



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

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN  
GESTIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE**

**MODELAMIENTO BIOGEOGRÁFICO DE ESPECIES  
FORESTALES MADERABLES NATIVAS PARA LA  
RECUPERACIÓN DE BOSQUES DEGRADADOS EN  
AMAZONAS, PERÚ**

**Autor: Bach. Dany Alexander Cotrina Sánchez**

**Asesor: Dr. Carlos Alberto Amasifuen Guerra**

Registro (...)

**CHACHAPOYAS - PERÚ**

**2020**



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

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN  
GESTIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE**

**MODELAMIENTO BIOGEOGRÁFICO DE ESPECIES  
FORESTALES MADERABLES NATIVAS PARA LA  
RECUPERACIÓN DE BOSQUES DEGRADADOS EN  
AMAZONAS, PERÚ**

**Autor: Bach. Dany Alexander Cotrina Sánchez**

**Asesor: Dr. Carlos Alberto Amasifuen Guerra**

Registro (...)

**CHACHAPOYAS - PERÚ**

**2020**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por protegerme en estos momentos de incertidumbre y aún brindarme salud.

A mis padres y hermano por sus consejos, enseñanza y apoyo incondicional.

A los docentes de la Escuela de Posgrado por haber contribuido con sus enseñanzas y a mis compañeros de la maestría por haber compartido sus experiencias y conocimiento multidisciplinario.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer en primer lugar a Dios por la vida que nos regala día a día, seguidamente agradecer a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, la cual mediante el proyecto SNIP N° 316114 “Creación de los Servicios de un Laboratorio de Biodiversidad y Conservación de Recursos Genéticos de Especies Silvestres en la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza - región Amazonas”, me brindó el apoyo para llevar a cabo el desarrollo de la presente Tesis Maestral.

Agradecimiento de manera muy especial al equipo profesionales que laboran en el Laboratorio Geomática y Teledetección de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, al equipo de Biodiversidad; por haberme brindado las instalaciones, facilidades, materiales, equipos, por todo su acompañamiento y ayuda brindada.

A los ingenieros, Elgar Barboza por la oportunidad de haberme invitado a formar parte del equipo “Biodiversidad”, a Cristobal Torres por la confianza y el apoyo brindado durante la ejecución de la tesis. Asimismo, agradecer a Nilton Rojas por el apoyo y desarrollo de un aprendizaje de manera conjunta en este camino de la investigación. De igual manera, un agradecimiento especial a mi asesor, el Dr. Carlos A. Amasifuen Guerra, por brindar sus conocimientos, experiencia, paciencia y apoyo desinteresado, durante la ejecución de la presente tesis.

A mis padres y hermano, quienes me han acompañado en todo momento, brindándome su apoyo incondicional para poder lograr mis metas trazadas. Finalmente, un agradecimiento a todas las personas que de alguna manera han contribuido para que este objetivo trazado se pueda cumplir.

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**Dr. Policarpio Chauca Valqui**

RECTOR

**Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón**

VICERRECTOR ACADÉMICO

**Dra. Flor Teresa García Huamán**

VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

**Dr. Raúl Rabanal Oyarce**

DIRECTOR DE ESCUELA DE POSGRADO

## VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS

El que al final suscribe, deja constancia que ha asesorado el proyecto de investigación y la ejecución de la tesis titulada:

**“MODELAMIENTO BIOGEOGRÁFICO DE ESPECIES  
FORESTALES MADERABLES NATIVAS PARA LA  
RECUPERACIÓN DE BOSQUES DEGRADADOS EN AMAZONAS,  
PERÚ”**

**Presentado por el alumno de la Maestría en Gestión para el Desarrollo  
Sustentable:**

Bach. Dany Alexander Cotrina Sánchez

Asimismo, da visto bueno para la presentación del informe final de la tesis en mención, para que sea sometida a revisión por el jurado evaluador, comprometiéndose a orientar y supervisar el levantamiento de observaciones para continuar con los trámites correspondientes.

Se le expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Chachapoyas 10 de marzo del 2020



---

Dr. Carlos Alberto Amasifuen Guerra

Asesor

---

**JURADO CALIFICADOR**



**M. Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz**

**PRESIDENTE**



**M. Sc. Eli Pariente Mondragón**

**SECRETARIO**



**Mg. Walter Daniel Sánchez Aguilar**

**VOCAL**



**ANEXO 6-K**

**DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO DE TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO (X) / DOCTOR ( )**

Yo Dany Alexander Cotrina Sánchez identificado con DNI N° 46449406 estudiante ( )/egresado (X) de Maestría (X)/Doctorado ( ) en Gestión para el Desarrollo Sustentable

de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas:

**DECLARO BAJO JURAMENTO QUE:**

1. Soy autor de la Tesis titulada: Modelamiento biogeográfico de especies forestales maderables nativas para la recuperación de bosques degradados en Amazonas, Perú.



que presento para obtener el Grado Académico de Maestro (X)/Doctor ( ) en: Gestión para el Desarrollo Sustentable

2. La Tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, y para su realización se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La Tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La Tesis presentada no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. La información presentada es real y no ha sido falsificada, ni duplicada, ni copiada.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la Tesis para obtener el Grado Académico de Maestro ( )/Doctor ( ), así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNTRM en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la Tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que la Tesis haya sido publicada anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Chachapoyas, 02 de Junio de 2020

[Firma]  
Firma del(a) Tesista





**ANEXO 6-N**

**ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER  
EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO (X) / DOCTOR ( )**

En la ciudad de Chachapoyas, el día 10 de Julio del año 2020, siendo las 16:00 pm horas, el aspirante Dany Alexander Cotrina Sánchez defiende en sesión pública la Tesis titulada: Modelamiento biogeográfico de especies forestales maderables nativas para la recuperación de bosques degradados en Amazonas, Perú.

para obtener el Grado Académico de Maestro (X)/Doctor ( ) en Gestión para el Desarrollo Sostenible a ser otorgado por la

Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente : M. Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz

Secretario : M. Sc. Eli Pariente Mondragón

Vocal : M. Sc. Walter Daniel Sánchez Aguilar



Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y método, 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, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la Tesis de Maestría (X)/Doctorado ( ), en términos de:

Aprobado (X) Desaprobado ( )

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

Siendo las 5:20 pm horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis de Maestría (X)/Doctorado ( ).

  
SECRETARIO

  
VOCAL

  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES: .....

## CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS .....	v
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS .....	vi
JURADO CALIFICADOR.....	vii
DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO.....	viii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS.....	ix
CONTENIDO.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT .....	xvi
I. INTRODUCCIÓN.....	17
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
2.1. Materiales, equipos y software.....	21
2.2. Metodología .....	22
2.2.1. Área de estudio .....	22
2.2.2. Diseño metodológico.....	23
2.2.3. Análisis de volumen maderable aprovechado .....	25
2.2.4. Recopilación de datos de presencia de las especies forestales maderables .....	26
2.2.5. Acondicionamiento de cartografía base y temática.....	27
2.2.6. Acondicionamiento de variables bioclimáticas, edáficas y fisiográficas .....	27
2.2.7. Extracción de valores en variables climáticas, edáficas y fisiográficas .....	29
2.2.8. Correlación y agrupamiento de variables .....	29
2.2.9. Ejecución del modelo .....	30
2.2.10. Identificación de áreas con potencial para conservación y recuperación .....	31
2.2.11. Visualización y elaboración de mapas cartointerpretables.....	33
III. RESULTADOS .....	34

3.1. Otorgamiento de volumen maderable para aprovechamiento forestal.....	34
3.1.1. Volumen maderable otorgado el año 2016.....	34
3.1.2. Volumen maderable otorgado el año 2017.....	34
3.1.3. Volumen maderable otorgado el año 2018.....	35
3.1.4. Volumen maderable otorgado el año 2019.....	36
3.2. Especies forestales aprovechadas en el departamento de Amazonas.....	36
3.2.1. Especies forestales con mayor aprovechamiento, año 2016 al 2019..	36
3.2.2. Acumulado de las 10 especies con mayor aprovechamiento .....	37
3.3. Distribución biogeográfica de 10 especies forestales maderables en el departamento de Amazonas .....	38
3.3.1. <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke.....	38
3.3.2. <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn. ....	43
3.3.3. <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz. ....	47
3.3.4. <i>Cariniana decandra</i> Ducke .....	51
3.3.5. <i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.....	55
3.3.6. <i>Hura crepitans</i> L. ....	59
3.3.7. <i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H. Gentry.....	63
3.3.8. <i>Inga sp.</i> .....	67
3.3.9. <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth.) Hook. f. ex K. Schum. ....	71
3.3.10. <i>Cedrela odorata</i> L. ....	75
3.4. Niveles de rendimiento de los modelos: área debajo de la curva (AUC) y distribución de 10 especies forestales .....	79
3.5. Conservación y recuperación de bosques degradados en Amazonas.....	79
3.5.1. Conservación en el departamento de Amazonas .....	79
3.5.2. Áreas degradadas en el departamento de Amazonas.....	83
IV. DISCUSIÓN .....	85
V. CONCLUSIONES.....	90
VI. RECOMENDACIONES .....	91
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	92
ANEXOS.....	102
Anexo 1. Otorgamiento de volúmenes maderables a partir de las Ley Forestal y de Fauna Silvestre N° 29763 (01 de octubre del 2015) al 2019.....	102
Anexo 2. Áreas de conservación en el departamento de Amazonas .....	109
Anexo 3. Contribución de variables bioclimáticas, edáficas y fisiográficas .....	110

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales, equipos y softwares.....	21
Tabla 2. Registros de presencia de especies forestales .....	26
Tabla 3. Variables bioclimáticas.....	28
Tabla 4. Especies forestales con mayor demanda de aprovechamiento .....	36
Tabla 5. Aprovechamiento maderable de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke.....	39
Tabla 6. Distribución potencial de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke .....	40
Tabla 7. Aprovechamiento maderable de <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn. ....	43
Tabla 8. Distribución potencial de <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn. ....	44
Tabla 9. Aprovechamiento maderable de <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz. ....	47
Tabla 10. Distribución potencial de <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz. ....	48
Tabla 11. Aprovechamiento maderable de <i>Cariniana decandra</i> Ducke .....	51
Tabla 12. Distribución potencial de <i>Cariniana decandra</i> Ducke.....	52
Tabla 13. Aprovechamiento maderable de <i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.....	55
Tabla 14. Distribución potencial de <i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr .....	56
Tabla 15. Aprovechamiento maderable de <i>Hura crepitans</i> L. ....	59
Tabla 16. Distribución potencial de <i>Hura crepitans</i> L. ....	60
Tabla 17. Aprovechamiento maderable de <i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H. Gentry ....	63
Tabla 18. Distribución potencial de <i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H. Gentry.....	64
Tabla 19. Aprovechamiento maderable de <i>Inga sp.</i> ....	67
Tabla 20. Distribución potencial de <i>Inga sp.</i> ....	68
Tabla 21. Aprovechamiento maderable de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth.) Hook. f. ex K. Schum.....	71
Tabla 22. Distribución potencial de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth.) Hook. f. ex K. Schum .....	72
Tabla 23. Aprovechamiento maderable de <i>Cedrela odorata</i> L. ....	75
Tabla 24. Distribución potencial de <i>Cedrela odorata</i> L.....	76
Tabla 25. Área debajo de la curva (AUC) y distribución de 10 especies forestales.....	79
Tabla 26. Superficie conservada en Amazonas .....	80
Tabla 27. Distribución de especies forestales en áreas de conservación .....	80
Tabla 28. Áreas degradadas en Amazonas .....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio .....	22
Figura 2. Metodología para el modelamiento biográfico de especies forestales .....	24
Figura 3. Curva de transición, bosque, conservación y restauración .....	33
Figura 4. Volumen maderable otorgado el año 2016 en el departamento de Amazonas .....	34
Figura 5. Volumen maderable otorgado el año 2017 en el departamento de Amazonas .....	35
Figura 6. Volumen maderable otorgado el año 2018 en el departamento de Amazonas .....	35
Figura 7. Volumen maderable otorgado el año 2019 en el departamento de Amazonas .....	36
Figura 8. Especies forestales aprovechadas durante el año 2016 al 2019 en el departamento de Amazonas.....	37
Figura 9. Especies con mayor aprovechamiento en el departamento de Amazonas .....	38
Figura 10. Aprovechamiento maderable de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke... ..	39
Figura 11. Distribución potencial de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke en el departamento de Amazonas .....	42
Figura 12. Aprovechamiento maderable de <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn. ....	43
Figura 13. Distribución potencial de <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn. en el departamento de Amazonas.....	46
Figura 14. Aprovechamiento maderable de <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz. ....	47
Figura 15. Distribución potencial de <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz. en el departamento de Amazonas .....	50
Figura 16. Aprovechamiento maderable de <i>Cariniana decandra</i> Ducke .....	51
Figura 17. Distribución potencial de <i>Cariniana decandra</i> Ducke en el departamento de Amazonas.....	54
Figura 18. Aprovechamiento maderable de <i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.....	55
Figura 19. Distribución potencial de <i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr en el departamento de Amazonas .....	58
Figura 20. Aprovechamiento maderable de <i>Hura crepitans</i> L.....	59
Figura 21. Distribución potencial de <i>Hura crepitans</i> L. en el departamento de Amazonas.....	62
Figura 22. Aprovechamiento maderable de <i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H.Gentry ....	63
Figura 23. Distribución potencial de <i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H.Gentry. en el departamento de Amazonas .....	66

Figura 24. Aprovechamiento maderable de <i>Inga sp.</i> .....	67
Figura 25. Distribución potencial de <i>Inga sp.</i> en el departamento de Amazonas.....	70
Figura 26. Aprovechamiento maderable de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth.) Hook. f. ex K. Schum. ....	71
Figura 27. Distribución potencial de <i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth.) Hook. f. ex K. Schum en el departamento de Amazonas.....	74
Figura 28. Aprovechamiento maderable de <i>Cedrela odorata</i> L.....	75
Figura 29. Distribución potencial de <i>Cedrela odorata</i> L. en el departamento de Amazonas .....	78
Figura 30. Áreas de conservación en Amazonas .....	80
Figura 31. Distribución de especies en áreas de conservación.....	81
Figura 32. Distribución potencial y conservación de especies en el departamento de Amazonas.....	82
Figura 33. Pérdida de bosque en el departamento de Amazonas .....	83
Figura 34. Distribución múltiple y coexistencia de especies forestales .....	84

## RESUMEN

La pérdida de cobertura boscosa y la reducción de poblaciones de especies maderables es un problema ambiental que afecta de manera importante el territorio del departamento de Amazonas, Perú. El presente estudio analiza modelos de distribución potencial de diez (10) especies forestales maderables con mayor aprovechamiento en Amazonas, a partir de permisos forestales maderables otorgados en Amazonas, desde el año 2016 al 2019. Posteriormente, se establecieron las áreas de distribución potencial de las especies forestales maderables: *Apuleia leiocarpa* “anacspi”, *Calycophyllum spruceanum* “capirona”, *Cariniana decandra* “papelillo” o “cachimbo”, *Cedrela montana* “cedro”, *Cedrela odorata* “cedro amargo”, *Cedrelinga cateniformis* “tornillo”, *Ceiba pentandra* “lupuna”, *Hura crepitans* “catahua”, *Inga sp.* “guabilla” y *Otoba parvifolia* “sempo”, mediante un modelamiento de máxima entropía – MaxEnt. Para esto, se utilizaron 19 variables bioclimáticas, 3 topográficas, 3 edáficas, y la radiación solar, con una resolución espacial de 250 metros. Estas variables permitieron elaborar mapas de distribución en base a patrones similares de probabilidad de presencia para las especies en estudio. Un total de 37,686.17 m<sup>3</sup> de madera rolliza (r), fueron otorgados para aprovechamiento maderable en Comunidades Nativas, Comunidades Campesinas y Predios Privados. Se estimó que la distribución potencial de 9 de las especies evaluadas corresponde a las provincias de Bagua y Condorcanqui. La especie *Cedrela montana* se distribuiría en las provincias de Rodríguez de Mendoza y Bongará, encontrándose además con mayor distribución dentro del Sistema de Conservación Regional de Amazonas. El presente estudio contribuye como herramienta para procesos de conservación y recuperación en bosques degradados del departamento de Amazonas.

### **Palabras clave:**

Modelamiento, Maxent, Amazonas, forestal, recuperación de áreas degradadas

## ABSTRACT

The loss of forest cover and a significant reduction of timber species is a serious threat that ecologically disturbed the territory of the Peruvian Amazon. This study analyzed the potential distribution of ten (10) high demanding timber species based on the observation of permits issued in the Amazon, during 2016-2019. Subsequently, the potential distribution areas of ten timber species (i.e. *Apuleia leiocarpa* "anacspi", *Calycophyllum spruceanum* "capirona", *Cariniana decandra* "papelillo" or "cachimbo", *Cedrela montana* "cedar", *Cedrela odorata* "bitter cedar", *Cedrelinga cateniformis* "bolt", *Ceiba pentandra* "crepitans screw" ", *Inga sp.* "Guabilla" and *Otoba parvifolia* "sempo") have been done using Maximum-Entropy (MaxEnt) species distribution modelling. To achieve the goal of this study, 19 bioclimatic, 3 topographic, 3 edaphic and solar radiation data, with a spatial resolution of 250 meters have been used. These variables allowed the development of distribution maps based on similar patterns of the probability of the presence of the species under study. A total of 37,686.17 m<sup>3</sup> of roundwood (r) area was granted for forest use for Native Communities, Peasant Communities, and Private Properties. It was observed that the potential distribution of 9 of the evaluated species corresponds to the provinces of Bagua and Condorcanqui whereas, *Cedrela montana* species have been distributed in the provinces of Rodríguez de Mendoza and Bongará, and within the Regional Conservation System of Amazonas. This study contributes as a tool for the conservation practices, sustainable forest management, and forest regeneration purposes in degraded forests of the Peruvian Amazon.

### Keywords:

Modeling, maxent, Amazon, forestry, recovery of degraded areas



## I. INTRODUCCIÓN

La degradación del suelo y la reducción de la cubierta vegetal están aumentando a nivel mundial, principalmente como consecuencia de la expansión de áreas destinadas a la agricultura, el pastoreo, la minería, y el crecimiento de áreas urbanas (Bruun *et al.* 2013). En el Perú, el Ministerio del Ambiente (MINAM) estima que existen 7.31 millones de hectáreas deforestadas en la Amazonía peruana, a un ritmo promedio de 123,000 ha/año. En ese contexto, entre los años 2001 y 2018, el departamento de Amazonas perdió un total de 88,279 ha de bosque, de las cuales 7,453 ha se perdieron solo en el 2018. Dos tercios de la deforestación ocurrieron en áreas menores a 5 ha (Geobosques, 2020), y 91% de la deforestación se debió a la expansión de la frontera agrícola y ganadera (MINAM, 2016). Es necesario precisar que, por la necesidad de producir más alimentos, los pequeños agricultores anualmente eliminan de manera selectiva alrededor de 0.5 ha de vegetación forestal, queman la vegetación y preparan la tierra para la producción de cultivos (Marquardt *et al.*, 2018), siendo estas acciones señaladas como causa importante de deforestación (Suárez de Freitas, 2017).

La Amazonía es la región boscosa más extensa del Perú (aprox. 70 millones de hectáreas), sometida a procesos continuos y permanentes de extracción forestal, y paradójicamente carente de acciones de reforestación (Flores, 2010). Estos bosques se explotan para la producción de madera, generalmente mediante la cosecha selectiva de unos pocos árboles comercializables por hectárea, dejando que sus poblaciones se recuperen por regeneración natural hasta un próximo evento de tala (FAO-ITTO, 2011). De esta manera, la explotación forestal de carácter altamente selectivo, es causa directa de deforestación, e indirectamente promueve la agricultura migratoria, que muchas veces aprovecha los caminos forestales para incursionar en mayores áreas de bosque (Dourojeanni, 2016). Esta realidad sugiere la necesidad de desarrollar estudios regionales que permitan apoyar la toma de decisiones en relación a la sostenibilidad de la tala selectiva a escala local (Putz *et al.*, 2012).

En el departamento de Amazonas se han identificado 278,249 ha de territorio con alta a muy alta prioridad para ser restauradas, tales como, áreas provenientes de deforestación, erosión de suelos, incendios forestales, tala ilegal, entre otros (Román

*et al.*, 2018). El desarrollo de acciones de restauración es una gran oportunidad para reducir la pobreza, contener los efectos del cambio climático y proteger el ambiente (Laestadius *et al.*, 2011). En este sentido, el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) establece que en estos casos la estrategia de restauración debe implicar acciones de reforestación promoviendo plantaciones con especies nativas, agroforestería, manejo de pastos y manejo de regeneración natural y/o asistida (SERFOR, 2018).

La reforestación es una estrategia que permite mitigar la extracción ilegal de madera del bosque natural y reducir la deforestación (Guariguata *et al.*, 2017), puesto que la tala selectiva en los bosques amazónicos no es una actividad sostenible que pueda proporcionar suficiente madera para satisfacer incluso la demanda regional actual a largo plazo (Piponiot *et al.*, 2019). Sin embargo, es necesario pasar gradualmente del aprovechamiento del bosque natural a trabajar con madera proveniente de plantaciones o de vegetación secundaria manejada (Dourojeanni, 2019). Por ejemplo, se deben considerar combinaciones de árboles nativos con siembra directa, que faciliten la colonización (Rodrigues *et al.*, 2019) o especies de crecimiento rápido y especies de madera dura de crecimiento medio, con el objetivo de replicar el bosque original y atraer la fauna que tuvo que migrar debido a la pérdida de su hábitat natural (Rodríguez & Sabogal, 2019).

Para establecer acciones de restauración de los bosques, es necesario tomar en cuenta los requerimientos ambientales, topográficos y edáficos de una especie para ser instalada con la finalidad de recuperar las áreas degradadas. En este sentido, los modelos de distribución de especies (SDM) utilizados para el mapeo de distribución de flora y fauna, combinan datos de presencia de una determinada especie, con múltiples capas ambientales (bioclimáticas, distancia y/o topografía), con la finalidad de predecir y estimar el mapa de la presencia sobre un área mayor (Adhikari *et al.*, 2012; Cánovas *et al.*, 2016; Tripathi *et al.*, 2017). De esta manera, los SDM permiten analizar una variedad de situaciones relacionadas con la distribución geográfica de especies, tales como la distribución de especies raras y/o en peligro de extinción, las áreas actuales que deberían fomentar la conservación de un conjunto de especies, los lugares más rentable para establecer nuevas poblaciones de una especie, y la distribución esperada de estas especies en el futuro frente al cambio climático global

(Guisan & Thuiller, 2005; Peterson *et al.*, 2011). De esta manera, la construcción de modelos de distribución de especies pretende orientar con mayor eficacia las acciones de conservación (Guisan *et al.*, 2013) mediante la predicción de una posible fragmentación o reducción del área potencial de los bosques ante futuros escenarios de cambio climático (Antúnez *et al.*, 2018).

En los últimos años, el modelado predictivo de la distribución de especies se ha convertido en una herramienta cada vez más importante para abordar diversos problemas en ecología, biogeografía, evolución y, más recientemente, en investigación de biología de conservación y cambio climático (Guisan & Zimmermann, 2000; Guisan & Thuiller, 2005; Peterson *et al.*, 2011). Este procedimiento se utiliza para establecer la distribución actual y potencial de especies utilizando datos de presencia, a través de un software que genera un modelo de Máxima Entropía – Maxent (Phillips *et al.*, 2006), el cual permite producir mapas de “distribución de especies” estimando un “índice de idoneidad” (Elith *et al.*, 2011). De esta manera, los modelos de distribución de especies (SDM) proporcionan una herramienta para mapear el hábitat y producir información creíble, defendible y repetible contribuyendo a la toma de decisiones de conservación y manejo de especies (Sofaer *et al.*, 2019) dentro de un "proceso de toma de decisiones estructurado y transparente" (Guisan *et al.*, 2013).

Los SDM permiten realizar el modelado de idoneidad de corredores de hábitat de especies en peligro de extinción, y la intervención en el suelo para proteger y expandir las distribuciones de especies arbóreas (Gilani *et al.*, 2020). La distribución de especies arbóreas se puede ubicar en áreas que han sido degradadas con potencial de rehabilitar algunas de estas tierras, instalando especies de madera nativas (Nichols *et al.*, 2001; Carpenter *et al.*, 2004). Instalando especies nativas es la estrategia de restauración predominante para acelerar la sucesión de bosques en tierras degradadas (Lamb, 2005; Chazdon, 2008; Cole *et al.*, 2010), con la finalidad de restablecer la cobertura vegetal donde ésta ha sido retirada por efectos naturales o antrópicos (Flores, 2014).

En el presente estudio se plantearon las siguientes preguntas de investigación: ¿cuál es el volumen maderable otorgado para aprovechamiento de productos forestales maderables en Amazonas?, ¿cuáles son las especies forestales maderables con mayor

aprovechamiento en este departamento?, ¿cuál es la distribución actual y potencial de estas especies forestales a nivel departamental?, ¿cuáles son las áreas con mejor aptitud para realizar acciones de reforestación, recuperación y/o conservación de bosques en el departamento de Amazonas?. Este estudio tiene por finalidad generar modelos de distribución de las principales especies forestales explotadas en el departamento de Amazonas, como herramienta de análisis para la recuperación de bosques degradados y en la conservación de los bosques que aún no han sido intervenidos por las actividades antrópicas.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Materiales, equipos y software

Se utilizó cartografía de libre acceso, emitidas por entidades del estado peruano, lo cual garantiza el origen confiable de dicha información; de igual manera información espacial de absoluta disponibilidad y fácil obtención desde geoservidores a nivel mundial, permitiendo que la presente investigación sea replicable. Asimismo, para el modelamiento se priorizó el uso de softwares libres ampliamente aceptados y utilizados para investigaciones relacionadas a distribución de flora y fauna a nivel regional y mundial. En la Tabla 1 se muestra la lista de materiales, equipos y softwares utilizados para la presente investigación.

**Tabla 1.** Materiales, equipos y softwares.

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
<b>Data cartográfica y satelital</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Carta Nacional del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1:100 000 (hidrografía e hipsografía), en formato digital.</li><li>• División política departamental, regional, provincial y distrital del Perú elaborada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).</li><li>• Modelo de Elevación Digital del Terreno (DEM) elaborado con imágenes de 90 metros de resolución espacial, del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).</li><li>• Variables bioclimáticas proporcionada por WorldClim (Tabla 3).</li><li>• Cartografía edáfica (pH, carbono orgánico, intercambio catiónico) de SoilGrids (Tabla 3)</li><li>• Cartografía de áreas degradadas del Ministerio del Ambiente (MINAM).</li><li>• Cartografía del Servicio de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP).</li><li>• Cartografía del Sistema de Conservación Regional (SICRE) en el departamento de Amazonas.</li><li>• Datos de presencia de especies forestales proporcionada por la Dirección Ejecutiva de Gestión de Bosques y Fauna Silvestre – DEGBFS del Gobierno Regional Amazonas.</li></ul>
<b>Softwares</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• QGIS (<i>ver.</i> 3.12.0)</li><li>• ArcGIS (<i>ver.</i> 10.5.1)</li><li>• R Studio (<i>ver.</i> 3.6)</li><li>• MaxEnt (<i>ver.</i> 3.4.1)</li><li>• Microsoft Office 2016</li></ul>

---

<b>Equipos y materiales adicionales</b>	• Laptop Macbook Air Core i5 - 8GB RAM
	• Impresora HP

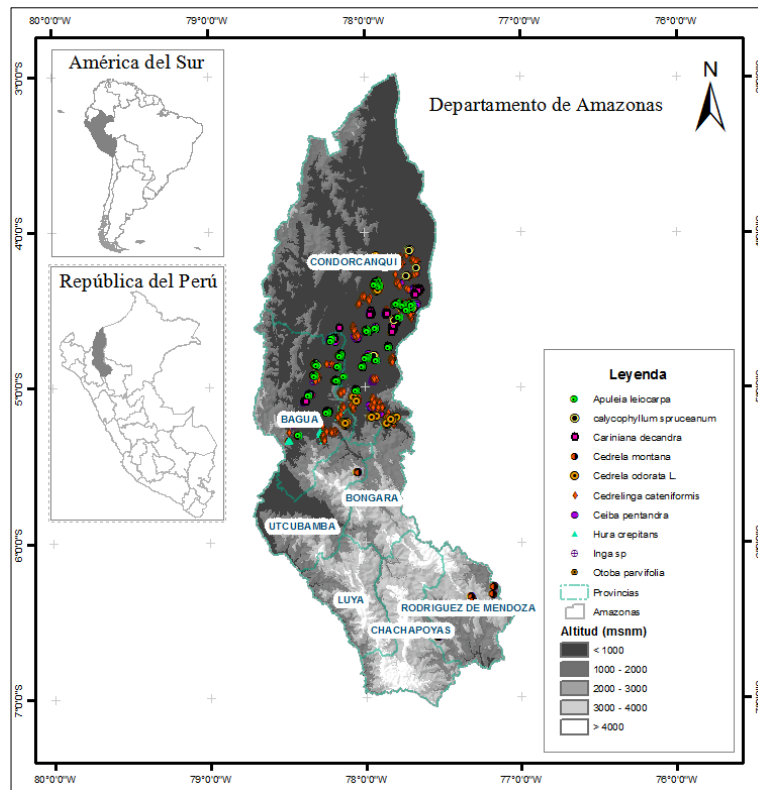
---

## 2.2. Metodología

### 2.2.1. Área de estudio

El departamento de Amazonas se ubica en el paisaje andino – amazónico del norte del Perú, y abarca una superficie aproximada de 39.2 mil km<sup>2</sup> de agreste territorio (Figura 1). Está situado entre los paralelos 3°0'15" y 7°2'0" de latitud sur y los meridianos 77°0'15" y 78°42'15" de longitud oeste, con un gradiente altitudinal que oscila entre los 120 m.s.n.m., al norte, y 4,400 m.s.n.m. al sur (Rodríguez *et al*, 2010).

**Figura 1.** Área de estudio



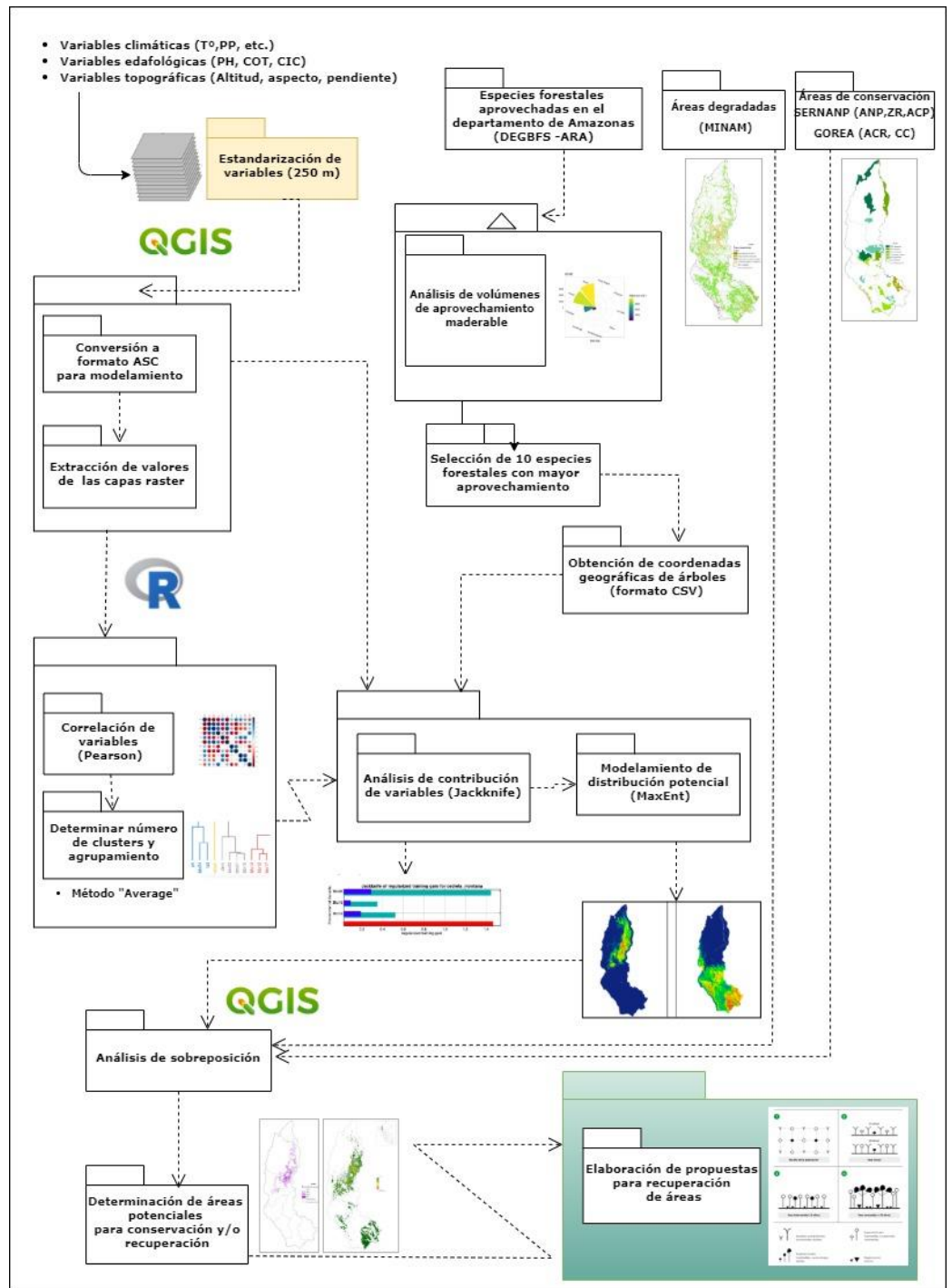
Amazonas posee climas contrastantes (“cálido y húmedo”, “cálido seco” y “templado cálido y ligeramente húmedo”), con temperaturas máximas que alcanzan los 40 °C al norte y mínimas de 2 °C en las cordilleras del sur; algunas zonas con déficit hídrico de 924 mm/año y otras con excedentes de hasta 3000 mm/año (Vargas & Maco, 2010).

