

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL



LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Manejo y conservación de los recursos naturales

Modelo de distribución natural del género *Juglans* en la región de Cajamarca

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL

AUTOR

Bach. Royser David Díaz Cóndor

ASESOR

M.Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito



M. Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito
Docente
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

CHOTA – PERÚ

FEBRERO, 2026



C.O. N° 002-2026-EPIFA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, M. Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito, en calidad de asesor, hago constar que la Tesis de investigación Titulada: “ **Modelo de distribución natural del género *Juglans* en la región de Cajamarca** ”; ejecutada por él **Bach. Royser David Díaz Cóndor** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Forestal y Ambiental**, asesorado por la M. Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito; presenta un **INDICE DE SIMILITUD DEL 19%**, sin incluir bibliografía; por lo tanto, cumple con el criterio de evaluación de originalidad establecido en el REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA aprobado mediante RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N°770-2025-UNACH.

Se expide la presente, a petición de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

Chota, 16 de febrero del 2026.

Atentamente,


M. Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito

Royser David DIAZ CONDOR

Tesis

 Proyectos y tesis

 Tesis 2026

 Universidad Nacional Autónoma de Chota

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3483085593

Fecha de entrega

16 feb 2026, 11:14 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

16 feb 2026, 11:30 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

FORME_FINAL_DE_TESIS_-_Royser_David_Di_az_Co_ndor_Official.docx

Tamaño del archivo

8.2 MB

85 páginas

15.192 palabras

88.012 caracteres




19% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía

Fuentes principales

- 18%  Fuentes de Internet
- 9%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 18% Fuentes de Internet
- 9% Publicaciones
- 5% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	www.repositorio.unach.edu.pe	5%
2	Internet	repositorio.unach.edu.pe	2%
3	Internet	hdl.handle.net	2%
4	Internet	repositorio.uan.edu.co	<1%
5	Internet	repositorio.unj.edu.pe	<1%
6	Internet	alicia.concytec.gob.pe	<1%
7	Internet	repositorio.unu.edu.pe	<1%
8	Trabajos del estudiante	cantabria	<1%
9	Internet	ridum.umanizales.edu.co	<1%
10	Internet	issuu.com	<1%
11	Publicación	Ana María Murillo-P., Oscar Mahecha-J., Vanessa Díaz-S., Miguel Gonzalo Andrade...	<1%

12	Trabajos del estudiante	Universidad de Cundinamarca	<1%
13	Internet	documents.mx	<1%
14	Internet	repositorio.unal.edu.co	<1%
15	Internet	repositorio.unc.edu.pe	<1%
16	Trabajos del estudiante	Universidad Autónoma de Nuevo León	<1%
17	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Autonoma de Chota	<1%
18	Internet	repositorio.uncp.edu.pe	<1%
19	Internet	www.coursehero.com	<1%
20	Internet	dspace.unl.edu.ec	<1%
21	Internet	apirepositorio.unh.edu.pe	<1%
22	Internet	oa.upm.es	<1%
23	Internet	pdf.usaid.gov	<1%
24	Internet	abm.ojs.inacol.mx	<1%
25	Internet	archive.org	<1%

26	Publicación	Ercilia María Sara Moreno, María Camila Bagliani, Gisela Mariel Via do Pico, Vivian...	<1%
27	Publicación	Daniela Mitzuko Carrillo-Aguilar, Mónica Yazmin Flores-Villegas, Pedro García ´Ra...	<1%
28	Publicación	María I. La-Torre, Asunción Cano, Oscar Tovar. "Las Poáceas del Parque Nacional ...	<1%
29	Publicación	Raquel Cid-Muñoz, Montserrat Cervantes-Espinoza, Ulises Castro-Valderrama, Ge...	<1%
30	Internet	eprints.uanl.mx	<1%
31	Internet	repositorio.uchile.cl	<1%
32	Internet	tesisenxarxa.net	<1%
33	Trabajos del estudiante	Universidad Francisco de Vitoria	<1%
34	Trabajos del estudiante	Universidad de Salamanca	<1%
35	Internet	repositorio.continental.edu.pe	<1%
36	Internet	repositorio.upse.edu.ec	<1%
37	Trabajos del estudiante	uncedu	<1%
38	Trabajos del estudiante	GIMNASIO VERMONT	<1%
39	Internet	download.tuxfamily.org	<1%

40	Publicación	Castellanos Flórez, Ronald. "Modelación de la Distribución Potencial del Ratón An...	<1%
41	Publicación	Maturana Pacheco, Alonso Javier Zarate Flores, Martha Evelyn Nunez Gonzale...	<1%
42	Trabajos del estudiante	Universidad de Chile	<1%
43	Internet	beauveriabassiana2022.blogspot.com	<1%
44	Internet	patents.google.com	<1%
45	Publicación	"XXV IUFRO World Congress: Forest Research and Cooperation for Sustainable", X...	<1%
46	Trabajos del estudiante	Universidad Andrés Bello	<1%
47	Trabajos del estudiante	Universidad San Marcos	<1%
48	Trabajos del estudiante	Universidad del Valle de Guatemala	<1%
49	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Santa María	<1%
50	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
51	Internet	repositorio.uss.edu.pe	<1%
52	Internet	tesis.usat.edu.pe	<1%
53	Internet	www.igeograf.unam.mx	<1%

54	Publicación	Gras MA, Pistol GC, Pelmus RS, Lazar C, Grosu H, Ghita E. "Relationship between g...	<1%
55	Publicación	Lucía Sánchez-Soto, Andrés Sánchez-Suricalday. " The impact of mindfulness ther...	<1%
56	Publicación	N'tambwe Nghonda, Dieu-Donné. "Savoirs Locaux et Restauration du Miombo : V...	<1%
57	Internet	buleria.unileon.es	<1%
58	Internet	convencion.uclv.cu	<1%
59	Internet	es.slideshare.net	<1%
60	Internet	repositorio.upeu.edu.pe	<1%
61	Internet	repositorio.utp.edu.pe	<1%
62	Internet	uvadoc.uva.es	<1%
63	Internet	www.riss.kr	<1%
64	Publicación	Joshua J. Lawler. "Rare Species and the Use of Indicator Groups for Conservation ...	<1%
65	Publicación	María Elena Torres, Hugo Luis Rojas, Luis Carlos Alatorre, Luis Carlos Bravo et al. ...	<1%
66	Publicación	Najar Mendoza, William Lucio Rodriguez, Arturo Rafael Chayña. "Aplicación de s...	<1%
67	Internet	academic.oup.com	<1%

68	Internet	doaj.org	<1%
69	Internet	doczz.es	<1%
70	Internet	dspace.unach.edu.ec	<1%
71	Internet	dspace.utb.edu.ec	<1%
72	Internet	repositorio.undac.edu.pe	<1%
73	Internet	repositorio.unprg.edu.pe	<1%
74	Internet	repositorio.urp.edu.pe	<1%
75	Internet	repositorio.utc.edu.ec	<1%
76	Internet	scientiamarina.revistas.csic.es	<1%
77	Internet	www.ebizlatam.com	<1%
78	Internet	www.mdpi.com	<1%
79	Internet	www.researchgate.net	<1%
80	Internet	www.tandfonline.com	<1%
81	Publicación	Byron Palacios-Herrera, Santiago Pereira-Lorenzo, Darwin Pucha-Cofrep. "Phenol..."	<1%

82	Publicación	Canaza Mamani, Daniel. "Modelamiento espacial para la estimación de reservas d...	<1%
83	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional del Centro del Peru	<1%
84	Internet	doczz.com.br	<1%
85	Internet	forestbaracoa.edicionescervantes.com	<1%
86	Internet	repositorio.ujcm.edu.pe	<1%
87	Internet	repositorio.ujed.mx	<1%
88	Internet	repositorio.unne.edu.ar	<1%
89	Internet	repositorio.uwiener.edu.pe	<1%
90	Internet	worldwidescience.org	<1%
91	Internet	www.biotech.bioetica.org	<1%
92	Internet	www.pc-news.com	<1%
93	Internet	zagan.unizar.es	<1%
94	Publicación	Angel Vidal Mamani-Chanine, Oscar Mamani-Benito. "Autorregulación emocional ...	<1%
95	Publicación	Claudio Mota-Vargas, Karla Patricia Parra-Noguez, Octavio Rojas-Soto. "Análisis d...	<1%

96	Publicación	Chicalla Rios, Kent Jonathan. "Distribución geográfica de la vegetación del depart...	<1%
97	Publicación	Natalia Ovando-Hidalgo, Juan Tun-Garrido, Gabriela Mendoza-González, Víctor Pa...	<1%
98	Publicación	Quilarque Quijada, Evelin del Carmen. "Variación de la distribución geográfica de ...	<1%
99	Internet	eprints.ucm.es	<1%
100	Internet	sedici.unlp.edu.ar	<1%



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
VICEPRESIDENCIA ACADÉMICA
Reglamento de Grados y Títulos



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE INFORME FINAL DE TESIS

REG. N° 018-2026-FCA

El jurado evaluador designado con RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN DE FACULTAD
 N.° 076-2026-FCA/UNACH:

Nombres y apellidos	Cargo
M.Sc. Leyla Catherine Alarcón Alarcón	Presidente
Dr. Pedro Javier Mansilla Córdova	Secretario
M. Sc. Roxana Mabel Sempertegui Rafael	Vocal

De la tesis titulada:

Modelo de distribución natural del género *Juglans* en la región de Cajamarca

Que ha sustentado el(los) Bachiller (es):

Nombres y apellidos	DNI
Royser David Díaz Córdor	76383574

Para obtener el título profesional de:

Ingeniero Forestal y Ambiental

Acuerdan por:

<input checked="" type="checkbox"/>	Unanimidad	<input type="checkbox"/>	Mayoría
-------------------------------------	------------	--------------------------	---------


<input checked="" type="checkbox"/>	Aprobar	<input type="checkbox"/>	Desaprobar
-------------------------------------	---------	--------------------------	------------

Otorgando la calificación de:


<input checked="" type="checkbox"/>	Aprobado
<input type="checkbox"/>	Excelente
<input checked="" type="checkbox"/>	Bueno
<input type="checkbox"/>	Regular


<input type="checkbox"/>	Desaprobado
--------------------------	-------------

Colpa Matara, 04 de febrero del 2026.


 M.Sc. Leyla Catherine Alarcón Alarcón
Presidente


 Dr. Pedro Javier Mansilla Córdova
Secretario


 M. Sc. Roxana Mabel Sempertegui Rafael
Vocal


 M. Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito
Asesor

Dedicatoria

A mis padres, Máximo Díaz Sánchez y Rosa María Cóndor Vásquez, quienes han sido el pilar fundamental en mi vida. Su apoyo constante, sus consejos y el esfuerzo que realizaron para que pudiera culminar esta etapa han sido determinantes para alcanzar este objetivo.

A mis amigos, que estuvieron presentes en los momentos más exigentes de este proceso, brindándome ánimo y compañía cuando más lo necesitaba. Compartir este camino con ustedes hizo que cada dificultad fuera más fácil de superar.

A todas las personas que confiaron en mí y creyeron en mi capacidad para lograrlo, les expreso mi profundo agradecimiento. Este trabajo también les pertenece, porque forman parte importante de mi historia y de mi crecimiento personal y profesional.

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a Dios por la vida y por darme la fortaleza necesaria para culminar esta etapa académica, incluso en los momentos de mayor dificultad.

A mis padres, Máximo Díaz Sánchez y Rosa María Cóndor Vásquez, les debo gran parte de este logro. Su respaldo constante, tanto en lo emocional como en lo económico, me permitió continuar mi formación profesional con seguridad y confianza. A mis hermanos, gracias por su apoyo y por acompañarme de distintas maneras a lo largo de este proceso.

También expreso mi agradecimiento a mi asesora de tesis, M.Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito, por su orientación permanente, sus observaciones oportunas y su disposición para guiar el desarrollo de esta investigación. Su experiencia y compromiso fueron claves para consolidar el trabajo realizado.

Extiendo mi gratitud a los docentes y compañeros de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, por las enseñanzas compartidas dentro y fuera del aula. Las discusiones académicas, el intercambio de ideas y las experiencias vividas a lo largo de mi carrera contribuyeron significativamente a mi formación profesional.

Finalmente, agradezco a todas las personas que brindaron su apoyo en el desarrollo de esta investigación, ya sea facilitando información, participando en el trabajo de campo o aportando conocimientos técnicos. Su colaboración fue fundamental para la culminación de este propósito.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento.

Índice de contenidos

Acta de sustentación	2
Dedicatoria.....	3
Agradecimientos	4
Índice de contenidos	5
Índice de tablas	9
Índice de figuras	10
Resumen	11
Abstract.....	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Planteamiento del problema.....	14
1.2. Formulación del problema	16
1.3. Justificación.....	17
1.4. Objetivos	18
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	18
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	18
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Antecedentes	19
2.2. Bases teórico – científicas.....	21
2.2.1. <i>Bosques</i>	21

2.2.2. Descripción del género <i>Juglans</i>	21
2.2.3. Nicho ecológico	23
2.2.4. Modelo de nicho ecológico	23
2.2.5. <i>MaxEnt</i>	24
2.3. Marco conceptual	26
2.3.1. <i>Hábitat</i>	26
2.3.2. Distribución de especies	26
2.3.3. Sistemas de información geográfica.....	26
2.3.4. Variables ambientales	27
2.3.5. Variables topográficas	27
2.3.6. Probabilidad de ocurrencia.....	27
2.3.7. Áreas naturales protegidas.....	28
2.3.8. <i>MaxEnt</i>	28
2.4. Hipótesis.....	28
2.5. Operacionalización de variables	28
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	30
3.1. Tipo y nivel de investigación	30
3.1.1. <i>Tipo de investigación</i>	30
3.1.2. <i>Nivel de investigación</i>	30
3.2. Diseño de investigación	30

3.3. Métodos de investigación.....	31
3.3.1. <i>Metodología MaxEnt</i>	31
3.4. Población, muestra y muestreo	32
3.4.1. <i>Población</i>	32
3.4.2. <i>Muestra</i>	32
3.4.3. <i>Muestreo</i>	32
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	33
3.5.1. <i>Técnicas de recolección de datos</i>	33
3.5.2. <i>Instrumentos de recolección de datos</i>	35
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	35
3.6.1. <i>Análisis de datos</i>	36
3.7. Aspectos éticos.....	37
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
4.1. Descripción de resultados	38
4.1.1. <i>Primer modelamiento</i>	40
4.1.2. <i>Análisis de correlación entre las 22 variables</i>	41
4.1.3. <i>Segundo modelamiento</i>	43
4.1.4. <i>Tercer modelamiento</i>	45
4.1.5. <i>Validación del modelo del género Juglans</i>	47
4.1.6. <i>Mapa de distribución potencial del género Juglans a nivel de provincias</i>	49

4.1.7. <i>Mapa de distribución potencial del género Juglans a nivel de distritos</i>	51
4.1.8. <i>Mapa de distribución del género Juglans en Áreas Naturales Protegidas</i>	53
4.2. Contrastación de Hipótesis.....	54
4.3. Discusión de resultados.....	55
4.3.1. <i>Primer modelamiento</i>	55
4.3.2. <i>Segundo modelamiento</i>	56
4.3.3. <i>Tercer modelamiento</i>	57
4.3.4. <i>Contribución de las variables</i>	59
4.3.5. <i>Áreas prioritarias para la conservación de Juglans</i>	61
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
5.1. Conclusiones	63
5.2. Recomendaciones.....	64
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS	66
CAPÍTULO VII. ANEXOS.....	76

Índice de tablas

Tabla 1 Operacionalización de variables	29
Tabla 2 Variables bioclimáticas y topográficas utilizadas para el modelo en la distribución del género <i>Juglans</i> en MaxEnt	34
Tabla 3 Estadísticas descriptivas de las siete variables utilizadas.....	39
Tabla 4 Importancia de las 7 variables en el modelo del género <i>Juglans</i>	46
Tabla 5 Puntos de presencia del género <i>Juglans</i>	76
Tabla 6 Datos de estaciones meteorológicas por provincias de la región Cajamarca	87

Índice de figuras

Figura 1 Metodología para la distribución natural del género <i>Juglans</i> en Cajamarca	32
Figura 2 Ubicación geográfica del área de estudio	33
Figura 3 Localización de especies del género <i>Juglans</i> en la región Cajamarca.....	38
Figura 4 Primer modelamiento con las 22 variables explicativas	40
Figura 5 Análisis de correlación entre las variables del estudio	42
Figura 6 Segundo modelamiento con 10 variables del estudio	44
Figura 7 Tercer modelamiento con 7 variables del estudio.....	45
Figura 8 Curva AUC del modelo del género <i>Juglans</i>	47
Figura 9 Análisis Jackknife de las variables del modelo.....	49
Figura 10 Lugares de distribución potencial del género <i>Juglans</i> a nivel de provincias.....	50
Figura 11 Lugares de distribución potencial del género <i>Juglans</i> a nivel de distritos.....	51
Figura 12 Modelo de distribución del género <i>Juglans</i> en Áreas Naturales Protegidas.....	53
Figura 13 Interfaz del modelo MaxEnt	88
Figura 14 Mapa ejecutado en crudo	89
Figura 15 Análisis de Omisión/Comisión	90
Figura 16 Curvas de respuesta de cada variable.....	91
Figura 17 Registro de <i>Juglans neotropica</i> Diels mediante georreferenciación	92
Figura 18 Ejemplar de <i>Juglans neotropica</i> Diels identificado en su entorno natural dentro de la provincia de San Pablo	93
Figura 19 Individuo de <i>Juglans neotropica</i> Diels registrado en el distrito de Llapa, provincia de San Miguel.....	94

Resumen

La investigación abordó la limitada información disponible sobre la distribución natural del género *Juglans* en la región Cajamarca, situación que dificulta la planificación de acciones de gestión. En este contexto, el objetivo fue modelar su distribución potencial mediante el programa MaxEnt, ajustando un modelo predictivo que estimó la distribución potencial, identificando las áreas con mayor idoneidad ambiental y analizando las variables que más influyen en su patrón espacial. El área de estudio abarcó 33 318 km² y se utilizaron 317 registros georreferenciados de ocurrencia, destinándose el 70 % para la calibración y el 30 % para su validación. A partir de 22 ambientales iniciales, se seleccionaron 7 mediante un proceso iterativo en tres etapas, obteniéndose un modelo final libre de redundancias. Los resultados mostraron una alta probabilidad de presencia de *Juglans neotropica* Diels en las provincias de Chota, Santa Cruz y Cajamarca. Las variables más influyentes fueron el rango anual de temperatura (BIO7), asociado al contraste térmico anual entre los meses de febrero, marzo, junio o julio, y la temperatura máxima del mes más cálido (BIO5), correspondiente a los valores térmicos máximos registrados en los meses de febrero o marzo, que en conjunto explicaron el 54,7 % de la contribución del modelo. La validación del modelo arrojó un valor AUC de 0,946 para los datos de entrenamiento y de 0,951 para los datos de validación, lo que confirmó su alta capacidad predictiva y confiabilidad. Estos resultados constituyen un aporte relevante para la identificación de áreas prioritarias de conservación, reforestación, restauración y manejo sostenible del género *Juglans* en la región Cajamarca, especialmente frente a los efectos del cambio climático.

Palabras clave: *Juglans neotropica* Diels, variables bioclimáticas, variables topográficas, MaxEnt, AUC (Área Bajo la Curva), modelo de distribución de especies (MDE).

Abstract

The research addressed the limited information available on the natural distribution of the genus *Juglans* in the Cajamarca region, a situation that hinders the planning of management actions. In this context, the objective was to model its potential distribution using the MaxEnt program, adjusting a predictive model that estimated the potential distribution, identifying the areas with the greatest environmental suitability, and analyzing the variables that most influence its spatial pattern. The study area covered 33 318 km² and 317 georeferenced occurrence records were used, with 70 % allocated for calibration and 30 % for validation. From 22 initial environmental variables, seven were selected through a three-stage iterative process, resulting in a final model free of redundancies. The results showed a high probability of the presence of *Juglans neotropica* Diels in the provinces of Chota, Santa Cruz, and Cajamarca. The most influential variables were the annual temperature range (BIO7), associated with the annual temperature contrast between the months of February, March, June, or July, and the maximum temperature of the warmest month (BIO5), corresponding to the maximum temperature values recorded in February or March, which together explained 54,7 % of the model's contribution. The validation of the model yielded an AUC value of 0.946 for the training data and 0.951 for the validation data, confirming its high predictive capacity and reliability. These results constitute a significant contribution to the identification of priority areas for conservation, reforestation, restoration, and sustainable management of the *Juglans* genus in the Cajamarca region, especially in light of the effects of climate change.

Keywords: *Juglans neotropica* Diels, bioclimatic variables, topographic variables, MaxEnt, AUC (Area Under the Curve), species distribution model (SDM).

