

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**

**TESIS PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA FORESTAL**

**“MODELAMIENTO DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL
DE TRES ESPECIES FORESTALES COMO
HERRAMIENTA PARA RECUPERACIÓN DE ÁREAS
DEGRADADAS EN AMAZONAS”**

Autora: Bach. Rosy Octavila Torres Silva

Asesor: Mg. Dany Alexander Cotrina Sánchez

Registro: (.....)

CHACHAPOYAS - PERÚ

2023

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM



ANEXO 3-H

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM

1. Datos de autor 1

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): Torres Silva Rosy Octavila
DNI N°: 73585200
Correo electrónico: 7358520032@untrm.edu.pe
Facultad: Ingeniería y Ciencias Agrarias
Escuela Profesional: Ingeniería Forestal

Datos de autor 2

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): _____
DNI N°: _____
Correo electrónico: _____
Facultad: _____
Escuela Profesional: _____

2. Título de la tesis para obtener el Título Profesional

Modelamiento de la distribución espacial de tres especies forestales como herramienta para recuperación de áreas degradadas en Amazonas.

3. Datos de asesor 1

Apellidos y nombres: Cotrina Sánchez Dany Alexander
DNI, Pasaporte, C.E N°: 46449406
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) 0000-0003-0868-9511

Datos de asesor 2

Apellidos y nombres: _____
DNI, Pasaporte, C.E N°: _____
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) _____

4. Campo del conocimiento según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos- OCDE (ejemplo: Ciencias médicas, Ciencias de la Salud-Medicina básica-Immunología)

https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html

4.01-02. Forestal

5. Originalidad del Trabajo

Con la presentación de esta ficha, el(la) autor(a) o autores(as) señalan expresamente que la obra es original, ya que sus contenidos son producto de su directa contribución intelectual. Se reconoce también que todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal.

6. Autorización de publicación

El(los) titular(es) de los derechos de autor otorga a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), la autorización para la publicación del documento indicado en el punto 2, bajo la *Licencia creative commons* de tipo BY-NC: Licencia que permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial por lo que la Universidad deberá publicar la obra poniéndola en acceso libre en el repositorio institucional de la UNTRM y a su vez en el Registro Nacional de Trabajos de Investigación-RENATI, dejando constancia que el archivo digital que se está entregando, contiene la versión final del documento sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador.

Chachapoyas, 06 de diciembre, 2023

[Firma]
Firma del autor 1
[Firma]
Firma del Asesor 1

Firma del autor 2

Firma del Asesor 2

DEDICATORIA

A mi amado Dios, fuente de inspiración y guía en cada paso de mi vida. A mis queridos padres: Helmer Torres Regalado y Octavila Silva Vásquez, cuyos sacrificios y amor incondicional han sido mi motor. A mis queridos hermanos: José, Jhoan y Jimmy, por su apoyo constante y por compartir este viaje conmigo. Esta tesis es un tributo a todos ustedes, mi familia, mi fuerza y mi razón de ser. Con amor y gratitud eternos.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento a Dios por haberme guiado con sus bendiciones divinas en este camino hacia el éxito.

Quiero dedicar un espacio especial de gratitud a mis padres, cuyo amor, apoyo y sacrificio incondicionales han sido la base sólida de mi vida y mis logros. A ustedes, queridos padres, les debo todo lo que soy y lo que he logrado. También, quiero extender mi gratitud a mis queridos hermanos, compañeros de risas, desafíos y crecimiento.

Mi más profundo agradecimiento va dirigido a mi asesor, el Ingeniero Mg. Dany Alexander Cotrina Sánchez, por su incansable apoyo y asesoramiento científico en cada etapa de la investigación. Su orientación fue esencial para el logro de este trabajo.

Agradezco a los profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas por su dedicación y enseñanzas que me han permitido alcanzar este logro académico.

Esta tesis es el resultado de un esfuerzo colectivo, la guía divina, el apoyo inquebrantable de mi familia y la invaluable contribución de mis profesores. Estoy agradecido por cada uno de ustedes en este viaje académico y en mi vida.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Ph. D. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA
RECTOR

Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES
VICERRECTOR ACADÉMICO

Dra. MARÍA NELLY LUJÁN ESPINOZA
VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

Dr. ERICK ALDO AUQUIÑIVIN SILVA
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-L

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (x) / Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Modelamiento de la distribución espacial de tres especies forestales como herramienta para recuperación de áreas degradadas en Amazonas.; del egresado Rosy Octavila Torres Silva. de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Forestal de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 09 de octubre de 2023



Firma y nombre completo del Asesor

Dany Alexander Cotrina Sánchez

JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



Mg. Sc ELÍ PARIENTE MONDRAGÓN

PRESIDENTE



Ms. INGRID ARACELLI CASSANA HUAMÁN

SECRETARIO



Dr. SEGUNDO MANUEL OLIVA CRUZ

VOCAL

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



ANEXO 3-Q

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

Modelamiento de la distribución espacial de tres especies forestales como herramienta para recuperación de áreas degradadas en Amazonas,
presentada por el estudiante ()/egresado (X) Rosy Octavila Torres Silva
de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal
con correo electrónico institucional 7358520072@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- a) La citada Tesis tiene 17 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene _____ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.

Chachapoyas, 02 de noviembre del 2023


SECRETARIO


PRESIDENTE


VOCAL

OBSERVACIONES:

.....
.....

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-5

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 28 de noviembre del año 2023, siendo las 4:00 PM horas, el aspirante: Rosy Octavila Torres Silva, asesorado por Ing. Ms. Dany Alexander Cotrina Sanchez defiende en sesión pública presencial () a distancia () la Tesis titulada: Modelamiento de la distribución espacial de tres especies forestales como herramienta para recuperación de áreas degradadas en Amazonas, para obtener el Título Profesional de Ingeniera Forestal, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Ing. Mg. Sc. El Pariente Mondragón

Secretario: Ing. Ms. Ingrid Araceli Cassana Huamán

Vocal: D. Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz.

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

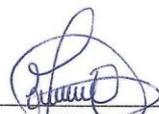
Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado () por Unanimidad () Mayoría () Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 5:09 PM horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.


SECRETARIO


VOCAL


PRESIDENTE

OBSERVACIONES:
.....

ÍNDICE GENERAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	v
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS	vi
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS.....	vii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....	viii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....	ix
ÍNDICE GENERAL.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
INDICÉ DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
I. INTRODUCCIÓN	16
II. MATERIAL Y MÉTODOS	20
2.1. Área de estudio	20
2.2. Materiales, equipos y software	21
2.3. Diseño metodológico.....	22
2.4. Obtención de datos de especies forestales	24
2.5. Descarga y procesamiento de información cartográfica.....	24
2.5.1.Descarga de cartografía y temática	24
2.5.2.Extracción de valores en las variables cartográficas	26
2.5.3.Correlación de variables	26
2.5.4.Ejecución de modelo.....	26
2.5.5. Identificación de áreas potenciales para recuperación	28
2.5.6. Visualización y elaboración de mapas	28
III. RESULTADOS	29
3.1. Identificación de especies forestales y áreas degradadas.....	29
3.1.1.Revisión de títulos habilitantes y plantaciones forestales	29
3.1.2. Identificación de áreas degradadas.....	34

3.2. Obtención de variables para el modelamiento.....	36
3.3. Modelamiento de tres especies forestales con potencial para recuperar áreas degradadas.	36
3.3.1.Obtención de datos de presencia.....	36
3.3.2.Distribución espacial de 3 especies forestales en el departamento de Amazonas.....	37
IV. DISCUSIÓN	53
V. CONCLUSIONES	56
VI. RECOMENDACIONES	57
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
ANEXOS.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales, equipos y softwares utilizados en la investigación	21
Tabla 2. Variables para el modelado	36
Tabla 3. Datos presencia de especies forestales	37
Tabla 4. Distribución potencial de <i>Alnus acuminata</i>	41
Tabla 5. Distribución potencial de <i>Caesalpinia spinosa</i>	46
Tabla 6. Distribución potencial de <i>Jacaranda copaia</i>	51
Tabla 7. Variables iniciales para el modelamiento.	65
Tabla 8. Volumen aprobado de especies maderables por provincia entre los años 2016 al 2021.	66
Tabla 9. Volumen de producción de <i>Caesalpinia spinosa</i> . en Chachapoyas.	66
Tabla 10. Volumen de <i>Gynerium sagittatum</i> , <i>Hevea guianensis</i> y <i>Hevea brasiliensis</i> en Bagua y Condorcanqui.....	66
Tabla 11. Registro de plantaciones por provincia del año 2016 al 2021.	67
Tabla 12. Registro de plantaciones de <i>Alnus acuminata</i> . por provincia.	67
Tabla 13. Registro de plantaciones de <i>Caesalpinia spinosa</i> . por provincia.	67
Tabla 14. Registro de plantaciones de <i>Jacaranda copaia</i> por provincia.....	68
Tabla 15. Lista de especies solicitadas para aprovechamiento mediante Títulos Habilitantes (2016 – 2021).	68
Tabla 16. Lista de principales especies inscritas mediante registro de plantaciones forestales.	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio.....	21
Figura 2. Metodología para el modelamiento de especies forestales.	23
Figura 3. Volumen de productos forestales maderables otorgado entre los años 2016 al 2021 en el departamento de Amazonas.	30
Figura 4. Autorización de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze.....	31
Figura 5. Autorización de <i>Hevea guianensis</i> Aubl, <i>Hevea brasiliensis</i> y <i>Gynerium sagittatum</i>	32
Figura 6. Registro de plantaciones por provincia del año 2016 al 2021.....	33
Figura 7. Registro de Plantaciones en el ámbito del departamento de Amazonas.	34
Figura 8. Superficie acumulada de degradación en Amazonas.	35
Figura 9. Mapa de áreas degradadas del año 2021	35
Figura 10. Distribución potencial de <i>Alnus acuminata</i> en el departamento de Amazonas	39
Figura 11. Área bajo la curva y contribución de variables de <i>Alnus acuminata</i>	40
Figura 12. Área degradada debido a la extracción de materiales agregados para la construcción (a). Sistema silvopastoril de <i>Alnus acuminata</i> .(b y c). Árboles de Aliso en el ámbito del distrito de Molinopampa. (d).	42
Figura 13. Distribución potencial de <i>Caesalpinia spinosa</i> en el departamento de Amazonas.....	44
Figura 14. Área bajo la curva y contribución de variables de <i>Caesalpinia spinosa</i>	45
Figura 15. Árboles de <i>Caesalpinia spinosa</i> en el distrito de Sonche (a). Área degradada por materiales agregados para la construcción (b). Área degradada por tumba y quema (c). Tara en sistema agroforestal (d y e).	47
Figura 16. Distribución potencial de <i>Jacaranda copaia</i> en el departamento de Amazonas.	49
Figura 17. Área bajo la curva y contribución de variables de <i>Jacaranda copaia</i>	50
Figura 18. Árboles de <i>Jacaranda copaia</i> en Nuevo Chota del centro poblado Chiriaco del distrito de Imaza, provincia de Bagua de aproximadamente 4 años de edad (a).Tala de arboles para establecer cultivos (b) Tumba, roza y quema para establecer cultivos (c). 52	

RESUMEN

A lo largo del tiempo, actividades humanas como la tala ilegal, la expansión agrícola, la ganadería extensiva y los incendios forestales han degradado los ecosistemas y terrenos forestales. Este estudio tiene como objetivo realizar un modelamiento de la distribución espacial de tres especies forestales como herramienta para la recuperación de áreas degradadas en Amazonas. Se revisaron planes de manejo forestal y registros de plantaciones forestales otorgados la Autoridad Regional Forestal y de Fauna Silvestre en Amazonas. Se usaron datos de presencia de dos especies maderables (*Jacaranda copaia* y *Alnus acuminata*) y una no maderable (*Caesalpinia spinosa*) para crear modelos de distribución con 15 variables cartográficas relacionadas con aspectos bioclimáticos (6), edáficos (6), topográficos (2) y 1 variable ecológica, usando un enfoque de Máxima Entropía (MaxEnt) y posterior superposición a las áreas degradadas. Los resultados muestran que estas especies se distribuyen potencialmente, cubriendo aproximadamente el 19.45% de la superficie total de Amazonas. *C. spinosa* se distribuye en las provincias de Chachapoyas y Luya (3,962.74 ha), *A. acuminata* además incluye Bongará y Rodríguez de Mendoza (71,891.78 ha), y *J. copaia* se concentra en Condorcanqui y Bagua (25,088.72 ha). Además, estas especies tienen una alta probabilidad de recuperar superficies degradadas en 31,520 ha aproximadamente. Este estudio sirve como base para propuestas de recuperación de espacios degradados mediante una planificación y gestión adecuada del territorio.

Palabras claves: Modelamiento, degradación, forestal, SDM

ABSTRACT

Over time, human activities such as illegal logging, agricultural expansion, extensive livestock farming, and forest fires have degraded forest ecosystems and lands. This study aims to model the spatial distribution of three forest species as a tool for the recovery of degraded areas in the Amazon. Forest management plans and records of forest plantations granted by the Regional Forestry and Wildlife Authority in Amazonas were reviewed. Presence data of two timber species (*Jacaranda copaia* and *Alnus acuminata*) and one non-timber species (*Caesalpinia spinosa*) were used to create distribution models with 15 cartographic variables related to bioclimatic (6), edaphic (6), topographic (2) aspects, and 1 ecological variable, using a Maximum Entropy (MaxEnt) approach and subsequent superposition to the degraded areas. The results show that these species are potentially distributed, covering approximately 19.45% of the total surface of Amazonas. *C. spinosa* is distributed in the provinces of Chachapoyas and Luya (3,962.74 ha), *A. acuminata* also includes Bongará and Rodríguez de Mendoza (71,891.78 ha), and *J. copaia* is concentrated in Condorcanqui and Bagua (25,088.72 ha). Furthermore, these species have a high probability of recovering degraded surfaces in approximately 31,520 ha. This study serves as a basis for proposals for the recovery of degraded spaces through adequate planning and management of the territory.

Keywords: Modeling, degradation, forestry, SDM.

I. INTRODUCCIÓN

La degradación ambiental es un problema cada vez más grave que afecta al mundo en su conjunto. El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) afirma que las emisiones de gases de efecto invernadero son responsables del cambio climático y sus efectos negativos, como la acidificación de los océanos, el aumento del nivel del mar, y los patrones climáticos cambiantes (The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2018). Este problema afecta tanto a los países desarrollados como a los países en desarrollo y requiere una colaboración global para abordarlo. Es un desafío que debe abordarse a través de un esfuerzo conjunto y coordinado a nivel mundial (Moran, 2017).

En el caso específico del Perú, la degradación ambiental se ha convertido en una de las principales preocupaciones del país debido a su impacto en la biodiversidad, la salud pública y el desarrollo económico; la actividad humana el principal impulsor de los cambios en la cubierta vegetal lo que afecta el equilibrio natural de los ecosistemas y los recursos naturales (González et al., 2021) algunos de los principales factores que contribuyen a la degradación ambiental son la deforestación, la minería ilegal, la contaminación del agua y el suelo, y la sobreexplotación de recursos naturales (Ministerio del ambiente [MINAM], 2016). El 60% del Perú es bosque, 73.3 millones de hectáreas, ubicadas en la costa, sierra y selva; pues entre 2011 y 2013 se perdieron 17,037 hectáreas de bosque por deforestación, el 90% de las cuales fueron provocadas por incendios forestales para abrir pequeñas fincas de 5 a 30 hectáreas (MINAM, 2022b)

La región de Amazonas también se ve afectada por la degradación, especialmente debido a la deforestación causada por la expansión agrícola y la ganadería extensiva. Según un estudio de la Universidad Nacional Agraria La Molina, la tasa de deforestación en la región de Amazonas ha aumentado en las últimas décadas, lo que ha llevado a la pérdida de biodiversidad y la degradación del suelo (Flores et al., 2019). Se perdieron un total de 109,955 hectáreas de bosque entre 2001 y 2021, con 4,330 hectáreas perdidas solo en 2021 (GEOBOSQUES, 2022).

La siembra de especies nativas, la agrosilvicultura, pastoreo, combinación de siembra y regeneración natural, fomento de la regeneración natural, entre otros son estrategias de recuperación que pueden reducir la pobreza, aumentar la seguridad alimentaria, controlar los efectos del cambio climático y proteger el medio ambiente (Rojas et al., 2020). La restauración ecológica es un proceso que tiene como objetivo revertir las tendencias de

deforestación y otras perturbaciones mediante la restauración de ecosistemas (Ríos, 2011). Para ello la selección de áreas para restaurar depende de una serie de factores naturales y sociales que varían de un lugar a otro dentro del mismo ecosistema (Ríos, 2011). Es por eso que la restauración de ecosistemas puede mejorar la biodiversidad, aumentar la capacidad de captura de carbono y reducir la erosión del suelo (Tanner et al., 2014), también puede generar empleo y mejorar la calidad de vida de las comunidades locales (Iii et al., 2009).

El modelo de distribución de especies (SDM) es una herramienta prometedora en la planificación y manejo forestal basada en protocolos estadísticos y de mapeo que combinan observaciones de presencia y/o ausencia de especies con variables ambientales (ya sean variables topográficas, bioclimáticas y edáficas) para inferir la posible distribución de la especie (Mateo et al., 2011). Son ampliamente utilizada para inferir la distribución actual de las especies, especialmente cuando es difícil obtener datos adecuados para el muestreo directo. Además, pueden usarse para monitorear tendencias a largo plazo e identificar áreas de alto valor de conservación (Leal-Nares et al., 2012). Estos modelos son importantes en ecología, conservación y manejo de los recursos naturales, ya que permiten determinar las áreas más adecuadas para la presencia de especies y planificar medidas de conservación y restauración (Chazdon, 2019).

A nivel global, la aplicación de SDM en el sector forestal permitió conocer que estos modelos pueden utilizarse para identificar áreas potenciales para la restauración de bosques y la conservación de especies amenazadas (García-Martín et al., 2019). Asimismo, los SDM se han aplicado en estudios sobre la distribución de especies invasoras, como en el caso del *Pinus radiata* en Chile, donde se utilizó un modelo de máxima entropía para predecir su distribución potencial y diseñar medidas de control y erradicación (Bustamante-Sánchez et al., 2016); mientras que en España se han desarrollado modelos de distribución de especies para la evaluación del potencial de restauración forestal en la región de Murcia (Molina-Martínez et al., 2017).

En Perú, se han realizado estudios previos que aplican los SDM al sector forestal. Por ejemplo, un estudio de (Flores et al., 2019) evaluó la distribución potencial de especies arbóreas en la Reserva Nacional Pacaya Samiria utilizando SDM, y encontró que las especies con mayor idoneidad para la restauración de bosques en la zona con *Cecropia membranacea* y *Ceiba pentandra*. De igual manera, un estudio de (León-Velarde et al.,

2018) utilizó SDM para predecir la distribución potencial de especies de árboles maderables en la región de San Martín, encontrando que la especie *Cedrela odorata* presenta una alta probabilidad de ocurrencia en la zona. Estos estudios demuestran la importancia de los SDM en la planificación y gestión del sector forestal en Perú, permitiendo identificar áreas con mayor idoneidad para la restauración y conservación de bosques, así como la selección de especies adecuadas para la reforestación (Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre [OSINFOR], 2021).