### **2.2.2. Diseño metodológico**

El estudio es descriptivo, correlacional y de corte transversal, no se manipularon variables, y los datos de presencia de las especies fueron recolectados en un único momento en el tiempo. Se siguió una metodología de estudio establecida por OSINFOR (2013) y Hengl *et al.* (2017). El estudio inició con la revisión de planes de manejo y aprovechamiento forestal para determinar las diez especies con mayor aprovechamiento forestal en el departamento de Amazonas, lo cual permitió obtener datos de presencia de las especies en estudio. Luego, se recopiló y homogenizó la cartografía para las variables ambientales, edáficas, y fisiográficas, obtenida de geoservidores de libre acceso. Estas variables fueron correlacionadas y agrupadas de acuerdo a su contribución para el modelado.

El modelamiento se realizó mediante el software de máxima entropía (MaxEnt), ampliamente utilizado en modelos de distribución de especies, el cual utiliza mínimos datos de presencia para inferir áreas potenciales para distribución y establecimiento de especies. Finalmente, a las áreas potenciales obtenidas se sobrepuso las áreas degradadas identificadas por el Ministerio del Ambiente, con la finalidad de obtener las áreas para recuperación con las especies de estudio. En la Figura 2 se detalla la metodología utilizada para el modelamiento biográfico de especies forestales.

**Figura 2.** Metodología para el modelamiento biográfico de especies forestales



**Población:** Corresponde a los individuos (árboles) georreferenciados a partir de los inventarios e inspecciones realizados por la Dirección Ejecutiva de Gestión de Bosques y de Fauna Silvestre (DEGBFS) del Gobierno



Regional de Amazonas para el otorgamiento de permisos y autorizaciones de productos forestales maderables.

**Muestra:** Está formada por la lista de 4,454 registros de las 10 especies forestales más explotadas del departamento de Amazonas, con su respectiva coordenada. Estas especies presentan reducción de su población, encontrándose algunas de ellas en estado vulnerable. Las especies evaluadas son: *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, *Otoba parvifolia* (Markgr.) A.H. Gentry, *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., y las leguminosas *Inga sp.* y *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr. También fueron evaluadas en este estudio las especies *Cedrela montana* Moritz ex Turcz., *Cariniana decandra* Ducke, *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. ex K. Schum., *Cedrela odorata* L., y *Hura crepitans* L.

### **2.2.3. Análisis de volumen maderable aprovechado**

Se revisó la Ley Forestal y de Fauna Silvestre (LFFS) N° 29763 vigente, a través de la cual se designa a los gobiernos regionales como la autoridad regional forestal y de fauna silvestre, teniendo entre sus funciones: planificar, promover, administrar, controlar y fiscalizar el uso sostenible, conservación y protección de la flora y fauna silvestre. Esta ley también precisa que la autoridad regional es la responsable de diseñar ejecutar, supervisar y evaluar los planes y políticas forestales y de fauna silvestre regionales (Art. 19 LFFS).

En ese contexto, se revisaron los planes de manejo forestal otorgados para aprovechamiento forestal maderable en Comunidades Nativas, Comunidades Campesinas y predios privados. Estos planes fueron generados a partir de los títulos habilitantes (permisos, autorizaciones, concesiones) otorgados por la Dirección Ejecutiva de Gestión de Bosques y de Fauna Silvestre (DEGBFS) de la Autoridad Regional Ambiental del Gobierno Regional de Amazonas. Esta revisión nos permitió consolidar y graficar los volúmenes maderables otorgados a nivel distrital y provincial del departamento. También permitió identificar las diez (10) especies

forestales maderables más explotadas o con mayor aprovechamiento en el departamento de Amazonas, a partir de la entrada en vigencia de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre N° 29763 (01 de octubre de 2015).

#### 2.2.4. Recopilación de datos de presencia de las especies forestales maderables

Los datos presencia de las especies, corresponde a los árboles inventariados previo al provechamiento forestal y verificados por el personal de la Dirección Ejecutiva de Gestión de Bosques y Fauna Silvestre (DEGBFS) de la Autoridad Regional Ambiental del Gobierno Regional de Amazonas, mediante la utilización de sistemas de posicionamiento global (GPS). No se incluyeron datos de presencia de especies cultivadas en plantaciones y/o jardines (Pliscoff & Fuentes, 2011; Scheldeman & Zonneveld, 2010; OSINFOR, 2016).

Esta base de datos completa no es pública, por lo tanto, se adquirió a través de una solicitud y coordinación personal con la DEGBFS.

**Tabla 2.** Registros de presencia de especies forestales

N°	Especie	Familia	Nombre común	N° de registros
1	<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	Fabaceae	Tornillo, Aguano masha, Huayra	2193
2	<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H Gentry	Myristicaceae	Sempo, cumala	414
3	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Malvaceae	Lupuna, Ceiba, Huimba	333
4	<i>Inga sp.</i>	Fabaceae	Guabilla	311
5	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.	Fabaceae	Anacspi, Guazamayo	241
6	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	Meliaceae	Cedro, Cedro andino	215
7	<i>Cariniana decandra</i> Ducke	Lecythidaceae	Papelillo, Cachimbo blanco	210
8	<i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth.) Hook. f. ex K. Schum.	Rubiaceae	Capirona	201
9	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	Cedro, Cedro amargo	184
10	<i>Hura crepitans</i> L.	Euphorbiaceae	Catahua	152
<b>Total</b>				<b>4,454</b>

### **2.2.5. Acondicionamiento de cartografía base y temática**

Se obtuvo información cartográfica referente a límites políticos administrativos a nivel distrital, provincial y departamental, a partir de la plataforma de Infraestructura de Datos Geospaciales Fundamentales (<https://www.idep.gob.pe>) del Instituto Geográfico Nacional (IGN), ente rector de datos cartográficos en el país. Los datos de presencia de las especies forestales fueron sistematizados mediante la hoja de cálculo Microsoft Excel, considerando latitud y longitud de las coordenadas. Los datos fueron exportados en formato .csv delimitado por comas (.csv), con la finalidad de ser utilizados en el programa MaxEnt (máxima entropía) para establecer la distribución potencial de la especie. La proyección geográfica (latitud y longitud) se realizó a partir de coordenadas UTM consignadas en los planes de manejo, utilizando el Sistema de Información Geográfica libre y de Código Abierto Qgis versión 3.12 “Bucarest” (<https://qgis.org/es/site/>).

### **2.2.6. Acondicionamiento de variables bioclimáticas, edáficas y fisiográficas**

La distribución espacial de las especies dentro del paisaje se debe a una selección diferencial de factores que interactúan y favorecen su desarrollo óptimo (Stevens, 1989). En ese contexto, se seleccionaron 26 variables ambientales, que incluyen 19 variables bioclimáticas, tres topográficas, tres propiedades del suelo y la radiación solar. Las capas de información bioclimática actual y radiación solar fueron obtenidas de la base de datos SIG mundial del clima, WorldClim (<http://worldclim.org/version2>). Esta versión de WorldClim brinda un conjunto de datos climáticos mensuales interpolados espacialmente para áreas terrestres globales, con una resolución espacial muy alta ( $\approx 1$  km). Estas variables fueron agregadas en un rango temporal desde el año 1970 al 2000, a partir de 9,000 estaciones meteorológicas y 60,000 covariables satelitales (Fick & Hijmans, 2017).

Las variables topográficas derivaron del Modelo de Elevación Digital del Terreno de 90 m de resolución espacial, obtenido del portal web del Servicio Geológico de los Estados Unidos (<http://srtm.usgs.gov>). Las propiedades fisicoquímicas del suelo con una resolución de 250 m, fueron obtenidas a partir del sistema SoilGrids ver. 0.5.3 (<http://soilgrids.org>), el cual

proporciona predicciones globales para las propiedades numéricas estándar del suelo, a siete profundidades diferentes. Esta información es generada a partir de 150,000 perfiles de suelo, 158 covariables obtenidas de sensores remotos y un conjunto de métodos de aprendizaje automático (Hengl *et al.*, 2017).

El acondicionamiento cartográfico de las variables ambientales y los registros de las especies a una resolución espacial de 250 m, y la gestión de la información espacial post modelado, se realizó en el software GIS de código abierto QGIS ver. 3.8.

**Tabla 3.** Variables bioclimáticas

<b>Categoría</b>	<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>
<b>Clima</b>	Bio01	Temperatura (T°) media anual	°C
	Bio02	Rango diurno medio (media mensual (T° <sub>máx.</sub> - T° <sub>min.</sub> ))	°C
	Bio03	Isotermalidad (Bio02/Bio07) (* 100)	
	Bio04	Temporalidad de la temperatura (desviación estándar *100)	°C
	Bio05	T° máxima del mes más cálido	°C
	Bio06	T° mínima del mes más frío	°C
	Bio07	Rango anual de temperatura (Bio05-Bio06)	°C
	Bio08	T° media del trimestre más húmedo	°C
	Bio09	T° media del trimestre más seco	°C
	Bio10	T° media del trimestre más cálido	°C
	Bio11	T° media del trimestre más frío	°C
	Bio12	Precipitación anual	mm
	Bio13	Precipitación del mes más húmedo	mm
	Bio14	Precipitación del mes más seco	mm
	Bio15	Estacionalidad de precipitación (coeficiente de variación)	mm
	Bio16	Precipitación del trimestre más húmedo	mm
	Bio17	Precipitación del trimestre más seco	mm
	Bio18	Precipitación del trimestre más cálido	mm
	Bio19	Precipitación del trimestre más frío	mm
	Rad	Radiación solar	$\text{kJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$
<b>Topografía</b>	Elev	Elevación sobre el nivel del mar	m
	Pend	Pendiente	°
	Aspect	Dirección de la pendiente cardinal	°
<b>Suelo</b>	pH	pH x 10 a 0.30 m	KCl
	CIC	Capacidad de intercambio catiónico 0.30 m	$\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$
	Cor	Contenido de carbono orgánico (fracción de tierra fina) a 0.15 m	$\text{g kg}^{-1}$

### **2.2.7. Extracción de valores en variables climáticas, edáficas y fisiográficas**

El uso cada vez mayor del modelo de distribución de especies (SDM) ha generado nuevas preocupaciones con respecto a las imprecisiones, malentendidos y usos indebidos de esta importante herramienta. Sin embargo, se ha indicado que el software Maxent aprovecha la colinealidad existente para encontrar el mejor conjunto de parámetros. La colinealidad entre variables ambientales puede causar problemas de sobreajuste del modelo, aumentar la incertidumbre y disminuir su poder estadístico (De Marco & Correa, 2018; Dormann *et al.*, 2013).

La idealización de un modelo obedece a la interacción de un conjunto de variables sobre un medio físico. El modelamiento acepta una cantidad ilimitada de variables a fin de caracterizar la restricción natural para el desarrollo de una especie, sin embargo, la inclusión de todas estas variables puede causar problemas de sobreajuste del modelo de distribución, ya que varias de estas capas de información pueden estar fuertemente correlacionadas (Beaumont *et al.*, 2005; Heikkinen *et al.*, 2006). Por lo tanto, para cada especie se determinaron variables a excluir del modelo inicial para una segunda aplicación final del modelo MaxEnt. Se construyó la tabla “Analysis of variable contributions” con las 26 variables inaugurales y apoyados en los resultados de un análisis de “Jackknife”. Este análisis permitió ejecutar el modelo excluyendo a cada una de las variables en un momento determinado. Luego se compararon la ganancia que tiene el modelo con todas las variables y la ganancia que tiene el modelo sin la variable excluida. La variable que al momento de ser excluida del modelo afectó en forma considerable a la eficiencia de éste, fue considerada de importancia (Phillips *et al.*, 2006).

### **2.2.8. Correlación y agrupamiento de variables**

Los coeficientes de correlación de Pearson ( $r$ ) entre las 19 variables bioclimáticas, 3 variables topográficas, 3 variables del suelo y la radiación solar, se calcularon en el lenguaje R (versión 3.6) para las pruebas de multicolinealidad. Se eliminaron las variables con un coeficiente de correlación mayor que 0.7, para evitar la violación de los supuestos

estadísticos y evitar las predicciones del modelo inducidas por la multicolinealidad entre las variables (Zhang *et al.*, 2019; Heikkinen *et al.*, 2006; Yang *et al.*, 2013).

Se ingresaron los valores de las distancias euclidianas a partir de la extracción de valores, mediante la herramienta de clasificación de k-medias en el lenguaje R (versión 3.6), utilizando el paquete *factoextra*, determinando el número óptimo de grupos de variables para cada una de las especies forestales. K-means es el algoritmo de agrupamiento más utilizado que divide los conjuntos de datos en clases significativas (Patel & Mehta, 2011). El dendrograma resultante graficó las variables climáticas, topográficas y edáficas que comparten características semejantes, agrupándolas y separándolas de grupos con los que no comparten características. Este análisis permitió definir las variables con mayor contribución para ser utilizadas en el modelamiento final de máxima entropía.

### 2.2.9. Ejecución del modelo

El modelo de distribución potencial actual para cada especie, se generó mediante el algoritmo de aprendizaje automático que aplica el principio de Máxima Entropía (Phillips *et al.*, 2006), mediante el software de código abierto MaxEnt ver. 3.4.1 ([https://biodiversityinformatics.amnh.org/open\\_source/maxent/](https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/)). Este algoritmo estima la probabilidad de distribución potencial de cada especie considerando que la mejor predicción se obtiene al maximizar la entropía de dicha distribución bajo ciertos contextos ambientales (Phillips *et al.*, 2006). MaxEnt ha sido ampliamente aplicado para estudios de conservación de flora a escala local y global (Bai *et al.*, 2018), fauna (Beltramino *et al.*, 2015; Naveda-Rodríguez *et al.*, 2016), manejo de especies en peligro de extinción (Alfonso-Corrado *et al.*, 2019; Qin *et al.*, 2017), conservación de especies endémicas (Abdelaal *et al.*, 2019), control de especies invasoras (Otieno *et al.*, 2019; Kariyawasam *et al.*, 2019), y en zonificación forestal (Xu *et al.*, 2018; Antúnez *et al.*, 2018) y agrícola (Frey *et al.*, 2018). Este software supera a otros SDM en precisión predictiva y tolerancia al tamaño

de muestra cuando ésta es pequeña. Además, es particularmente simple de usar (Merow *et al.*, 2013).

Para cada especie, el 75% y 25% de los registros de presencia (seleccionados al azar) se utilizaron para el entrenamiento y la validación del modelo, respectivamente (Phillips *et al.*, 2006). El algoritmo se ejecutó utilizando 10 réplicas en 5,000 iteraciones con diferentes particiones aleatorias (método de validación cruzada), un umbral de convergencia de 0.00001 y 10,000 puntos de fondo máximos. Otras configuraciones (por ejemplo: extrapolar, dibujar gráficos, etc.) se mantuvieron por defecto (Otieno *et al.*, 2019), puesto que MaxEnt es capaz de seleccionar la función adecuada para la cantidad de muestras utilizadas para un modelo (Elith *et al.*, 2011; Merow *et al.*, 2013).

Los modelos se evaluaron en base al Área Bajo la Curva (AUC) (Phillips *et al.*, 2006; Manel *et al.*, 2001), calculada a partir de la Característica Operativa del Receptor (ROC) (Hanley & McNeil, 1982). Según los valores de AUC se diferencian cinco niveles de rendimiento (Manel *et al.*, 2001; Araújo *et al.*, 2005; Phillips *et al.*, 2006): excelente ( $> 0.9$ ), bueno (0.8 - 0.9), aceptado (0.7 - 0.8), malo (0.6 - 0.7) e inválido ( $< 0.6$ ). La principal ventaja de este método es su independencia del umbral y la objetividad de sus resultados (Jiménez, 2012).

Los modelos actuales, de las diez especies evaluadas fueron obtenidos mediante el formato de salida logístico (Phillips & Dudík, 2008). Este formato permite generar un mapa de valores de probabilidad continua para la distribución, en un rango de 0 a 1. Estos valores se reclasificaron en cuatro rangos de distribución (Zhang *et al.*, 2019): hábitat potencial 'alto' ( $> 0.6$ ), 'moderado' (0.4 - 0.6), 'bajo' (0.2 - 0.4), y 'hábitat no potencial' ( $< 0.2$ ).

#### **2.2.10. Identificación de áreas con potencial para conservación y recuperación**

La Dirección General de Ordenamiento Territorial Ambiental del Ministerio del Ambiente (MINAM), realizó un estudio para identificar áreas

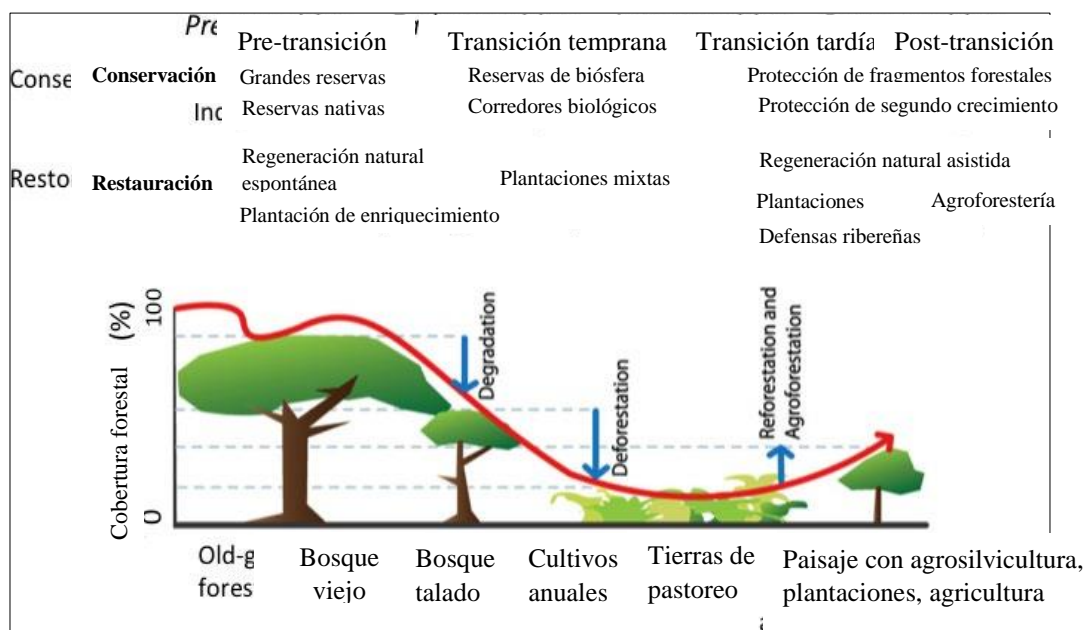
degradadas, encontrando 15'691,913.46 ha de tierras degradadas en el Perú (MINAM, 2017). En las áreas degradadas ubicadas en el departamento de Amazonas, se realizó una sobreposición con las áreas potenciales de distribución de las especies forestales. Este análisis permitió obtener las áreas potenciales para recuperar con especies forestales en el departamento de Amazonas.

Luego se realizó la sobreposición de las áreas de distribución potencial con las áreas en conservación en el departamento de Amazonas, a través de las diferentes categorías (Áreas Naturales Protegidas, Zonas de Reserva, Áreas de Conservación Privada). Esta información fue recopilada del geoservidor del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP) disponible en la página web <http://geo.sernanp.gob.pe/geoserver/principal.php>. La sobreposición incluyó las Concesiones de Conservación otorgadas por la DEGBFS y las Áreas de Conservación Regional (ACR) administradas por el Gobierno Regional de Amazonas, información cartográfica disponible a través de la plataforma de Infraestructura de Datos Espaciales del Gobierno Regional de Amazonas (IDER) (<http://geoportal.regionamazonas.gob.pe/>).

Los modelos generados permitieron establecer estrategias de conservación y restauración de los bosques degradados, en base a enfoques de restauración en recuperación de funciones ecológicas, composición de especies y productividad de la tierra, los cuales permiten proteger y sostener la diversidad de los ecosistemas, los hábitats, las especies y sus funciones (Chazdon, 2019).



**Figura 3.** Curva de transición, bosque, conservación y restauración



La Figura 3 muestra la correspondencia entre las intervenciones y las fases de la curva de transición bosque de conservación y restauración. El eje X representa los cambios en la cobertura del suelo a través del tiempo histórico durante una transición de bosque, adaptación realizada por Chazdon, (2019).

### 2.2.11. Visualización y elaboración de mapas cartointerpretables

La elaboración y visualización de mapas de distribución potencial de las especies forestales maderables, áreas potenciales para conservación y recuperación, se realizó a través de Sistemas de Información Geográfica, utilizando el software libre QGIS 3.12, transformando los formatos raster (ASCII, TIF y TIFF) a formato shapefile (shp), con la finalidad de realizar cálculos de superficies (área y perímetro).

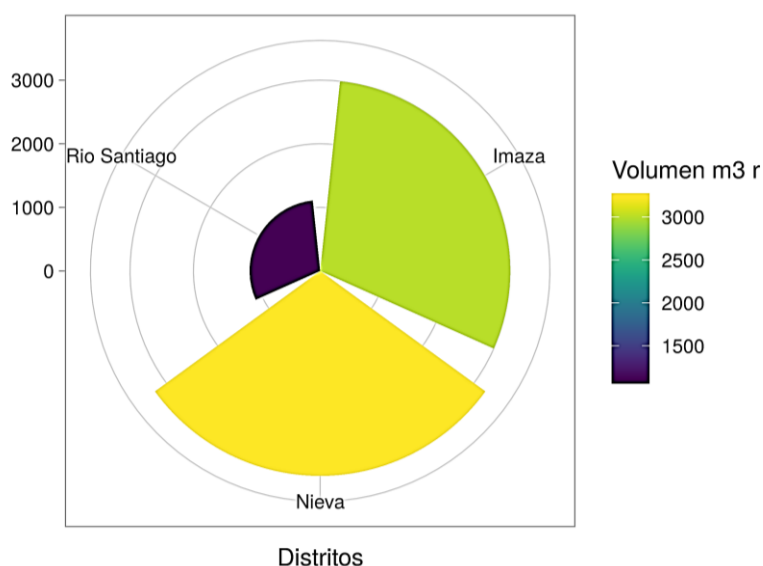
### III. RESULTADOS

#### 3.1. Otorgamiento de volumen maderable para aprovechamiento forestal

##### 3.1.1. Volumen maderable otorgado el año 2016

El otorgamiento de permisos forestales maderables durante el año 2016, se realizó mediante la aprobación de los planes de manejo ubicados en la parte norte del departamento de Amazonas. Estos permisos corresponden a volúmenes ( $m^3$ ) de madera rolliza (r) en los distritos de Nieva 3,221.99  $m^3$  (r) y Río Santiago 1,114.11  $m^3$  (r), en la provincia de Nieva. Asimismo, en el distrito de Imaza de la provincia de Bagua, se otorgaron 2,999.09  $m^3$  (r) para aprovechamiento de productos forestales maderables (Figura 4).

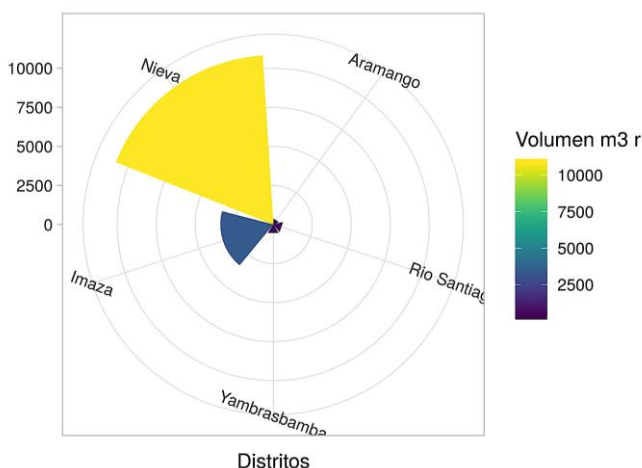
**Figura 4.** Volumen maderable otorgado el año 2016 en el departamento de Amazonas



##### 3.1.2. Volumen maderable otorgado el año 2017

Durante el año 2017, se otorgaron permisos forestales mediante la aprobación de planes de manejo de tres provincias del departamento de Amazonas. La provincia de Nieva, en los distritos de Nieva 10,830.62  $m^3$  (r) y Río Santiago 642.14  $m^3$  (r); la provincia de Bagua, en los distritos de Imaza 3386.62  $m^3$  (r) y Aramango 382.75  $m^3$  (r); y la provincia de Bongará, en el distrito de Yambrasbamba 646.02  $m^3$  (r) (Figura 5).

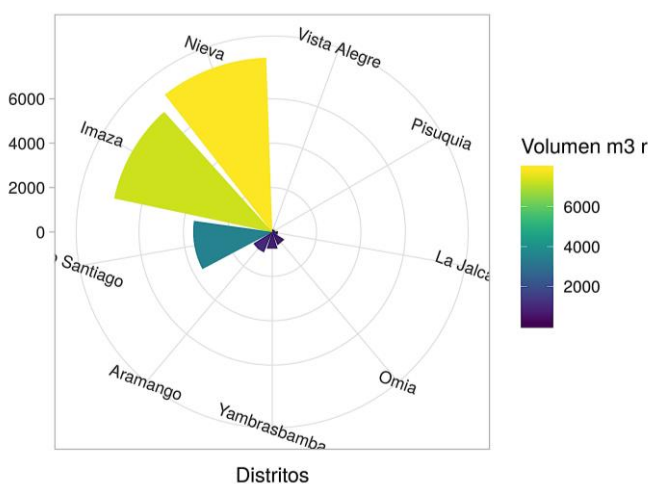
**Figura 5.** Volumen maderable otorgado el año 2017 en el departamento de Amazonas



### 3.1.3. Volumen maderable otorgado el año 2018

En el año 2018 los distritos que otorgaron mayor volumen de aprovechamiento forestal maderable fueron las Comunidades Nativas de Nieva 7,848.57 m<sup>3</sup> (r), Imaza 7,274.64 m<sup>3</sup> (r), Río Santiago 3,557.19 m<sup>3</sup> (r), Aramango 995.14 m<sup>3</sup> (r); Comunidades Campesinas beneficiadas en Yambrasbamba 500.68 m<sup>3</sup> (r) y La Jalca 267.60 m<sup>3</sup> (r). Ese mismo año, mediante RDE 052-2018-SERFOR/DE se aprobó el lineamiento para aprovechamiento forestal maderable en predios privados. Esta situación permitió el aprovechamiento en los distritos de Omia 647.57 m<sup>3</sup> (r), Vista Alegre 122.22 m<sup>3</sup> (r) en la provincia de Rodríguez de Mendoza; el distrito de Pisuquia 137.16 m<sup>3</sup> (r) en la provincia de Luya, y un predio privado del distrito de Yambrasbamba 286.89 m<sup>3</sup> (r) en la provincia de Bongará (Figura 6).

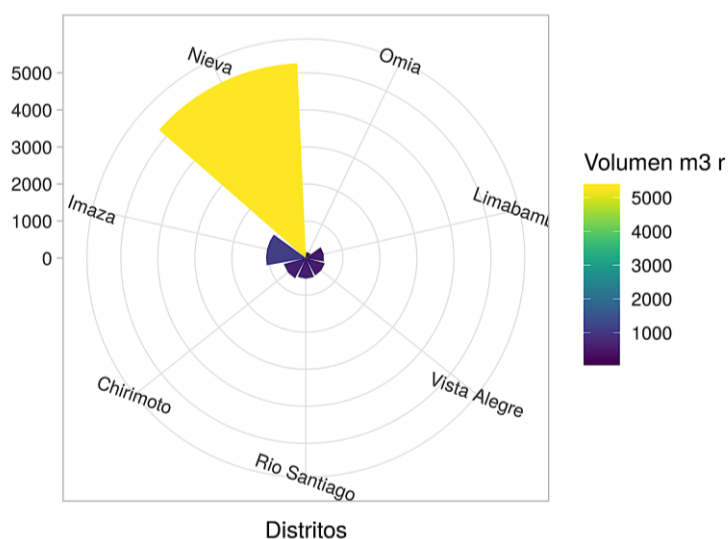
**Figura 6.** Volumen maderable otorgado el año 2018 en el departamento de Amazonas



### 3.1.4. Volumen maderable otorgado el año 2019

El año 2019, la DEGBFS aprobó planes de manejo que permitieron el otorgamiento de permisos para aprovechamiento forestal en los distritos de Nieva 5,258.15 m<sup>3</sup> (r), Imaza 1,073.07 m<sup>3</sup> (r), Río Santiago 553.70 m<sup>3</sup> (r), Vista Alegre 530.754 m<sup>3</sup> (r), Limabamba 493.51 m<sup>3</sup> (r), Chirimoto 617.95 m<sup>3</sup> (r), y Omia 170.32 m<sup>3</sup> (r) (Figura 7).

**Figura 7.** Volumen maderable otorgado el año 2019 en el departamento de Amazonas



## 3.2. Especies forestales aprovechadas en el departamento de Amazonas

### 3.2.1. Especies forestales con mayor aprovechamiento, año 2016 al 2019

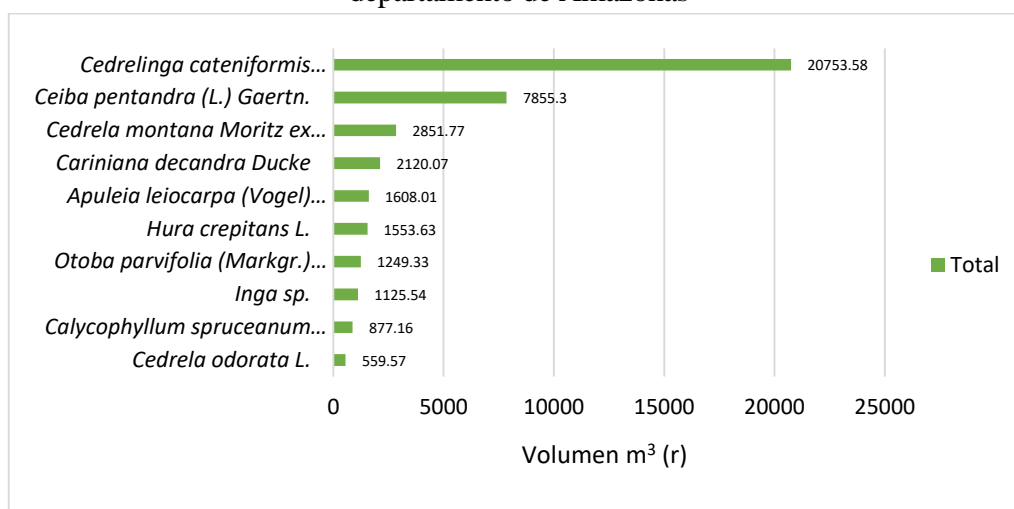
El otorgamiento de los permisos para el aprovechamiento de productos forestales maderables se enmarcó en los “Lineamientos para la elaboración de la Declaración de Manejo para permisos de aprovechamiento forestal en comunidades nativas y comunidades campesinas” establecidos por SERFOR, y aprobado mediante RDE N° 065-2016-SERFOR-DE. A partir de lo antes descrito, se muestra en la Tabla 04, las especies forestales maderables con mayor demanda de aprovechamiento desde el año 2016 al 2019.