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El género *Juglans*, perteneciente a la familia Juglandaceae, posee una alta importancia ecológica, económica y forestal debido al valor de su madera y su función en los ecosistemas montañosos (Maldonado, 2023). En el Perú, *Juglans neotropica* Diels es la única especie nativa del género y se encuentra categorizada como “En peligro” debido a la sobreexplotación y la pérdida progresiva de su hábitat natural (García et al., 2024; Silva, 2017). En la región de Cajamarca, la deforestación y la fragmentación de los bosques han reducido significativamente sus poblaciones, existiendo aún limitada información sobre su distribución y los factores ambientales que condicionan su presencia.

Frente a esta problemática, los Modelos de Distribución de Especies (MDE) se han consolidado como herramientas científicas eficaces para estimar áreas potencialmente idóneas a partir de registros de presencia y variables ambientales; estos modelos permiten identificar regiones con condiciones favorables para el establecimiento de la especie, aportando información relevante para la planificación de estrategias de conservación y restauración ecológica.

En este contexto, la presente investigación se centró en modelar la distribución potencial del género *Juglans* en la región de Cajamarca, mediante el programa MaxEnt, estableciendo una relación entre registros de ocurrencia y variables ambientales; la distribución natural se interpreta como una representación modelada basada en la idoneidad ambiental o probabilidad de presencia, lo que permite identificar áreas prioritarias para su conservación, restauración y gestión sostenible del género *Juglans* en la región.

1.1. Planteamiento del problema

El género *Juglans* incluye entre 20 y 25 especies distribuidas en países del hemisferio norte y, en menor medida, del hemisferio sur; en las zonas neotropicales, estas especies se encuentran en los Andes de Ecuador, Bolivia y Perú, entre los 1000 y 3500 m.s.n.m.; antiguamente se consideraba que eran fuente de sustancias tóxicas para otro tipo de vegetación; sin embargo, en la actualidad se reconoce que estas especies producen recursos valiosos como madera, nueces y pigmentos; en el Perú, el género *Juglans* está representado únicamente por *Juglans neotropica* Diels, especie nativa categorizada como “En peligro” debido a la reducción de su área de distribución y la sobreexplotación (Maldonado, 2023).

La principal amenaza que enfrentan estas especies es el deterioro de su hábitat causado por actividades antrópicas; *Juglans neotropica* Diels, en particular, es aprovechada por comunidades campesinas como materia prima para la industria maderera, alimentaria, medicinal y textil; actualmente, la especie se encuentra muy vulnerable por el cambio de uso de suelo, principalmente debido a la urbanización, agricultura y ganadería, lo que provoca la deforestación de grandes superficies (Velasquí, 2018).

Los avances tecnológicos han permitido nuevas formas de comprender la distribución de la biodiversidad mediante técnicas estadísticas y sistemas de información geográfica. Los modelos de nicho ecológico predicen la idoneidad de un área para el crecimiento de una especie considerando factores ambientales como clima, topografía y edafología (Arias, 2016). Entre los más utilizados se encuentra MaxEnt, BioClim y GARP, herramientas que han ganado relevancia en estudios de biodiversidad y biología de la conservación (Enríquez, 2021).

En la región andina, donde crecen naturalmente, Toro & Roldán (2018) señalan que *Juglans neotropica* Diels es una de las especies forestales nativas más amenazadas, debido principalmente a la destrucción de su ecosistema y a la invasión de especies exóticas, lo que ha generado amplias áreas deforestadas dentro de su distribución natural. Asimismo, Gil (2017) enfatiza la necesidad de actualizar el conocimiento sobre el estado y la distribución de *Juglans neotropica* Diels mediante el uso de modelados predictivos, los cuales constituyen una herramienta útil para orientar futuros muestreos, generar nueva información y evaluar el grado de conservación de las áreas donde se desarrolla la especie.

En Cajamarca, las investigaciones sobre la distribución potencial de especies forestales nativas son escasas; esta limitada información agrava la situación de especies amenazadas, pues limita la generación de conocimiento sobre su distribución potencial y dificulta la restauración de poblaciones y el aprovechamiento sostenible de su potencial forestal. Además, la falta de un manejo adecuado ha contribuido a la disminución de rodales semilleros de *Juglans neotropica* Diels, lo que amenaza la regeneración natural de sus poblaciones (Vaca, 2022).

En tal sentido, el modelamiento de nichos ecológicos se presenta como una herramienta clave para desarrollar estrategias de conservación que garanticen la supervivencia de estas especies (Arias, 2016). La identificación de la distribución del género *Juglans* en la región de Cajamarca permitirá identificar áreas naturales y zonas con potencial para su conservación y expansión de plantaciones; asimismo, este tipo de estudios proporciona información básica sobre los factores ambientales que determinan el área de ocurrencia de estas especies nativas, lo que constituye un insumo fundamental para el manejo e implementación de planes de conservación.

1.2. Formulación del problema

- ¿Cuál es la distribución potencial del género *Juglans* en la región de Cajamarca y qué variables ambientales explican su patrón espacial, según el modelo realizado con MaxEnt?

1.3. Justificación

En los últimos años, la sobreexplotación y las diversas actividades antrópicas han generado la reducción considerable en poblaciones del género *Juglans*, afectando su distribución natural y modificando su dinámica en los ecosistemas donde se desarrolla. Esta situación evidencia la necesidad de contar con información actualizada que permita comprender mejor su comportamiento espacial y ambiental.

Desde una perspectiva teórica y científica, la práctica de la ecología de la conservación sostiene que la alteración intensiva de los hábitats, combinada con actividades antrópicas como agricultura intensiva y la ganadería insostenible, puede provocar un desplazamiento o pérdida de especies, afectando su flujo genético y su estructura morfológica (Saucedo & Amaya, 2021). Estos cambios, sumados a los efectos del cambio climático, están deteriorando los ecosistemas y alterando la distribución de especies forestales, como las del género *Juglans*. Por ello, es fundamental la aplicación de herramientas científicas que permitan analizar su distribución bajo criterios técnicos y actualizados.

En la región de Cajamarca, la información relacionada con la distribución natural o potencial de especies nativas aun es escasa. Esta carencia dificulta la planificación de estrategias orientadas a la conservación, restauración y manejo sostenible. En este contexto, el uso de modelos de distribución de especies constituye una alternativa metodológica adecuada, ya que permiten estimar áreas ambientalmente idóneas y la distribución potencial, a partir de registros de presencia y variables ambientales. De esta manera, la presente investigación contribuye a generar información técnica que puede servir como referencia para futuras intervenciones orientadas a la protección y manejo sostenible del género *Juglans* en la región.

1.4. Objetivos

1.4.1. *Objetivo general*

Modelar la distribución potencial del género *Juglans* en la región de Cajamarca mediante la aplicación de MaxEnt.

1.4.2. *Objetivos específicos*

Identificar las áreas de distribución actual y potencial del género *Juglans* en la región de Cajamarca.

Analizar las variables ambientales que influyen en la distribución actual y potencial del género *Juglans* en la región de Cajamarca.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Canales et al. (2022) modelaron la distribución natural y potencial de *Taxodium huegelii* en México, utilizando el algoritmo MaxEnt para la distribución potencial y ArcGIS para la distribución actual, obteniendo un modelo con alta capacidad predictiva (92 % de probabilidad de presencia). El estudio demuestra la eficacia de MaxEnt para identificar áreas ambientalmente idóneas para especies forestales, aun cuando los registros de presencia son limitados.

Nunho et al. (2021) desarrollaron un modelo de distribución potencial de *Araucaria angustifolia* en Curitiba (Brasil), considerando variables meteorológicas y topoedáficas mediante MaxEnt; los resultados evidenciaron que el 72,9 % de los espacios verdes urbanos presentan una idoneidad ambiental media a alta, destacando el valor del modelado como herramienta para la planificación de áreas protegidas.

Medina et al. (2021), evaluaron la distribución potencial de *Cedrela salvadorensis* y sus implicancias para la conservación en Centroamérica, empleando MaxEnt con variables bioclimáticas y edáficas; el estudio estimó un área potencial de aproximadamente 98 143 km²; sin embargo, evidenció que la distribución real se ha reducido en un 31 % por la deforestación, y que solo el 0,8 % se encuentra dentro de áreas naturales protegidas (ANP).

Vistín et al. (2022) analizaron la distribución potencial de *Polylepis incana* en los Andes ecuatorianos utilizando MaxEnt y QGIS, identificando que solo el 7,4 % del área modelada presenta condiciones óptimas para la especie; las variables más influyentes fueron la temperatura media del trimestre más seco y la precipitación del trimestre más frío. Este estudio evidencia la sensibilidad de especies andinas a variables climáticas específicas.

García et al. (2024) abordaron la conservación de *Juglans neotropica* Diels, en los Andes sudamericanos, destacando que la especie ha sido catalogada “En peligro” debido a la sobreexplotación de su madera y la pérdida de más del 50 % de sus poblaciones naturales; los autores resaltan la necesidad de implementar estrategias de conservación y restauración basadas en información científica actualizada.

Enríquez (2021) modeló la distribución potencial de especies del género *Polylepis* en Junín, utilizando MaxEnt y Random Forest con variables climáticas, topográficas y edáficas; los resultados mostraron valores de AUC cercanos a 1, confirmando una alta capacidad predictiva del modelo, y destacaron la importancia de los factores edáficos en la distribución potencial, estimándose un área adecuada de 22,620 ha para *P. Rodolfo-vasquezii* y 46,815 ha para *P. conoi* W.Mend.

Pérez (2024) modeló la distribución geográfica de *Cedrelinga cateniformis*, *Guarea trichilioides* y *Virola peruviana* en Ucayali utilizando MaxEnt, incorporando variables bioclimáticas, datos de Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y modelos digitales de elevación (DEM); los modelos alcanzaron valores de AUC superiores a 0,8; identificando áreas prioritarias para la conservación y el manejo sostenible.

Beltrán & Galán (2022) analizaron la distribución del género *Senecio* en el Perú a partir registros herbarios y evaluaron su comportamiento frente al cambio climático; los resultados evidenciaron la existencia de barreras biogeográficas que condicionan la distribución de las especies, resaltando la importancia de considerar factores espaciales y ambientales en estudios de distribución.

Soberon & Flores (2023) desarrollaron el modelamiento del nicho ecológico de *Ceroxylon quindiuense* en el Parque Nacional de Cutervo empleando MaxEnt, identificando a la temperatura promedio anual (BIO1) y la isothermalidad (BIO3) como las variables más influyentes; el modelo alcanzó valores de AUC superiores a 0,99, evidenciando un desempeño excelente, proporcionando información valiosa para la conservación y manejo de la especie frente al cambio climático.

2.2. Bases teórico – científicas

2.2.1. Bosques

Denominados ecosistemas indispensables para la vida, debido a que numerosos seres vivos los consideran su hogar. Además, controlan el flujo de agua, protegen el suelo y el ambiente, y producen una amplia gama de bienes útiles; la vida humana mantiene una estrecha relación con los bosques; por ejemplo, muchas culturas han dependido de la madera para la construcción o como combustible, de las resinas, de los frutos, medicina, etc. Sin embargo, como resultado, ha sido necesario talar la vegetación con el fin de agrandar los cultivos y satisfacer diversas necesidades humanas, como la producción de alimentos (Serrano, 2019).

2.2.2. Descripción del género *Juglans*

El género *Juglans*, que pertenece a la familia Juglandaceae, tiene 20 especies que se distribuyen en América del Norte, Europa, Centroamérica, el oeste de la India, los Andes del Perú y Bolivia. *Juglans neotropica* Diels es la única especie nativa del Perú (Masías, 2007).

A) *Juglans neotropica* Diels

- **Taxonomía**

Reino: Plantae

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fagales

Familia: Juglandaceae

Género: *Juglans L.*

Especie: *Juglans neotropica* Diels

Nombre común: nogal, cedro negro

Distribución mundial: Nativa de Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia y Honduras (Alvarez, 2023).

- **Distribución y hábitat**

Juglans neotropica Diels es una especie nativa que se puede encontrar en Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, en el Perú ha sido identificada en las regiones de Cajamarca, Amazonas, Cusco, Huancavelica, Junín, La Libertad, Lambayeque y Pasco; esta especie nativa está catalogada como “En peligro” según los criterios A1acd+2cd; y se distribuye entre 500 y 3 500 m.s.n.m., habitando en bosques montanos y basimontanos; además, se observan en bosques maduros y bosques secundarios tardíos (Silva, 2017).

- **Descripción botánica**

Árbol caducifolio que alcanza hasta 35 m de altura y un diámetro entre 30 cm y 1,20 m. De copa aparasolada, fuste cilíndrico y ramificación simpodial, con hojas compuestas, alternas, paripinnadas, con peciolos cortos (subsésiles), su inflorescencia axilar masculina de tipo amento con numerosas flores estimadas de color verde, con muchos estambres en la base de una bráctea. Inflorescencia terminal femenina que tiene forma de espiga, sus flores pistiladas tienen ovario inferior pubescente, cáliz con 4 sépalos libres, sin corola. Estilo corto, con una sola semilla; fruto tipo nuez, cápsula de color marrón (Díaz, 2019).

- **Importancia y usos**

Esta especie destaca por sus propiedades para la fabricación de los mejores muebles, armarios y esculturas más valiosas. Además, se utiliza para crear paneles y enchapados decorativos, y otros elementos para el diseño de interiores. También se ha observado la importancia de las nueces como fuente de alimento, de las que se extraen los tintes (negro y amarillo). Los extractos que se obtienen son ampliamente utilizados en medicina (astringente, antidiarreico, depurativo y expectorante), para teñido de telas y cabello, y como curtiembre (Lozano, 2015).

2.2.3. Nicho ecológico

Se considera nicho ecológico al conjunto de comportamientos y estrategias de supervivencia que permiten a una especie adecuarse a las condiciones de su hábitat; describe el papel que desempeña una especie de animal o planta, la cual guarda relación con diferentes especies, modificaciones antrópicas, el pH, la luz, la temperatura, entre otras cosas (Enríquez, 2021).

Sin embargo, Saucedo & Amaya (2021) dan a conocer que según diversas revisiones bibliográficas la noción de nicho ecológico se ha empleado para explicar el modelado de los ecosistemas y la interacción de la flora y fauna.

2.2.4. Modelo de nicho ecológico

Su otro nombre es modelo de distribución de especies (SDMs), un término más biogeográfico que enfatiza el patrón espacial de las especies, reflejando una comprensión de los aspectos históricos, humanos y dinámicos de la población de la distribución y sus impulsores ambientales. Los SDMs se utilizan normalmente como algoritmos de predicción probabilística, los cuales requieren datos de presencia y ausencia (Arenas et al., 2022).

SDMs es, por tanto, una representación cartográfica de la idoneidad de un espacio para la ocurrencia de una especie, en función de las variables utilizadas para generar el modelado (Mateo et al., 2011).

A) El modelado y sus algoritmos en la distribución de especies

Según Delgado (2020) los modelados de nichos ecológicos más usados y que representan un buen resultado y una buena capacidad predictiva, son los siguientes:

MaxEnt: Maximum entropy.

BioClim: Envuelta medioambiental.

GARP: Generic algorithm for rules set prediction.

DMG, Domain: Distancia métrica de Gower.

RLM: Regresión logística múltiple.

CART: Classification and regression trees.

OSINFOR (2016) determinó que MaxEnt superó a los demás modelos debido a que solo se utilizaron coordenadas de presencia.

2.2.5. MaxEnt

MaxEnt fue desarrollado por primera vez en el Centro para la Biodiversidad y la Conservación del Museo Americano de Historia Natural (AMNH) a través de una asociación público-privada entre AMNH y AT&T-Research, por Steven Phillips y colaboradores, quienes continúan involucrados en su desarrollo y mantenimiento; este software permite analizar las relaciones entre la ubicación de una especie y las características ambientales que determinan la idoneidad general de su hábitat; utilizando un algoritmo empírico de máxima verosimilitud (Máxima Entropía) para modelar la distribución espacial de nichos ecológicos;

por lo tanto, la distribución actual se considera un pilar sólido para cualquier modelo de conservación (Phillips et al., 2017).

MaxEnt proporciona resultados que incluyen el Modelo de Distribución de Probabilidad y otra información relevante, que se analiza mediante dos herramientas fundamentales: la curva ROC (Receiver Operating Characteristic) y el AUC (área bajo la curva); las cuales evaluar gráficamente y cuantitativamente la validez del modelo generado (Córdoba, 2018).

Asimismo, el AUC derivado de la curva ROC, es una prueba estadística ampliamente utilizada para evaluar el desempeño del modelo. La curva ROC compara las presencias correctamente pronosticadas con las ausencias incorrectamente pronosticadas utilizando un conjunto de datos de prueba; los valores de AUC oscilan entre 0 y 1, donde 1 indica clasificación perfecta, 0,5 indica un modelo equivalente al azar y valores inferiores a 0,5 reflejan un modelo poco confiable (Gay, 2021).

En la práctica, diversos estudios adoptan rangos interpretativos para clasificar la calidad de los modelos según el valor del AUC. Según Felicísimo et al. (2011), la escala de interpretación tradicional de AUC se establece de la siguiente manera:

- $AUC > 0,95$ el modelo se considera excelente.
- $0,85 < AUC < 0,95$ el modelo es bueno.
- $0,75 < AUC < 0,85$ el modelo es aceptable.
- $AUC < 0,75$ el modelo es pobre.

Con el fin de corroborar y validar las variables, se emplea el test de Jackknife que ejecuta un valor para cada una de las variables, identificando y aportando el valor que determina cuál es la más adecuada para el modelo (Saucedo & Amaya, 2021).

Algunas de las ventajas que presenta el programa MaxEnt, según OSINFOR (2011), incluyen:

- ✓ Requiere sólo datos de presencia, aunque puede complementarse con pseudoausencias, y en conjunto se puede analizar con cada variable del estudio.
- ✓ También utiliza datos categóricos y continuos, y puede relacionar las variables que influyan en el modelado.
- ✓ Utiliza eficaces algoritmos que son una expresión matemática que relaciona una probabilidad ideal del modelo (de máxima entropía).
- ✓ La distribución probabilística de MaxEnt tiene una definición matemática concisa.
- ✓ El resultado es constante, permitiendo diferenciar variaciones mínimas en la idoneidad de los modelos, para cada especie, en diversos entornos.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Hábitat

Del latín hábitat; lugar que proporciona las condiciones ideales para que se desarrolle un determinado organismo, especie o grupo de animales o plantas (Di Bitetti, 2012).

2.3.2. Distribución de especies

Se define como el área geográfica que un grupo de organismos de una misma especie puede ocupar o colonizar de una manera en que interactúan con el ambiente o con otros organismos (Maciel et al., 2015).

2.3.3. Sistemas de información geográfica

Un SIG es una herramienta que está bien organizada por los componentes de hardware, software e información geográfica que recopila, almacena, manipula y analiza información

referenciada geográficamente en todas sus formas para resolver problemas de alta complejidad, además de construir el modelo en base a la realidad con información de coordenadas terrestre, construido para satisfacer necesidades específicas de información (Del Bosque et al., 2012).

2.3.4. Variables ambientales

Factores que determinan como se desarrollan en un ambiente específico; además que una evaluación ambiental se caracteriza por analizar los efectos que ciertas variables, como la temperatura y la precipitación, pueden producir sobre otras mediante las interacciones que ocurren entre sí (EUROINNOVA, 2023).

2.3.5. Variables topográficas

Son una serie de mediciones que determinan las propiedades geométricas del suelo, como la pendiente, orientación y elevación, a diferentes niveles, proceso conocido como parametrización del relieve; estos parámetros pueden ser identificadores globales o locales, que informan únicamente los MDE, siendo útiles para comparar modelos de distintas regiones (Felicísimo, 2012).

2.3.6. Probabilidad de ocurrencia

Es una medida que estima la similitud ambiental entre las condiciones de presencia y ausencia de una especie, reflejando su potencial ecológico en función de los datos de presencia/ausencia registrados en diferentes condiciones ambientales (Flores et al., 2021).

2.3.7. Áreas naturales protegidas

Son lugares que mantienen una serie de características físicas y biológicas muy similares a las que existían antes de la intromisión antropogénica intensiva en el ambiente natural, que se ha acontecido de manera cada vez mayor (Íñiguez et al., 2014).

2.3.8. MaxEnt

Es la aplicación del principio de máxima entropía al problema de encontrar una distribución de probabilidad representativa de la distribución de una especie. Es decir, permite generar mapas de potencial de especies (Phillips et al., 2017).

2.4. Hipótesis

Ho: Las variables bioclimáticas y topográficas no influyen significativamente en la distribución natural del género *Juglans* en la región Cajamarca.

Ha: Las variables bioclimáticas y topográficas influyen significativamente en la distribución natural del género *Juglans* en la región Cajamarca.

