Si contamos con 10 sitios se considera regular y disponer de más de 20 puntos se valora como óptimo en el modelamiento (Culshaw et al., 2021; Rotenberry et al., 2006).

Asimismo, se procedió a la colecta de muestras botánicas de *Ipomoea pauciflora* siguiendo protocolos estandarizados utilizados en estudios florísticos y ecológicos. La recolección se realizó únicamente en individuos con estructuras reproductivas visibles (flores o frutos), condición indispensable para una adecuada identificación taxonómica (Bean & Queensland., 2006; Funk et al., 2017; Lipsen, 2023; Ricker, 2019; Victor et al., 2004). Las muestras consistieron en fragmentos representativos de la parte aérea de la planta, incluyendo tallos, hojas, flores y frutos, procurando abarcar la mayor variabilidad morfológica presente en el sitio (Funk et al., 2017). Cada muestra fue extraída cuidadosamente utilizando tijeras de poda y cuchillos de campo esterilizados, evitando dañar excesivamente al individuo o a la población (Davies et al., 2023; Flannery, 2023; Lipsen, 2023). Posteriormente, las muestras fueron prensadas en campo entre papeles absorbentes y cartones rígidos, aplicando presión uniforme mediante prensas botánicas de madera, lo que permitió su preservación inicial hasta su procesamiento en laboratorio. Simultáneamente, cada ejemplar colectado fue georreferenciado con el GPS, y registrado en una ficha de campo con información detallada de la localidad, altitud, fecha de recolección, características del hábitat (tipo de vegetación, cobertura, exposición, pendientes) y observaciones morfológicas relevantes (Bean & Queensland., 2006; Bridson & Forman, 1992; Ricker, 2019). Además, se asignó un código único a cada muestra, el cual fue colocado en una etiqueta de papel

resistente adherida directamente al ejemplar prensado (Funk et al., 2017). Finalmente, las muestras fueron trasladadas al laboratorio de botánica, donde se procedió a su secado en un ambiente controlado, su montaje en papel herbario y su determinación taxonómica mediante la comparación con material de referencia y claves especializadas.

Este procedimiento riguroso garantizó la generación de datos primarios de alta calidad, confiables y verificables, los cuales complementaron la información obtenida de bases de datos secundarias y fortalecieron el análisis de la distribución.

3.5.2. Modelamiento y validación

Inicialmente, se importaron los registros de ocurrencia georreferenciados, las cual se realizó una depuración y se convirtieron en objeto espacial. Posteriormente se cargaron las capas ambientales seleccionadas tras un análisis (PCA), que se organizaron en un objeto multibanda. Para construir el conjunto de datos de fondo, se generó una muestra aleatoria de coordenadas extraídas del espacio geográfico de las capas ambientales, manteniendo una proporción equilibrada respecto al punto de presencia. Luego los registros de presencia fueron subdivididas aleatoriamente en conjuntos de entrenamiento (70%) y prueba (30%) para realizar la calibración y la validación de modelos (El-Khalafy et al., 2025). Para el modelado de las distribuciones potenciales de la *Ipomoea p.* se empleó el algoritmo Bioclim del paquete “*dismo*” en R.

Posteriormente, se procedió a la evaluación del desempeño del modelo mediante indicadores estadísticos basados en la curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*), la cual permite representar gráficamente la relación entre la sensibilidad (proporción de verdaderos positivos) y la especificidad (proporción de verdaderos negativos), colocando en el eje Y la sensibilidad y en el eje X el complemento de la especificidad (1 - especificidad) (Gutiérrez et al., 2018). Una de las métricas derivadas más utilizadas es el área bajo la curva (AUC, por sus siglas en inglés) que cuantifica la capacidad del modelo para distinguir correctamente entre sitios de presencias y ausencias a través de todos los umbrales posibles. los valores del AUC varían entre 0 y 1, donde valores próximos a 1 reflejan un alto poder de discriminación, mientras que un valor de 0.5 indica un rendimiento equivalente al azar (Gutiérrez et al., 2018; Syfert et al., 2014; Townsend et al., 2011). De acuerdo con la clasificación propuesta por Swets, (1988) y retomada por Quispe, (2022),

los valores del AUC se interpretan como “excelente” (0.90–1.00), “bueno” (0.80–0.90), “moderado” (0.70–0.80) y “pobre” (0.60–0.70).

Asimismo, se calcularon métricas adicionales como la tasa de verdaderos positivos (TPR) y la tasa de verdaderos negativos (TNR) a partir de las cuales se estimó el estadístico de habilidad verdadera (TSS, *True Skill Statistic*), considerado un complemento al AUC. Esta métrica permite evaluar la exactitud del modelo en contextos de clasificación binaria (presencia/ausencia) sin que se vea influida por la prevalencia, es decir, la proporción de presencias en la muestra total de datos, a diferencia de otros coeficientes como el Kappa. El TSS, por tanto, permite una estimación conjunta de los errores de omisión y de comisión (El-Khalafy et al., 2025; Gutiérrez et al., 2018). Finalmente, se estimó el coeficiente de correlación (COR) como una medida paramétrica tipo punto-biserial que evalúa la relación entre los valores observados y los valores predichos por el modelo (Allouche et al., 2006; Elith et al., 2006; Zheng & Agresti, 2000).

3.5.3. Cálculo de áreas potenciales y priorización por regiones

Para el cálculo de las áreas idóneas o potenciales se utilizó la composición de los valores de los píxeles del ráster de salida, cuyos valores oscilan entre 0 y 1, donde 0 representa hábitats de baja idoneidad o inadecuados, y 1 indica hábitats de moderada a alta idoneidad (Latif et al., 2013; Yan et al., 2017). En base a esta escala continua, y siguiendo criterios previamente establec

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1 Nicho ecológico de la *Ipomoea pauciflora*

4.1.1.1 Puntos de presencia geográfica

Se recolectaron un total de 64 registros de ocurrencia de *Ipomoea pauciflora* provenientes de cuatro fuentes principales: GBIF, iNaturalist, DryFlor y trabajo de campo (Tabla 6). La mayor proporción de registros (57.8%) provino del trabajo de campo realizado en el marco de esta investigación, lo cual resalta la importancia del esfuerzo de muestreo directo para mejorar la precisión espacial y la confiabilidad de los datos utilizados en el modelado del nicho ecológico.

Tabla 6

*Resumen de obtención de datos de presencia de la especie *Ipomoea pauciflora**

Fuente	N° de Ocurrencias	N° de Registros por Región			
		AY	HV	AP	CU
GBIF	10	2	1	3	4
iNaturalist	4	4	0	0	0
DryFlor	13	1	7	2	0
Trabajo de campo	37	17	14	6	0
Total	64	24	22	11	4

Nota: Abreviatura asignada: AY=Ayacucho, HV=Huancavelica, AP=Apurímac, CU=Cusco.

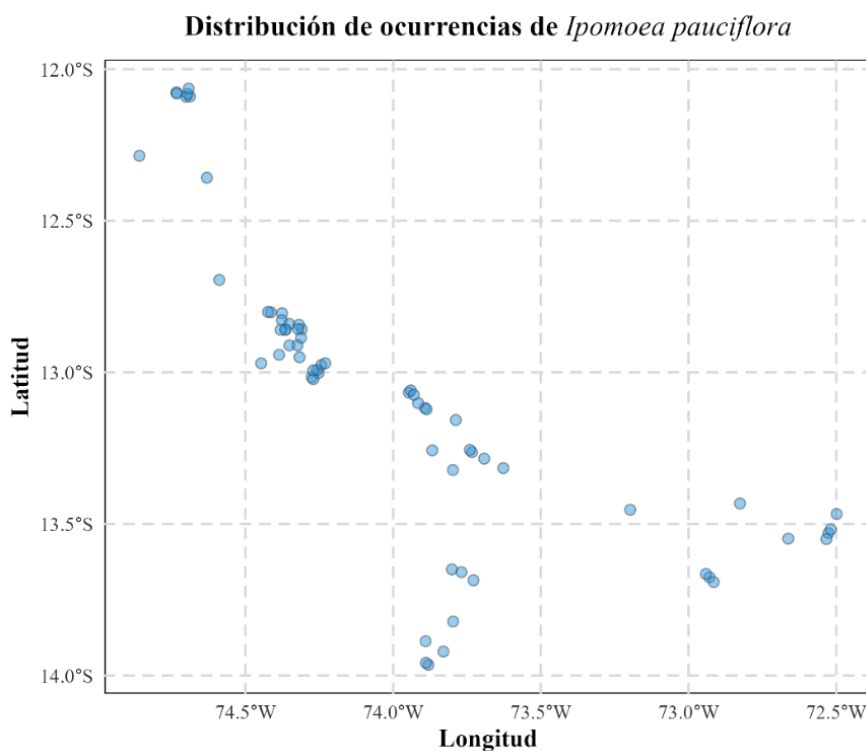
En términos geográficos, los registros de presencia se distribuyen en cuatro regiones del sur andino: Ayacucho (AY), Huancavelica (HV), Apurímac (AP) y Cusco (CU). Ayacucho concentra el mayor número de registros (24), seguida de Huancavelica (22), Apurímac (11) y Cusco (4). Este patrón refleja una mayor representatividad en Ayacucho y Huancavelica, mientras que Cusco presenta una notoria subrepresentación debido a la escasa disponibilidad de datos en fuentes públicas y aun menor muestreo de dicha región.

La distribución espacial de los puntos de presencia, evidenciándose una mayor concentración de los puntos de ocurrencia que se encuentra entre 74.0°O de longitud y aproximadamente los 13.0°S de latitud (Figura 4). Este patrón espacial sugiere la existencia de un área núcleo de distribución o de condiciones ambientales particularmente favorable para la especie *Ipomoea pauciflora*, las cuales fueron

consideradas como base para la estimación de la idoneidad ambiental D mediante el modelado del nicho ecológico.

Figura 4

Distribución geográfica de puntos de presencia.



Nota: Distribución espacial de los registros de presencia de *Ipomoea pauciflora* utilizados en el modelado del nicho ecológico, correspondientes a datos recopilados a partir de bases de datos secundarias y trabajo de campo. Elaboración propia.

4.1.1.2 Selección de variables ambientales

El análisis factorial exploratorio mostró una disminución marcada en los eigenvalores de los primeros tres componentes, seguida de una caída menos pronunciada en los siguientes, lo que indica una mayor concentración de varianza explicada en los primeros factores (Anexo 1, Figura 8). En términos cuantitativos, el primer componente explicó el 53.9 % de la varianza total, el segundo un 27.2 % y el tercero un 10.7 %, alcanzando un total acumulado del 91.8 % de varianza acumulada, valor considerado suficiente para representar adecuadamente la estructura ambiental subyacente de los datos climáticos analizados.

Este resultado permitió reducir la dimensionalidad del conjunto inicial de variables bioclimáticas, conservando la mayor parte de la información relevante para el

modelado del nicho ecológico de *Ipomoea pauciflora*. La representación bidimensional de los casos y variables, proyectada sobre los dos primeros componentes principales, evidencio patrones de agrupaciones y relaciones relevantes entre las variables térmicas y de precipitación, lo que confirma la existencia de gradientes ambientales dominantes en el área de estudio (Anexos 1, Figura 12).

El análisis de componentes principales (PCA) indicó que el primer componente principal (PC1) está dominado por variables térmicas, con mayores contribuciones de la temperatura mínima del mes más frío (*bio06*, ~10.5%) , la temperatura media del trimestre más frío (*bio11*, ~10.0%), temperatura media anual (*bio01*, ~9.5%) y temperatura media del trimestre más cálido (*bio10*, ~9.3%) (Anexo 1, Figura 9). Este componente representa un gradiente térmico, particularmente influenciado por los valores mínimos de temperatura, lo que sugiere que las condiciones térmicas especialmente en sus valores mínimos (frías) constituyen al principal factor ambiental que influye en la distribución de los organismos y de la especie en la región de estudio.

El segundo componente principal (PC2) está fuertemente influenciado por variables de precipitación, destacando la precipitación del trimestre más húmedo (*bio16*, ~21%), precipitación del mes más húmedo (*bio13*, ~20%) y la precipitación anual (*bio12*, ~17%) (Figura 10). Lo que indica que este componente captura la variabilidad en los regímenes pluviométricos, particularmente durante los periodos más húmedos; estas variables exceden significativamente el umbral de contribución esperada bajo una distribución uniforme, representado por una línea punteada roja (Anexos 1, Figura 10) desempeñando un papel determinante en la idoneidad ambiental de la especie.

Finalmente, el tercer componente principal (PC3) está definido por la estacionalidad de la precipitación (*bio15*, ~18%), la temperatura máxima del mes más cálido (*bio05*, ~17%) y la estacionalidad de la temperatura (*bio04*, ~16%), este componente refleja la influencia de la variabilidad climática estacional y los extremos térmicos superiores en la distribución y adaptación factores que pueden incidir en los procesos de adaptación de *Ipomoea pauciflora* frente a condiciones ambientales fluctuantes (Anexos 1, Figura 11).

En conjunto, estos resultados evidencian que la distribución potencial de *Ipomoea pauciflora* está principalmente condicionada por gradientes térmicos y pluviométricos, lo cual sustenta la selección de variables ambientales empleadas en el modelado del nicho ecológico y respalda la capacidad del modelo para identificar áreas con distintos niveles de idoneidad ambiental.

4.1.2 Área de distribución potencial de la *Ipomoea pauciflora*

4.1.2.1 Distribución e idoneidad de hábitat

La evaluación territorial evidencia una marcada predominancia de áreas clasificadas como inapropiadas en los cinco departamentos, con un total de 3065.98 km² (63.4% del área total). Las provincias de Abancay (Apurímac: 482.70 km²), Huamanga (Ayacucho: 362.86 km²) y Andahuaylas (Apurímac: 297.94 km²) registraron las mayores extensiones en esta categoría. En contraste, las áreas de idoneidad baja sumaron 1112.19 km² (23.0%), destacando Chincheros (Apurímac: 183.14 km²), La Mar (Ayacucho: 173.99 km²) y Tayacaja (Huancavelica: 89.08 km²).

Tabla 7

Áreas potenciales de distribución por áreas administrativas regionales y provinciales.

Departamento	Provincia	Áreas por idoneidad (km ²)			
		Inapropiado	Baja	Media	Alta
Apurímac	Abancay	482.70	39.96	0.00	0.00
	Andahuaylas	297.94	154.84	20.81	4.99
	Aymaraes	130.66	107.39	14.15	0.00
	Chincheros	129.00	183.14	178.93	22.46
	Cotabambas	91.55	0.00	0.00	0.00
	Graú	42.44	0.00	0.00	0.00
Ayacucho	Cangallo	21.64	0.00	0.00	0.00
	Huamanga	362.86	46.62	44.94	22.46
	Huanta	115.68	88.24	14.98	0.83
	La Mar	262.99	173.99	109.02	30.78
	Sucre	55.76	26.64	21.64	7.49
	Víctor Fajardo	73.24	18.31	1.66	0.00
	Vilcas Huamán	84.89	53.28	68.24	45.75
Cusco	Anta	188.92	5.00	0.00	0.00
	La Convención	189.75	1.67	0.00	0.00
	Paruro	35.79	0.00	0.00	0.00
	Urubamba	29.96	5.00	0.00	0.00
Huancavelica	Acobamba	67.41	39.96	7.49	0.00
	Angaraes	141.48	8.33	0.00	0.00
	Churcampa	73.24	49.95	32.46	2.50
	Tayacaja	130.66	89.08	11.65	0.00
Junín	Huancayo	57.43	20.81	0.00	0.00
Total		3065.977	1112.19	525.97	137.26

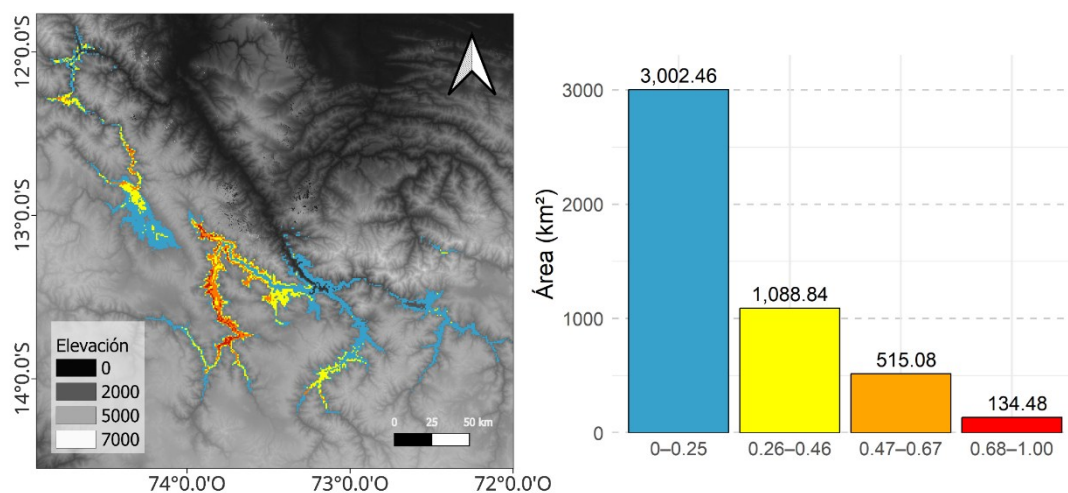
Nota: Áreas potenciales de distribución de *Ipomoea pauciflora* por nivel de idoneidad ambiental, calculadas para las unidades administrativas regionales y provinciales.

