

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



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

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

**DISTRIBUCIÓN POTENCIAL ACTUAL Y FUTURA DE
Podocarpus oleifolius D. Don EN LA REGIÓN DE
AMAZONAS, PERÚ**

**Autor: Bach. Henry Chuquizuta Garcia
Asesores: Mg. Nilton Beltrán Rojas Briceño
Lic. Francisco Melendez de la Cruz**

Registro: (.....)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2024

DEDICATORIA

A Dios primeramente por haber concedido la vida, a la vez por resguárdame cada día durante los momentos difíciles, así como por darme la oportunidad de completar esta etapa profesional

A mis Padres Dorisa García Vélchez y Luis Beltran Chuquizuta Santos, por su apoyo incondicional para seguir adelante cumpliendo mis metas.

A mis hermanas Mary Roxana Chuquizuta García y Greyss Jhuliana Chuquizuta García por brindar su apoyo moral y aliento a seguir adelante.

A mi hermano Manuel Chuquizuta, que desde el cielo siempre me acompaña.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecerle a Dios por haberme dado la vida y a la vez por resguardarme, por la salud que me brinda y por las grandezas que me ha dado

A mis asesores M.Sc. Nilton Beltrán Rojas Briceño, al Lic. Francisco Meléndez de la Cruz por su apoyo técnico científico durante todas las etapas de ejecución de mi proyecto de tesis.

A mis padres y a mis hermanas, que me han apoyado en esta etapa de mi vida, confiando plenamente en mi persona.

A la universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, por haberme brindado la oportunidad de esta casa superior y a la vez por apoyar mi formación profesional.

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

Ph.D. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA

Rector

Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES

Vicerrector Académico

Dra. MARÍA NELLY LUJÁN ESPINOZA

Vicerrectora de Investigación

Dr. Erick ALDO AUQUIÑIVIN SILVA

Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias

VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



UNTRM

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

ANEXO 3-L

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ()/Profesional externo (x), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Distribución potencial actual y futura de Podocarpus oleifolius D. Don en la Región de Amazonas, Perú. del egresado Hency Chuquizuta García de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Forestal de esta Casa Superior de Estudios.

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

Chachapoyas, 22 de abril de 2024


Firma y nombre completo del Asesor

Nelson Beltrán Rojas Briceno



VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



UNTRM

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

ANEXO 3-L

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ()/Profesional externo (X), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Distribución potencial actual y futura de Podocarpus oleifolius D. Don en la región de Amazonas, Perú.; del egresado Henry Chuqizuta Garcia de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Forestal de esta Casa Superior de Estudios.

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

Chachapoyas, 22 de abril de 2024


Firma y nombre completo del Asesor

FRANCISCO MELÉNDEZ DE LA CRUZ

JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



Mg. Sc. Elí Pariente Mondragón

PRESIDENTE



Ing. Ms. Ingrid Aracelli Cassana Huaman

SECRETARIO



Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz

VOCAL

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



ANEXO 3-Q

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

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

Distribución Potencial Actual y Futura de Podocarpus
oleifolius D. Don en la región de Amazonas, Perú

presentada por el estudiante ()/egresado (X) Henry Chugvizta Garcia

de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal

con correo electrónico institucional 7365620162@untrm.edu.pe

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

- a) La citada Tesis tiene 20 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene _____ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 22 de abril del 2024


SECRETARIO


PRESIDENTE


VOCAL

OBSERVACIONES:

.....
.....

REPORTE TURNITIN

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL ACTUAL Y FUTURA DE *Podocarpus oleifolius* D. Don EN LA REGIÓN DE AMAZONAS, PERÚ

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.untrm.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	dspace.unl.edu.ec Fuente de Internet	5%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
4	Submitted to Pontificia Universidad Católica del Perú Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas Trabajo del estudiante	1%
8	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1%

El Portiente Mondragón

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



UNTRM

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

ANEXO 3-S

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 14 de mayo del año 2024, siendo las 3:00 p.m. horas, el aspirante: Henry Chuquiza García, asesorado por Mr. Milton Beltrán Rojas Briceño defiende en sesión pública presencial () / a distancia () la Tesis titulada: Distribución potencial actual y futura de Podocarpus oleipolius D. Don en la región de Amazonas, Perú., para obtener el Título Profesional de Ingeniero Forestal, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Eli Poriente Mondragón