**Tabla 4.** Especies forestales con mayor demanda de aprovechamiento

	Nombre científico	N. común	Vol. m <sup>3</sup>
1	<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	Tornillo, Aguano masha, Huayra caspi	20786.22
2	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Lupuna, Ceiba, Huimba	8144.38

3	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	Cedro, Cedro andino	2952.86
4	<i>Cariniana decandra</i> Ducke	Papelillo, Cachimbo blanco	2120.07
5	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.	Anacaspi, Guazamayo	1608.01
6	<i>Hura crepitans</i> L.	Catahua	1569.96
7	<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H Gentry	Sempo, cumala	1264.81
8	<i>Inga sp.</i>	Guabilla	1125.54
9	<i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth.) Hook. f. ex K. Schum.	Capirona	877.16
10	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro, Cedro amargo	579.57

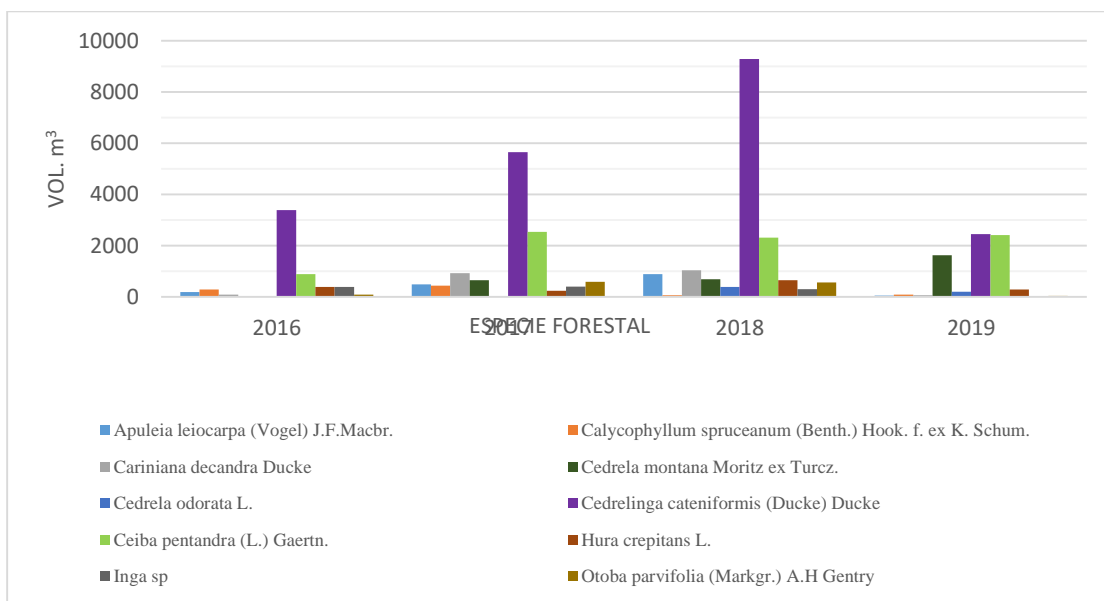
**Figura 8.** Especies forestales aprovechadas durante el año 2016 al 2019 en el departamento de Amazonas



### 3.2.2. Acumulado de las 10 especies con mayor aprovechamiento

A partir de la aprobación de las Declaraciones de Manejo para aprovechamiento de productos forestales maderables, se identificaron las especies forestales con mayor solicitud para extracción maderable. La especie forestal con mayor volumen de aprovechamiento en el departamento de Amazonas es *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke “tornillo”. Las otras especies bastante aprovechadas son *Ceiba pentandra* L. (L.) Gaertn. “lupuna”, *Cedrela montana* Moritz ex Turcz. “cedro”, *Cariniana decandra* Ducke “papelillo” o “cachimbo”, *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr. “anacaspi”, *Hura crepitans* L. “catahua”, *Otoba parvifolia* (Markgr.) A.H. Gentry “sempo”, *Inga sp.* “guabilla”, *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. ex K. Schum. “capirona” y *Cedrela odorata* L. “cedro amargo” (Figura 9).

**Figura 9.** Especies con mayor aprovechamiento en el departamento de Amazonas



### 3.3. Distribución biogeográfica de 10 especies forestales maderables en el departamento de Amazonas

Los puntos de presencia de cada una de las especies forestales antes descritas corresponden a los registros de ubicación geográfica (coordenadas) obtenidos mediante la utilización de sistemas de posicionamiento global (GPS), de los individuos con valores superiores al diámetro mínimo de corta (DMC). Estas coordenadas fueron consignadas en los planes de manejo forestal solicitados por los administrados y posteriormente verificados por personal de la DEGBS, teniendo en cuenta los lineamientos de SERFOR antes mencionados.

#### 3.3.1. *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

Nombres comunes : Tornillo, Pino peruano

##### a. Otorgamiento maderable en el departamento de Amazonas

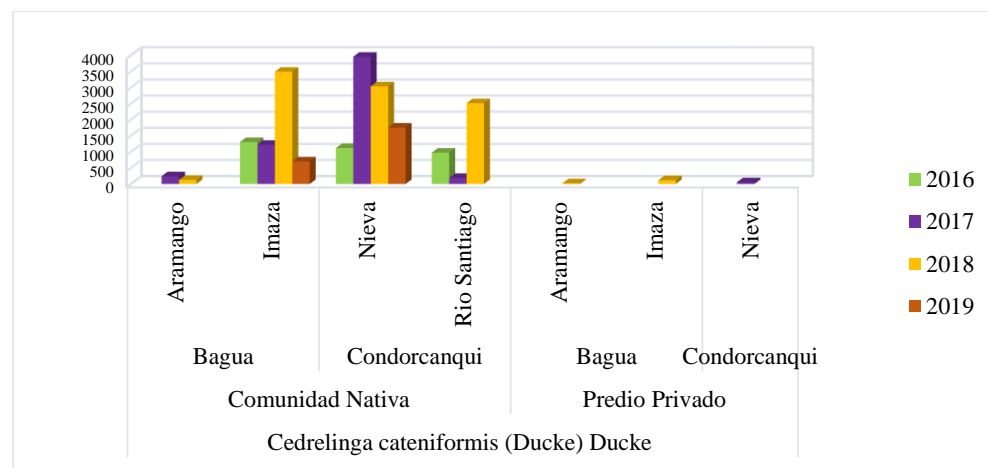
El aprovechamiento maderable de la especie *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke “tornillo” se realizó en comunidades nativas y predios privados ubicados en el norte de Amazonas, provincias de Nieva y Bagua (Tabla 5, Figura 10).

**Tabla 5.** Aprovechamiento maderable de *Cedrelinga cateniformis*  
(Ducke) Ducke

Años	2016	2017	2018	2019	Vol m <sup>3</sup>
<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke					
<b>Comunidad Nativa</b>					
Aramango		241.19	127.12		368.31
Imaza	1301.45	1216.68	3486.06	702.97	6707.16
Nieva	1115.63	3951.84	3032.65	1750.2	9850.36
RioSantiago	971.41	187.71	2509.00		3668.12
<b>Predio Privado</b>					
Aramango			21.00		21.00
Imaza			117.87		117.87
Nieva		53.41			53.41
<b>Total</b>	<b>3388.49</b>	<b>5650.83</b>	<b>9293.70</b>	<b>2453.22</b>	<b>20786.22</b>

Los distritos de Nieva, Imaza y Río Santiago registraron el mayor volumen maderable para aprovechamiento mediante declaraciones de manejo en comunidades nativas y predios privados, desde el año 2016 al 2019.

**Figura 10.** Aprovechamiento maderable de *Cedrelinga cateniformis*  
(Ducke) Ducke



La figura 11a representa los datos de presencia de la especie *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke “tornillo”, constituido por 2,193 coordenadas geográficas, de árboles georeferenciados en las provincias de Bagua y Condorcanqui. La especie *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke “tornillo” presenta una distribución potencial alta en las provincias de Condorcanqui, Bagua y Bongará (Figura 11b), con una extensión total aproximada de 8,619.21 km<sup>2</sup> (Tabla 6), correspondiendo a la provincia de

Condorcanqui una mayor extensión de distribución (6,372.84 km<sup>2</sup>). Asimismo, del total de área de distribución, un aproximado de 2,986.41 km<sup>2</sup> presentan aptitudes para recuperar con dicha especie.

**Tabla 6.** Distribución potencial de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke)

Ducke						
Provincias	Bagua	Bon gará	Condorc anqui	Rod. de Mendoza	Utcuba mba	Area km <sup>2</sup>
> 0.6						
Alta	269.61	1.38	923.75			1194.75
Recuperación	137.54	0.74	310.91			449.20
0.4 - 0.6						
Moderada	730.42	7.25	1927.86		1.30	2666.85
Recuperación	349.68	2.84	564.10		0.38	917.01
0.2 - 0.4						
Baja	1212.70	15.9	3521.21	0.10	7.57	4757.60
Recuperación	511.60	4.82	1101.89	0.04	1.82	1620.19
Total, distribución	2212.75	24.6	6372.84	0.10	8.88	8619.21
Total, recuperación	998.83	8.41	1976.92	0.04	2.21	2986.41

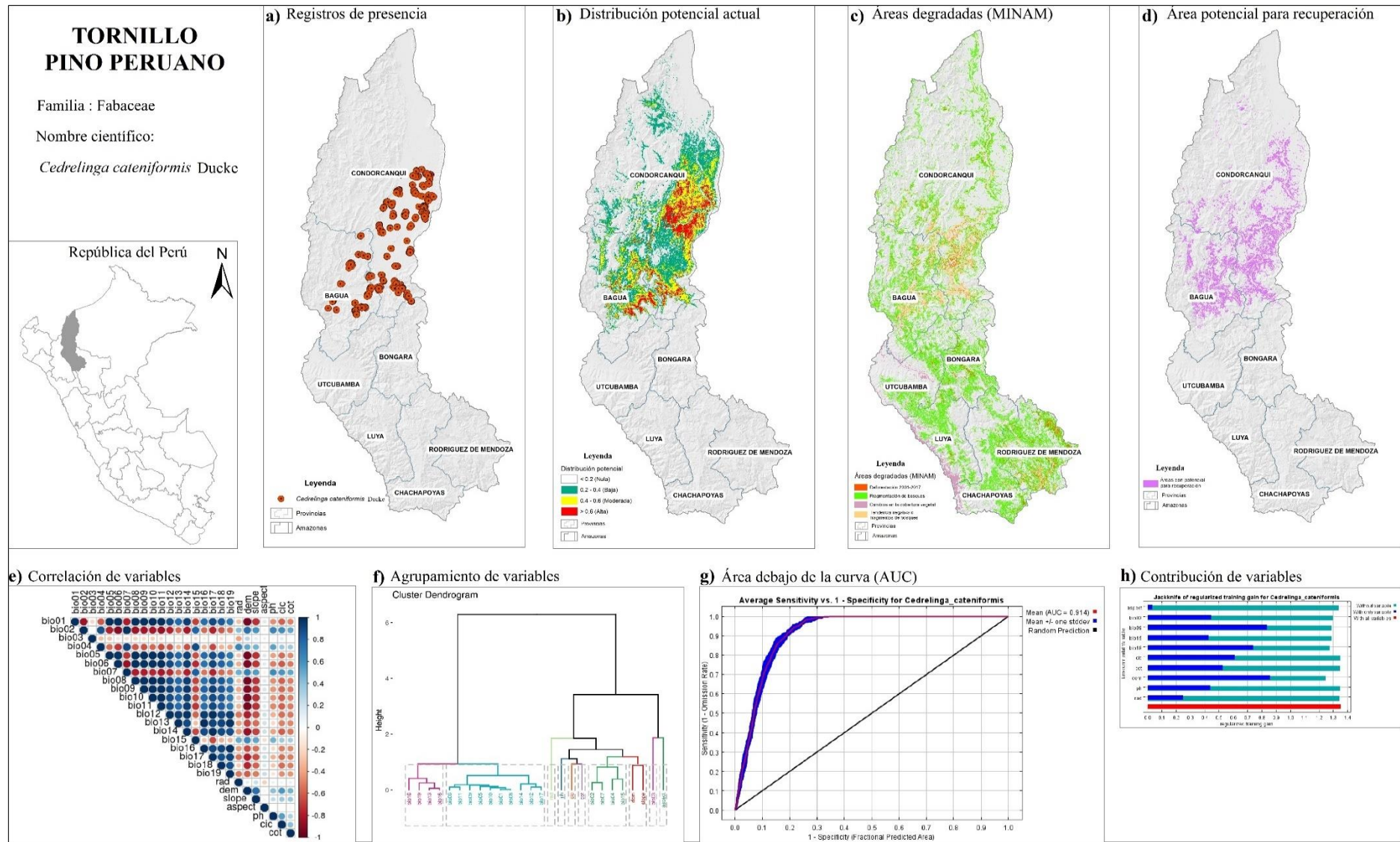
Según reporte del MINAM en el año 2017, el área degradada en el departamento de Amazonas abarca un total de 11,544.44 km<sup>2</sup> (Figura 11c). Como resultado de la intersección entre la distribución potencial (Figura 11b) y las áreas degradadas (Figura 11c), se obtuvieron las áreas con potencial para recuperación y/o conservación con *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke “tornillo”, abarcando un área aproximada de 2,986.41 km<sup>2</sup> (Figura 11d, Tabla 6).

La correlación de *Pearson* aplicado a los valores extraídos de las variables climáticas, edáficas y fisiográficas es graficada en la Figura 11e. Las variables que presentan una correlación directa tienen valores cercanos a 1, y las variables inversamente correlacionadas valores cercanos a -1. A partir de lo antes descrito se muestra el dendrograma de agrupamiento de variables en diez (10) clusters (Figura 11f), donde se puede observar que las variables “pH”, “radiancia”, “intercambio catiónico”, “carbono orgánico”, “aspecto”, y “Bio3 (isotermalidad)” no se agrupan con otras variables, por lo cual aportan de una manera directa al modelo. Sin embargo, existes variables que contribuyen al modelo y se agrupan



formando clusters, por ejemplo, las variables “elevación” y “pendiente”; “Bio02, Bio07, Bio04 y Bio015”. Por esta razón, se realizó un modelamiento previo (Anexo 3a), determinando solamente una variable por cluster para el modelamiento final.

El modelamiento de distribución presenta un AUC = 0.914 (Figura 11g), y según Araújo *et al.*, (2005); Phillips *et al.*, (2006); Manel *et al.*, (2001) el modelamiento es bueno: Las variables con mayor contribución a dicho modelo fueron Altitud, Bio 09 (Temperatura media del trimestre más seco), y Bio 18 (Precipitación del trimestre más cálido) (Figura 11h), dichas variables contribuyeron en un 78.3 % al proceso del modelado.



**Figura 11.** Distribución potencial de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke en el departamento de Amazonas

### 3.3.2. *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.

Nombres comunes : Lupuna blanca, Lupuna, Huimba

Sinónimos botánicos : *Bombax pentandrum* L.

#### a. Otorgamiento maderable en el departamento de Amazonas

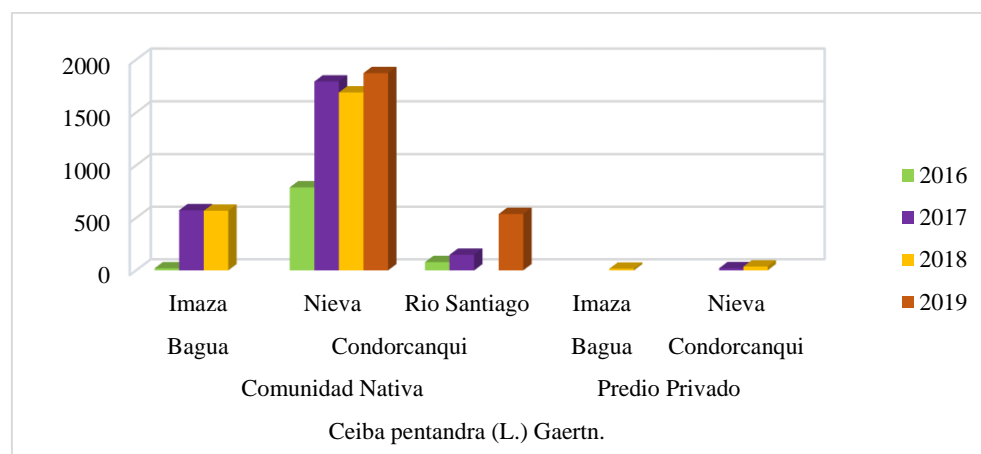
El aprovechamiento maderable de la especie *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. “lupuna” se realizó en comunidades nativas y predios privados ubicados en la parte norte del departamento de Amazonas, en las provincias de Nieva y Bagua (Tabla 7, Figura 12).

**Tabla 7.** Aprovechamiento maderable de *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.

Años	2016	2017	2018	2019	Área km <sup>2</sup>
<b><i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.</b>					
<b>Comunidad Nativa</b>					
Imaza	19.53	572.33	567.65		1159.51
Nieva	790.85	1793.62	1690.49	1873.40	6148.35
Río Santiago	78.69	148.80		536.66	764.15
<b>Pedio Privado</b>					
Imaza			15.95		15.95
Nieva		20.22	36.21		56.43
<b>Total</b>	<b>889.07</b>	<b>2534.96</b>	<b>2310.30</b>	<b>2410.05</b>	<b>8144.38</b>

Los distritos de Nieva, Imaza y Río Santiago registraron el mayor volumen maderable para aprovechamiento mediante declaraciones de manejo en comunidades nativas y predios privados, desde el año 2016 al 2019.

**Figura 12.** Aprovechamiento maderable de *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.



La Figura 13a, representa los datos de presencia de la especie *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. “lupuna”, constituido por 333 coordenadas geográficas, correspondiente a los árboles georeferenciados en las provincias de Bagua y Condorcanqui, a partir de lo cual se obtuvo la distribución potencial de dicha especie. La especie *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. “lupuna” presenta una distribución potencial alta en las provincias de Condorcanqui, Bagua y Bongará (Figura 13b, Tabla 8), con una extensión total aproximada en el departamento correspondiente a 5,679.18 km<sup>2</sup> (Tabla 8), correspondiendo a la provincia de Condorcanqui una mayor extensión de distribución (4,939.48 km<sup>2</sup>). Asimismo, del total de área de distribución, un aproximado de 2,165.22 km<sup>2</sup> presentan aptitudes para recuperar con dicha especie.

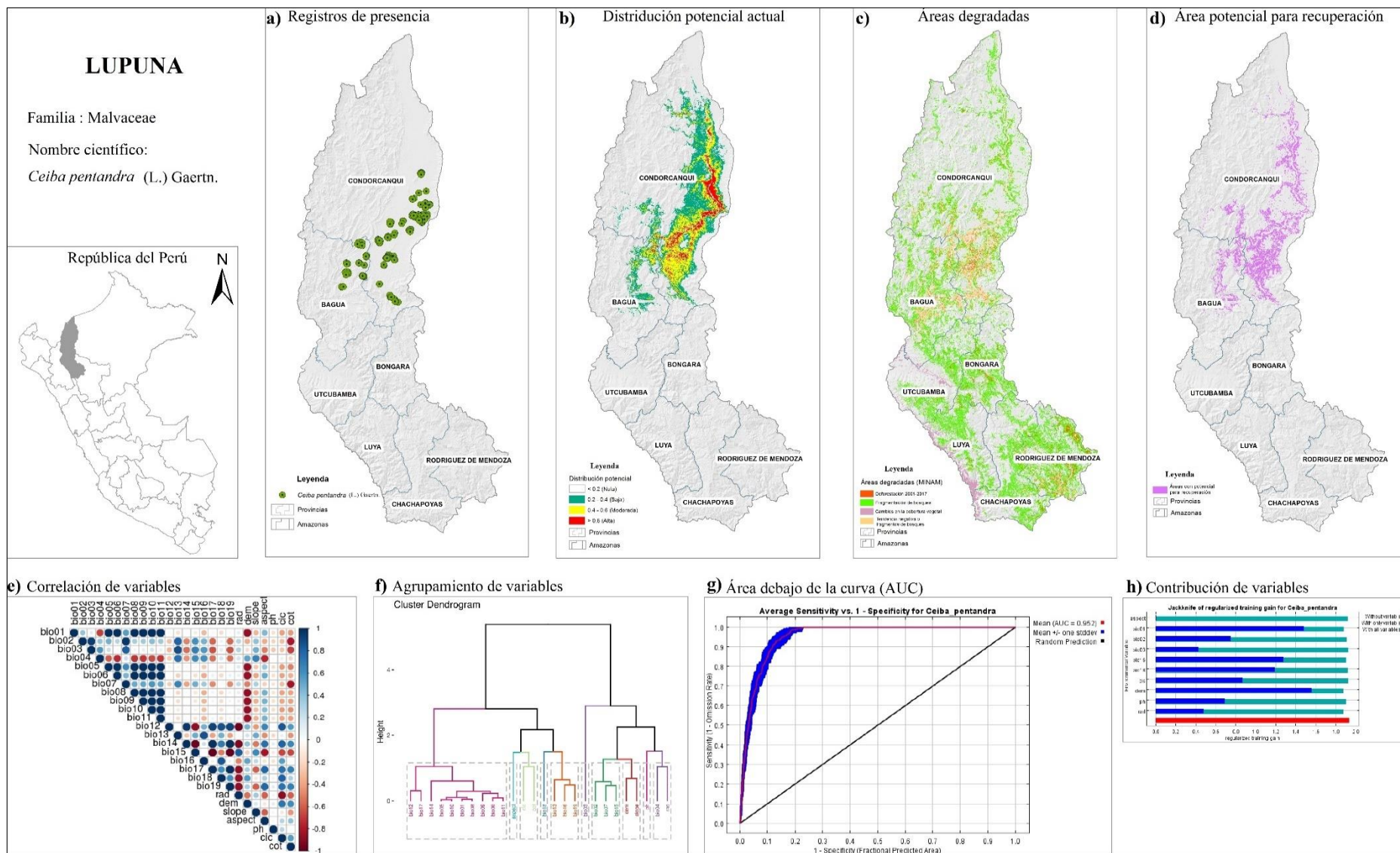
**Tabla 8.** Distribución potencial de *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.

Provincias	Bagua	Bongará	Condorcanqui	Utcubamba	Vol m <sup>3</sup>
> 0.6					
Distribución alta	27.91		556.49		584.39
Recuperación	16.59		281.27		297.86
0.4 - 0.6					
Distribución moderada	204.06		1762.53		1966.59
Recuperación	109.08		771.86		880.93
0.2 - 0.4					
Distribución baja	506.45	0.81	2620.47	0.48	3128.21
Recuperación	244.85	0.20	741.21	0.16	986.43
<b>Total, distribución</b>	<b>738.41</b>	<b>0.81</b>	<b>4939.48</b>	<b>0.48</b>	<b>5679.18</b>
<b>Total, recuperación</b>	<b>370.52</b>	<b>0.20</b>	<b>1794.34</b>	<b>0.16</b>	<b>2165.22</b>

Según reporte del MINAM en el año 2017, el área degradada en el departamento de Amazonas abarca un total de 11,544.44 km<sup>2</sup> (Figura 13c). Por lo cual, como resultado de la intersección entre la distribución potencial (Figura 13b) y las áreas degradadas (Figura 13c) se obtuvo las áreas con potencial para recuperación y/o conservación con *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. “lupuna”, abarcando un área aproximada de 2,165.22 km<sup>2</sup> (Figura 13d, Tabla 8).

La correlación de *Pearson* aplicado a los valores extraídos de las variables climáticas, edáficas y fisiográficas es graficada en la Figura 13e, se observa que las variables que presentan una correlación directa tienen valores cercanos a 1, y las variables inversamente correlacionadas valores cercanos a -1. A partir de lo antes descrito se muestra el dendrograma de agrupamiento de variables en diez (10) clusters (Figura 13f), permitiendo observar la correlación que existe entre variables; siendo así las variables “pH” y “aspecto” no se agrupan con otras variables, por lo cual aporta de una manera directa al modelo; sin embargo, existen variables que contribuyen de forma similar al modelo y se agrupan formando clusters, tal es el caso (por ejemplo) de las variables “elevación” y “pendiente”; “radiancia” y “Bio04 (temporalidad de T°)”; por lo cual se realizó un modelamiento previo (Anexo 3b), determinando solamente una variable por cluster para el modelamiento final.

El modelamiento de distribución presenta un AUC =0.952 (Figura 13g), y según Araújo *et al.*, (2005); Phillips *et al.*, (2006); Manel *et al.*, (2001), el modelamiento es bueno; las variables con mayor contribución a dicho modelo fueron Altitud, Bio 01 (Temperatura media anual), y la radiancia (Figura 13h), dichas variables contribuyeron en un 84 % al proceso del modelado.



**Figura 13.** Distribución potencial de *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. en el departamento de Amazonas

### 3.3.3. *Cedrela montana* Moritz ex Turcz.

Nombres comunes: Cedro, Cedro de altura, Cedro Andino

#### Otorgamiento maderable en el departamento de Amazonas

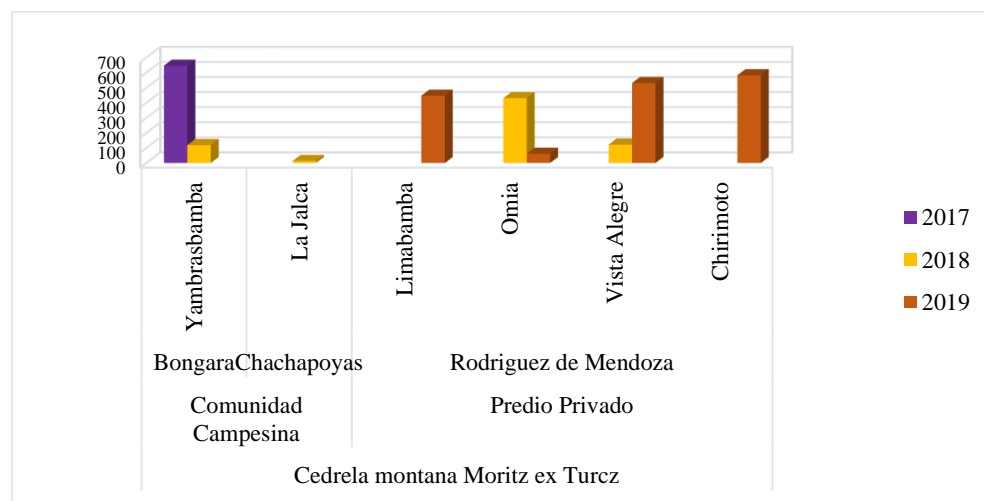
El aprovechamiento maderable de la especie *Cedrela montana* Moritz ex Turcz. “cedro” se realizó en comunidades campesinas ubicadas en la parte centro del departamento de Amazonas, sumado a ello el aprovechamiento en predios privados en la parte suroeste del departamento, en la provincia de Rodríguez de Mendoza (Tabla 9, Figura 14).

**Tabla 9.** Aprovechamiento maderable de *Cedrela montana* M. ex Turcz.

Años	2017	2018	2019	Vol m <sup>3</sup>
<b><i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.</b>				
<b>Comunidad Campesina</b>				
Yambrasbamba	646.02	119.09		765.10
La Jalca		13.67		13.67
<b>Predio Privado</b>				
Limabamba			447.04	447.04
Chirimoto			582.52	582.52
Omia		430.31	61.25	491.56
Vista Alegre		122.22	530.75	652.97
<b>Total</b>	<b>646.02</b>	<b>685.28</b>	<b>1621.5</b>	<b>2952.86</b>

Los distritos de Yambrasbamba, Vista Alegre y Limabamba registraron el mayor volumen maderable para aprovechamiento mediante DEMAs en omunidades campesinas y predios privados, desde el año 2016 al 2019.

**Figura 14.** Aprovechamiento maderable de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz.





La Figura 15a, representa los datos de presencia de la especie *Cedrela montana* Moritz ex Turcz “cedro”, constituido por 215 coordenadas geográficas, correspondiente a los árboles georeferenciados en las provincias de Bongará y Rodríguez de Mendoza, a partir de lo cual se obtuvo la distribución potencial de dicha especie. La especie especie *Cedrela montana* Moritz ex Turcz “cedro” presenta una distribución potencial alta en las provincias de Rodríguez de Mendoza, Bongará, Utcubamba, Chachapoyas, Luya y Bagua (Figura 15b), con una extensión total aproximada de 17,107.12 km<sup>2</sup> (Tabla 10), correspondiendo a la provincia de Rodríguez de Mendoza una mayor extensión de distribución (1,442.38 km<sup>2</sup>). Asimismo, del total de área de distribución, un aproximado de 6,125 km<sup>2</sup> presentan aptitudes para recuperar con dicha especie.

**Tabla 10.** Distribución potencial de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz.

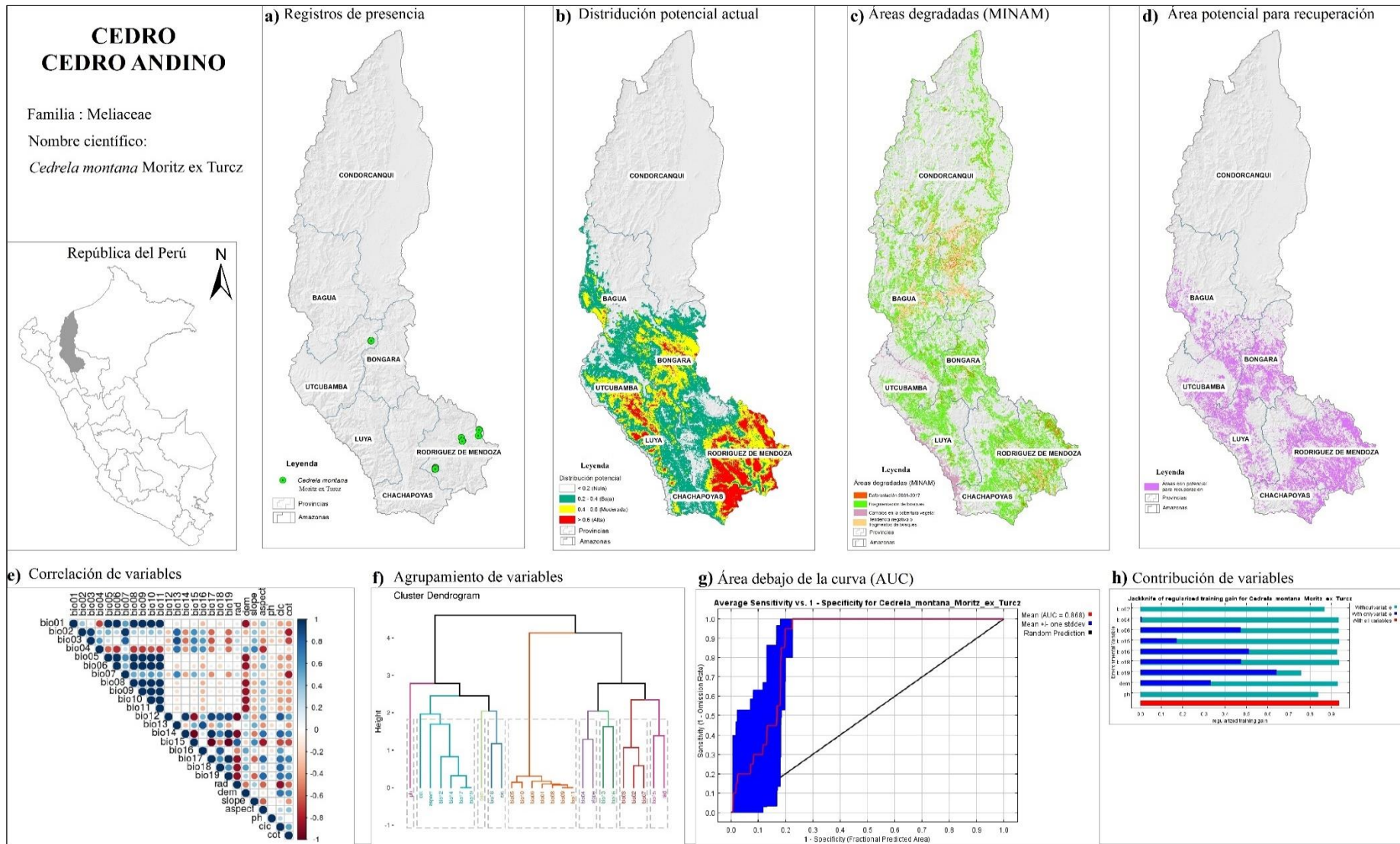
Provincia	Bagua	Bong.	Chacha	Cond.	Luya	Rod. de Mend.	Utcub.	Areal km <sup>2</sup>
> 0.6								
Dist. alta	9.47	156.58	592.08		277.98	1442.38	146.93	2625.42
Recup.	3.60	99.04	240.06		155.93	660.03	63.13	1221.79
0.4-0.6								
Dist. moderada	338.83	1180.72	589.27	5.61	773.79	1713.42	1231.03	5832.68
Recup.	121.98	558.14	255.06	1.42	329.39	861.25	426.47	2553.71
0.2 - 0.4								
Dist. baja	1409.14	1274.61	2010.10	74.27	1625.55	501.05	1754.30	8649.03
Recup.	370.41	358.19	575.15	13.48	400.39	214.65	417.23	2349.50
<b>Total, distribución</b>	<b>1757.44</b>	<b>2611.92</b>	<b>3191.45</b>	<b>79.88</b>	<b>2677.32</b>	<b>3656.85</b>	<b>3132.26</b>	<b>17107.1</b>
<b>Total, recupera.</b>	<b>495.99</b>	<b>1015.37</b>	<b>1070.28</b>	<b>14.90</b>	<b>885.71</b>	<b>1735.93</b>	<b>906.83</b>	<b>6125.01</b>

Según reporte del MINAM en el año 2017, el área degradada en el departamento de Amazonas abarca un total de 11,544.44 km<sup>2</sup> (Figura 15c). Por lo cual, como resultado de la intersección entre la distribución potencial (Figura 15b) y las áreas degradadas (Figura 15c) se obtuvo las áreas con potencial para recuperación y/o conservación con *Cedrela montana* Moritz ex Turcz “cedro”, abarcando un área aproximada de 2,165.22 km<sup>2</sup> (Figura 15d, Tabla 10).