En comparación con otras técnicas de muestreo, los modelos de distribución de especies (SDM) ofrecen la ventaja de ser más económicos y rápidos (Mateo et al., 2011). Esto se debe a que permiten hacer predicciones a gran escala y proporcionan información valiosa sobre la variabilidad espacial de las especies, integrando datos espaciales y temporales (Anderson et al., 2019). Sin embargo, es importante tener en cuenta que los SDM no son infalibles y pueden presentar limitaciones debido a la falta de datos precisos o la imprecisión de las variables ambientales utilizadas en el modelo (Sánchez-Cordero et al., 2019). A pesar de estas limitaciones, siguen siendo una herramienta importante para la gestión y conservación de los recursos naturales, ya que permiten identificar áreas críticas para la conservación de las especies y predecir cómo los cambios ambientales pueden afectar a sus poblaciones (Elith et al., 2006).

Las especies *Alnus acuminata*, *Caesalpinia spinosa* y *Jacaranda copaia*, son de gran importancia a nivel nacional debido a sus múltiples usos y beneficios. La primera especie es utilizada en la recuperación de áreas degradadas debido a su capacidad para fijar nitrógeno en el suelo y mejorar la calidad de este, y crear condiciones para la recuperación de la vegetación nativa (Acevedo, 2011). La segunda especie, *Caesalpinia spinosa*, es utilizada en la producción de goma de tara, un producto de alta calidad, de alto valor económico y posee una gran demanda en las industrias alimentaria, farmacéutica y textil (Nicolas Dostert et al., 2009) y puede crecer en suelos no tan livianos, pedregosos y degradados (De la Torre L., 2018). Por último, *Jacaranda copaia* es una especie utilizada en la producción de madera de alta calidad y es apreciada por su belleza, es utilizada en la fabricación de muebles finos, objetos decorativos y utensilios de cocina (Maués et al., 2008). Esta especie es abundante por ser pionera y de rápido crecimiento, se adapta a múltiples condiciones ambientales, tiene facilidad para regenerarse, y crecen en suelos pobres (Caicedo, 2021)

Los modelos de distribución de especies (SDMs) puede ser considerados de gran utilidad para la conservación y manejo de estas especies, ya que permiten predecir su distribución espacial en diferentes escenarios y evaluar su potencial uso en la recuperación de áreas degradadas (Gil, 2017). Además, pueden utilizarse para identificar áreas prioritarias para la conservación de estas especies y para evaluar el impacto de cambios climáticos en su distribución (Uribe, 2015). En conjunto, los SDMs pueden ser una herramienta valiosa para el diseño de estrategias de conservación y manejo de estas especies, contribuyendo así a la conservación de la biodiversidad y al desarrollo sostenible (Townsend Peterson et al., 2007).

En esta investigación el objetivo general fue realizar el modelamiento de la distribución espacial de tres especies forestales como herramienta para la recuperación de áreas degradadas en Amazonas, considerando tres objetivos específicos: (i) identificar y caracterizar a las tres especies forestales entre maderables y no maderables con potencial para recuperar áreas degradadas, (ii) determinar las variables bioclimáticas, edáficas y topográficas para el modelamiento de la distribución espacial y finalmente (iii) modelar la distribución espacial de las tres especies forestales con potencial para recuperar áreas degradadas en el departamento de Amazonas.

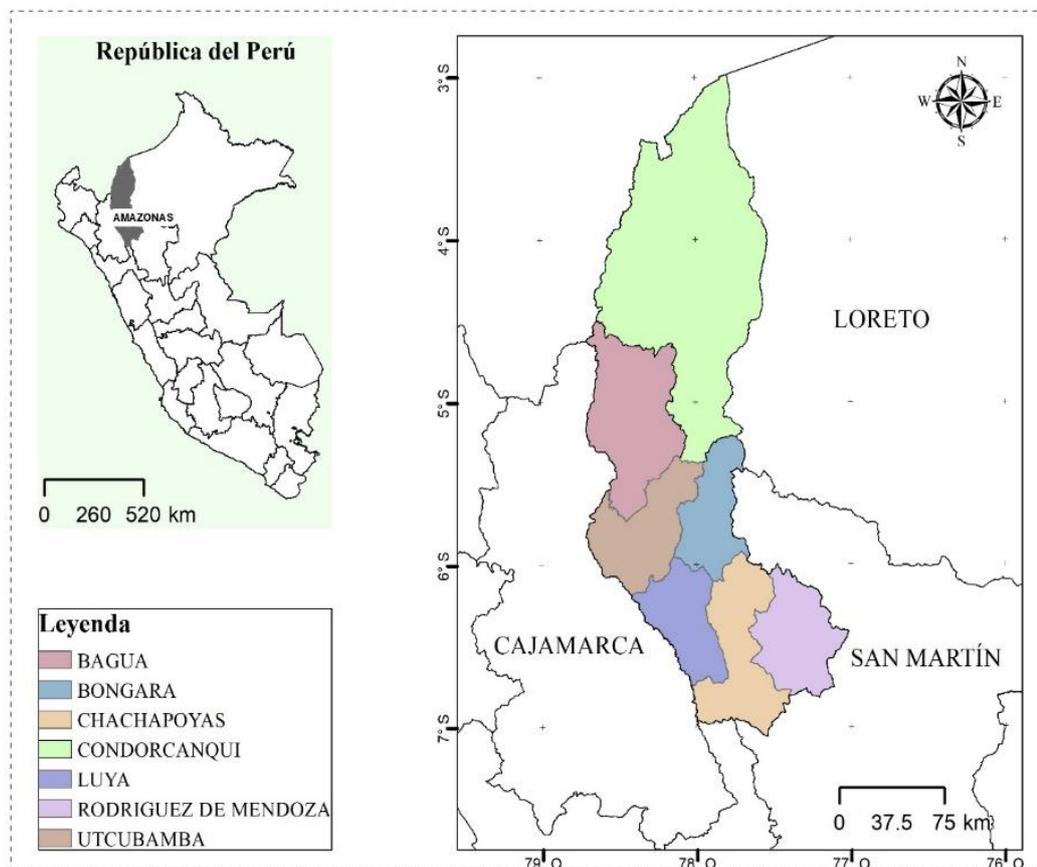
II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

La región Amazonas (Figura 1) está situado en la parte nororiental del Perú, presenta bosques interandinos, bosque montano nublado y bosque premontano (MINAM, 2014). Limita con el departamento de la Libertad al sur, Ecuador al norte, Cajamarca al oeste, Loreto al este y San Martín al sureste; Amazonas tiene 7 provincias: Chachapoyas, Bongará, Bagua, Condorcanqui, Utcubamba, Rodríguez de Mendoza, Luya (Oficina de Gestión de la Información y estadística, 2019). El clima es variado que va desde 40 °C hasta 2 °C entre el norte y sur respectivamente, siendo el promedio de temperatura de 25 °C (Portal iPerú, 2022). Los suelos y gradiente altitudinal son un reflejo de la estructura geológica, de su diversidad climática, la vegetación, el relieve, y la intervención antrópica (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2009).

Figura 1

Área de estudio.



2.2. Materiales, equipos y software

Se utilizó cartografía gratuita emitida por las autoridades peruanas garantizando una fuente confiable de la información antes mencionada; Nuevamente, la disponibilidad absoluta y el fácil acceso a la información espacial de los geoservidores globales hacen que este estudio sea reproducible. También se prefirió para el modelado el uso de software libre ampliamente reconocido en estudios relacionados con la distribución de flora y la fauna a nivel regional y global.

Tabla 1

Materiales, equipos y softwares utilizados en la investigación

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
Data cartográfica y satelital	<ul style="list-style-type: none">- Límites administrativos a nivel departamental, provincial y distrital elaborada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).- Carta Nacional del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1:100 000 (hidrografía), en formato digital.- Modelo de Elevación Digital del Terreno (DEM) elaborado con imágenes de 90 metros de resolución espacial, del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).- Datos presencia de especies forestales a través de la Dirección Ejecutiva de Gestión de Bosques y Fauna Silvestre – DEGBFS del Gobierno Regional Amazonas.- Variables bioclimáticas desde WorldClim 2.1.- Cartografía edáfica (intercambio catiónico, carbono orgánico, pH) obtenido desde SoilGrids.- Superficie de áreas degradadas desde el Geoservidor del del Ministerio del Ambiente (MINAM).
Softwares	<ul style="list-style-type: none">- ArcGIS (ver. 10.4.1)- QGIS (ver. 3.12.3)- MaxEnt (ver. 3.4.1)- Microsoft Office 2016
Equipos adicionales	<ul style="list-style-type: none">- Laptop- GPS navegador

2.3. Diseño metodológico

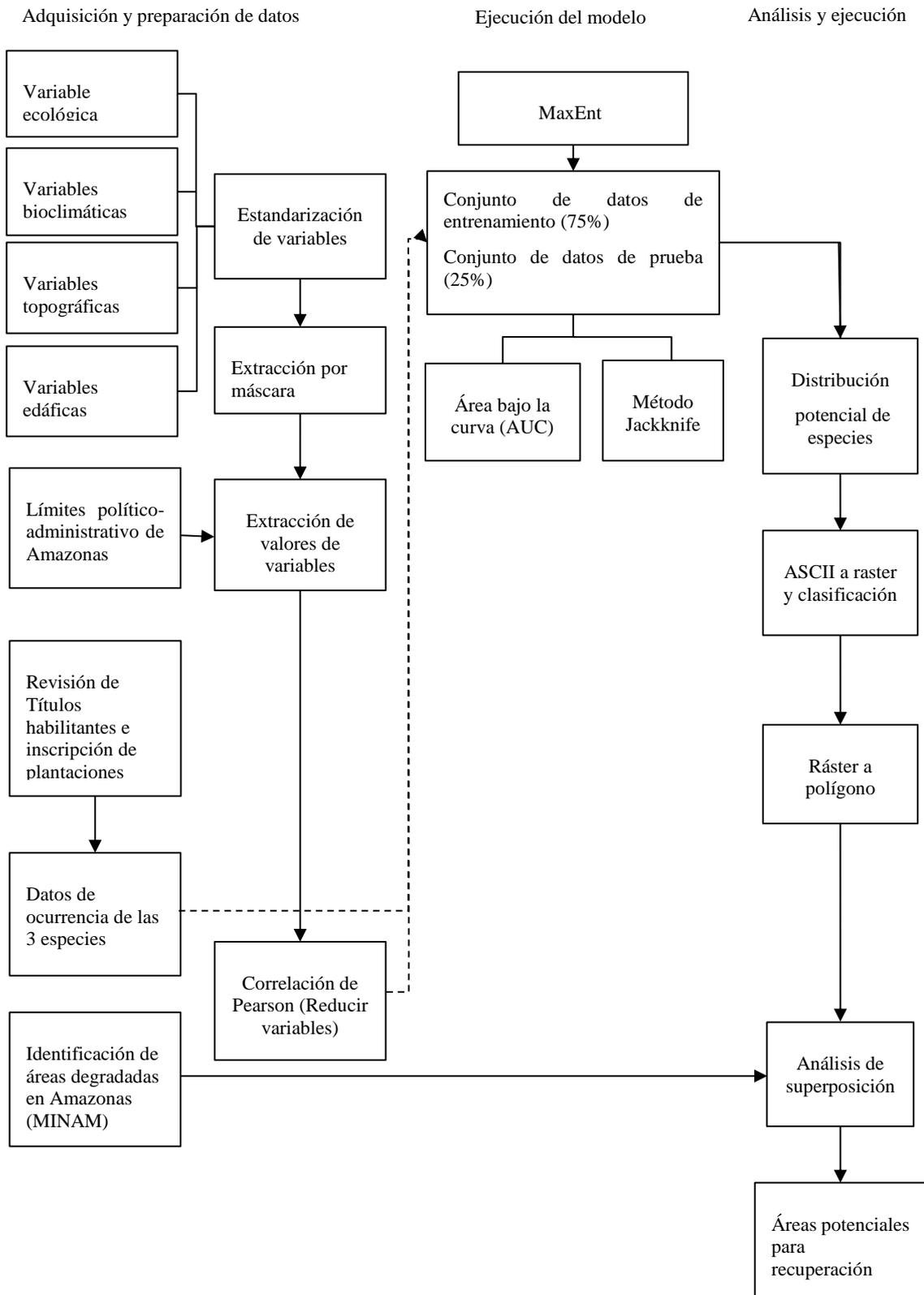
En el presente estudio no se realizó ninguna manipulación de variables y los datos sobre la presencia de las especies se recopilaron en un solo punto en el tiempo, adoptando un enfoque descriptivo y correlacional entre variables.

Se considerará metodologías previamente establecidas y validadas como base para esta investigación, se seguirá los lineamientos establecidos por (OSINFOR, 2013) y (Hengl et al., 2017), así como se expresa en la Figura 2. La investigación inició con la revisión de Títulos Habilitantes (TH) y planes de manejo para aprovechamiento forestal otorgados en el departamento de Amazonas, con el propósito de identificar mediante revisión bibliográfica de las tres especies forestales con potencial para recuperar áreas degradadas. A partir de ello, se obtuvo datos georreferenciados de presencia de las especies en estudio. Posteriormente, se procedió a recopilar y estandarizar la cartografía relacionada con las variables bioclimáticas, topográficas edáficas y ecológica, obtenidas desde geoservidores de libre acceso. Estas variables se analizaron en términos de correlación y se agruparon en función de su relevancia para el proceso de modelado.

El proceso de modelado se llevó a cabo utilizando el software MaxEnt, que es ampliamente reconocido en la creación de modelos de distribución de especies. Este programa utiliza información limitada sobre la presencia de especies para predecir áreas con potencial para su distribución y establecimiento (Phillips & Dudi, 2008). En la etapa final, se superpusieron las áreas potenciales identificadas con las áreas degradadas previamente delimitadas por el MINAM. (MINAM, 2021) El propósito de esta superposición fue determinar las áreas adecuadas para la restauración utilizando las especies de estudio.

Figura 2

Metodología para el modelamiento de especies forestales.



2.4. Obtención de datos de especies forestales

La totalidad de esta base de datos aún no está disponible públicamente, por lo tanto, se obtuvo mediante una solicitud y coordinación directa con la Dirección Ejecutiva de Gestión de Bosques y Fauna Silvestre (DEGBFS) de la Autoridad Regional Ambiental (ARA) del Gobierno Regional de Amazonas como parte del proceso de otorgamiento de permisos y autorizaciones para el aprovechamiento de productos forestales maderables y no maderables, además del registro de inscripción de plantaciones forestales. Se consolidó una base de datos que incluyó la priorización de 3 especies forestales nativas, con un total de 138 registros georeferenciados (coordenadas geográficas) distribuidos en el ámbito del departamento de Amazonas. Estas especies son de gran importancia a nivel nacional debido a sus múltiples usos y beneficios, a la vez son utilizadas en la recuperación de áreas degradadas por suelos contaminados por hidrocarburos, suelos con bajos niveles de materia orgánica y con predominancia de crecimiento en ecosistemas desde selva baja y andino (Bereche & Casas, 2017; Wagner & Castillo, 2018). Las especies evaluadas fueron: *Alnus acuminata*, *Caesalpinia spinosa* y *Jacaranda copaia*.

Los datos de presencia de las especies forestales se sistematizaron en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, teniendo en cuenta las coordenadas de latitud y longitud. Los datos se extrajeron en un formato CSV que utiliza comas como delimitadores (.csv) con el propósito de ser empleados en el software MaxEnt (máxima entropía) (Phillips et al., 2006) para determinar la posible distribución de la especie. Las coordenadas UTM registradas en los planes de manejo se transformaron en proyección geográfica (latitud y longitud) mediante el uso de QGIS versión 3.12 "Bucarest", que es un software de Sistema de Información Geográfica de código abierto.

2.5. Descarga y procesamiento de información cartográfica

2.5.1. Descarga de cartografía y temática

Se recopiló información cartográfica que abarca los límites político-administrativos a nivel de distrito, provincia y departamento. Esta información se obtuvo a través de la plataforma de Infraestructura de Datos Geoespaciales Fundamentales del

Instituto Geográfico Nacional (IGN) (<https://www.idep.gob.pe>), que es la entidad encargada de supervisar los datos cartográficos en el país.

A continuación, el acondicionamiento de variables cartográficas se realizó a partir de la selección de un total de 37 variables ambientales (Tabla 7), que incluyen 22 variables bioclimáticas, 4 topográficas, 10 edáficas y 1 ecológica.

Las capas de información relacionadas con datos bioclimáticos actuales y radiación solar se obtuvieron de la base de datos global de sistemas de información geográfica (SIG) climáticos llamada WorldClim (<http://worldclim.org/version2>). Esta versión de WorldClim ofrece datos climáticos mensuales interpolados espacialmente para áreas terrestres en todo el mundo, con una resolución espacial extremadamente alta de aproximadamente 1 kilómetro. Estos datos abarcan un período de tiempo que va desde 1970 hasta 2000 y se derivan de la combinación de información recopilada en más de 9,000 estaciones meteorológicas y 60,000 variables satelitales (Fick, 2017).

La obtención de variables topográficas se derivó de un Modelo de Elevación Digital del Terreno con una resolución espacial de 90 metros. Este modelo se obtuvo a través del portal web del Servicio Geológico de los Estados Unidos (<http://srtm.usgs.gov>).

En cuanto a las propiedades fisicoquímicas del suelo, se adquirieron con una resolución de 250 metros utilizando el sistema SoilGrids versión 0.5.3 (<http://soilgrids.org>). Este sistema ofrece estimaciones a nivel global de las propiedades estándar del suelo en siete profundidades diferentes. Estas estimaciones se basan en la recopilación de datos de alrededor de 150,000 perfiles de suelo, 158 covariables obtenidas mediante sensores remotos y la aplicación de métodos de aprendizaje automático (Hengl et al., 2017). Mientras que la variable ecológica se obtuvo del Geoservidor del MINAM. La preparación de la información cartográfica de las variables ambientales y los registros de las especies se estandarizó para tener una resolución espacial de 250 metros. Además, la administración de los datos espaciales después del proceso de modelado se llevó a cabo utilizando el software QGIS versión 3.12, que es de código abierto.

2.5.2. Extracción de valores en las variables cartográficas

El uso de modelos de distribución de especies (SDM) ha aumentado, el software MaxEnt utiliza la colinealidad existente para encontrar el conjunto óptimo de parámetros. Sin embargo, la colinealidad entre variables ambientales puede causar problemas de sobreajuste en los modelos, lo que aumenta la incertidumbre y reduce su poder estadístico (Dormann et al., 2012). El modelo de idealización se basa en la interacción de variables en el entorno físico para describir las restricciones naturales en la evolución de las especies (Beaumont et al., 2005). Por lo tanto, se realizó un análisis de "Jackknife" utilizando una tabla llamada "Variables iniciales para el modelamiento" con 37 variables iniciales (Tabla 7). Este análisis consistió en excluir una variable a la vez del modelo y comparar la ganancia del modelo con todas las variables con la ganancia del modelo sin la variable excluida. Aquellas variables que al ser excluidas del modelo afectaron considerablemente a su eficiencia se consideraron de importancia (Phillips et al., 2006).

2.5.3. Correlación de variables

La correlación de variables se realizó mediante un análisis de correlación de Pearson (r) entre las 37 variables (22 bioclimáticas, 4 topográficas, 10 edáficas y 1 ecológica); dicho proceso se calculó con la herramienta SDMtoolbox2.5 del software de SIG ArcGIS para las pruebas de multicolinealidad. Solamente se consideraron las variables con un coeficiente de correlación > 0.7 , con el propósito de garantizar el cumplimiento de los supuestos estadísticos y prevenir posibles efectos de multicolinealidad entre las variables que pudieran influir en las predicciones del modelo (Hosni et al., 2020).

2.5.4. Ejecución de modelo

El modelo de distribución potencial actual para cada una de las especies se creó utilizando un algoritmo de aprendizaje automático basado en el principio de Máxima Entropía (Phillips et al., 2006), este proceso utilizó el algoritmo MaxEnt en versión de escritorio 3.4.1 (https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/). Esta herramienta permite proyectar cómo podría variar la distribución de una especie o un grupo de especies en respuesta a cambios

ambientales, incluyendo factores como la temperatura, la humedad y la precipitación (Phillips et al., 2006).