La idoneidad media alcanzó 525.97 km² (10.9%), concentrándose en Chincheros (Apurímac: 178.93 km²), La Mar (Ayacucho: 109.02 km²) y Vilcas Huamán (Ayacucho: 68.24 km²). Por otro lado, la idoneidad alta representó solo 137.26 km² (2.8%), con valores máximos en Vilcas Huamán (Ayacucho: 45.75 km²), La Mar (Ayacucho: 30.78 km²) y Chincheros (Apurímac: 22.46 km²). Doce de las 21 provincias evaluadas no registraron áreas con idoneidad alta, incluyendo Cotabambas (Apurímac), Grau (Apurímac) y Paruro (Cusco), donde el 100% del territorio se clasificó como inapropiado.

La heterogeneidad provincial fue notable: mientras Huamanga (Ayacucho) presentó valores en las cuatro categorías (362.86 km² inapropiado, 46.62 km² baja, 44.94 km² media, 22.46 km² alta), provincias como Cotabambas (Apurímac) y Cangallo (Ayacucho) mostraron exclusivamente áreas inapropiadas (91.55 km² y 21.64 km², respectivamente). A nivel departamental, Apurímac registró la mayor extensión de idoneidad media-alta (226.30 km²), seguido de Ayacucho (211.06 km²).

Figura 5

*Áreas de idoneidad de hábitat actual de la *Ipomoea pauciflora**



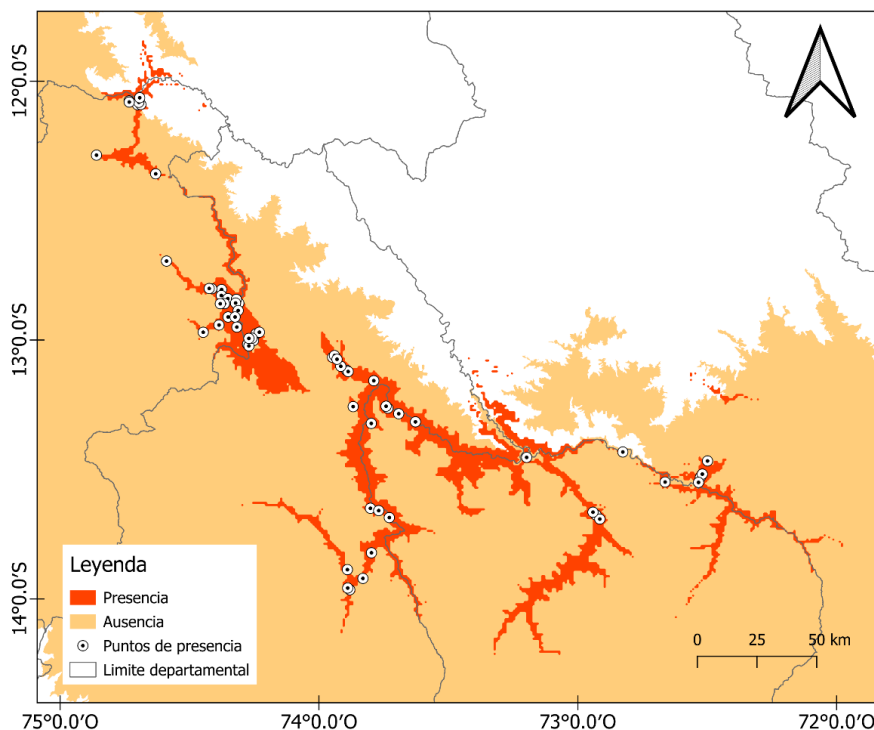
Nota: Distribución espacial y área (km²) de la idoneidad de hábitat para *Ipomoea pauciflora*, según cuatro rangos: inapropiada (0–0.25, azul), baja (0.26–0.46, amarillo), media (0.47–0.67, naranja) y alta (0.68–1.00, rojo).

4.1.3 Presencia y ausencia de la especie

La presencia de la *Ipomoea pauciflora* predicha abarca un área de 4,740.86 km², lo que representa únicamente el 1.39% del área total delimitada como adecuada dentro de la ecorregión "Serranía peruana" (Figura 6). Esta superficie se localiza principalmente entre la longitud 71.98°O y la latitud 11.84°S, además esta área corresponde como el área, concentrándose especialmente en valles intermontanos (Anexos 1, Figura 16).

Figura 6

Modelo binario de presencia (rojo)/ausencia (naranja) de la especie Ipomoea pauciflora



Nota. Área de presencia modelada de la especie (rojo); área de ausencia teórica para la especie (naranja); registros de presencia real de la especie (puntos); y límite administrativo departamental.

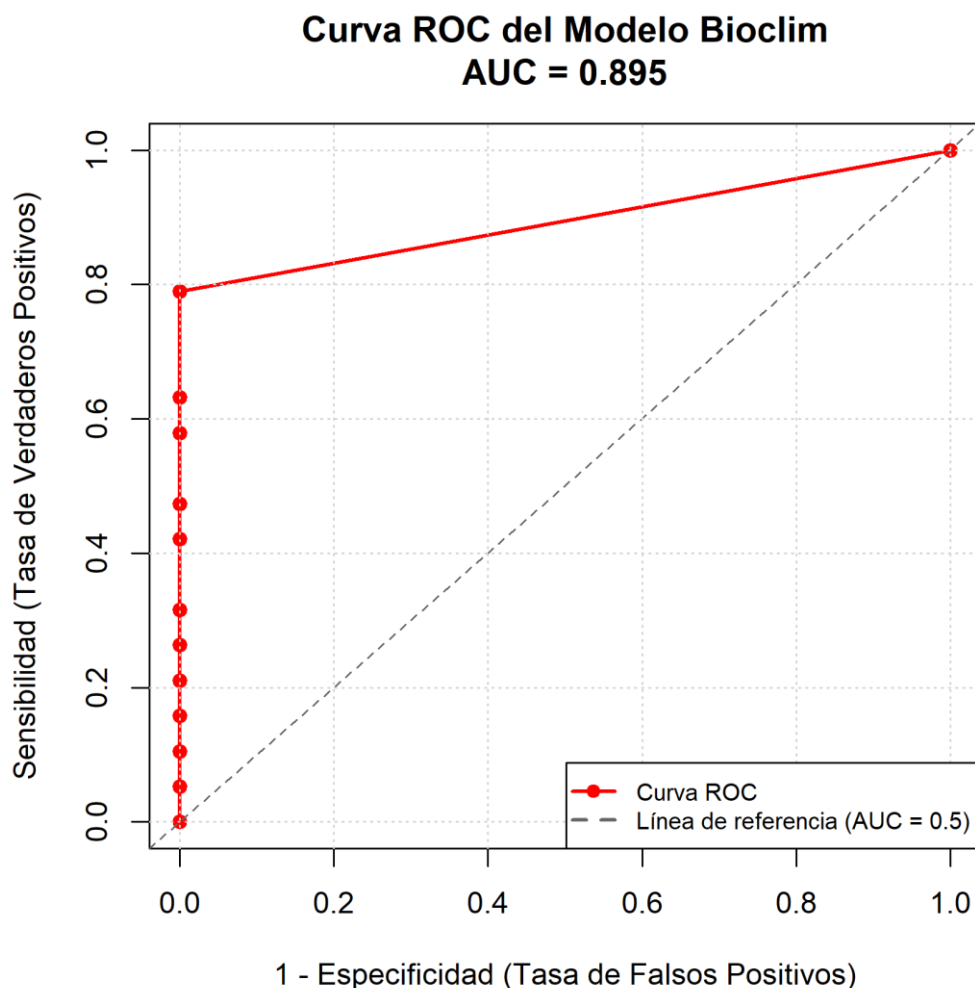
4.1.4 Validación de modelo

El modelo Bioclim fue evaluado con un conjunto de 19 presencias y 19 pseudo-ausencias, obteniendo un desempeño satisfactorio. El valor del área bajo la curva (AUC) fue de 0.895, lo que indica una alta capacidad discriminativa del modelo (Figura 7). La correlación entre las predicciones y los datos observados fue moderada ($r = 0.60$, $p < 0.001$), lo que evidencia una relación estadísticamente significativa. El umbral de decisión óptimo se identificó en 0.0443, valor que coincide con los criterios de máxima kappa, sensibilidad-especificidad equilibradas, ausencia de omisión, sensibilidad igual a especificidad y prevalencia. En este umbral, el modelo alcanzó una tasa de verdaderos positivos (TPR) de 0.79, verdaderos negativos (TNR) de 1.0 y una precisión total (CCR) de 0.90. Asimismo, se obtuvo un índice Kappa de 0.79 ± 0.04 , lo que representa una concordancia sustancial entre las predicciones y los datos reales. Por otro lado, el

estadístico TSS fue de 0.79, calculado con un umbral de 0.089, lo que confirma el alto desempeño del modelo en la discriminación entre áreas adecuadas y no adecuadas.

Figura 7

Evaluación del rendimiento del modelo Bioclim



Nota: La curva ROC muestra el desempeño predictivo del modelo BIOCLIM aplicado al modelado del nicho ecológico de *Ipomoea pauciflora*.

El valor del área bajo la curva (AUC = 0.895) indica una alta capacidad discriminante del modelo para diferenciar entre condiciones ambientales favorables y no favorables para la presencia de la especie. Elaboración propia

En este mismo punto, la tasa de omisión (FNR) fue de 0.21 y no se registraron errores de comisión (FPR = 0). Estos resultados indican que el modelo Bioclim proporciona una representación robusta y confiable de la distribución potencial de la especie bajo estudio.

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1 Nicho ecológico y variables ambientales determinantes

El presente estudio logró modelar el nicho ecológico de *Ipomoea pauciflora* en los Andes del centro y sur del Perú, empleando 64 registros de ocurrencia, de los cuales el 57.8% provino de trabajo de campo. Este alto porcentaje de muestreo directo es superior al reportado en estudios similares, donde los registros de campo rara vez superan el 30% (Beck et al., 2014; Feeley & Silman, 2011), y resalta la importancia de la recolección primaria para reducir sesgos y mejorar la calidad de los modelos de distribución (Boakes et al., 2010; Quispe, 2022). La mayor concentración de registros en Ayacucho (24) y Huancavelica (22) frente a la subrepresentación en Cusco (4) evidencia un patrón de sesgo espacial, fenómeno ampliamente documentado en la literatura (Hortal et al., 2008; Yesson et al., 2007), que puede limitar la capacidad predictiva en áreas poco exploradas.

El análisis de componentes principales (PCA) mostró que los tres primeros componentes explican el 91.8% de la varianza total, siendo el primer componente (PC1) dominado por variables térmicas, principalmente la temperatura mínima del mes más frío (bio06, ~10.5%), la temperatura media del trimestre más frío (bio11, ~10.0%), la temperatura media anual (bio01, ~9.5%) y la temperatura media del trimestre más cálido (bio10, ~9.3%). Este hallazgo coincide con lo reportado por Zimmermann et al., (2009), quienes demostraron que las variables térmicas explican entre el 60% y el 80% de la varianza en la distribución de especies de montaña, y refuerza la idea de que la tolerancia a temperaturas mínimas es determinante para la supervivencia de plantas en ambientes andinos (Körner, 2007; Lenoir et al., 2010; Yang et al., 2013). El segundo componente principal (PC2), influido por la precipitación del trimestre más húmedo (bio16, ~21%), del mes más húmedo (bio13, ~20%) y la precipitación anual (bio12, ~17%), subraya la importancia de los regímenes pluviométricos en la distribución de la especie, en concordancia con Guisan & Thuiller, (2005), Franklin et al., (2013) y Abdelaal et al. (2019), quienes destacan que la disponibilidad de agua durante los periodos críticos del ciclo de vida vegetal es clave para la persistencia de especies en regiones estacionales. Finalmente, el tercer componente (PC3), definido por la estacionalidad de la precipitación (bio15, ~18%), la temperatura máxima del mes más cálido (bio05, ~17%) y la estacionalidad de la temperatura (bio04, ~16%), resalta la influencia de la variabilidad climática estacional, aspecto que ha sido señalado como crucial para la adaptación y

distribución de especies en ambientes montañosos (Hughes & Atchison, 2015; Tingley et al., 2009).

Las componentes se encuentran acorde a estudios donde las variables actúan directamente sobre la fisiología de las plantas (variables proximales) de especies endémicas, permitiendo captar el rango geográfico o ambiental limitado de una especie (Broennimann et al., 2006; Guisan & Thuiller, 2005). Así mismo, variables con escalas ambientales y extensiones específicas en función del hábitat evitar desajustes entre resolución de datos y proceso ecológico (Guisan & Thuiller, 2005; Kambach et al., 2019).

4.2.2 Distribución potencial y áreas prioritarias para la conservación

El modelo Bioclim predijo que la presencia potencial de *I. pauciflora* abarca 4,740.86 km², equivalente al 1.39% del área total delimitada como adecuada dentro de la ecorregión "Serranía peruana". Esta proporción es considerablemente menor que la reportada para otras especies del mismo género, que pueden ocupar entre el 3% y el 8% del área potencial en los Andes (Townsend et al., 2011), lo que sugiere una especialización ecológica marcada y una alta vulnerabilidad. Las áreas de mayor idoneidad (0.68–1.00) suman 137.26 km², mientras que las de idoneidad media (0.47–0.67) alcanzan 525.97 km², concentrándose principalmente en valles intermontanos de Ayacucho, Huancavelica y Apurímac. Estos resultados son comparables a los de Antonelli et al., (2009), quienes reportan que especies endémicas andinas suelen ocupar áreas núcleo de menos de 500 km² de idoneidad alta, lo que refuerza la hipótesis de que *I. pauciflora* es una especie especialista con distribución restringida.

La fragmentación y la concentración espacial de la idoneidad de hábitat detectadas en este estudio resaltan la importancia de los valles intermontanos como refugios climáticos y genéticos, tal como lo sugieren (Svenning et al., 2011) y (Margules & Pressey, 2000). La priorización de estas áreas para la conservación es fundamental, ya que la baja proporción de hábitat adecuado y la especialización ecológica aumentan la susceptibilidad de la especie a amenazas como el cambio climático y la expansión agrícola (Thomas et al., 2004; Thuiller et al., 2005).

4.2.3 Desempeño del modelo

El modelo Bioclim evaluado con un conjunto equilibrado de 19 presencias y 19 pseudo-ausencias mostró un desempeño robusto, evidenciado por un valor de AUC de 0.895 (Figura 07), lo que indica una alta capacidad discriminativa para diferenciar entre sitios de presencia y ausencia de la especie (Fielding & Bell, 1997; Jiménez-valverde,

2012). La correlación moderada y estadísticamente significativa entre las predicciones del modelo y las observaciones reales ($r = 0.60$, $p < 0.001$) refuerza la validez del patrón espacial estimado, concordando con estudios que resaltan la importancia de la consistencia espacial en modelos de distribución (Araújo & Guisan, 2006). El umbral óptimo de decisión identificado en 0.0443, basado en criterios integrados como máxima kappa, equilibrio entre sensibilidad y especificidad, y prevalencia, permitió alcanzar una tasa de verdaderos positivos (TPR) de 0.79 y una tasa de verdaderos negativos (TNR) perfecta de 1.0, reflejando una alta precisión total (CCR = 0.90) y un índice Kappa de 0.79 ± 0.04 , lo que indica una concordancia sustancial entre predicciones y datos observados, alineándose con recomendaciones para evaluar la calidad de modelos ecológicos (Allouche et al., 2006; Liu et al., 2013).

Los resultados sugieren que, a pesar de las limitaciones inherentes a modelos basados en presencia y pseudo-ausencias, como la posible subestimación de la sensibilidad en muestras pequeñas (Phillips et al., 2006), el modelo Bioclim proporciona una representación confiable y robusta de la distribución potencial de la especie bajo estudio. La ausencia de errores de comisión (FPR = 0) y una tasa de omisión (FNR) baja (0.21) indican que el modelo minimiza falsos positivos, aspecto crucial para aplicaciones en conservación y manejo ambiental (Marmion et al., 2009). No obstante, autores recomiendan complementar el uso de Bioclim con otros algoritmos y ajustar los umbrales de corte para optimizar la sensibilidad y especificidad, dado que los modelos basados únicamente en variables bioclimáticas pueden beneficiarse de enfoques de ensamble que integren múltiples técnicas para reducir incertidumbres y mejorar la validez estadística (Araújo & New, 2007; Liu et al., 2013; Marmion et al., 2009; Thuiller, 2007). Además, la selección cuidadosa de variables ambientales y la evaluación continua del desempeño mediante métricas como TSS y Kappa son fundamentales para garantizar la utilidad práctica del modelo en escenarios de cambio climático y planificación de conservación (Allouche et al., 2006; Breiman, 2001).