Secretario: Ingrid Araceli Cassara Huamani

Vocal: Segundo Manuel Oliva Cruz

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

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

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

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

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

Siendo las 4:00 p.m. horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

SECRETARIO

VOCAL

PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	iv
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS	v
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS	vi
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS.....	vii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....	viii
REPORTE TURNITIN	ix
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....	x
ÍNDICE GENERAL	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN.....	17
II. MATERIAL Y MÉTODOS	19
2.1 Softwares, materiales y equipos	19
2.2 Área de Estudio.....	20
2.3 Flujograma metodológico.....	22
2.4 Recopilación de datos de presencia de la especie <i>P. oleifolius</i> , en el departamento de Amazonas	23
III. RESULTADOS.....	30
IV. DISCUSIÓN.....	52
V. CONCLUSIONES.....	54
VI. RECOMENDACIONES.....	55
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Softwares, materiales y equipos.....	19
Tabla 2. Variables ambientales, edáficas y topográficas	24
Tabla 3. Variables edáficas con el acrónimo empleado.....	27
Tabla 4. Contribución de las variables al modelo realizado en Maxent	35
Tabla 5. Rango de distribución potencial actual de especie <i>P. oleifolius</i> D. Don.	37
Tabla 6. Distribución potencial actual de la especie <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don. Dentro de áreas naturales protegidas.	38
Tabla 7. Distribución potencial Futura de la especie <i>P. oleifolius</i> en el escenario SSP1-2.6	41
Tabla 8. Distribución potencial futura en el escenario SSP1-2.6 de la especie <i>P. oleifolius</i> dentro de áreas naturales protegidas	42
Tabla 9. Distribución potencial futura de la especie <i>P. oleifolius</i> en el escenario SSP2-4.5	44
Tabla 10. Distribución potencial futura en el escenario SSP2-4.5 de la especie <i>P. oleifolius</i> dentro de áreas naturales protegidas	45
Tabla 11. Distribución potencial futura de la especie <i>P. oleifolius</i> D. Don en el escenario SSP3-7.0	47
Tabla 12. Distribución potencial futura en el escenario del SSP3-7.0 de la especie <i>P. oleifolius</i> dentro de áreas naturales protegidas.	48
Tabla 13. Distribución potencial futura de la especie <i>P. oleifolius</i> en el escenario SSP5-8.5	50
Tabla 14. Distribución potencial futura en el escenario SSP5-8.5 de la especie <i>P. oleifolius</i> D. Don dentro de áreas naturales protegidas	51
Tabla 15. Análisis de contribuciones variables futuras en el escenario SSP1-2.6.....	61
Tabla 16. Análisis de contribuciones variables futuras en el escenario SSP2-4.5.....	62
Tabla 17. Análisis de contribuciones variables futuras en el escenario SSP3-7.0.....	63
Tabla 18. Análisis de contribuciones variables futuras en el escenario SSP5-8.5.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la región de Amazonas	21
Figura 2. Esquema para la realización y validación de modelos para la distribución potencial de la especie <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don.	22
Figura 3. Datos de presencia de la especie <i>Podocarpus oleifolius</i>	31
Figura 4. Clusters de agrupamiento entre variables.....	33
Figura 5. Correlación de las variables.	33
Figura 6. Contribucion de las 32 variables	34
Figura 7. AUC del modelo actual	35
Figura 8. Modelo de distribución potencial actual de la especie <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don.....	37
Figura 9. Modelo de distribución potencial actual de la especie <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don dentro de áreas naturales protegidas.	38
Figura 10. Modelo de distribución potencial Futura de la especie <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don, en el escenario SSP1-2.6, para los años 2021 al 2040	40
Figura 11. Modelo de distribución potencial futura en el escenario SSP1-2.6 de la especie <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don dentro de áreas naturales protegidas.	41
Figura 12. Modelo de distribución potencial Futura de la especie <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don, en el escenario SSP2-4.5	43
Figura 13. Modelo de distribución potencial futura en el escenario SSP2-4.5 de la especie <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don dentro de áreas naturales protegidas.	44
Figura 14. Modelo de distribución potencial Futura de la especie <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don, en el escenario SSP3-7.0.....	46
Figura 15. Modelo de distribución potencial futura en el escenario SSP3-7.0 de la especie <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don dentro de áreas naturales protegidas.	47
Figura 16. Modelo de distribución potencial Futura de la especie <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don, en el escenario SSP5-8.5	49
Figura 17. Modelo de distribución potencial futura en el escenario SSP5-8.5 de la especie <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don dentro de áreas naturales protegidas	50
Figura 18. AUC del modelo futuro en el escenario SSP1-2.6.....	61
Figura 19. AUC del modelo futuro en el escenario SSP2-4.5.....	62
Figura 20. AUC del modelo futuro en el escenario SSP3-7.0.....	63
Figura 21. AUC del modelo futuro en el escenario SSP5-8.5.....	64