La correlación de *Pearson* aplicado a los valores extraídos de las variables climáticas, edáficas y fisiográficas es graficada en la Figura 15e, se observa que las variables que presentan una correlación directa tienen valores cercanos a 1, y las variables inversamente correlacionadas valores cercanos a -1. A partir de lo antes descrito se muestra el dendrograma de agrupamiento de variables en nueve (09) clusters (Figura 15f), permitiendo observar la correlación que existe entre variables; siendo así las variables “pH” y “altitud” no se agrupan con otras variables, por lo cual aportan de una manera directa al modelo; sin embargo, existen variables que contribuyen de forma similar al modelo y se agrupan formando clusters, tal es el caso (por ejemplo) de las variables “radiancia” y “Bio15 (estacionalidad de pp)”; “pendiente” y “Bio04 (temporalidad de T°)”; por lo cual se realizó un modelamiento previo (Anexo 3c), determinando solamente una variable por cluster para el modelamiento final.

El modelamiento de distribución presenta un AUC =0.868 (Figura 15g), y según Araújo *et al.*, (2005); Phillips *et al.*, (2006); Manel *et al.*, (2001), el modelamiento es bueno; las variables con mayor contribución a dicho modelo fueron Bio 19 (Precipitación del trimestre más frío), pH y Bio 02 (Rango diurno medio (Media mensual (temperatura máxima - temperatura mínima)) (Figura 15h), dichas variables contribuyeron en un 98.9 % al proceso del modelado.



**Figura 15.** Distribución potencial de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz. en el departamento de Amazonas

### 3.3.4. *Cariniana decandra* Ducke

Nombres comunes : papelillo, cachimbo, cachimbo caspi

Sinónimos botánicos : *Allantoma decandra* (Ducke) Mori, Huang

#### a. Otorgamiento maderable en el departamento de Amazonas

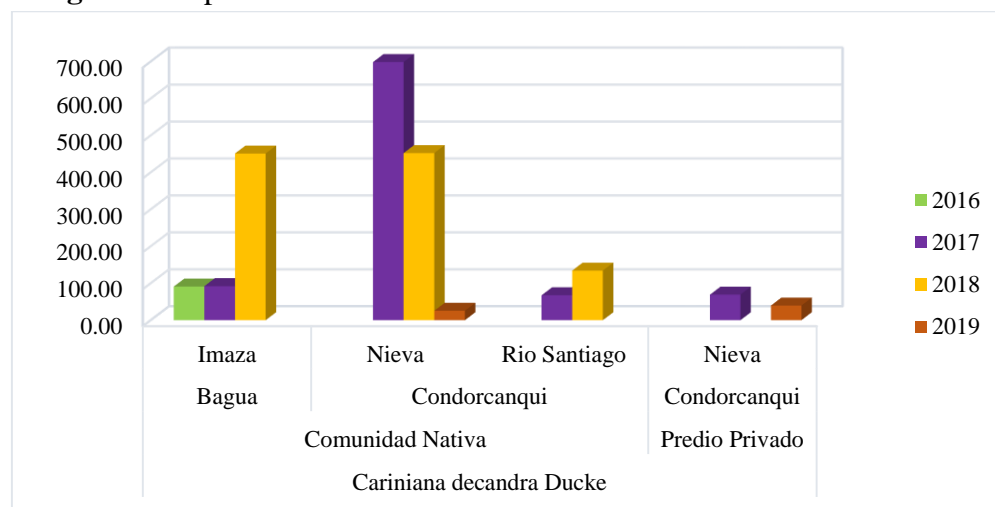
El aprovechamiento maderable de la especie *Cariniana decandra* Ducke “papelillo” o “cachimbo” se realizó en comunidades nativas ubicadas en la parte norte del departamento de Amazonas, principalmente en los distritos de Nieva e Imaza (Tabla 11, Figura 16).

**Tabla 11.** Aprovechamiento maderable de *Cariniana decandra* Ducke

Años	2016	2017	2018	2019	Vol m <sup>3</sup>
<b><i>Cariniana decandra</i> Ducke</b>					
<b>Comunidad Nativa</b>					
Imaza	90.86	92.11	450.90		633.88
Nieva		698.51	452.13	25.46	1176.10
Rio Santiago		67.43	134.10		201.53
<b>Predio Privado</b>					
Nieva		69.00		39.56	108.57
<b>Total</b>	90.86	927.05	1037.13	65.02	2120.07

El distrito de Nieva perteneciente a la provincia del mismo nombre, registró la mayor aprobación de declaraciones de manejo en comunidades campesinas y predios privados, desde el año 2016 al 2019.

**Figura 16.** Aprovechamiento maderable de *Cariniana decandra* Ducke



La Figura 17a, representa los datos de presencia de la especie *Cariniana decandra* Ducke “papelillo” o “cachimbo”, constituido por 210 coordenadas geográficas, correspondiente a los árboles georeferenciados en las provincias de Bagua y Condorcanqui, a partir de lo cual se obtuvo la distribución potencial de dicha especie. La especie *Cariniana decandra* Ducke “papelillo” o “cachimbo” presenta una distribución potencial alta en las provincias de Condorcanqui, Bagua y Chachapoyas (Figura 17b), con una extensión total aproximada de 5,550.9 km<sup>2</sup> (Tabla 12), correspondiendo a la provincia de Condorcanqui una mayor extensión de distribución (4,570.12 km<sup>2</sup>). Asimismo, del total de área de distribución, un aproximado de 1,850.62 km<sup>2</sup> presentan aptitudes para recuperar con dicha especie.

**Tabla 12.** Distribución potencial de *Cariniana decandra* Ducke

Provincias	Bagua	Chachapoyas	Condorcanqui	Luya	Área km <sup>2</sup>
> 0.6					
Distribución alta	69.37	1.96	690.34		761.67
Recuperación	176.64		226.67	0.05	403.36
0.4-0.6					
Distribución moderada	282.77	3.58	1599.48		1885.82
Recuperación	216.65	0.29	748.58		965.52
0.2 - 0.4					
Distribución baja	613.13	9.93	2280.31	0.05	2903.42
Recuperación	71.34	0.00	410.45	0.00	481.79
<b>Total, distribución</b>	<b>965.26</b>	<b>15.47</b>	<b>4570.12</b>	<b>0.05</b>	<b>5550.9</b>
<b>Total, recuperación</b>	<b>464.63</b>	<b>0.29</b>	<b>1385.70</b>	<b>0.00</b>	<b>1850.62</b>

Según reporte del MINAM en el año 2017, el área degradada en el departamento de Amazonas abarca un total de 11,544.44 km<sup>2</sup> (Figura 17c). Por lo cual, como resultado de la intersección entre la distribución potencial (Figura 17b) y las áreas degradadas (Figura 17c) se obtuvo las áreas con potencial para recuperación y/o conservación con *Cariniana decandra* Ducke “papelillo” o “cachimbo”, abarcando un área aproximada de 1,850.62 km<sup>2</sup> (Figura 17d, Tabla 12).

La correlación de *Pearson* aplicado a los valores extraídos de las variables climáticas, edáficas y fisiográficas es graficada en la Figura 17e, se

observa que las variables que presentan una correlación directa tienen valores cercanos a 1, y las variables inversamente correlacionadas valores cercanos a -1. A partir de lo antes descrito se muestra el dendrograma de agrupamiento de variables en nueve (09) clusters (Figura 15f), permitiendo observar la correlación que existe entre variables; siendo así las variables “pH” y “altitud” no se agrupan con otras variables, por lo cual aportan de una manera directa al modelo; sin embargo, existen variables que contribuyen de forma similar al modelo y se agrupan formando clusters, tal es el caso (por ejemplo) de las variables “radiancia” y “Bio15 (estacionalidad de pp)”; “pendiente” y “Bio04 (temporalidad de T°)”; por lo cual se realizó un modelamiento previo (Anexo 3d), determinando solamente una variable por cluster para el modelamiento final.

El modelamiento de distribución presenta un AUC =0.958 (Figura 14g), y según Araújo *et al.*, (2005); Phillips *et al.*, (2006); Manel *et al.*, (2001) el modelamiento es bueno; las variables con mayor contribución a dicho modelo fueron Altitud, Bio 16 (Precipitación del trimestre más húmedo y Bio 09 (Temperatura media del trimestre más seco) (Figura 14h), dichas variables contribuyeron en un 93.8 % al proceso del modelado.

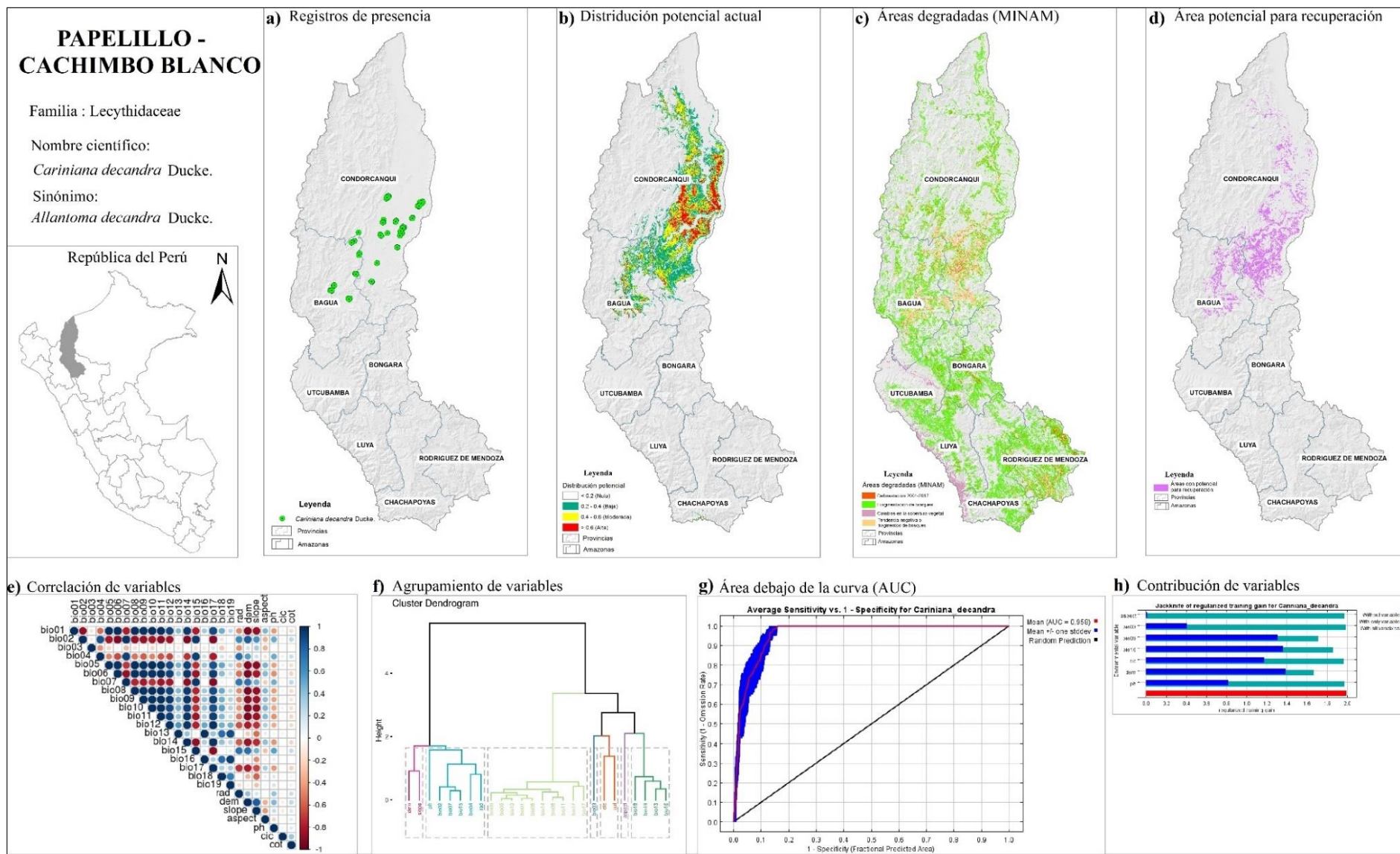


Figura 17. Distribución potencial de *Cariniana decandra* Ducke en el departamento de Amazonas

### 3.3.5. *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr.

Nombres comunes: anacaspi, palo ana

#### a. Otorgamiento maderable en el departamento de Amazonas

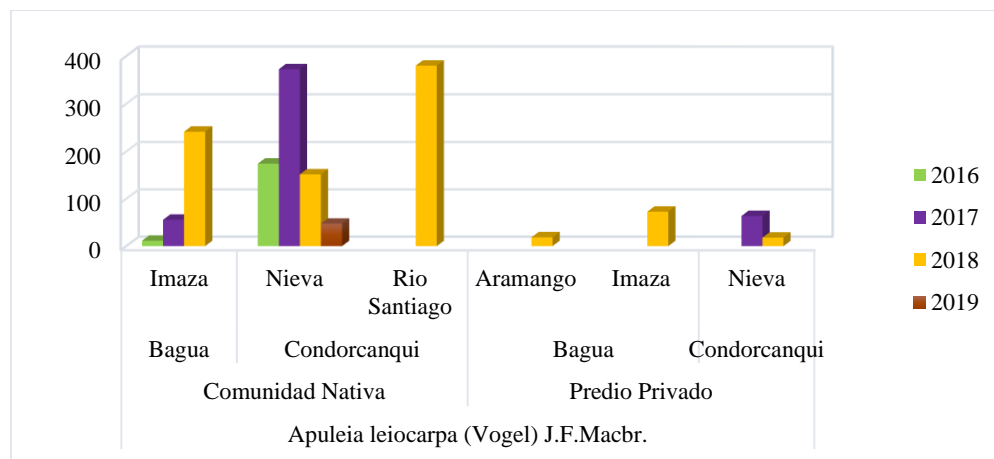
El aprovechamiento maderable de la especie *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr “anacaspi” se realizó en comunidades nativas ubicadas en la parte norte del departamento de Amazonas, principalmente en los distritos de Nieva y Río Santiago (Tabla 13, Figura 18).

**Tabla 13.** Aprovechamiento maderable de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr

Año	2016	2017	2018	2019	Vol m <sup>3</sup> (r)
<b><i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.</b>					
<b>Comunidad Nativa</b>					
Imaza	11	56	242		309
Nieva	174	373	152	47	746
Río Santiago			380		380
<b>Predio Privado</b>					
Aramango			19		19
Imaza			73		73
Nieva		64	18		82
<b>Total</b>	<b>186</b>	<b>492</b>	<b>883</b>	<b>47</b>	<b>1608</b>

El distrito de Nieva perteneciente a la provincia del mismo nombre, registró la mayor aprobación de declaraciones de manejo en comunidades campesinas y predios privados, desde el año 2016 al 2019.

**Figura 18.** Aprovechamiento maderable de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr





La Figura 19a, representa los datos de presencia de la especie *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr “anacaspi”, constituido por 241 coordenadas geográficas, correspondiente a los árboles georeferenciados en las provincias de Bagua y Condorcanqui, a partir de lo cual se obtuvo la distribución potencial de dicha especie. La especie *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr “anacaspi” presenta una distribución potencial en las provincias de Condorcanqui y Bagua (Figura 19b), con una extensión total aproximada de 6,033.45 km<sup>2</sup> (Tabla 14), correspondiendo a la provincia de Condorcanqui una mayor extensión de distribución (5,185.07 km<sup>2</sup>). Del total de área de distribución, un aproximado de 2,139 km<sup>2</sup> presentan aptitudes para recuperar con dicha especie.

**Tabla 14.** Distribución potencial de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.

Macbr

Provincias	Bagua	Condorcanqui	Área (km <sup>2</sup> )
> 0.6			
Distribución Alta	39.92	721.63	761.55
Recuperación	21.79	283.28	305.07
0.4-0.6			
Distribución Moderada	338.29	2111.60	2449.89
Recuperación	168.79	762.39	931.18
0.2 - 0.4			
Distribución Baja	470.16	2351.85	2822.01
Recuperación	243.27	659.48	902.75
<b>Total, distribución</b>	<b>848.38</b>	<b>5185.07</b>	<b>6033.45</b>
<b>Total, recuperación</b>	<b>433.85</b>	<b>1705.15</b>	<b>2139.00</b>

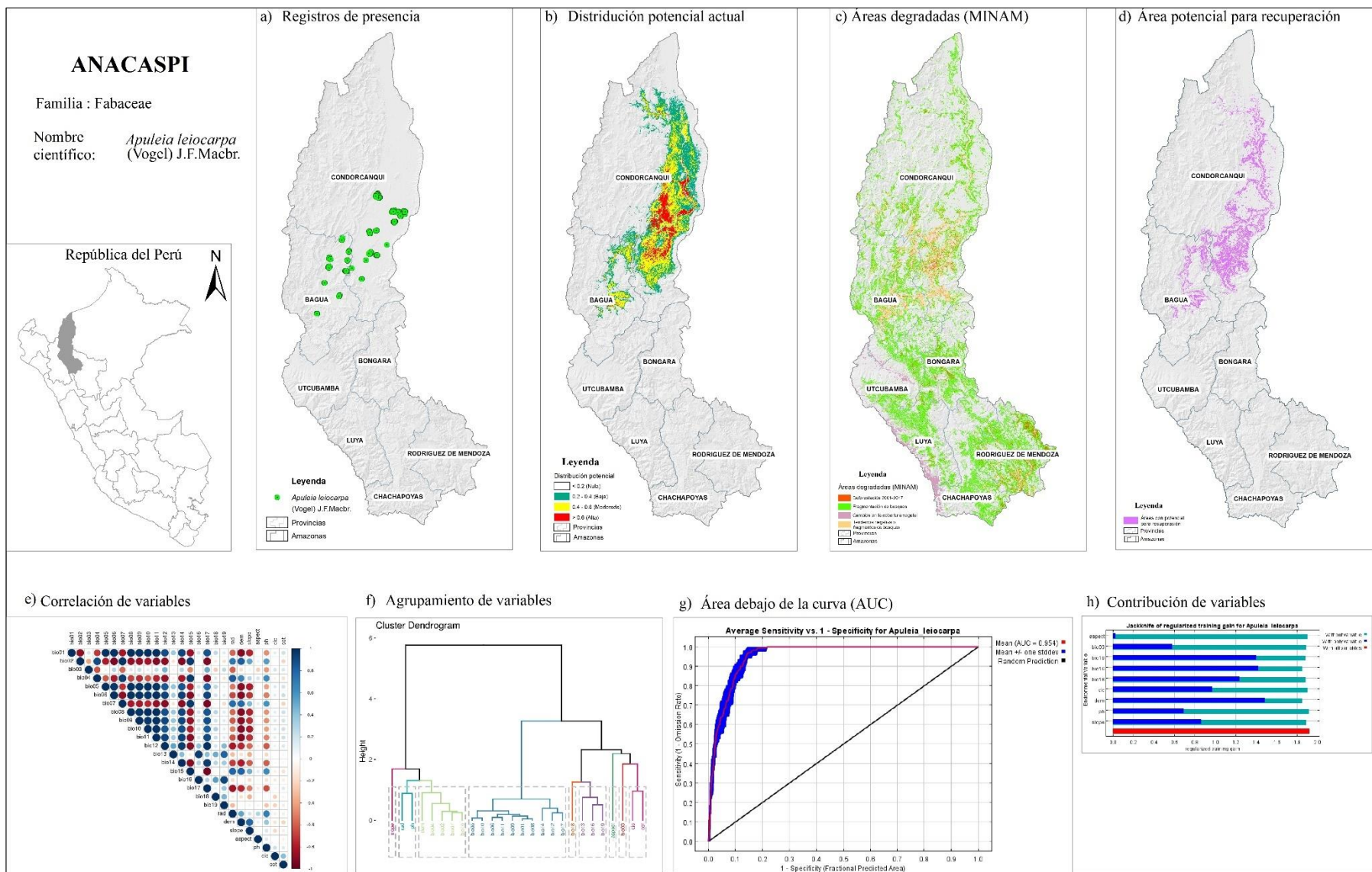
Según reporte del MINAM en el año 2017, el área degradada en el departamento de Amazonas abarca un total de 11,544.44 km<sup>2</sup> (Figura 19c). Por lo cual, como resultado de la intersección entre la distribución potencial (Figura 19b) y las áreas degradadas (Figura 19c) se obtuvo las áreas con potencial para recuperación y/o conservación con *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr “anacaspi”, abarcando un área aproximada de 2,139 km<sup>2</sup> (Figura 19d, Tabla 14).

La correlación de *Pearson* aplicado a los valores extraídos de las variables climáticas, edáficas y fisiográficas es graficada en la Figura 11e, se observa que las variables que presentan una correlación directa tienen



valores cercanos a 1, y las variables inversamente correlacionadas valores cercanos a -1. A partir de lo antes descrito se muestra el dendrograma de agrupamiento de variables en nueve (09) clusters (Figura 19f), permitiendo observar la correlación que existe entre variables; siendo así las variables “pendiente”, “Bio18 (pp del trimestre más cálido)” “aspecto” y “Bio03 (isotermalidad)” no se agrupa con otras variables, por lo cual aporta de una manera directa al modelo. Sin embargo, existes variables que contribuyen de forma similar al modelo y se agrupan formando clusters, tal es el caso (por ejemplo) de las variables “radiancia” y “ph”; “capacidad de intercambio catiónico” y “contenido de carbono”; por lo cual se realizó un modelamiento previo (Anexo 3e), determinando solamente una variable por cluster para el modelamiento final.

El modelamiento de distribución presenta un AUC =0.954 (Figura 19g), que puede considerarse como un modelamiento bueno (Manel *et al.*, 2001; Araújo *et al.*, 2005; Phillips *et al.*, 2006). Las variables con mayor contribución a dicho modelo fueron Altitud, Bio 16 (Precipitación del trimestre más húmedo y Bio 10 (Temperatura media del trimestre más cálido) (Figura 19h), dichas variables contribuyeron en 80% al proceso del modelado.



**Figura 19.** Distribución potencial de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr en el departamento de Amazonas

### 3.3.6. *Hura crepitans* L.

Nombres comunes : Catahua

Sinónimos botánicos : *Hura Brasiliensis* Willd, *Hura crepitans* L. fo. *oblongifolia* Müll. Arg.

#### a. Otorgamiento maderable en el departamento de Amazonas

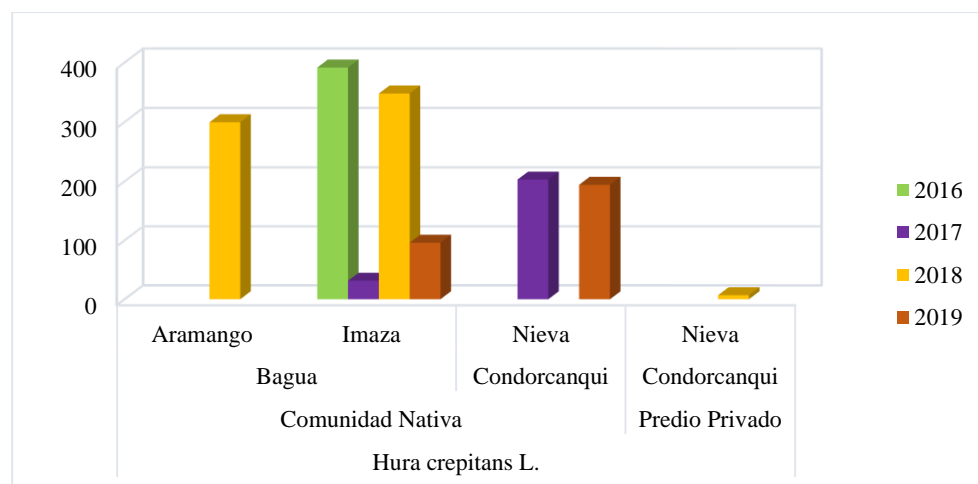
El aprovechamiento maderable de la especie *Hura crepitans* L. “catahua” se realizó en comunidades nativas y predios privados ubicados en la parte norte del departamento de Amazonas, en las provincias de Nieva y Bagua (Tabla 15, Figura 20).

**Tabla 15.** Aprovechamiento maderable de *Hura crepitans* L.

Año	2016	2017	2018	2019	Vol m <sup>3</sup>
<i>Hura crepitans</i> L.					
<b>Comunidad Nativa</b>					
Aramango			299.41		299.41
Imaza	391.60	31.40	347.78	95.90	866.68
Nieva		202.90		194.08	396.97
<b>Pedio Privado</b>					
Nieva			6.91		6.91
<b>Total</b>	<b>391.60</b>	<b>234.30</b>	<b>654.09</b>	<b>289.98</b>	<b>1569.96</b>

Los distritos de Nieva, Imaza y Aramango registraron el mayor volumen maderable para aprovechamiento mediante declaraciones de manejo en comunidades nativas desde el año 2016 al 2019.

**Figura 20.** Aprovechamiento maderable de *Hura crepitans* L.



La Figura 21a, representa los datos de presencia de la especie *Hura crepitans* L. “catahua”, constituido por 152 coordenadas geográficas, correspondiente a los árboles georeferenciados en las provincias de Bagua y Condorcanqui, a partir de lo cual se obtuvo la distribución potencial de dicha especie. La especie *Hura crepitans* L. “catahua” presenta una distribución potencial alta en las provincias de Bagua, Condorcanqui y Utcubamba (Figura 21b), con una extensión total aproximada en el departamento correspondiente a 2562.89 km<sup>2</sup> (Tabla 16), correspondiendo a la provincia de Bagua una mayor extensión de distribución (1821.27 km<sup>2</sup>). Asimismo, del total de área de distribución, un aproximado de 1267.60 km<sup>2</sup> presentan aptitudes para recuperar con dicha especie.

**Tabla 16.** Distribución potencial de *Hura crepitans* L.

Provincias	Bagua	Bon gará	Condorc anqui	Utcuba mba	Vol m <sup>3</sup>
> 0.6					
Alta	364.09		46.28	1.50	411.88
Recuperación	188.54		24.81	0.19	213.54
0.4 - 0.6					
Moderada	649.33	0.95	229.49	10.65	890.42
Recuperación	324.17	0.47	125.37	2.07	452.09
0.2 - 0.4					
Baja	807.84	1.68	420.43	30.63	1260.59
Recuperación	385.24	0.90	207.96	7.88	601.97
<b>Total, distribución</b>	<b>1821.27</b>	<b>2.63</b>	<b>696.20</b>	<b>42.79</b>	<b>2562.89</b>
<b>Total, recuperación</b>	<b>897.95</b>	<b>1.37</b>	<b>358.14</b>	<b>10.14</b>	<b>1267.60</b>

Según reporte del MINAM en el año 2017, el área degradada en el departamento de Amazonas abarca un total de 11,544.44 km<sup>2</sup> (Figura 21c). Por lo cual, como resultado de la intersección entre la distribución potencial (Figura 21b) y las áreas degradadas (Figura 21c) se obtuvo las áreas con potencial para recuperación y/o conservación con *Hura crepitans* L. “catahua”, abarcando un área aproximada de 1,297.60 km<sup>2</sup> (Figura 21d, Tabla 16).

La correlación de *Pearson* aplicado a los valores extraídos de las variables climáticas, edáficas y fisiográficas es graficada en la Figura 21e, se observa que las variables que presentan una correlación directa tienen

valores cercanos a 1, y las variables inversamente correlacionadas valores cercanos a -1. A partir de lo antes descrito se muestra el dendrograma de agrupamiento de variables en ocho (08) clusters (Figura 21f), permitiendo observar la correlación que existe entre variables. Siendo así, las variables “carbono orgánico del suelo”, “Bio04 (temporalidad de temperatura)” “pH” y “Bio03 (isotermalidad)” no se agrupan con otras variables, por lo cual aportan de una manera directa al modelo. Sin embargo, existen variables que contribuyen de forma similar al modelo y se agrupan formando clusters, tal es el caso (por ejemplo) de las variables “radiancia” y “aspecto”; “capacidad de intercambio catiónico”, “pendiente” y “Bio15 (estacionalidad de pp)”; por lo cual se realizó un modelamiento previo (Anexo 3f), determinando solamente una variable por cluster para el modelamiento final.

El modelamiento de distribución presenta un AUC =0.977 (Figura 21g), y según Araújo *et al.*, (2005); Phillips *et al.*, (2006); Manel *et al.*, (2001), el modelamiento es bueno; las variables con mayor contribución a dicho modelo fueron Bio 04 (Temporalidad de la temperatura), Altitud y Bio 08 (Temperatura media del trimestre más húmedo) (Figura 21h), dichas variables contribuyeron en un 76.4 % al proceso del modelado.

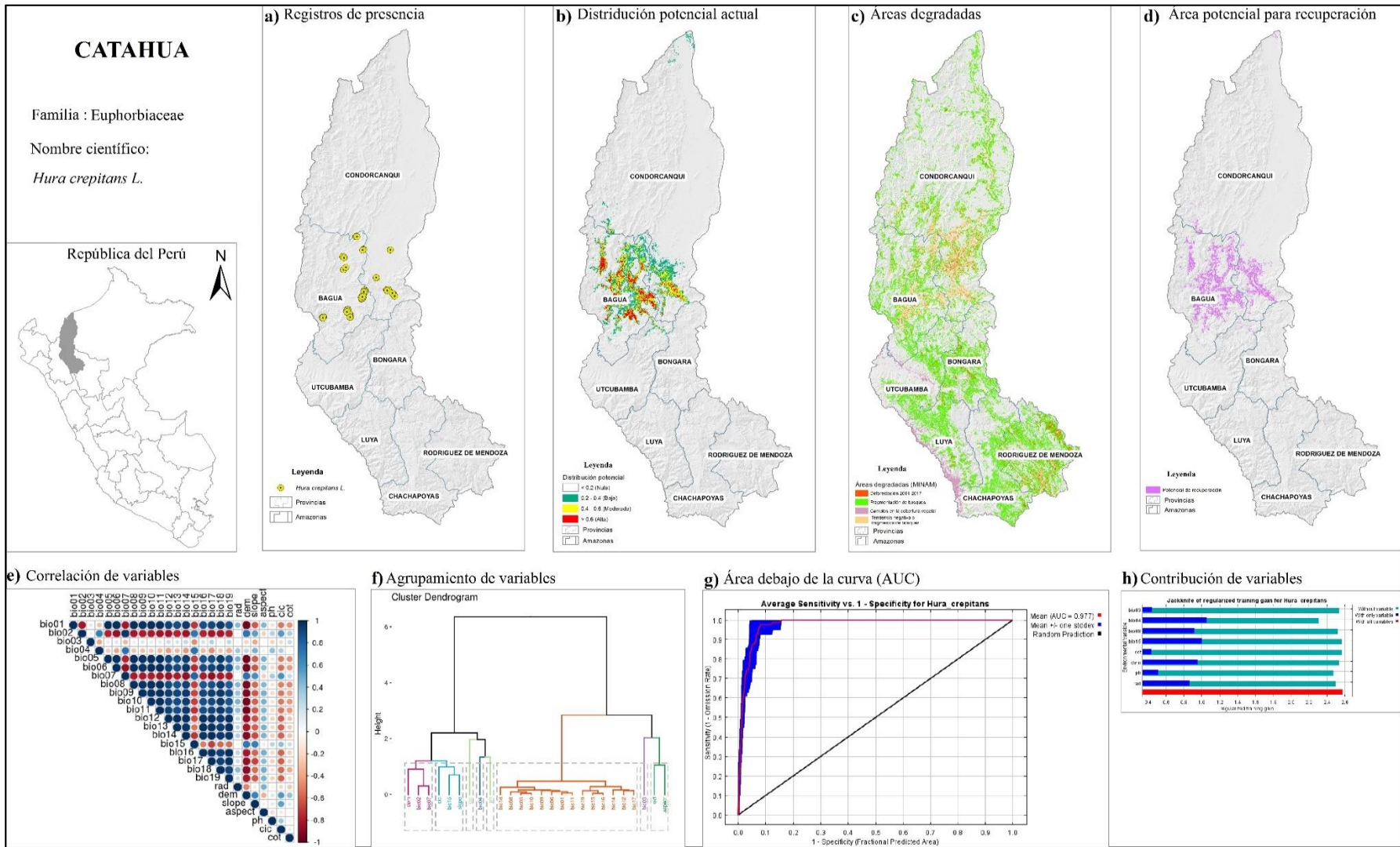


Figura 21. Distribución potencial de *Hura crepitans* L. en el departamento de Amazonas

### 3.3.7. *Otoba parvifolia* (Markgr.) A.H. Gentry

Nombres comunes : Sempo, Seica, Cumala, Aguano cumala, Aguanillo, Tsempu

#### a. Otorgamiento maderable en el departamento de Amazonas

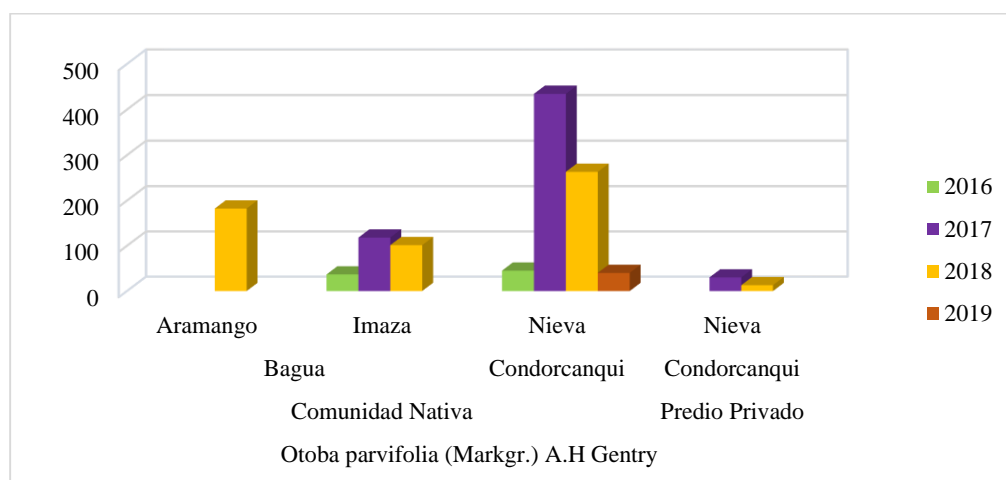
El aprovechamiento maderable de la especie *Otoba parvifolia* (Markgr.) A.H. Gentry “sempo” se realizó en comunidades nativas y predios privados ubicados en la parte norte del departamento de Amazonas, en las provincias de Nieva y Bagua (Tabla 17, Figura 22).