Este modelo ha sido utilizado en investigaciones relacionadas con la conservación de fauna (Beltramino et al., 2015) (Naveda-rodríguez et al., 2016), flora (Bai et al., 2018), manejo de especies categorizadas en peligro de extinción (Alfonso-corrado et al., 2017); así como para el control de especies invasoras (Otieno et al., 2019), zonificación forestal (Xu et al., 2018), y agrícola (Frey et al., 2018). Esto se debe a su capacidad de proporcionar predicciones altamente precisas y su habilidad para trabajar con conjuntos de datos de muestra reducida.

En estudios de modelización, se ha seguido la metodología propuesta por Phillips (2017). Para cada especie, se seleccionó aleatoriamente el 75% de los registros de presencia para entrenar el modelo, mientras que el 25% restante se utilizó para validar el modelo (Phillips et al., 2006). El algoritmo se ejecutó mediante 10 repeticiones en 5,000 iteraciones, utilizando diferentes divisiones aleatorias de datos (método de validación cruzada). Se estableció un umbral de convergencia de 0.00001 y un límite de 10,000 puntos de fondo como máximo. Se mantuvieron las configuraciones predeterminadas para otros parámetros (por ejemplo, extrapolación, generación de gráficos, entre otros) (Otieno et al., 2019), ya que MaxEnt tiene la capacidad de seleccionar automáticamente las funciones adecuadas en función de la cantidad de datos de muestra utilizados en un modelo (Elith et al., 2011).

La evaluación de los modelos se realizó utilizando el Área Bajo la Curva (AUC) (Phillips et al., 2006) que se calcula a partir de la Característica Operativa del Receptor (ROC) (Hanley & McNeil, 1982). Los niveles de rendimiento se distinguen según los valores del Área Bajo la Curva (AUC) en cinco categorías: excelente (> 0.9), bueno (0.8 - 0.9), aceptable (0.7 - 0.8), deficiente (0.6 - 0.7) y no válido (< 0.6). Este enfoque tiene la ventaja de ser independiente del umbral y de proporcionar resultados objetivos (Araujo, 2019; Phillips et al., 2006; Jiménez-valverde, 2012).

El modelado de las especies en estudio se generó utilizando la configuración de formato de salida logístico utilizada en estudios previos (Phillips & Dudi, 2008). Como resultado se obtiene un mapa probabilístico continuo para la distribución con

rango de 0 a 1. Estos valores se categorizaron posteriormente en tres niveles de hábitat potencial, que son: 'alto' (> 0.6), 'moderado' (0.4 - 0.6) y 'bajo' (0.2 - 0.4), según la metodología propuesta por (Zhang et al., 2019).

2.5.5. *Identificación de áreas potenciales para recuperación*

El MINAM a través de su Dirección General de Ordenamiento Territorial Ambiental (DGOTA) llevó a cabo una investigación con el propósito de detectar zonas degradadas, y como resultado se identificaron aproximadamente 19,071,366.39 hectáreas de tierras degradadas en el territorio peruano (MINAM, 2022a).

A partir de ello, se llevó a cabo una superposición entre las áreas degradadas identificadas y las áreas de distribución potencial de las especies forestales maderables y no maderables respectivamente. A través de este análisis, se logró determinar las áreas que podrían ser restauradas utilizando estas especies forestales en Amazonas.

Los modelos desarrollados posibilitaron la formulación de estrategias orientadas a la conservación y recuperación de los bosques degradados. Estas estrategias se basan en enfoques de restauración que buscan restablecer las funciones ecológicas, la composición de especies y la productividad de la tierra. De esta manera, se contribuye a la protección y el mantenimiento de la diversidad de los ecosistemas, sus hábitats, las especies que los habitan y las funciones que desempeñan (Chazdon, 2019).

2.5.6. *Visualización y elaboración de mapas*

La creación y representación de mapas que muestran la distribución potencial de las especies forestales maderables y las áreas aptas para recuperación se llevó a cabo mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Este proceso se realizó utilizando el software ArcGIS (ver. 10.4.1), que implicó la conversión de formatos raster (ASCII, TIF y TIFF) a formato shapefile (shp). Esta conversión permitió realizar cálculos relacionados con el área y el perímetro de las zonas en cuestión.

III. RESULTADOS

3.1. Identificación de especies forestales y áreas degradadas

3.1.1. *Revisión de títulos habilitantes y plantaciones forestales*

a) *Productos forestales maderables*

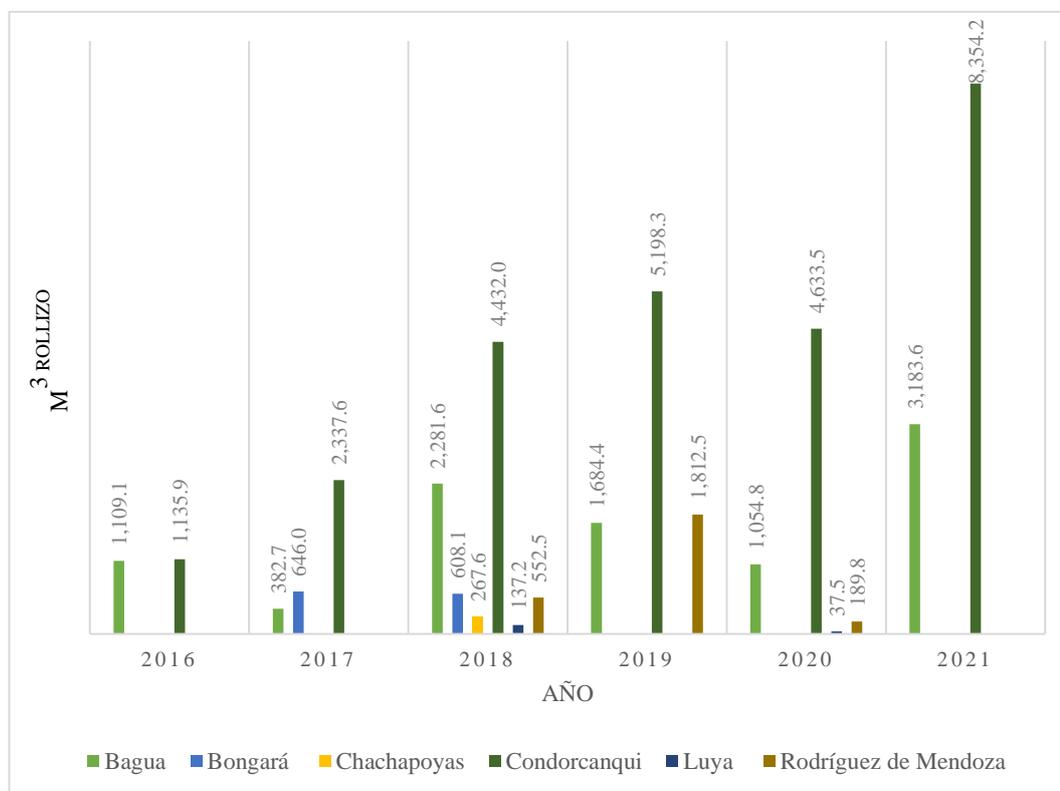
A lo largo del período de 2016 a 2021, en el departamento de Amazonas, se han aprobado volúmenes significativos de aprovechamiento de especies forestales clave mediante la emisión de permisos forestales. Estos permisos se distribuyeron en diferentes provincias de la siguiente manera:

En el año 2016, se concedieron permisos para la extracción de madera rolliza en las provincias de Bagua, con un total de 1109.1 m³, y en Condorcanqui, con una cifra de 1,135.9 m³. En el siguiente año, 2017, se autorizaron permisos en las provincias de Bagua (382.7 m³), Bongará (646.02 m³) y Condorcanqui (2,337.6 m³). En el año 2018, se destacan las cifras más significativas de permisos en los distritos de Bagua (2,281.6 m³), Bongará (608.1 m³), Chachapoyas (267.6 m³), Condorcanqui (4,432.0 m³), Luya (137.2 m³) y Rodríguez de Mendoza (552.5 m³). En 2019, se aprobaron planes de manejo que posibilitaron permisos en las provincias de Bagua (1,684.4 m³), Condorcanqui (5,198.3 m³) y Rodríguez de Mendoza (1,812.5 m³). En el año 2020, se emitieron permisos en los distritos de Bagua (1,054.8 m³), Condorcanqui (4,633.5 m³), Luya (37.5 m³) y Rodríguez de Mendoza (189.8 m³). Finalmente, en 2021, se otorgaron permisos en mayor proporción en las provincias de Bagua (3,183.6 m³) y Condorcanqui (8,354.2 m³) para la extracción de madera rolliza.

Estos datos representan la actividad de aprovechamiento forestal maderable respaldada por permisos en el departamento de Amazonas durante el período especificado. (Figura 3) (Tabla 8).

Figura 3

Volumen de productos forestales maderables otorgado entre los años 2016 al 2021 en el departamento de Amazonas.

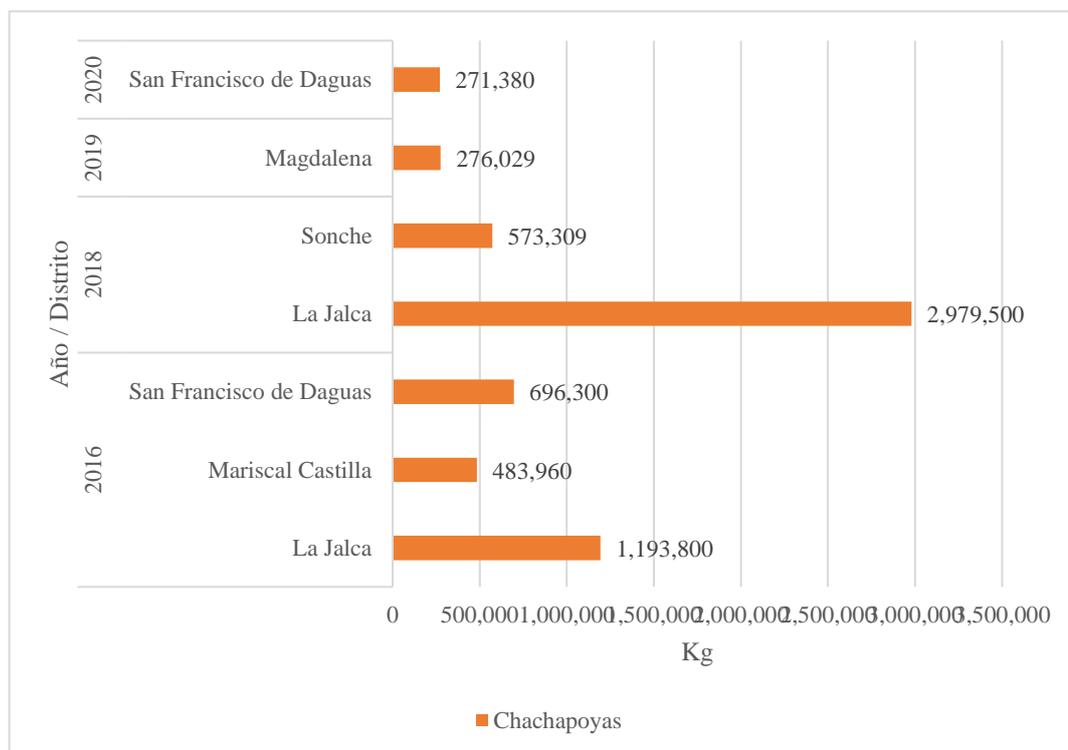


b) Productos forestales no maderables

Se emitieron permisos forestales no maderables para la producción de *Caesalpinia spinosa* principalmente en distritos de Chachapoyas (Figura 4). En 2016, se autorizaron permisos en los distritos de La Jalca (1,193,800 kg), Mariscal Castilla (483,960 kg) y San Francisco de Daguas (696,300 kg). En 2018, se concedieron autorizaciones en los distritos de La Jalca (2,979,500 kg) y Sonche (573,309 kg); mientras que, en 2019, se otorgó un permiso a la Comunidad Campesina de Magdalena (276,029 kg). Finalmente, en 2020, se aprobó una autorización en el distrito de San Francisco de Daguas (271,380 kg) (Tabla 9).

Figura 4

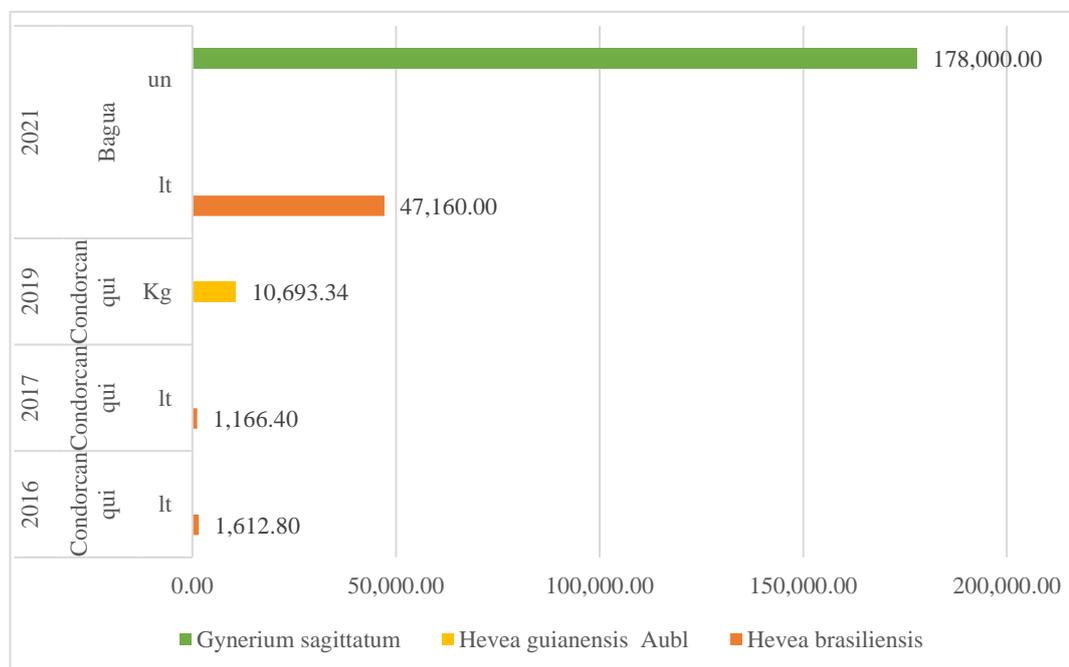
Autorización de Caesalpinia spinosa.



En la parte norte del departamento de Amazonas, en la provincia de Condorcanqui, se autorizó en el año 2016 el aprovechamiento de 1,612.8 litros de *Hevea brasiliensis*; en 2017 la cifra fue de 1,166.4 litros, y en 2019 un total de 10,693.34 kg de *Hevea guianensis*. Durante el año 2021, en la provincia de Bagua, adicionalmente al otorgamiento de autorización para aprovechamiento de 47,160 litros de *Hevea brasiliensis*; se otorgó una autorización de 178,000 unidades de *Gynerium sagittatum* (caña brava) (Figura 5), (Tabla 10).

Figura 5

Autorización de Hevea guianensis Aubl, Hevea brasiliensis y Gynerium sagittatum.

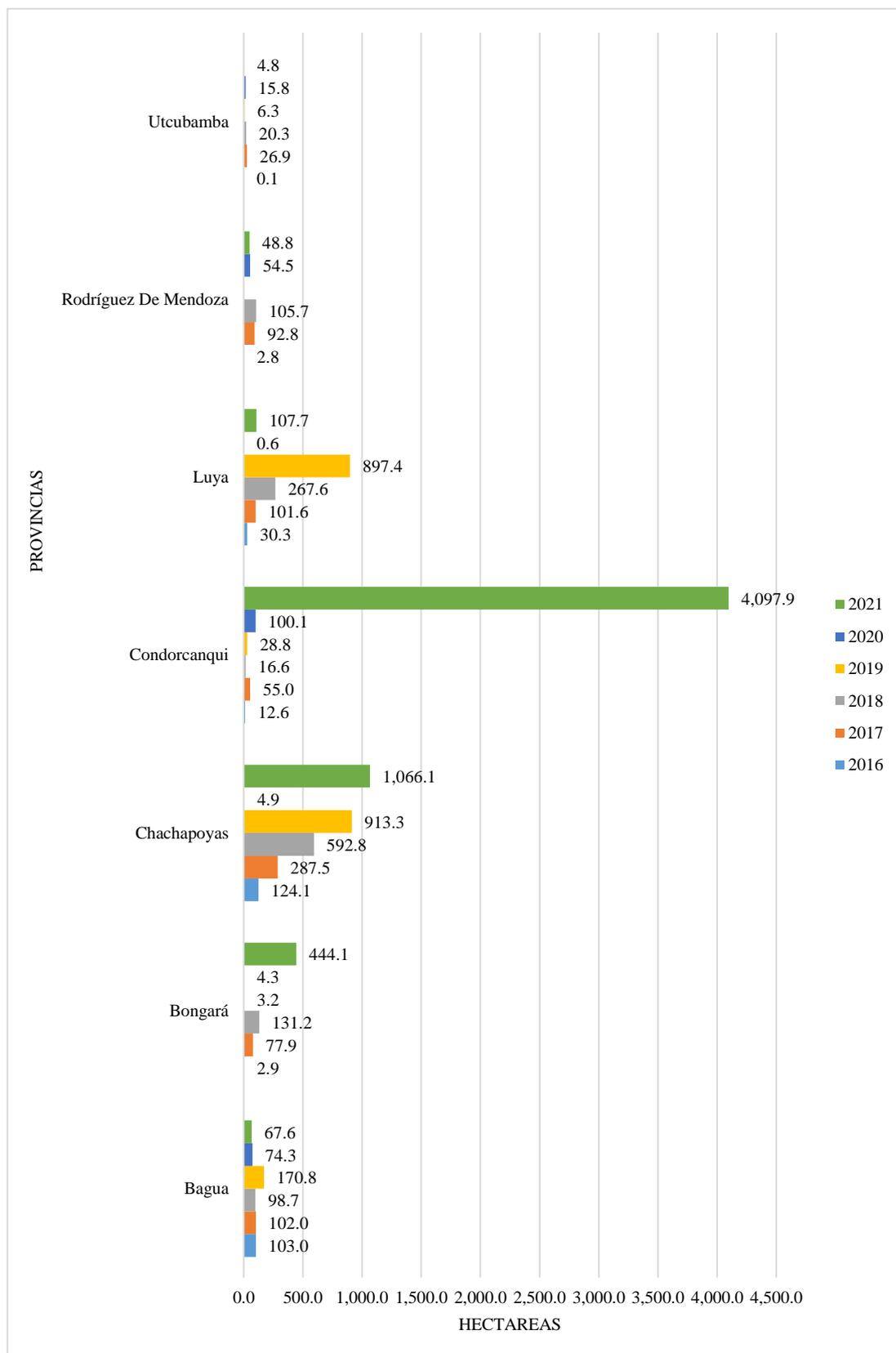


c) Plantaciones forestales

En la región de Amazonas, se han establecido plantaciones forestales en las siete provincias con diversas especies a lo largo de varios años (Figura 6). En 2016, se registraron plantaciones forestales principalmente en las provincias de Bagua (103.0 ha) y Chachapoyas (124.1 ha), de igual manera para el año 2017, siendo para Bagua 102.0 ha y 287.5 ha para Chachapoyas respectivamente. Bongará con 131.2 ha y Chachapoyas con 592.8 ha fueron las provincias con mayores registros durante el año 2018. Para 2019, Chachapoyas (913.3 ha) y Luya (897.4 ha) presentaron mayor superficie registrada. En el norte de Amazonas, durante el año 2020, Condorcanqui presentó 100.1 hectáreas registradas, siendo la mayor de ese año; esta misma provincia presentó un incremento sustancial de superficie registrada durante el 2021, siendo 4097.9 ha, particularmente con el registro de la especie *Ochroma pyramidale* (topa).