4.2.4 Implicancias para la conservación

La identificación de áreas núcleo de distribución y la baja proporción de hábitat adecuado subrayan la urgencia de implementar estrategias de conservación específicas para *I. pauciflora*, priorizando los valles intermontanos de Ayacucho, Huancavelica y Apurímac. Estas áreas, al albergar la mayor idoneidad de hábitat, deben ser consideradas en planes de manejo y monitoreo, en línea con las recomendaciones de Margules &

Pressey, (2000) y Rodrigues et al., (2004) sobre la importancia de la planificación sistemática de la conservación. Estos estudios de distribución deben considerarse como primeras aproximaciones geográficas de la idoneidad de hábitat (Navarrete, 2019).

Además, futuras investigaciones deberían incorporar variables edáficas, topográficas y bióticas, así como escenarios de cambio climático, para mejorar la precisión de los modelos y anticipar posibles desplazamientos de la distribución de la especie (Franklin, 2009; Jiménez et al., 2011; Navarro Guzmán et al., 2020).

V. CONCLUSIONES

El modelado del nicho ecológico aplicado a *Ipomoea pauciflora* en los Andes del centro-sur del Perú ha permitido delimitar con áreas de distribución potencial, identificando gradientes claros de idoneidad ambiental que reflejan la complejidad ecológica de la región. El análisis espacial evidencia que la mayor proporción del territorio evaluado corresponde a zonas inapropiadas para la especie, mientras que las áreas con idoneidad media y alta se distribuyen de manera restringida y fragmentada, principalmente en provincias de Ayacucho y Apurímac. Este patrón espacial resalta la existencia de núcleos de hábitat prioritario que deben ser considerados estratégicamente en iniciativas de conservación y restauración, ya que concentran las condiciones ambientales óptimas para la persistencia de la especie. La integración de variables climáticas en el modelado permitió discriminar con robustez las áreas de mayor aptitud, confirmando la influencia determinante de la temperatura y la precipitación en la distribución de *Ipomoea pauciflora*, así como la importancia de factores locales como la altitud y la proximidad a cuerpos de agua.

El enfoque cuantitativo y la validación estadística del modelo aseguran una alta confiabilidad en la identificación de las áreas potenciales de distribución, proporcionando un insumo fundamental para la toma de decisiones en gestión ambiental y planificación territorial. La cartografía generada no solo constituye una herramienta estratégica para orientar acciones de conservación y restauración ecológica, sino también para la identificación y conectividad de corredores biológicos, la priorización territorial y la formulación de políticas públicas en paisajes ecológicamente vulnerables. Los resultados ponen en evidencia la necesidad de concentrar esfuerzos en las zonas de mayor idoneidad ecológica, donde la intervención puede maximizar los beneficios ecosistémicos y reforzar la resiliencia frente a presiones antrópicas y escenarios de cambio climático.

El estudio demuestra la utilidad del modelado del nicho ecológico como metodología para especies con información limitada, permitiendo superar las restricciones impuestas por la escasez de registros en campo. La aplicación de este enfoque en *Ipomoea pauciflora* sienta las bases para replicar la metodología en otras especies endémicas o amenazadas de los Andes, promoviendo una visión integral y basada en evidencia para la conservación de la biodiversidad regional. El conocimiento generado no solo contribuye al entendimiento ecológico de la especie, sino que también fortalece la capacidad de respuesta ante los desafíos actuales de pérdida de hábitat, fragmentación y degradación de los ecosistemas secos interandinos. La identificación precisa de áreas prioritarias y variables ambientales

clave representa un avance significativo para la gestión adaptativa y la sostenibilidad de los recursos naturales en el contexto andino.

VI. RECOMENDACIONES

1. Incorporar variables ambientales adicionales, como características edáficas, topográficas, y de uso de suelo. Además de variables bióticas en los modelos predictivos, para capturar de manera más integral los factores que determinan la idoneidad del hábitat y reducir la incertidumbre asociada al modelado.
2. Comparar el desempeño de distintos algoritmos de modelado de nicho ecológico (como GARP, GAM, MaxEnt, entre otros) con el objetivo de aumentar la robustez, precisión y capacidad predictiva del nicho y la distribución espacial de la especie.
3. Incluir escenarios futuros de cambio climático futura para evaluar posibles cambios en el nicho ecológico y áreas de expansión o contracción.
4. Identificar y delimitar áreas prioritarias para la conservación de *Ipomoea pauciflora*, especialmente aquellas clasificadas con idoneidad media y alta, orientando los esfuerzos de manejo y restauración hacia estos núcleos de mayor valor ecológico.
5. Comparar modelos de nicho ecológico y distribución actual y futura en ecosistemas de bosques secos.
6. Promover la restauración ecológica y la conectividad entre fragmentos de hábitat en las zonas identificadas como prioritarias, con el objetivo de fortalecer la viabilidad poblacional de la especie y reducir los riesgos asociados a la fragmentación y el aislamiento.
7. Recomendar estudios botánicos y etnobotánicos para evaluar el uso tradicional en comunidades, integrando variables del nicho ecológico que permitan predecir la distribución y relación ambiental de la especie.
8. Sugerir la inclusión de *Ipomoea pauciflora* en programas regionales de monitoreo y conservación de flora nativa, articulando esfuerzos interinstitucionales para garantizar su protección a largo plazo y contribuir al mantenimiento de la biodiversidad andina.
9. Recomendar la evaluación periódica del estado de conservación de la especie y el seguimiento de las amenazas antrópicas, como la deforestación y el cambio de uso del suelo, para ajustar las acciones de manejo y responder oportunamente a nuevos desafíos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albarrán, I. (2005). Aplicación de modelos de nicho ecológico como instrumento para predecir la distribución potencial de algunas especies de aves en las Áreas de Importancia. *Www-Cpsv.Upc.Es*, 1–11. http://www-cpsv.upc.es/tesines/resumsig_icalixto.pdf
- Alcántar Mejía, J., Carranza González, E., Cuevas García, G., & Cuevas García, y E. (2012). *Distribución geográfica y ecológica de Ipomoea (Convolvulaceae) en el estado de Michoacán , México Geographical and ecological distribution of Ipomoea (Convolvulaceae) in Michoacán State ,. 83, 731–741.* <https://doi.org/10.7550/rmb.25370>
- Allouche, O., Tsoar, A., & Kadmon, R. (2006). Assessing the accuracy of species distribution models: Prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of Applied Ecology*, 43(6), 1223–1232. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01214.x>
- Antonelli, A., Nylander, J. A. A., Persson, C., & Sanmartín, I. (2009). Tracing the impact of the Andean uplift on Neotropical plant evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(24), 9749–9754. <https://doi.org/10.1073/pnas.0811421106>
- Araújo, M. B., & Guisan, A. (2006). Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of Biogeography*, 33, 1677–1688. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01584.x>
- Araújo, M. B., & New, M. (2007). Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in Ecology and Evolution*, 22(1), 42–47. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.09.010>
- Arias, D. (2016). *Modelado del nicho ecológico de Diablo Fuertes, (Prumnopitys harmsiana), Ulcumano (Retrophyllum rospigliosii), y Nogal (Juglans neotropica) en las regiones de Huánuco, Pasco y Junín.* Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Arias Quispe, D. (2016). Modelado del nicho ecológico de diablo fuerte, (Prumnopitys harmsiana), Ulcumano (Retrophyllum rospigliosii), Y Nogal (Juglans neotropica) en las regiones de Huánuco ,Pasco y Junín [UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ]. In *Tesis de Pregrado, Facultad de ciencias forestales.* <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2401689>

- Asaad, I., Lundquist, C. J., Erdmann, M. V., & Costello, M. J. (2016). Ecological criteria to identify areas for biodiversity conservation. *BIOC*. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.10.007>
- Barik, S. K., Tiwari, O. N., Adhikari, D., Singh, P. P., Tiwary, R., & Barua, S. (2018). Geographic distribution pattern of threatened plants of India and steps taken for their conservation. *Current Science*, 114(3), 470–503. <https://doi.org/10.18520/cs/v114/i03/470-503>
- Bean, A. R., & Queensland Herbarium. (2006). Collecting and preserving plant specimens, a manual. *Queensland Herbarium*, 24.
- Beck, J., Böller, M., Erhardt, A., & Schwanghart, W. (2014). Spatial bias in the GBIF database and its effect on modeling species' geographic distributions. *Ecological Informatics*, 19, 10–15. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2013.11.002>
- Boakes, E. H., McGowan, P. J. K., Fuller, R. A., Chang-Qing, D., Clark, N. E., O'Connor, K., & Mace, G. M. (2010). Distorted views of biodiversity: Spatial and temporal bias in species occurrence data. *PLoS Biology*, 8(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1000385>
- Boyjnath, Y., Dulloo, M. E., Bhoyroo, V., & Ranghoo-Sanmukhiya, V. M. (2024). Ecogeographic Study of Ipomoea Species in Mauritius, Indian Ocean. *Plants*, 13(19), 2706. <https://doi.org/10.3390/plants13192706>
- Breiman, L. (2001). *Random Forests*. 12343 *LNCs*, 503–515. https://doi.org/10.1007/978-3-030-62008-0_35
- Bridson, D., & Forman, L. (1992). *The Herbarium Handbook*. Royal Botanic Gardens.
- Britto, B. (2017). *Actualización de las Ecorregiones Terrestres de Perú propuestas en el Libro Rojo de Plantas Endémicas del Perú*. 74(1), 15–29.
- Broennimann, O., Fitzpatrick, M. C., Pearman, P. B., Petitpierre, B., Pellissier, L., Yoccoz, N. G., Thuiller, W., Fortin, M. J., Randin, C., Zimmermann, N. E., Graham, C. H., & Guisan, A. (2012). Measuring ecological niche overlap from occurrence and spatial environmental data. *Global Ecology and Biogeography*, 21(4), 481–497. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00698.x>
- Broennimann, O., Thuiller, W., Hughes, G., Midgley, G. F., Alkemade, J. M. R., & Guisan,

- A. (2006). Do geographic distribution, niche property and life form explain plants' vulnerability to global change? *Global Change Biology*, 12(6), 1079–1093. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01157.x>
- Buira, A. (2016). *Localización de seis plantas amenazadas en el parque natural de Els Ports (noreste de la península ibérica)*. 171. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3989/Pirineos.2016.171001>
- Charcape, J. M., & Pingo, M. I. (2018). Diversidad de aves del bosque seco interandino Shumaya, Huancabamba, Piura. *Tayacaja*, 1(2), 82–107. <https://doi.org/10.46908/rict.v1i2.29>
- Coelho, M. T. P., Barreto, E., Rangel, T. F., Diniz-Filho, J. A. F., Wüest, R. O., Bach, W., Skeels, A., McFadden, I. R., Roberts, D. W., Pellissier, L., Zimmermann, N. E., & Graham, C. H. (2023). The geography of climate and the global patterns of species diversity. *Nature*, 622(7983), 537–544. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06577-5>
- Congreso de la República. (1997). Ley sobre la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica. *Diario El Peruano*, 7. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12774/Ley-N_-26839.pdf?v=1530656624
- Conservamos por Naturaleza. (2017). *Bosques secos: una ecorregión que renace*. Conservamos Por Naturaleza. <https://www.conservamospornaturaleza.org/noticia/semana-bosques-secos/>
- Cortes-anzures, B. O., Corona-lópez, A. M., Toledo-, V. H., Díaz, S. V., & Flores-palacios, A. (2017). *Branch mortality influences phorophyte quality for vascular epiphytes*. 1–24. <https://doi.org/https://doi.org/10.1139/cjb-2017-002>
- Cuervo Robayo, A. P., Escobar, L. E., Osorio Olvera, L. A., Nori, J., Varela, S., Martinez Meyer, E., Velasquez Tibata, J., Rodriguez Soto, C., Munguia, M., Castaneda Alvarez, N. P., Lira Noriega, A., Soley Guardia, M., Serra Diaz, J. M., & Peterson, A. T. (2017). SEMINARIOS EN LÍNEA SOBRE ANÁLISIS ESPACIALES CON ÉNFASIS EN MODELOS DE NICHOS ECOLÓGICO. *Biodiversity Informatics*, 12, 45–57. <https://doi.org/10.17161/bi.v12i0.6507>
- Culshaw, V., Mairal, M., & Sanmartín, I. (2021). Biogeography Meets Niche Modeling: Inferring the Role of Deep Time Climate Change When Data Is Limited. *Frontiers in*

- Ecology and Evolution*, 9(September). <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.662092>
- Curtis, C. A., & Bradley, B. A. (2016). Plant distribution data show broader climatic limits than expert-based climatic tolerance estimates. *PLoS ONE*, 11(11), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166407>
- Da Cunha, H. F., Ferreira, É. D., Tessarolo, G., & Nabout, J. C. (2018). Host plant distributions and climate interact to affect the predicted geographic distribution of a Neotropical termite. *Biotropica*, 50(4), 625–632. <https://doi.org/10.1111/btp.12555>
- Davies, N. M. J., Drinkell, C., & Utteridge, timothy M. A. (2023). The Herbarium Handbook. In *Royal Botanic Gardens Kew* (Vol. 36). https://digitalcommons.humboldt.edu/botany_jps/36/?utm_source=digitalcommons.humboldt.edu%2Fbotany_jps%2F36&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages
- Delfín-Alfonso, C. A., Gallina, S., & López-González, C. A. (2009). Evaluación del hábitat del venado cola blanca utilizando modelos espaciales y sus implicaciones para el manejo en el centro de Veracruz, México. *Tropical Conservation Science*, 2(2), 215–228. <https://doi.org/10.1177/194008290900200208>
- Deloya, E. C., Clay, C., McIntyre, P. J., Piña-de la Rosa, I. A., Scotland, R. W., Muñoz-Rodríguez, P., & Cacho, N. I. (2023). Climatic amplitude is a predictor of geographic range size in Mexican morning glories (*Ipomoea* L., Convolvulaceae). *Botanical Sciences*, 101(4), 1016–1033. <https://doi.org/10.17129/botsoci.3322>
- Diao, Y., Wang, J., Yang, F., Wu, W., & Zhou, J. (2021). Identifying optimized on-the-ground priority areas for species conservation in a global biodiversity hotspot. *Journal of Environmental Management*, 290(November 2020), 112630. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112630>
- Dryflor, Banda-R, K., Delgado-Salinas, A., Dexter, K. G., Linares-Palomino, R., Oliveira-Filho, A., Prado, D., Pullan, M., Quintana, C., Ricarda Riina, Gina M. Rodríguez M., Julia Weintritt, P. A.-R., Juan Adarve, E., Álvarez, Anairamiz Aranguren B., J., Arteaga, C., Aymard, G., Castaño, A., Ceballos-Mago, N., Cogollo, Á., Cuadros, Freddy Delgado, H., Devia, W., ... Toby, P. (2016). *Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications*. 1383(September). <https://doi.org/10.1126/science.aa>

- Duffy, K. J., & Johnson, S. D. (2017). Specialized mutualisms may constrain the geographical distribution of flowering plants. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1866). <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.1841>
- Eduardo-palomino, F., Najarro, P., & Linares-Palomino, R. (2017). *Contribución a la flora vascular y vegetación de los valles secos interandinos de los ríos Torobamba (Ayacucho) y pampas (Apurímac), sur del Perú*. 16(2). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21704/rea.v16i2.1015>
- El-Khalafy, M. M., El-Kenany, E. T., Al-Mokadem, A. Z., Shaltout, S. K., & Mahmoud, A. R. (2025). Habitat suitability modeling to improve conservation strategy of two highly-grazed endemic plant species in saint Catherine Protectorate, Egypt. *BMC Plant Biology*, 25(1), 485. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-06401-4>
- Elith, J., H. Graham, C., P. Anderson, R., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., J. Hijmans, R., Huettmann, F., R. Leathwick, J., Lehmann, A., Li, J., G. Lohmann, L., A. Loiselle, B., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., McC. Overton, J., Peterson, A. T., ... Sobero'n, J. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *European Journal of Biochemistry*, 166(1), 173–180. <https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1987.tb13499.x>
- Elith, J., Kearney, M., & Phillips, S. (2010). The art of modelling range-shifting species. *Methods in Ecology and Evolution*, 1(4), 330–342. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210x.2010.00036.x>
- Escobar, L. E., Lira-Noriega, A., Medina-Vogel, G., & Peterson, A. T. (2014). Potential for spread of the white-nose fungus (*Pseudogymnoascus destructans*) in the Americas: Use of Maxent and NicheA to assure strict model transference. *Geospatial Health*, 9(1), 221–229. <https://doi.org/10.4081/gh.2014.19>
- FAO. (2021). *COP26 - La expansión agrícola causa cerca del 90 % de la deforestación mundial*. <https://www.fao.org/newsroom/detail/cop26-agricultural-expansion-drives-almost-90-percent-of-global-deforestation/es>
- Feeley, K. J., Malhi, Y., Zelazowski, P., & Silman, M. R. (2012). The relative importance of deforestation, precipitation change, and temperature sensitivity in determining the future distributions and diversity of Amazonian plant species. *Global Change Biology*, 18(8), 2636–2647. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2012.02719.x>