**Tabla 17.** Aprovechamiento maderable de *Otoba parvifolia* (Markgr.) A.H. Gentry

Año	2016	2017	2018	2019	Vol m <sup>3</sup>
<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H.Gentry					
<b>Comunidad Nativa</b>					
Aramango			182.41		182.41
Imaza	36.70	118.21	101.44		256.35
Nieva	45.09	434.52	263.36	40.06	783.02
<b>Predio Privado</b>					
Nieva		30.05	12.98		43.03
<b>Total</b>	<b>81.79</b>	<b>582.77</b>	<b>560.19</b>	<b>40.06</b>	<b>1264.8</b>

Los distritos de Nieva, Imaza y Aramango registraron el mayor volumen maderable para aprovechamiento mediante declaraciones de manejo en comunidades nativas y predio privado desde el año 2016 al 2018.

**Figura 22.** Aprovechamiento maderable de *Otoba parvifolia* (Markgr.) A.H.Gentry



La Figura 23a, representa los datos de presencia de la especie *Otoba parvifolia* (Markgr.) A.H. Gentry “sempo”, constituido por 414 coordenadas geográficas, correspondiente a los árboles georeferenciados en las provincias de Bagua y Condorcanqui, a partir de lo cual se obtuvo la distribución potencial de dicha especie. La especie *Otoba parvifolia* (Markgr.) A.H. Gentry “sempo” presenta una distribución potencial más alta en las provincias de Condorcanqui y Bagua (Figura 28b), con una extensión total aproximada en el departamento correspondiente a 7730.28 km<sup>2</sup> (Tabla 18), correspondiendo a la provincia de Condorcanqui una mayor extensión de distribución (5612.80 km<sup>2</sup>). Asimismo, del total de área de distribución, un aproximado de 2798.11 km<sup>2</sup> presentan aptitudes para recuperar con dicha especie.

**Tabla 18.** Distribución potencial de *Otoba parvifolia* (Markgr.) A.H. Gentry

Prov.	Bagua	Bong.	Chach.	Condorc.	Rod. de Mend.	Utc.	Vol m <sup>3</sup>
<b>&gt; 0.6</b>							
Alta	303.51			696.51		0.80	1000.82
Recuperación	160.78			331.17		0.02	491.96
<b>0.4 - 0.6</b>							
Moderada	734.11	1.13		1787.52		2.77	2525.53
Recuperación	367.33	0.59		646.90		0.20	1015.02
<b>0.2 - 0.4</b>							
Baja	1058.39	5.94	0.64	3128.77	0.11	10.08	4203.92
Recuperación	475.44	2.64	0.06	811.55		1.44	1291.14
Total, distribución	2096.01	7.07	0.64	5612.80	0.11	13.65	7730.28
Total, Recuperación	1003.55	3.23	0.06	1789.61		1.66	2798.11

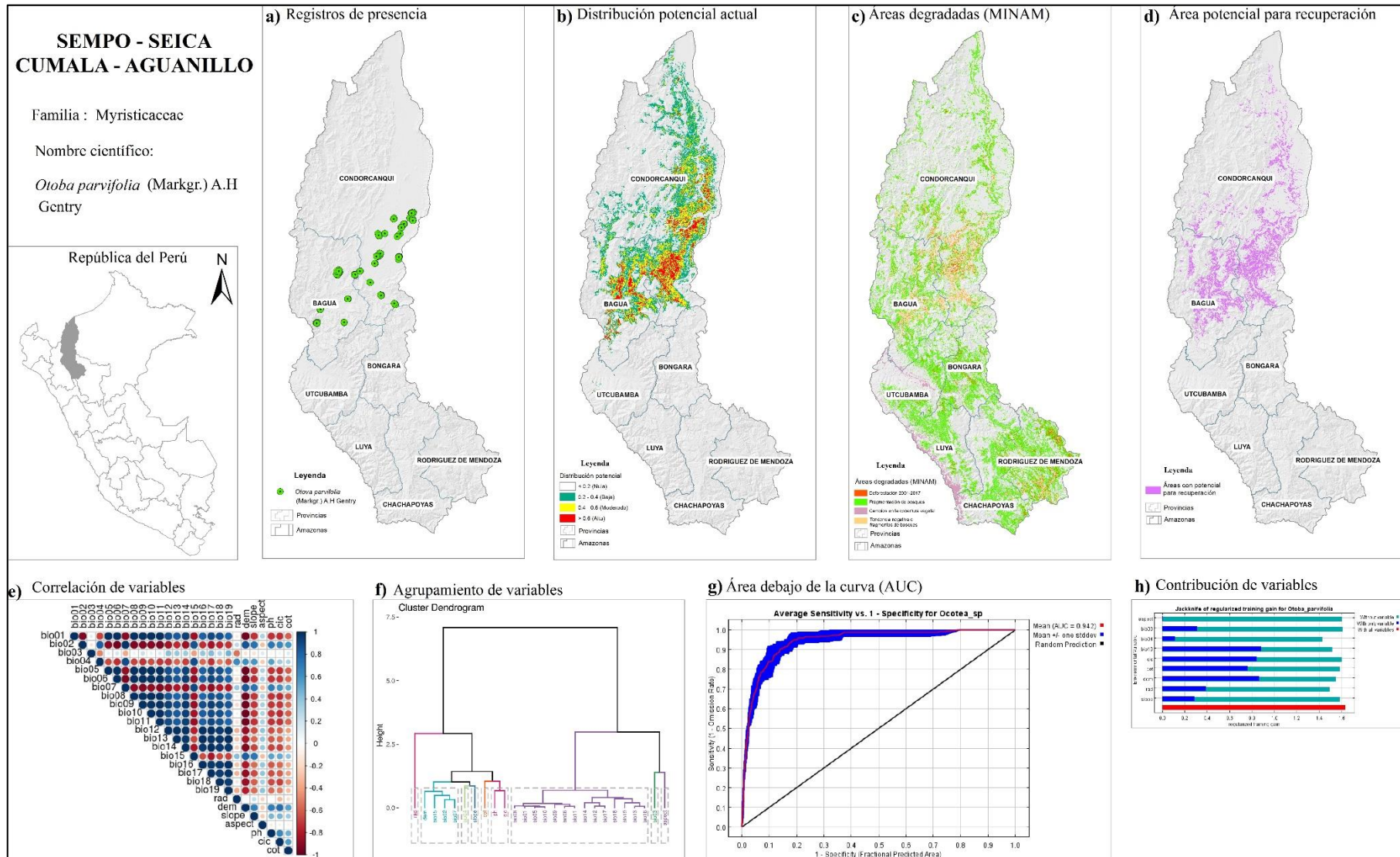
Según reporte del MINAM en el año 2017, el área degradada en el departamento de Amazonas abarca un total de 11,544.44 km<sup>2</sup> (Figura 23c). Por lo cual, como resultado de la intersección entre la distribución potencial (Figura 23b) y las áreas degradadas (Figura 23c) se obtuvo las áreas con potencial para recuperación y/o conservación con *Otoba parvifolia* (Markgr.) A.H. Gentry “sempo”, abarcando un área aproximada de 2,139 km<sup>2</sup> (Figura 23d, Tabla 18).

La correlación de *Pearson* aplicado a los valores extraídos de las variables climáticas, edáficas y fisiográficas es graficada en la Figura 23e, se observa que las variables que presentan una correlación directa tienen valores cercanos a 1, y las variables inversamente correlacionadas valores cercanos a -1. A partir de lo antes descrito se muestra el dendrograma de agrupamiento de variables en



nueve (09) clusters (Figura 23f), permitiendo observar la correlación que existe entre variables. Siendo así, las variables “radiancia”, “pendiente”, “Bio04 (temporalidad de temperatura)”, “carbono orgánico”, “aspecto” y “Bio03 (isotermalidad)” no se agrupan con otras variables, por lo cual aportan de una manera directa al modelo. Sin embargo, existen variables que contribuyen de forma similar al modelo y se agrupan formando clusters, tal es el caso (por ejemplo) de las variables “elevación”, “Bio15 (estacionalidad de pp)”, “Bio02 (Rango diurno medio)” y “Bio07 (Rango anual de T°); “capacidad de intercambio catiónico” y “pH”; por lo cual se realizó un modelamiento previo (Anexo 3g), determinando solamente una variable por cluster para el modelamiento final.

El modelamiento de distribución presenta un AUC =0.948 (Figura 23g), y según Araújo *et al.*, (2005); Phillips *et al.*, (2006); Manel *et al.*, (2001), el modelamiento es bueno; las variables con mayor contribución a dicho modelo fueron Altitud, Bio 18 (precipitación del trimestre más calido) y Bio 04 (Temporalidad de temperatura) (Figura 23h), dichas variables contribuyeron en un 77.1 % al proceso del modelado.



**Figura 23.** Distribución potencial de *Otoba parvifolia* (Markgr.) A.H.Gentry. en el departamento de Amazona

### 3.3.8. *Inga sp.*

Nombres comunes : Guabilla

#### a. Otorgamiento maderable en el departamento de Amazonas

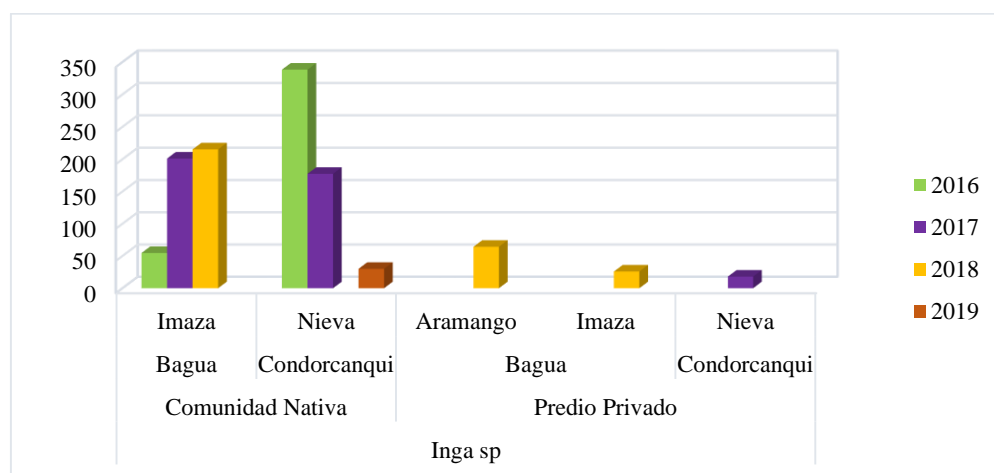
El aprovechamiento maderable de la especie *Inga sp.* “guabilla” se realizó en Comunidades Nativas y predios privados ubicados en la parte norte del departamento de Amazonas, en las provincias de Nieva y Bagua (Tabla 19, Figura 24).

**Tabla 19.** Aprovechamiento maderable de *Inga sp.*

Año	2016	2017	2018	2019	Vol m <sup>3</sup>
<i>Inga sp</i>					
<b>Comunidad Nativa</b>					
Imaza	54.70	201.15	215.30		471.15
Nieva	338.38	177.57		30.09	546.04
<b>Pedio Privado</b>					
Aramango			64.34		64.34
Imaza			25.93		25.93
Nieva		18.08			18.08
<b>Total</b>	<b>393.08</b>	<b>396.80</b>	<b>305.57</b>	<b>30.09</b>	<b>1125.54</b>

Los distritos de Nieva, Imaza y Aramango registraron el mayor volumen maderable para aprovechamiento mediante declaraciones de manejo en comunidades nativas y predio privado desde el año 2016 al 2019.

**Figura 24.** Aprovechamiento maderable de *Inga sp.*



La figura 25a, representa los datos de presencia de la especie *Inga sp.* “guabilla”, constituido por 311 coordenadas geográficas, correspondiente a los árboles georeferenciados en las provincias de Bagua y Condorcanqui, a partir de lo cual se obtuvo la distribución potencial de dicha especie. La especie *Inga sp.* “guabilla” presenta una distribución potencial alta en las provincias de Condorcanqui y Bagua (Figura 25b), con una extensión total aproximada en el departamento correspondiente a 1280.27 km<sup>2</sup> (Tabla 20), correspondiendo a la provincia de Condorcanqui una mayor extensión de distribución (243.61 km<sup>2</sup>). Asimismo, del total de área de distribución, un aproximado de 1304.45 km<sup>2</sup> presentan aptitudes para recuperar con dicha especie.

**Tabla 20.** Distribución potencial de *Inga sp.*

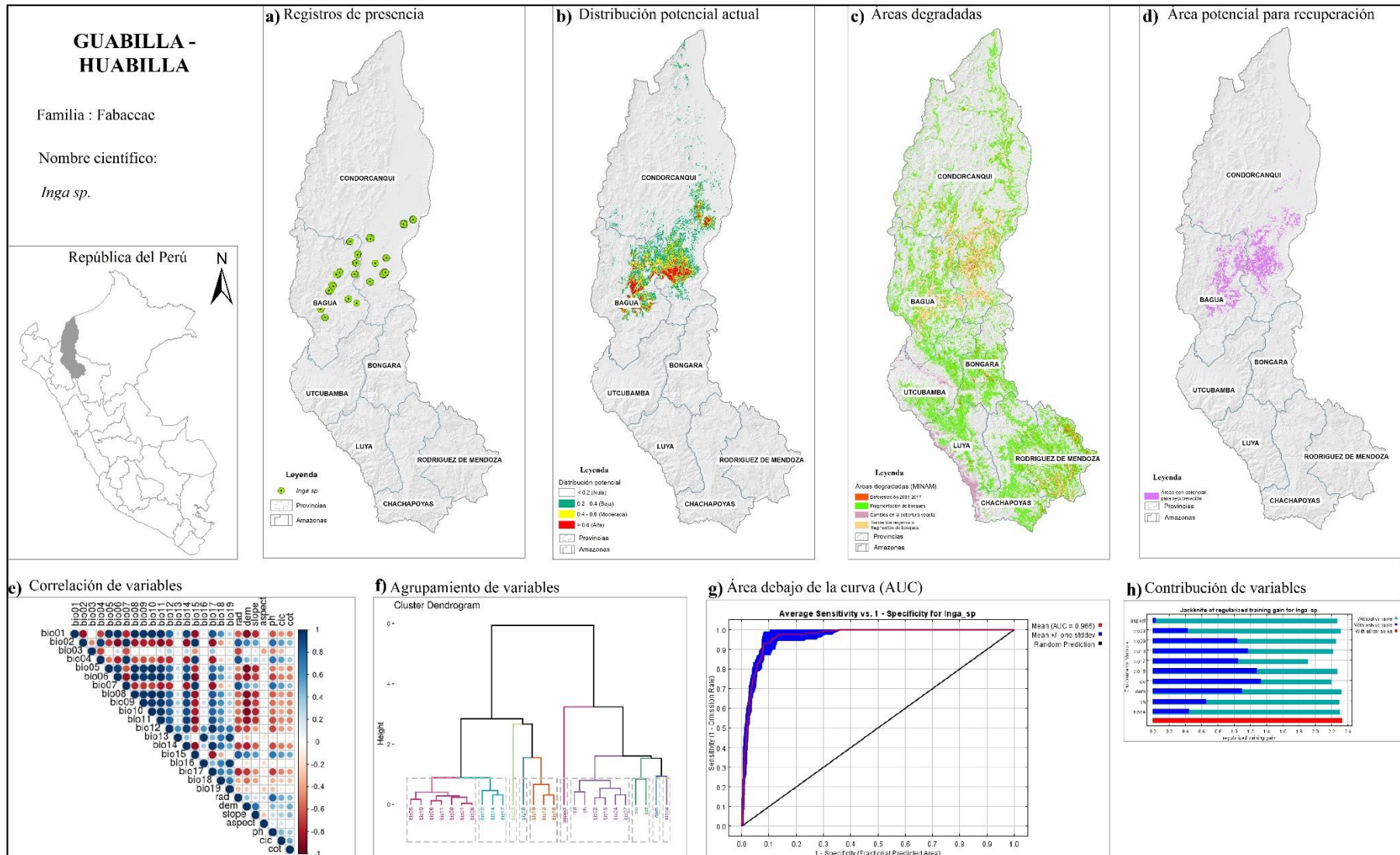
<b>Provincias</b>	<b>Bagua</b>	<b>Condorcanqui</b>	<b>Área km<sup>2</sup></b>
> 0.6			
Alta	217.59	243.61	461.20
Recuperación	124.14	130.71	254.84
0.4 - 0.6			
Moderada	381.82	484.87	866.69
Recuperación	190.89	229.02	419.91
0.2 - 0.4			
Baja	558.45	983.94	1542.38
Recuperación	253.49	376.22	629.70
<b>Total, distribución</b>	<b>1157.86</b>	<b>1712.41</b>	<b>1280.27</b>
<b>Total, recuperación</b>	<b>568.51</b>	<b>735.94</b>	<b>1304.45</b>

Según reporte del MINAM en el año 2017, el área degradada en el departamento de Amazonas abarca un total de 11,544.44 km<sup>2</sup> (Figura 25c). Por lo cual, como resultado de la intersección entre la distribución potencial (Figura 23b) y las áreas degradadas (Figura 25c) se obtuvo las áreas con potencial para recuperación y/o conservación con *Inga sp.* “guabilla”, abarcando un área aproximada de 1,304.45 km<sup>2</sup> (Figura 25d, Tabla 18).

La correlación de *Pearson* aplicado a los valores extraídos de las variables climáticas, edáficas y fisiográficas es graficada en la Figura 25e, se observa que las variables que presentan una correlación directa tienen valores cercanos a 1, y las variables inversamente correlacionadas valores

cercanos a -1. A partir de lo antes descrito se muestra el dendrograma de agrupamiento de variables en diez (10) clusters (Figura 25f), permitiendo observar la correlación que existe entre variables. Siendo así, las variables “elevación”, “pendiente”, “Bio18 (pp del trimestre más cálido)”, “aspecto” y “Bio03 (isotermalidad)” no se agrupan con otras variables, por lo cual aportan de una manera directa al modelo. Sin embargo, existen variables que contribuyen de forma similar al modelo y se agrupan formando clusters, tal es el caso (por ejemplo) de las variables “Bio 12 (pp anual)”, “Bio14 (pp del mes más seco)” y “Bio17 (pp del trimestre más seco)” ; “capacidad de intercambio catiónico” y “carbono orgánico”; por lo cual se realizó un modelamiento previo (Anexo 3h), determinando solamente una variable por cluster para el modelamiento final (Figura 25h).

El modelamiento de distribución presenta un AUC =0.965 (Figura 25g), y según Araújo *et al.*, (2005); Phillips *et al.*, (2006); Manel *et al.*, (2001), el modelamiento es bueno; las variables con mayor contribución a dicho modelo fueron Altitud, CIC () y Bio 17 (Precipitación del trimestre más seco), (Figura 25h), dichas variables contribuyeron en un 65% al proceso del modelado.



**Figura 25.** Distribución potencial de *Inga sp.* en el departamento de Amazonas

### 3.3.9. *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. ex K. Schum.

Nombres comunes: capirona, capirona de hoja chica

#### a. Otorgamiento maderable en el departamento de Amazonas

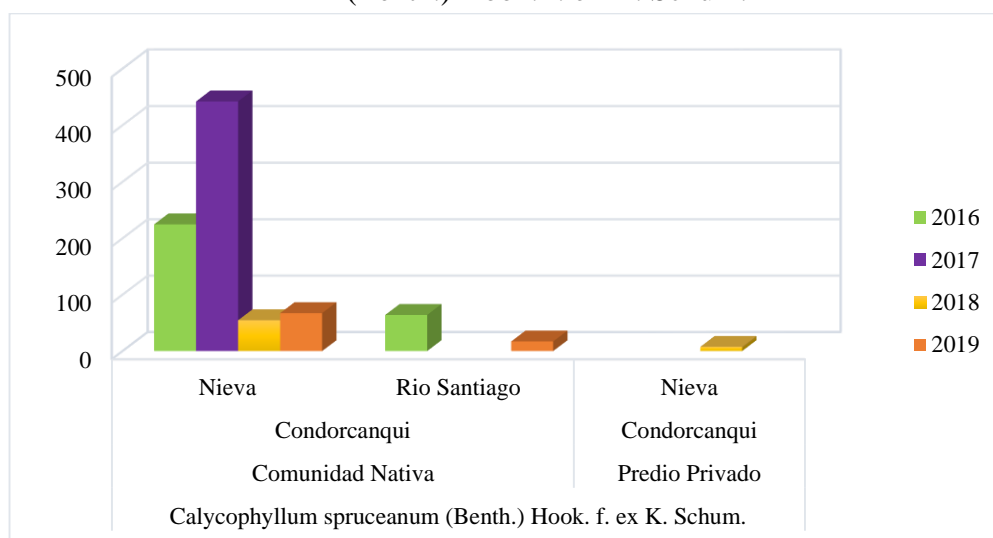
El aprovechamiento maderable de la especie *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. ex K. Schum “capirona”, se realizó en comunidades nativas ubicadas en la parte norte del departamento de Amazonas, principalmente en los distritos de Nieva y Río Santiago (Tabla 21, Figura 26).

**Tabla 21.** Aprovechamiento maderable de *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. ex K. Schum.

Año	2016	2017	2018	2019	Vol m3 (r)
<i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth.) Hook. f. ex K. Schum.					
<b>Comunidad Nativa</b>					
Nieva	224.74	442.02	54.65	67.26	788.67
Rio Santiago	64.01			17.05	81.06
<b>Predio Privado</b>					
Nieva			7.44		7.44
<b>Total</b>	<b>288.75</b>	<b>442.02</b>	<b>62.09</b>	<b>84.31</b>	<b>877.16</b>

El distrito de Nieva perteneciente a la provincia del mismo nombre, registró la mayor aprobación de declaraciones de manejo en comunidades campesinas y predios privados, desde el año 2016 al 2019.

**Figura 26.** Aprovechamiento maderable de *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. ex K. Schum.





La Figura 27a, representa los datos de presencia de la especie *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. ex K. Schum “capirona”, constituido por 201 coordenadas geográficas, correspondiente a los árboles georeferenciados en las provincias de Bagua y Condorcanqui, a partir de lo cual se obtuvo la distribución potencial de dicha especie. La especie *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. ex K. Schum “capirona” presenta una distribución potencial en las provincias de Condorcanqui y Bagua (Figura 13b), con una extensión total aproximada de 977.8 km<sup>2</sup> (Tabla 22), correspondiendo a la provincia de Condorcanqui una mayor extensión de distribución (843.95 km<sup>2</sup>). Del total de área de distribución, un aproximado de 428.75 km<sup>2</sup> presentan aptitudes para recuperar con dicha especie

**Tabla 22.** Distribución potencial de *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. ex K. Schum

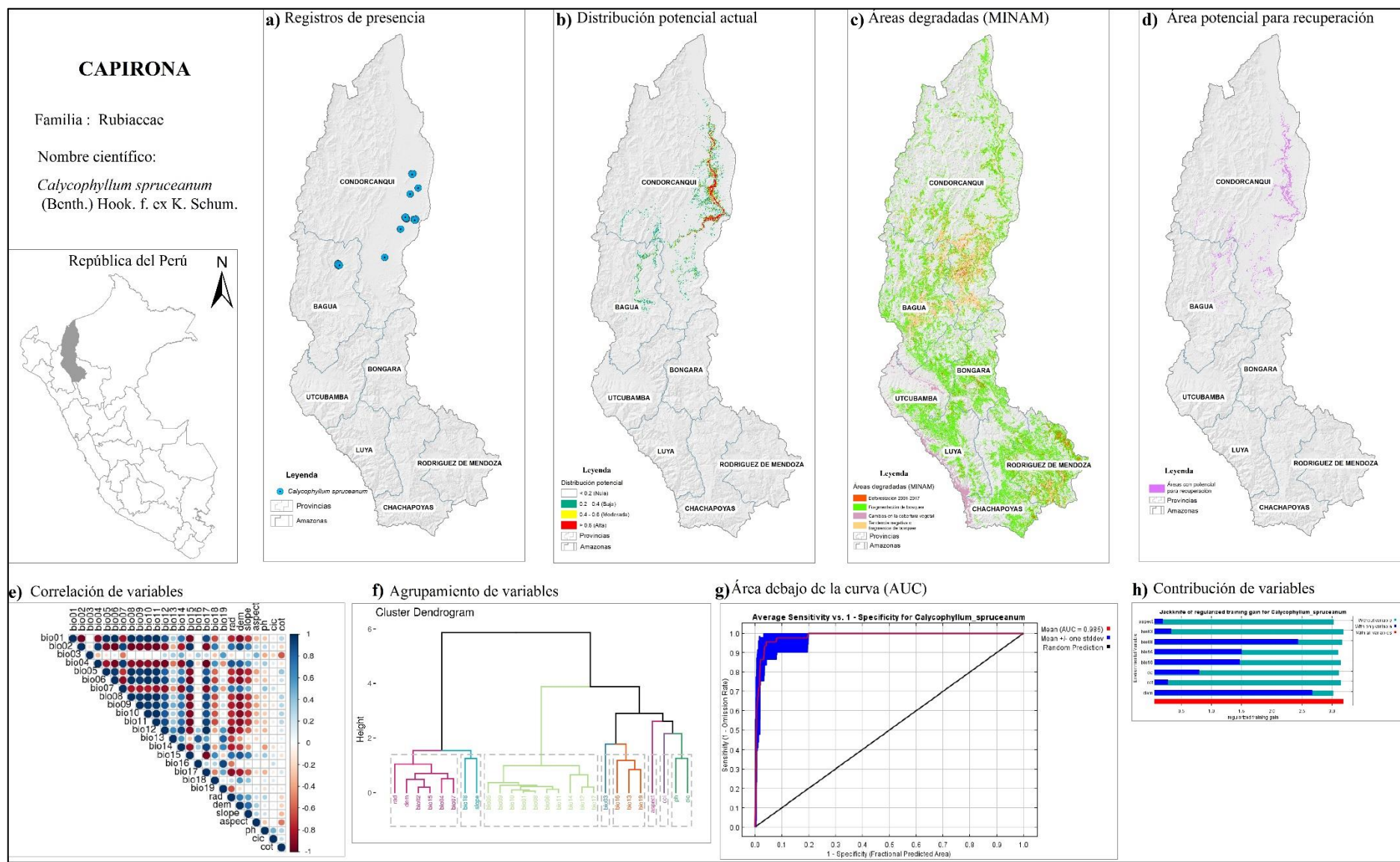
Provincias	Bagua	Condorcanqui	Área km <sup>2</sup>
> 0.6			
Distribución alta	1.71	165.81	167.52
Recuperación	0.86	69.21	70.07
0.4-0.6			
Moderada	21.39	171.25	192.64
Recuperación	11.19	77.80	88.99
0.2 - 0.4			
Baja	110.75	506.89	617.64
Recuperación	54.97	214.72	269.69
<b>Total, distribución</b>	<b>133.85</b>	<b>843.95</b>	<b>977.8</b>
<b>Total, recuperación</b>	<b>67.01</b>	<b>361.74</b>	<b>428.75</b>

Según reporte del MINAM en el año 2017, el área degradada en el departamento de Amazonas abarca un total de 11,544.44 km<sup>2</sup> (Figura 27c). Por lo cual, como resultado de la intersección entre la distribución potencial (Figura 27b) y las áreas degradadas (Figura 27c) se obtuvo las áreas con potencial para recuperación y/o conservación con *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. ex K. Schum “capirona”, abarcando un área aproximada de 428.75 km<sup>2</sup> (Figura 27d, Tabla 22).



La correlación de *Pearson* aplicado a los valores extraídos de las variables climáticas, edáficas y fisiográficas es graficada en la Figura 27e, se observa que las variables que presentan una correlación directa tienen valores cercanos a 1, y las variables inversamente correlacionadas valores cercanos a -1. A partir de lo antes descrito se muestra el dendrograma de agrupamiento de variables en ocho (08) clusters (Figura 27f), permitiendo observar la correlación que existe entre variables. Siendo así, las variables “aspecto”, “Bio03 (isotermalidad) y “cabono orgánico del suelo” no se agrupan con otras variables, por lo cual, aportan de una manera directa al modelo. Sin embargo, existen variables que contribuyen de forma similar al modelo y se agrupan formando clusters, tal es el caso (por ejemplo) de las variables “pH” e “intercambio catiónico”; “Bio18 (pp del trimestre más cálido)” y “pendiente”; “Bio16 (pp del trimestre más húmedo), “Bio13(pp del mes más húmedo)” y “Bio19 (pp del trimestre más frío”); por lo cual se realizó un modelamiento previo (Anexo 3i), determinando solamente una variable por cluster para el modelamiento final.

El modelamiento de distribución presenta un AUC =0.985 (Figura 27g), y según Araújo *et al.*, (2005); Phillips *et al.*, (2006); Manel *et al.*, (2001), el modelamiento es bueno. Las variables con mayor contribución al modelo fueron Altitud, Bio 08 (T° media del trimestre más húmedo) y aspecto (Figura 27h). Estas variables contribuyeron en 90% al proceso del modelado.



**Figura 27.** Distribución potencial de *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. ex K. Schum en el departamento de Amazonas

### 3.3.10. *Cedrela odorata* L.

Nombres comunes : cedro, cedro amargo

#### a. Otorgamiento maderable en el departamento de Amazonas

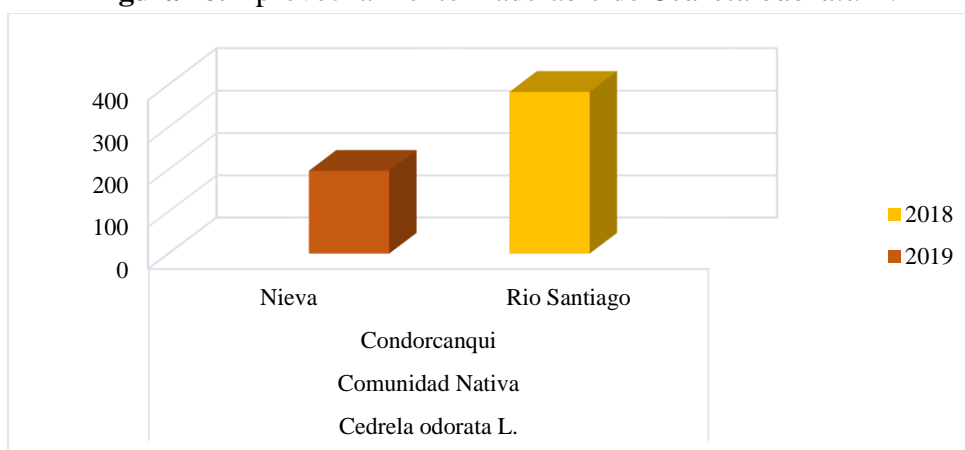
El aprovechamiento maderable de la especie *Cedrela odorata* L. “cedro” se realizó a través de la elaboración de planes de manejo forestal a nivel intermedio, en Comunidades Nativas ubicadas en la parte norte del departamento de Amazonas (Tabla 23, Figura 28).