Figura 6

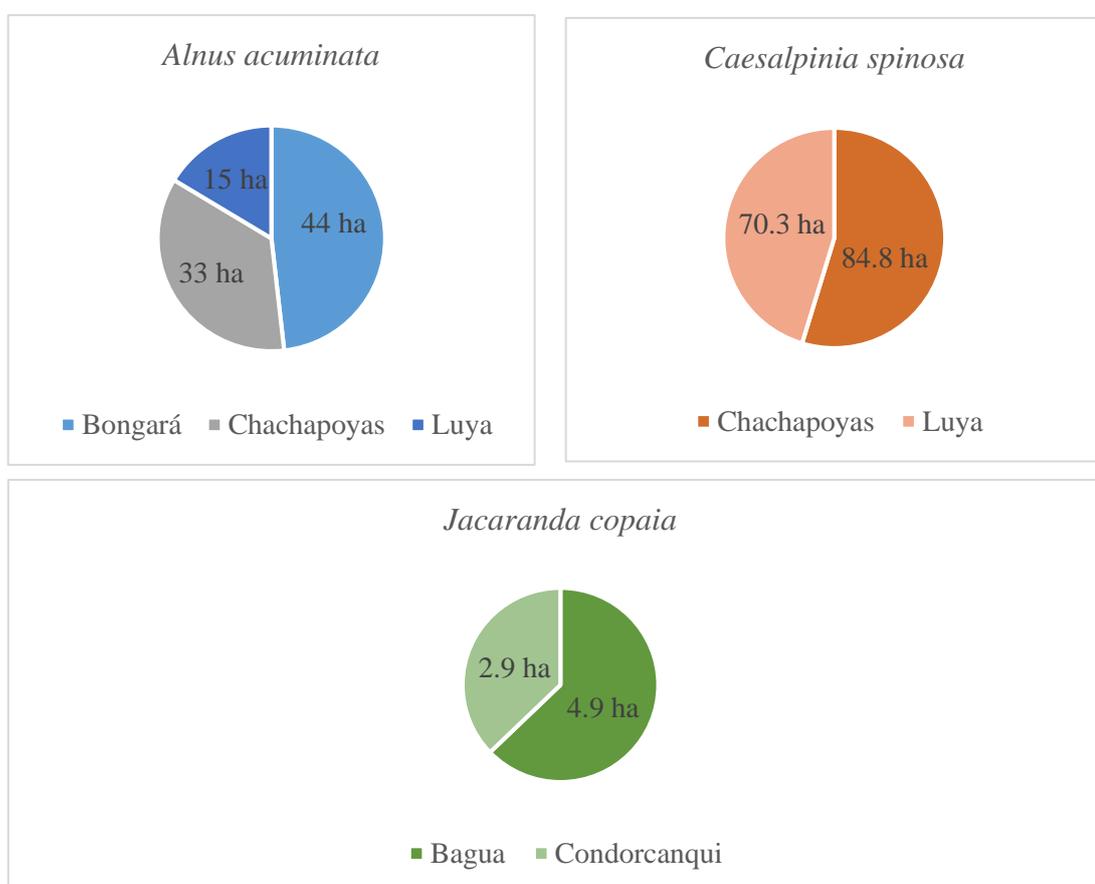
Registro de plantaciones por provincia del año 2016 al 2021.



La figura 7 grafica el registro de plantaciones forestales de interés en la presente investigación, las plantaciones de *Alnus acuminata* se distribuyeron principalmente en las provincias de Bongará (44.2 ha), Chachapoyas (32.5 ha) y Luya (15.0 ha) respectivamente (Tabla 12). En cuanto a *Caesalpinia spinosa*, se registró 84.8 ha en Chachapoyas y 70.3 ha en Luya (Tabla 13). Por último, para la especie *Jacaranda copaia*, se han registrado plantaciones establecidas en Bagua (4.9 ha) y Condorcanqui (2.9 ha) respectivamente (Tabla 14).

Figura 7

Registro de Plantaciones en el ámbito del departamento de Amazonas.



3.1.2. Identificación de áreas degradadas

En los últimos años, se ha observado un aumento significativo en la degradación de áreas en el departamento de Amazonas. Esto se refleja en la Figura 8, donde se muestra que esta degradación ha ido en aumento desde 2015 hasta 2021, alcanzando su punto máximo entre 2018 (1 099 721.88 ha) y 2019. (1 113 342.3 ha). Además, en la Figura 9 se presenta un mapa que ilustra las áreas degradadas en el año 2021 según el informe del MINAM (MINAM, 2021).

Figura 8

Superficie acumulada de degradación en Amazonas.

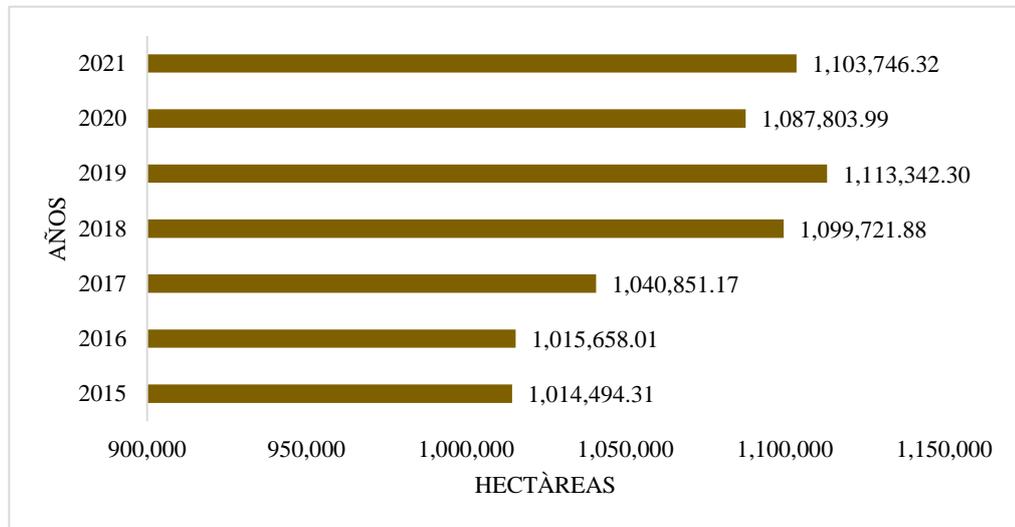
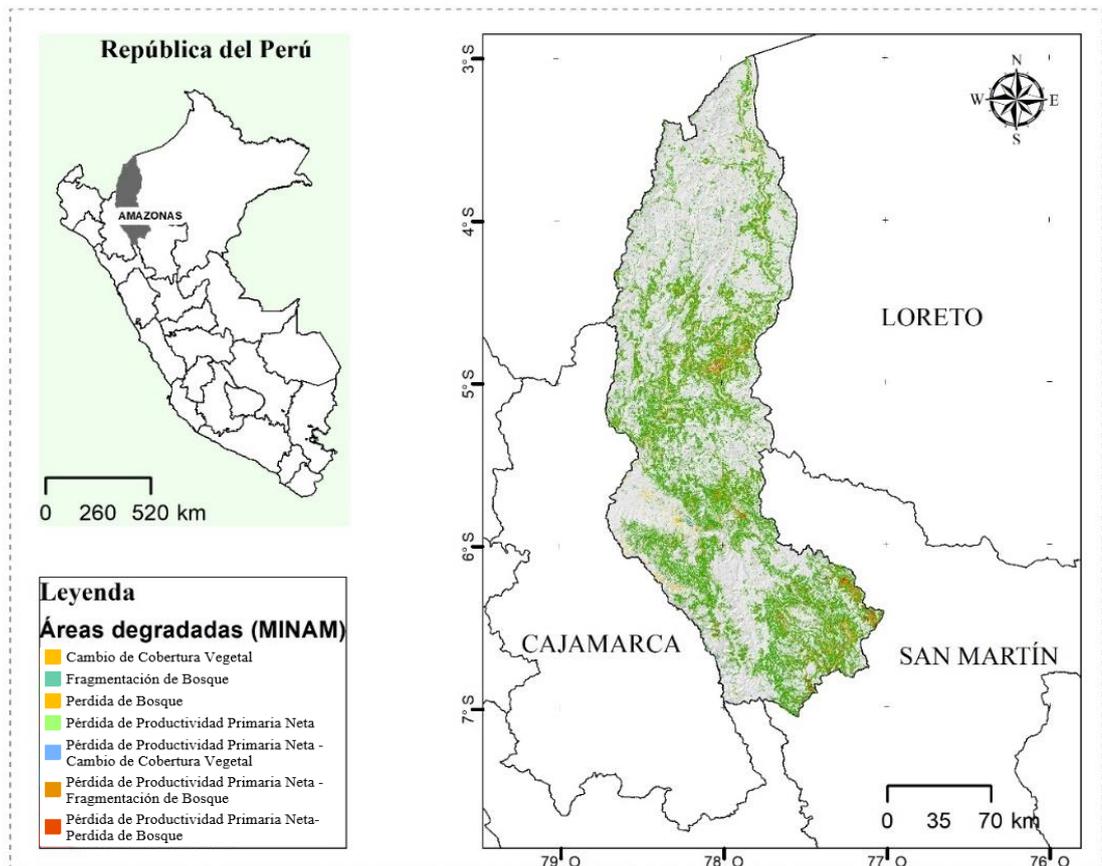


Figura 9

Mapa de áreas degradadas del año 2021



3.2. Obtención de variables para el modelamiento

A partir de la adquisición de variables bioclimática, topográficas, edáficas, se consolidaron un total de 37 variables (Tabla 7) y luego de aplicar un del análisis correlación se seleccionó 15 variables para la ejecución del modelamiento descritas en la Tabla 2.

Tabla 2

Variables para el modelado

Categoría	Variable	Descripción	Unidad
Bioclimáticas	Bio03	Isotermalidad (bio2/bio7) *(100)	°c
	Bio04	T° estacional (desviación estándar*100)	°c
	Bio07	Rango anual de temperatura (bio-bio6)	°c
	Bio15	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación)	°c
	Rhm	Humedad relativa	
	Rad	Radiación solar	Kj m-2 day-1
Topográficas	Aspect	Dirección de la pendiente cardinal	°
	Slope	Pendiente	°
Edáficas	Nitrogen	Nitrógeno	%
	Elev	Elevación sobre el nivel del mar	m
	Ph	Ph x 10 a 0,30 m (kcl)	Kcl
	Cfvo	Contenido de fragmentos gruesos	%
	Sand	Contenido de arena	%
	Silt	Contenido de limo	%
Ecológica	Eco	Ecosistema	

3.3. Modelamiento de tres especies forestales con potencial para recuperar áreas degradadas.

3.3.1. Obtención de datos de presencia

Los datos de presencia (Tabla 3), son las ubicaciones geográficas (coordenadas) de los árboles autorizados para aprovechamiento mediante el otorgamiento de títulos

habilitantes (TH) y registro de plantaciones forestales. Los árboles de los TH se verificaron mediante una supervisión del personal de la DEGBFS de la ARA Amazonas. Para el caso de las plantaciones, estas se inscriben mediante un formato de declaración jurada de acuerdo con las directrices del SERFOR.

Tabla 3

Datos presencia de especies forestales

N	Especie	Familia	Nombre común	Nº de registros
1	<i>Alnus acuminata</i>	Betulaceae	Aliso, Aliso andino	38
2	<i>Caesalpinia spinosa</i>	Fabaceae	Tara, Taya	62
3	<i>Jacaranda copaia</i>	Bignoniaceae	Ciruelo, Achihua,	38
Total				138

3.3.2. Distribución espacial de 3 especies forestales en el departamento de Amazonas

a. *Alnus acuminata*

Nombres comunes: Aliso, Aliso andino

La figura 10a muestra los registros espacialmente distribuidos de *Alnus acuminata*, conocida comúnmente como "aliso". La distribución potencial principalmente abarca las provincias de Bongará, Chachapoyas, Luya, Rodríguez de Mendoza y Utcubamba en una superficie total de 380,211.26 hectáreas (Figura 10b) (Tabla 4). Siendo la provincia de Chachapoyas la que presenta mayor extensión en 153,868.46 hectáreas.

Luego de realizar la superposición entre el área potencial de distribución con las áreas degradadas identificadas por el MINAN en el ámbito del departamento de Amazonas (Figura 10c). Se identificó que la especie *A. acuminata* abarca

140,035.90 hectáreas de áreas degradadas, por lo que esta especie tiene potencial para recuperar estos espacios (Figura 10d) (Tabla 4).

Asimismo, a partir de la ejecución del modelamiento se obtuvo un valor de un Área Bajo la Curva (AUC = 0.93), como se muestra en la Figura 11a, lo que indica un modelado excelente. Asimismo, las variables que más contribuyeron durante el modelamiento fueron la altitud (elevación sobre el nivel del mar), el nitrógeno (Nitrogen) y la estacionalidad de la precipitación (Bio15), como se observa en la Figura 11b. Estas variables en conjunto representaron el 53.7% del proceso de modelado.

Finalmente, se realizó visitas a campo para constatar áreas en las cuales se distribuye la especie y la recuperación de estos territorios degradados mediante la instalación en diferentes sistemas de plantaciones forestales (Figura 12 a-d).