Figura 22. Especie <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don, encontrada en la provincia de Luya	65
Figura 23. Especie <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don, encontrada en el distrito de Santo Tomas.....	65
Figura 24. Especie <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don, encontrada en la Area de conservación Privada “Comunal-San Pablo-Catarata Gocta	66

RESUMEN

En esta investigación se realizó con la finalidad de analizar la distribución actual y futura de la especie *Podocarpus oleifolius* D. Don en Amazonas. El conocimiento de la distribución espacial de los individuos en el bosque resulta fundamental para obtener información más completa y precisa. Por ello se estudió la distribución espacial en el departamento de Amazonas. Se utilizaron 118 puntos registrados estos puntos fueron sometidos a un riguroso proceso de preparación de preparación de datos, que incluyó la eliminación de duplicados y selección de un único registro por celda o pixel dentro del buffer de 250 m previamente establecido. El modelo de distribución actual y futura de la especie a través de la determinación de puntos de presencia y la consideración de variables climático-ambientales. En los resultados de los siguientes escenarios se encontró lo siguiente: modelo actual encontramos distribuido en 446507.15 ha dado un 10.62 %, mientras para la distribución potencial futura bajo el escenario de SSP1-2.6 el área de mayor probabilidad de la especie es de 574414.52 ha dado un 13.66 %, para el escenario SSP2-4.5 se cuenta con 415202.29 ha que resulta un 9.87 %, para el escenario SSP3-7.0 tenemos 583113.98 ha que representa un 13.87 % y para el ultimo escenario SSP5-8.5 se cuenta con 590840.58 ha representado un 14.05 %. Se concluye que los resultados de esta investigación proporcionaran datos importantes sobre la distribución actual y futura de la especie e identifican zonas que pueden ser utilizadas como base para la creación de áreas de conservación, desarrollar proyectos de restauración y reforestación, y obtener un manejo sostenible para evitar la sobre explotación de la especie en escenarios futuros.

Palabras claves: conservación, distribución de especie, máxima entropía, modelamiento,

ABSTRACT

This research was carried out with the purpose of analyzing the current and future distribution of the species *Podocarpus oleifolius* D. Don in Amazonas. Knowledge of the spatial distribution of individuals in the forest is essential to obtain more complete and accurate information. For this reason, the spatial distribution in the department of Amazonas was studied. These points were subjected to a rigorous data preparation process, which included the elimination of duplicates and the selection of a single record per cell or pixel within the 250 m buffer previously established. The model of current and future distribution of the species through the determination of points of presence and the consideration of climatic-environmental variables. In the results of the following scenarios the following was found: current model we found distributed in 446507.15 ha giving a 10.62 %, while for the potential future distribution under the scenario of SSP1-2.6 the area of greater probability of the species is 574414.52 ha giving 13.66 %, for the SSP2-4.5 scenario we have 415202.29 ha which results in 9.87 %, for the SSP3-7.0 scenario we have 583113.98 ha representing 13.87 % and for the last scenario SSP5-8.5 we have 590840.58 ha representing 14.05 %. It is concluded that the results of this research will provide important data on the current and future distribution of the species and identify areas that can be used as a basis for the creation of conservation areas, develop restoration and reforestation projects, and obtain sustainable management for avoid overexploitation of the species in future scenarios.