**Tabla 23.** Aprovechamiento maderable de *Cedrela odorata* L.

Años	2018	2019	Vol. m3
<i>Cedrela odorata</i> L.			
<b>Comunidad Nativa</b>			
Nieva		196.82	196.82
Rio Santiago	382.75		382.75
<b>Total</b>	<b>382.75</b>	<b>196.82</b>	<b>579.57</b>

Los distritos de Nieva y Río Santiago en la provincia de Condorcanqui, fueron los únicos distritos en los cuales se elaboraron planes de manejo forestal a nivel intermedio, con la finalidad de aprovechamiento de *Cedrela odorata* L., desde el año 2016 al 2019.

**Figura 28.** Aprovechamiento maderable de *Cedrela odorata* L.



La figura 29a, representa los datos de presencia de la especie *Cedrela odorata* L. “cedro”, constituido por 184 coordenadas geográficas, correspondiente a los árboles georeferenciados en las provincias de Bagua y Condorcanqui, a partir de lo cual se obtuvo la distribución potencial de dicha especie. La especie

*Cedrela odorata* L. “cedro”, presenta una distribución potencial alta en las provincias de Condorcanqui, Bongará y Bagua, (Figura 29b), con una extensión total aproximada de 210.72 km<sup>2</sup> (Tabla 24), correspondiendo a la provincia de Condorcanqui una mayor extensión de distribución (200.92 km<sup>2</sup>). Asimismo, del total de área de distribución, un aproximado de 366.25 km<sup>2</sup> presentan aptitudes para recuperar con dicha especie.

**Tabla 24.** Distribución potencial de *Cedrela odorata* L.

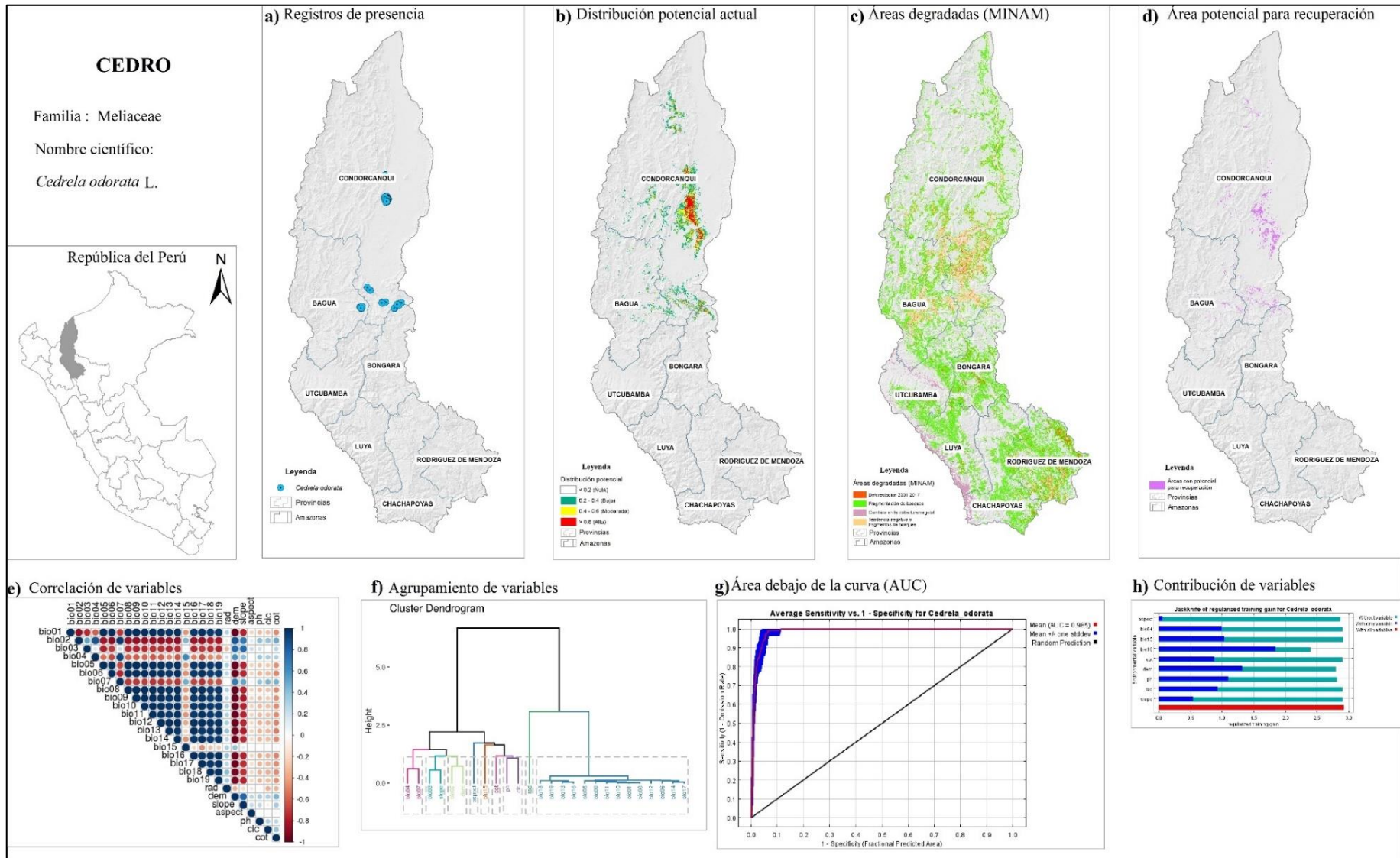
Provincias	Bagua	Bongará	Condor.	Utcub.	Área Km <sup>2</sup>
<b>&gt; 0.6</b>					
<b>Distribución alta</b>	1.96	7.83	200.92		210.72
<b>Recuperación</b>	0.59	0.19	3.20		3.99
<b>0.4-0.6</b>					
<b>Distribución Moderada</b>	20.56	16.86	386.20	0.11	423.74
<b>Recuperación</b>	6.39	3.34	115.89	0.03	125.65
<b>0.2 - 0.4</b>					
<b>Distribución Baja</b>	123.04	36.49	732.99	0.96	893.48
<b>Recuperación</b>	41.58	6.87	187.71	0.46	236.61
<b>Total, distribución</b>	<b>145.56</b>	<b>61.19</b>	<b>1320.11</b>	<b>1.07</b>	<b>1527.93</b>
<b>Total, recuperación</b>	<b>48.56</b>	<b>10.40</b>	<b>306.80</b>	<b>0.49</b>	<b>366.25</b>

Según reporte del MINAM en el año 2017, el área degradada en el departamento de Amazonas abarca un total de 11,544.44 km<sup>2</sup> (Figura 29c). Por lo cual, como resultado de la intersección entre la distribución potencial (Figura 29b) y las áreas degradadas (Figura 29c) se obtuvo las áreas con potencial para recuperación y/o conservación con *Cedrela odorata* L. “cedro”, abarcando un área aproximada de 366.25 km<sup>2</sup> (Figura 29d, Tabla 24).

La correlación de *Pearson* aplicado a los valores extraídos de las variables climáticas, edáficas y fisiográficas es graficada en la Figura 29e, se observa que las variables que presentan una correlación directa tienen valores cercanos a 1, y las variables inversamente correlacionadas valores cercanos a -1. A partir de lo antes descrito se muestra el dendrograma de agrupamiento de variables en nueve (09) clusters (Figura 29f), permitiendo observar la correlación que existe entre variables; siendo así las variables “aspecto”, “Bio15 (estacionalidad de pp)”, “carbono orgánico del suelo” y “radiancia” no se agrupan con otras variables, por lo cual, aportan de una manera directa al modelo. Sin embargo, existen variables que contribuyen de forma similar al modelo y se agrupan formando

clusters, tal es el caso (por ejemplo) de las variables “Bio04 (temporalidad de T°)” y Bio07 (Rango anual de T°); “Bio03 (isotermalidad) y pendiente”; “Bio02 (Rango diurno medio)” y “altitud”; por lo cual se realizó un modelamiento previo (Anexo 3j), determinando solamente una variable por cluster para el modelamiento final.

El modelamiento de distribución presenta un AUC =0.985 (Figura 29g), y según Araújo *et al.*, (2005); Phillips *et al.*, (2006); Manel *et al.*, (2001) el modelamiento es bueno; las variables con mayor contribución a dicho modelo fueron altitud, Bio 18 (Precipitación del trimestre más cálido), y pH (Figura 29h), dichas variables contribuyeron en un 88.5 % al proceso del modelado.



**Figura 29.** Distribución potencial de *Cedrela odorata* L. en el departamento de Amazonas

### 3.4. Niveles de rendimiento de los modelos: área debajo de la curva (AUC) y distribución de 10 especies forestales

**Tabla 25.** Área debajo de la curva (AUC) y distribución de 10 especies forestales

N°	Especie	AUC	Distribución alta (Km <sup>2</sup> )	% superficie
1	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	0.954	761.55	1.81
2	<i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth.) Hook. f. ex K. Schum.	0.985	167.52	0.40
3	<i>Cariniana decandra</i> Ducke	0.958	761.67	1.81
4	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	0.868	2,625.42	6.24
5	<i>Cedrela odorata</i> L.	0.985	210.72	0.50
6	<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	0.914	1,194.75	2.84
7	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	0.952	584.39	1.39
8	<i>Hura crepitans</i> L.	0.977	411.88	0.98
9	<i>Inga sp.</i>	0.965	461.2	1.10
10	<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H Gentry	0.948	1,000.82	2.38
Total		<b>0.9506</b>	8,179.92	19.45

El área debajo de la curva (AUC), la cual describe a los modelamientos: excelente (>0.9), bueno (0.8-0.9), aceptado (0.7-0.8), malo (0.6-0.7) e inválido (<0.6) según Araújo *et al.*, (2005); Phillips *et al.*, (2006); Manel *et al.*, (2001). Siendo así, el modelamiento de las 10 especies forestales realizadas en el presente estudio resultó un modelamiento excelente.

### 3.5. Conservación y recuperación de bosques degradados en el departamento de Amazonas

#### 3.5.1. Conservación en el departamento de Amazonas

##### a. Situación actual

El departamento de Amazonas, actualmente cuenta con áreas de conservación en las categorías de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (ANP), Zonas de Reserva (ZR), Áreas de Conservación Privada (ACP) Áreas de Conservación Regional (ACR), y Concesiones de Conservación, ocupando un 18.03 % del territorio (Tabla 26, Figura 30, Figura 32c Anexo 2).

La distribución potencialmente alta de las 10 especies forestales maderables en estudio, abarcan el 19.45 % del departamento de Amazonas en una superficie de 8179.92 km<sup>2</sup> (Tabla 26).



**Tabla 26.** Superficie conservada en Amazonas

Descripción	N°	Área Km2	% superficie
Área Natural Protegida	5	2494.05	5.93
Concesiones para Conservación	7	1572.80	3.74
Área de Conservación Privada	19	1482.05	3.52
Zona de Reserva	2	1403.37	3.34
Área de Conservación Regional	2	628.26	1.49
Total	35	7580.53	18.03

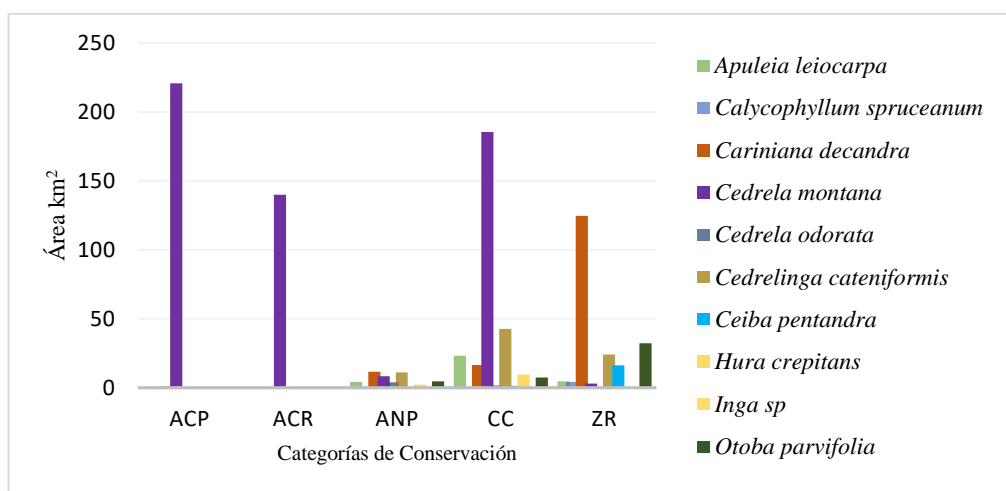
**Figura 30.** Áreas de conservación en Amazonas**Tabla 27.** Distribución de especies forestales en áreas de conservación

Especie forestal	ACP	ACR	ANP	CC	ZR	Área Km <sup>2</sup>	% Superf
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.			4.16	23.30	4.61	32.07	0.08
<i>Calycophyllum spruceanum</i>					3.92	3.92	0.01
<i>Cariniana decandra</i> Ducke	1.17		11.7	16.54	124.82	154.26	0.37
<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	220.89	140.14	8.37	185.43	3.16	557.98	1.33
<i>Cedrela odorata</i> L.			3.94	1.76		5.70	0.01
<i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke			11.1	42.68	24.29	78.16	0.19
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.				1.39	16.29	17.68	0.04
<i>Hura crepitans</i> L.			2.39	9.61		12.00	0.03
<i>Inga</i> sp.			0.30	0.16		0.46	0.00
<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H.Gentry			4.68	7.48	32.33	44.49	0.11
Total	222.06	140.14	46.7	288.34	209.34	906.72	2.16

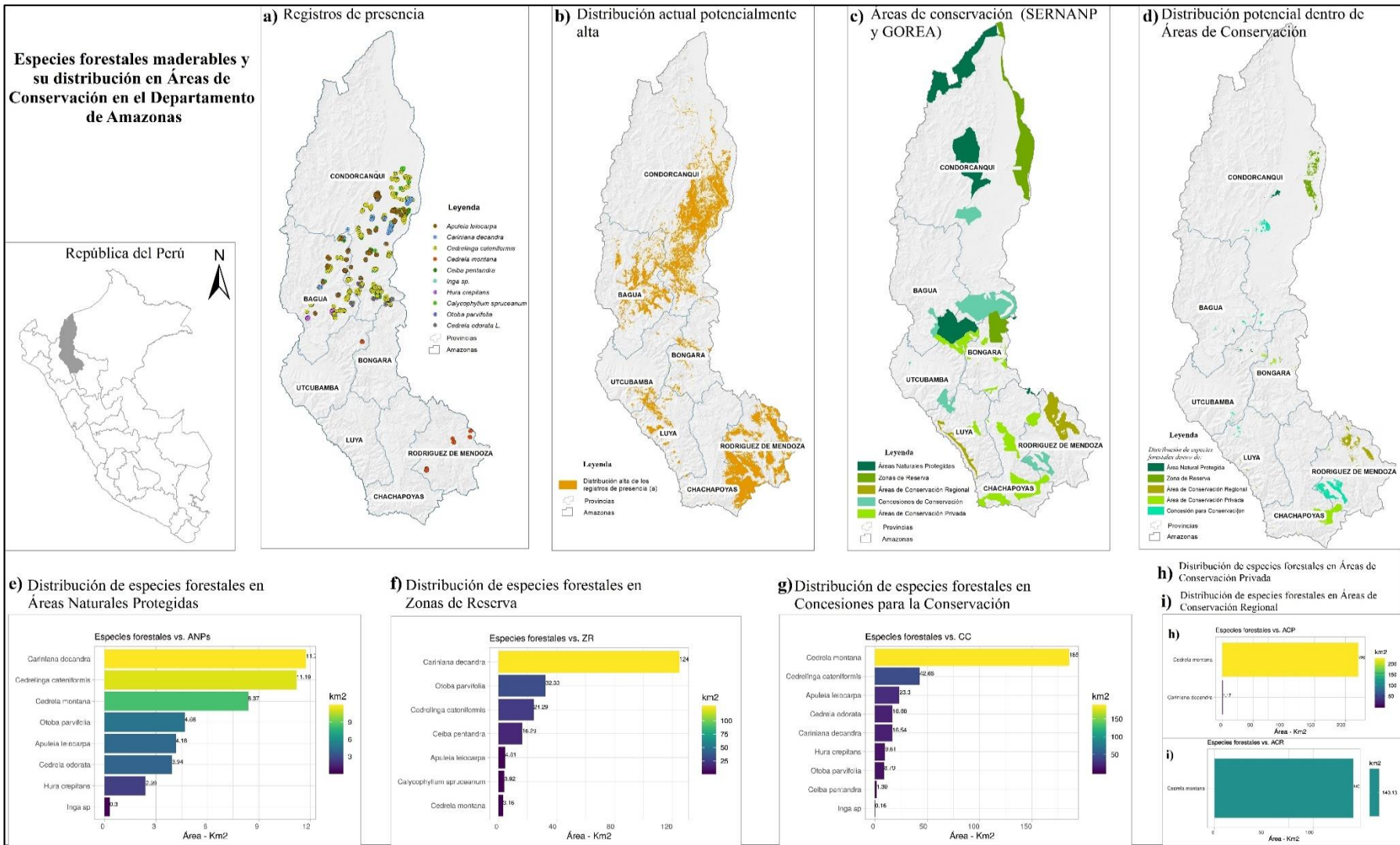


La especie forestal *Cedrela montana* Moritz ex Turcz “cedro o cedro rosado” presenta una mayor distribución potencial en las diferentes categorías de conservación (ANP, ZR, ACP, CC, ACR), abarcando una superficie de 557.98 km<sup>2</sup> (Figura 31, Figura 32d).

**Figura 31.** Distribución de especies en áreas de conservación



Luego de realizada la sobreposición de la distribución potencial con las ANP en sus diferentes categorías, se obtuvo que en un total de 906.72 km<sup>2</sup> (2.16 % del territorio departamental), existe la probabilidad de ocurrencia de encontrar una o más especies forestales maderables en estudio (Tabla 27, Figura 31, Figura 32d).



**Figura 32. Distribución potencial y conservación de especies en el departamento de Amazonas**

### 3.5.2. Áreas degradadas en el departamento de Amazonas

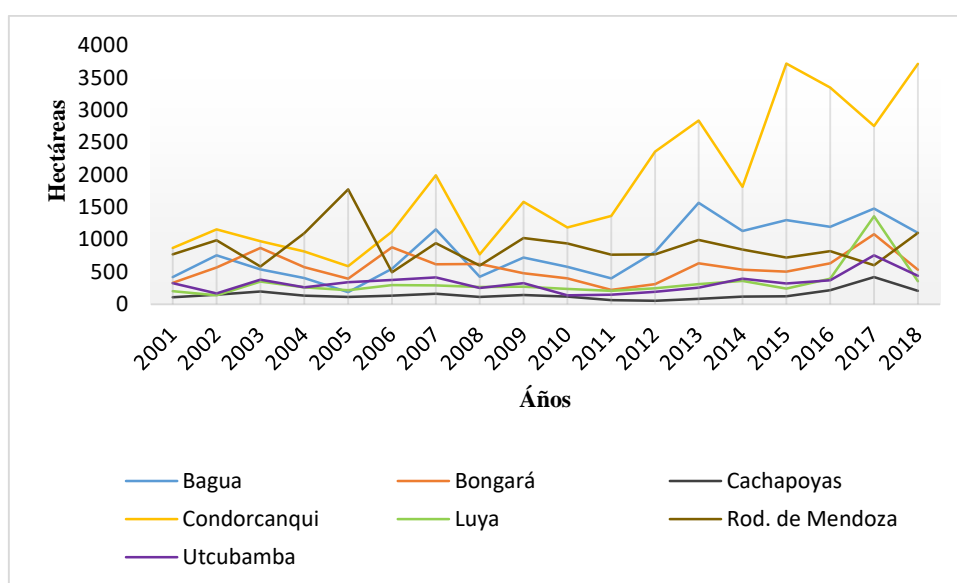
MINAM (2017), a través de su Dirección General de Ordenamiento Territorial Ambiental del Ministerio del Ambiente identificó 15'691,913.46 ha de tierras degradadas en el Perú, de las cuales 11,544.44 km<sup>2</sup> se encuentran en el departamento de Amazonas en sus diferentes categorías (Tabla 28). La tala y quema se aplica principalmente en áreas donde los madereros han eliminado previamente los valiosos árboles maderables, por lo que el bosque natural se convierte en bosque residual o secundario (Kleinman *et al.*, 1995).

**Tabla 28.** Áreas degradadas en Amazonas

N°	Clase	Área Km <sup>2</sup>
1	Deforestación 2001-2017	966.00
2	Fragmentación de bosques	8,652.33
3	Cambios en la cobertura vegetal	381.11
4	Tendencia negativa o fragmentos de bosques	1,545.00
<b>TOTAL</b>		<b>11,544.44</b>

Asimismo, según el MINAM a través del Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático, mediante su plataforma GEOBOSQUES, determinó que existe un incremento en la pérdida de bosques en la provincia de Condorcanqui (Figura 33).

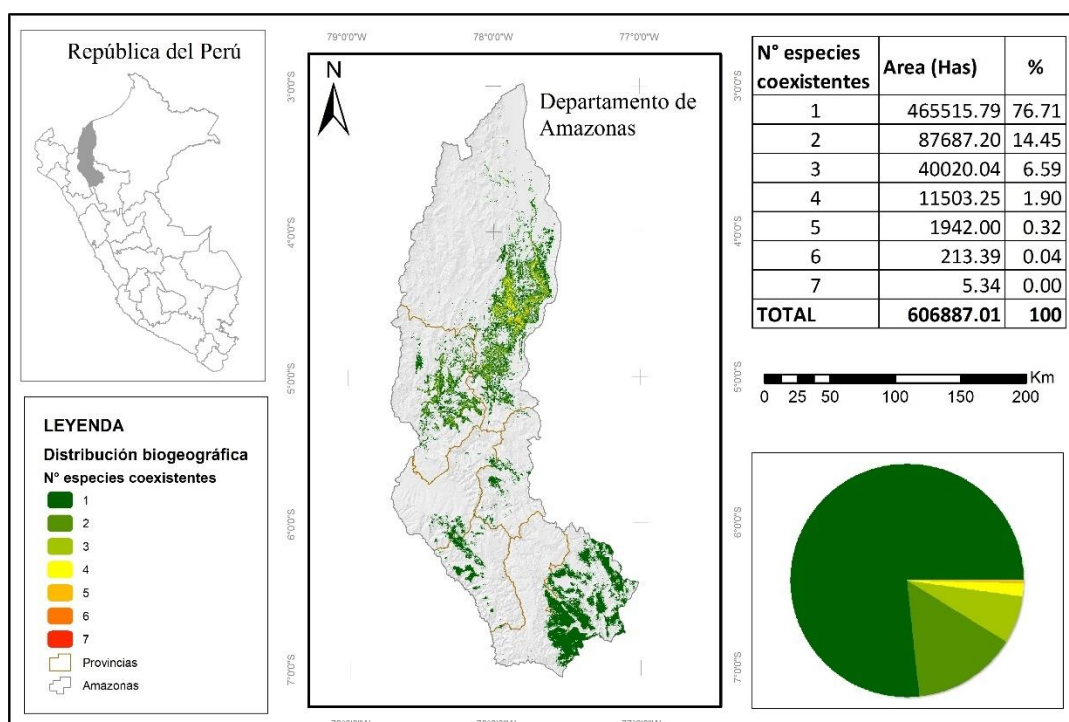
**Figura 33.** Pérdida de bosque en el departamento de Amazonas



Fuente: Geobosques, (2019).

La distribución potencialmente alta de las 10 especies forestales en estudio, abarcaron un total de 60,6887 km<sup>2</sup> (Figura 34), considerando su potencial y condiciones que requiera cada una de ellas para dicha distribución.

**Figura 34.** Distribución múltiple y coexistencia de especies forestales



La Figura 34 muestra la distribución múltiple y coexistencia de especies forestales maderables en el departamento de Amazonas, a partir del modelamiento de máxima entropía, combinando variables bioclimáticas, topográficas y edafológicas. La especie *Cedrela montana* Moritz ex Turcz, requiere condiciones ambientales distintas a las requeridas por las demás especies de estudio, por lo cual su distribución abarca áreas superiores a los 1000 msnm.

A partir de lo anteriormente descrito, en la Amazonía peruana, las agencias gubernamentales e iniciativas privadas han llevado a cabo experiencias con la restauración / rehabilitación forestal, a menudo con la participación de instituciones de investigación, y cada vez más por pequeños productores y comunidades locales que utilizan plantaciones de árboles, sistemas agroforestales y manejo de bosques secundarios (Meza *et al.*, 2006; Nalvarte *et al.*, 2004; Rodríguez & Sabogal, 2019).

#### IV. DISCUSIÓN

A partir del año 2000 se introdujo un nuevo régimen para el acceso controlado a los recursos forestales del Perú a través de un sistema de concesiones, permisos y autorizaciones (Sears & Pinedo, 2011). Sistema que aún se mantiene mediante la Ley 29763 vigente el año 2015, presentando modalidades de aprovechamiento a través de planes de manejo forestal. Un mecanismo de aprovechamiento es la Declaración de Manejo (DEMA) para cosechar madera a baja intensidad (por volumen o sin mecanizar), considerando coordenadas de posición del área, los nombres científicos de las especies de árboles y el volumen de madera (Sears *et al.*, 2018). Las especies forestales con mayor aprovechamiento en el departamento de Amazonas, alcanzan un volumen maderable de 4,1028.58 m<sup>3</sup> de madera rolliza (r) desde el año 2016 al 2019 mediante la modalidad de DEMA, siendo la especie *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke la especie con mayor aprovechamiento (20786.22 m<sup>3</sup>(r)), lo cual se colige con lo reportado por el Sistema de Información Gerencial del OSINFOR (SIGO, 2020).

La Ley Forestal y de Fauna Silvestre N° 29763 señala que el plan de manejo constituye una herramienta fundamental que garantiza la sustentabilidad del bosque, por lo cual debe incluirse la ubicación de los árboles a extraerse determinados a través Sistema de Posición Global (GPS) (Arce, 2019). A partir de la revisión de planes de manejo se utilizaron 4,454 registros de presencia de árboles georeferenciados (Figura 1) correspondientes a 10 especies forestales maderables para aprovechamiento (Tabla 2). La distribución de estos árboles se concentra en la parte norte del departamento de Amazonas por debajo de los 1,000 msnm, excepto *Cedrela montana* Moritz ex Turcz cuya distribución es sobre los 1,500 msnm, acorde con estudios previos realizados por Reynel *et al.*, (2003); Reynel *et al.*, (2016) y OSINFOR, (2018).

La distribución espacial de una especie representa una base principal para conocer su pasado, presente y futuro, de tal manera que permita establecer estrategias de manejo forestal (Godsoe *et al.*, 2017). Estudios similares al presente han utilizando el modelado de máxima entropía (MaxEnt), siendo el más aceptado y publicado en múltiples estudios (Pecchi *et al.*, 2019), tales como investigaciones

para distribución de especies, conservación de flora (Bai *et al.*, 2018; de Souza *et al.*, 2019), manejo de especies en peligro de extinción (Corrado *et al.*, 2019; Qin *et al.*, 2017), control de especies invasoras (Otieno *et al.*, 2019; Kariyawasam *et al.*, 2019) y en la zonificación forestal (Xu *et al.*, 2018; Antúnez *et al.*, 2018). El modelo de máxima entropía utiliza variables bioclimáticas (19), topográficas (3), edáficas (3) y la radiación solar (Fick & Hijmans, 2017; Hengl *et al.*, 2017, Roces *et al.* 2014), las cuales nos permitieron estimar la distribución biogeográfica de 10 especies forestales maderables abarcando el 19.45 % de la superficie del departamento de Amazonas, en un área aproximada de 8,179.92 km<sup>2</sup> (Tabla 25). Sin embargo, se ha demostrado la capacidad de muchas especies arbóreas para crecer fuera de su área de distribución natural y a menudo con mejor desarrollo que en su zona de origen (Boiffin *et al.*, 2017). Por lo cual, es posible encontrar fuera del área de distribución potencial, árboles o plantaciones correspondiente a las especies consideradas en la presente investigación.

El presente estudio guarda relación con los nichos ecológicos nacionales obtenidos por OSINFOR, (2013), para *Calycophyllum spruceanum*, *Cedrelinga cateniformis*, *Cedrela odorata*, *Hura crepitans* y *Chorisia integrifolia* (actualmente *Ceiba pentandra*), así como la distribución nacional de *Cedrela odorata* (Laurente, 2017). En Amazonas, la distribución potencial abarca bosques primarios y secundarios tardíos, con pluviosidad elevada y constante para las especies, *Apuleia leiocarpa* (esciófita), *Cariniana decandra* (esciófita), *Cedrela odorata* (heliófita), *Ceiba pentandra* (heliófita), *Otoba parvifolia* (esciófita), *Cedrelinga cateniformis* (esciófita), excepto la especie *Cedrela montana*, la cual se distribuye en bosques montanos o nublados, entre 1800 – 2000 msnm, en la vegetación primaria (Reynel *et al.*, 2003; Reynel *et al.*, 2016). Sin embargo, además del tipo de bosque y precipitación hay ciertas características adicionales a considerar en una distribución, tal es el caso para las especies *Ceiba pentandra* (Figura 13b) y *Calycophyllum spruceanum* (Figura 27b) las cuales se les puede ubicar en bosques secundarios pioneros, cercanas a caminos y zonas ribereñas a orillas de los ríos, llegando a formar agrupaciones llamadas “capironales” (Flores, 2014; Reynel *et al.*, 2016, OSINFOR, 2017).

La distribución potencial obtenida se colige con lo descrito por Pennington & Muellner (2010), ubicando a las especies *Cedrela montana* en las localidades de Florida (Bongará), Molinopampa (Chachapoyas) y *Cedrela odorata* en Chiriaco y El Muyo (Bagua) al norte de Amazonas. Así también, la distribución de *A. leiocarpa*, *C. spruceanum*, *C. decandra* (*A. decandra*), *C. odorata*, *C. cateniformis*, *C. pentandra*, *H. crepitans* y *Otoba parvifolia*, coincide con los reportes de Reynel *et al.* (2003, 2016); Pennington *et al.*, (2004), y Vásquez (1997). Nuestros modelos de distribución también abarcan zonas que anteriormente han sido descritas como área de distribución geográfica de las especies antes mencionadas, en las fichas de identificación de especies forestales elaboradas por el Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre (OSINFOR, 2015, 2018, 2019).

Respecto al género *Inga sp.*, en el Perú aún no han sido muy estudiado, sin embargo, prosperan en zonas bajas, teniendo rangos altitudinales hasta los 2000 msnm; por esta razón es siempre viable la ubicación de especies locales (Reynel & Pennington, 1997).

Por lo cual, un modelamiento a nivel del género como lo realizado para *Inga sp.*, puede abarcar varias especies, dentro de las cuales se encuentran *I. marginata*, *I. bourgonnii*, *I. tocachiana*, *I. tessmannii*, *I. multinervis*, *I. acreana*, *I. ruiziana* e *I. punctate*, ampliamente distribuidas en la parte norte del departamento de Amazonas (Reynel & Pennington, 1997). Finalmente, al obtener un promedio de área debajo de la curva AUC = 0.95 (Tabla 25), es considerado un modelado excelente según Araújo *et al.*, (2005); Phillips *et al.*, (2006); Manel *et al.*, (2001); Fielding & Bell, (1997) y Swets, (1988). Por lo cual, el conjunto de datos de presencia de las 10 especies forestales modeladas, representa valiosa información para enriquecer la base de datos nacional, continental o mundial, permitiendo el estudio de los bosques y las especies que lo conforman, así como para estudiar el impacto del cambio climático en la distribución de especies forestales (Noce *et al.*, 2017).

Conocida la distribución de una especie, es importante diseñar y complementar redes de protección para salvaguardar la biodiversidad, lo cual es una tarea difícil para gobiernos y conservacionistas en países megadiversos (Rodríguez & Young,

2000). Las especies menos protegidas se encuentran amenazadas (CR, EN y VU) (Fajardo *et al.*, 2014), tal es el caso de *Cedrela odorata* L. categorizada como especie vulnerable dentro de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (Mark & Rivers, 2017) y *Cedrela montana* Moritz ex Turcz altamente aprovechada, a pesar de su amplio rango de distribución en áreas de conservación (Tabla 27, Figura 31, Figura 32d). El 18.03 % (Tabla 26) del territorio de Amazonas se encuentra en conservación en diferentes categorías, por lo cual, es necesario contemplar futuras políticas de conservación, las cuales deberán considerar el papel de los bienes y servicios como el suministro de agua o los valores del turismo, fomentando un ambiente sostenible (Durán *et al.*, 2013).