Figura 10

Distribución potencial de Alnus acuminata en el departamento de Amazonas

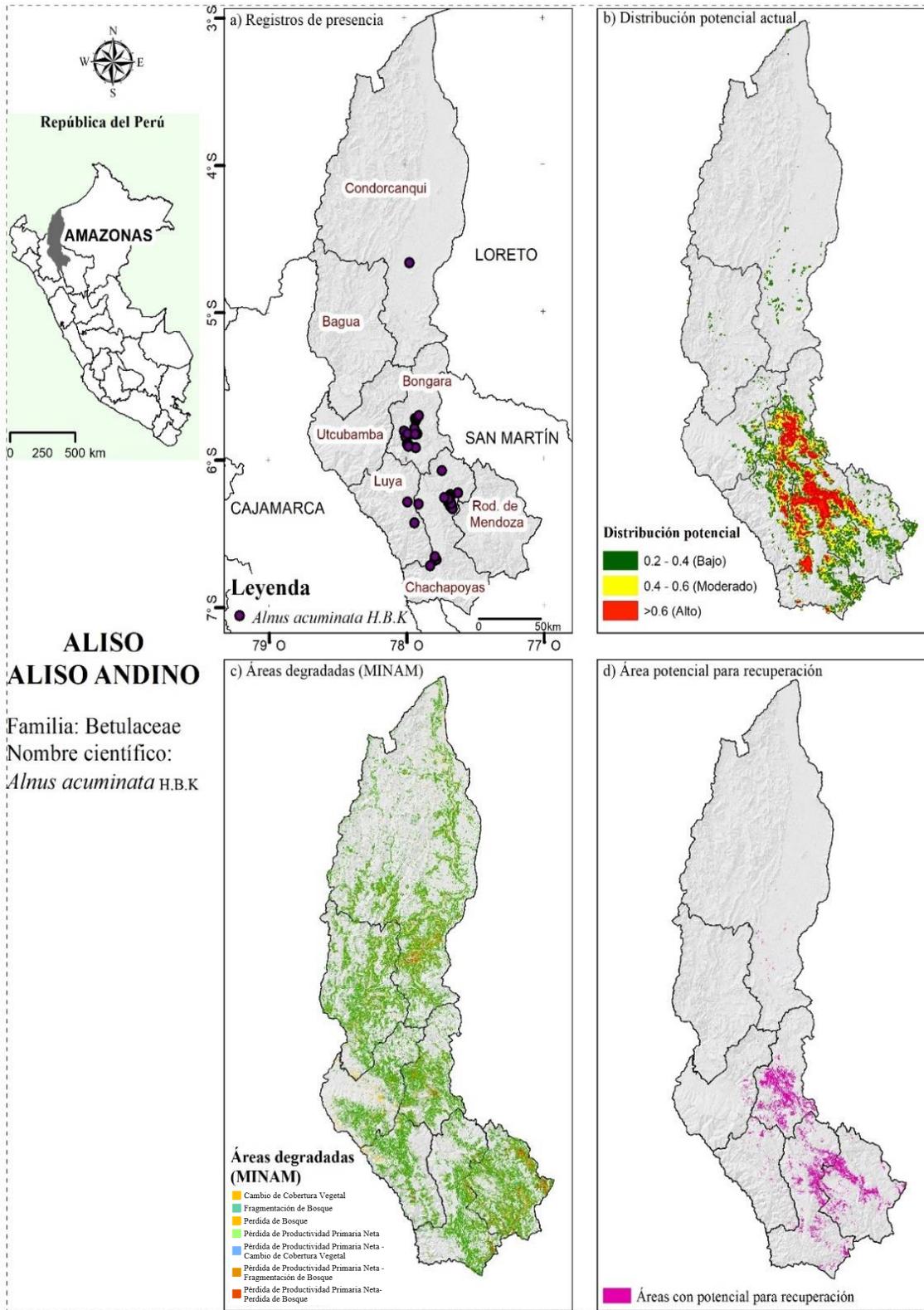


Figura 11

Área bajo la curva y contribución de variables de Alnus acuminata

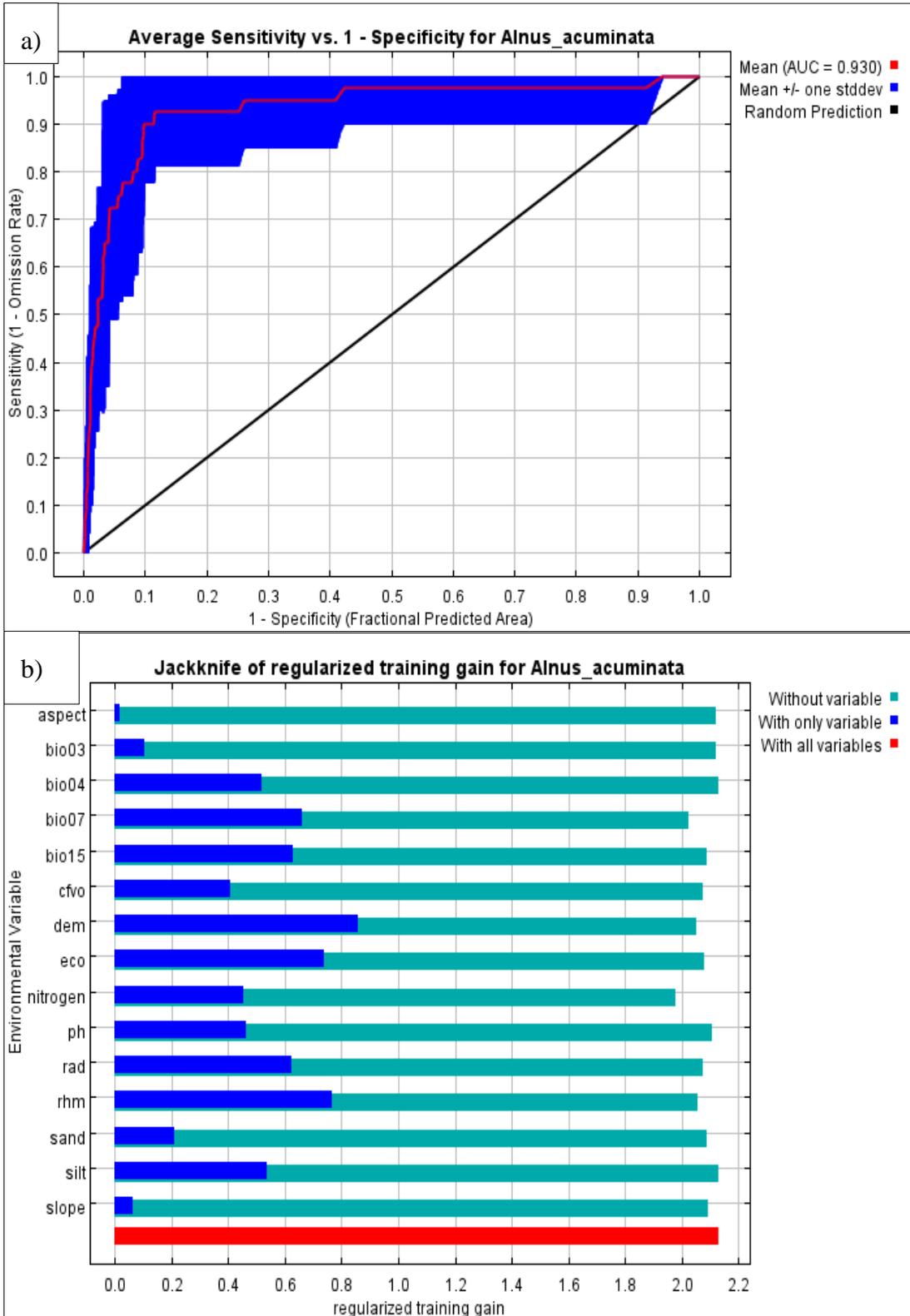
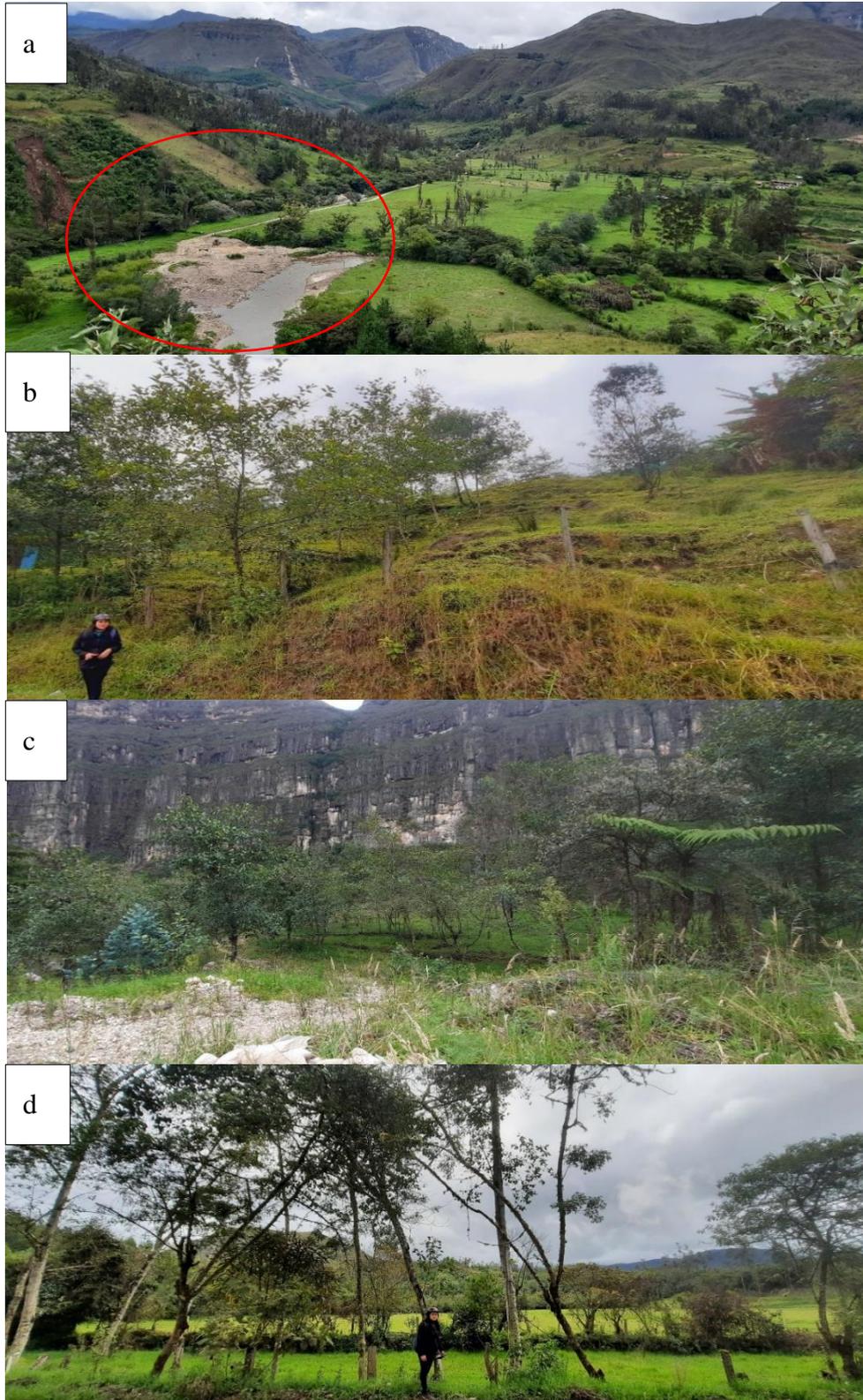


Tabla 4*Distribución potencial de Alnus acuminata*

	Provincias							Área Ha
	Bagua	Bongará	Chachapoyas	Condorcanqui	Luya	Rod. de Mendoza	Utcubamba	
Distribución alta (> 0.6)		19,885.60	42,157.38		6,575.31	3,241.52	31.97	71,891.78
Área con potencial a recuperar en distribución alta		7,213.91	8,281.11		190.57	1,855.50	1.94	17,543.03
Distribución moderada (0.4 - 0.6)		33,693.68	44,189.20	32.01	13,730.41	13,203.69	586.93	105,435.92
Área con potencial a recuperar en distribución moderada		16,608.79	12,423.52	26.55	547.61	7,929.74	178.72	37,714.93
Distribución baja (0.2 - 0.4)	448.26	48,379.43	67,521.88	2,491.34	27,023.50	50,134.17	6,884.98	202,883.56
Área con potencial a recuperar en distribución baja	171.77	25,875.56	24,201.34	1,393.22	3,572.67	27,505.35	2,058.03	84,777.94
Total, distribución	448.26	101,958.71	153,868.46	2,523.35	47,329.22	66,579.38	7,503.88	380,211.26
Total, recuperación	171.77	49,698.26	44,905.97	1,419.77	4,310.85	37,290.59	2,238.69	140,035.90

Figura 12

*Área degradada debido a la extracción de materiales agregados para la construcción (a). Sistema silvopastoril de *Alnus acuminata*.(b y c). Árboles de Aliso en el ámbito del distrito de Molinopampa. (d).*



b. Caesalpinia spinosa

Nombres comunes: Tara, Taya

La Figura 13a muestra 62 registros de presencia de la especie *Caesalpinia spinosa*, conocida como "tara". Esta especie tiene una alta probabilidad de distribución principalmente en el ámbito de las provincias de Chachapoyas y Luya (Figura 13b). La extensión total estimada de esta distribución es de aproximadamente 28,933.74 hectáreas (Tabla 5). La provincia de Chachapoyas cuenta con la mayor extensión de distribución, abarcando 16,825.27 hectáreas. Además, se estima que alrededor de 739.92 hectáreas de esta área presentan alto potencial para la recuperación utilizando esta especie (Figura 13d, Tabla 5).

El proceso de modelamiento obtuvo un AUC = 0.989 (Figura 14a) y dentro de las variables que presentaron una mayor contribución durante el modelado se destacan principalmente el tipo de ecosistema (Eco), la estacionalidad de la precipitación (Bio15) y la altitud (elevación sobre el nivel del mar), como se observa en la Figura 14b. Estas variables en conjunto representaron el 93.1% del proceso de modelado.

De igual manera, para validar los resultados obtenido se realizó las visitas a campo correspondientes en el ámbito de la provincia de Chachapoyas (Figura 15 a-d), visualizando que esta especie se siembra como cerco vivo, en asociación con otros cultivos y en espacios que han sido afectados por incendios u otro tipo de degradación.

Figura 13

Distribución potencial de Caesalpinia spinosa en el departamento de Amazonas

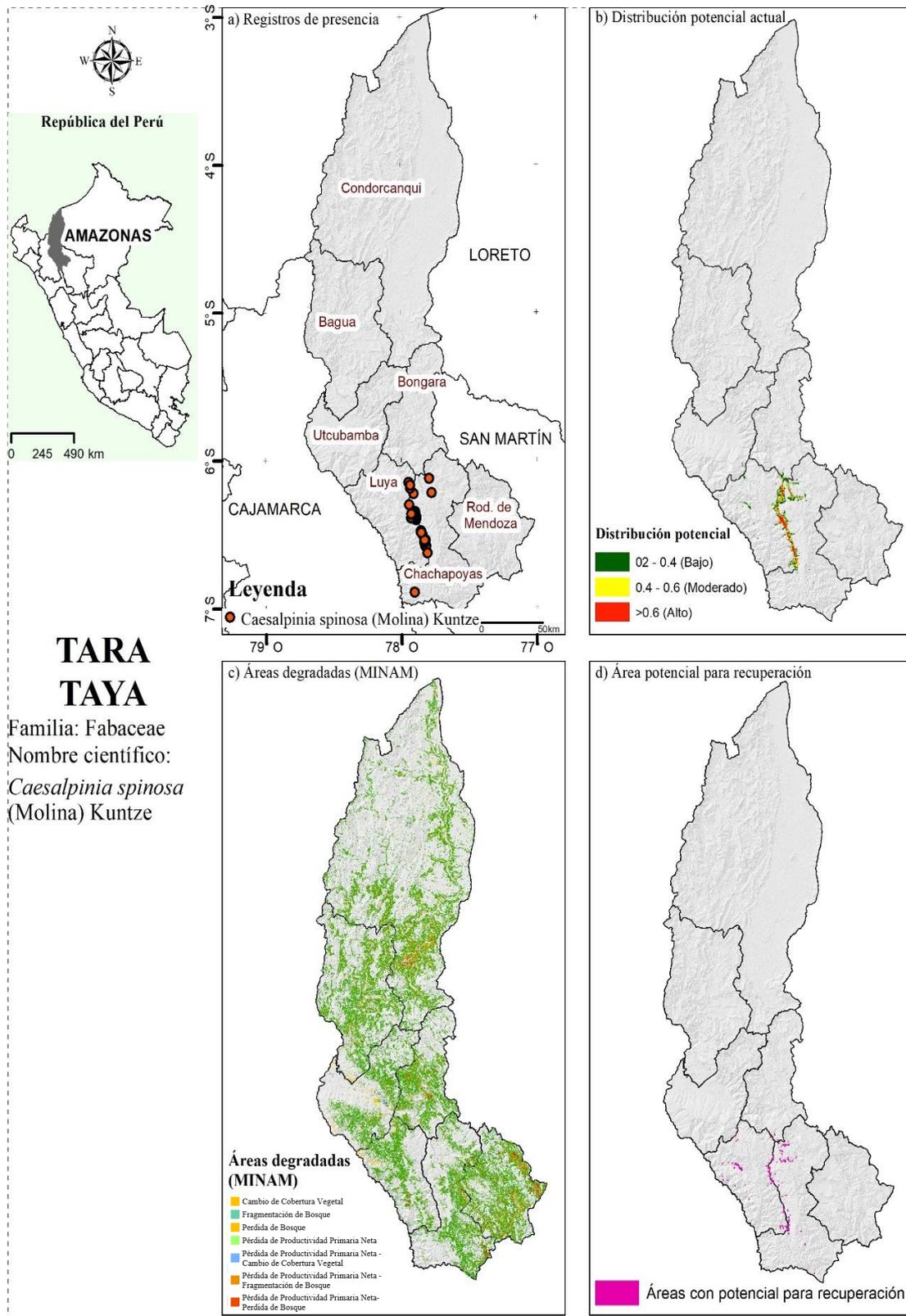


Figura 14

Área bajo la curva y contribución de variables de *Caesalpinia spinosa*

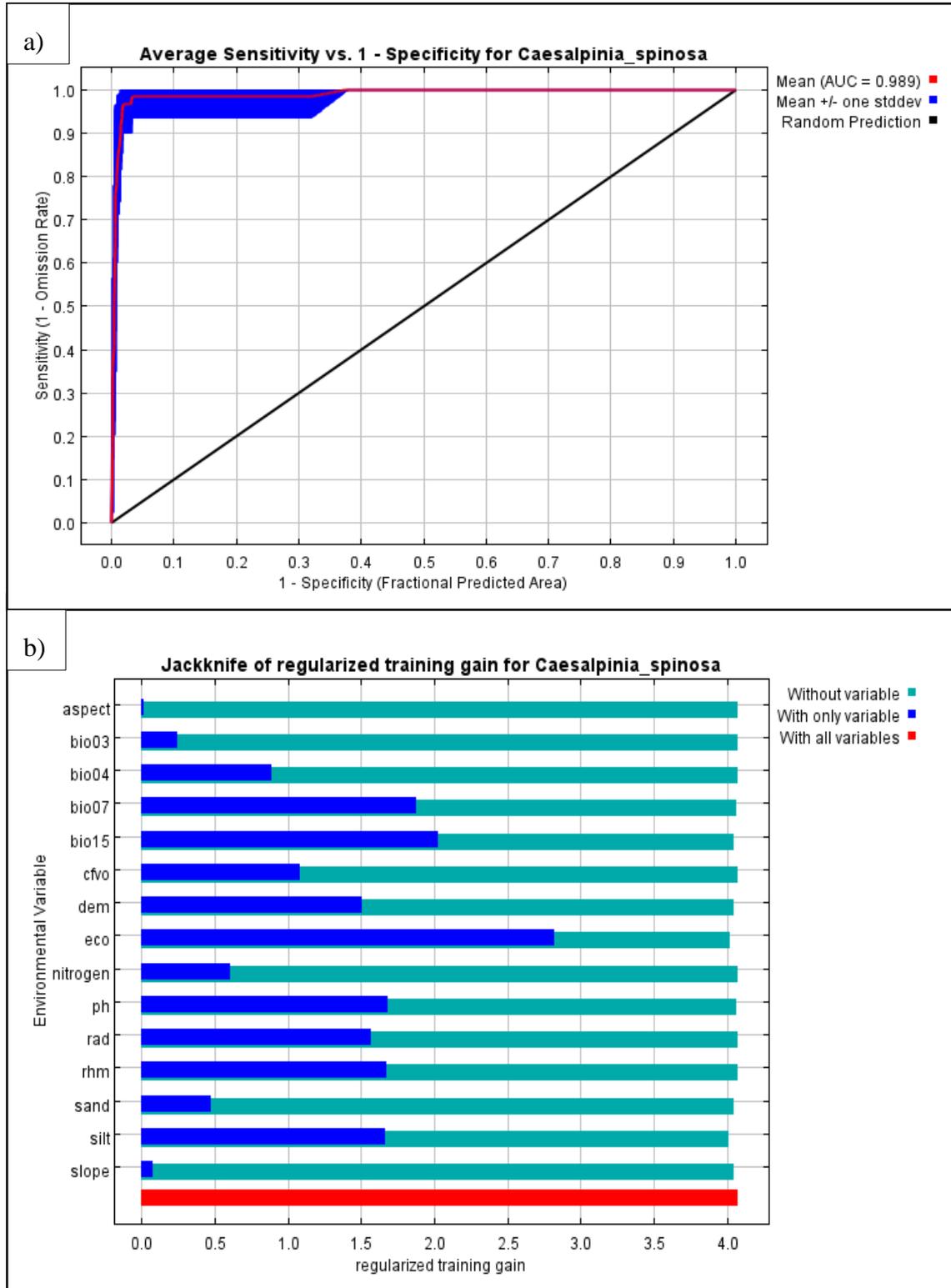
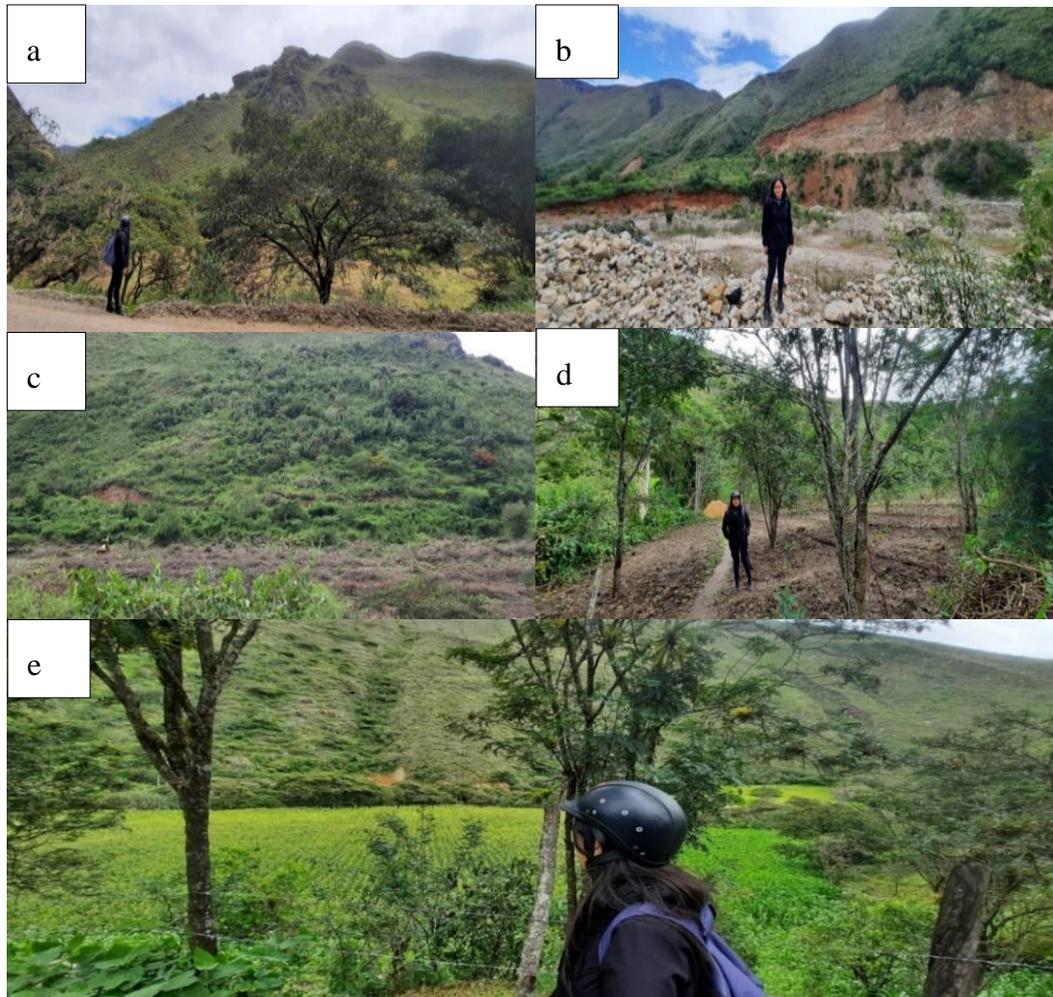


Tabla 5*Distribución potencial de Caesalpinia spinosa*

	Provincias							
	Bagua	Bongará	Chachapoyas	Condorcanqui	Luya	Rod. de Mendoza	Utcubamba	Área Ha
Distribución alta (> 0.6)			2,875.18		1,087.56			3,962.74
Área con potencial a recuperar en distribución alta			24.05		26.36			50.41
Distribución moderada (0.4 - 0.6)		56.53	4,732.20		3,333.86			8,122.59
Área con potencial a recuperar en distribución moderada		0.80	39.33		31.36			71.49
Distribución baja (0.2 - 0.4)		742.08	9,217.89		6,770.83		117.61	6,848.41
Área con potencial a recuperar en distribución baja		11.99	302.24		300.54		3.25	618.02
Total, distribución	0.00	798.61	16,825.27	0.00	11,192.25	0.00	117.61	28,933.74
Total, recuperación	0.00	12.79	365.62	0.00	358.26	0.00	3.25	739.92

Figura 15

Arboles de Caesalpinia spinosa en el distrito de Sonche (a). Área degradada por materiales agregados para la construcción (b). Área degradada por tumba y quema (c). Tara en sistema agroforestal (d y e).



c. Jacaranda copaia

Nombres comunes: Ciruelo, Achihua

La Figura 16a grafica espacialmente 38 coordenadas georreferenciadas de los registros de presencia de la especie *Jacaranda copaia*, conocida como "ciruelo". Dicha especie, presenta una alta probabilidad de distribución principalmente en las provincias de Bagua, Bongará y Condorcanqui (Figura 16b). Se estima una extensión de distribución potencial en una superficie de 201,712.83 hectáreas (Tabla 6). La provincia de Condorcanqui presenta una mayor extensión de distribución (126,874.59 hectáreas). Además, alrededor de 108,385.86 hectáreas en territorios considerados como degradados presentan aptitud para recuperar utilizando esta especie (Figura 16d, Tabla 6).