2.5. Operacionalización de variables

La Tabla 1 muestra la operacionalización de variables, donde variables independientes corresponden a factores ambientales y topográficos que influyen en la distribución del género *Juglans*, incluyendo la temperatura, que refleja las condiciones térmicas generales del área; la precipitación, asociada a la disponibilidad hídrica; la elevación, que determina gradientes altitudinales; la pendiente, relacionada con la inclinación del terreno, y el aspecto, que expresa la orientación de las superficies del relieve. La variable dependiente corresponde a la probabilidad de ocurrencia natural del género *Juglans*, estimada a partir de registros

georreferenciados de presencia. El análisis se realizó mediante el modelo MaxEnt, complementado con los estadísticos ROC, AUC y Jackknife.

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos
Independientes Variables ambientales Variables topográficas	Temperatura	Nivel de importancia de cada variable	Datos climáticos
	Precipitación		Datos topográficos
	Pendiente		Datos geográficos
	Elevación		
	Aspecto		
Dependiente Probabilidad de ocurrencia natural del género <i>Juglans</i>	Registros georreferenciados de presencia del género <i>Juglans</i>	Grado de probabilidad (0-1)	MaxEnt ROC AUC Jackknife Mapas de idoneidad

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada, ya que tuvo como finalidad generar información útil para comprender qué variables ambientales influyen en la distribución potencial del género *Juglans*. Para ello, se evaluaron estas condiciones bajo escenarios climáticos actuales, con el propósito de estimar posibles variaciones en las áreas de idoneidad (Herrera & Shiguango, 2019).

Por lo tanto, este estudio se orientó a la recopilación y análisis de datos geográficos que permitieron identificar las áreas con las condiciones favorables para el establecimiento del género *Juglans* en la región Cajamarca, haciendo uso de los estadísticos ROC, AUC y de la prueba Jackknife, los cuales facilitaron la evaluación del desempeño del modelo y la generación de mapas predictivos de distribución potencial.

3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es descriptivo, ya que se centró en caracterizar el comportamiento de las variables ambientales consideradas en el modelo. Asimismo, a través de técnicas estadísticas específicas, se examinó la influencia de dichas variables en la presencia del género *Juglans*.

3.2. Diseño de investigación

El estudio se desarrolló bajo un diseño no experimental, ya que no se manipulo ninguna de las variables involucradas. Las variables independientes fueron consideradas tal como se presentan en el entorno natural, mientras que la variable dependiente se analizó en función

de dichas condiciones ambientales. Además, se evaluaron tres modelos alternativos con el fin de determinar cuál ofrecía el mejor ajuste a los datos disponibles.

3.3. Métodos de investigación

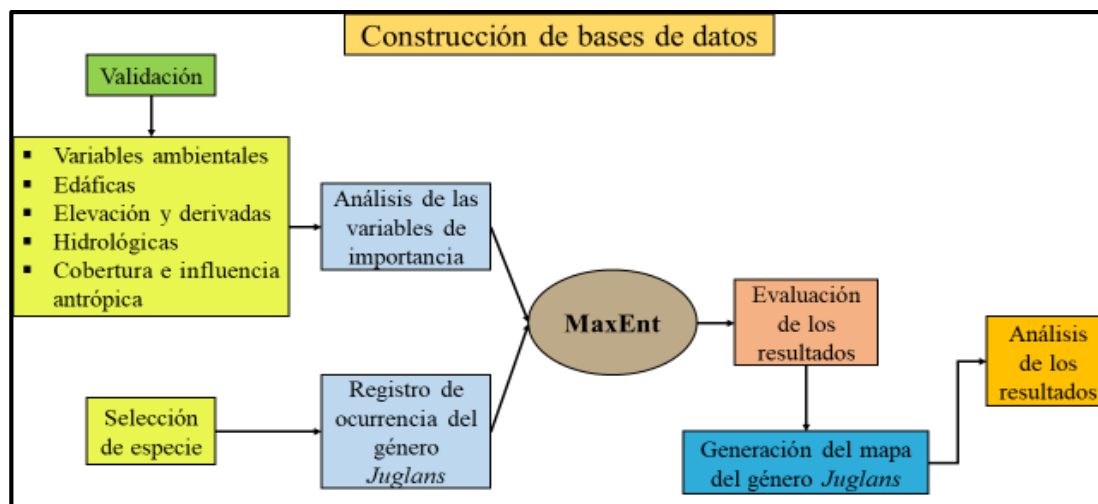
3.3.1. Metodología MaxEnt

El modelo del género *Juglans* se ejecutó utilizando los puntos de ocurrencia, convertidos al formato CSV, junto con las variables ambientales especializadas transformadas a una resolución espacial de 1 km. Se empleó el algoritmo MaxEnt (Figura 1), diferenciando los datos en conjuntos de entrenamiento y validación. El modelo resultante fue evaluado mediante los estadísticos AUC, ROC y la prueba Jackknife. Los valores obtenidos oscilan entre 0 a 1: los cercanos a cero indicaron ausencia de idoneidad ambiental, mientras que los próximos a 1 representaron alta probabilidad de presencia o idoneidad ambiental favorable para el género *Juglans*.

En el proceso del modelo, el conjunto total de registros de presencia fue dividido aleatoriamente por el propio algoritmo MaxEnt, destinando el 70 % de los datos para el entrenamiento del modelo y el 30 % restante para la validación. Es importante precisar que esta validación no corresponde a una verificación con datos de campo independientes, sino a un procedimiento automático de evaluación cruzada interna, que permite estimar la capacidad predictiva del modelo a partir de los registros disponibles, evaluando su desempeño mediante el valor del AUC (Área Bajo la Curva ROC), indicador que refleja la precisión del modelo en la predicción de áreas con alta idoneidad ambiental para el género *Juglans*. El valor de AUC cercano a 1 indica una excelente capacidad predictiva del modelo.

Figura 1

Metodología para la distribución natural del género Juglans en Cajamarca



3.4. Población, muestra y muestreo

3.4.1. Población

Definida por la extensión territorial de la región de Cajamarca (33 318 km²), considerada como el universo geográfico donde puede distribuirse el género *Juglans*.

3.4.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por los registros georreferenciados de presencia de *Juglans* dentro de esa área de estudio. En este sentido, las coordenadas constituyen una parte representativa de la población, al corresponder a puntos específicos donde se ha confirmado su presencia.

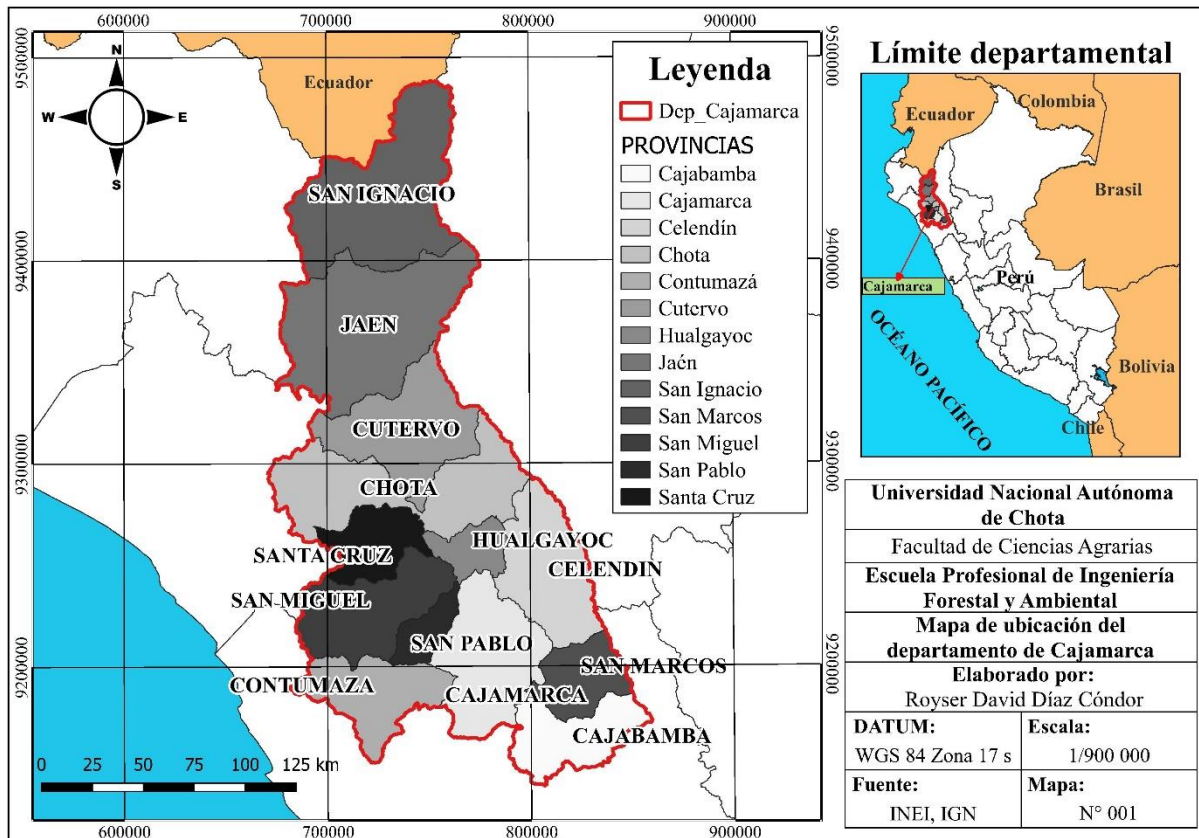
3.4.3. Muestreo

Se aplicó un muestreo aleatorio, seleccionando el 70 % de todas las coordenadas geográficas del género *Juglans* para el modelo y el 30 % restante para la validación, garantizando la confiabilidad del modelo.

Se muestra la ubicación geográfica del área de estudio en la Figura 2.

Figura 2

Ubicación geográfica del área de estudio



3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas de recolección de datos

❖ Obtención de datos de ocurrencia del género *Juglans*

Los datos de ocurrencia del género *Juglans* se obtuvieron principalmente a partir de registros georreferenciados de presencia recopilados durante el trabajo de campo, siendo la fuente principal de información del estudio. De manera complementaria, se incorporaron registros provenientes de bases de datos nacionales e internacionales, como del Servicio de Información de Biodiversidad Global (GBIF) (<https://www.gbif.org/es/>), del Jardín Botánico

de Missouri (<https://www.tropicos.org/home>) y del GeoServidor del MINAM (<https://geoservidor.minam.gob.pe/>), así como información reportada en tesis y artículos científicos.

❖ Descarga de variables climáticas y topográficas

Las variables climáticas se obtuvieron principalmente de WorldClim (<https://www.worldclim.org/data/index.html>) y los datos topográficos del Modelo Digital de Elevación (SRTM) del Servicio Geológico de EE.UU. (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), procesados en ArcGIS. Los límites geográficos se descargaron del Instituto Geográfico Nacional del Perú (<https://www.gob.pe/ing>), y algunos datos complementarios de GEO GPS PERÚ (<https://www.geogpsperu.com>).

En este contexto, se consideraron variables de temperatura (media anual, estacionalidad, rangos y promedios trimestrales), de precipitación (total anual, mensual, estacionalidad y trimestral) y factores topográficos (elevación, pendiente y aspecto). Estas variables se emplearon en el modelo de la distribución potencial del género *Juglans* mediante el software MaxEnt (Tabla 2).

Tabla 2

Variables bioclimáticas y topográficas utilizadas para el modelo en la distribución del género Juglans en MaxEnt

Código	Variables bioclimáticas	Meses asociados en la región Cajamarca
BIO1	Temperatura media anual	Enero a diciembre
BIO2	Rango medio diurno (media mensual (temperatura máxima-temperatura mínima))	Enero a diciembre
BIO3	Isotermalidad (BIO2/BIO7) (*100)	Enero a diciembre
BIO4	Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar *100)	Enero a diciembre

BIO5	Temperatura máxima del mes más cálido	Febrero o marzo
BIO6	Temperatura mínima del mes más frío	Junio o julio
BIO7	Rango anual de temperatura (BIO5 – BIO6)	Febrero o marzo / Junio o julio
BIO8	Temperatura media del trimestre más húmedo	Enero, febrero y marzo
BIO9	Temperatura media del trimestre más seco	Junio, julio y agosto
BIO10	Temperatura media del trimestre más cálido	Febrero, marzo y abril
BIO11	Temperatura media del trimestre más frío	Junio, julio y agosto
BIO12	Precipitación total anual	Enero a diciembre
BIO13	Precipitación del mes más lluvioso	Febrero
BIO14	Precipitación del mes más seco	Julio
BIO15	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación)	Enero a diciembre
BIO16	Precipitación del trimestre más húmedo	Enero, febrero y marzo
BIO17	Precipitación del trimestre más seco	Junio, julio y agosto
BIO18	Precipitación del trimestre más cálido	Febrero, marzo y abril
BIO19	Precipitación del trimestre más frío	Junio, julio y agosto

Variables topográficas

msnm	Elevación	----
%	Pendiente	----
----	Aspecto	----

3.5.2. Instrumentos de recolección de datos

- ❖ Datos climáticos
- ❖ Datos cartográficos
- ❖ Datos topográficos
- ❖ Repositorios institucionales
- ❖ Bibliografía impresa

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Durante la etapa de ejecución se emplearon los softwares MaxEnt, Excel, ArcGIS y R. En la fase de preprocesamiento, los registros geográficos de presencia de *Juglans*, obtenidos a partir de coordenadas geográficas registradas mediante GPS en campo, fueron verificados, depurados y organizados en Excel, eliminando duplicados e inconsistencias espaciales, para

luego ser convertidos a formato CSV; de igual manera, las variables bioclimáticas y topográficas fueron estandarizadas y transformadas a formato ASCII para su análisis en MaxEnt, donde se realizó el modelamiento de la distribución potencial y su validación mediante los indicadores AUC, ROC y Jackknife; finalmente, los resultados espaciales se procesaron y cartografiaron en ArcGIS.

En el contexto de este estudio, el proceso de modelar la distribución potencial del género *Juglans* se interpreta como una estimación predictiva de su área de ocurrencia, basada en la relación entre registros georreferenciados y condiciones ambientales favorables, lo que permite identificar áreas con mayor idoneidad ambiental.

Para el modelamiento se utilizó el algoritmo MaxEnt, basado en el principio de máxima entropía, el cual trabaja con registros de presencia georreferenciados y variables ambientales continuas para estimar la probabilidad de presencia e idoneidad ambiental. La validación y el análisis estadístico se desarrollaron en el programa R, incorporando métricas adicionales al índice AUC para evaluar su desempeño. Los mapas generados se exportaron en formato ráster, con valores entre 0 y 1, donde los valores más cercanos a 1 representan mayor probabilidad de ocurrencia e idoneidad. Esta representación permitió reconocer qué las variables aportaron mayor información al modelo, mejorando su capacidad predictiva y aplicabilidad.

3.6.1. Análisis de datos

El desempeño del modelo se evaluó mediante el cálculo del área bajo la curva (AUC) asociada a la curva ROC generada en MaxEnt, complementándose con tablas que resumen los valores numéricos de las variables empleadas, lo que facilitó identificar cuáles contribuyeron con mayor peso en la delimitación de áreas potenciales del género *Juglans*.

Posteriormente, los valores de probabilidad obtenidos fueron clasificados en intervalos, permitiendo diferenciar zonas con mayor y menor idoneidad ambiental. Esta clasificación sirvió como base para identificar áreas de ocurrencia natural y zonas con potencial para su incorporación en iniciativas de conservación y restauración ecológica.

3.7. Aspectos éticos

La investigación se llevó a cabo bajo criterios de integridad académica, asegurando el uso de fuentes confiables y debidamente citadas. Se priorizó la transparencia en el manejo de la información y el respeto por los principios de originalidad en la elaboración del documento.

Durante el trabajo de campo, se respetaron los lineamientos institucionales establecidos para la recopilación y el uso responsable de datos. La información obtenida fue empleada exclusivamente con fines académicos y científicos. Asimismo, se garantizó que el apoyo técnico y la participación de colaboradores no influyeran de manera indebida en la interpretación de los resultados.

El compromiso ético asumido consistió en desarrollar un estudio riguroso, cuyos resultados contribuyan al conocimiento científico y sirvan como base para futuras investigaciones y acciones orientadas a la conservación.

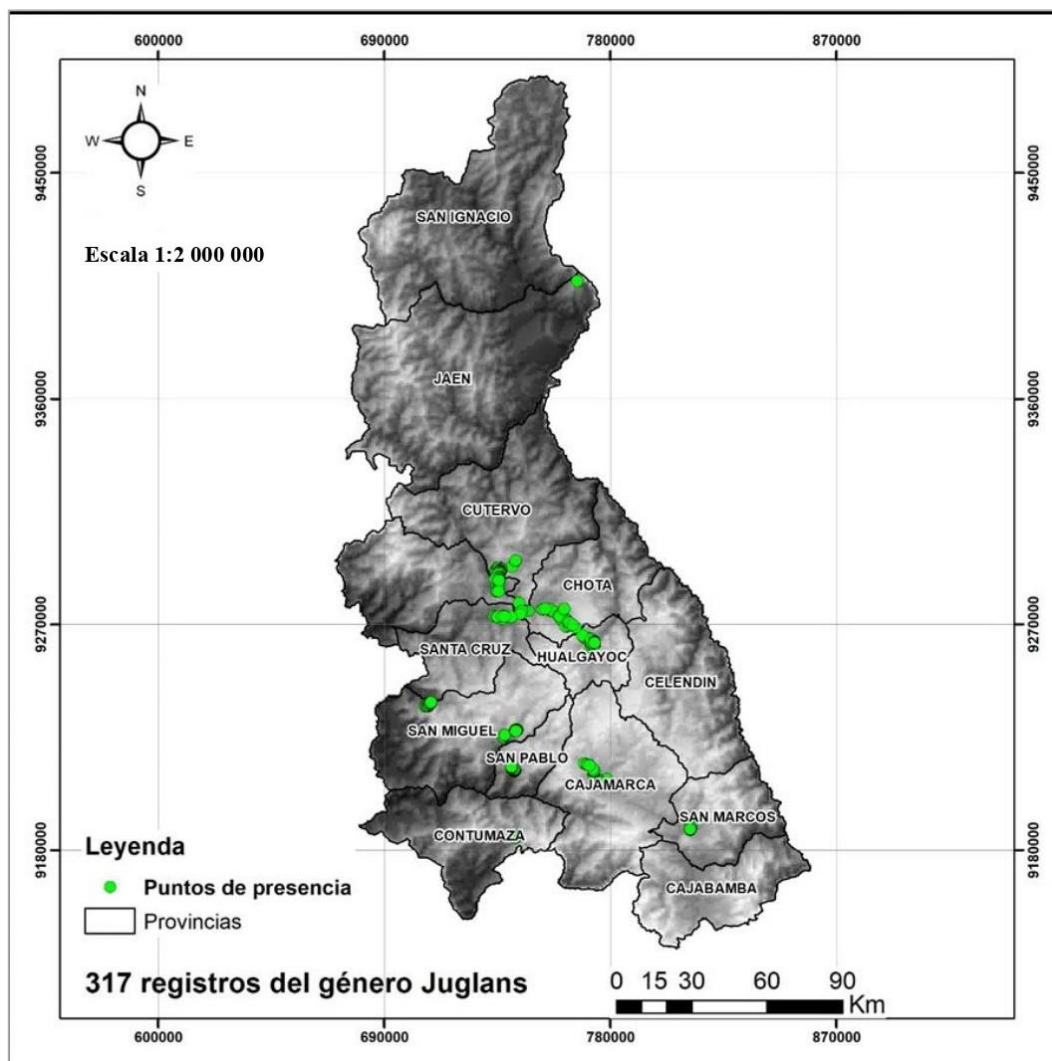
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de resultados

Se trabajó con un total de 317 registros de ocurrencia del género *Juglans* en la región Cajamarca, recopilados mediante trabajo de campo y revisión de información secundaria. A partir de estos datos, se aplicó MaxEnt para estimar la distribución potencial de la especie e identificar las zonas con mayor probabilidad de presencia dentro del ámbito regional. La representación espacial de estos resultados se muestra en la Figura 3.

Figura 3

Localización de especies del género Juglans en la región Cajamarca



Se presentan las estadísticas descriptivas correspondientes a las siete variables ambientales empleadas en el estudio, incluyendo valores mínimos, máximos, medias, varianza, desviación estándar y coeficiente de variación (Tabla 3).