Las áreas protegidas representan la piedra angular de las estrategias de conservación para proteger la biodiversidad *in situ* (Possingham *et al.* 2006). Siendo así, el 18.03 % del territorio de Amazonas que se encuentra en categoría de conservación, aportaría mucho a la ciencia, brindando lugares donde la investigación disfrute de ecosistemas poco alterados, exhibiendo toda la diversidad biológica que corresponde al hábitat, así como las relaciones inter e intraespecíficas naturales (Dourojeani, 2018). Sin embargo, a la fecha existe deficiente articulación entre los diferentes niveles de administración de las ANPs, por lo cual es de importancia la unión de esfuerzos para mantener áreas conservadas, permitiendo a corto, mediano y largo plazo la conservación de la biodiversidad. Partiendo desde el Sistema de Conservación Regional – SICRE, que agrupa las áreas de conservación y cuyo objetivo es contribuir al desarrollo de la región a través de la gestión eficaz de áreas de conservación (Romo *et al.*, 2009).

Una alternativa de mantener las áreas cuya finalidad es la conservación, es la implementación de la zonificación forestal, contemplado en el Art. 26 y 27 de la LFFS N° 29763, el cual es un proceso obligatorio técnico y participativo de delimitación de tierras forestales, delimitar las zonas de protección y conservación ecológica, constituyendo áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad en las que se restringen o imiten los usos extractivos, de tal manera que se garanticen el patrimonio de las ANP en sus diferentes categorías.



En muchos contextos, urge la necesidad de practicar la restauración forestal para mantener los ecosistemas naturales (Burnett *et al.*, 2019), siendo una solución natural importante para la mitigación del cambio climático (Griscom *et al.*, 2017). Cada vez hay más pruebas que los bosques constituidos por especies mixtas pueden proporcionar múltiples servicios ecosistémicos (Gamfeldt *et al.*, 2013; van der Plas *et al.*, 2016; Schnabel *et al.*, 2019). La coexistencia de las 10 especies forestales maderables en el departamento de Amazonas (Figura 34) permitirá la recuperación de bosques degradados mediante la instalación de plantaciones de enriquecimiento, manejo de regeneración natural, sistemas agroforestales.

Las tierras degradadas en el departamento de Amazonas, producto de la cosecha excesiva de madera y/o productos forestales no madereros, mal manejo, incendios, pastoreo u otras perturbaciones o usos de la tierra, que dañaron el suelo, la vegetación al grado de inhibir o retrasar severamente el restablecimiento del bosque (IITO, 2002); es posible recuperarlas, haciendo réplica de lo realizado por Rodríguez & Sabogal (2019), quienes reforestaron alrededor de 870 hectáreas con casi dos millones de valiosos árboles nativos, a través de regeneración natural asistida, en Pucallpa; mediante la instalación especies maderables nativas, combinando especies de crecimiento rápido (*S. amara*), medio (*Dypterix ferrea*) y lento (*S. macrophylla*), además de una especie fijadora de nitrógeno *Inga edulis* (guaba). De igual manera que lo realizado por Nalvarte *et al.*, (2004), quienes concluyeron que las especies (*S. macrophylla*), cedro (*C. odorata*), ishpingo (*A. cearensis*) y “tornillo” (*C. cateniformis*) presentan mayor competitividad en prácticas silvícolas para la regeneración de bosques degradados y secundarios.

Finalmente, la presente investigación sirve como base para futuros estudios sobre áreas potenciales de otras especies de importancia; para monitorear sistemas *in situ*, incluso para identificar áreas con potencial o bajo potencial de reforestación, además de elaborar estrategias de manejo forestal (Pecchi *et al.*, 2019). Asimismo, es hora de fomentar los esfuerzos de restauración y recuperación de espacios degradados en el departamento de Amazonas. Para este propósito, es importante que la reforestación sea una actividad de medios de vida complementaria más que competitiva, fomentando la equidad social local, analizando y complementando información que permita alcanzar los objetivos de restauración (dos Santos, & Ferreira, 2020).

## V. CONCLUSIONES

El aprovechamiento de productos forestales maderables en el departamento de Amazonas desde el año 2016 se realizó principalmente en Comunidades Nativas ubicadas en las provincias de Bagua y Condorcaqui, mediante la modalidad de Declaraciones de Manejo (DEMA), otorgándose un volumen maderable rollizo para aprovechamiento de 7,335.18 m<sup>3</sup> (r) para el año 2016; 15,888.14 m<sup>3</sup> (r) el 2017; 21,637.65 m<sup>3</sup> (r) el 2018, y 8,697.45 m<sup>3</sup> (r) el 2019. Desde que está en vigencia la Ley Forestal y de Fauna Silvestre N° 29763, en el departamento de Amazonas se ha otorgado un total de 37,686.17 m<sup>3</sup> (r) para aprovechamiento de productos forestales maderables.

Las especies forestales con mayor otorgamiento para aprovechamiento forestal en el departamento de Amazonas del 2016 al 2019, fueron *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr. “anacspi”, *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. ex K. Schum. “capirona”, *Cariniana decandra* Ducke “papelillo o cachimbo”, *Cedrela montana* Moritz ex Turcz. “cedro”, *Cedrela odorata* L. “cedro amargo” *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke “tornillo”, *Ceiba pentandra* L. (L.) Gaertn. “lupuna”, *Hura crepitans* L. “catahua”, *Inga* sp. “guabilla” y *Otoba parvifolia* (Markgr.) A.H. Gentry “sempo”.

El modelado biogeográfico para las 10 especies forestales obtuvo un área debajo de la curva AUC = 0.95, considerado como un rendimiento excelente; dichas especies abarcan el 19.45 % de la superficie del departamento, con una distribución alta de 8179.92 km<sup>2</sup>, correspondiendo a la especie *Cedrela montana* Moritz ex Turcz “cedro” un área de 2625.42 km<sup>2</sup>. Esta especie se encuentra ampliamente distribuida en área de conservación en la parte centro y sur del departamento; sin embargo, la distribución potencial de especies restantes se ubicó principalmente en las provincias de Bagua y Condorcanqui.

Existe 606.88 km<sup>2</sup> de área de distribución múltiple donde pueden coexistir hasta 7 de las 10 especies forestales maderables en estudio, a partir de lo cual es posible establecer estrategias de recuperación de bosques degradados, mediante la instalación de plantaciones de enriquecimiento, manejo de regeneración natural, sistemas agroforestales, con el objetivo de restaurar muchas funciones del ecosistema y recuperar muchos componentes de la biodiversidad original.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Fomentar estudios de distribución potencial de especies a futuro, con la finalidad de predecir el impacto del cambio climático en la biogeografía de la flora y fauna, permitiendo la elaboración de planes y políticas para su conservación y/o aprovechamiento sustentable.

En posteriores investigaciones, complementar la base actual de datos presencia de árboles georeferenciados; asimismo, incluir más variables edafoclimáticas, permitiendo obtener espacios con mejor rango de distribución a nivel regional y nacional.

Recomendaciones de política:

A la Autoridad Forestal y de Fauna Silvestre del departamento de Amazonas, consolidar e implementar la interoperabilidad y acceso virtual a la información referente a planes de manejo para aprovechamiento de productos maderables y no maderables, permitiendo la toma de decisiones y una estadística regional actualizada.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelaal, M., Fois, M., Fenu, G., & Bacchetta, G. (2019). Using MaxEnt modeling to predict the potential distribution of the endemic plant *Rosa arabica* Crép. in Egypt. *Ecological informatics*, 50, 68-75.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2019.01.003>
- Adhikari, D., Tiwary, R., Singh, P. P., Upadhaya, K., Singh, B., Haridasan, K. E., ... & Barik, S. K. (2019). Ecological niche modeling as a cumulative environmental impact assessment tool for biodiversity assessment and conservation planning: A case study of critically endangered plant *Lagerstroemia minuticarpa* in the Indian Eastern Himalaya. *Journal of environmental management*, 243, 299-307.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.036>
- Alfonso-Corrado, C., Naranjo-Luna, F., Clark-Tapia, R., Campos, J., Rojas-Soto, O., Luna-Krauletz, M., ... & Pacheco-Cruz, N. (2017). Effects of environmental changes on the occurrence of *Oreomunnea mexicana* (Juglandaceae) in a biodiversity hotspot cloud forest. *Forests*, 8(8), 261.  
<https://doi.org/10.3390/f8080261>
- Antúnez, P., Suárez-Mota, M., Valenzuela-Encinas, C., & Ruiz-Aquino, F. (2018). The Potential Distribution of Tree Species in Three Periods of Time under a Climate Change Scenario. *Forests*, 9(10), 628.  
<https://doi.org/10.3390/f9100628>
- Araújo, M. B., Pearson, R. G., Thuiller, W., & Erhard, M. (2005). Validation of species–climate impact models under climate change. *Global Change Biology*, 11(9), 1504-1513.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.01000.x>
- Arce, R. (2019). Aproximaciones a la filosofía forestal de la sustentabilidad del manejo forestal en el Perú. *Revista Forestal del Perú*, 34(2), 113-131.  
<http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v34i2.1322>
- 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. *PeerJ*, 6, e4287. <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. *Ecological modelling*, 186(2), 251-270.  
<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. *Climatic Change*, 131(4), 621-633.  
<https://doi.org/10.1007/s10584-015-1405-3>
- Boiffin, J., Badeau, V., & Bréda, N. (2017). Species distribution models may misdirect assisted migration: insights from the introduction of Douglas-fir to Europe. *Ecological Applications*, 27(2), 446-457.  
<https://doi.org/10.1002/eap.1448>

- Bruun, T. B., Elberling, B., de Neergaard, A., & Magid, J. (2013). Organic Carbon Dynamics in Different Soil Types After Conversion of Forest to Agriculture. *Land Degradation & Development*, 26(3), 272–283.  
<https://doi.org/10.1002/ldr.2205>
- Burnett, K. M., Ticktin, T., Bremer, L. L., Quazi, S. A., Geslani, C., Wada, C. A., ... & Wolkis, D. (2019). Restoring to the future: Environmental, cultural, and management trade-offs in historical versus hybrid restoration of a highly modified ecosystem. *Conservation Letters*, 12(1), e12606.  
<https://doi.org/10.1111/conl.12606>
- Cánovas, F., Magliozzi, C., Mestre, F., Palazón, J. A., & González-Wangüemert, M. (2016). ENiRG: R-GRASS interface for efficiently characterizing the ecological niche of species and predicting habitat suitability. *Ecography*, 39(6), 593–598.  
<https://doi.org/10.1111/ecog.01426>
- Carpenter, F. L., Nichols, J. D., Pratt, R. T., & Young, K. C. (2004). Methods of facilitating reforestation of tropical degraded land with the native timber tree, *Terminalia amazonia*. *Forest Ecology and Management*, 202(1-3), 281–291.  
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.07.040>
- Chazdon, R. L. (2008). Beyond Deforestation: Restoring Forests and Ecosystem Services on Degraded Lands. *Science*, 320(5882), 1458–1460.  
<https://doi.org/10.1126/science.1155365>
- 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>
- Cole, R. J., Holl, K. D., & Zahawi, R. A. (2010). Seed rain under tree islands planted to restore degraded lands in a tropical agricultural landscape. *Ecological Applications*, 20(5), 1255–1269. <https://doi.org/10.1890/09-0714.1>
- de Marco, P. J., & Correa, C. C. (2018). Evaluating collinearity effects on species distribution models: An approach based on virtual species simulation. *PLoS one*, 13(9), e0202403. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202403>
- de Souza C., R. A., Ozorio N., F. A., Bezerra F. P., M. A. S., de Souza, D. P., Paviotti F., A., Messas C., V., Albuquerque O., M., & de Moura J., E. G. (2019). Ampliação do conhecimento biogeográfico de *Pleurophora pulchra* (Lythraceae) com enfoque em biologia da conservação. *Rodriguésia*, 70, e02772017, 2–11.  
<http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201970035>
- dos Santos, V. A. H. F., & Ferreira, M. J. (2020). Initial establishment of commercial tree species under enrichment planting in a Central Amazon secondary forest: Effects of silvicultural treatments. *Forest Ecology and Management*, 460, 117822.  
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117822>
- Dormann, C. F., Elith, J., Bacher, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré, G., ... & Münkemüller, T. (2013). Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography*, 36(1), 27–46.  
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x>
- Dourojeanni, M. J. (2018). Áreas naturales protegidas e investigación científica en el Perú. *Revista Forestal del Perú*, 33(2), 91–101.  
<http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v33i2.1223>

- Dourojeanni, M. J. (2019). Esbozo de una nueva política forestal peruana. *Revista Forestal del Perú*, 34(1), 4-20. <http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v34i1.1244>
- Dourojeanni, M. (2016). Aprovechamiento del barbecho forestal en áreas de agricultura migratoria en la Amazonía peruana. *Revista forestal del Perú*, 14(2). <http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v14i2.136>
- Durán, A. P., Casalegno, S., Marquet, P. A., & Gaston, K. J. (2013). Representation of Ecosystem Services by Terrestrial Protected Areas: Chile as a Case Study. *PloS one*, 8(12), e82643 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082643>
- Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E., & Yates, C. J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and distributions*, 17(1), 43-57. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x>
- Fajardo, J., Lessmann, J., Bonaccorso, E., Devenish, C., & Muñoz, J. (2014). Combined Use of Systematic Conservation Planning, Species Distribution Modelling, and Connectivity Analysis Reveals Severe Conservation Gaps in a Megadiverse Country (Peru). *PloS one*, 9(12), e114367. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114367>
- FAO-ITTO. (2011). The State of Forests in the Amazon Basin, Congo Basin and Southeast Asia. <http://www.fao.org/3/i2247e/i2247e00.pdf>
- Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology*, 37(12), 4302-4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- Fielding, A. H., & Bell, J. F. (1997). A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*, 24(1), 38–49. <https://doi.org/10.1017/S0376892997000088>
- Flores, B. Y. (2010). Crecimiento y productividad de plantaciones forestales en la amazonía peruana. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/309>
- Flores, B. Y. (2014). Especies forestales nativas para la recuperación de áreas degradadas en la Región Ucayali. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/473>
- Frey, G., West, T., Hickler, T., Rausch, L., Gibbs, H., & Börner, J. (2018). Simulated Impacts of Soy and Infrastructure Expansion in the Brazilian Amazon: A Maximum Entropy Approach. *Forests*, 9(10), 600. <https://doi.org/10.3390/f9100600>
- Gamfeldt, L., Snäll, T., Bagchi, R., Jonsson, M., Gustafsson, L., Kjellander, P., ... & Mikusiński, G. (2013). Higher levels of multiple ecosystem services are found in forests with more tree species. *Nature communications*, 4(1), 1-8. <https://doi.org/10.1038/ncomms2328>
- GEOBOSQUES (2020). Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático. Minsiterio del Ambiente – MINAM. <http://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/perdida.php>
- Gilani, H., Arif Goheer, M., Ahmad, H., & Hussain, K. (2020). Under predicted climate change: Distribution and ecological niche modelling of six native tree species in Gilgit-Baltistan, Pakistan. *Ecological Indicators*, 111, 106049. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.106049>

- Godsoe, W., Franklin, J., & Blanchet, F. G. (2017). Effects of biotic interactions on modeled species' distribution can be masked by environmental gradients. *Ecology and evolution*, 7(2), 654-664. <https://doi.org/10.1002/ece3.2657>
- Griscom, B. W., Adams, J., Ellis, P. W., Houghton, R. A., Lomax, G., Miteva, D. A., ... & Woodbury, P. (2017). Natural climate solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(44), 11645-11650. <https://doi.org/10.1073/pnas.1710465114>
- Guariguata, M. R., Arce, J., Ammour, T., & Capella, J. L. (2017). Las plantaciones forestales en Perú: Reflexiones, estatus actual y perspectivas a futuro (Vol. 169). CIFOR. [http://www.cifor.org/publications/pdf\\_files/OccPapers/OP-169.pdf](http://www.cifor.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-169.pdf)
- Guisan, A., & Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological modelling*, 135(2-3), 147-186. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00354-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00354-9)
- Guisan, A., & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8(9), 993-1009. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00792.x>
- Guisan, A., Tingley, R., Baumgartner, J. B., Naujokaitis-Lewis, I., Sutcliffe, P. R., Tulloch, A. I., ... & Martin, T. G. (2013). Predicting species distributions for conservation decisions. *Ecology letters*, 16(12), 1424-1435. <https://doi.org/10.1111/ele.12189>
- 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>
- Heikkinen, R. K., Luoto, M., Araújo, M. B., Virkkala, R., Thuiller, W., & Sykes, M. T. (2006). Methods and uncertainties in bioclimatic envelope modelling under climate change. *Progress in Physical Geography*, 30(6), 751-777. <https://doi.org/10.1177/0309133306071957>
- Hengl, T., de Jesus, J. M., Heuvelink, G. B., Gonzalez, M. R., Kilibarda, M., Blagotić, A., ... & Guevara, M. A. (2017). SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. *PLoS one*, 12(2), e0169748. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169748>
- IITO. (2002). IITO guidelines for the restoration, management and rehabilitation of degraded and secondary tropical forests (No. 13). International Tropical Timber Organization. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2002-063.pdf>
- Jiménez, V., A. (2012). Insights into the area under the receiver operating characteristic curve (AUC) as a discrimination measure in species distribution modelling. *Global Ecology and Biogeography*, 21(4), 498-507. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00683.x>
- Kariyawasam, C. S., Kumar, L., & Ratnayake, S. S. (2019). Invasive Plant Species Establishment and Range Dynamics in Sri Lanka under Climate Change. *Entropy*, 21(6), 571. <https://doi.org/10.3390/e21060571>

- Heikkinen, R. K., Luoto, M., Araújo, M. B., Virkkala, R., Thuiller, W., & Sykes, M. T. (2006). Methods and uncertainties in bioclimatic envelope modelling under climate change. *Progress in Physical Geography*, 30(6), 751-777.  
<https://doi.org/10.1177/0309133306071957>
- Kleinman, P. J., Pimentel, D., & Bryant, R. B. (1995). The ecological sustainability of slash-and-burn agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 52(2-3), 235-249.  
[https://doi.org/10.1016/0167-8809\(94\)00531-I](https://doi.org/10.1016/0167-8809(94)00531-I)
- Laestadius, L., Maginnis, S., Minnemeyer, S., Potapov, P., Saint-Laurent, C., & Sizer, N. (2011). Mapa de oportunidades de restauración del paisaje forestal. *Unasylva*, 62(2), 47-48. <http://www.fao.org/3/i2560s/i2560s08.pdf>
- Lamb, D. (2005). Restoration of Degraded Tropical Forest Landscapes. *Science*, 310(5754), 1628–1632. <https://doi.org/10.1126/science.1111773>
- Laurente, M. (2017). Modelación de los Efectos del Cambio Climático en la Distribución de *Cedrela Odorata* L. “Cedro” En la Amazonia Peruana. *The Biologist*, 13(2).  
<http://dx.doi.org/10.24039/rtb2015132174>
- Marquardt, K., Pain, A., Bartholdson, Ö., & Rengifo, L. R. (2018). Forest Dynamics in the Peruvian Amazon: Understanding Processes of Change. *Small-Scale Forestry*, 18(1), 81–104. <https://doi.org/10.1007/s11842-018-9408-3>
- Mark, J. & Rivers, M.C. 2017. *Cedrela odorata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T32292A68080590.  
<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T32292A68080590.en>.
- Merow, C., Smith, M. J., & Silander Jr, J. A. (2013). A practical guide to MaxEnt for modeling species’ distributions: what it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, 36(10), 1058-1069.  
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.07872.x>
- Meza, A., Sabogal, C., & De Jong, W. (2006). Rehabilitación de áreas degradadas en la Amazonia peruana: revisión de experiencias y lecciones aprendidas.  
[https://www.cifor.org/rehab/download/version\\_ultima.pdf](https://www.cifor.org/rehab/download/version_ultima.pdf)
- MINAM (2016). Paisajes Productivos Sostenibles en la Amazonía Peruana. Ministerio del Ambiente del Perú. 16p.  
[https://www.pe.undp.org/content/dam/peru/docs/Publicaciones%20medio%20ambiente/Folleto%20PPS\\_30Nov%202018final.pdf](https://www.pe.undp.org/content/dam/peru/docs/Publicaciones%20medio%20ambiente/Folleto%20PPS_30Nov%202018final.pdf)
- MINAM. (2017). Estudio para la Identificación de Áreas Degradadas y Propuesta de Monitoreo. Dirección General de Ordenamiento Territorial Ambiental -MINAM. 44  
<http://geoservidor.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/Estudio-Identificaci%C3%B3n-de-%C3%81reas-Degradadas.pdf>
- Nalvarte, W., Sabogal, C., Galvan, O., Marmillod, D., Angulo, W., Cordova, N., Colan, V. (2004). Silvicultura en la Amazonia Peruana: diagnóstico de experiencias en la región Ucayali y la provincia de Puerto Inca. Pucallpa, Peru, CIFOR, INAENA, INIA, Universidad Nacional de Ucayali. 105p. ISBN: 9793361395.  
<https://hdl.handle.net/10568/18959>



- Naveda-Rodríguez, A., Vargas, F. H., Kohn, S., & Zapata-Ríos, G. (2016). Andean condor (*Vultur gryphus*) in Ecuador: Geographic distribution, population size and extinction risk. *PloS one*, *11*(3), e0151827. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151827>
- Nichols, J. D., Rosemeyer, M. E., Carpenter, F. L., & Kettler, J. (2001). Intercropping legume trees with native timber trees rapidly restores cover to eroded tropical pasture without fertilization. *Forest Ecology and Management*, *152*(1-3), 195–209. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00603-4](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00603-4)
- Noce, S., Collalti, A., & Santini, M. (2017). Likelihood of changes in forest species suitability, distribution, and diversity under future climate: The case of Southern Europe. *Ecology and Evolution*, *7*(22), 9358–9375. <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00057>
- OSINFOR. (2013). Modelamiento espacial de nichos ecológicos para la evaluación de presencia de especies forestales maderables en la Amazonía peruana. Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre. [https://www.osinfor.gob.pe/portal/data/destacado/adjunto/modelamiento\\_nichos\\_ecologicos.pdf](https://www.osinfor.gob.pe/portal/data/destacado/adjunto/modelamiento_nichos_ecologicos.pdf)
- OSINFOR (2015). Fichas de identificación de especies forestales maderables de la Selva Central”, como producto del III curso taller: “Identificación de Especies Forestales Maderables. 69p. <https://www.osinfor.gob.pe/fuentes/fichas-de-identificacion/>
- OSINFOR. (2016). Modelamiento de la distribución potencial de 18 especies forestales en el departamento de Loreto. Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre. <https://www.osinfor.gob.pe/wp-content/uploads/2016/06/modelamiento-de-18-especies-21-JUNIO.pdf>
- OSINFOR. (2017). Fichas de Identificación de Especies Forestales Maderables y Silvicultura Tropical”, como producto del IV Curso - Taller: “Fortalecimiento de las capacidades en la Identificación de Especies Forestales Maderables y Silvicultura Tropical”. Dirigido a supervisores forestales y de fauna silvestre. <https://www.osinfor.gob.pe/fuentes/fichas-de-identificacion/>
- OSINFOR. (2018). Fichas de identificación de especies forestales maderables de la Concesión Forestal Industrial Maderera Zapote (IMAZA)”, como producto del curso taller: “V Curso Taller Fortalecimiento de Capacidades a Supervisores Forestales en aplicación de criterios técnicos, reconocimiento de especies maderables y uso de tecnologías en las supervisiones. 58p. <https://www.osinfor.gob.pe/fuentes/fichas-de-identificacion/>
- OSINFOR. (2019). Ficha de Identificación de Especies Forestales Maderables de la Provincia de Tahuamanu, Departamento de Madre de Dios. 59p. <https://www.osinfor.gob.pe/fuentes/fichas-de-identificacion/>
- 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. *Forests*, *10*(2), 115. <https://doi.org/10.3390/f10020115>

- Patel, V. R., & Mehta, R. G. (2011). Impact of outlier removal and normalization approach in modified k-means clustering algorithm. *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)*, 8(5), 331.  
<https://pdfs.semanticscholar.org/f211/dbbe5d8c00a004a286b8274e210dfea51a70.pdf>
- Pecchi, M., Marchi, M., Burton, V., Giannetti, F., Moriondo, M., Bernetti, I., ... Chirici, G. (2019). Species distribution modelling to support forest management. A literature review. *Ecological Modelling*, 411, 108817.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2019.108817>
- Pennington, T.D., Reynel, C., & Daza, A. (2004). Illustrated guide to the Trees of Peru. Drawings by Rosemary Wise. 848 pp.
- Pennington, T.D. & Muellner, A.N. (2010). A monograph of Cedrela (Meliaceae). DH Books. Sherborne, UK.
- Peterson, A. T., Soberón, J., Pearson, R. G., Anderson, R. P., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M., & Araújo, M. B. (2011). *Ecological niches and geographic distributions* (MPB-49) (Vol. 49). Princeton University Press.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling*, 190(3-4), 231-259.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Piponiot, C., Rutishauser, E., Derroire, G., Putz, F. E., Sist, P., West, T., ... Hérault, B. (2019). Optimal strategies of Ecosystem Services provision for Amazonian production forests. *Environmental Research Letters*. 14 (12).  
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab5eb1>
- Plissock, P., & Fuentes-Castillo, T. (2011). Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles. *Revista de Geografía Norte Grande*, (48), 61-79.  
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022011000100005>
- Possingham, H. P., Wilson, K. A., Andelman, S. J., & Vynne, C. H. (2006). Protected areas: goals, limitations, and design. In 'Principles of Conservation Biology' pp. 509–533.  
[https://www.researchgate.net/publication/37629187\\_Protected\\_areas\\_Goals\\_limitations\\_and\\_design](https://www.researchgate.net/publication/37629187_Protected_areas_Goals_limitations_and_design)
- Putz, F. E., Zuidema, P. A., Synnott, T., Peña, C., M., Pinard, M. A., Sheil, D., ... Zagt, R. (2012). Sustaining conservation values in selectively logged tropical forests: the attained and the attainable. *Conservation Letters*, 5(4), 296–303.  
<https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2012.00242.x>
- Qin, A., Liu, B., Guo, Q., Bussmann, R. W., Ma, F., Jian, Z., ... & Pei, S. (2017). Maxent modeling for predicting impacts of climate change on the potential distribution of Thuja sutchuenensis Franch., an extremely endangered conifer from southwestern China. *Global Ecology and Conservation*, 10, 139-146.  
<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2017.02.004>
- Reynel, C., Pennington, T. D. (1997) El género inga en el Perú Morfología, Distribución y Usos. The Royal Botanic Gardens, Kew.

- Reynel, C., Pennington, T. D., Pennington, R. T., Flores, C., & Daza, A. (2003). Árboles útiles de la Amazonía peruana y sus usos. Tarea Grafica Educativa, Perú.
- Reynel, C., Pennington, T. D., & Pennington, R. T. (2016). *Árboles del Perú*. Jesus Bellido M. Los Zafiros.
- Roces, D. J. V., Jimenez, A. B., Álvarez, A.P., & Álvarez, G. M. A. (2015). Environmental niche and distribution of six deciduous tree species in the Spanish Atlantic region. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 8(2), 214. <https://doi.org/10.3832/ifor1183-008>
- Rodrigues, S. B., Freitas, M. G., Campos-Filho, E. M., do Carmo, G. H. P., da Veiga, J. M., Junqueira, R. G. P., & Vieira, D. L. M. (2019). Direct seeded and colonizing species guarantee successful early restoration of South Amazon forests. *Forest Ecology and Management*, 451, 117559. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117559>
- Rodríguez, L. O., & Young, K. R. (2000). Biological diversity of Peru: determining priority areas for conservation. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 29(6), 329-337. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-29.6.329>
- Rodríguez, A. F., Limachi, H. L., Reátegui, R. F., Escobedo, T. R., Ramírez, B. J., Encarnación, C. F., ... & Martínez, D. P. (2010). Zonificación ecológica y económica (ZEE) del departamento de Amazonas. 199p. <http://repositorio.iiap.gob.pe/handle/IIAP/294>
- Rodríguez, J. C., & Sabogal, C. (2019). Restoring Degraded Forest Land with Native Tree Species: The Experience of “Bosques Amazónicos” in Ucayali, Peru. *Forests*, 10(10), 851. <https://doi.org/10.3390/f10100851>
- Román, F; Mamani, A; Cruz, A; Sandoval, C; Cuesta, F. 2018. Orientaciones para la Restauración de Ecosistemas forestales y otros Ecosistemas de Vegetación Silvestre. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). Lima, 108 p. <https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2018/11/GuiaRestauracion-A4-FINAL-OK.pdf>
- Romo, M., Leo, M., & Epiquién, M. (2009). Propuesta de sistema de conservación regional-Sicre-Amazonas. Asociación Peruana para la Conservación de la Naturaleza (Apeco). Lima, Perú. <https://doi.org/10.13140/rg.2.2.22567.50081>
- Schnabel, F., Schwarz, J. A., Dănescu, A., Fichtner, A., Nock, C. A., Bauhus, J., & Potvin, C. (2019). Drivers of productivity and its temporal stability in a tropical tree diversity experiment. *Global change biology*, 25(12), 4257-4272. <https://doi.org/10.1111/gcb.14792>
- Scheldeman, X., & Zonneveld, M. (2010). Training manual on spatial analysis of plant diversity and distribution. <https://hdl.handle.net/10568/72785>
- Sears, R. R., & Pinedo-Vasquez, M. (2011). Forest policy reform and the organization of logging in Peruvian Amazonia. *Development and Change*, 42(2), 609-631. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7660.2011.01697.x>
- Sears, R. R., Cronkleton, P., Villanueva, F. P., Ruiz, M. M., & del Arco, M. P. O. (2018). Farm-forestry in the Peruvian Amazon and the feasibility of its regulation through

- forest policy reform. *Forest policy and economics*, 87, 49-58.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.forpol.2017.11.004>.
- SERFOR (2018). Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre Experiencias de restauración en el Perú. Lecciones aprendidas. Bioversity - Perú, ICRAF. Lima, Perú.  
[https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2018/11/Experiencias-de-Restauraci%C3%B3n-SERFOR\\_23NOV.pdf](https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2018/11/Experiencias-de-Restauraci%C3%B3n-SERFOR_23NOV.pdf)
- SIGO (2020). Sistema de Información Gerencial del OSINFOR. Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre.  
<https://www.osinfor.gob.pe/sigo/>
- Sofaer, H. R., Jarnevich, C. S., Pearse, I. S., Smyth, R. L., Auer, S., Cook, G. L., ... & Hamilton, H. (2019). Development and delivery of species distribution models to inform decision-making. *BioScience*, 69(7), 544-557.  
<https://doi.org/10.1093/biosci/biz045>
- Suárez de Freitas, C. G. (2017) Reducción de la deforestación (principalmente en la Amazonía) en el contexto del cambio climático y de un enfoque de crecimiento verde. PNCP / MINAM, Lima.  
[http://www.bosques.gob.pe/archivo/ec4e0b\\_documento\\_prioridades.pdf](http://www.bosques.gob.pe/archivo/ec4e0b_documento_prioridades.pdf)
- Swets, J. (1988). Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, 240(4857), 1285–1293. <https://doi.org/10.1126/science.3287615>
- Tripathi, P., Behera, M. D., & Roy, P. S. (2017). Optimized grid representation of plant species richness in India—Utility of an existing national database in integrated ecological analysis. *Plos one*, 12(3).  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173774>
- Van der Plas, F., Manning, P., Soliveres, S., Allan, E., Scherer-Lorenzen, M., Verheyen, K., ... & Barbaro, L. (2016). Biotic homogenization can decrease landscape-scale forest multifunctionality. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(13), 3557-3562. <https://doi.org/10.1073/pnas.1517903113>
- Vargas, J. (2010). Clima, informe temático. Proyecto Zonificación Ecológica y Económica del departamento de Amazonas, convenio entre el IIAP y el Gobierno Regional de Amazonas. Iquitos–Perú, 27.  
<http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/PUBL510.pdf>
- Vásquez, M. R. (1997). Flórula de las reservas biológicas de Iquitos, Perú: Allpahuayo-Mishana, Explornapo Camp, Explorama Lodge. *Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* 63: 1–1046.
- 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. *Forests*, 9(3), 103.  
<https://doi.org/10.3390/f9030103>
- Yang, X. Q., Kushwaha, S. P. S., Saran, S., Xu, J., & Roy, P. S. (2013). Maxent modeling for predicting the potential distribution of medicinal plant, *Justicia adhatoda* L. in Lesser Himalayan foothills. *Ecological Engineering*, 51, 83-87.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.12.004>

- Zhang, L., Jing, Z., Li, Z., Liu, Y., & Fang, S. (2019). Predictive Modeling of Suitable Habitats for *Cinnamomum Camphora* (L.) Presl Using Maxent Model under Climate Change in China. *International journal of environmental research and public health*, 16(17), 3185. <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. *Forests*, 10(2), 190. <https://doi.org/10.3390/f10020190>