Keywords: conservation, species distribution, maximum entropy, modeling,

I. INTRODUCCIÓN

El territorio Peruano se encuentra cubierto por más del 60% de bosques, lo que lo posiciona como el noveno país en el mundo con mayor cobertura de bosques, y gran parte de los bosques se encuentra en la región Amazónica (SERFOR, 2021). Se considera a la Amazonia como la región forestal más grande y extendida con alrededor de 70 millones de hectáreas, la cual se encuentra constantemente explotada en extracción de recursos forestales (Flores, 2010). La Amazonia peruana ha perdido alrededor de 2774.562 hectáreas durante los años de 2001-2021 de acuerdo a la plataforma del Minan. Además, se considera que la producción forestal en el territorio peruano proviene directamente de los bosques naturales (Guariguata et al., 2017).

La familia Podocarpaceae es considerada la más diversa de las coníferas, a nivel mundial comprende 18 géneros y 185 especies (Farjon, 2001), de las cuales en el Perú solo podemos encontrar a cinco especies, como son *P. oleifolius*, *P. utilior*, *P. glomeratus*, *P. montanus* y *P. rospigliosii* (Holdridge, 1978). Las Podocarpaceas son consideradas coníferas nativas del nuestro país debido a que forman parte de los bosques nublados peruanos (Weberbauer, 1945). La especie *P. oleifolius* se encuentra distribuido en Sudamérica en Venezuela, Ecuador, Perú, Bolivia y Colombia (Escobar & Rodríguez, 1995) mientras que a nivel nacional se han podido reportar en los bosques montanos de noroccidente, donde destaca la región Cajamarca con un 50% de presencia de las cinco especies presentes en territorio Peruano *P. oleifolius*, (Vicuña-Miñano, 2005).

La especie *P. oleifolius* es conocida comúnmente con el nombre de romerillo, olivo y saucillo, esta especie cumple un rol importante en el equilibrio de ecosistemas de los bosque montanos de flora y fauna silvestre (Vicuña-Miñano, 2005), en la región de amazonas la especie es considerada de importancia económica debido al recurso maderable (Grados & Peláez, 2014). De acuerdo al CITES del 2006 y el SERFOR 2020 se encuentra en peligro de crítico (CR) producto que ha sido sobre explotada. Sin embargo, todavía existe conocimiento limitado de las áreas de potencial distribución de esta especie y de todas las especies de Podocarpaceas.

En ese contexto, los modelos de distribución de especie (SDM), permiten mapear distribución de especies. Los SDM son modelos donde se conoce una representación parcial de la realidad que refleja algunas sus propiedades (Mateo et al., 2012). Así

mismo, Mateo et al. (2011), define a los SDM como representaciones cartográficas de la idoneidad de un espacio para la presencia de una especie determinada en función de variables empleadas para obtener una representación. La idoneidad es la relación matemática o estadística entre una distribución particular. Las variables empleadas pueden ser geológicas, topográficas o climáticas y se confía que con algunas de las variables, individualmente o también en combinaciones entre ellas se definan factores ambientales que delimiten condiciones favorables para la presencia de una determinada especie (Guisan & Zimmermann, 2000).

Existen tres formas de estimar los patrones de distribución potencial de una especie, la primera se realiza mediante modelo artificial como MaxEnt (Máxima Entropía), la segunda manera es emplear los modelos empíricos que son predictivos tales como el BIOCLIM, por último, los modelos estadísticos como Modelo Generalizado (MLJ), MAG (Modelo Aditivo Generalizado) y GARP (Genetic Algorithm for Rule Prediction) (Alberto et al., 2017). El modelo de MaxEnt genera mayor precisión en cuanto a distribución, así mismo, el modelo se caracteriza por utilizar datos de presencia de especie forestales y de fauna, es decir existencia de registro de presencia de igual modo el modelo permite estimar la distribución más probable de una especie (Kumar & Stohlgren 2009).