- Feeley, K. J., & Silman, M. R. (2010). Land-use and climate change effects on population size and extinction risk of Andean plants. *Global Change Biology*, 16(12), 3215–3222. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02197.x>
- Feeley, K. J., & Silman, M. R. (2011). Keep collecting: Accurate species distribution modelling requires more collections than previously thought. *Diversity and Distributions*, 17(6), 1132–1140. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2011.00813.x>
- Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302–4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- Fielding, A. H., & Bell, J. F. (1997). *A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence / absence models*. 24(1), 38–49.
- Flannery, M. C. (2023). *In the Herbatium* (L. S. M. Fund. (ed.); Vol. 4, Issue 1).
- Flores-tolentino, M., Ortiz, E., & Villaseñor, J. L. (2019). Ecological niche models as a tool for estimating the distribution of plant communities Modelos. *Mexicana de Biodiversidad*, 90, 70–233. <https://doi.org/https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2829>
- Franklin, J. (2009). Mapping species distributions Spatial Inderencial and Prediccion. *Sustainability (Switzerland)*, 11(1), 1–14. http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
- Franklin, J., Davis, F. W., Ikegami, M., Syphard, A. D., Flint, L. E., Flint, A. L., & Hannah, L. (2013). Modeling plant species distributions under future climates: How fine scale do climate projections need to be? *Global Change Biology*, 19(2), 473–483. <https://doi.org/10.1111/gcb.12051>
- Funk, V. A., Gostel, M., Devine, A., Kelloff, C. L., Wurdack, K., Tuccinardi, C., Radosavljevic, A., Peters, M., & Coddington, J. (2017). Guidelines for collecting vouchers and tissues intended for genomic work (Smithsonian Institution): Botany Best Practices. *Biodiversity Data Journal*, 5(1). <https://doi.org/10.3897/BDJ.5.e11625>

- Gardens, B. (2021). *Ipomoea pauciflora*. 8235.
<https://doi.org/https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T194013889A194013891.en>
- Gbis. (2020). *taxonomia de la Ipomoea pauciflora*. Gbis.
- Gizachew, G. (2022). Spatial-Temporal and Factors Influencing the Distribution of Biodiversity: A Review. *ASEAN Journal of Science and Engineering*, 2(3), 273–284.
<https://doi.org/10.17509/ajse.v2i3.42953>
- González, P., Capcha-Ramos, J., Niño-de-Guzmán, P., Goodwin, Z. A., Särkinen, T., Valencia, N., & Cano, A. (2022). *Geographic distribution , conservation status and lectotypification of Pedersenia weberbaueri (Suess .) Holub (Amaranthaceae), an endemic and highly threatened shrub from the Marañón valley of Peru*. 29(4), 1–13.
<https://doi.org/https://dx.doi.org/10.15381/rpb.v29i4.23214>
- GORE. (2021). *Información institucional*.
<https://www.gob.pe/institucion/regionayacucho/institucional>
- Grinnell, J. (1904). *The Origin and Distribution of the Chest-Nut-Backed Chickadee Author (s): Joseph Grinnell*. 21(3), 364–382. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/4070199>
- Guisan, A., & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: Offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8(9), 993–1009. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00792.x>
- Gutiérrez Hernández, O., Cámara Artigas, R., Senciales Gonzalez, J. M., & V. Garcia, L. (2018). Predictive modeling in Biogeography: Applying ecological niche modelling in Physical Geography. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 2018(78), 88–126. <https://doi.org/10.21138/bage.2395>
- Hernández Sampieri, R; Fernández Collado, C; Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª). [https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.Hernandez,Fernandez y Baptista-Metodología Investigación Científica 6ta ed.pdf](https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.Hernandez,Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cient%C3%ADfica%206ta%20ed.pdf)
- Herrera-Alsina, L., Pigot, A. L., Hildenbrandt, H., & Etienne, R. S. (2018). The influence of ecological and geographic limits on the evolution of species distributions and diversity. *Evolution*, 72(10), 1978–1991. <https://doi.org/10.1111/evo.13563>
- Hijmans, R., Phillips, S., Leathwick, J., & Elith, J. (2024). *Species Distribution Modeling*

Description. <https://rspatial.org/raster/sdm/> BugReports

- Hortal, J., Jiménez-Valverde, A., Gómez, J. F., Lobo, J. M., & Baselga, A. (2008). Historical bias in biodiversity inventories affects the observed environmental niche of the species. *Oikos*, 117(6), 847–858. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2008.16434.x>
- Huamantupa, I., & Cuba, M. (2013). *Bosque Seco Inter-Andino, Departamentos Cusco-Apurímac, PERU Plantas de LIMATAMBO, CUNYAC y CURAHUASI.*
- Hughes, C. E., & Atchison, G. W. (2015). The ubiquity of alpine plant radiations: From the Andes to the Hengduan Mountains. *New Phytologist*, 207(2), 275–282. <https://doi.org/10.1111/nph.13230>
- INEI. (2021). *Sistema de Información Distrital para la Gestión Pública.* <https://estadist.inei.gob.pe/map>
- Isaac, N. J. B., & Pocock, M. J. O. (2015). Bias and information in biological records. *Biological Journal of the Linnean Society*, 115(3), 522–531. <https://doi.org/10.1111/bij.12532>
- IUFRO. (2012). *Understanding Relationships between Biodiversity , Carbon , Forests and People : The Key to Achieving REDD + Objectives* (Vol. 31).
- Jiménez-valverde, A. (2012). *Insights into the area under the receiver operating characteristic curve (AUC) as a discrimination measure in species.* 5, 498–507. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00683.x>
- Jiménez, A., Peterson, A. T., Soberón, J., Overton, J. M., Aragón, P., & Lobo, J. M. (2011). Use of niche models in invasive species risk assessments. *Biological Invasions*, 13(12), 2785–2797. <https://doi.org/10.1007/s10530-011-9963-4>
- Juan-Baeza, I., Martínez-Garza, C., & Del-Val, E. (2015). Recovering more than tree cover: Herbivores and herbivory in a restored tropical dry forest. *PLoS ONE*, 10(6), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128583>
- Kambach, S., Lenoir, J., Decocq, G., Welk, E., Seidler, G., Dullinger, S., Gégout, J. C., Guisan, A., Pauli, H., Svenning, J. C., Vittoz, P., Wohlgemuth, T., Zimmermann, N. E., & Bruehlheide, H. (2019). Of niches and distributions: range size increases with niche breadth both globally and regionally but regional estimates poorly relate to global estimates. *Ecography*, 42(3), 467–477. <https://doi.org/10.1111/ecog.03495>

- Kang-tsung, C. (2017). Geographic information system. *Choice Reviews Online*, 41(11), 41-6288-41–6288. <https://doi.org/10.5860/choice.41-6288>
- Körner, C. (2007). The use of “altitude” in ecological research. *Trends in Ecology and Evolution*, 22(11), 569–574. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.09.006>
- Kosanic, A., Anderson, K., Harrison, S., Turkington, T., & Bennie, J. (2018). Changes in the geographical distribution of plant species and climatic variables on the west cornwall peninsula (south west UK). *PLoS ONE*, 13(2), 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191021>
- Kumar, R. (2011). Research Methodology. In *Sustainability (Switzerland)* (3rd ed., Vol. 11, Issue 1). SAGE. http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
- Latif, Q. S., Saab, V. A., Dudley, J. G., & Hollenbeck, J. P. (2013). Ensemble modeling to predict habitat suitability for a large-scale disturbance specialist. *Ecology and Evolution*, 3(13), 4348–4364. <https://doi.org/10.1002/ece3.790>
- Lenoir, J., Gégout, J. C., Guisan, A., Vittoz, P., Wohlgemuth, T., Zimmermann, N. E., Dullinger, S., Pauli, H., Willner, W., & Svenning, J. C. (2010). Going against the flow: Potential mechanisms for unexpected downslope range shifts in a warming climate. *Ecography*, 33(2), 295–303. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2010.06279.x>
- Linares-Palomino, R., Huamantupa-Chuquimaco, I., Padrón, E., La Torre-Cuadros, M. de los Á., Roncal-Rabanal, M., Choquecota, N., Collazos, L., Elejalde, R., Vergara, N., & Marcelo Peña, J. L. (2022). Los bosques estacionalmente secos del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 29(4), e21613. <https://doi.org/10.15381/rpb.v29i4.21613>
- Lipsen, L. (2023). *Pressed Plants*.
- Liu, C., White, M., & Newell, G. (2013). *Selecting thresholds for the prediction of species occurrence with presence-only data*. <https://doi.org/10.1111/jbi.12058>
- Löffler, J., & Pape, R. (2019). Thermal niche predictors of alpine plant species. *Ecology*, 101(1), 1–18. <https://doi.org/10.1002/ecy.2891>

- López García, M. A. (2007). Descripción y caracterización de nichos ecológicos: una visión más cuantitativa del espacio ambiental [Centro de Investigación en Matemáticas, A.C]. In *Centro de Investigación en Matemáticas, A.c. CIMAT*. [https://ciimat.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1008/87/2/TE 244.pdf](https://ciimat.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1008/87/2/TE_244.pdf)
- López, M. (2007). *Descripción y caracterización de nichos ecológicos : una visión más cuantitativa del espacio ambiental Índice general*.
- Lozano, E. (2020). *Modelamiento espacial de nichos ecológicos para evaluación de presencia de Cedrela odorata, Cedrela montana y Cedrelinga cateniformis - AMAZONAS*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Macarthur, R., & Levins, R. (1967). *The University of Chicago The Limiting Similarity , Convergence , and Divergence of Coexisting Species*. 101(921), 377–385. <https://doi.org/https://www.jstor.org/stable/2459090>
- Maciel-Mata, C. A., Manríquez Morán, N., Octavio Aguilar, P., & Sánchez Rojas, G. (2015). Geographical distribution of the species: a concept review. *Acta Universitaria*, 25(2), 3–19. <https://doi.org/10.15174/au.2015.690>
- Maher, S. P., Randin, C. F., Guisan, A., & Drake, J. M. (2014). Pattern-recognition ecological niche models fit to presence-only and presence-absence data. *Methods in Ecology and Evolution*, 5(8), 761–770. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12222>
- Margules, C. R., & Pressey, R. L. (2000). *Systematic conservation planning*. 405, 243–253.
- Marmion, M., Parviainen, M., Luoto, M., Heikkinen, R. K., & Thuiller, W. (2009). Evaluation of consensus methods in predictive species distribution modelling. *Diversity and Distributions*, 15(1), 59–69. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2008.00491.x>
- Martens, M. (2023). *Phytochemical profile and nematicidal activity of a hydroalcoholic extract* *Phytochemical profile and nematicidal activity of a hydroalcoholic extract from Cazahuat flowers (Ipomoea pauciflora M . Martens & Galeotti) against Haemonchus contortus infecti*. 40(1), 108–114. <https://doi.org/https://doi.org/10.47665/tb.40.1.017>
- Martínez Garza, C., Campos-Alves, J., Valenzuela-Galván, D., Alba-García, L., & Nicolás-Medina, A. (2022). Siembra directa de árboles nativos para la restauración de la selva estacionalmente seca. *Acta Botanica Mexicana*, 129. <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1917>

- McInerny, G. J., & Etienne, R. S. (2012). *Ditch the niche – is the niche a useful concept in ecology or species distribution modelling?* 2096–2102. <https://doi.org/10.1111/jbi.12033>
- Menon, S., Choudhury, B. I., Khan, M. L., & Peterson, A. T. (2010). *Ecological niche modeling and local knowledge predict new populations of *Gymnocladus assamicus* a critically endangered tree species*. 11, 175–181. <https://doi.org/10.3354/esr00275>
- Milesi, F., & Lopez de Casenave, J. (2005). *El concepto de nicho en Ecología aplicada : del nicho al hecho hay mucho trecho*. 15, 131–148.
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Agenda de Investigación Ambiental al 2021*. 59. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3619198/7>. Agenda investigación ambiental 2030 - CONADIB.pdf
- Mirdavoudi, H., Ghorbanian, D., Zarekia, S., & Soleiman, J. M. (2022). *Ecological Niche Modelling and Potential Distribution of *Artemisia sieberi* in the Iranian Steppe Vegetation*. 11(2315), 1–12. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/land11122315>
- Moreno Garzón, A. (2016). *Recolección de la información* (Y. Gallardo de Parda & A. Moreno Garzón (eds.); 3rd ed., Vol. 4, Issue 1). Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior, ICFES.
- Navarrete, C. (2019). *Distribución potencial de especies forestales amenazadas y endémicas raras mediante modelos de nicho ecológico* [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4038/navarrete-macedo-corina-erika.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Navarro Guzmán, M. A., Chipana, C. A. J., & Apaza, J. M. I. (2020). Modeling ecological niches of threatened flora for climate change scenarios in Tacna department-Peru. *Colombia Forestal*, 23(1), 51–67. <https://doi.org/10.14483/2256201X.14866>
- Navarro, M., Jove, C., & Ignacio, J. (2019). Modelamiento de nichos ecológicos de flora amenazada para escenarios de cambio climático en el departamento de Tacna - Perú. *Colombiaforestal*, 23(1), 51–67. <https://doi.org/https://doi.org/10.14483/2256201X.14866>
- Nogués Bravo, D. (2003). El estudio de la distribución espacial de la biodiversidad: conceptos y métodos. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 2, 67–82.

- Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2017). Manual de referencia Sindical sobre la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. In *Organización Internacional del Trabajo* (Vol. 1). http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_dialogue/@actrav/documents/publication/wcms_569914.pdf
- Ortiz, J. C., Iv, C., Dahik, C. Q., Mendoza, Z. A., Ortiz, E. C., Gusm, E., Weber, M., & Hildebrandt, P. (2019). Influence of Anthropogenic Factors on the Diversity and Structure of a Dry Forest in the Central Part of the Tumbesian Region (Ecuador – Perú). *Forests*, 1–22. <https://doi.org/10.3390/f10010031>
- Osorio-Olvera, L. A., Falconi, M., & Soberón, J. (2016). Sobre la relación entre idoneidad del hábitat y la abundancia poblacional bajo diferentes escenarios de dispersión. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(3), 1080–1088. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.07.001>
- Ovaskainen, O., & Abrego, N. (2020). Joint Species Distribution Modelling: With Applications in R. In *Joint Species Distribution Modelling: With Applications in R*. <https://doi.org/10.1017/9781108591720>
- Paniagua-Zambrana, N., Bussmann, R., & Romero, C. (2020). Ipomoea batatas (L.) Lam. Ipomoea pauciflora M. Martens & Galeotti CONVOLVULACEAE. In *Ethnobotany of the Andes* (pp. 985–990). <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-28933-1>
- Pecl, G. T., Araújo, M. B., Bell, J. D., Blanchard, J., Bonebrake, T. C., Chen, I. C., Clark, T. D., Colwell, R. K., Danielsen, F., Evengård, B., Falconi, L., Ferrier, S., Frusher, S., Garcia, R. A., Griffis, R. B., Hobday, A. J., Janion-Scheepers, C., Jarzyna, M. A., Jennings, S., ... Williams, S. E. (2017). Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. *Science*, 355(6332). <https://doi.org/10.1126/science.aai9214>
- Peterson, A. T. (2011). *Ecological Niches and Geographic Distributions* (Issue December). <https://doi.org/10.1515/9781400840670>
- Pfaff, A. (2023). *Impactos de las políticas de conservación en los bosques secos tropicales: análisis regionales y con enfoque espacial ante diferentes impulsores sociales y naturales del uso de la tierra (SGP-HD 008)*. Instituto Interamericano (IAI). <https://www.iai.int/es/meetings/detail/sgp-hd-008>

- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). *Maximum entropy modeling of species geographic distributions*. 190, 231–259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Polechová, J., & Storch, D. (2008). Ecological niche. *Encyclopedia of Ecology*, 2, 1088–1097. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/76513984/Ecological_niche_811_Revision-libre.pdf?1639665329=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEcological_Niche.pdf&Expires=1691139497&Signature=Z1tEMwf7rudeNuJKzrAUoqrOY1yN6lWuiuMegvWE2I~wRnPlpsE6Z0c-
- Pulliam, H. R. (2000). On the relationship between niche and distribution. *Ecology Letters*, 3(4), 349–361. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2000.00143.x>
- Pyankov, V. I., Gunin, P. D., Tsoog, S., & Black, C. C. (2000). C4 plants in the vegetation of Mongolia: Their natural occurrence and geographical distribution in relation to climate. *Oecologia*, 123(1), 15–31. <https://doi.org/10.1007/s004420050985>
- QGIS Development Team. (2025). *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation. <http://qgis.org>
- Quispe, R. W. (2022). *Modelamiento De Los Efectos Del Cambio Climático En La Distribución Potencial De Seis Especies Del Género Polylepis En Los Andes Peruanos* [Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/8305>
- Ramírez-Albores, J. E., Richardson, D. M., Stefenon, V. M., Bizama, G. A., Pérez-Suárez, M., & Badano, E. I. (2021). A global assessment of the potential distribution of naturalized and planted populations of the ornamental alien tree *Schinus molle*. *NeoBiota*, 68, 105–126. <https://doi.org/10.3897/neobiota.68.68572>
- Ricker, M. (2019). Manual para realizar las colectas botánicas del Inventario Nacional Forestal y de Suelos de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(2), 439–470. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29841.58720>
- Rodrigues, A. S. L., Andelman, S. J., Bakarr, M. I., Boitani, L., Brooks, T. M., Cowling, R. M., Fishpool, L. D. C., da Fonseca, G. A. B., Gaston, K. J., Hoffmann, M., Long, J. S., Marquet, P. A., Pilgrim, J. D., Pressey, R. L., Schipper, J., Sechrest, W., Stuart, S. N., Underhill, L. G., Waller, R. W., ... Xie, Y. (2004). Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature*, 428(6983), 637–640.