Se obtuvo un AUC = 0.97 a partir del modelamiento ejecutado utilizando MaxEnt (Figura 17a). Las variables que tuvieron una mayor influencia en la construcción de este modelo fueron: la altitud (elevación sobre el nivel del mar), la humedad relativa (Rhm) y la dirección de la pendiente (aspecto), como se observa en la Figura 17a, contribuyendo en un 78.9% del total del modelado.

Finalmente, se realizó la visita en áreas degradadas producto de la deforestación, en las cuales actualmente se encuentran instaladas plantaciones de la especie *J. copaiba*, con el objetivo de recuperar dichos espacios y ser aprovechadas de manera sostenible a través del tiempo (Figura 18 a-c).

Figura 16

Distribución potencial de Jacaranda copaia en el departamento de Amazonas.

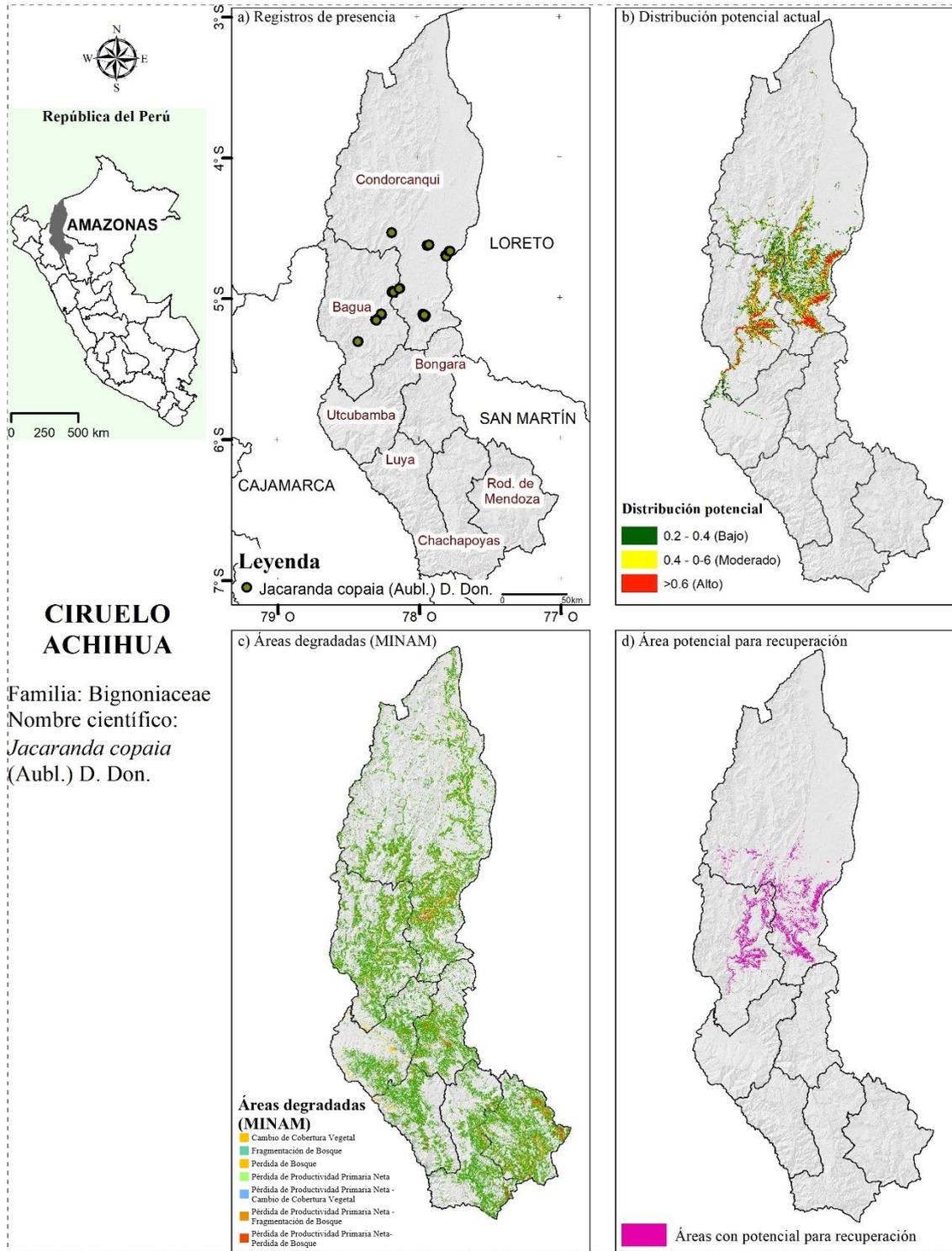


Figura 17

Área bajo la curva y contribución de variables de Jacaranda copaia

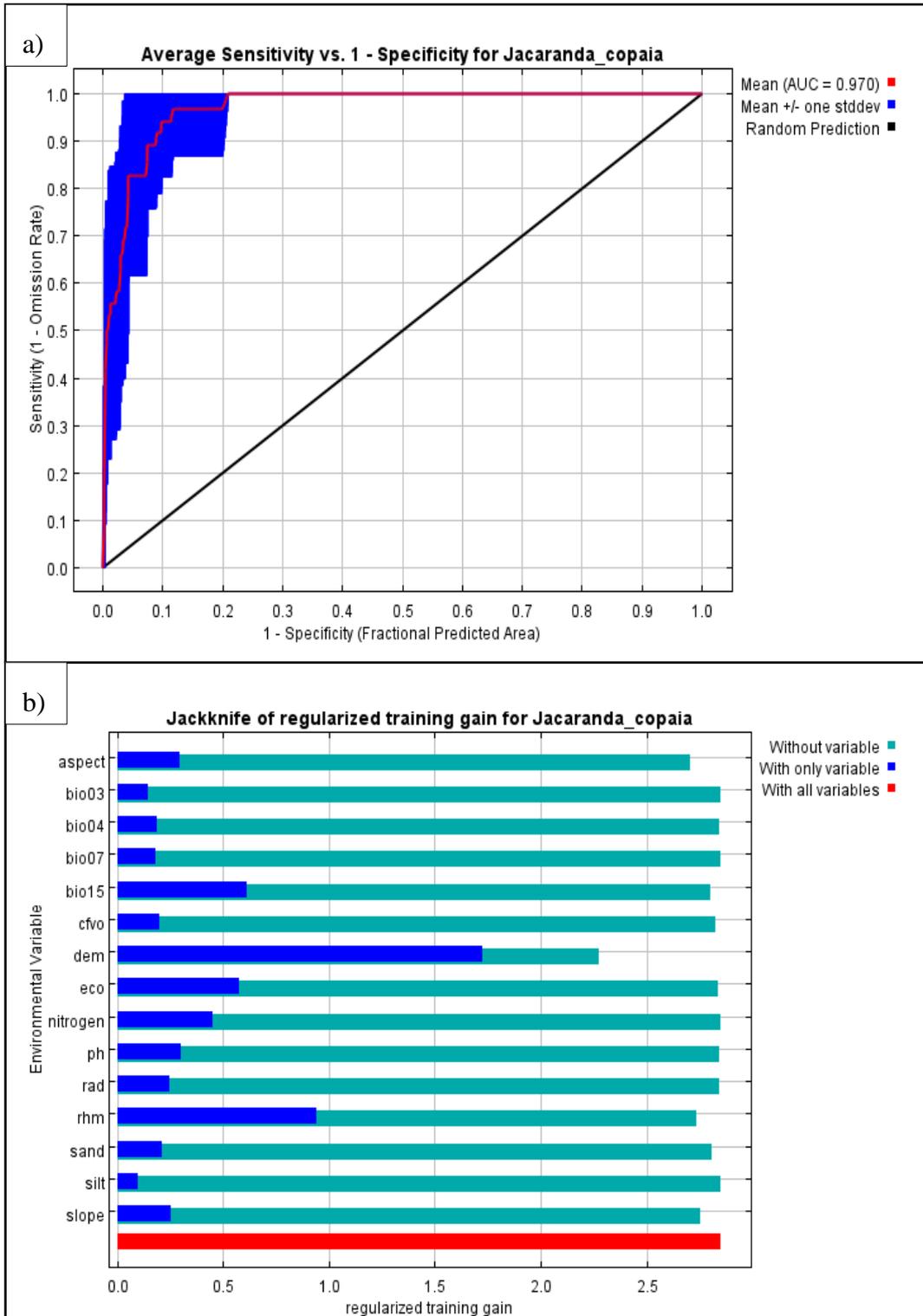
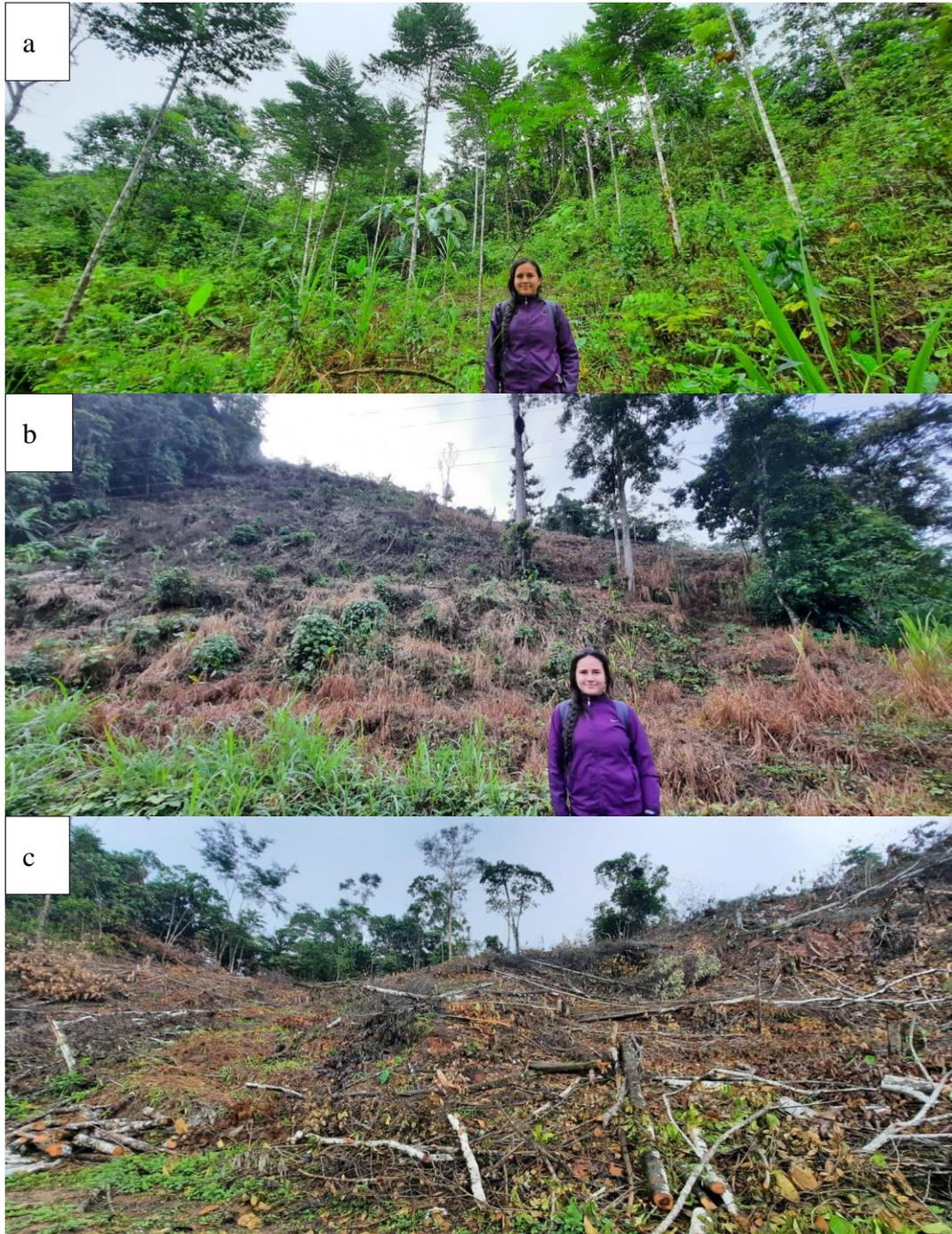


Tabla 6*Distribución potencial de Jacaranda copaia*

	Provincias							
	Bagua	Bongará	Chachapoyas	Condorcanqui	Luya	Rod. de Mendoza	Utcubamba	Área Ha
Distribución alta (> 0.6)	9,953.35	20.66		15,114.71				25,088.72
Área con potencial a recuperar en distribución alta	5,606.74	9.92		8,309.98				13,926.64
Distribución moderada (0.4 - 0.6)	20,529.99	77.25		30,616.14			72.71	51,296.09
Área con potencial a recuperar en distribución moderada	11,861.14	30.63		16,101.12			12.65	28,005.54
Distribución baja (0.2 - 0.4)	42,131.05	209.66		81,143.74	7.35		1,836.22	125,328.02
Área con potencial a recuperar en distribución baja	24,490.94	99.72		41,730.45	3.30		129.27	66,453.68
Total, distribución	72,614.39	307.57	0.00	126,874.59	7.35	0.00	1,908.93	201,712.83
Total, recuperación	41,958.82	140.27	0.00	66,141.55	3.30	0.00	141.92	108,385.86

Figura 18

Árboles de Jacaranda copaia en Nuevo Chota del centro poblado Chiriaco del distrito de Imaza, provincia de Bagua de aproximadamente 4 años de edad (a). Tala de arboles para establecer cultivos (b) Tumba, roza y quema para establecer cultivos (c).



IV. DISCUSIÓN

La Ley Forestal y de Fauna Silvestre N° 29763 (LFFS) establece que el plan de manejo forestal es una herramienta esencial para asegurar la sostenibilidad de los bosques y precisa que es necesario incluir ubicación espacial de los árboles a ser aprovechados o considerados como semilleros (SERFOR, 2015). A partir de ello, en esta investigación utilizamos en total 138 registros de presencia de árboles, los cuales fueron previamente supervisados por la Autoridad Forestal y de Fauna Silvestre, correspondiente a las especies *J. copaiba*, *C. spinosa* y *A. acuminata*, esta última proveniente principalmente de registro de plantaciones forestales que conduce el SERFOR.

Entender cómo se distribuye una especie en el espacio es esencial para formular estrategias exitosas para la gestión de recursos forestales (Santini et al., 2021). A través del modelado de Máxima Entropía (MaxEnt) (Phillips et al., 2006), es posible predecir áreas con similares características a los datos de presencia y ser validado estadísticamente mediante el área bajo la curva o AUC. Es así, que, en nuestro modelamiento, utilizando 15 variables entre bioclimáticas, topográficas y edáficas, obtuvo valores de AUC superiores a 0.9, siendo 0.93 para *A. acuminata*, 0.98 y 0.97 para *C. spinosa* y *J. copaia* respectivamente, lo cual es considerado como un modelamiento excelente (Araujo, 2019; Phillips et al., 2006).

A partir de ello, la distribución de las tres especies en estudio abarcó un total de 610,857.83 hectáreas en el ámbito del departamento de Amazonas, ello no limita a la posibilidad de encontrar árboles de dichas especies fuera del rango de distribución, ya sea como bosque natural o plantaciones instaladas, pues en un enfoque de cambio climático constante, algunas especies encuentran mejores condiciones para su desarrollo incluso fuera de su área de origen (Kölling, 2013).

Asimismo, el ámbito de distribución de las tres especies concuerda por lo consignado por Pennington & Muellner (2010), situando a la especie *Alnus acuminata* en localidades como Chachapoyas, Bongará, Luya, Rodríguez de Mendoza y Utcubamba; a la especie *Caesalpinia spinosa* en Chachapoyas y Luya, en la parte sur del departamento de Amazonas, y a *Jacaranda copaia* en las provincias de Bagua y Condorcanqui en el norte y Bongará en la parte central del departamento. De igual manera, guarda relación con lo consignado en el ámbito de distribución descrito en las fichas de identificación de especies forestales elaboradas por el Organismo de Supervisión de los Recursos

Forestales y de Fauna Silvestre (OSINFOR, 2019). Por lo que, realizar estos modelos, basados en los datos de presencia de las tres especies forestales, ofrecen una valiosa contribución para enriquecer las bases de datos a escalas de planificación y gestión forestal local, regional y nacional.

En un contexto de recuperar espacios degradados, la distribución de *Jacaranda copaia*, principalmente en las provincias de Bagua y Condorcanqui constituye una opción para recuperar áreas degradadas producto de la deforestación o particularmente en territorios afectados por derrames de petróleo como lo reportado en el río Chiriaco (Bagua) en el año 2016 (OEFA, 2016). Considerando que *Jacaranda copaia* ha demostrado la capacidad de crecer en suelos contaminados por hidrocarburos, pues dicha especie se podría considerar como una especie acumuladora de Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP) (Wagner & Castillo, 2018).

De igual manera, la especie *Caesalpinia spinosa* al ser una especie que no requiere suelos de alta calidad y crecer incluso en suelos pedregosos (Plaza, 2019). Por lo que, en las áreas potenciales identificadas en la región Amazonas con similares características, es posible instalar esta especie para restaurar áreas afectadas por la erosión, compactación, degradación del suelo o con bajos niveles de materia orgánica (Bereche & Casas, 2017) en el ámbito de Chachapoyas y Luya. Sumado a ello, un estudio previo a identificado a esta especie como uso de fuente de energía en comunidades locales el ámbito del centro poblado Señor de los Milagros, distrito de Magdalena, a orillas del río Utcubamba en la provincia de Chachapoyas (Epiquin et al., 2019).

Así también, *Alnus acuminata* es una especie precursora y de predominancia en ecosistemas andino (Conde Pulgarin et al., 2010). En Amazonas, además de encontrarse en estado natural, se ha incrementado su implementación a través de plantaciones en sistemas de cercos vivos, sistemas agroforestales (Saucedo, 2022). Lo cual coincide con lo visualizado *in-situ* a partir de la distribución obtenida de la especie, en el ámbito del distrito de Molinopampa en la provincia de Chachapoyas, además de los territorios en Bongará y Luya respectivamente. Sumado a ello, desde una perspectiva edáfica y climática esta especie se adecúa a las condiciones de precipitación en Amazonas, con requerimientos promedios de 14,5 °C y una precipitación promedio anual de 1200 mm (Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, 2007), además de características edáficas de suelos de textura franca, con un rango de pH que varía entre 5,4 y 6,3, y niveles de materia orgánica que oscilan entre 4,01% y 6,28% (Navas, 2007).