Tabla 3

Estadísticas descriptivas de las siete variables utilizadas

Variables	Min	Max	Media	Var	Desv. Est	CV
Rango anual de temperatura	11.30	17.80	14.55	3.52	1.88	12.90
Temperatura máxima del mes más cálido	13.30	31.90	22.6	28.83	5.37	23.76
Temperatura media del trimestre más húmedo	6.65	25.48	16.065	29.55	5.44	33.84
Pendiente	8746.43	7823229.5	3915988	5.09E+12	2255846.95	57.61
Precipitación del trimestre más seco	0	302	151	7600.33	87.18	57.74
Estacionalidad de la temperatura	14.37	218.73	116.55	3480.25	58.99	50.62
Isotermalidad	66.72	91.16	78.94	49.78	7.06	8.94

Nota. Se muestran las estadísticas descriptivas de las 7 variables ambientales consideradas como predictores en el modelo, entre ellas temperatura, precipitación y pendiente, permiten identificar los factores que influyen en la presencia o ausencia del género *Juglans*. Los indicadores de dispersión, como la varianza y el coeficiente de variación, facilitan evaluar el grado de heterogeneidad de cada variable, clave para determinar la idoneidad de hábitats. Este análisis aporta información clave para comprender la idoneidad ambiental y sustentar el modelamiento de la distribución potencial de *Juglans* bajo diferentes condiciones

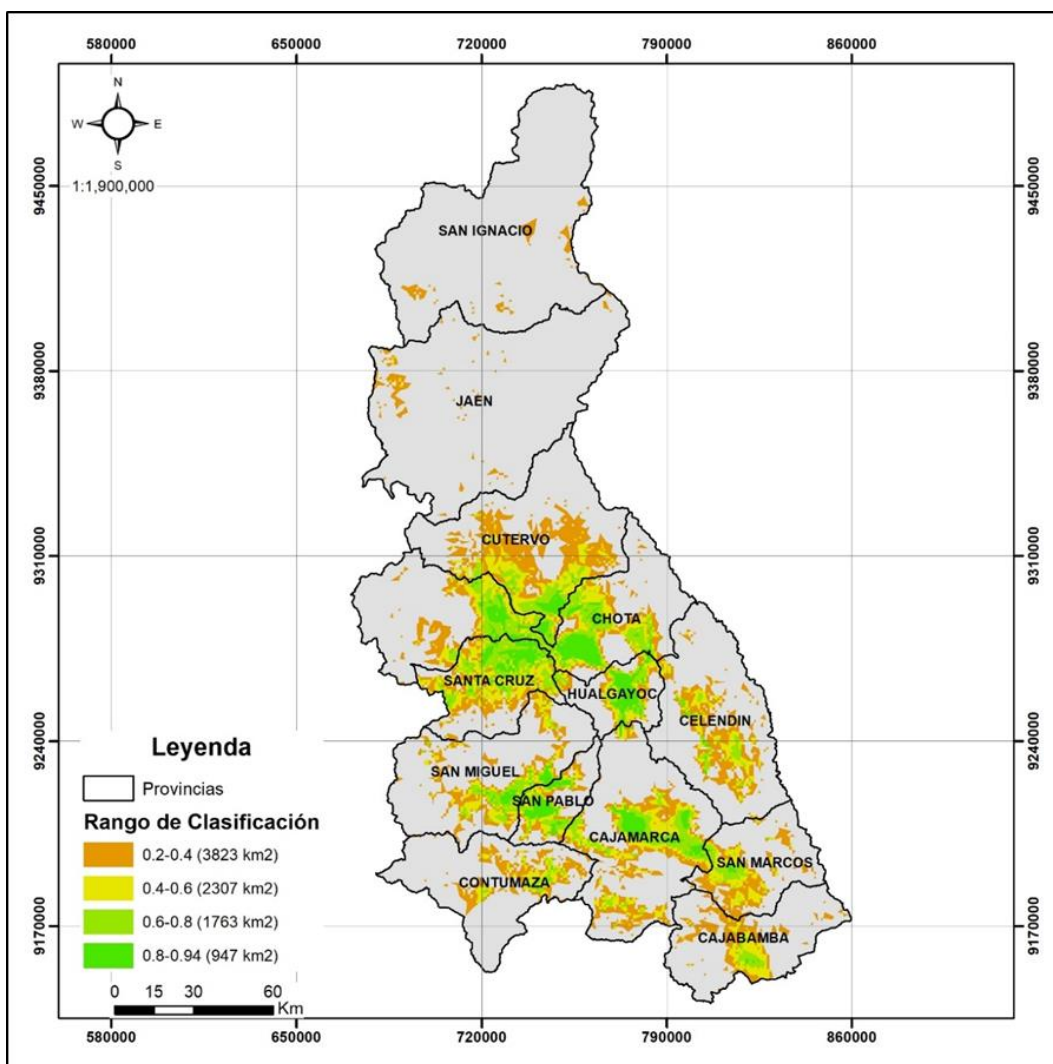
ambientales, permitiendo tomar decisiones efectivas para mitigar posibles impactos negativos y garantizar la supervivencia a largo plazo de las especies y ecosistemas.

4.1.1. Primer modelamiento

En el primer modelamiento se incorporó las 22 variables explicativas consideradas inicialmente en la investigación. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 4.

Figura 4

Primer modelamiento con las 22 variables explicativas



Nota. El mapa resultante representa la distribución potencial del género *Juglans* a partir de las 22 variables ambientales evaluadas, permitiendo observar el comportamiento del modelo.

Las áreas representadas en color anaranjado corresponden a probabilidades de presencia entre 0,2 y 0,4, lo que evidencia una baja idoneidad ambiental y, por tanto, una menor probabilidad de hallar la especie en dichas regiones; en contraste, las áreas destacadas en color verde reflejan probabilidades entre 0,8 y 0,94, lo que representa zonas de alta idoneidad ecológica, donde la presencia del género es significativamente más probable. Este modelo se realizó en octubre del 2023.

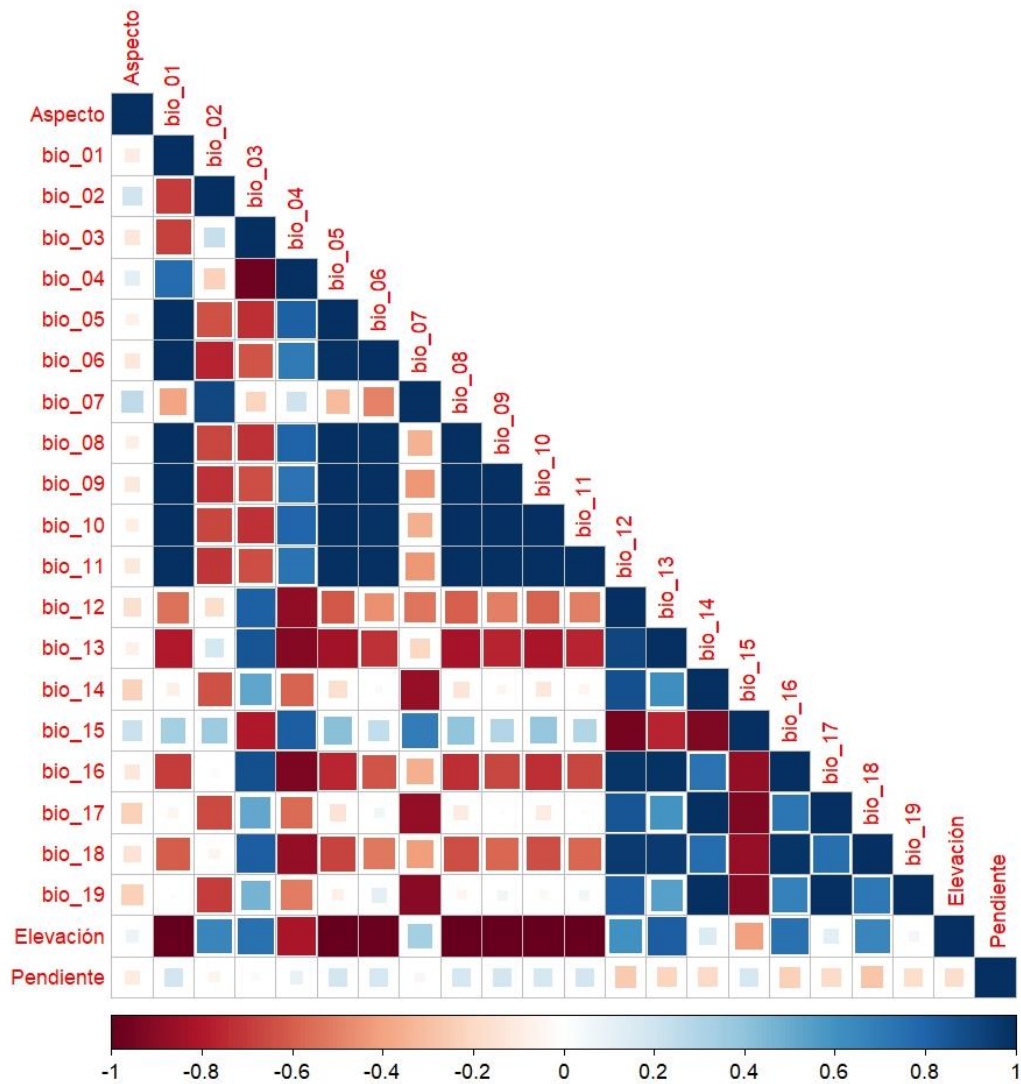
4.1.2. Análisis de correlación entre las 22 variables

El análisis de correlación se realizó considerando las 22 variables ambientales, compuestas por 19 variables bioclimáticas obtenidas de la base de datos de WorldClim a una resolución espacial de 1 km² (incluyendo temperatura media anual, temperaturas máximas y mínimas, precipitación anual y estacional, entre otras) y 3 variables topográficas derivadas del Modelo Digital de Elevación (SRTM): altitud, pendiente y orientación de la pendiente (aspecto). Estas variables se relacionan con los registros georreferenciados de presencia del género *Juglans* en la región de Cajamarca, recopilados de fuentes secundarias (GBIF, herbarios institucionales y publicaciones académicas) y de salidas de campo efectuadas por el investigador.

Los registros fueron depurados para eliminar duplicados y validados en formato compatible con el software MaxEnt. Con esta base de datos se elaboraron la Figura 5 y la Tabla 3, representadas mediante ArcGIS, donde se muestran las correlaciones y los patrones de relación entre variables ambientales seleccionadas y la distribución de la especie.

Figura 5

Análisis de correlación entre las variables del estudio



Nota. Se muestra la matriz de correlación entre variables de estudio. Las tonalidades de color indican la intensidad y dirección de la correlación: los tonos azul oscuro representan correlaciones positivas fuertes, lo que significa que a medida que una variable aumenta, la otra también tiende a aumentar de manera significativa; mientras que los tonos rojo oscuro indican correlaciones negativas fuertes, lo que indica que cuando una variable aumenta, la otra tiende a disminuir de forma significativa. Las tonalidades más claras indican correlaciones débiles; las variables relacionadas con la topografía (aspecto y pendiente)

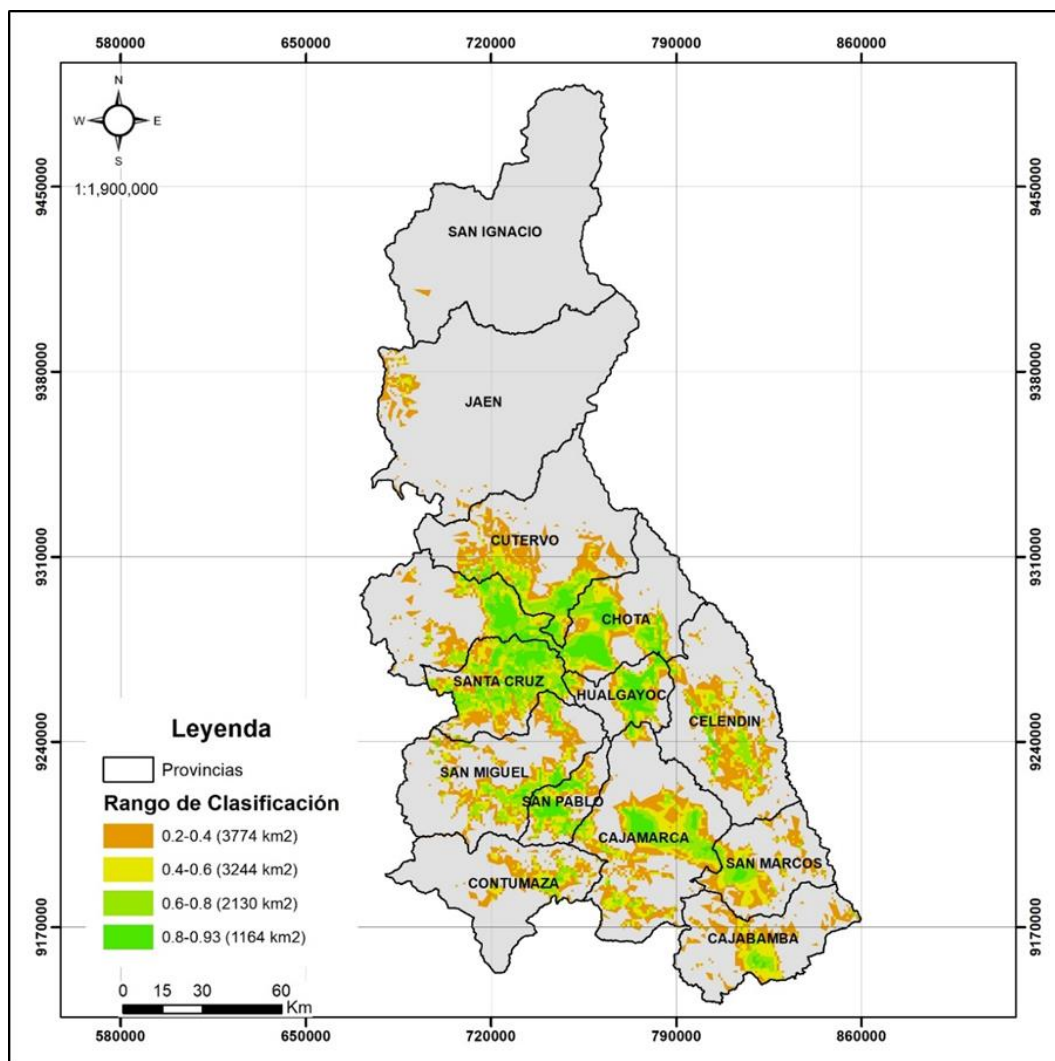
tienen menor correlación con las variables bioclimáticas en comparación con la elevación, que parece tener correlaciones más marcadas. Algunas combinaciones entre variables bioclimáticas, como BIO3 con BIO6 o BIO7 con BIO10, que presentan colores muy claros.

4.1.3. Segundo modelamiento

A partir de los resultados mostrados en la Figura 4, se realizó un segundo modelamiento, priorizando la selección de una variable por grupo de variables que mostraban alta correlación; según la matriz de correlación de las 22 variables analizadas (Figura 5), las variables topográficas, como el aspecto y la pendiente, presentan baja correlación con las variables bioclimáticas, sugiriendo que su influencia en el modelo es menos relevante en comparación con otras variables; esto permitió enfocarse en las variables que aportan más información relevante y minimizan la multicolinealidad, mejorando así la calidad del análisis y resultados obtenidos. La selección de variables se basó también en referencias bibliográficas, lo que permitió utilizar un total de 10 variables en el segundo modelo; los valores de estas se presentan en la Figura 6.

Figura 6

Segundo modelamiento con 10 variables del estudio



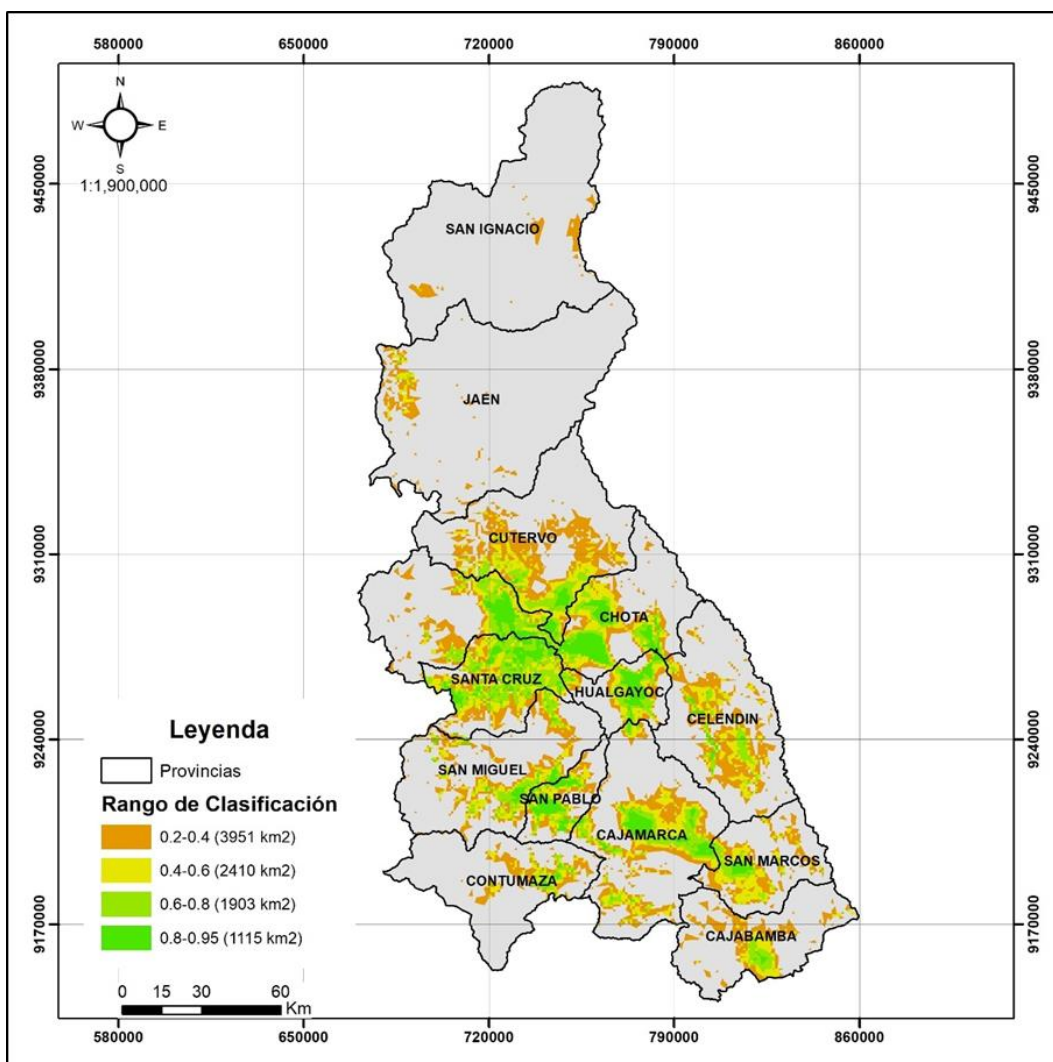
Nota. El resultado muestra la distribución potencial del género *Juglans*, determinada por 10 variables ambientales que influyen directamente en su presencia. Las áreas coloreadas de anaranjado presentan probabilidades de presencia que varían entre 0,2 y 0,4, lo que corresponde a áreas con condiciones poco favorables para el desarrollo de la especie; mientras que las áreas en color verde trébol muestran probabilidades entre 0,8 y 0,93, lo que refleja una alta idoneidad ambiental, donde existen condiciones ambientales propicias para la presencia y conservación del género.

4.1.4. Tercer modelamiento

Basándose en los resultados obtenidos del segundo modelo, se eligieron las variables que presentaron un porcentaje de contribución superior al 4,0 % en el modelo. En total, se seleccionaron 7 variables, cuyos niveles de probabilidad de presencia del género *Juglans* se ilustran en la Figura 7.

Figura 7

Tercer modelamiento con las 7 variables del estudio



Nota. El análisis revela una distribución potencial del género *Juglans*, cuya distribución potencial se ve afectada por 7 variables ambientales. La coloración anaranjada indica una probabilidad de presencia del 0,2 al 0,4, lo que significa que existe menor probabilidad de presencia en esas áreas; mientras que la coloración verde trébol presenta una probabilidad del 0,8 al 0,95, indicando una alta probabilidad de presencia en dichas zonas, con una extensión de 1 115 km².

La importancia relativa de las siete variables utilizadas en el modelo del género *Juglans*, destacando que el rango anual de temperatura y la temperatura máxima del mes más cálido presentan la mayor contribución en la distribución potencial de la especie, las variables representan el promedio de los años 1970-2000 (Tabla 4).