## ANEXOS

### Anexo 1. Otorgamiento de volúmenes maderables a partir de las Ley Forestal y de Fauna Silvestre N° 29763 (01 de octubre del 2015) al 2019

#### 1.1. *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr.

Año	Provincia	Distrito	Tipo	Titular	Ncomun	Ncientifico	Volumen			
2016	Condorcanqui	Nieva	Comunidad Nativa	Waisim	Anacaspi		79.18			
	Condorcanqui	Nieva		Adsacusa	Anacaspi		95.24			
	Bagua	Imaza		Bichanak	Anacaspi		11.35			
2017	Condorcanqui	Nieva	Comunidad Nativa	Chingamar	Anacaspi		83.02			
	Condorcanqui	Nieva		Tsamash	Anacaspi		23.99			
	Condorcanqui	Nieva		Ebron	Anacaspi		36.99			
	Condorcanqui	Nieva		Santa Rosa	Capiu		16.40			
	Condorcanqui	Nieva		Shimpu	Capiu		100.90			
	Bagua	Imaza		Alto Bichanak	Anacaspi		34.89			
	Condorcanqui	Nieva		Dequentei	Capiu		5.50			
	Bagua	Imaza		Yamayakat	Anacaspi		20.90			
	Condorcanqui	Nieva		Peas	Capiu		105.71			
	Condorcanqui	Nieva		Predio Privado	Gerardo H. Flores		Capiu	34.58		
	Condorcanqui	Nieva			Nestor Jimenez		Anacaspi	29.15		
	2018	Bagua		Imaza	Comunidad Nativa		Shijap	Anacaspi	<i>Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F.Macbr.</i>	63.70
		Condorcanqui		Nieva			Duship	Anacaspi		43.11
		Bagua		Imaza			Wachapea	Anacaspi		59.40
		Condorcanqui		Nieva			Kuith	Anacaspi		13.30
Bagua		Imaza	Kayamas Wee	Anacaspi		49.80				
Condorcanqui		Nieva	Waisim	Anacaspi		13.16				
Bagua		Imaza	Shushui	Anacaspi		41.13				
Bagua		Imaza	Chinim	Anacaspi		27.60				
Condorcanqui		Rio Santiago	Kagkas	Anacaspi		380.07				
Condorcanqui		Nieva	Achuaga	Anacaspi		16.03				
Condorcanqui		Nieva	Nujagkin	Anacaspi		66.07				
Condorcanqui		Nieva	Predio Privado	Rafael Muños Domel		Anacaspi	17.97			
Bagua		Imaza		Paulino Rimarachin		Anacaspi	72.80			
Bagua		Aramango		Ciro N. Bazan		Capiu	18.64			
2019		Condorcanqui	Nieva	Comunidad Nativa		Adsacusa	Anacaspi			34.21
2019	Condorcanqui	Nieva	Nativa	Chikais	Anacaspi		13.23			
<b>TOTAL</b>							<b>1608.01</b>			

#### 1.2. *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. ex K. Schum.

Año	Provincia	Distrito	Tipo	Titular	Ncomun	Ncientifico	Volumen
2016	Condorcanqui	Nieva	Comunidad Nativa	Adsacusa			224.74
	Condorcanqui	Rio Santiago		Belen			64.01
2017	Condorcanqui	Nieva	Comunidad Nativa	Santa Rosa			315.70
	Condorcanqui	Nieva		Bajo Pupuntas			126.32
2018	Condorcanqui	Nieva	Predio Privado	Pajacusa	Capirona	<i>Calycophyllum spruceanum (Benth.) Hook. f. ex K. Schum.</i>	54.65
	Condorcanqui	Nieva		Elber Aguilar Galindo			7.44
2019	Condorcanqui	Nieva	Comunidad Nativa	Adsacusa			67.26
	Condorcanqui	Rio Santiago		Guayabal			17.05
<b>TOTAL</b>							<b>877.16</b>

### 1.3. *Cariniana decandra* Ducke

Año	Provincia	Distrito	Tipo	Titular	Ncomun	Ncientifico	Vol m <sup>3</sup>
2016	Bagua	Imaza	Comunidad Nativa	Bichanak	Papelillo	<i>Cariniana decandra Ducke</i>	28.19
	Bagua	Imaza		Winchu Temashnum	Papelillo		62.67
2017	Condorcanqui	Nieva	Predio Privado	Chingamar	Papelillo		35.13
	Condorcanqui	Nieva		Tsamash	Papelillo		90.80
	Condorcanqui	Nieva		Ebron	Papelillo		6.54
	Condorcanqui	Nieva		Pujupat	Papelillo		58.40
	Condorcanqui	Nieva		Santa Rosa	Papelillo		26.20
	Condorcanqui	Nieva		pumpushak	Papelillo		122.10
	Bagua	Imaza		Alto Bichanak	Papelillo		64.61
	Condorcanqui	Nieva		Dequentei	Papelillo		170.30
	Condorcanqui	Rio Santiago		San Juan	Papelillo		67.43
	Condorcanqui	Nieva		Kashap	Papelillo		54.73
	Condorcanqui	Nieva		Cayamas	Papelillo		35.40
	Bagua	Imaza		Yamayakat	Papelillo		27.50
	Condorcanqui	Nieva		Peas	Papelillo		98.91
	Condorcanqui	Nieva		Gerardo H.	Papelillo		51.29
	Condorcanqui	Nieva		Nestor Jimenez	Papelillo		17.71
	2018	Condorcanqui		Nieva	Comunidad Nativa	Duship	Papelillo
Bagua		Imaza	Wachapea	Papelillo			88.40
Condorcanqui		Nieva	Kuith	Papelillo			24.20
Bagua		Imaza	Kayamas Wee	Papelillo			36.70
Condorcanqui		Nieva	Pajacusa	Papelillo			98.85
Bagua		Imaza	Chinim	Papelillo			139.40
Bagua		Imaza	Chinim	papelillo			23.20
Bagua		Imaza	Wawas	Papelillo			26.70
Condorcanqui		Rio Santiago	Kagkas	Papelillo			134.10
Condorcanqui		Nieva	Achuaga	Papelillo			88.37
Condorcanqui		Nieva	Nujagkin	Papelillo			126.06
Bagua		Imaza	Umpunchig	Papelillo			136.50
Condorcanqui		Nieva	Alto Pajakus	Papelillo			75.19
2019		Condorcanqui	Nieva	Predio Privado		Chikais	Papelillo
	Condorcanqui	Nieva	Angel Vásquez		Papelillo		39.56
<b>TOTAL</b>							<b>2120.1</b>

#### 1.4. *Cedrela montana* Moritz ex Turcz.

Año	Provincia	Distrito	Tipo	Titular	Ncomun	Ncientifico	Volumen
2017	Bongara	Yambrasbamba		Yambrasbamba			646.02
2018	Bongara	Yambrasbamba	Comunidad Campesina	Yambrasbamba			119.09
	Chachapoyas	La Jalca		La Jalca			13.67
	Rod.de Mendoza	Omia		Edilberto Medina			160.60
	Rod. de Mendoza	Omia		Antero Guerrero			89.41
	Rod. de Mendoza	Vista Alegre		Emerson Lopez			122.22
	Rod. de Mendoza	Omia		Roberto Rodriguez	Cedro	<i>Cedrela montana Moritz ex Turcz.</i>	70.52
	Rod. de Mendoza	Omia		Gerlo Lopez			109.78
2019	Rod. de Mendoza	Vista Alegre	Predio Privado	Obed Salazar			530.75
	Rod. de Mendoza	Limabamba		Juan Fernández			267.70
	Rod. de Mendoza	Limabamba		Silvio Tuesta			179.34
	Rod. de Mendoza	Chirimoto		Lucas Zegarra			542.68
	Rod. de Mendoza	Omia		María Tejada			61.25
	Rod. de Mendoza	Chirimoto		Alfonso Medina		39.84	

#### 1.5. *Cedrela odorata* L.

Año	Provincia	Distrito	Tipo	Titular	Ncomun	Ncientifico	Volumen
2018	Condorcanqui	Rio Santiago	Comunidad Nativa	Kagkas	Cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	382.75
2019	Condorcanqui	Nieva	Comunidad Nativa	Inayuam			196.82
<b>TOTAL</b>							<b>579.57</b>

#### 1.6. *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

Año	Provincia	Distrito	Tipo	Titular	Ncomun	Ncientifico	Vol m <sup>3</sup>
2016	Condorcanqui	Nieva		Yamakentsa	Tornillo		356.05
	Condorcanqui	Nieva		Waisim	Tornillo		33.89
	Condorcanqui	Rio Santiago		Fortaleza	Tornillo		467.81
	Bagua	Imaza		Sawientsa	Tornillo		516.17
	Bagua	Imaza		Umpunchig	Tornillo		361.20
	Condorcanqui	Rio Santiago		Belen	Tornillo		503.60
	Condorcanqui	Nieva		Dapikat Kajekui	Tornillo		607.00
	Bagua	Imaza		Chayu	Tornillo		373.10
	Bagua	Imaza		Atunsamu	Tornillo		50.97
	Condorcanqui	Nieva		Temashnum	Tornillo		118.69
2017	Condorcanqui	Nieva	Comunidad Nativa	Chamikar	Tornillo	<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	60.76
	Condorcanqui	Nieva		Chingamar	Tornillo		254.83
	Condorcanqui	Nieva		Tsamash	Tornillo		35.64
	Condorcanqui	Nieva		Ebron	Tornillo		495.10
	Condorcanqui	Nieva		Pujupat	Tornillo		117.10
	Condorcanqui	Nieva		Santa Rosa	Tornillo		196.20
	Condorcanqui	Nieva		Shimpu	Tornillo		241.19
	Bagua	Aramango		Alto Numpatkaim	Tornillo		76.48
	Bagua	Imaza		Autukai	Tornillo		229.10
	Condorcanqui	Nieva		pumpushak	Tornillo		611.06
	Condorcanqui	Nieva		Saasa	Tornillo		306.70
	Bagua	Imaza		Uut	Tornillo		71.40
	Condorcanqui	Nieva		Dequentei	Tornillo		15.18
	Condorcanqui	Nieva		Cachiyacu	Tornillo		187.71
	Condorcanqui	Rio Santiago		San Juan	Tornillo		506.79
Condorcanqui	Nieva	Agkais	Tornillo	26.35			
Condorcanqui	Nieva	Bajo Pupuntas	Tornillo				



	Condorcanqui	Nieva		Kashap	Tornillo	318.77
	Condorcanqui	Nieva		Cayamas	Tornillo	46.50
	Bagua	Imaza		Tamish Namak	Tornillo	554.50
	Condorcanqui	Nieva		Campanquis	Tornillo	924.45
	Bagua	Imaza		Kuji	Tornillo	279.00
	Condorcanqui	Nieva		Peas	Tornillo	42.62
	Condorcanqui	Nieva	Predio Privado	Gerardo H. Flores	Tornillo	15.18
	Condorcanqui	Nieva		Nestor Jimenez	Tornillo	38.23
2018	Bagua	Aramango	Comunidad Nativa	Tayu	Tornillo	127.12
	Bagua	Imaza		Uyu Entsa	Tornillo	2267.24
	Condorcanqui	Rio Santiago		Yujagkim	Tornillo	649.47
	Condorcanqui	Nieva		Duship	Tornillo	16.70
	Bagua	Imaza		Shimpuents Bakants	Tornillo	363.64
	Condorcanqui	Nieva		Bashutak	Tornillo	649.45
	Bagua	Imaza		Shushui	Tornillo	380.89
	Condorcanqui	Nieva		Wajai	Tornillo	460.88
	Condorcanqui	Nieva		Dapikat Kajekui	Tornillo	648.04
	Condorcanqui	Nieva		Pujupat	Tornillo	370.21
	Bagua	Imaza		Wawas	Tornillo	236.70
	Condorcanqui	Rio Santiago		Kagkas	Tornillo	577.61
	Condorcanqui	Nieva		Tatankus	Tornillo	464.20
	Condorcanqui	Rio Santiago		Papayacu	Tornillo	649.92
	Condorcanqui	Rio Santiago		Kayamas	Tornillo	632.00
	Condorcanqui	Nieva		Achuaga	Tornillo	16.97
	Bagua	Imaza		Umpunchig	Tornillo	237.60
	Condorcanqui	Nieva		Saasa	Tornillo	406.20
	Bagua	Imaza	Predio Privado	Paulino Rimarachin	Tornillo	117.87
	Bagua	Aramango		Ciro N. Bazan	Tornillo	21.00
	Bagua	Imaza		Alto Wawas	Tornillo	595.50
	Condorcanqui	Nieva		Inayuam	Tornillo	23.19
	Condorcanqui	Nieva		Chikais	Tornillo	118.91
	Condorcanqui	Nieva		Cayamas	Tornillo	18.92
2019	Condorcanqui	Nieva	Comunidad Nativa	La Tuna	Tornillo	518.00
	Condorcanqui	Nieva		Sanchum	Tornillo	272.06
	Bagua	Imaza		Sawientsa	Tornillo	107.47
	Condorcanqui	Nieva		Tsamajain	Tornillo	116.92
	Condorcanqui	Nieva		Napuruk	Tornillo	649.60
	Condorcanqui	Nieva		Kuith	Tornillo	32.65
<b>TOTAL</b>						<b>20786.22</b>

### 1.7. *Ceiba pentandra* L. (L.) Gaertn.L.

Año	Provincia	Distrito	Tipo	Titular	Ncomun	Ncientifico	Volumen
2016	Condorcanqui	Nieva		Yamakentsa	Lupuna		177.21
	Condorcanqui	Nieva		Waisim	Lupuna		283.98
	Condorcanqui	Nieva		Adsacusa	Lupuna		329.66
	Condorcanqui	Rio Santiago		Belen	Lupuna		78.69
	Bagua	Imaza		Bichanak	Lupuna		19.53
2017	Condorcanqui	Nieva	Comunidad Nativa	Chingamar	Lupuna	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	207.02
	Condorcanqui	Nieva		Tsamash	Lupuna		51.05
	Condorcanqui	Nieva		Ebron	Lupuna		59.63
	Condorcanqui	Nieva		Santa Rosa	Lupuna		92.60
	Bagua	Imaza		Autukai	Lupuna		75.43
	Condorcanqui	Nieva		pumpushak	Lupuna		278.50
	Condorcanqui	Nieva		Saasa	Lupuna		21.57

	Bagua	Imaza		Uut	Lupuna	19.00
	Bagua	Imaza		Alto Bichanak	Lupuna	176.30
	Condorcanqui	Nieva		Cachiyacu	Lupuna	133.82
	Condorcanqui	Rio Santiago		San Juan	Lupuna	148.80
	Condorcanqui	Nieva		Bajo Pupuntas	Lupuna	439.65
	Condorcanqui	Nieva		Kashap	Lupuna	253.84
	Condorcanqui	Nieva		Cayamas	Lupuna	209.10
	Bagua	Imaza		Yamayakat	Lupuna	129.10
	Bagua	Imaza		Kuji	Lupuna	172.50
	Condorcanqui	Nieva		Peas	Lupuna	46.83
	Condorcanqui	Nieva	Predio Privado	Nestor Jimenez	Lupuna	20.22
2018	Bagua	Imaza	Comunidad Nativa	Shijap	Lupuna	228.80
	Condorcanqui	Nieva		Duship	Lupuna	212.83
	Condorcanqui	Nieva		Kuith	Lupuna	379.50
	Bagua	Imaza		Kayamas Wee	Lupuna	172.10
	Condorcanqui	Nieva		Waisim	Lupuna	316.28
	Bagua	Imaza		Shushui	Lupuna	75.15
	Condorcanqui	Nieva		Wajai	Lupuna	74.44
	Condorcanqui	Nieva		Pujupat	Lupuna	127.21
	Condorcanqui	Nieva		Pajacusa	Lupuna	175.22
	Bagua	Imaza		Chinim	Lupuna	31.40
	Condorcanqui	Nieva		Achuaga	Lupuna	54.74
	Condorcanqui	Nieva		Nujagkin	Lupuna	40.11
	Bagua	Imaza		Umpunchig	Lupuna	60.20
	Condorcanqui	Nieva		Alto Pajakus	Lupuna	310.16
	Bagua	Imaza	Predio Privado	Paulino Rimarachin	Lupuna	15.95
	Condorcanqui	Nieva		Elber Aguilar	Lupuna	36.21
	Condorcanqui	Nieva		Adsacusa	Lupuna	415.59
	Condorcanqui	Nieva		Chikais	Lupuna	295.57
	Condorcanqui	Nieva		Cayamas	Lupuna	195.71
2019	Condorcanqui	Rio Santiago	Comunidad Nativa	Guayabal	Lupuna	536.66
	Condorcanqui	Nieva		Sanchum	Lupuna	274.56
	Condorcanqui	Nieva		Tsamajain	Lupuna	402.88
	Condorcanqui	Nieva		Kuith	Lupuna	289.09
<b>TOTAL</b>						<b>8144.38</b>

### 1.8. *Hura crepitans* L. L.

Año	Provincia	Distrito	Tipo	Titular	Ncomun	Ncientifico	Vol
2016	Bagua	Imaza	Comunidad Nativa	Sawientsa	Catahua	<i>Hura crepitans</i> L.	133.74
	Bagua	Imaza		Umpunchig	Catahua		245.48
	Bagua	Imaza		Chayu Atunsamu	Catahua		12.38
2017	Condorcanqui	Nieva		Tsamash	Catahua		54.11
	Bagua	Imaza		Uut	Catahua		31.40
	Condorcanqui	Nieva		Cachiyacu	Catahua		148.79
2018	Bagua	Imaza		Shijap	Catahua		102.90
	Bagua	Aramango		Tayu	Catahua		299.41
	Bagua	Imaza		Shimpuents Bakants	Catahua		199.88
	Bagua	Imaza		Kayamas Wee	Catahua	45.00	

	Condorcanqui	Nieva	Predio Privado	Elber Aguilar	Catahua		6.91
2019	Condorcanqui	Nieva	Comunidad Nativa	Chikais	Catahua		39.93
	Condorcanqui	Nieva		Cayamas	Catahua		137.81
	Bagua	Imaza		Sawientsa	Catahua		95.90
	Condorcanqui	Nieva		Kuith	Catahua		16.34
<b>TOTAL</b>							<b>1569.96</b>

### 1.9. *Inga sp.*

Año	Provincia	Distrito	Tipo	Titular	Ncomun	Ncientifico	Vol m <sup>3</sup>
2016	Condorcanqui	Nieva	Comunidad Nativa	Yamakentsa	Guabilla	Inga sp	51.91
	Condorcanqui	Nieva		Waisim	Guabilla	Inga sp	48.64
	Bagua	Imaza		Winchu Temashnum	Guabilla	Inga sp	54.70
2017	Condorcanqui	Nieva		Chamakar	Guabilla	Inga sp	237.83
	Condorcanqui	Nieva		Tsamash	Guabilla	Inga sp	43.37
	Condorcanqui	Nieva		Shimpu	Guabilla	Inga sp	134.20
	Bagua	Imaza		Uut	Guabilla	Inga sp	28.10
	Bagua	Imaza		Alto Bichanak	Guabilla	Inga sp	43.57
	Bagua	Imaza		Alto Bichanak	Guabilla	Inga sp	11.38
	Bagua	Imaza		Yamayakat	Guabilla	Inga sp	118.10
	Condorcanqui	Nieva	Predio Privado	Nestor Jimenez	Guabilla	Inga sp	18.08
2018	Bagua	Imaza	Comunidad Nativa	Wachapea	Guabilla	Inga sp	28.00
	Bagua	Imaza		Shimpuents Bakants	Guabilla	Inga sp	4.00
	Bagua	Imaza		Kayamas Wee	Guabilla	Inga sp	22.40
	Bagua	Imaza		Chinim	Guabilla	Inga sp	60.90
	Bagua	Imaza		Wawas	Guabilla	Inga sp	44.70
	Bagua	Imaza		Umpunchig	Guabilla	Inga sp	55.30
	Bagua	Imaza	Predio Privado	Paulino Rimarachin Cadenillas	Guabilla	Inga sp	25.93
Bagua	Aramango		Ciro N. Bazan	Guabilla	Inga sp	64.34	
2019	Condorcanqui	Nieva	Comunidad Nativa	Chikais	Guabilla	Inga sp	30.09
<b>TOTAL</b>							<b>1125.54</b>

### 1.10. *Otoba parvifolia (Markgr.) A.H.Gentry*

Año	Provincia	Distrito	Tipo	Titular	Ncomun	Ncientifico	Volumen	
2016	Condorcanqui	Nieva	Comunidad Nativa	Waisim	Sempo rojo	<i>Otoba parvifolia (Markgr.) A.H.Gentry</i>	45.09	
	Bagua	Imaza		Chayu Atunsamu	Sempo		36.70	
2017	Condorcanqui	Nieva		Tsamash	Seica		8.37	
	Condorcanqui	Nieva		Ebron	Seica		13.04	
	Condorcanqui	Nieva		Ebron	Sempo		8.37	
	Condorcanqui	Nieva		Shimpu	Sempo		41.20	
	Bagua	Imaza		Uut	Sempo		85.10	
	Bagua	Imaza		Alto Bichanak	Seica		33.11	
	Condorcanqui	Nieva		Dequentei	Sempo rojo		19.10	
	Condorcanqui	Nieva		Cachiyacu	Seica		38.66	
	Condorcanqui	Nieva		Kashap	Sempo		7.49	
	Condorcanqui	Nieva		Cayamas	Sempo rojo		135.90	
	Condorcanqui	Nieva		Campanquis	Sempo		156.84	
	Condorcanqui	Nieva		Peas	Sempo rojo		5.55	
	Condorcanqui	Nieva	Predio Privado	Nestor Jimenez	Seica		30.05	
	2018	Bagua	Aramango	Comunidad Nativa	Tayu	Seica		182.41
		Condorcanqui	Nieva		Duship	Seica		22.84
Bagua		Imaza		Wachapea	Sempo rojo		21.30	
Condorcanqui		Nieva		Waisim	Seica		49.13	
Bagua		Imaza		Shushui	Seica		34.74	
Condorcanqui		Nieva		Wajai	Seica		45.49	
Condorcanqui		Nieva		Pujupat	Seica		15.55	
Condorcanqui		Nieva		Pajacusa	Seica		24.30	

	Bagua	Imaza		Chinim	Sempo	7.70
	Bagua	Imaza		Wawas	Sempo	37.70
	Condorcanqui	Nieva		Tatankus	Sempo	106.05
	Condorcanqui	Nieva	Predio Privado	Rafael Muños Domel	Seica	12.98
2019	Condorcanqui	Nieva	Comunidad Nativa	Sanchum	Sempo rojo	24.57
	Condorcanqui	Nieva		Kuith	Sempo	15.49
<b>TOTAL</b>						<b>1264.81</b>

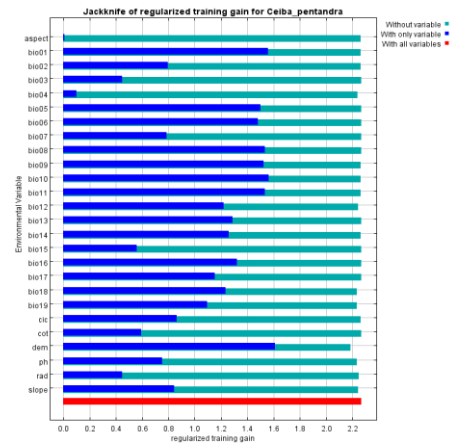
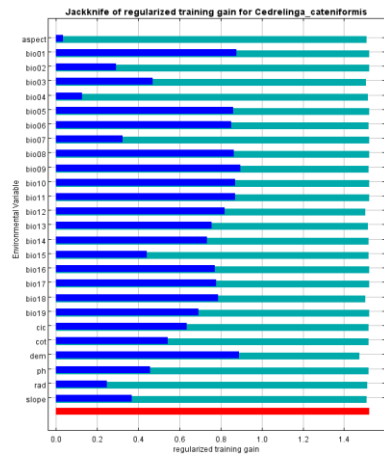
## Anexo 2. Áreas de conservación en el departamento de Amazonas

<b>Categoría</b>	<b>Nombre</b>	<b>Área km<sup>2</sup></b>
Área Natural Protegida	Alto Mayo	32.55
	Ichigkat Muja-Cordillera del Cóndor	883.07
	Cordillera de Colán	392.38
	Chayu Naín	236.19
	Tuntanain	949.87
Zona de Reserva	Río Nieva	360.47
	Santiago Comaina	1042.90
Área de Conservación Regional	Vista Alegre-Omia	488.90
	Bosques Tropicales Estacionalmente Secos del Marañón	139.35
Concesiones para Conservación	Asociación de Mancomunidad Dase Nain	234.41
	Asociación Mancomunidad Pamau Nain	479.81
	Torres Guerrero Rosas	4.39
	Asociacion De Productores Agropecuarios La Flor del Cafe	211.25
	Asociacion Para la Conservación Chorrera Blanca	95.38
	Cooperativa Agraria Cafetalera Bagua Grande Ltda.	170.95
	Asociación Mancomunidad Tijae Nain	376.60
Área de Conservación Privada	Copal Cuilungo	25.73
	Monte Puyo ( Bosque de Nubes )	161.58
	San Pedro de Chuquibamba	195.46
	Llamapampa - La Jalca	175.03
	Cavernas de Leo	0.13
	Los Chilchos	460.00
	La Pampa del Burro	27.77
	Milpuj - La Heredad	0.17
	Huaylla Belén - Colcamar	63.39
	Tilacancha	68.00
	San Antonio	3.57
	Huiquilla	11.41
	Bosque Berlín	0.59
	Abra Patricia - Alto Nieva	14.00
	Bosque de Palmeras de la Comunidad Campesina Taulia Molinopampa	109.21
	Copallín	115.59
	Hierba Buena - Allpayacu	22.82
	Arroyo Negro	1.56
	Comunal San Pablo - Catarata Gocta	26.04
	<b>Total</b>	

### Anexo 3. Contribución de variables bioclimáticas, edáficas y fisiográficas al modelo

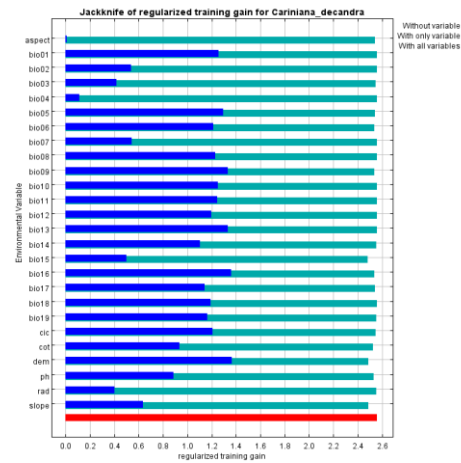
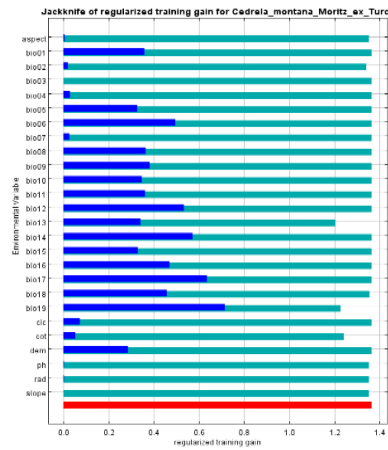
#### 3a.- *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

#### 3b.- *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.

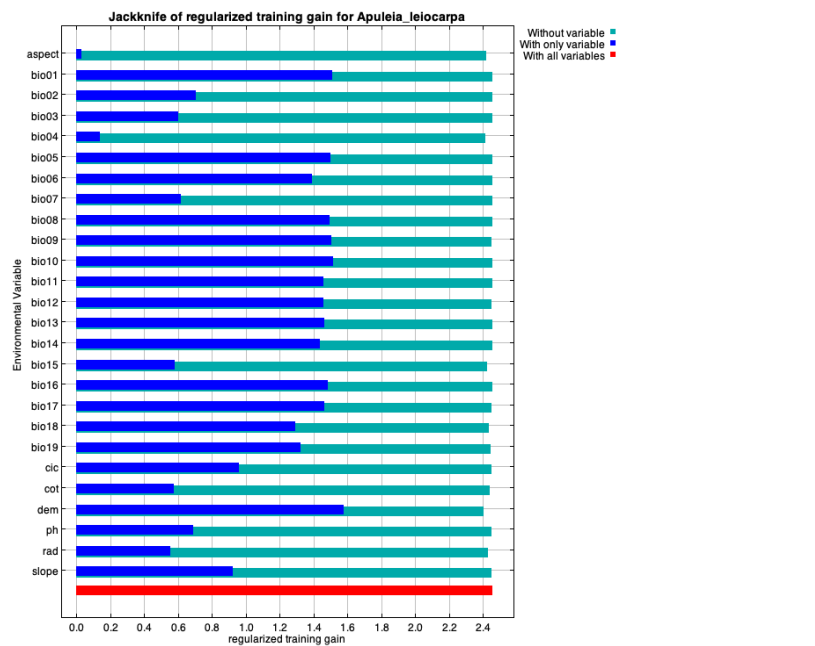


#### 3c.- *Cedrela montana* Moritz ex Turcz.

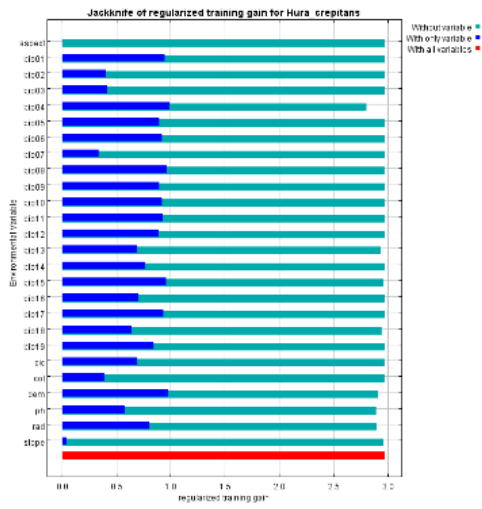
#### 3d.- *Cariniana decandra* Ducke



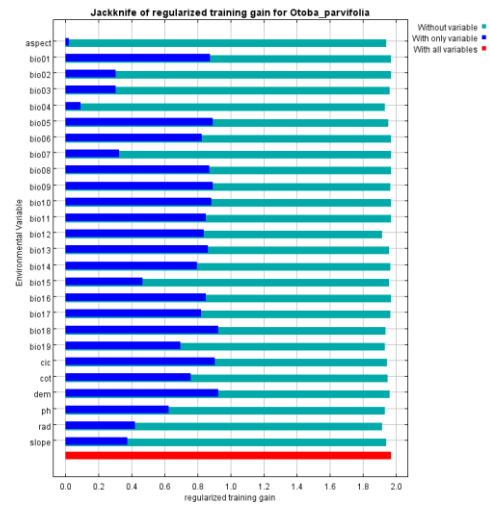
#### 3e.- *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr.



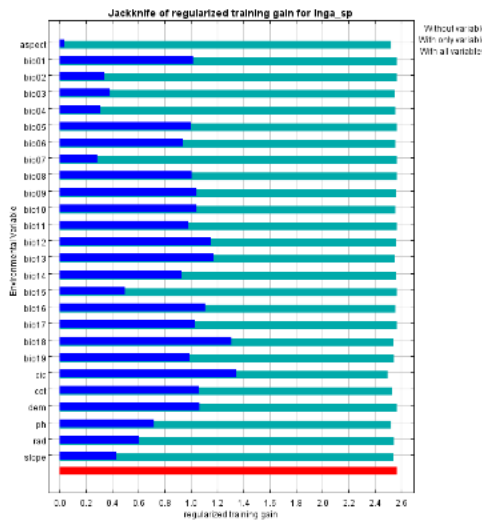
3f.- *Hura crepitans* L.



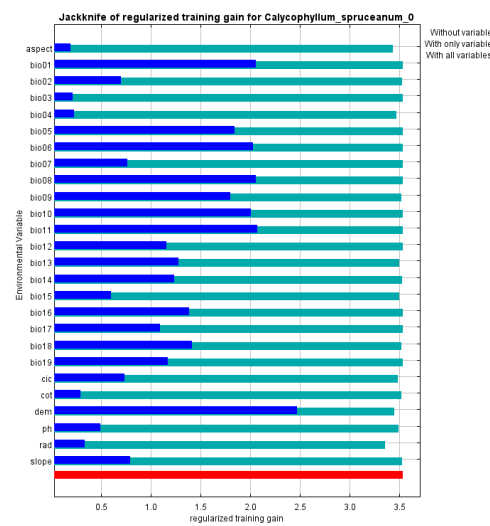
3g.- *Otoba parvifolia* (Markgr.) A.H Gentry



3h.- *Inga* sp.



3i.- *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. ex K. Schum.



3j.- *Cedrela odorata* L.