Es por ello que se ha tenido oportuno desarrollar la presente investigación, cuya finalidad es analizar la distribución potencial actual y futura de la especie *Podocarpus oleifolius* D. Don en la región Amazonas, Perú. Para lo cual, se ha planteado los siguientes objetivos específicos: (i) determinar puntos de presencia y las variables climático-ambientales que influyen significativamente en la distribución potencial actual y futura de la especie en la región Amazonas, (ii) modelar la distribución potencial actual y futura de la especie forestal en la región de Amazonas y (iii) analizar las áreas de congruencia espacial de la especie, con fines de conservación y aprovechamientos sostenibles.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Softwares, materiales y equipos

Esta investigación se utilizó cartografía gratuita proporcionada por el gobierno peruano, al igual que los softwares se emplearon de libre acceso ampliamente utilizado para el modelado para trabajos de investigación relacionados con la distribución regional y global de la flora y la fauna. En la tabla 1 se muestra el listado de Softwares, materiales y equipos empleados

Tabla 1.

Softwares, materiales y equipos

Materiales y Equipos	<ul style="list-style-type: none">• Laptop LENOVO Core i5-8GB RAM• USB 16 GB• GPS 16 GB• Papel Periódico• Prensa botánica• Plumón indeleble negro
Softwares	<ul style="list-style-type: none">• Software libre QGIS (ver.3.26.3)• Software ArcGIS (ver.10.8.0)• R Studio (ver.4.2.3)• MaxEnt (ver.3.4.4)• Microsoft Office 2016
Datos cartográficos y satelital	<ul style="list-style-type: none">• Carta Nacional del Instituto Geográfico Nacional (IGN)• División política departamental, regional, provincial y distrital del Perú, elaborado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)• Modelo de Elevación Digital (DEM) con una resolución espacial de 250 metros del servicio Geológico de los Estados Unidos (CGIAR-CSI)• Cartografías edáficas (arena, capacidad de intercambio catiónico, carbono orgánico del suelo, contenido de arcilla, densidad de granel, densidad de

carbono orgánico, fragmentos gruesos, limo y nitrógeno) de SoilGrids (Tabla 2)

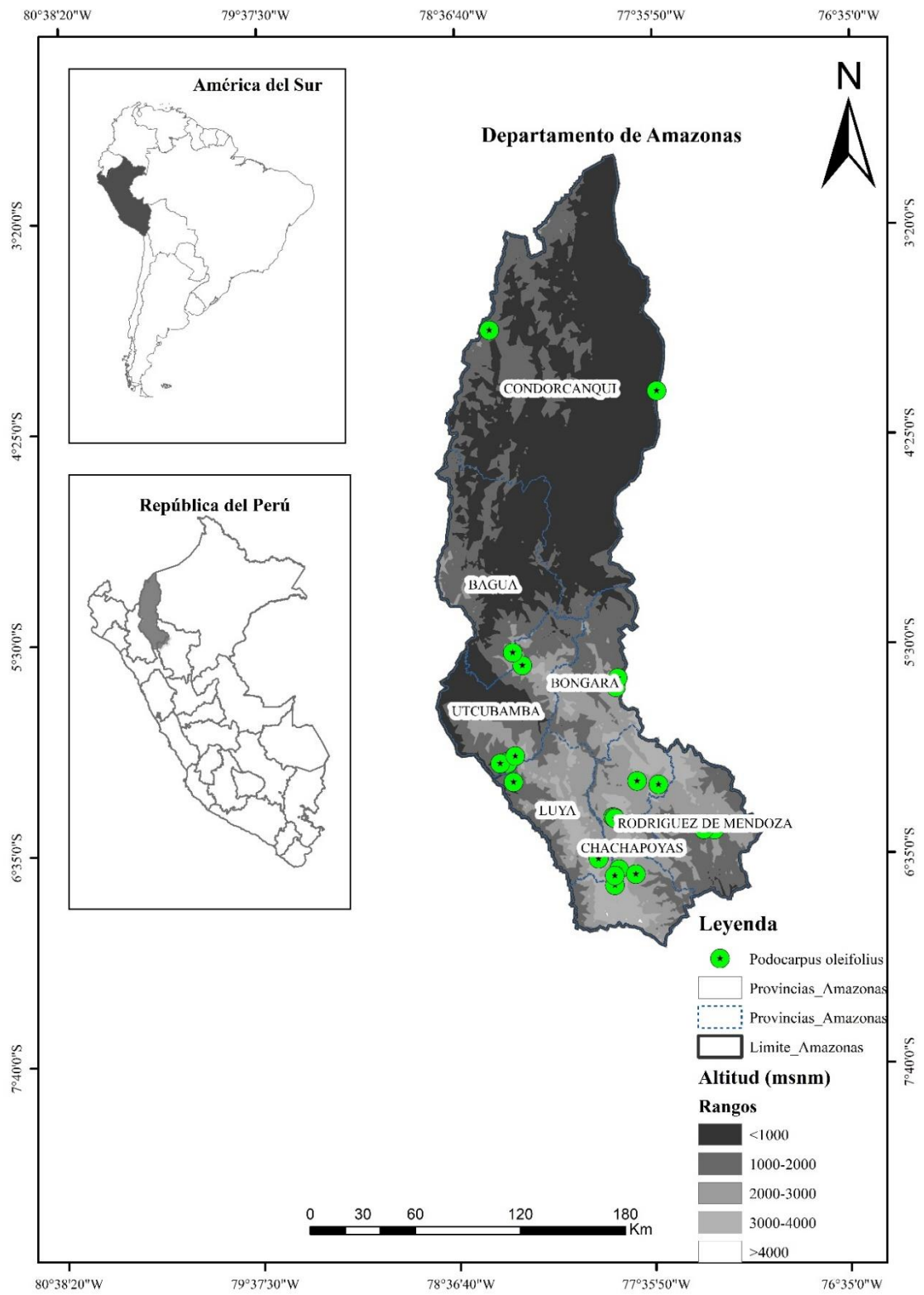
- Variables Bioclimáticas proporcionada por WorldClim (Tabla 3)
 - Cartografía del Servicio de Áreas Naturales Protegidas por el estado (SERNANP)
-
- Datos de presencia de la especie proporcionada por la plataforma GBIF y completando a ello a autoridad Regional Ambiental Amazonas (ARA Amazonas)
-