Tabla 4

Importancia de las 7 variables en el modelo del género Juglans

Variable	Porcentaje de contribución (%)	Importancia de la permutación (%)
Rango anual de temperatura (BIO7)	34	41
Temperatura máxima del mes más cálido (BIO5)	20.7	11.4
Temperatura media del trimestre más húmedo (BIO8)	12	16.4
Pendiente	11.2	2.1
Precipitación del trimestre más seco (BIO17)	10.2	20.5
Estacionalidad de la temperatura (BIO4)	6.7	3.8
Isotermalidad (BIO3)	5.2	4.8

Nota. En este análisis se presentan las estimaciones de las contribuciones relativas de las variables que más destacaron en el modelo de la distribución potencial del género *Juglans*; donde se evidencia que la variable con mayor porcentaje de contribución es la variable climática BIO7 (Rango anual de temperatura), que aporta un 34 % al modelo; además, las

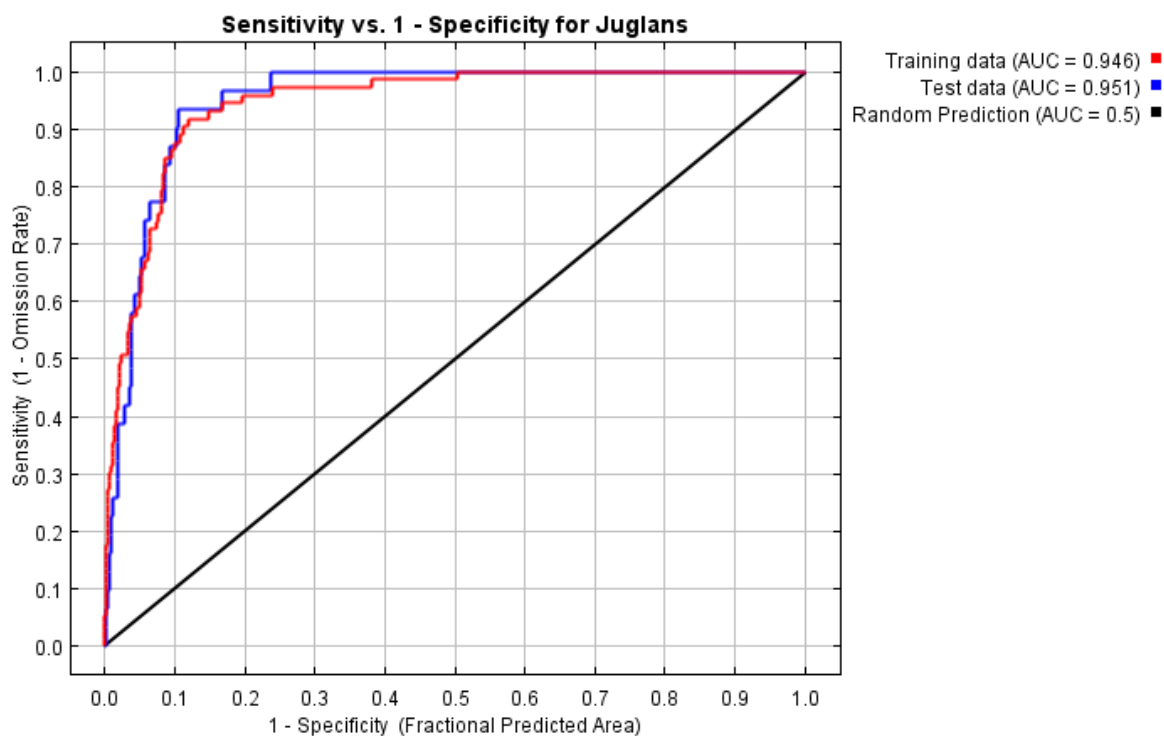
variables más relevantes para el modelo son las bioclimáticas BIO5 (Temperatura máxima del mes más cálido) y BIO8 (Temperatura media del trimestre más húmedo), así como la variable pendiente, que en conjunto contribuyen con un 43,9 %; por otro lado, la variable bioclimática BIO17 (Precipitación del trimestre más seco) aporta un 10,2 %; mientras que las variables de menor contribución son BIO4 (Estacionalidad de la temperatura) y BIO3 (Isotermalidad), con un aporte del 11,9 %.

4.1.5. Validación del modelo del género *Juglans*

Los resultados obtenidos del programa MaxEnt, tras ingresar los datos de ocurrencia del género *Juglans* y las 7 variables analizadas, se muestran en la Figura 8.

Figura 8

Curva AUC del modelo del género Juglans



Nota. El resultado de la curva de AUC (área bajo la curva) indica que, para los datos de entrenamiento, el AUC es de 0,946; mientras que para los datos de validación el AUC es de

0,951. Estos resultados provienen del uso del 30 % de los registros de ocurrencia, reservado específicamente para la validación del modelo, mientras que el 70 % restante se empleó en su construcción (entrenamiento).

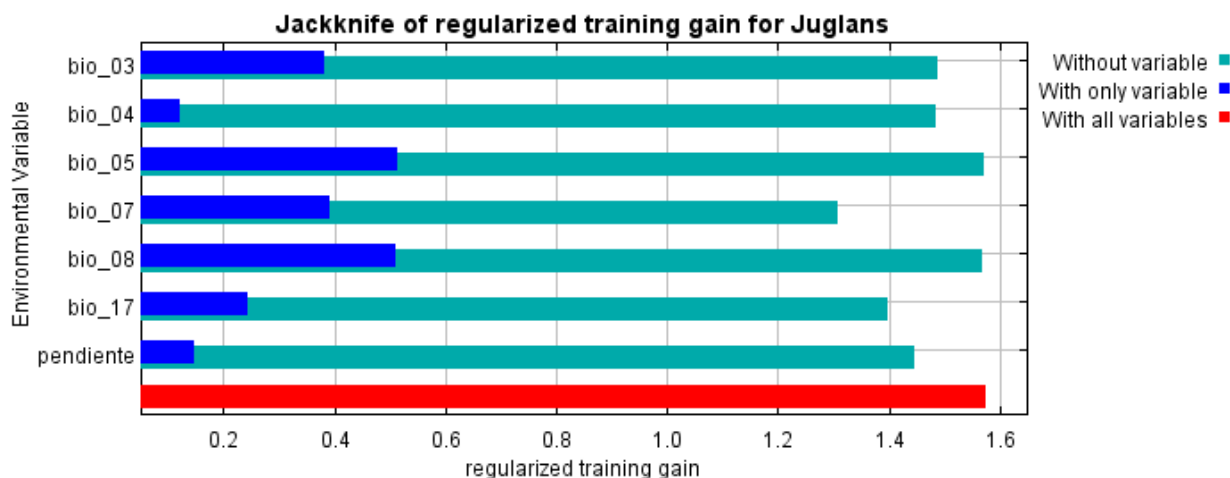
La división de los registros de entrenamiento y validación se realizó de forma aleatoria, aplicando la proporción de 70/30 que es considerada un estándar metodológico en estudios de modelos de nicho ecológico. Este procedimiento constituye una forma de validez cruzada simple, recomendada porque equilibra el ajuste del modelo con la confiabilidad de su evaluación (Hernández & Mendoza, 2018; Phillips et al., 2017). En este contexto, aunque la decisión de la proporción es en esencia convencional, su uso está respaldado por la literatura y garantiza la consistencia y reproducibilidad del análisis.

El hecho de que el AUC de validación (0,951) sea incluso ligeramente superior al de entrenamiento (0,946) confirma que el modelo mantiene un excelente desempeño predictivo con datos no usados en la calibración, evitando el sobreajuste y reforzando la confiabilidad y validez de los resultados obtenidos.

Para evaluar la contribución y relevancia de una variable, así como su efecto en ausencia, se lleva a cabo el análisis de Jackknife (Figura 9); donde, las barras azules representan la contribución de la variable en el modelo del género *Juglans*; por otro lado, las barras de color celeste claro indican el rendimiento del modelo sin la variable; entonces, si la barra celeste claro supera la barra roja, esto sugiere que la variable podría tener un efecto negativo en el modelo.

Figura 9

Análisis Jackknife de las variables del modelo



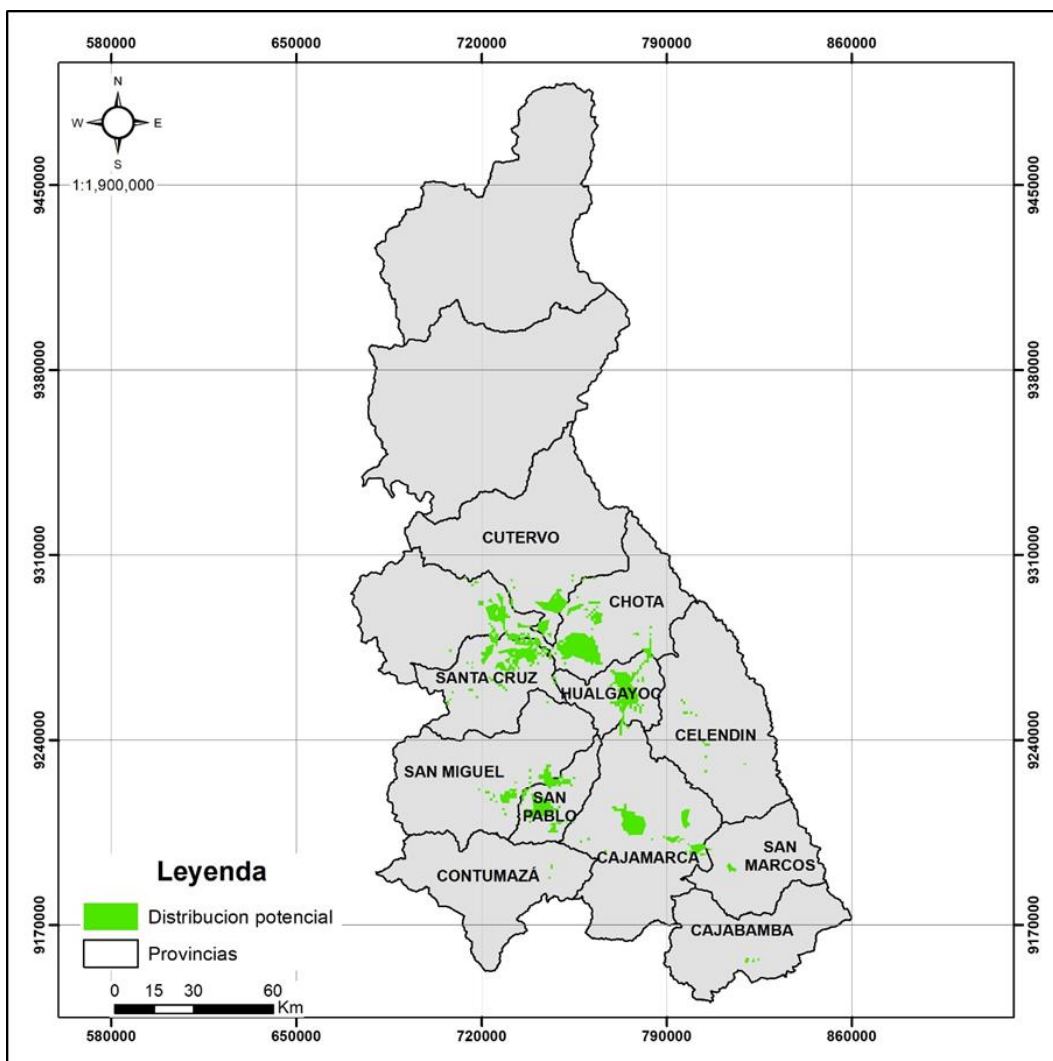
Nota. Se presentan las variables de mayor influencia en el modelo de distribución para el género *Juglans* son la temperatura máxima del mes más cálido y la temperatura media del trimestre más húmedo (BIO5 y BIO8), lo que indica que estas variables predicen de manera más efectiva cuando se analizan por separado, es decir, contienen información más útil; por otra parte, se aprecia que la variable BIO4 (Estacionalidad de la temperatura) afecta negativamente el rendimiento del modelo al ser excluida, ya que aporta información única no contenida en las demás variables.

4.1.6. Mapa de distribución potencial del género *Juglans* a nivel de provincias

El modelo de distribución natural del género *Juglans*, trabajado con las siete variables del estudio muestra una adecuada distribución en la región de Cajamarca. El resultado se muestra en la Figura 10.

Figura 10

Lugares de distribución potencial del género Juglans a nivel de provincias



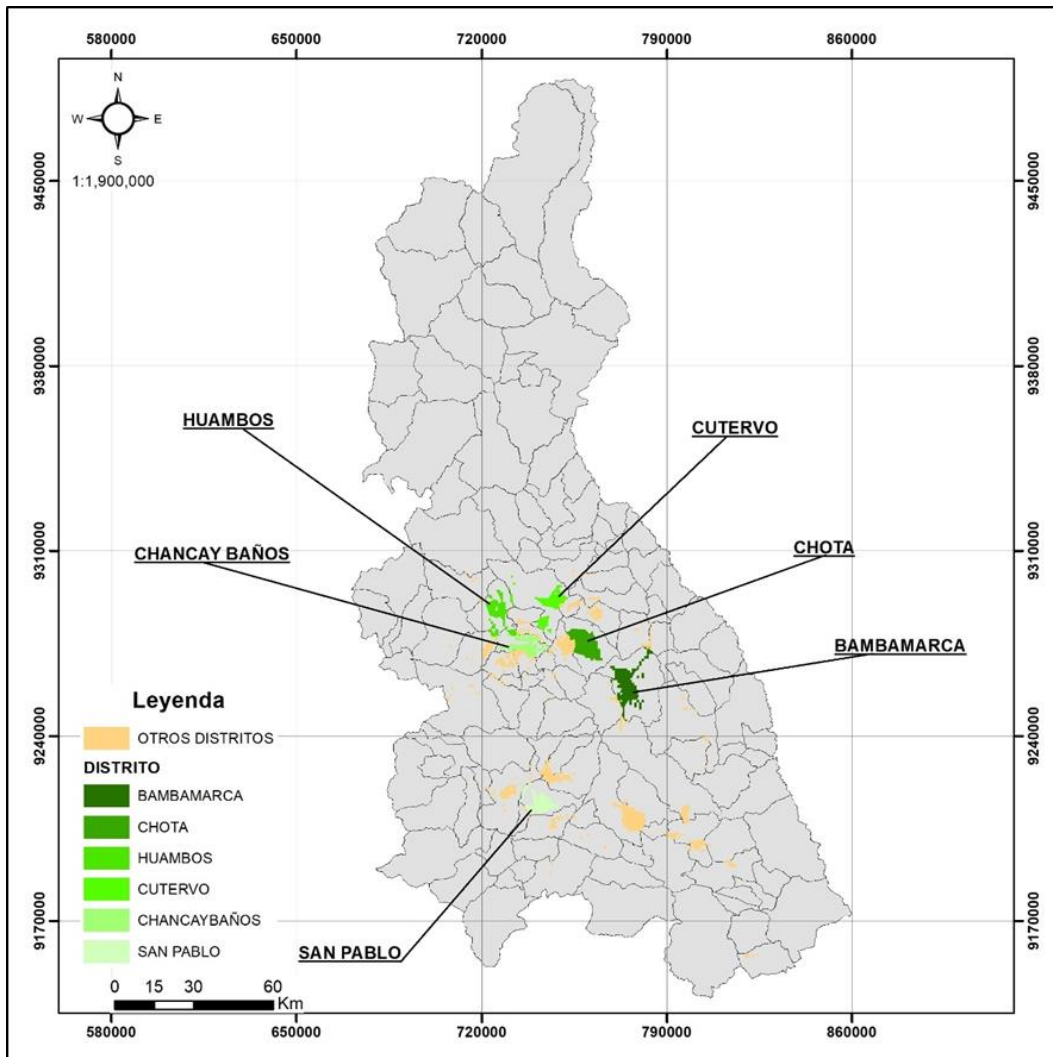
Nota. La distribución potencial del género *Juglans* en el departamento de Cajamarca se concentra en varias provincias, destacándose en Chota (289 km²), Santa Cruz (145 km²) y Cajamarca (130 km²), que presentan las mayores áreas aptas según la intensidad del color verde en el mapa. Otras provincias con presencia de zonas potenciales incluyen Hualgayoc (124 km²), San Pablo (103 km²), Cutervo (73 km²), San Miguel (57 km²), Celendín (11 km²), San Marcos (9 km²), Cajabamba (4 km²) y Contumazá (2 km²), aunque con menor extensión. Con un área total de distribución potencial natural de 947 km² de superficie.

4.1.7. Mapa de distribución potencial del género *Juglans* a nivel de distritos

El modelo de distribución natural del género *Juglans*, trabajado con las siete variables del estudio muestra una distribución buena en la región de Cajamarca. Estas variables incluyen BIO7 (Rango anual de temperatura), BIO5 (Temperatura máxima del mes más cálido), BIO8 (Temperatura media del trimestre más húmedo), pendiente (%), BIO17 (Precipitación del trimestre más seco), BIO4 (Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar * 100)) y BIO3 (Isotermalidad (BIO2/BIO7) * 100). La combinación de estas variables permite una mejor comprensión de los factores climáticos y topográficos que influyen en la distribución del género *Juglans* en la región, como se muestra en la Figura 11.

Figura 11

Lugares de distribución potencial del género Juglans a nivel de distritos



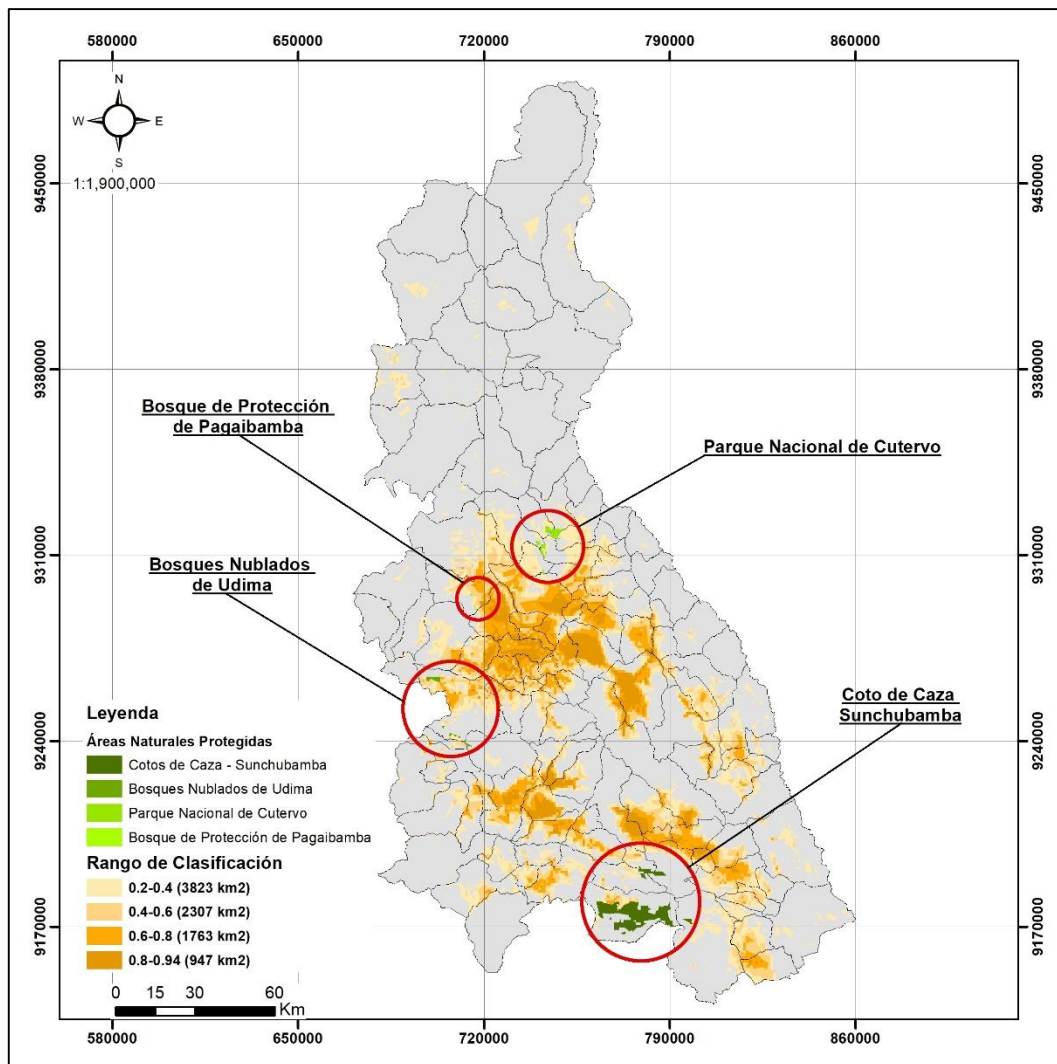
Nota. La distribución potencial del género *Juglans* en el departamento de Cajamarca se concentra en varios distritos, destacándose en Bambamarca (115 km²), Chota (97 km²), Huambos (73 km²), Cutervo (71 km²), Chancay Baños (69 km²) y San Pablo (67 km²), que presentan las mayores áreas aptas según la intensidad del color verde en el mapa. Y el color naranja muestra a otros distritos con presencia de zonas potenciales, aunque con menor extensión. Con un total de área de distribución potencial natural de los seis distritos de 492 km² de superficie.