Finalmente, las tierras en el departamento de Amazonas a través de los años se han visto agravadas, por la explotación excesiva de productos forestales maderables y no maderables, incendios, pastoreo y otras actividades humanas (Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA), 2014). Esto ha conllevado a la pérdida de bosques en áreas principalmente de 1 a 5 hectáreas según lo reportado por el Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático (PNCBMCC) del MINAM, (MINAM, 2022a) sumando una pérdida de 109 955 hectáreas entre 2001 – 2021 en el ámbito del departamento de Amazonas (GEOBOSQUES, 2022). Por lo que, se requiere una acción decidida y colaborativa para abordar y mitigar estas perturbaciones, en coordinación con los diferentes niveles de gobierno (Rojas et al., 2020). Siendo así, este estudio identifica áreas potenciales de distribución de especies con potencial para recuperar espacios degradados y proporciona una base valiosa para la formulación de planes y estrategias para un manejo integral del territorio.

En última instancia, la restauración de los bosques y paisajes en la región Amazonas no solo es una responsabilidad ambiental, sino contribuir a la regulación de los recursos hídricos, buscando reponer los servicios ecosistémicos y hábitat silvestres, considerando las lecciones y experiencias que a través de los años se han realizado a nivel nacional con una participación activa de las Organizaciones No Gubernamentales (ONG), el estado mismo, las universidades y actores locales (SERFOR, 2018). A partir de ello, mediante una cooperación interinstitucional y población de comunidades locales, es posible promover la rehabilitación de áreas degradadas, buscando mejoras de calidad de vida a través de instalación de plantaciones, sistemas agroforestales y manejo de regeneración secundaria (Meza et al., 2006). Por lo que, este estudio contribuye como una base para conocer las áreas potenciales en las cuales se distribuyen las tres especies, y a partir de ello, formular estrategias de manejo forestal integrado, aunando esfuerzos para recuperar territorios degradados, instalando plantaciones con fines de producción, protección y recuperación, manejo de regeneración natural, procurando la recuperación de la vegetación y la restauración de los ecosistemas en la región Amazonas.

V. CONCLUSIONES

A partir del otorgamiento de títulos habilitantes y registros de plantaciones forestales otorgados por la Dirección Ejecutiva de Gestión de Bosques y de Fauna Silvestre (DEGBFS) en su calidad de Autoridad Regional Forestal y de Fauna Silvestre de la región Amazonas. Se identificó a tres especies con potencial para recuperar áreas degradadas, considerando su viabilidad para la restauración ecológica, importancia ecológica y económica, siendo las especies maderables de *Jacaranda copaia* y *Alnus acuminata*, además de la especie no maderable *Caesalpinia spinosa* respectivamente.

Se utilizaron en total 138 datos de presencia y 15 variables para el modelamiento de distribución potencial utilizando el algoritmo MaxEnt, obteniendo un rendimiento excelente con valores de AUC = 0.93 para *A. acuminata*, 0.98 para *C. spinosa* y 0.97 para *J. copaia* respectivamente. Asimismo, las variables como la altitud, nitrógeno del suelo y estacionalidad de precipitación contribuyeron en un 53.7% al modelamiento de *A. acuminata*. De igual manera en un 93.1% contribuyeron las variables de altitud, tipo de ecosistema y estacionalidad de precipitación para *C. spinosa* y para el caso de *J. copaia* las variables que más contribuyeron al modelamiento fueron la altitud, humedad relativa y aspecto del terreno en un 78.9% de contribución al proceso de modelado.

En conjunto, la distribución potencial de las tres especies cubre aproximadamente el 19.45% de la superficie total del departamento. Presentando una distribución alta para *C. spinosa* (3,962.74 ha) en las provincias de Chachapoyas y Luya. Para *A. acuminata* (71,891.78ha), además de las 2 provincias anteriores, esta especie abarca territorio de las provincias de Bongará y Rodríguez de Mendoza. *J. copaia*, se distribuye potencialmente alto al norte de Amazonas entre las provincias de Condorcanqui y Bagua principalmente, en una superficie aproximada de 25,088.72 ha. Asimismo, estas especies presentan una distribución potencialmente alta para recuperar en 31,520 ha dentro del ámbito de estudio.

VI. RECOMENDACIONES

Es esencial en futuras investigaciones enriquecer la base de datos existente con registros de especies forestales debidamente georreferenciados. Asimismo, utilizar variables a diferentes escalas de evaluación y su integración con algoritmos de aprendizaje automático; ello permitirá comparar los rangos de distribución y obtener una comprensión más integral de las áreas de distribución a nivel regional y nacional. Finalmente, es importante considerar a los modelos de distribución como un insumo para planificar proyectos con fines de reforestación o manejo de los bosques, contribuyendo de esta manera a tener data actualizada para una toma de decisiones para una conservación de la biodiversidad y la gestión adecuada de los recursos naturales.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo V., J. O. (2011). *Comportamiento del Alnus acuminata H.B.K. en suelos erosionados y climas adversos.*
- Alfonso-corrado, C., Naranjo-luna, F., Clark-tapia, R., Campos, J. E., Rojas-soto, O. R., & Bodenhorn, B. (2017). *Effects of Environmental Changes on the Occurrence of Oreomunnea mexicana (Juglandaceae) in a Biodiversity Hotspot Cloud Forest.* 1–15. <https://doi.org/10.3390/f8080261>
- Anderson, R. P., Lew, D., & Peterson, A. T. (2019). *Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models.* *Ecological Modelling.* 312.
- Araujo, K. (2019). *Plan de marketing para mejorar la comercialización del hongo comestible (Suillus Luteos) en el distrito de Luya Viejo-Amazonas,2018 [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Toribio Rodriguez de Mendoza de Amazonas.*
- Bai, Y., Wei, X., & Li, X. (2018). *Distributional dynamics of a vulnerable species in response to past and future climate change : a window for conservation prospects.* 1–25. <https://doi.org/10.7717/peerj.4287>
- Beaumont, L. J., Hughes, L., & Poulsen, M. (2005). *Predicting species distributions : use of climatic parameters in BIOCLIM and its impact on predictions of species' current and future distributions.* 186, 250–269. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.01.030>
- Beltramino, A. A., Vogler, R. E., Gregoric, D. E. G., & Rumi, A. (2015). *Impact of climate change on the distribution of a giant land snail from South America : predicting future trends for setting conservation priorities on native malacofauna.* <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1405-3>
- Bereche, Y. M., & Casas, Y. P. (2017). *“Factores limitantes de la exportación de Derivados de tara (Caesalpinia spinosa) del Departamento DE Lambayeque en el periodo 2013 – 2014” [UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUÍZ GALLO”].* <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/2205/BC-TES-TMP-1080.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bustamante-Sánchez, M. Á., Hernández-Moreno, Á., & Valenzuela-Sánchez, A. (2016). *Using maximum entropy modeling to predict the potential distribution of invasive Pinus radiata in Chile.* *Bosque,* 37(3), 529-536. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-92002016000300017&script=sci_arttext&tlng=en
- Caicedo Escobar Héctor Fernando. (2021). *Estudio de la especie forestal nativa Chingale (Jacaranda copaia) como componente agroforestal en Caquetá [Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD].* <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/43493/hfcaicedoe.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Chazdon, R. L. (2019). Towards more effective integration of tropical forest restoration and conservation. *Biotropica*, 51(4), 463–472. <https://doi.org/10.1111/btp.12678>
- Conde Pulgarin, A., Marcela, A. Saavedra. G., Criollo Campos, P. J., Carvajal Salcedo, T., Roa Triana, J., Cuesta Peralta, A., Umaña Arboleda, A., Bernal, L. M., de Escovar, L., & Sánchez Matta, L. (2010). *El aliso (Alnus acuminata H.B.K.) como alternativa silvopastoril en el manejo sostenible de praderas en el trópico alto colombiano*. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13489>
- De la Torre Lucía. (2018). La Tara, beneficios ambientales y recomendaciones para su manejo sostenible en relictos de bosque y sistemas agroforestales. *Consortio Para El Desarrollo Sostenible de La Ecorregión Andina – CONDESAN*.
- Dormann, C. F., Elith, J., Bacher, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré, G., Marquéz, J. R. G., Gruber, B., Lafourcade, B., Leitão, P. J., Münkemüller, T., McClean, C., Osborne, P. E., Reineking, B., Schröder, B., Skidmore, A. K., Zurell, D., & Lautenbach, S. (2012). *Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance*. February, 1–20. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x>
- Elith, J., Ferrier, S., Guisan, A., Graham, C. H., Anderson, R. P., Dudı, M., Hijmans, R. J., Huettmann, F., Leathwick, J. R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, L. G., Loiselle, B. A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J. M., Peterson, A. T., ... Zimmermann, N. E. (2006). *Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data*. 2(January).
- Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., & Dudı, M. (2011). *A statistical explanation of MaxEnt for*. 43–57. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x>
- Epiquin Rojas, M. L., Román Peña, A., Chichipe Vela, E., & Arce Inga, M. (2019). Evaluación de carbono total en bosque de tara (*Caesalpinia spinosa* Molina Kuntze): Centro Poblado Señor de los Milagros. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 2(3), 39. <https://doi.org/10.25127/aps.20183.402>
- Fick, S. E. (2017). *WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas*. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- Flores, G., Vargas, M., & Tejada, R. (2019). Análisis de la deforestación en la región Amazonas, Perú. *Revista Forestal Del Perú*, 14(1), 1–14. <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rfp/article/view/1863>
- Flores, J., Linares-Palomino, J., & García-Villacorta, M. (2019). Predicting potential distribution of tree species in Pacaya Samiria National Reserve (Peruvian Amazonia) for restoration purposes. *Forests*. *Forests*, 10(12), 1114. <https://doi.org/10.3390/f10121114>
- Frey, G. P., West, T. A. P., Hickler, T., Rausch, L., Gibbs, H. K., & Börner, J. (2018). *Simulated Impacts of Soy and Infrastructure Expansion in the Brazilian Amazon: A Maximum Entropy Approach*. 1–23. <https://doi.org/10.3390/f9100600>

- García-Martín, A., Ruokolainen, K., Räsänen, M., Kukkonen, M., Pohjanmies, T., Pukkala, T., & Oksanen, J. (2019). *Potential forest restoration areas around the globe based on forest type suitability and priority areas for multiple ecosystem services*. *Scientific Reports*, 9(1), 1–10. <https://www.nature.com/articles/s41598-019-48102-1>
- GEOBOSQUES. (2022). *Bosque y Pérdida de Bosque*. <https://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/perdida.php>. Accessed 12 December. 2022.
- Gil Carbo, G. E. (2017). *Modelos de distribución y su aplicación en la conservación de mamíferos terrestres sudamericanos*. 1–127.
- González, A. N., González, F. M. C., Hernández, J. C. M., & González, O. N. (2021). Change of coverage and land use in coastal plain associated with anthropogenic processes: Case san blas, nayarit. *Madera y Bosques*, 27(1), 1–21. <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2712104>
- Hanley, J. A., & McNeil, B. J. (1982). The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology*, 143(1), 29–36. <https://doi.org/10.1148/radiology.143.1.7063747>
- Hengl, T., Jesus, F., Heuvelink, G., Ruiperez, M., Kilibarda, Mi., Blagoti, A., Shangguan, W., Wright, M., Geng, X., Bauer-marschallinger, B., Guevara, M., Vargas, R., Macmillan, R., Batjes, N., Leenaars, J., Ribeiro, E., Wheeler, I., Mantel, S., & Kempen, B. (2017). *SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169748>
- Hengl, T., Mendes de Jesus, J., M Heuvelink, G. B., Ruiperez Gonzalez, M., Kilibarda, M., Blagotić, A., Shangguan, W., Wright, M. N., Geng, X., Bauer-Marschallinger, B., Antonio Guevara, M., Vargas, R., MacMillan, R. A., Batjes, N. H., B Leenaars, J. G., Ribeiro, E., Wheeler, I., Mantel, S., Kempen, B., ... Gonzalez, R. M. (2017). *SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169748>
- Hosni, E. M., Nasser, M. G., Al-Ashaal, S. A., Rady, M. H., & Kenawy, M. A. (2020). Modeling current and future global distribution of *Chrysomya bezziana* under changing climate. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61962-8>
- Iii, F. S. C., Carpenter, S. R., Kofinas, G. P., Folke, C., Abel, N., Clark, W. C., Olsson, P., Smith, D. M. S., Walker, B., Young, O. R., Berkes, F., Biggs, R., Grove, J. M., Naylor, R. L., Pinkerton, E., Steffen, W., & Swanson, F. J. (2009). Ecosystem stewardship: sustainability strategies for a rapidly changing planet. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(4), 241–249. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.10.008>
- Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. (2007). *Zonificación Ecológica y Económica del departamento de Amazonas. IIAP. I.. Edición, Lima, Perú*, 199.

- Kölling, C. (2013). Nichtheimische Baumarten – Alternativen im klimagerechten Waldumbau? Von der Herkulesaufgabe, die richtigen Baumarten zu finden. *LWF Aktuell*, 96, 4–11.
- Leal-Nares, Ó., Mendoza, M. E., Pérez-Salicrup, D., Geneletti, D., López-Granados, E., & Carranza, E. (2012). Distribución potencial del *Pinus martinezii*: un modelo espacial basado en conocimiento ecológico y análisis multicriterio. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(4), 1152–1170. <https://doi.org/10.7550/rmb.27199>
- León-Velarde, C., Linares-Palomino, R., & García-Villacorta, R. (2018). Potential distribution of timber tree species in the San Martín region (northeastern Peru) under current and future climate change scenarios. *Forests*, 9(5), 249. <https://doi.org/10.3390/f9050249>
- Mateo, R. G., Felicísimo, A. M., & Muñoz, J. (2011). Species distributions models: A synthetic revision | Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84(2), 217–240. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2011000200008>
- Maués, M. M., Oliveira, P. E. A. M. D. E., & Kanashiro, M. (2008). *Pollination biology in Jacaranda copaia (Aubl.) D. Don. (Bignoniaceae) at the “ Floresta Nacional do Tapajós ”, Central Amazon, Brazil* 1. 517–527.
- Meza, A., Sabogal, C., & Jong, W. de. (2006). *Rehabilitación de áreas degradadas en la Amazonia peruana Revisión de experiencias y lecciones aprendidas 1*.
- MINAM. (2014). *Peru Reino Bosques*. 1–157. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/peru-reino-bosques>
- MINAM. (2021). *Mapa Nacional de áreas degradadas: Año 2021*. https://geoservidor.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/05/mapa-de-areas_degradadas_2021.png
- MINAM. (2022a). *Áreas Degradadas para la Conservación*. <https://geoservidor.minam.gob.pe/monitoreo-y-evaluacion/restauracion-de-areas-degradadas/>
- MINAM. (2022b). *Los Bosques en cifras....* <https://www.minam.gob.pe/bosques/los-bosques-en-cifras/>
- Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI]. (2009). *Región de Amazonas*. 52–58. http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/organizaciones/dgpa/documentos/estudio_cacao/4_3_1amazonas_informefinal.pdf
- Ministerio del ambiente [MINAM]. (2016). *Informe del Estado del Ambiente*. <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/22822-informe-del-estado-del-ambiente>
- Molina-Martínez, J. R., Martínez-Murcia, J. A., García-Sánchez, F., Sánchez-López, S., & Martínez-Sánchez, J. J. (2017). Assessment of the potential of forest restoration

- using species distribution models: a case study in Murcia (SE Spain). *Forest Systems*, 26(1). <https://doi.org/10.5424/fs/2017261-09824>.
- Moran, M. (2017). *Lucha contra el cambio climático - Desarrollo Sostenible. Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change/%0A%0A>
- Navas P., A. (2007). Sistemas silvopastoriles para el diseño de fincas ganaderas sostenibles. *Revista ACOVEZ*, 16. www.produccion-animal.com.ar
- Naveda-rodríguez, A., Vargas, F. H., Kohn, S., & Zapata-, G. (2016). *Andean Condor (Vultur gryphus) in Ecuador : Geographic Distribution , Population Size and Extinction Risk*. 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151827>
- Nicolas Dostert, J. R. ;, Grischá Brokamp, A. ;, Aunci3n, C. ;, La Torre, M., & Maximilian, W. (2009). *Factsheet : Datos bot3nicos de Tara*.
- OEFA. (2016). *Reporte p3blico del informe de supervisi3n directa N° 633-2016-OEFA/DS-HID. MINAM, Direcci3n de Supervisi3n, Lima*. www.oefa.gob
- Oficina de gesti3n de la informaci3n y estadística. (2019). *Carpeta georeferencial regi3n amazonas perú*. 1–21.
- Organismo de Supervisi3n de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre [OSINFOR]. (2021). *Estudio ecol3gico de la estructura vertical de las principales especies forestales maderables en la amazonía peruana*.
- OSINFOR. (2013). Modelamiento espacial de nichos ecol3gicos para la evaluaci3n de presencia de especies forestales maderables en la Amazonía Peruana. *Serie T3cnica N° 4*, 82. http://www.osinfor.gob.pe/portal/data/destacado/adjunto/modelamiento_nichos_ecologicos.pdf
- OSINFOR. (2019). “*Fichas de identificaci3n de especies forestales maderables de la Concesi3n Forestal Espinoza, Provincia de Tahuamanu, Departamento de Madre de Dios*”, como producto del VI Curso Taller: “*Fortalecimiento de capacidades a supervisores forestales en aplicaci3n*”. 1–59.
- Otieno, B. A., Nahrung, H. F., & Steinbauer, M. J. (2019). *Where Did You Come From ? Where Did You Go ? Investigating the Origin of Invasive Leptocybe Species Using Distribution Modelling*. <https://doi.org/10.3390/f10020115>
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). *Maximum entropy modeling of species geographic distributions*. 190, 231–259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Phillips, S. J., & Dudí, M. (2008). *Modeling of species distributions with Maxent : new extensions and a comprehensive evaluation*. December 2007, 161–175. <https://doi.org/10.1111/j.2007.0906-7590.05203.x>
- Plaza V., Á. (2019). *Generaci3n de una combinaci3n de plantas para la rehabilitaci3n Ecol3gica inicial del bosque mediterráneo de Chile*. [1 UNIVERSIDAD DE

- CHILE].
https://investigacion.conaf.cl/archivos/repositorio_documento/2020/08/Tesis_-.pdf
- Portal iPerú. (2022). *Clima de Amazonas*. <https://www.iperu.org/clima-de-amazonas-peru>
- Ríos, O. V. (2011). Restauración ecológica: Biodiversidad y conservación. *Acta Biologica Colombiana*, 16(2), 221–246.
- Rojas, C., López, C., Álvarez, M., Gil-Cardesa, & L., M. (2020). Oportunidades para la restauración ecológica en la mitigación del cambio climático y la adaptación en Latinoamérica. *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*, 20(3), 393–409. <https://link.springer.com/journal/13712/20/3>.
- Sánchez-Cordero, V., Martínez-Meyer, E., & Martínez-Meyer, S. (2019). Limitations of species distribution models for the establishment of conservation policies. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7, 178.
- Santini, L., Benítez-López, A., Maiorano, L., Čengić, M., & Huijbregts, M. A. J. (2021). Assessing the reliability of species distribution projections in climate change research. *Diversity and Distributions*, 27(6), 1035–1050. <https://doi.org/10.1111/ddi.13252>
- Saucedo J., O. M. , M. J. (2022). Arreglos silvopastoriles con especie arbórea *Alnus acuminata* (aliso) y su efecto sobre los factores ambientales de sistemas ganaderos RIA. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 46(3), 323–328.
- SERFOR. (2015). *Ley Forestal y de Fauna Silvestre N° 29763 y sus reglamentos*. <https://www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2016/03/LFFS-Y-SUS-REGLAMENTOS.pdf>
- SERFOR. (2018). *Lineamientos para la Restauración de Ecosistemas Forestales y otros Ecosistemas de Vegetación Silvestre*.
- Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA). (2014). *Hectáreas de áreas degradadas identificadas, categorizadas y caracterizadas difundidas a través del Geoservidor dirigido a las entidades públicas y privadas para la toma de decisiones*. <https://sinia.minam.gob.pe/indicadores/hectareas-areas-degradadas-identificadas-categorizadas>
- Tanner, C. J., Adler, F. R., Grimm, N. B., Groffman, P. M., Levin, S. A., Munshi-south, J., Pataki, D. E., Pavao-zuckerman, M., & Wilson, W. G. (2014). *Urban ecology : advancing science and society In a nutshell : 2008*. <https://doi.org/10.1890/140019>
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2018). *Cambio climático 2018: Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C sobre los sistemas humanos y naturales*. <https://www.ipcc.ch/sr15/>

- Townsend Peterson, A., Papeş, M., & Eaton, M. (2007). Transferability and model evaluation in ecological niche modeling: a comparison of GARP and Maxent. *Ecography*, 30(4), 550–560. <https://doi.org/10.1111/j.2007.0906-7590.05102.x>
- Uribe Botero, Eduardo. (2015). *El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina*.
- Wagner, M. S., & Castillo, G. (2018). *Prospección de especies arbóreas para la fitorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos en el distrito de Imaza, Bagua, Amazonas*. <https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/1364/YOPLAC%20VIGO%20-%20TUESTA%20CHAVEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Xu, X., Zhang, H., Yue, J., Xie, T., Xu, Y., & Tian, Y. (2018). *Predicting Shifts in the Suitable Climatic Distribution of Walnut (Juglans regia L .) in China : Maximum Entropy Model Paves the Way to Forest Management*. <https://doi.org/10.3390/f9030103>
- Zhang, K., Zhang, Y., & Tao, J. (2019). *Predicting the Potential Distribution of Paeonia veitchii (Paeoniaceae) in China by Incorporating Climate Change into a Maxent Model*. <https://doi.org/10.3390/f10020190>

ANEXOS

Tabla 7

Variables iniciales para el modelamiento.