<https://doi.org/10.1038/nature02459>

- Rotenberry, J. T., Preston, K. L., & Knick, S. T. (2006). GIS-based niche modeling for mapping species' habitat. *Ecology*, 87(6), 1458–1464. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2006\)87\[1458:GNMFMS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[1458:GNMFMS]2.0.CO;2)
- Rubió-Ortega, C., Herrando Moraira, S., Nualart, N., Vilatersana, R., López-Pujol, J., Herrando Moraira, S., & López-Pujol, J. (2017). *Estudios del nicho ecológico como herramienta para la inferencia del potencial invasor de Senecio pterophorus*. Comparte Tu Historia de Acceso Abierto. <https://digital.csic.es/handle/10261/196825>
- Sales, L. P., Hayward, M. W., & Loyola, R. (2020). Acta Oecologica What do you mean by “ niche ”? Modern ecological theories are not coherent on rhetoric about the niche concept. *Acta Oecologica*, 110(July 2020), 103701. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2020.103701>
- Sampieri, H., & Baptista, P. (2010). diseño de la investigación. In *Metodología de la investigación* (pp. 37–46).
- SENAMHI. (2021). Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional. In L. M. y D. M. Anabel Castro, Cristina Davila, Wil Laura, Félix Cubas, Grinia Avalos, Carlos López Ocaña, Donna Villena, Marcia Valdez, Julio Urbiola, Irene Trebejo (Ed.), *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Smart, S. M., Jarvis, S. G., Mizunuma, T., Herrero-Jáuregui, C., Fang, Z., Butler, A., Alison, J., Wilson, M., & Marrs, R. H. (2019). Assessment of a large number of empirical plant species niche models by elicitation of knowledge from two national experts. *Ecology and Evolution*, 9(22), 12858–12868. <https://doi.org/10.1002/ece3.5766>
- Soberón, J., Osorio-Olvera, L., & Peterson, A. T. (2017). Diferencias conceptuales entre modelación de nichos y modelación de áreas de distribución. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(2), 437–441. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.03.011>
- Soberón, J., & Peterson, A. T. (2005). Interpretation Of Models Of Fundamental Ecological Niches And Species' Distributional Areas. *Biodiversity Informatics*, 5(1–10), 3392–3396. <https://doi.org/10.1002/pssc.200778935>
- Soto, J. (1987). *Ipomoea pauciflora Mart. & Galeotti — Convolvulaceae*.

<http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/apmtm/termino.php?l=3&t=ipomoea-pauciflora>

- Suárez-mota, M. E., Villaseñor, J. L., & López-mata, L. (2015). *Ecological niche similarity between congeneric Mexican plant species*. *148*(3), 318–328.
- Svenning, J. C., Fløjgaard, C., Marske, K. A., Nógues-Bravo, D., & Normand, S. (2011). Applications of species distribution modeling to paleobiology. *Quaternary Science Reviews*, *30*(21–22), 2930–2947. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2011.06.012>
- Swets, J. A. (1988). Measuring the Accuracy of Diagnostic Systems. *Medical Decision Making*, 93–142. <https://doi.org/10.1002/9781118341544.ch5>
- Syfert, M. M., Joppa, L., Smith, M. J., Coomes, D. A., Bachman, S. P., & Brummitt, N. A. (2014). Using species distribution models to inform IUCN Red List assessments. *Biological Conservation*, *177*, 174–184. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.06.012>
- Thomas, C. D., Cameron, A., Green, R. E., Bakkenes, M., Beaumont, L. J., Collingham, Y. C., & Erasmus, B. F. N. (2004). Extinction risk from climate change. *Nature PublishingGroup*, *427*, 145–148.
- Thuiller, W. (2007). Biodiversity: Climate change and the ecologist. *Nature*, *448*(7153), 550–552. <https://doi.org/10.1038/448550a>
- Thuiller, W., Lavorel, S., Araujo, M. B., Sykes, M. T., & Prentice, I. C. (2005). *Climate change threats to plant diversity in Europe*. *102*, 8245–8250. <https://doi.org/10.1073/pnas.0409902102>
- Timaná, M. E., & Cuentas, M. A. (2015). Biogeografía predictiva: técnicas de modelamiento de distribución de especies y su aplicación en el impacto del cambio climático. *Espacio y Desarrollo*, *27*, 159–179.
- Tingley, M. W., Monahan, W. B., Beissinger, S. R., & Moritz, C. (2009). Birds track their Grinnellian niche through a century of climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *106*(SUPPL. 2), 19637–19643. <https://doi.org/10.1073/pnas.0901562106>
- Townsend, A. (2006). *Uses and requirements of ecological niche models and related distributional models*. 59–72. <https://doi.org/10.17161/bi.v3i0.29>

- Townsend, A., Soberón, J., Pearson, R., Anderson, R., Martinez, E., Nakamura, M., & Bastos, M. (2011). Ecological Niches and Geographic Distributions. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 1). PRINCETON UNIVERSITY PRESS. http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
- Turnbull, L. A., Isbell, F., Purves, D. W., Loreau, M., & Hector, A. (2016). Understanding the value of plant diversity for ecosystem functioning through niche theory. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283(1844). <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.0536>
- Ubeda Palenque, J., & Palacios Estremera, D. (2008). El clima de la vertiente del Pacífico de los Andes Centrales y sus implicaciones geomorfológicas. *Espacio y Desarrollo*, 56(20), 31–56.
- United Nations. (2016). *Sustainably manage forests, combat desertification, halt and reverse land degradation, halt biodiversity loss*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/biodiversity/>
- Valencia, S., Pérez-Sanvicente, E., León-Rivera, I., Perea-Arango, I., Abarca Camacho, C., & Flores-Palacios, A. (2021). Importancia y usos de los cazahuates y quiebraplátos. *Inventio*, 17(42). <https://doi.org/10.30973/inventio/2021.17.42/2>
- Valentín-Martínez, D., Silva-Sáenz, P., & Contreras-León, J. (2023). Flora y vegetación del malpaís de San Andrés Corú, Ziracuaretiro, Michoacán, México. *Botanical Sciences*, 101(2), 504–526. <https://doi.org/10.17129/botsci.3153>
- Venables, W. N., Smith, D. M., & The R Core Team. (2025). An Introduction to R. In *Practical Graph Mining with R* (pp. 49–74). Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/b15352-7>
- Victor, J. E., Koekemoer, M., Fish, L., Smithies, S. J., & Mössmer, M. (2004). Herbarium Essentials: The Southern African Herbarium, User Manual. In *Southern African Botanical Diversity Network report* (Issue 25).
- Villalobos, F. (2014). Linking diversity and distribution to understand biodiversity gradients and inform conservation assessments. *Frontiers of Biogeography*, 6(1).

<https://doi.org/10.21425/f5fbg19482>

- Villasante, F., Pauca-Tanco, A., Luque-Fernandez, C. ., Quispe-Turpo, J., Villegas, L., Siegmund, A., & Koch, M. A. (2021). Distribution patterns , ecological niche and conservation status of endemic *Tillandsia purpurea* along the Peruvian coast. *Plant Systematics and Evolution*, 307(4), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s00606-021-01773-0>
- Warren, D. L. (2012). In defense of “niche modeling.” *Trends in Ecology and Evolution*, 27(9), 497–500. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.03.010>
- Weberbauer, A. (1944). *Clima y Vegetación en los andes del Perú y en su territorio Costanero*.
- Wood, J. R. I., Muñoz-rodríguez, P., Williams, B. R. M., & Scotland, R. W. (2020). *A foundation monograph of Ipomoea (Convolvulaceae) in the New World* (Vol. 823). <https://doi.org/10.3897/phytokeys.143.32821>
- Xie, C., Chen, L., Li, M., Jim, C. Y., & Liu, D. (2023). BIOCLIM Modeling for Predicting Suitable Habitat for Endangered Tree *Tapiscia sinensis* (Tapisciaceae) in China. *Forests*, 14(11), 1–15. <https://doi.org/10.3390/f14112275>
- Yackulic, C. B., Nichols, J. D., Reid, J., & Der, R. (2015). To predict the niche, model colonization and extinction. *Ecology*, 96(1), 16–23. <https://doi.org/10.1890/14-1361.1>
- Yan, D., Chen, W., Liu, L., Li, J., Liu, L., & Wang, Y. (2017). Change in current and future geographic distributions of *Ulmus lamellosa* in China. *Journal of Forestry Research*, 29(4), 1147–1156. <https://doi.org/10.1007/s11676-017-0503-7>
- Yang, X. Q., Kushwaha, S. P. S., Saran, S., Xu, J., & Roy, P. S. (2013). Maxent modeling for predicting the potential distribution of medicinal plant, *Justicia adhatoda* L. in Lesser Himalayan foothills. *Ecological Engineering*, 51, 83–87. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.12.004>
- Ye, P., Zhang, G., Zhao, X., Chen, H., Si, Q., & Wu, J. (2021). Potential geographical distribution and environmental explanations of rare and endangered plant species through combined modeling: A case study of Northwest Yunnan, China. *Ecology and Evolution*, 11(19), 13052–13067. <https://doi.org/10.1002/ece3.7999>
- Yesson, C., Brewer, P. W., Sutton, T., Caithness, N., Pahwa, J. S., Burgess, M., Gray, W. A., White, R. J., Jones, A. C., Bisby, F. A., & Culham, A. (2007). How global is the

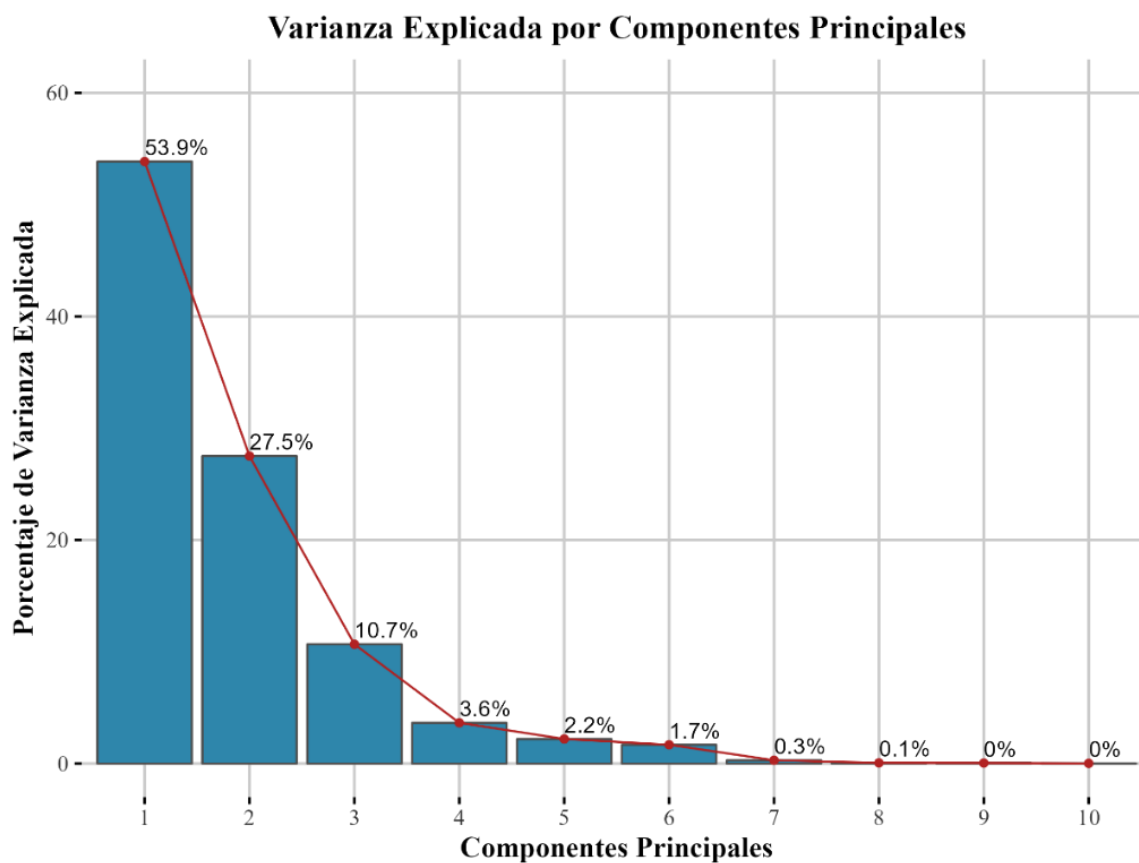
- global biodiversity information facility? *PLoS ONE*, 2(11).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001124>
- Zermoglio, P. F., Chapman, A. D., Wieczorek, J. R., Luna, M. C., & Bloom, D. A. (2020). *Guía rápida de georreferenciación*. Copenhagen.
<https://doi.org/https://doi.org/10.35035/e09p-h128> Autores
- Zheng, B., & Agresti, A. (2000). Summarizing the predictive power of a generalized linear model. *Statistics in Medicine*, 19, 1771–1781.
- Zimmermann, N. E., Yoccoz, N. G., Edwards, T. C., Meier, E. S., Thuiller, W., Guisan, A., Schmatz, D. R., & Pearman, P. B. (2009). Climatic extremes improve predictions of spatial patterns of tree species. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(SUPPL. 2), 19723–19728.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0901643106>
- Zurell, D., & Engler, J. O. (2019). Ecological niche modelling. In *Effects of Climate Change on Birds* (pp. 60–73). Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1093/oso/9780198824268.003.0006>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Figuras complementarias

Figura 8

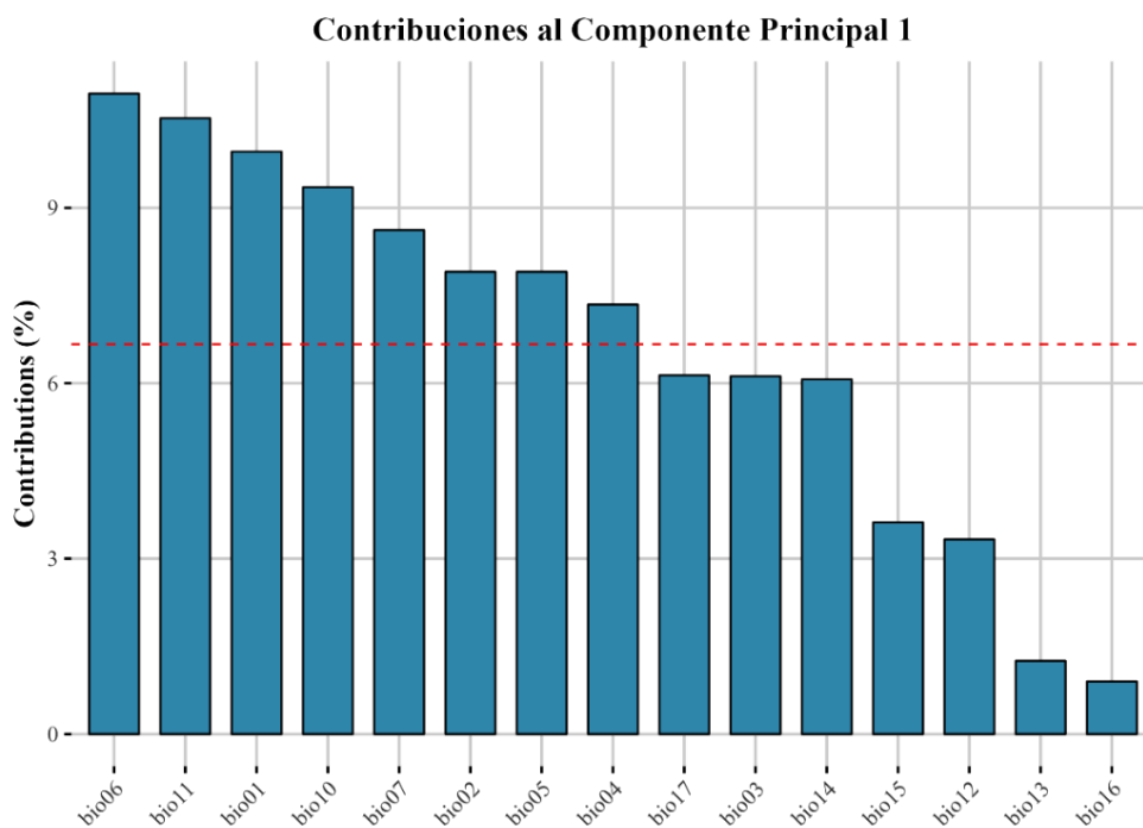
Gráfico de distribución de varianza de componentes principales.