4.1.8. Mapa de distribución del género *Juglans* en Áreas Naturales Protegidas

El modelo de distribución al ser comparado y ver las áreas que se intersecan, se evidenció que solo cuatro ANP pueden servir como zona de distribución potencial (Figura 12).

Figura 12

*Modelo de distribución del género *Juglans* en Áreas Naturales Protegidas*



Nota. Se muestra que el género *Juglans* estaría presente en pocas ANP, esta se encuentra distribuida en la Provincia de Cajamarca (Cotos de Caza - Sunchubamba) con una extensión de 180 km², provincia de Cutervo (Parque Nacional de Cutervo) con una extensión de 27

km², la provincia de Santa Cruz (Bosques Nublados de Udimá) con una extensión de 13 km² y de la provincia de Chota (Bosque de Protección de Pagaibamba) con una extensión de 2 km².

4.2. Contrastación de Hipótesis

Las hipótesis del presente estudio fueron las siguientes:

Ho: Las variables bioclimáticas y topográficas no influyen significativamente en la distribución natural del género *Juglans* en la región Cajamarca.

Ha: Las variables bioclimáticas y topográficas influyen significativamente en la distribución natural del género *Juglans* en la región Cajamarca.

Los resultados obtenidos mediante el modelo confirmaron la validez de la hipótesis alterna, evidenciando que las variables ambientales seleccionadas influyen significativamente en el patrón espacial de la especie dentro de la región de Cajamarca.

A través del uso del modelo MaxEnt, basado en el principio de máxima entropía y ampliamente utilizado en estudios de distribución de especies, se obtuvo un valor máximo de probabilidad de presencia de 0,9, considerado un nivel alto de idoneidad ambiental. El modelo MaxEnt aplicado en este estudio presentó un valor AUC de 0,951, correspondiente al 30 % de los datos reservados para la validación. De acuerdo con la escala de interpretación propuesta por Felicísimo et al. (2011), valores de AUC > 0,95 indican que el modelo tiende a ser excelente; entre 0,85 y 0,95 se considera bueno; entre 0,75 y 0,85, aceptable; y valores inferiores a 0,75 reflejan un modelo pobre. En este sentido, el AUC obtenido sitúa al modelo dentro de la categoría excelente, lo que confirma un alto nivel de precisión en la predicción

de la distribución potencial de la especie, incluso con registros no empleados en la fase de entrenamiento.

Los resultados indican que el género *Juglans* presenta una distribución potencial aproximada de 492 km² con probabilidad de presencia superior al 90 %. Esta superficie corresponde a áreas que reúnen las condiciones ambientales más favorables para el establecimiento de la especie en la región de Cajamarca.

En este estudio, el potencial para el desarrollo de proyectos de reforestación se interpreta en función de los valores de idoneidad ambiental estimados por el modelo MaxEnt, expresados en una escala de 0 a 1. Áreas con valores superiores a 0,6 fueron consideradas de alta idoneidad, lo que implica condiciones favorables para la regeneración y/o reintroducción del género *Juglans*. Por consiguiente, las áreas que superan este umbral se interpretan como zonas con potencial significativo para programas de reforestación y conservación. Este criterio de interpretación se fundamenta en lo propuesto por Elith et al. (2011), quienes recomiendan establecer umbrales de corte basados en los valores predictivos del modelo para orientar decisiones de manejo ecológico y forestal.

En conjunto, estas evidencias respaldan que las condiciones climáticas de ciertas provincias de Cajamarca ofrecen un potencial relevante para la conservación, restauración y manejo sostenible del género *Juglans*.

4.3. Discusión de resultados

4.3.1. Primer modelamiento

En este estudio se alcanzó un valor máximo de probabilidad de presencia de 0,94 al emplear 22 variables ambientales; no obstante, varias de estas variables no mostraron un efecto significativo en la predicción de la distribución, lo cual plantea dudas respecto a la pertinencia

de mantener un número tan elevado de predictores. Una situación similar fue reportada por Vásquez (2024) sobre la distribución potencial de *Polylepis multijuga* en Cajamarca, utilizó 24 variables ambientales (22 de WorldClim y 2 adicionales); los resultados fueron estadísticamente sobresalientes, donde el modelo alcanzó un AUC de 0,956, lo que también indica un desempeño excelente; las variables bioclimáticas relacionadas con la precipitación y la temperatura mínima del mes más frío fueron las que más peso tuvieron el modelo, mientras que otras tuvieron un aporte marginal.

Esto concuerda con lo señalado por Cuentas (2022), quien señala que la temperatura y la precipitación suelen ser más determinantes, mientras que otros presentan efectos marginales. Asimismo, Merow et al. (2013) recalcan que la calidad de un modelo no depende únicamente de sus valores de probabilidad o de AUC, sino también de su desempeño o capacidad de validación cruzada con nuevos datos, lo que permite determinar si algunas variables realmente irrelevantes o si su aporte no fue correctamente capturado por el modelo.

4.3.2. Segundo modelamiento

En el contexto de los modelos predictivos en ecología o estudios ambientales, el valor de probabilidad que se obtiene, en este caso, es de un 0,93 lo cual indica un alto nivel de ajuste del modelo a los datos observados (Gilbert et al., 2020). No obstante, diversos autores destacan la importancia de identificar las variables irrelevantes, ya que su inclusión puede afectar la interpretación y validez de los resultados (Espino, 2017).

Otro aspecto interesante se presenta en el estudio de Broquet et al. (2024) donde utilizaron 15 variables ambientales logrando un valor de ajuste similar (0,92) pero enfrentando desafíos al interpretar el impacto de cada variable. Esto refuerza la idea de que un alto coeficiente de determinación no es suficiente por sí solo para validar un modelo, ya que también es

necesario analizar la relevancia individual de cada variable incorporada. En este sentido, investigaciones como la de Zarzo et al. (2022) demuestran que la eliminación sistemática de variables poco relevantes puede mejorar tanto el ajuste del modelo y su aplicabilidad práctica.

En síntesis, el segundo modelo manifiesta la importancia de seleccionar cuidadosamente las variables en la construcción de modelos predictivos. El uso de técnicas como la selección de características y el análisis multivariado se vuelve crucial para optimizar el desempeño del modelo y facilitar su interpretación (Kuhn & Johnson, 2013). Por lo tanto, una adecuada depuración de variables no solo contribuye a mejorar el ajuste, sino que también favorece su aplicación en contextos reales.

4.3.3. Tercer modelamiento

El tercer modelamiento desarrollado bajo un enfoque metodológico sustentado en los Modelos de Distribución de Especies (MDE), utilizando el programa MazEnt para analizar la distribución del género *Juglans*. La consistencia de este enfoque radica en la capacidad del modelo para integrar datos de presencia con variables ambientales, generando predicciones confiables que alcanzaron un valor de AUC de 0,951, lo que indica un alto nivel de capacidad predictiva.

Este carácter probabilístico del modelo posibilita establecer relaciones entre las condiciones ambientales y la presencia de la especie, permitiendo identificar patrones espaciales de distribución. Este tipo de herramienta resulta especialmente útil para estudios orientados a la conservación y gestión de especies, sobre todo en escenarios asociados al cambio climático y la transformación de hábitats.

Resultados similares han sido reportados por Dakhil et al. (2024), quienes resaltan la eficacia de los MDE en la predicción de la distribución de especies, destacando que valores elevados de AUC (0,94 en su estudio) constituyen un indicador relevante del buen desempeño del modelo en la toma de decisiones relacionadas con la biodiversidad. Asimismo, Blach et al. (2010) señalan que la inclusión de variables ambientales precisas puede incrementar la efectividad de los MDE, especialmente en áreas con limitaciones de datos.

En el presente estudio, al generar y analizar el tercer modelamiento, se evidenció que, de las 7 variables consideradas, las variables bioclimáticas más relevantes según su contribución al modelo fueron: BIO7 (Rango anual de temperatura) y BIO5 (Temperatura máxima del mes más cálido). Estas dos variables, de un total de siete consideradas, mostraron los porcentajes más altos de contribución según la prueba de Jackknife y la importancia de permutación calculadas por el algoritmo MaxEnt (Tabla 4 y Figura 9). Esta mayor influencia sugiere que dichas variables son determinantes para la distribución del género *Juglans* en la región de Cajamarca; estos resultados coinciden con estudios recientes, como el de Zhao et al. (2024), que encontraron que las variables relacionadas con temperatura y precipitación son críticas para modelar la distribución de especies arbóreas en Sudamérica. Asimismo, investigaciones previas (Cruz et al., 2014) han documentado que *Juglans*, incluyendo especies como *Juglans regia* (nuez común), requiere condiciones climáticas específicas de temperatura y humedad para desarrollarse adecuadamente.

La estadística de Jackknife (Figura 9) utilizada en el estudio proporciona un criterio robusto para identificar cuáles de las variables son más influyentes; en este contexto, se resalta que, al identificar que las variables temperatura máxima del mes más cálido, temperatura media del trimestre más húmedo, rango anual de temperatura y isothermalidad son las más

predominantes, ofreciéndonos datos valiosos para el desarrollo de sitios adecuados para la conservación y restauración de este género en la región de Cajamarca. Este aspecto es crucial, tal como lo indican Dyderska et al. (2021), quienes afirmaron que las variables climáticas son determinantes para la supervivencia y dispersión de *Juglans* en América del Sur; además, el manejo eficaz de estas variables ambientales puede ser determinante para el éxito de las iniciativas de reforestación, especialmente para especies con requerimientos específicos como es el caso de este género.

4.3.4. Contribución de las variables

En relación con las siete variables analizadas en el estudio, en la Tabla 4 se ilustra el porcentaje de contribución de las variables ambientales más significativas en el modelo; se evidencia que las condiciones térmicas son cruciales para comprender la distribución del género *Juglans* en Cajamarca; dentro de este ámbito, el rango anual de temperatura y la temperatura máxima del mes más cálido emergen como las variables con mayor influencia. Esta observación se alinea con investigaciones recientes que han analizado el impacto de factores climáticos en la dinámica de especies forestales similares. Un ejemplo es el estudio de Zevallos & Lavado (2022), quienes investigaron la influencia del clima sobre *Carya illinoensis* en el sureste de Brasil; cuyos resultados indicaron que tanto la temperatura como la precipitación son factores determinantes para la productividad y distribución geográfica; el estudio reveló que las variaciones en la temperatura máxima estacional y el índice de aridez (que considera la precipitación) tienen un impacto significativo no solo en el crecimiento a corto plazo, sino también en el establecimiento de nuevas poblaciones en áreas con microclimas favorables. De esta manera, se observa que las variables bioclimáticas evaluadas podrían generar un efecto acumulativo similar en la distribución del género

Juglans, resaltando la necesidad de incorporar un conjunto más amplio de variables climáticas al momento de modelar la idoneidad de hábitats, con la finalidad de obtener estimaciones más consistentes.

Asimismo, Navarro et al. (2020) analizaron la relación entre factores climáticos y la distribución de *Juglans regia* en los Pirineos, señalando que, además de las temperaturas extremas, la humedad del suelo y los patrones de precipitación influyen de manera determinante en su desarrollo y permanencia. Estos resultados refuerzan la importancia de considerar tanto variables térmicas como hídricas para lograr un análisis más completo del comportamiento ecológico del género.

De forma similar, Brizuela et al. (2023), en su estudio enfocado en especies del género *Quercus*, reportaron que la combinación de la temperatura mínima de mes más frío y la precipitación media anual explicó el 48,8 % de la contribución en su modelo de distribución. Este hallazgo respalda la relevancia de integrar variables climáticas clave en la construcción de los modelos predictivos.

Este resultado indica que, aunque la investigación original enfatiza la temperatura como una variable clave (con un 54,7 % de contribución del rango de temperatura anual y la temperatura máxima del mes más cálido), otros factores, como la precipitación, también son fundamentales para el éxito de estas especies arbóreas; además, el estudio resalta la necesidad de considerar no solo las temperaturas extremas, sino también la disponibilidad de aguas, un aspecto que podría no estar adecuadamente reflejado en el modelo del género *Juglans* en la región de Cajamarca.

Según Alvarez (2023), la distribución y el hábitat del género *Juglans* se encuentran en áreas donde la humedad relativa supera el 80 %, con una precipitación anual que varían entre 500 mm y 1000 mm, y una temperatura ambiente alrededor de los 15°C. Además, este género se desarrolla preferentemente en suelos arenosos con un pH moderadamente ácido. También es capaz de adaptarse a suelos degradados por actividades mineras o agrícolas. Estos factores hacen que la investigación actual sea sólida en cuanto a las variables utilizadas para la modelación y distribución, ya que tanto la temperatura como la precipitación están involucradas en el modelo y tienen una influencia directa.

En resumen, la investigación sobre el género *Juglans* resalta la importancia de la temperatura en su distribución y crecimiento en la región de Cajamarca, no obstante, estudios actuales sugieren considerar la interacción con la precipitación y otras variables ambientales para lograr una comprensión más integral de la respuesta de estas especies a los cambios ambientales; aunque el rango de temperatura y las temperaturas máximas son factores clave, un enfoque que incluya la precipitación podría mejorar significativamente los modelos predictivos sobre la distribución y el crecimiento de estas especies en el contexto del cambio climático.

4.3.5. Áreas prioritarias para la conservación de *Juglans*

Es fundamental destacar que la identificación de 8 de las 13 provincias de Cajamarca, donde la presencia del género *Juglans* tiene más del 90 % de probabilidad, ofrece un enfoque geoespacial valioso para la formulación de políticas de conservación. Esto coincide con los hallazgos de Bugallo & Bonasora (2019) quienes enfatizan como el uso de herramientas geoespaciales permite no solo identificar áreas de alta biodiversidad, sino también priorizar dichas áreas para la conservación; además, sugieren abordar la relación entre el conocimiento

tradicional y la ciencia moderna en la conservación. En este sentido, el análisis geoespacial desarrollado en esta investigación puede contribuir en el fortalecimiento de políticas orientadas a la protección del género *Juglans*, considerando su relevancia ecológica, cultural y económica en muchas regiones, incluido Cajamarca.

De acuerdo con Quispe (2022), las áreas naturales protegidas mantienen una relación estrecha con el género *Juglans*, debido a su presencia en ecosistemas de bosques templados y zonas montañosas, que con frecuencia forman parte de estos espacios de conservación. Estas zonas son fundamentales en la protección de la biodiversidad, ya que actúan como refugios para especies asociadas y contribuyen al mantenimiento de procesos ecológicos esenciales, como la conservación del suelo y del recurso hídrico. Además de su importancia ecológica, las especies de *Juglans* poseen un valor económico y forestal, lo que refuerza la necesidad de implementar medidas de manejo sostenible dentro y fuera de áreas protegidas.

En síntesis, este estudio aporta significativamente al conocimiento sobre la distribución potencial de *Juglans*, integrando herramientas avanzadas de modelización para fortalecer los procesos de conservación y reforestación. Se identificaron 947 km² de hábitats favorables en la región de Cajamarca concentrados principalmente en las provincias de Chota (289 km²), Santa Cruz (145 km²) y Cajamarca (130 km²), seguidas de Hualgayoc, San Pablo, Cutervo, San Miguel, Celendín, San Marcos, Cajabamba y Contumazá. La alta probabilidad de presencia sugiere la existencia de corredores ecológicos y hábitats críticos cuya protección resulta prioritaria, tanto para la viabilidad de la especie como para la preservación de la biodiversidad asociada.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se logró modelar la distribución potencial del género *Juglans* en la región de Cajamarca, mediante la aplicación del modelo de máxima entropía (MaxEnt), considerando como especie de referencia a *Juglans neotropica* Diels. El modelo presentó una alta capacidad predictiva, alcanzando un valor AUC de 0,951, obtenido a partir de la división aleatoria de los registros de presencia en un 70 % para el entrenamiento y un 30 % para la validación, lo que respalda la consistencia y precisión predictiva del modelo aplicado.
- Se identificaron áreas con alta idoneidad para la distribución potencial del género *Juglans* en la región Cajamarca, con una superficie total estimada de 947 km², concentradas principalmente en las provincias de Chota (289 km²), Santa Cruz (145 km²) y Cajamarca (130 km²); mientras que en el resto de las provincias se registraron áreas con menor extensión. La delimitación de estas áreas se sustentó en 317 registros de presencia, de los cuales 311 correspondieron a individuos de *Juglans neotropica* Diels registrados en campo mediante GPS (coordenadas geográficas) y distribuidos en Chota (57 registros), Hualgayoc (57), Cutervo (52), San Miguel (46), San Pablo (45), Cajamarca (26), Santa Cruz (17) y San Marcos (11); mientras que 6 registros procedieron de bases de datos secundarias, evidenciando la representatividad espacial de la especie como indicadora del género en la región.
- Las variables que influyen de manera más significativa en la distribución actual y potencial del género *Juglans* en la región Cajamarca corresponden al rango anual de temperatura (BIO7) y a la temperatura máxima del mes más cálido (BIO5), las cuales explican conjuntamente el 54,7 % de la contribución del modelo. En contraste, variables

como la isothermalidad (BIO3), la estacionalidad de la temperatura (BIO4) y la pendiente presentaron una menor contribución, aportando en conjunto el 23,1 % de la contribución total. Estos resultados se sustentan en los porcentajes de contribución, la importancia de permutación y los resultados de la prueba Jackknife obtenidos a partir del modelo aplicado para *Juglans neotropica* Diels, especie representativa del género *Juglans*.

5.2. Recomendaciones

- Es importante que las personas y organizaciones que trabajan en el sector forestal continúen investigando sobre la distribución potencial de especies forestales locales, ya que son esenciales para su conservación y para preservar la biodiversidad. Conocer la ubicación de estas especies en la región de Cajamarca y en otras partes del país permite implementar medidas de protección y garantizar su supervivencia. Esta información es clave para tomar decisiones sobre la conservación y restauración de las poblaciones del género *Juglans*, así como de otras especies nativas.
- La validación de los datos de presencia es un paso muy importante en el estudio de los hábitats de las especies; bases de datos como el Global Biodiversity Information Facility (GBIF) son útiles, pero a veces tienen problemas, como lugares repetidos; estas repeticiones pueden causar errores en los modelos, ya que pueden generar una falsa concentración de registros en un área; al validar los datos, nos aseguramos de que cada punto de presencia sea único y refleje mejor la distribución real de la especie; esto mejora la calidad del análisis y la confianza en los resultados, es decir, se garantiza la precisión y efectividad del análisis de distribución.
- Combinar las variables bioclimáticas con aspectos como la pendiente, altitud, orientación y tipo de suelo ayudará a crear modelos más precisos sobre los hábitats de

una especie; al unir estos factores, se puede entender mejor lo que necesita una especie, considerando tanto sus requerimientos bioclimáticos como las limitaciones del entorno físico; esto es muy importante en el contexto del cambio climático y la fragmentación del hábitat, ya que entender cómo se relacionan estas variables es esencial para conservar y gestionar la biodiversidad.

- La utilización de modelos de distribución de especies para investigar otras especies importantes es fundamental para su conservación; estos modelos ayudan a entender mejor las necesidades y amenazas que enfrentan las especies, lo que a su vez permite crear estrategias de conservación más efectivas basadas en datos científicos. Esta labor resulta esencial para enfrentar la pérdida de biodiversidad y promover la sostenibilidad de los ecosistemas.