2.2 Área de Estudio

La región Amazonas abarca 42050.37 Km², está conformado por siete provincias, se encuentra situado al noroeste del Perú entre los paralelos 2° 59' 18'' a 6° 59' 35'' de la latitud sur, y los meridianos 78° 42' 06'' y 77° 0' 15'' de longitud oeste. Los límites de la región Amazonas son: por el norte limita con la república de Ecuador, por el este con el departamento de Loreto, al oeste con el departamento de Cajamarca y al sur con el departamento de La Libertad (Alva, 2010)

Figura 1

Ubicación geográfica de la región de Amazonas

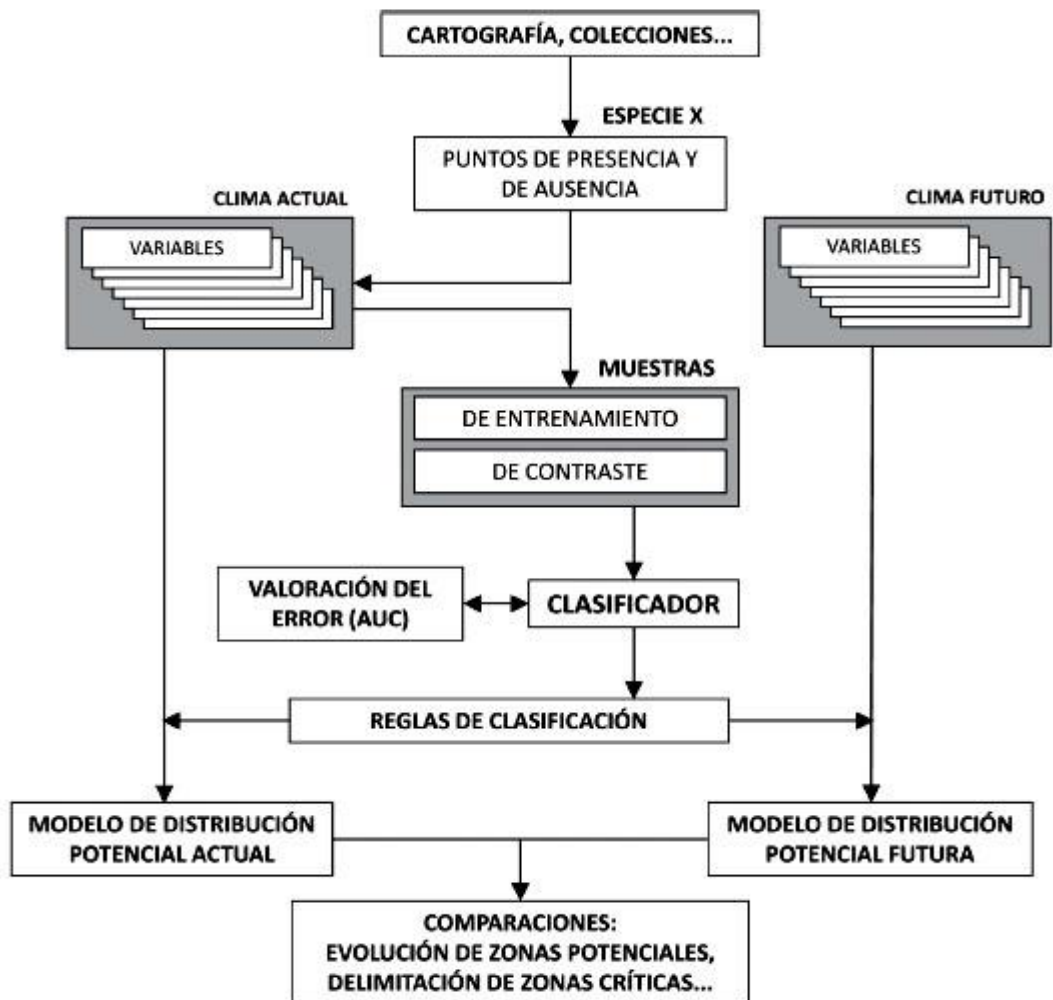


2.3 Flujoograma metodológico

Para analizar la distribución potencial actual y futura de la especie *Podocarpus oleifolius* D. Don en la región Amazonas, se realizó el proceso metodológico que se detalla en la Figura 2, el cual constituyó en la obtención de los puntos de presencia de la especie, luego de ello se procesaron con las variables ambientales para así obtener mapas de distribución de la especie.

Figura 2

Esquema para la realización y validación de modelos para la distribución potencial de la especie P. oleifolius.



Nota: extraído de (Mateo, et al., 2011)

2.4 Recopilación de datos de presencia de la especie *P. oleifolius*, en el departamento de Amazonas

Los puntos de presencia de la especie a trabajar corresponden a árboles que se encuentren en un estado de equilibrio con su ambiente, que fueron obtenidos del Servicio de Información sobre Biodiversidad Global (GBIF) (<https://www.gbif.org/>). El proceso de descarga de la plataforma virtual GBIF se realizó a través del Plugin QGIS versión 3.26.3. Complementando