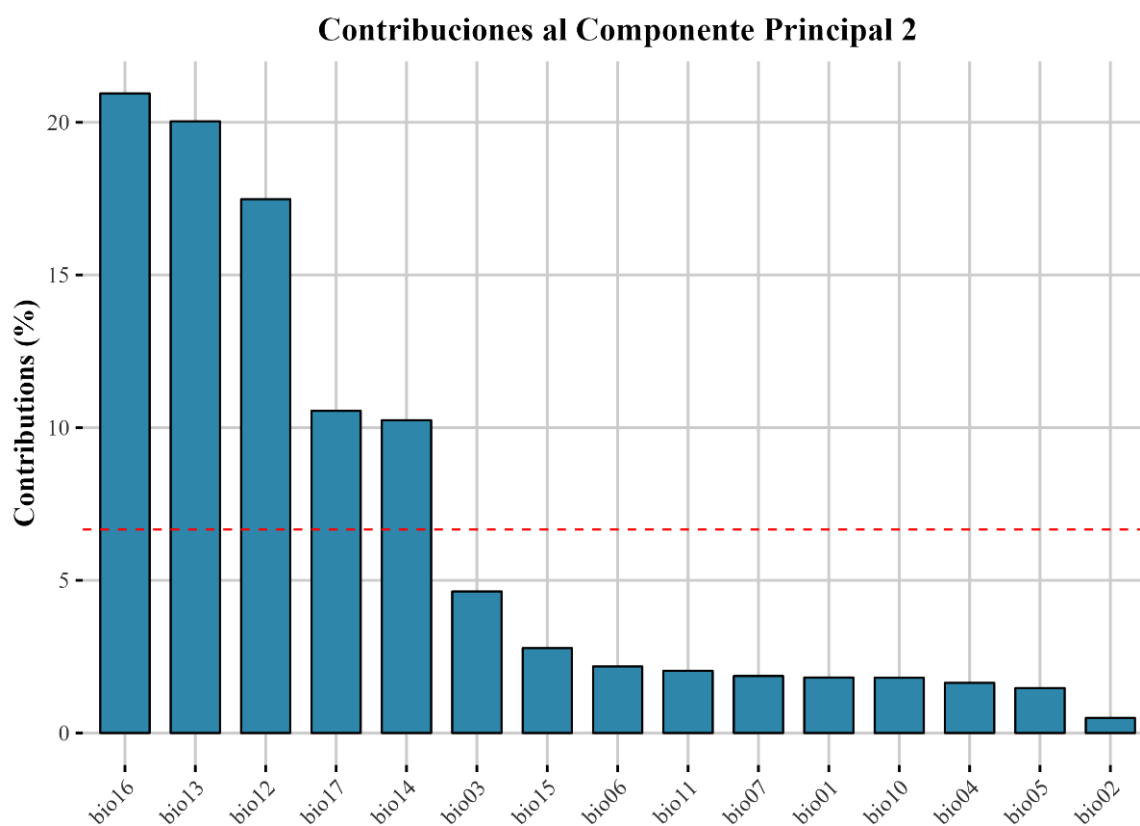
Nota: El gráfico de eigenvalores muestra la varianza explicada por cada componente principal obtenido a partir del análisis de componentes principales (PCA) aplicado a las variables bioclimáticas. La pendiente pronunciada en los primeros componentes indica una mayor concentración de información, lo que respalda la selección de los componentes que explican la mayor proporción de la varianza total. Elaboración propia.

Figura 9

Contribuciones de las variables en la CP1.



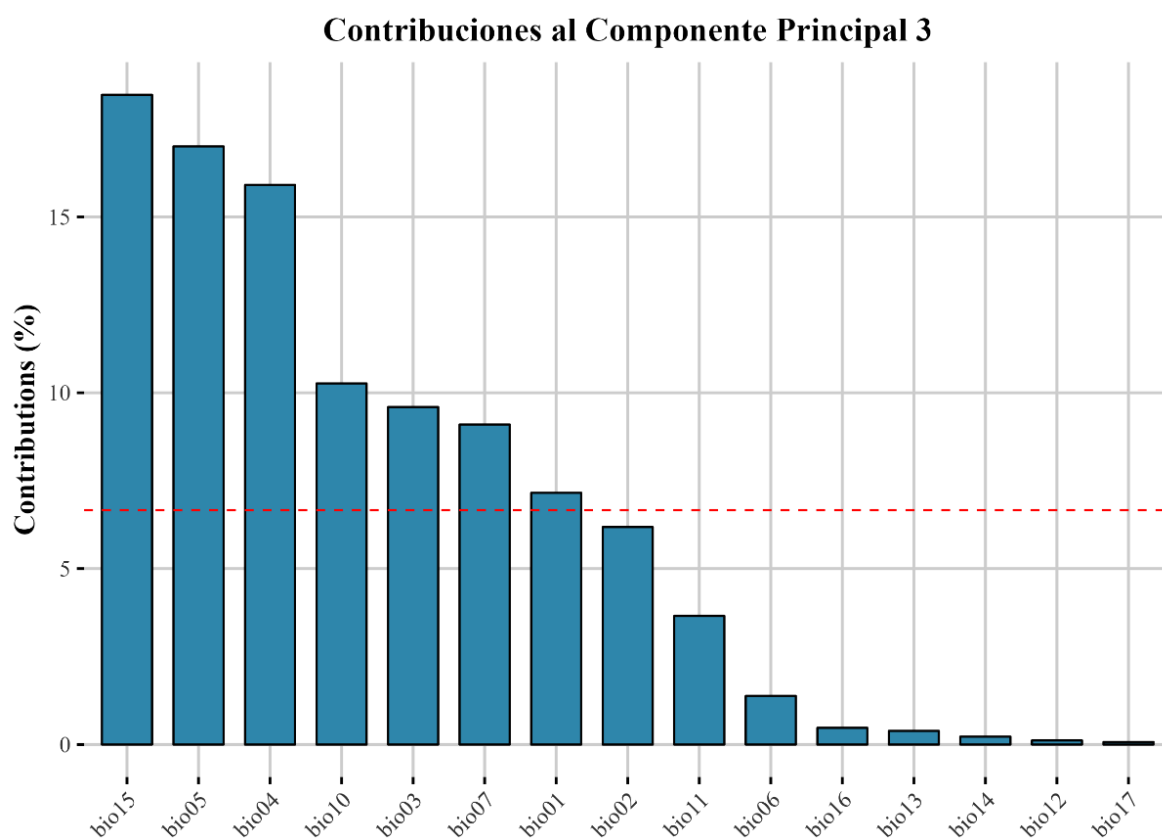
Nota: Contribución de las variables bioclimáticas al primer componente principal (PC1) del análisis de componentes principales (PCA), el cual representa principalmente un gradiente térmico asociado a la distribución de *Ipomoea pauciflora*. Elaboración propia

Figura 10*Contribuciones de las variables en la CP2*

Nota: Contribución de las variables bioclimáticas al segundo componente principal (PC2) del análisis de componentes principales (PCA), dominado por variables de precipitación asociadas al régimen pluviométrico de la región de estudio. Elaboración propia.

Figura 11

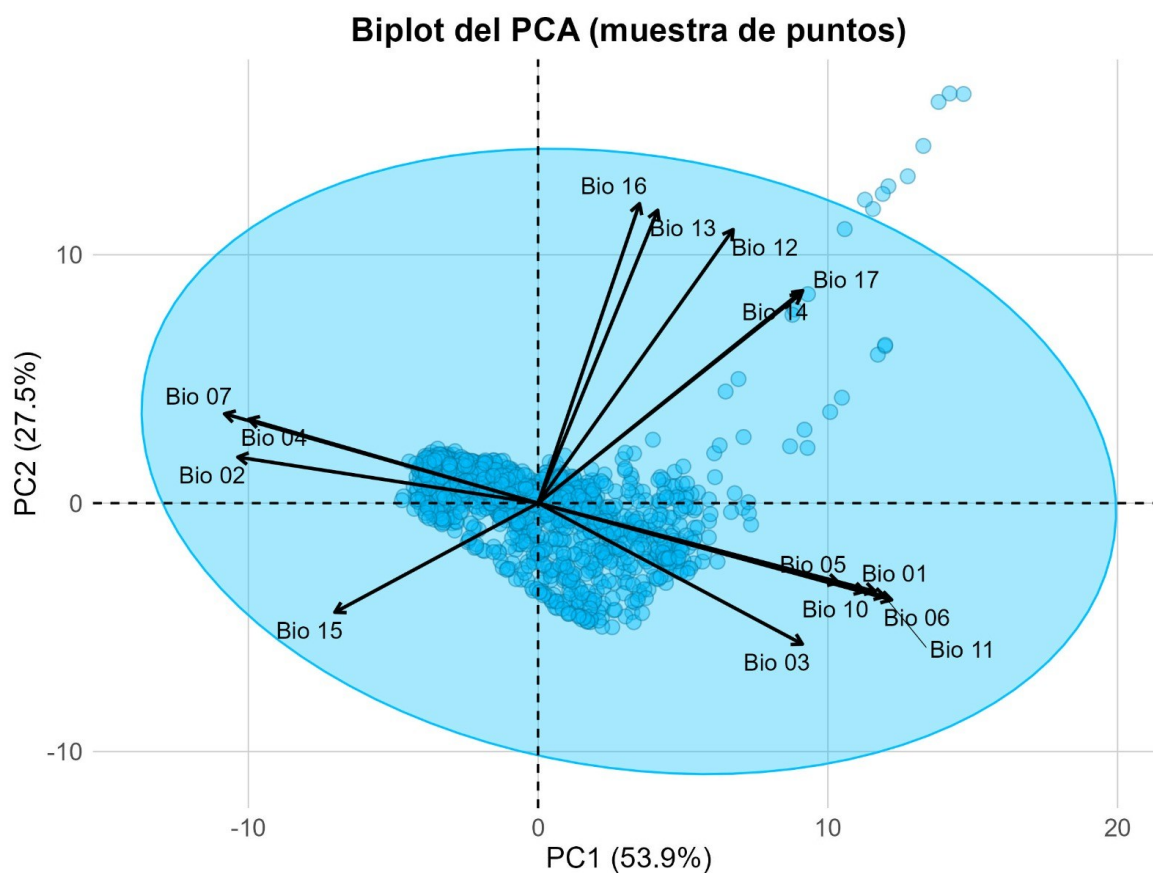
Contribuciones de las variables en la CP3.



Nota: Contribución de las variables bioclimáticas al tercer componente principal (PC3) del análisis de componentes principales (PCA), asociado a la estacionalidad climática y a los extremos térmicos en la región de estudio. Elaboración propia

Figura 12

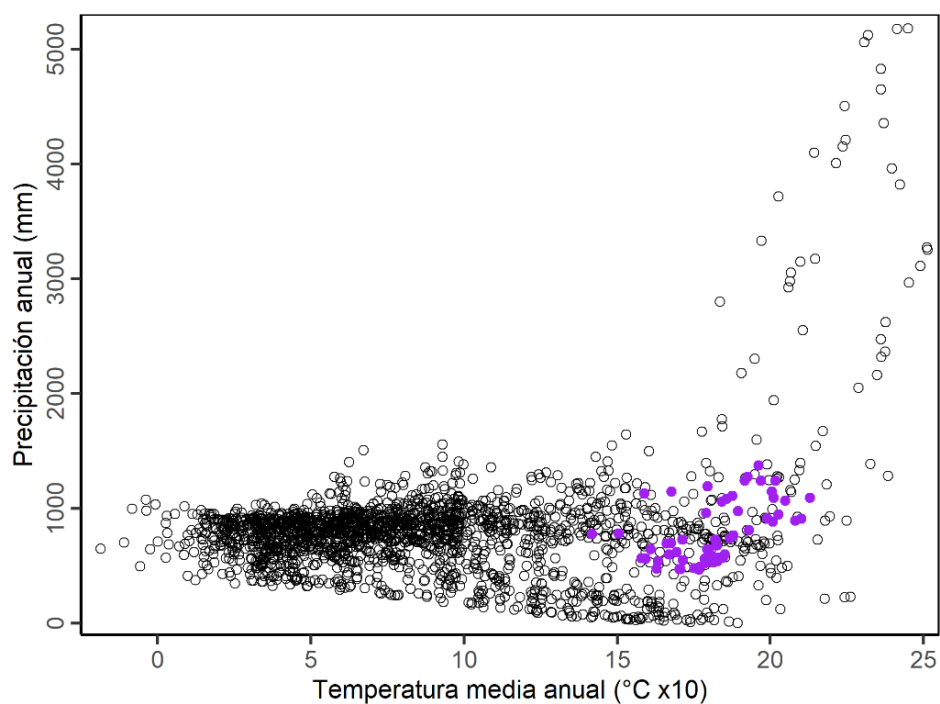
Diagrama de dispersión bidimensional PC1 vs PC2.



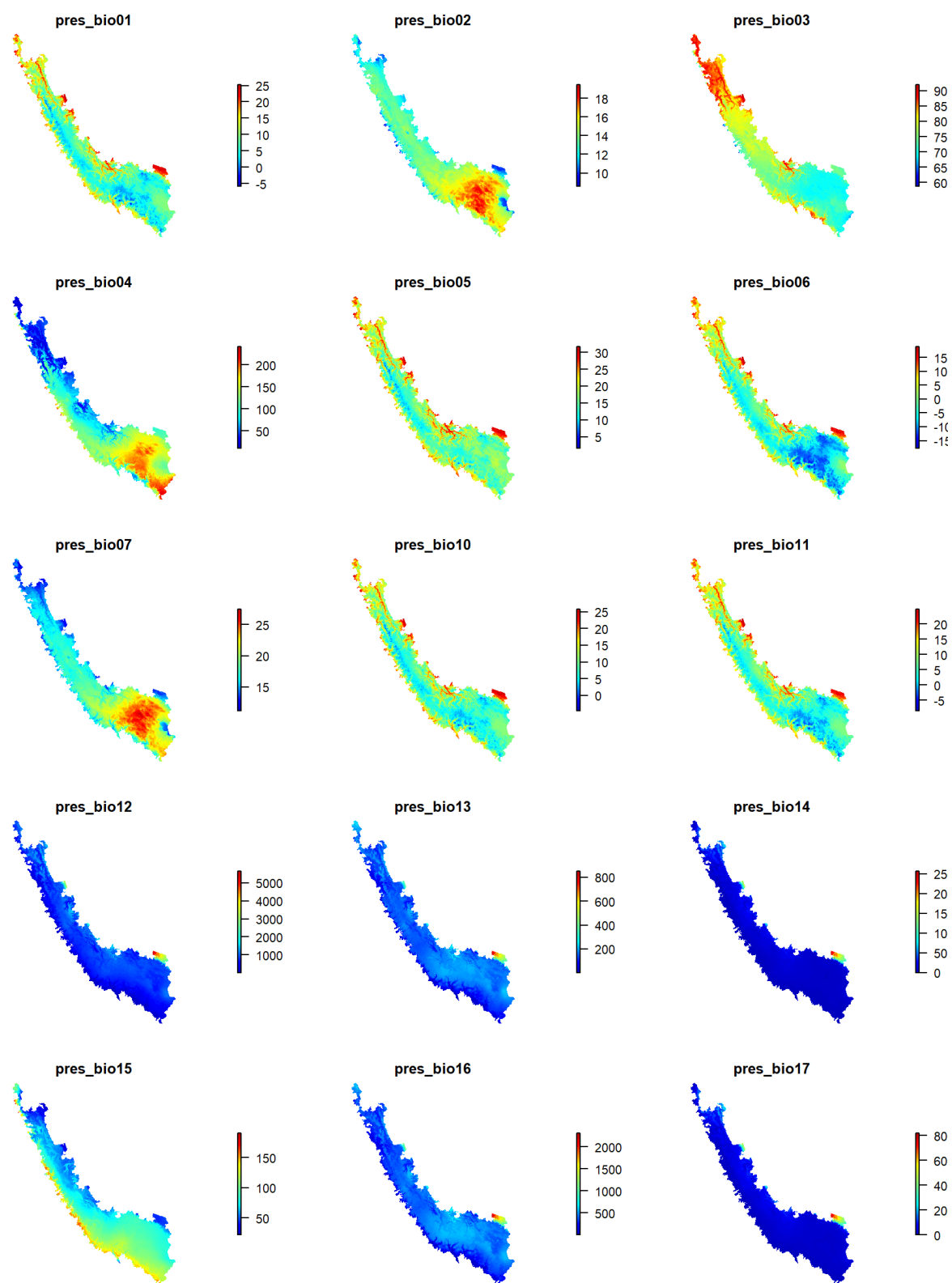
Nota: Representación bidimensional de las variables bioclimáticas y los casos proyectados sobre los dos primeros componentes principales (PC1 y PC2) del análisis de componentes principales (PCA), mostrando las relaciones y agrupaciones entre variables ambientales. Elaboración propia.