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS

- Alvarez, E. (2023). *Influencia climática en la anatomía de la madera de Juglans neotropica en un bosque de montaña montano, Chanchamayo - Perú* [Tesis de Pregrado, Universidad Continental].
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12793>
- Arenas, S., Regos, A., & González, P. (2022). Capítulo 18. Modelos de distribución de especies en ecosistemas forestales. In *Geomática, Teledetección y Modelos Espaciales Aplicados a la Gestión de Sistemas Forestales* (Issue October, pp. 1–46).
https://www.researchgate.net/publication/364334678_Modelos_de_distribucion_de_especies_en_ecosistemas_forestales
- Arias, 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* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú].
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2401689>
- Beltrán, H., & Galán, A. (2022). Distribution patterns of the Peruvian species of Senecio L. (Asteraceae). *Revista Peruana de Biología* 29(1), 28(Diciembre), 303–314.
<https://doi.org/10.15381/rpb.v29i1.21463>
- Blach, A., Svenning, J., Dransfield, J., Greve, M., & Balslev, H. (2010). Determinants of palm species distributions across Africa: The relative roles of climate, non-climatic environmental factors, and spatial constraints. *Ecography*, 33(2), 380–391.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2010.06273.x>
- Brizuela, D., Villavicencio, R., Ruíz, J., & Cuervo, A. (2023). Effects of climate change on

the potential distribution of a dominant, widely distributed oak species, *Quercus candicans*, in Mexico. *Atmosfera*, 37, 455–473. <https://doi.org/10.20937/ATM.53182>

Broquet, M., Campos, F., Cabral, P., & David, J. (2024). Habitat quality on the edge of anthropogenic pressures: Predicting the impact of land use changes in the Brazilian Upper Paraguay river Basin. *Journal of Cleaner Production*, 459(May), 142546. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142546>

Bugallo, V., & Bonasora, M. (2019). *Distribution and ecological niche of Argentinean species of Angelonia genus*. 84(10), 1511–1518. <https://doi.org/10.1134/s0320972519100129>

Canales, R., Hernández, S., Palacios, A., Hernández, A., Rodríguez, R., Suárez-Isla, A., González, J., & Arce, O. (2022). *Taxodium huegelii* C. Lawson natural distribution in the state of Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(72), 112–147. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i72.1224>

Córdoba, S. (2018). *Integración de posibles impactos del cambio climático sobre especies preponderantes para la provisión de servicios ecosistémicos en la cuenca del río Chinchiná* (p. 112). https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00W7FB.pdf

Cruz, G., López, L., Villaseñor, J., & Ortiz, E. (2014). Potential species distribution modeling and the use of principal component analysis as predictor variables. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(1), 189–199. <https://doi.org/10.7550/rmb.36723>

Cuentas, M. (2022). Analysis of climate change incidence on threatened bird species in the Peruvian Andes: distribution models and connectivity proposals. *Pirineos*, 177(2050). <https://doi.org/10.3989/pirineos.2022.177004>

- Dakhil, M., Zhang, L., Barougy, R., Bedair, H., Hao, Z., Yuan, Z., Feng, Y., & Halmy, M. (2024). Diversity pattern of *Symplocos* tree species in China under climate change scenarios: Toward conservation planning. *Global Ecology and Conservation*, 54(September), e03198. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2024.e03198>
- Del Bosque, I., Fernández, C., Forero, L., & Pérez, E. (2012). *Los sistemas de información geográfica y la investigación en ciencias humanas y sociales*. <https://digital.csic.es/handle/10261/64940>
- Delgado, M. (2020). *Modelamiento espacial de nichos ecológicos para evaluación de presencia de Cedrela odorata, Cedrela montana y Cedrelinga cateniformis - Amazonas* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3766/Tesis%287%29.pdf?sequence=1>
- Di Bitetti, M. (2012). ¿Qué es el hábitat? Ambigüedad en el uso de jerga técnica. *Ecologia Austral*, 22(2), 137–143. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1667-782X2012000200007&script=sci_arttext
- Díaz, A. (2019). *Identificación, aspectos morfológicos y fenológicos de las especies forestales nativas en el valle de Cajamarca* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3169>
- Dyderska, S., Jagodziński, A., & Dyderski, M. (2021). Possible changes in spatial distribution of walnut (*Juglans regia* L.) in Europe under warming climate. *Regional Environmental Change*, 21(1). <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01745-z>
- Elith, J., Phillips, S., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E., & Yates, C. (2011). A statistical

explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17(1), 43–57.
<https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x>

Enríquez, L. (2021). *Distribución potencial de Polylepis Rodolfo-Vasquezii L. Valenzuela & I. villalba y Polylepis canoi W. Mendoza en función a variables climáticas, topográficas y edáficas región Junín* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú].
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3281483>

Espino, C. (2017). *“Análisis predictivo: técnicas y modelos utilizados y aplicaciones del mismo - herramientas Open Source que permiten su uso: Vol. I (Issue Principio activo y prestación ortoprotésica)”* [Tesis de Postgrado, Universidad Abierta de Cataluña].
<http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/59565/6/caresptimTFG0117memòria.pdf>

Felicísimo. (2012). *Capítulo 4. Descripción y análisis del relieve* (p. 25).
<https://www.docsity.com/es/descripcion-y-analisis-de-relieve-apuntes-topografia/177704/>

Felicísimo, Á., Muñoz, J., Villalba, C., & Mateo, R. (2011). Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad española. In *PNACC (Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático Inventario). Inventario Nacional de Biodiversidad* (1st ed.).
https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/atlas_cc_flora_tcm30-537736.pdf

Flores, W., Acuña, D., Calle, V., & García, J. (2021). Probabilities of occurrence of atmospheric electric discharges for the Mantaro river basin - Perú , using goes satellite

- infrared and water vapor bands. *Ecología Aplicada*, 20(1), 53–63.
<https://doi.org/10.21704/rea.v20i1.1690>
- García, J., Ramírez, L., & Chagna, E. (2024). Pre-germination treatments and different substrates on seed germination of *Juglans neotropica* Diels, Ecuador. *Ciencia Florestal*, 34(1), 1–18. <https://doi.org/10.5902/1980509883757>
- Gay, S. (2021). Modelado de nicho ecológico para caracterizar la expansión del género *Lonchura* en México [Tesis de Postgrado, Centro de Investigación Científica de Yucatán]. In *Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.*
<https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1003/1985>
- Gil, G. (2017). *Modelos de distribución y su aplicación en la conservación de mamíferos terrestres sudamericanos* [Tesis de Pregrado, Universidad Autónoma de Madrid].
https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/681434/gil_carbo_guillermo_eduardo.pdf?sequence=1
- Gilbert, S., Hundertmark, K., Lindberg, M., Person, D., & Boyce, M. (2020). The Importance of Environmental Variability and Transient Population Dynamics for a Northern Ungulate. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8(December).
<https://doi.org/10.3389/fevo.2020.531027>
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. In McGRAW-HILL (Ed.), *Mc Graw Hill Education* (1st ed.). <https://dokumen.pub/metodologia-de-la-investigacion-las-rutas-cuantitativa-cuali-spanish-edition-1nbsped-1456260960-9781456260965.html>
- Herrera, R., & Shiguango, G. (2019). Distribución potencial de *Swietenia macrophylla* King

- (caoba) bajo condiciones climáticas actuales y futuras [Tesis de Pregrado, Universidad Estatal Amazónica]. In *Jurnal Kajian Pendidikan Ekonomi dan Ilmu Ekonomi*. <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/510>
- Íñiguez, L., Jiménez, C., Sosa, J., & Ortega, A. (2014). Categorías de las áreas naturales protegidas en México y una propuesta para la evaluación de su efectividad. *Investigación y Ciencia*, 22(60), 65–70. <https://www.redalyc.org/pdf/674/67431160008.pdf>
- Kuhn, M., & Johnson, K. (2013). Applied Predictive Modeling with Applications in R. In *Springer* (Vol. 26). <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6849-3>
- Lozano, P. (2015). Especies forestales arbóreas y arbustivas de los bosques montanos del Ecuador. In *Ministerio del Ambiente de Ecuador-MAE* (p. 174). Ana Cristina Herdoíza. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/55826.pdf>
- Maciel, C., Manríquez, N., Octavio, P., & Sánchez, G. (2015). Geographical distribution of the species: a concept review. *Acta Universitaria*, 25(1), 3–19. <https://doi.org/10.15174/au.201>
- Maldonado, N. (2023). *Efecto de cuatro tratamientos pre germinativos en semillas de nogal (Juglans neotropica Diels), Jaén, Cajamarca* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5622>
- Masías, K. (2007). *Caracterización de las propiedades tintóreas del extracto de nogal (Juglans neotropica Diles) proveniente de la cuenca alta del río Zaña* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/421/K50.M385->

T.pdf?sequence=1

- Mateo, R., Felicísimo, Á., & Muñoz, J. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84(2), 217–240. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2011000200008>
- Medina, M., Ruiz, M., & Gómez, J. (2021). Análisis de la distribución de *Cedrela salvadorensis* Standl. (Meliaceae) e implicaciones para su conservación. *Gayana Botánica.*, 78(2), 172–183. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-66432021000200172&lang=es
- Merow, C., Smith, M., & Silander, J. (2013). A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: What it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, 36(10), 1058–1069. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.07872.x>
- Navarro, M., Jove, C., & Apaza, J. (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>
- Nunho, A., Biondi, D., Ivasko, S., Viezzer, J., Kovalsyki, B., & Dias, J. (2021). Potential occurrence of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze in the urban forest of Curitiba, Paraná, Brazil. *DYNA (Colombia)*, 88(216), 184–189. <https://doi.org/10.15446/dyna.v88n217.88869>
- OSINFOR. (2011). *Modelamiento espacial de nichos ecológicos para la evaluación de presencia de especies forestales maderables en la Amazonía peruana* (p. 82). https://www.osinfor.gob.pe/portal/data/destacado/adjunto/modelamiento_nichos_ecolo

gicos.pdf

OSINFOR. (2016). *Modelamiento de la distribución potencial de 18 especies forestales en el departamento de Loreto*. <https://www.gob.pe/%0Acontacto@osinfor.gob.pe>

Pérez, J. (2024). *Modelamiento de tres especies forestales para obtener su distribución geográfica, aplicando el software MAXENT 3.4.1, distrito de Tahuania, provincia de Atalaya, región de Ucayali* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. <https://hdl.handle.net/20.500.14621/6971>

Phillips, S., Anderson, R., Dudík, M., Schapire, R., & Blair, M. (2017). Opening the black box: an open-source release of MaxEnt. *Ecography*, 40(7), 887–893. <https://doi.org/10.1111/ecog.03049>

Quispe, W. (2022). *Modelamiento de los efectos del cambio climático en la distribución potencial de seis especies del genero polylepis en los Andes Peruanos* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/8305/T010_47661879_T.pdf?sequence=1

Saucedo, F., & Amaya, D. (2021). *Determinación de áreas de distribución potencial del algarrobo (Prosopis pallida (Hum . & Bonpl . Ex Willd .) Kunth) en los Bosques Estacionalmente Secos del Marañón*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Jaén.

Serrano, S. (2019). *Composición y diversidad florística del bosque montano El Cedro-San Silvestre De Cochán-San Miguel-Cajamarca* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2831>

Silva, G. (2017). *Metodologías de escarificación para la producción de plantones de nogal*

- (*Juglans neotropica*, Diels), en Rodríguez de Mendoza, Amazonas. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas].
<https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/1198/Tesis-GelverSilva.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Soberon, M., & Flores, M. (2023). *Modelamiento del nicho ecológico de la palmera blanca (Ceroxylon quindiuense (H. Karst.) H. Wendl.) en el parque nacional de Cutervo, Cajamarca-Perú* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Jaén].
<https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/592>
- Toro, E., & Roldán, I. (2018). State of the art, propagation and conservation of *Juglans neotropica* Diels., in Andean zones. *Madera y Bosques*, 24(1), 1–15.
<https://doi.org/10.21829/myb.2018.2411560>
- Vaca, J. (2022). Estructura, productividad de madera y regeneración natural de *Juglans neotropica* Diels en la hacienda La Florencia del Cantón y provincia de Loja [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Loja]. In *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5430
- Vásquez, M. (2024). *Modelamiento de la Distribución Potencial de Polylepis multijuga Pilg. (Rosaceae) en el departamento de Cajamarca* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca].
https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/6709?utm_source=chatgpt.com
- Velasteguí, E. (2018). Consecuencias de la disminución de la flora endémica del Mundo, Ecuador y La Amazonia. *Conciencia Digital*, 1(2), 53–63.
<https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v1i2.859>

- Vistín, D., Salas, E., Balseca, J., & Lara, N. (2022). Distribución potencial de *Polylepis incana* en los Andes ecuatorianos para estudios de fisiología vegetal y planes de rehabilitación forestal. *Ecología Austral*, 33(1), 001–012. <https://doi.org/10.25260/ea.23.33.1.0.1991>
- Zarzo, A., Penteriani, V., Gábor, L., Šímová, P., Grattarola, F., & Moudrý, V. (2022). Importance of data selection and filtering in species distribution models: A case study on the Cantabrian brown bear. *Ecosphere*, 13(12), 1–23. <https://doi.org/10.1002/ecs2.4284>
- Zevallos, J., & Lavado, W. (2022). Climate Change Impact on Peruvian Biomes. *Forests*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/f13020238>
- Zhao, Y., Zhang, Y., Yan, Y., Wen, Y., & Zhang, D. (2024). Geographic distribution and impacts of climate change on the suitable habitats of two alpine *Rhododendron* in Southwest China. *Global Ecology and Conservation*, 54(September), e03176. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2024.e03176>

CAPÍTULO VII. ANEXOS

Tabla 5

Puntos de presencia del género Juglans

N°	Long.	Lat.	Género	Especie	Provincia	Distrito
1	-78.92	-6.99	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cajamarca	Cajamarca
2	-78.93	-6.48	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cajamarca	Cajamarca
3	-78.90	-7.38	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cajamarca	Cajamarca
4	-78.48	-7.15	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cajamarca	Baños del Inca
5	-78.51	-7.16	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cajamarca	Cajamarca
6	-78.51	-7.16	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cajamarca	Cajamarca
7	-78.51	-7.16	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cajamarca	Cajamarca
8	-78.50	-7.16	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cajamarca	Cajamarca
9	-78.52	-7.14	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cajamarca	Cajamarca
10	-78.53	-7.14	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cajamarca	Cajamarca
11	-78.53	-7.14	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cajamarca	Cajamarca
12	-78.52	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cajamarca	Cajamarca
13	-78.52	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cajamarca	Cajamarca
14	-78.52	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cajamarca	Cajamarca
15	-78.52	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cajamarca	Cajamarca
16	-78.52	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cajamarca	Cajamarca
17	-78.53	-7.12	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cajamarca	Cajamarca
18	-78.53	-7.12	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cajamarca	Cajamarca
19	-78.56	-7.10	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cajamarca	Cajamarca
20	-78.55	-7.10	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cajamarca	Cajamarca
21	-78.55	-7.10	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cajamarca	Cajamarca
22	-78.55	-7.10	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cajamarca	Cajamarca
23	-78.55	-7.10	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cajamarca	Cajamarca
24	-78.54	-7.11	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cajamarca	Cajamarca
25	-78.54	-7.11	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cajamarca	Cajamarca

26	-78.50	-7.17	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Cajamarca	Cajamarca
27	-78.85	-7.01	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	San Miguel
28	-78.85	-7.01	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	San Miguel
29	-78.85	-7.01	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	San Miguel
30	-78.85	-7.00	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	San Miguel
31	-78.85	-7.00	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	San Miguel
32	-78.85	-7.00	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	San Miguel
33	-78.85	-7.00	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	San Miguel
34	-78.85	-7.00	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	San Miguel
35	-78.84	-7.00	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	San Miguel
36	-78.81	-6.98	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	Llapa
37	-78.81	-6.98	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	Llapa
38	-78.81	-6.98	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	Llapa
39	-78.81	-6.98	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	Llapa
40	-78.81	-6.98	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	Llapa
41	-78.81	-6.98	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	Llapa
42	-78.81	-6.98	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	Llapa
43	-78.81	-6.98	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	Llapa
44	-78.81	-6.98	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	Llapa
45	-78.81	-6.98	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	Llapa
46	-78.81	-6.98	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	Llapa
47	-78.80	-6.98	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	Llapa
48	-78.80	-6.98	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	Llapa
49	-78.80	-6.98	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	Llapa
50	-78.80	-6.98	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	Llapa
51	-78.80	-6.98	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	Llapa
52	-78.80	-6.98	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	Llapa
53	-78.80	-6.98	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	Llapa
54	-78.80	-6.98	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	Llapa
55	-78.80	-6.98	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	Llapa

56	-78.80	-6.98	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	Llapa
57	-78.81	-6.98	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	Llapa
58	-79.13	-6.90	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	San Miguel
59	-79.13	-6.90	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	San Miguel
60	-79.13	-6.90	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	San Miguel
61	-79.13	-6.90	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	San Miguel
62	-79.12	-6.90	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	San Miguel
63	-79.12	-6.90	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	San Miguel
64	-79.12	-6.89	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	San Miguel
65	-79.12	-6.90	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	San Miguel
66	-79.12	-6.89	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	San Miguel
67	-79.12	-6.89	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	San Miguel
68	-79.12	-6.89	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	San Miguel
69	-79.11	-6.89	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	San Miguel
70	-79.11	-6.88	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	San Miguel
71	-79.11	-6.88	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	San Miguel
72	-79.11	-6.88	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San Miguel	San Miguel
73	-78.59	-5.36	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Jaén	Santa Rosa
74	-78.68	-6.55	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Chota	Chota
75	-78.68	-6.55	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Chota	Chota
76	-78.68	-6.55	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Chota	Chota
77	-78.69	-6.54	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Chota	Chota
78	-78.69	-6.54	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Chota	Chota
79	-78.69	-6.54	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Chota	Chota
80	-78.69	-6.55	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Chota	Chota
81	-78.68	-6.55	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Chota	Chota
82	-78.67	-6.55	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Chota	Chota
83	-78.66	-6.57	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Chota	Chota
84	-78.65	-6.57	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Chota	Chota
85	-78.64	-6.57	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Chota	Chota

86	-78.64	-6.57	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
87	-78.64	-6.57	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
88	-78.64	-6.58	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
89	-78.62	-6.58	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
90	-78.62	-6.58	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
91	-78.62	-6.58	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
92	-78.63	-6.59	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
93	-78.63	-6.59	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
94	-78.63	-6.59	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
95	-78.63	-6.59	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
96	-78.63	-6.59	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
97	-78.63	-6.59	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
98	-78.63	-6.59	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
99	-78.63	-6.59	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
100	-78.64	-6.59	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
101	-78.64	-6.58	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
102	-78.65	-6.57	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
103	-78.65	-6.57	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
104	-78.87	-6.45	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Cochabamba
105	-78.87	-6.45	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Cochabamba
106	-78.87	-6.46	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Cochabamba
107	-78.88	-6.46	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Cochabamba
108	-78.87	-6.46	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Cochabamba
109	-78.80	-6.52	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Cochabamba
110	-78.87	-6.47	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Cochabamba
111	-78.88	-6.48	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Cochabamba
112	-78.88	-6.48	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Cochabamba
113	-78.88	-6.48	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Cochabamba
114	-78.87	-6.48	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Cochabamba
115	-78.87	-6.48	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Cochabamba

116	-78.76	-6.55	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Chota	Lajas
117	-78.71	-6.55	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Chota	Lajas
118	-78.71	-6.54	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Chota	Lajas
119	-78.70	-6.54	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Chota	Lajas
120	-78.81	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San pablo	San pablo
121	-78.81	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San pablo	San pablo
122	-78.81	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San pablo	San pablo
123	-78.81	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San pablo	San pablo
124	-78.81	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San pablo	San pablo
125	-78.81	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San pablo	San pablo
126	-78.81	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San pablo	San pablo
127	-78.81	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San pablo	San pablo
128	-78.81	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San pablo	San pablo
129	-78.81	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San pablo	San pablo
130	-78.81	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San pablo	San pablo
131	-78.81	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San pablo	San pablo
132	-78.81	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San pablo	San pablo
133	-78.81	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San pablo	San pablo
134	-78.81	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San pablo	San pablo
135	-78.81	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San pablo	San pablo
136	-78.81	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San pablo	San pablo
137	-78.81	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San pablo	San pablo
138	-78.81	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San pablo	San pablo
139	-78.81	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San pablo	San pablo
140	-78.81	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San pablo	San pablo
141	-78.81	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San pablo	San pablo
142	-78.81	-7.13	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San pablo	San pablo
143	-78.81	-7.12	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San pablo	San pablo
144	-78.81	-7.12	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San pablo	San pablo
145	-78.81	-7.12	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	San pablo	San pablo

146	-78.81	-7.12	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San pablo	San pablo
147	-78.81	-7.12	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San pablo	San pablo
148	-78.81	-7.12	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San pablo	San pablo
149	-78.81	-7.12	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San pablo	San pablo
150	-78.81	-7.12	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San pablo	San pablo
151	-78.81	-7.12	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San pablo	San pablo
152	-78.81	-7.12	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San pablo	San pablo
153	-78.81	-7.12	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San pablo	San pablo
154	-78.81	-7.12	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San pablo	San pablo
155	-78.81	-7.12	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San pablo	San pablo
156	-78.81	-7.12	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San pablo	San pablo
157	-78.81	-7.12	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San pablo	San pablo
158	-78.81	-7.12	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San pablo	San pablo
159	-78.82	-7.12	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San pablo	San pablo
160	-78.82	-7.12	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San pablo	San pablo
161	-78.82	-7.12	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San pablo	San pablo
162	-78.82	-7.12	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San pablo	San pablo
163	-78.82	-7.11	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San pablo	San pablo
164	-78.82	-7.11	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San pablo	San pablo
165	-78.81	-7.37	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Contumazá	Contumazá
166	-78.81	-7.37	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Contumazá	Contumazá
167	-78.81	-7.37	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Contumazá	Contumazá
168	-78.81	-7.37	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Contumazá	Contumazá
169	-78.79	-7.36	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Contumazá	Contumazá
170	-78.18	-7.32	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San Marcos	San Marcos
171	-78.17	-7.32	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San Marcos	San Marcos
172	-78.17	-7.33	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San Marcos	San Marcos
173	-78.17	-7.33	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San Marcos	San Marcos
174	-78.17	-7.33	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San Marcos	San Marcos
175	-78.18	-7.34	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San Marcos	San Marcos