Categoría	Variable	Descripción	Unidad
Bioclimáticas	Bio1	Temperatura (T°) media anual	°C
	Bio2	Rango de temperatura media diaria	°C
	Bio3	Isotermalidad (BIO2/BIO7)*(100)	°C
	Bio4	T° estacional (desviación estándar*100)	°C
	Bio5	T° máxima del mes más cálido	°C
	Bio6	T° mínima del mes más frío	°C
	Bio7	Rango anual de temperatura (BIO-BIO6)	°C
	Bio8	T° promedio del trimestre más lluvioso	°C
	Bio9	T° promedio del trimestre más seco	°C
	Bio10	T° promedio del trimestre más cálido	°C
	Bio11	Temperatura promedio del trimestre más frío	°C
	Bio12	Precipitación anual	mm
	Bio13	Precipitación del mes más lluvioso	mm
	Bio14	Precipitación del mes más seco	mm
	Bio15	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación)	mm
	Bio16	Precipitación del trimestre más lluvioso	mm
	Bio17	Precipitación del trimestre más seco	mm
	Bio18	Precipitación del cuarto más cálido	mm
	Bio19	Precipitación del cuarto más frío	mm
	Rad	Radiación solar	kJ m-2 day-1
	Rhm	Humedad relativa	
	Clim	Clima	
Topográficas	Expo	Exposición	°
	Elev	Elevación sobre el nivel del mar	m
	Aspec	Dirección de la pendiente cardinal	°
	Pend	Pendiente	°
Edáficas	pH	pH x 10 a 0,30 m (KCl)	KCl
	CIC	Capacidad de intercambio catiónico (a pH 7) 0,30 m	cmolc kg-1
	Cot	Contenido de carbono orgánico (fracción de tierra fina) a 0.15 m	g kg-1
	N	Nitrógeno	%
	Silt	Contenido de Limo	%
	Sand	Contenido de arena	%
	Clay	Contenido de arcilla	%
	Soc	Carbono orgánico del suelo	%
	Cfvo	Contenido de fragmentos gruesos	%
	CEC	Capacidad efectiva de intercambio catiónico	cmol
Ecológica	Bdod	Densidad aparente de todo el suelo	kg/cubic-m
	Eco	Ecosistema	%

Tabla 8

Volumen aprobado de especies maderables por provincia entre los años 2016 al 2021.

Año / Prov.	Bagua	Bongará	Chachapoyas	Condorcanqui	Luya	Rod. de Mendoza	Total
2016	1,109.1			1,135.9			2,245.0
2017	382.7	646.0		2,337.6			3,366.3
2018	2,281.6	608.1	267.6	4,432.0	137.2	552.5	8,279.1
2019	1,684.4			5,198.3		1,812.5	8,695.3
2020	1054.8			4,633.5	37.5	189.8	5,915.6
2021	3,183.6			8,354.2			11,537.8
Total	9,696.2	1,254.2	267.6	26,091.6	174.7	2,554.8	40,039.1

Tabla 9

Volumen de producción de Caesalpinia spinosa. en Chachapoyas.

Chachapoyas						
Año	La Jalca	Magdalena	Mariscal Castilla	San Francisco de Daguas	Sonche	Total
2016	1,193,800		483,960	696,300		2,374,060
2018	2,979,500				573,309	3,552,809
2019		276,029				276,029
2020				271,380		271,380
Total (kg)	4,173,300	276,029	483,960	967,680	573,309	6,474,279

Tabla 10

Volumen de Gynerium sagittatum, Hevea guianensis y Hevea brasiliensis en Bagua y Condorcanqui.

	Hevea brasiliensis	Hevea guianensis	Gynerium sagittatum
Prov. / Año	(Lt)	(Kg)	(Unidades)
Bagua	47160		178000
2021	47,160.0		178,000.0
Condorcanqui	2,779.2	10,693.34	
2016	1,613		
2017	1,166.4		
2019		10,693	
Total	49,939.2	10,693.3	178,000.0

Tabla 11*Registro de plantaciones por provincia del año 2016 al 2021.*

Prov./Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Total
Bagua	103.0	102.0	98.7	170.8	74.3	67.6	616.3
Bongará	2.9	77.9	131.2	3.2	4.3	444.1	663.5
Chachapoyas	124.1	287.5	592.8	913.3	4.9	1,066.1	2,988.7
Condorcanqui	12.6	55.0	16.6	28.8	100.1	4,097.9	4,310.8
Luya	30.3	101.6	267.6	897.4	0.6	107.7	1,405.2
Rodríguez De Mendoza	2.8	92.8	105.7		54.5	48.8	304.5
Utcubamba	0.1	26.9	20.3	6.3	15.8	4.8	74.1
Total	275.8	743.7	1,232.9	2,019.7	254.3	5,836.8	10,363.3

Tabla 12*Registro de plantaciones de *Alnus acuminata*. por provincia.*

<i>Alnus acuminata</i>	
Provincias	Área (Has)
Bongará	44.2
Chachapoyas	32.5
Luya	15.0
Total	91.7

Tabla 13*Registro de plantaciones de *Caesalpineia spinosa*. por provincia.*

<i>Caesalpineia spinosa.</i>	
Provincias	Área (Has)
Chachapoyas	84.8
Luya	70.3
Total	155.1

Tabla 14

Registro de plantaciones de Jacaranda copaia por provincia.

<i>Jacaranda copaia.</i>	
Provincias	Área (Has)
Bagua	4.9
Condorcanqui	2.9
Total	7.8

Tabla 15

Lista de especies solicitadas para aprovechamiento mediante Títulos Habilitantes (2016 – 2021).

ESPECIE	NOMBRE COMERCIAL	PROVINCIA	DEPARTAMENTO
<i>Caesalpinia spinosa</i>	Tara	Chachapoyas	Amazonas
<i>Jacaranda copaia</i>	Ciruelo	Condorcanqui	Amazonas
<i>Ceiba pentandra</i>	Lupuna	Condorcanqui	Amazonas
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	Condorcanqui	Amazonas
<i>Cedrela nebulosa</i>	Cedro lila	Bongará	Amazonas
<i>Nectandra sp.</i>	Moena	Condorcanqui	Amazonas
<i>Cedrelinga cateniformis</i>	Tornillo	Condorcanqui	Amazonas
<i>Brosimum alicastrum</i>	Congona	Condorcanqui	Amazonas
<i>Sterculia speciosa</i>	Zapote	Condorcanqui	Amazonas
<i>Hevea brasiliensis</i>	Shiringa	Condorcanqui	Amazonas
<i>Aniba sp.</i>	Moena	Condorcanqui	Amazonas
<i>Laetia procera</i>	Chontaquiro	Bagua	Amazonas
<i>Chrysophyllum sanguinolentum</i>	Hoja fina	Bagua	Amazonas
<i>Tachigali peruviana</i>	Guabilla	Bagua	Amazonas
<i>Tapirira retusa</i>	Lagarto caspi	Bagua	Amazonas

<i>Brosimum alicastrum</i>	Payan	Bagua	Amazonas
<i>Myrcianthes sp</i>	Chontaquiro	Bagua	Amazonas
<i>Protium sp.</i>	Copal	Condorcanqui	Amazonas
<i>Acacia sp</i>	Hoja fina	Condorcanqui	Amazonas
<i>Iryanthera sp.</i>	Lucmo	Condorcanqui	Amazonas
<i>Osteophloeum platyspermum</i>	Sempo amarillo / Seica	Condorcanqui	Amazonas
<i>Parkia sp</i>	Guabilla	Bagua	Amazonas
<i>Acaciella villosa</i>	Guabilla	Bagua	Amazonas
<i>Macrolobium sp</i>	Hoja Fina	Bagua	Amazonas
<i>Acaciella villosa</i>	Hoja fina	Condorcanqui	Amazonas
<i>Myrsine sp</i>	Lechero	Condorcanqui	Amazonas
<i>Osteophloeum platyspermum</i>	Sempo	Condorcanqui	Amazonas
<i>Diplostropis martiusii Benth</i>	Chontaquiro negro	Condorcanqui	Amazonas
<i>Qualea aff, paraensis Ducke</i>	Chontaquiro	Condorcanqui	Amazonas
<i>Machaerium aff hirtum (Vell.) Stellfed</i>	Chontaquiro amarillo	Condorcanqui	Amazonas
<i>Ceiba insignis</i>	Lupuna	Condorcanqui	Amazonas
<i>Endlicheria sp</i>	Moena	Condorcanqui	Amazonas
<i>chrysophyllum spp</i>	Hoja fina	Bagua	Amazonas
<i>Inga sp</i>	Huabilla	Bagua	Amazonas
<i>Parkia sp</i>	Huabilla	Bagua	Amazonas
<i>Vochysia sp</i>	Paonin	Bagua	Amazonas
<i>Virola sp</i>	Sempo	Bagua	Amazonas
<i>Otoba parvifolia</i>	Sempo	Condorcanqui	Amazonas
<i>Ochroma pyramidale</i>	Topa	Bagua	Amazonas
<i>Ocotea sp</i>	Moena	Condorcanqui	Amazonas
<i>Pterygota amazonica</i>	Zapotillo	Condorcanqui	Amazonas
<i>Osteophloeum platyspermum</i>	Sempo amarillo o Seica	Condorcanqui	Amazonas
<i>Cedrela montana</i>	Cedro	Rodríguez de Mendoza	Amazonas

<i>Qualea sp</i>	Chontaquiro	Condorcanqui	Amazonas
<i>Virola sp</i>	Cumala	Condorcanqui	Amazonas
<i>Tachigaly sp</i>	Guabilla	Condorcanqui	Amazonas
<i>Nectandra longifolia</i>	Moena amarilla	Condorcanqui	Amazonas
<i>Cariniana decandra</i>	Papelillo	Condorcanqui	Amazonas
<i>Osteophloeum platyspemum</i>	Sempo amarillo	Condorcanqui	Amazonas
<i>Micranta elata</i>	Shiringa	Condorcanqui	Amazonas
<i>Buchenavia grandis Ducke</i>	Yacushapana	Condorcanqui	Amazonas
<i>Virola sebifera Aul.</i>	Sempo	Bagua	Amazonas
<i>Sterculia speciosa</i>	Zapotillo	Bagua	Amazonas
<i>Ficus sp.</i>	Oje	Bagua	Amazonas
<i>Gynerium sagittatum</i>	Caña brava	Bagua	Amazonas

Tabla 16

Lista de principales especies inscritas mediante registro de plantaciones forestales.

ESPECIE	PROVINCIA	DEPARTAMENTO
<i>Guazuma crinita</i>	Condorcanqui	Amazonas
<i>Calycophyllum spruceanum</i>	Condorcanqui	Amazonas
<i>Cupressus sp.</i>	Luya	Amazonas
<i>Aniba sp.</i>	Rodríguez Mendoza	De Amazonas
<i>Swietenia macrophylla</i>	Bagua	Amazonas
<i>Pinus sp.</i>	Chachapoyas	Amazonas
<i>Alnus acuminata</i>	Chachapoyas	Amazonas
<i>Eucalyptus sp.</i>	Luya	Amazonas
<i>Acacia sp.</i>	Bongará	Amazonas
<i>Eucalyptus saligna</i>	Bagua	Amazonas
<i>Eucalyptus rostrata</i>	Chachapoyas	Amazonas
<i>Dendrocalamus asper</i>	Bagua	Amazonas
<i>Pinus pseudostrobus</i>	Luya	Amazonas

<i>Jacaranda copaia</i>	Condorcanqui	Amazonas
<i>Piptocoma discolor</i>	Condorcanqui	Amazonas
<i>Alnus sp.</i>	Chachapoyas	Amazonas
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	Chachapoyas	Amazonas
<i>Ceroxylon echinulatum</i>	Chachapoyas	Amazonas
<i>Croton sp.</i>	Condorcanqui	Amazonas
<i>Cedrela montana</i>	Rodríguez Mendoza	De Amazonas
<i>Cedrela alliacea</i>	Bagua	Amazonas
<i>Myrica pubescens</i>	Bagua	Amazonas
<i>Nectandra berchemiaefolia</i>	Bagua	Amazonas
<i>Amburana cearensis</i>	Bagua	Amazonas
<i>Cedrela odorata</i>	Bagua	Amazonas
<i>Pouteria sp.</i>	Bagua	Amazonas
<i>Tectonis grandis</i>	Bagua	Amazonas
<i>Aniba salicifolia</i>	Condorcanqui	Amazonas
<i>Inga sp.</i>	Condorcanqui	Amazonas
<i>Terminalia amazonia</i>	Bagua	Amazonas
<i>Colubrina sp.</i>	Bongará	Amazonas
<i>Schizolobium sp.</i>	Bongará	Amazonas
<i>Podocarpus sp.</i>	Utcubamba	Amazonas
<i>Tabebuia sp.</i>	Utcubamba	Amazonas
<i>Tectonis grandis</i>	Bagua	Amazonas
<i>Apuleia sp.</i>	Condorcanqui	Amazonas
<i>Myroxylum balsanum</i>	Condorcanqui	Amazonas
<i>Vochysia sp.</i>	Condorcanqui	Amazonas
<i>Cinchona officinalls</i>	Condorcanqui	Amazonas
<i>Apuleia leiocarpa</i>	Condorcanqui	Amazonas
<i>Cinchona sp.</i>	Condorcanqui	Amazonas
<i>Guadua sp.</i>	Condorcanqui	Amazonas
<i>Guarea sp.</i>	Condorcanqui	Amazonas
<i>Chorisia sp.</i>	Condorcanqui	Amazonas
<i>Pinus radiata</i>	Chachapoyas	Amazonas
<i>Caesalpinia spinosa</i>	Chachapoyas	Amazonas
<i>Cedrela sp.</i>	Condorcanqui	Amazonas
<i>Androanthus ochraceus</i>	Condorcanqui	Amazonas

<i>Ormosia sunkei</i>	Condorcanqui	Amazonas
<i>Ocotea sp</i>	Condorcanqui	Amazonas
<i>Cedrela odorata</i>	Utcubamba	Amazonas
<i>Pinus tecunumanii</i>	Rodríguez Mendoza	de Amazonas
<i>Myrsine oligophylla</i>	Bongará	Amazonas
<i>Schizolobium parahyba</i>	Bongará	Amazonas
<i>Pitahaya</i>	Luya	Amazonas
<i>Nectandra sp.</i>	Bagua	Amazonas
<i>Pinus tecunumanii</i>	Rodríguez Mendoza	de Amazonas
<i>Guarea kunthiana</i>	Condorcanqui	Amazonas
<i>Pinus patula</i>	Chachapoyas	Amazonas
<i>Guadua angustifolia</i>	Bagua	Amazonas
<i>Schizolobium amazonicum</i>	Bagua	Amazonas
<i>Calycophyllum spruceanum</i>	Condorcanqui	Amazonas
<i>Guarea guidonia</i>		Amazonas
<i>Virola pavonis</i>		Amazonas
<i>Vachellia macracantha</i>	Utcubamba	Amazonas
<i>Phytelephas macrocarpa</i>	Utcubamba	Amazonas
<i>Carapa guianensis</i>	Utcubamba	Amazonas
<i>Ceiba samauma</i>	Utcubamba	Amazonas
<i>Mauritia flexuosa</i>	Utcubamba	Amazonas
<i>Tachigali polyphylla</i>	Utcubamba	Amazonas
<i>Amburana cearensis</i>	Rodríguez Mendoza	De Amazonas
<i>Ficus insipida</i>		Amazonas
<i>Solanum pseudosycophanta</i>		Amazonas
<i>Colubrina glandulosa</i>	Rodríguez Mendoza	De Amazonas
<i>Eucalyptus torelliana</i>	Rodríguez Mendoza	De Amazonas
<i>Eucalyptus globulos</i>	Rodríguez Mendoza	De Amazonas
<i>Ceiba pentandra</i>	Rodríguez Mendoza	De Amazonas

<i>Hymenolobium pulcherrimum</i>	Rodríguez Mendoza	De	Amazonas
<i>Terminalia oblonga</i>	Rodríguez Mendoza	De	Amazonas
<i>Vochysia vismiifolia</i>	Rodríguez Mendoza	De	Amazonas
<i>Otoba parvifolia</i>	Rodríguez Mendoza	De	Amazonas
<i>Osteophloeum platyspermum</i>	Rodríguez Mendoza	De	Amazonas
<i>Cedrelinga cateniformis</i>	Rodríguez Mendoza	De	Amazonas
<i>Ochroma pyramidale</i>	Condorcanqui		Amazonas
<i>Gordonia fruticosa</i>	Rodríguez Mendoza	De	Amazonas
<i>Aniba muca</i>	Rodríguez Mendoza	De	Amazonas
<i>Cordia alliodora</i>	Rodríguez Mendoza	De	Amazonas
<i>Hura crepitans</i>	Rodríguez Mendoza	De	Amazonas
<i>Aniba amazonica</i>	Rodríguez Mendoza	De	Amazonas
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Rodríguez Mendoza	De	Amazonas
<i>Ocotea aciphylla</i>	Rodríguez Mendoza	de	Amazonas
<i>Ficus insipida</i>	Rodríguez Mendoza	de	Amazonas
<i>Gordonia fruticosa</i>	Rodríguez Mendoza	de	Amazonas
<i>Bambusa vulgaris</i>	Rodríguez Mendoza	de	Amazonas
<i>Alnus acuminata</i>	Luya		Amazonas
<i>Cupressus macrocarpa</i>	Luya		Amazonas
<i>Eucalyptus globulus</i>	Luya		Amazonas