Figura 13

Distribución de puntos de clima y de la Ipomoea pauciflora



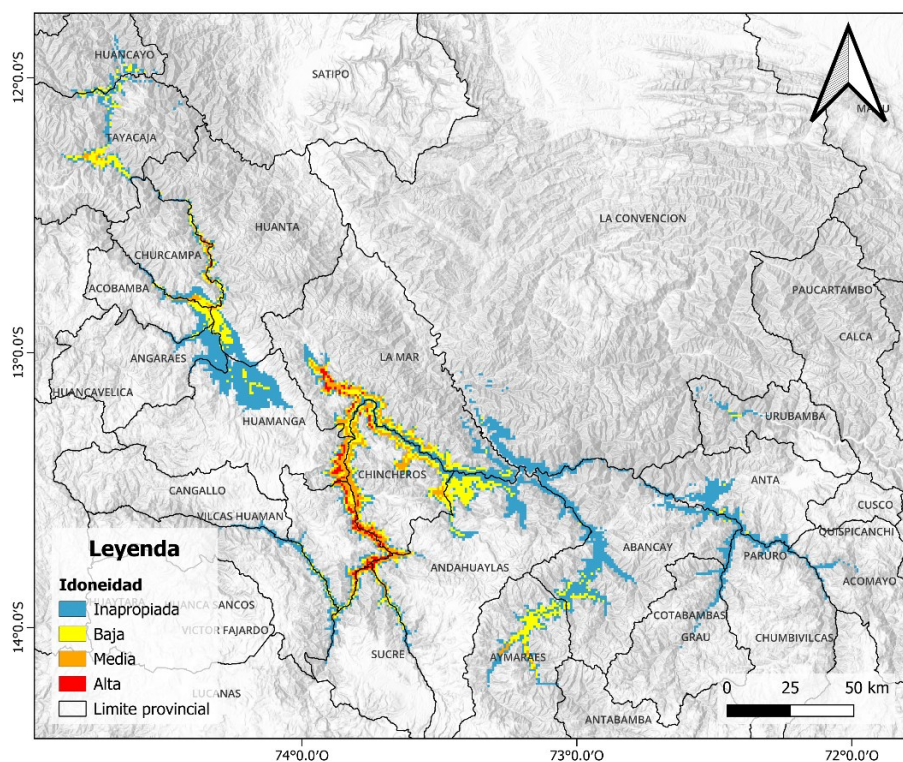
Nota: Los puntos en color púrpura representan las ubicaciones de presencia de la especie en relación con las variables climáticas de temperatura y precipitación.

Figura 14*Variables bioclimáticas*

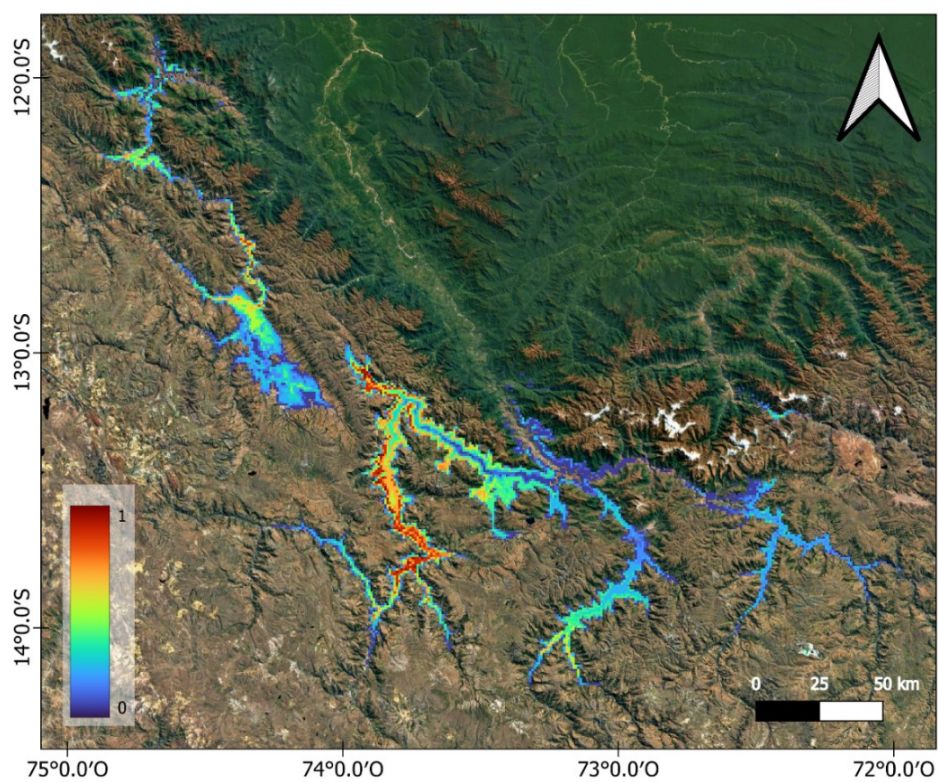
Nota: Variables ambientales utilizadas para el modelado de nicho.

Figura 15

Mapa de idoneidad de hábitat por provincia.

**Figura 16**

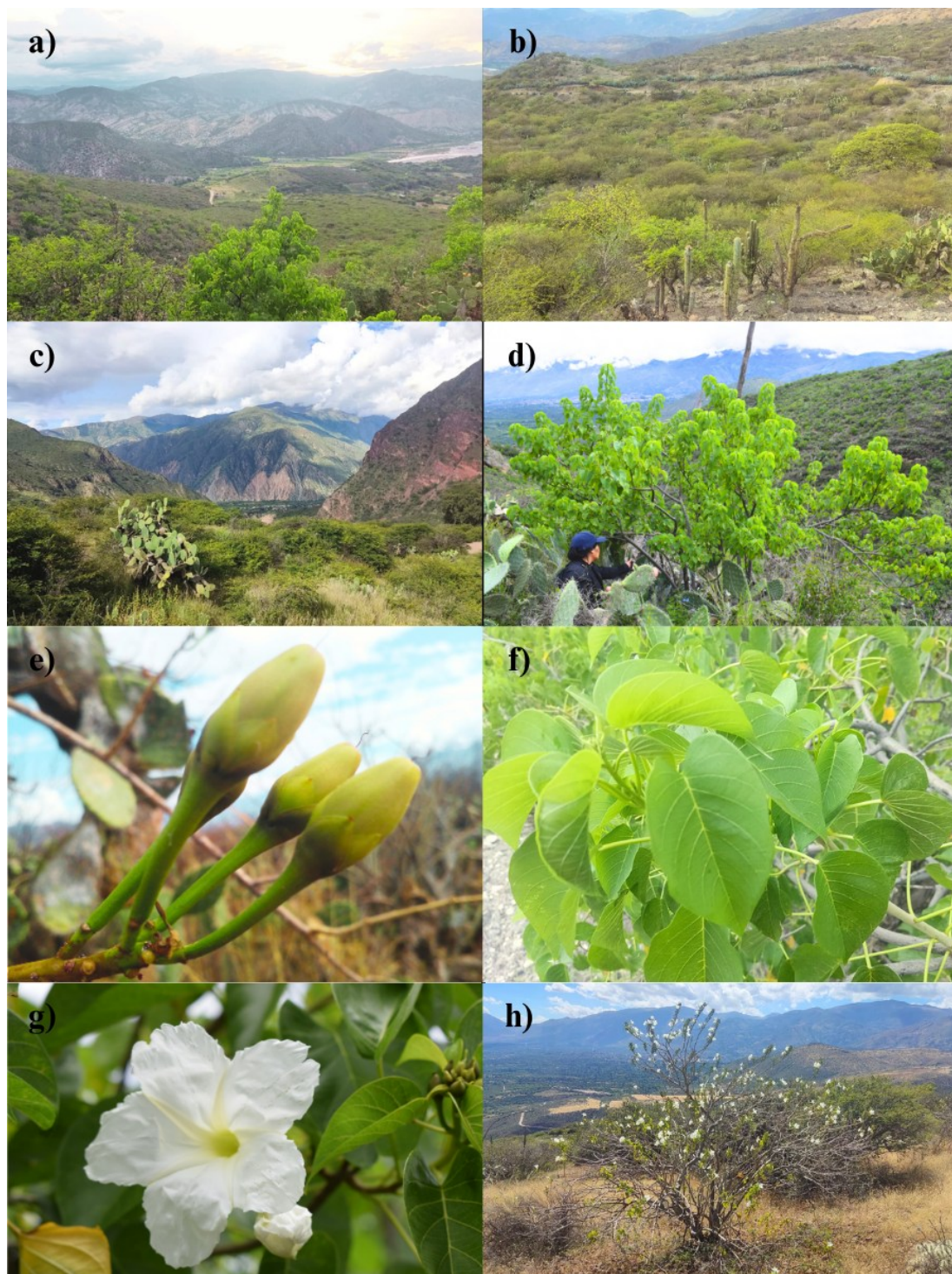
Áreas de distribución potencial actual de la Ipomoea pauciflora



Anexo 2. Figuras del trabajo en campo

Figura 17

Reporte de la especie *Ipomoea pauciflora* en campo.



Nota: (a y b) bosques secos interandinos de Huanta, Ayacucho; (c) bosque seco interandino en valle del rio Pampas, Chincheros, Apurimac; (d y h) *I. pauciflora* en Iguain, Huanta, Ayacucho (f y g) *I. pauciflora* en Luricocha, Huanta, Ayacucho.

Figura 18

Muestra botánica de Ipomoea pauciflora



Nota: Fisiología de tallo, hojas y flor de la Ipomoea pauciflora.

Anexo 3. Código programado en R

a) Descarga de datos de presencia

```
####Librerias
library(mapr)
library(spocc)
library(tidyverse)

####Comprobar Librerias cargados
search()

####Directorio de trabajo
setwd("D:/BBTA/2_Script_Tesis")
getwd()
dir()

####Lista de especies
sp <- c("Ipomoea pauciflora")
sp
sp.enm <- c("Ipomoea pauciflora")
sp.enm

####Base de datos de descarga
ba <- c("gbif", "bison", "inat", "ebird", "ecoengine", "vertnet", "idigbio", "obis", "ala",
"dryflor")
ba

####Descarga de datos
re <- spocc::occ(query = sp, from = ba, has_coords = TRUE, limit = 10000)
####transformar datos en data.frame
re
da <- spocc::occ2df(re)
da
View(da)

####Transformar la latitud y la longitud en caracteres numéricos
da$latitude <- as.numeric(da$latitude)
da$longitude <- as.numeric(da$longitude)

####Explorando datos para el mundo
bra <- map_data("world")
ggplot() +
  geom_polygon(data=bra, aes(x=long, y=lat, group=group)) +
  geom_point(data=da, aes(x=longitude, y=latitude), color="yellow")

####Para el peru
per <- map_data("world", region="peru")
ggplot() +
  geom_polygon(data=per, aes(x=long, y=lat, group=group)) +
  geom_point(data=da, aes(x=longitude, y=latitude), color="red")
```

```
####Guardar ocurrencias
readr::write_csv(da, "occurrences.csv")
```

b) Descargar variables bioclimáticas

```
#### Librerias
```

```
library(colorRamps)
```

```
library(raster)
```

```
library(terra)
```

```
library(sf)
```

```
library(tidyverse)
```

```
library(ggplot2)
```

```
library(dplyr)
```

```
library(tibble)
```

```
####Comprobar librerias
```

```
search()
```

```
####Directorio de trabajo
```

```
setwd("D:/BBTA/2_Script_Tesis")
```

```
getwd()
```

```
dir()
```

```
####Subir delimitacion de area
```

```
br <- st_read("gadm41_PER_2.shp")
```

```
# Convertir a un objeto Spatial de sp
```

```
#br<- as(br, "Spatial")
```

```
# Guardar con shapefile
```

```
shapefile(br, "gadm41_PER_2.shp")
```

```
##Variables climaticas
```

```
####Directorio
```

```
dir.create("01_variables")
```

```
setwd("01_variables")
```

```
getwd()
```

```
####Definir el Enlace de Descarga
```

```
####Caracteristicas - Arco de 30 sec - Datos bioclimaticos
```

```
url <- "https://geodata.ucdavis.edu/climate/worldclim/2_1/base/wc2.1_30s_bio.zip"
```

```
destfile <- "D:/BBTA/2_Script_Tesis/01_variables/var/wc2.1_30s_bio.zip"
```

```
download.file(url, destfile)
```

```
unzip(destfile)
```

```
####Cargar datos historicos
```

```
setwd("D:/BBTA/2_Script_Tesis/01_variables/var")
```

```
var_a <- raster::stack(list.files(pattern = "\\tif$", full.names = FALSE))
```

```
var<- rast(var_a)
```

```
names(var)
```

```

for (i in 19:length(var)) {
  plot(var[[i]], main = names(var)[i]) #Vizualizar las 19 variables bioclimaticas
}

####Visualizar dato historico
var <- stack(var)

####Cambiar nombres historicos
names(var)
names(var) <- paste0("pres_bio", sprintf("%02d", as.numeric(gsub(".*_(\\d+)$", "\\1",
names(var))))))
var

## 3.Ajustar la extension de la variable
####Corte a datos presentes
var_raster <- raster::stack(var) # para convertir en RasterLayer

br = shapefile("gadm41_PER_2.shp")
var.br <- raster::crop(var_raster, br) %>%
  raster::mask(br)
var.br

####Visualizar
plot(var.br)

####Exportar
setwd("D:/BBTA/2_Script_Tesis")
getwd()
dir()

dir.create("01_variables_corte")
setwd("01_variables_corte")

ruta_carpeta <- "D:/BBTA/2_Script_Tesis/01_variables_corte" #Creamos un vector con la
nueva ruta

if (!dir.exists(ruta_carpeta)) {
  dir.create(ruta_carpeta, recursive = TRUE)
}

raster::writeRaster(x = var.br, filename = file.path(ruta_carpeta, names(var.br)),
  bylayer = TRUE, options = c("COMPRESS=DEFLATE"), format = "GTiff",
  overwrite = TRUE)

```

c) Filtro de datos de ocurrencia

```

####Cargar librerias
library(colorRamps)
library(mapr)
library(raster)
library(sf)

```

```

library(tidyverse)

####Verificar librerias cargados
search()

# Datos
## **Ocurrencias**
#### Directorio
setwd("D:/BBTA/2_Script_Tesis")

####Importar datos
occ <- readr::read_csv("occurrences.csv")
occ

## **Variables**
#### Directorio
setwd("D:/BBTA/2_Script_Tesis/01_variables/var")
getwd()

####Importar datos
var<- raster::raster("wc2.1_30s_bio_1.tif")
var

## Limite
#### Importar limite
setwd("D:/BBTA/2_Script_Tesis")
lim <- sf::st_read("gadm41_PER_2.shp")
lim

####-----###
## Limpiar datos
# **1. registros y datos**
occ.cl <- occ %>%
  dplyr::distinct(longitude, latitude, .keep_all = TRUE) %>% # eliminar duplicados
  dplyr::filter(!is.na(longitude)) %>% # eliminar la longitud con NAs
  dplyr::filter(!is.na(latitude)) %>% # eliminar la latitud con NAs
  dplyr::filter(date > "1990-01-01") # filtrar por fecha
occ.cl

####-----###
## **2. puntos dentro del límite**
# punto dentro del límite
occ.cl.lim <- occ.cl %>%
  sf::st_as_sf(coords = c("longitude", "latitude"), crs = 4326) %>%
  st_join(lim, join = st_intersects) %>%
  dplyr::filter(!is.na(GID_2))
occ.cl.lim

colnames(lim)