176	-78.18	-7.34	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San Marcos	San Marcos
177	-78.18	-7.34	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San Marcos	San Marcos
178	-78.17	-7.34	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San Marcos	San Marcos
179	-78.18	-7.33	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San Marcos	San Marcos
180	-78.17	-7.33	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	San Marcos	San Marcos
181	-78.88	-6.41	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
182	-78.88	-6.41	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
183	-78.88	-6.41	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
184	-78.88	-6.41	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
185	-78.88	-6.41	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
186	-78.88	-6.41	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
187	-78.87	-6.42	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
188	-78.87	-6.39	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
189	-78.87	-6.39	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
190	-78.87	-6.40	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
191	-78.87	-6.39	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
192	-78.87	-6.39	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
193	-78.86	-6.40	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
194	-78.86	-6.40	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
195	-78.82	-6.39	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
196	-78.81	-6.37	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
197	-78.81	-6.37	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
198	-78.87	-6.43	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
199	-78.86	-6.41	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
200	-78.86	-6.40	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
201	-78.86	-6.40	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
202	-78.86	-6.40	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
203	-78.86	-6.40	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
204	-78.86	-6.41	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
205	-78.86	-6.41	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo

206	-78.87	-6.41	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
207	-78.87	-6.41	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
208	-78.87	-6.41	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
209	-78.87	-6.41	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
210	-78.87	-6.41	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
211	-78.87	-6.41	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
212	-78.87	-6.41	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
213	-78.87	-6.41	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
214	-78.87	-6.41	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
215	-78.87	-6.42	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
216	-78.87	-6.42	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
217	-78.87	-6.42	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
218	-78.87	-6.42	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
219	-78.87	-6.42	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
220	-78.87	-6.43	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
221	-78.87	-6.43	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
222	-78.87	-6.43	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
223	-78.87	-6.43	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
224	-78.87	-6.43	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
225	-78.87	-6.44	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
226	-78.87	-6.44	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
227	-78.87	-6.44	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
228	-78.87	-6.44	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
229	-78.88	-6.44	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
230	-78.87	-6.44	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
231	-78.87	-6.44	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
232	-78.87	-6.44	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Cutervo	Cutervo
233	-78.77	-6.55	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Santa Cruz	Chancaybaños
234	-78.78	-6.55	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Santa Cruz	Chancaybaños
235	-78.78	-6.55	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Santa Cruz	Chancaybaños

236	-78.79	-6.55	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Santa Cruz	Chancaybaños
237	-78.79	-6.56	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Santa Cruz	Chancaybaños
238	-78.82	-6.57	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Santa Cruz	Chancaybaños
239	-78.85	-6.57	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Santa Cruz	Chancaybaños
240	-78.86	-6.58	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Santa Cruz	Chancaybaños
241	-78.86	-6.58	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Santa Cruz	Chancaybaños
242	-78.87	-6.58	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Santa Cruz	Chancaybaños
243	-78.88	-6.57	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Santa Cruz	Chancaybaños
244	-78.88	-6.57	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Santa Cruz	Chancaybaños
245	-78.88	-6.57	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Santa Cruz	Chancaybaños
246	-78.88	-6.57	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Santa Cruz	Chancaybaños
247	-78.87	-6.57	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Santa Cruz	Chancaybaños
248	-78.86	-6.57	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Santa Cruz	Chancaybaños
249	-78.85	-6.57	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Santa Cruz	Chancaybaños
250	-78.54	-6.66	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
251	-78.54	-6.65	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
252	-78.55	-6.65	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
253	-78.55	-6.65	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
254	-78.55	-6.65	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
255	-78.55	-6.65	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
256	-78.55	-6.65	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
257	-78.56	-6.64	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
258	-78.56	-6.64	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
259	-78.57	-6.64	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
260	-78.52	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
261	-78.52	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
262	-78.52	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
263	-78.52	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
264	-78.52	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
265	-78.52	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca

266	-78.53	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
267	-78.53	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
268	-78.53	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
269	-78.53	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
270	-78.53	-6.66	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
271	-78.53	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
272	-78.53	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
273	-78.53	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
274	-78.53	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
275	-78.53	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
276	-78.53	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
277	-78.53	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
278	-78.53	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
279	-78.53	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
280	-78.53	-6.68	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
281	-78.53	-6.68	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
282	-78.53	-6.68	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
283	-78.53	-6.68	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
284	-78.54	-6.69	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
285	-78.54	-6.69	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
286	-78.53	-6.68	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
287	-78.53	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
288	-78.53	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
289	-78.53	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
290	-78.53	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
291	-78.53	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
292	-78.54	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
293	-78.54	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
294	-78.54	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca
295	-78.53	-6.66	Juglans	<i>Juglans neotropica</i>	Diels	Hualgayoc	Bambamarca

296	-78.54	-6.66	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Hualgayoc	Bambamarca
297	-78.54	-6.66	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Hualgayoc	Bambamarca
298	-78.54	-6.66	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Hualgayoc	Bambamarca
299	-78.54	-6.65	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Hualgayoc	Bambamarca
300	-78.53	-6.66	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Hualgayoc	Bambamarca
301	-78.52	-6.66	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Hualgayoc	Bambamarca
302	-78.52	-6.66	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Hualgayoc	Bambamarca
303	-78.52	-6.66	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Hualgayoc	Bambamarca
304	-78.52	-6.66	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Hualgayoc	Bambamarca
305	-78.52	-6.66	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Hualgayoc	Bambamarca
306	-78.52	-6.67	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Hualgayoc	Bambamarca
307	-78.59	-6.61	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
308	-78.62	-6.61	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
309	-78.63	-6.61	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
310	-78.62	-6.60	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
311	-78.61	-6.60	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
312	-78.62	-6.59	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
313	-78.62	-6.59	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
314	-78.61	-6.59	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
315	-78.60	-6.60	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
316	-78.64	-6.55	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota
317	-78.63	-6.54	Juglans	<i>Juglans neotropica</i> Diels	Chota	Chota

Tabla 6*Datos de estaciones meteorológicas por provincias de la región Cajamarca*

Estación meteorológica	Ubicación	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)	Altitud (msnm)	Lat.	Long.
Cajabamba	Cajabamba	22.56	1.47	2625	-7.62	-78.05
Augusto Weberbauer	Cajamarca	23.11	1.14	2673	-7.17	-78.49
Celendín	Celendín	21.02	1.65	2602	-6.85	-78.14
Chota	Chota	22.51	2.16	2468	-6.55	-78.65
Contumazá	Contumazá	21.29	0.86	2542	-7.37	-78.82
Cutervo	Cutervo	18.28	1.40	2668	-6.38	-78.81
Bambamarca	Hualgayoc	22.99	0.95	2495	-6.68	-78.52
Jaén	Jaén	33.13	1.01	618	-5.68	-78.77
San Ignacio	San Ignacio	27.69	1.49	1243	-5.15	-79.00
San Marcos	San Marcos	26.96	1.34	2287	-7.32	-78.17
San Miguel	San Miguel	20.00	1.25	2666	-6.99	-78.85
San Pablo	San Pablo	22.03	0.76	2325	-7.12	-78.83
Santa Cruz	Santa Cruz	24.78	1.09	2002	-6.62	-78.95

Figura 13

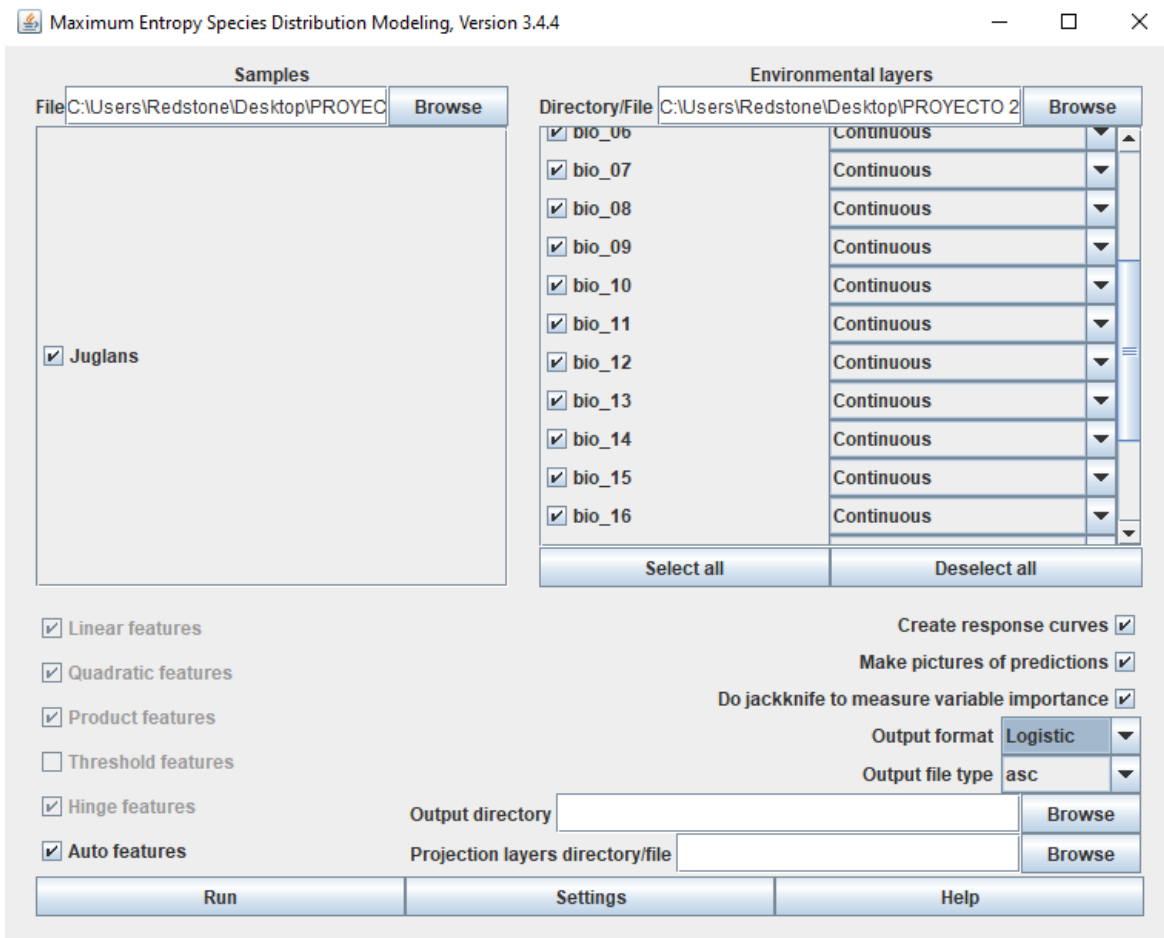
Interfaz del modelo MaxEnt

Figura 14

Mapa ejecutado en crudo

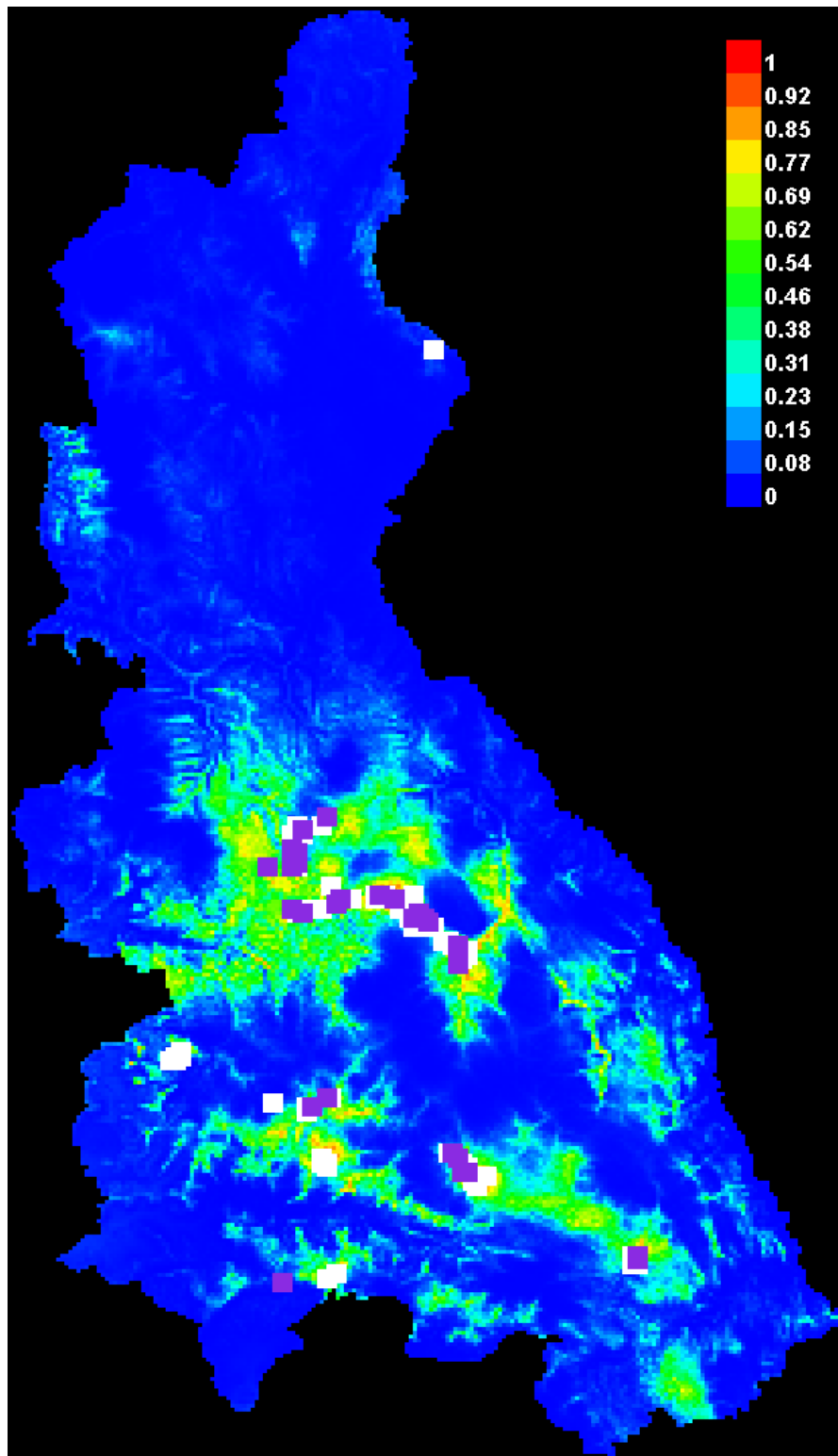


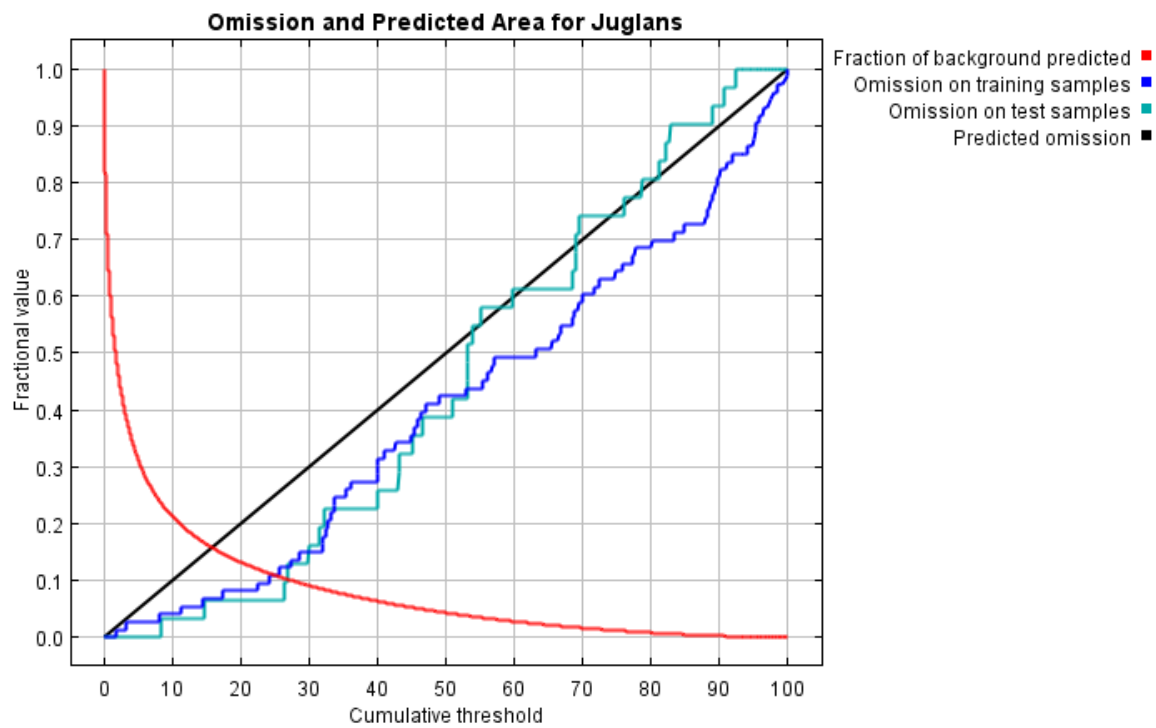
Figura 15*Análisis de Omisión/Comisión*

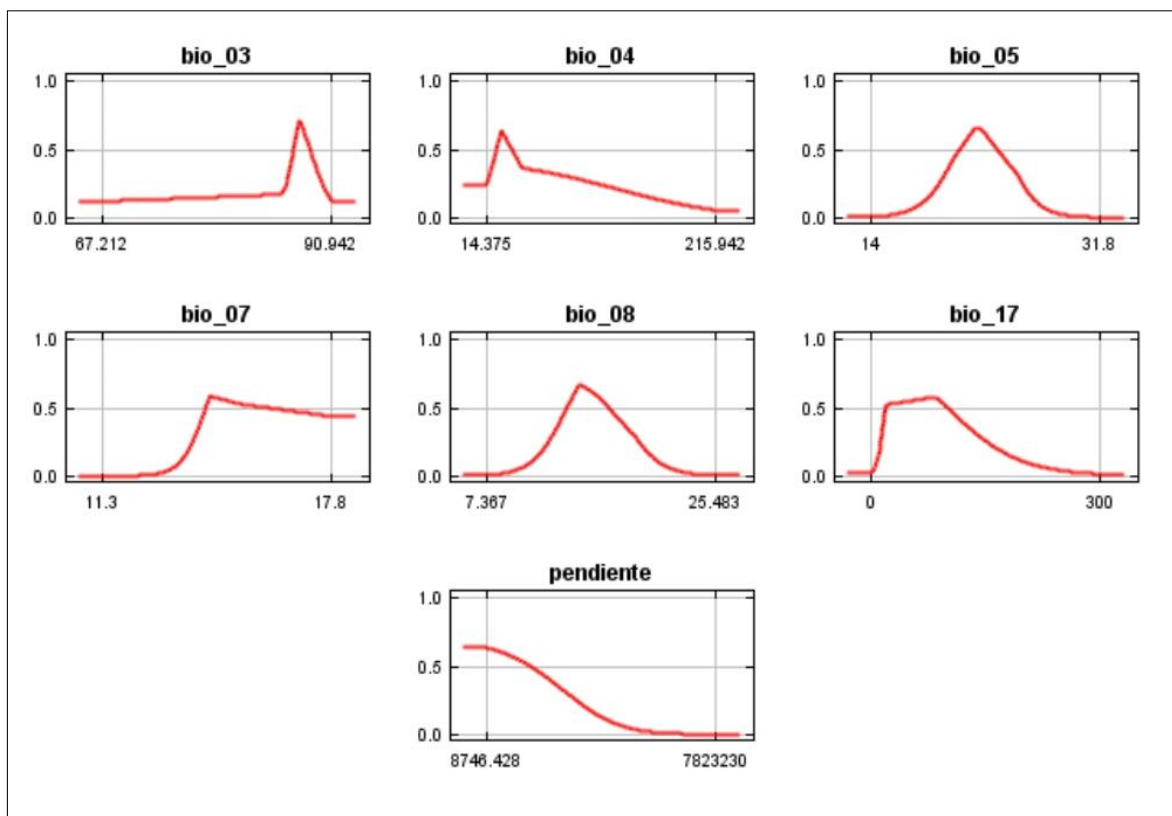
Figura 16*Curvas de respuesta de cada variable*

Figura 17

Registro de Juglans neotropica Diels mediante georreferenciación



Figura 18

Ejemplar de Juglans neotropica Diels identificado en su entorno natural dentro de la provincia de San Pablo



Figura 19

Individuo de Juglans neotropica Diels registrado en el distrito de Llapa, provincia de San Miguel