```

```

#Datos
occ.cl.lim.coords <- occ.cl.lim %>%
  sf::st_coordinates()

occ.cl.lim.da <- occ.cl.lim %>%
  `st_geometry`<- `(NULL)` %>%
  tibble::as_tibble() %>%
  dplyr::select(name, prov, date) %>%
  cbind(occ.cl.lim.coords) %>%
  dplyr::select(name, X, Y, prov, date) %>%
  dplyr::rename(lon = X) %>%
  dplyr::rename(lat = Y)
occ.cl.lim.da

####-----###
## **3. Un punto por celda**
# raster original
var
plot(var, col = colorRamps::matlab.like2(100))

#copiar
var.id <- var
plot(var.id, col = colorRamps::matlab.like(100))

# crear un raster con los ids de las celdas
var.id[] # valor de las celdas

plot(is.na(var.id)) # na
plot(!is.na(var.id)) # no na

var.id[!is.na(var.id)] # valores no na

ncell(var.id[!is.na(var.id)]) # numero de celdas no na
seq(var.id[!is.na(var.id)]) # seq 1 a número de celdas

var.id[!is.na(var.id)] <- seq(var.id[!is.na(var.id)])
plot(var.id, col = colorRamps::matlab.like2(100))

# extraer valores
occ.cl.lim.oppc <- occ.cl.lim.da %>%
  mutate(oppc = raster::extract(var.id, dplyr::select(occ.cl.lim.da, lon, lat)))
occ.cl.lim.oppc

#verificar
sort(table(occ.cl.lim.oppc$oppc))
barplot(sort(table(occ.cl.lim.oppc$oppc)))

#oppc
occ.oppc <- occ.cl.lim.oppc %>%

```

```

dplyr::distinct(oppc, .keep_all = TRUE) %>%
  na.omit
occ.oppc
# verificar
sort(table(occ.oppc$oppc))
barplot(sort(table(occ.oppc$oppc)))

#Exportar
setwd("D:/BBTA/2_Script_Tesis")
readr::write_csv(occ.oppc, "occ_clean_lim_oppc.csv")
getwd()

```

d) Analisis de componente principal

```

# Librerias
library(caret)
library(colorRamps)
library(corrplot)
library(factoextra)
library(FactoMineR)
library(psych)
library(RStoolbox)
library(raster)
library(tidyverse)
library(usdm)
library(viridis)
library(reshape2)
library(ggpubr)
library(ggplot2)
library(plotly)

###Verificar librerias cargados
search()

#Directorio
setwd("D:/BBTA/2_Script_Tesis/01_variables_corte")
getwd()
dir()

# Lista de variables
ti <- dir(pattern = ".tif")
ti

pres <- grep("pres", ti, value=T)

# Importar raster **historicos**
var.p <- raster::stack(pres)
var.p
plot(var.p[[1:4]], col = colorRamps::matlab.like2(100))

# Extraer valores

```

```

var.da <- var.p %>%
  raster::values() %>%
  na.omit

###-----###
## Selección de variables
# Retroceder un directorio
setwd("..")
getwd()

#Directorio
dir.create("02_selection")
setwd("02_selection")
getwd()

###-----###
# **1. Analisis de componente principal**
# Retrocedemos un directorio
setwd("..")
getwd()

# Crear directorio
dir.create("04_pca")
setwd("04_pca")

#pca
pca <- FactoMineR::PCA(var.da, scale.unit = TRUE, graph = FALSE)
pca

# Eigenvalues
factoextra::get_eig(pca) %>%
  round(2)

#Visualizar eigenvector
factoextra::fviz_eig(pca, addlabels = TRUE, ylim = c(0, 60), ggtheme = theme_classic())

ggsave("00_screeplot.tiff", he = 15, wi = 20, un = "cm", dpi = 300)

# Contribuciones
pca$var$contrib

# Seleccion
pca$var$contrib %>%
  tibble::as_tibble() %>%
  dplyr::mutate(var = rownames(pca$var$contrib)) %>%
  dplyr::select(var, Dim.1, Dim.2) %>%
  dplyr::arrange(desc(Dim.1))

##Contribuciones
#Componente 1

```

```

factoextra::fviz_contrib(pca, choice = "var", axes = 1, ggtheme = theme_classic())

ggsave("01_contributions_pc1.tiff", he = 15, wi = 20, un = "cm", dpi = 300)

#####
#Componente 2
factoextra::fviz_contrib(pca, choice = "var", axes = 2, ggtheme = theme_classic())

ggsave("02_contributions_pc2.tiff", he = 15, wi = 20, un = "cm", dpi = 300)

#####
#Componente 3
factoextra::fviz_contrib(pca, choice = "var", axes = 3, ggtheme = theme_classic())

ggsave("03_contributions_pc3.tiff", he = 15, wi = 20, un = "cm", dpi = 300)

#####
# Biplot
factoextra::fviz_pca(pca, geom = "point", col.ind = "black", alpha.ind = .05)

ggsave("03_biplot_pca.tiff", he = 15, wi = 20, un = "cm", dpi = 300)

###-----###
# pca de raster
rasters <- lapply(1:ncol(var.da), function(i) {
  r <- raster(nrows = nrow(var.da), ncols = 1)
  values(r) <- var.da[, i]
  return(r)
})

var.stack <- stack(var.p) # Convierte la matriz a un RasterStack

pca.ra <- RStoolbox::rasterPCA(var.stack, spca = TRUE)
pca.ra

# Contribuciones de cada eje
summary(pca.ra$model)
pca$eig

# Para visualizar los 3 primeros componente que mas explican
par(mfrow = c(1, 3)) # Dividir la ventana en 3 gráficos
plot(pca.ra$map[[1]], main = "PC1 - Varianza Explicada: 53.84%")
plot(pca.ra$map[[2]], main = "PC2 - Varianza Explicada: 28.48%")
plot(pca.ra$map[[3]], main = "PC3 - Varianza Explicada: 9.48%")

par(mfrow = c(1, 1)) # Restaurar configuración

# Exportar
raster::writeRaster(x = pca.ra$map[[1:3]], filename = paste0("pc0", 1:3), bylayer = TRUE,

```

```
options = c("COMPRESS=DEFLATE"), format = "GTiff", overwrite =
TRUE)
```

e) Modelado de nicho ecologico, distribución y validación

```
# Librerias
library(colorRamps)
library(dismo)
library(raster)
library(rJava)
library(sf)
library(tidyverse)
library(viridis)
library(ggplot2)
library(ggspatial)

# Verificar librerias
search()

###-----###
## Importar datos
# 1. occ
# Directorio
setwd("D:/BBTA/2_Script_Tesis/")
getwd()
dir()

# Ocurrencias
occ <- readr::read_csv("01_occ_clean_lim_oppc.csv") %>%
  dplyr::filter(name == "Ipomoea pauciflora")
occ

# Crear un shapefile
occ.sh <- occ %>%
  sf::st_as_sf(coords = c("lon", "lat"), crs = 4326)
occ.sh

ggsave("00_cor_occ.tiff", he = 15, wi = 20, un = "cm", dpi = 300)

dev.off()
# Exportar shapefile
sf::st_write(occ.sh, "occ_ipomoea_pauciflora.shp")

###-----###
## **2. variables**
# Directorio
setwd("D:/BBTA/2_Script_Tesis/02_selection/04_pca")
dir()

# Lista de archivos
ti <- dir(patt = ".tif$")
```

```

ti

# Importar raster
var <- raster::stack(ti)
var

# Visualización
plot(var, col = viridis::viridis(100))

###-----###
## extraer coordenadas para el fondo
# coordenadas
## coordenadas de fondo
bc <- tibble::as.tibble(raster::rasterToPoints(var)[, 1:2])
bc
colnames(bc) <- c("lon", "lat")
bc

###-----###
# verificar maxent
# copia maxent.jar en "C:\sersu_seu_nome\Documents\R\win-library\3.5.1\dismo\java"
file.exists(paste0(system.file(package = "dismo"), "/java/maxent.jar"))
###-----###
#### enms ####

# Directorio
setwd("D:/BBTA/2_Script_Tesis")

dir.create("03_modelos")
setwd("03_modelos")

dir.create("01_modelos_unicos")
setwd("01_modelos_unicos")
getwd()

# seleccionar puntos de presencia
pr.species <- occ %>%
  dplyr::select(lon, lat)
pr.species

# seleccionar puntos de fondo
bc.species <- bc %>%
  dplyr::sample_n(nrow(pr.species))
bc.species

###-----###
## Preparación de datos - datos de presencia de entrenamiento y prueba

# muestra de entrenamiento

```

```

pr.sample.train.id <- sample(nrow(pr.species), round(.7 * nrow(pr.species)))

# seleccionar datos de entrenamiento
pr.sample.train <- pr.species %>%
  dplyr::slice(pr.sample.train.id)
pr.sample.train

# seleccionar datos de prueba
pr.sample.test <- pr.species %>%
  dplyr::slice(-pr.sample.train.id)
pr.sample.test

# Visualización
ggplot() +
  geom_raster(data = raster::rasterToPoints(var[[1]]) %>% tibble::as_tibble(),
    aes(x, y, fill = pc01)) +
  scale_fill_gradientn(colours = viridis::viridis(100)) +
  geom_point(data = pr.sample.train, aes(lon, lat), size = 3.5, pch = 20, alpha = .5) +
  geom_point(data = pr.sample.test, aes(lon, lat), color = "darkgreen", size = 3.5, pch = 20,
    alpha = .7) +
  theme_minimal()

## Entrenar y probar datos de fondo
# Muestra de entrenamiento
bc.sample.train.id <- sample(nrow(bc.species), round(.7 * nrow(bc.species)))
bc.sample.train.id

# Seleccionar datos de entrenamiento
bc.sample.train <- bc.species %>%
  dplyr::slice(bc.sample.train.id)
bc.sample.train

# seleccionar datos de prueba
bc.sample.test <- bc.species %>%
  dplyr::slice(-bc.sample.train.id)
bc.sample.test

# Seleccionar datos de enm
# entrenar
train <- dismo::prepareData(x = var,
  p = pr.sample.train,
  b = bc.sample.train) %>% na.omit
train

# Test
test <- dismo::prepareData(x = var,
  p = pr.sample.test,
  b = bc.sample.test) %>% na.omit
test

```

```

####-----###
## algoritmos
## 1. bioclim
# 1.1 calibración
train.cal <- train %>%
  dplyr::filter(pb == 1) %>%
  dplyr::select(-1)
train.cal

Bioclim <- dismo::bioclim(train.cal)
plot(Bioclim)
response(Bioclim)

Bioclim
#####
# Extraemos los puntos de presencia de tu modelo Bioclim
presence <- as.data.frame(Bioclim@presence)

# Graficamos el espacio PC01 vs PC02
ggplot(presence, aes(x = pc01, y = pc02)) +
  geom_point(color = "red", size = 2) +
  stat_ellipse(type = "norm", linetype = 2, color = "blue") +
  labs(title = "Espacio Ambiental Modelado (pc01 vs pc02)",
        x = "PC01", y = "PC02") +
  theme_minimal()

# 1.2 proyección
enm.Bioclim <- dismo::predict(var, Bioclim, progress = "text")
enm.Bioclim

par(mfrow = c(1, 1))
# Exportar modelo unico
raster::writeRaster(enm.Bioclim, "Bioclim_Distribution.tif", format = "GTiff", overwrite =
TRUE)

# 1.3 evaluación
e.Bioclim <- dismo::evaluate(p = test %>% dplyr::filter(pb == 1) %>% dplyr::select(-1),
                           a = test %>% dplyr::filter(pb == 0) %>% dplyr::select(-1),
                           model = Bioclim)
e.Bioclim

# roc - Curva de característica operativa del receptor
plot(e.Bioclim, "ROC")
0
#####
tiff("01_plot_roc.tiff", height = 15, width = 20, units = "cm", res = 300) # Para guardar
plot(e.Bioclim, "ROC")
dev.off()

```

```

# auc - Área bajo la curva
e.Bioclim@auc

# Extraer el índice Kappa del modelo
kappa_values <- e.Bioclim@kappa

# encontrar umbral
thr.Bioclim <- dismo::threshold(e.Bioclim)
thr.Bioclim

# tss - (True Skill Statistic)
id <- which(e.Bioclim@t == thr.Bioclim$spec_sens)
tss <- e.Bioclim@TPR[id] + e.Bioclim@TNR[id] - 1
tss

## Umbrales
# Suma de la sensibilidad y la especificidad
thr.Bioclim$spec_sens

ggplot() +
  geom_raster(data = raster::rasterToPoints(enm.Bioclim >= thr.Bioclim$spec_sens) %>%
    tibble::as_tibble(),
    aes(x, y, fill = layer)) +
  scale_fill_gradientn(colours = colorRamps::matlab.like2(100)) +
  geom_point(data = pr.sample.train, aes(lon, lat), pch = 20, size = 2.5, alpha = .7) +
  geom_point(data = pr.sample.test, aes(lon, lat), color = "darkgreen", pch = 20, size = 2.5,
    alpha = .7) +
  theme_minimal()

# ninguna omisión
thr.Bioclim$no_omission
ggplot() +
  geom_raster(data = raster::rasterToPoints(enm.Bioclim >= thr.Bioclim$no_omission)
    %>% tibble::as_tibble(),
    aes(x, y, fill = layer)) +
  scale_fill_gradientn(colours = rainbow(1)) +
  geom_point(data = pr.sample.train, aes(lon, lat), pch = 20, size = 2.5, alpha = .7) +
  geom_point(data = pr.sample.test, aes(lon, lat), color = "darkgreen", pch = 20, size = 2.5,
    alpha = .7) +
  theme_minimal()

```

Tabla 8*Coordenadas de presencia de la Ipomoea pauciflora.*

Especie	Longitud	Latitud	Fuente	Fecha
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.309529	-12.857608	gbif	28/11/2023
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-72.825853	-13.432505	gbif	02/05/2022
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-73.880858	-13.964788	gbif	09/07/2021
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-72.929122	-13.676078	gbif	01/08/2019
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-72.52638	-13.53027	gbif	28/06/2007
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.733611	-12.076111	gbif	04/01/2006
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-72.51861	-13.51805	gbif	04/04/2020
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-72.49861	-13.46722	gbif	04/06/2004
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-72.53333	-13.55	gbif	03/05/2003
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-72.66254	-13.5486	gbif	08/11/2002
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-73.8888071	-13.9581099	inat	27/11/2023
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.2431301	-12.9761839	inat	29/07/2023
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.2528411	-13.0019084	inat	22/08/2022
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.230025	-12.9698314	inat	30/04/2019
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-73.7977	-13.3221	dryflor	29/10/2014
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-73.1974	-13.4534	dryflor	29/10/2014
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.8594	-12.2856	dryflor	29/10/2014
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.7007	-12.0909	dryflor	29/10/2014
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.6881	-12.0899	dryflor	29/10/2014
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.6958	-12.0816	dryflor	29/10/2014
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.7328	-12.0806	dryflor	29/10/2014
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.6924	-12.0639	dryflor	29/10/2014
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.6306	-12.3579	dryflor	29/10/2014
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-73.9472	-13.0667	dryflor	29/10/2014
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-73.94	-13.06	dryflor	29/10/2014
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-73.8927	-13.1172	dryflor	29/10/2014
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-73.887	-13.1217	dryflor	29/10/2014
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.3760073	-12.8050042	proyecto	20/05/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.3770011	-12.8279974	proyecto	21/05/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.3519953	-12.8399988	proyecto	22/05/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.3189997	-12.8430027	proyecto	23/05/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.3219884	-12.8570177	proyecto	24/05/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.311999	-12.8859985	proyecto	25/05/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.3510035	-12.9110001	proyecto	26/05/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.3240051	-12.9109971	proyecto	27/05/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.3860003	-12.9420037	proyecto	28/05/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.4470007	-12.970001	proyecto	29/05/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.3169922	-12.9500126	proyecto	30/05/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.2759991	-13.0160196	proyecto	31/05/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-73.627	-13.3160014	proyecto	20/06/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-73.8010356	-13.6500609	proyecto	21/06/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-73.7690117	-13.6590008	proyecto	22/06/2024

<i>Ipomoea pauciflora</i>	-73.7280068	-13.6859978	proyecto	23/06/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-73.7970117	-13.8220103	proyecto	24/06/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-73.8300043	-13.9210013	proyecto	25/06/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-73.8899982	-13.8870001	proyecto	26/06/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.2704643	-13.0225193	proyecto	27/06/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.2585811	-12.9928673	proyecto	28/06/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.2705373	-12.9936651	proyecto	29/06/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-73.9155279	-13.1014448	proyecto	21/07/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-73.9301291	-13.0742656	proyecto	22/07/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-73.7880578	-13.1571502	proyecto	23/07/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-73.7333724	-13.2631904	proyecto	24/07/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-73.7405395	-13.2558098	proyecto	25/07/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-73.691657	-13.2847554	proyecto	26/07/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-73.8676871	-13.2572666	proyecto	27/07/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.41405	-12.80181	proyecto	25/08/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.42387	-12.80088	proyecto	25/08/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.58881	-12.69501	proyecto	25/08/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-72.914792	-13.691679	proyecto	26/08/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-72.94119	-13.665113	proyecto	26/08/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.36488	-12.85951	proyecto	26/08/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.36488	-12.85951	proyecto	26/08/2024
<i>Ipomoea pauciflora</i>	-74.38104	-12.85971	proyecto	26/08/2024