al registro de datos de presencia se empleó a arboles inventariados previo al aprovechamiento por la autoridad de Gestión de Bosques y Fauna Silvestre de la Gerencia de la Autoridad Regional Ambiental del Gobierno Regional de Amazonas, a ello no se incluyeron datos de presencia de la especie cultivadas en plantaciones, colecciones en campo y jardines. (OSINFOR, 2016).

2.5 Preparación de cartografía digital base y temática

La cartografía temática en formato shapefile (shp), acerca de los límites políticos, a nivel distrital, provincial y departamental, que fueron obtenidos de la plataforma del Instituto Geográfico Nacional (IGN) (<https://www.geogpsperu.com/>), luego fue procesado en el software ArcMap v10.8 delimitándose el área de estudio (Departamento de Amazonas).

2.6 Extracción de variables bioclimáticas, edáficas y topográficas

Las variables empleadas para el modelo de distribución potencial actual de la especie *Podocarpus oleifolius* D. Don, fueron un total de 32 variables ambientales, de las cuales son 19 variables bioclimáticas, tres topográficas, nueve variables edáficas y la radiación solar. Las capas raster bioclimáticas actual y la radiación solar fueron obtenidas de la base WorldClim (<https://www.worldclim.org/>), con resolución de 30 segundos, aproximadamente 1 km² (Fick & Hijmans, 2017). Mientras para las variables bioclimáticas futuras se obtuvieron de la plataforma de Investigación Interdisciplinaria en Climate (MIROC) v6, Con base en los cuatro Caminos Socioeconómicos Compartidos (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5), en periodos de 20 años (2021-2040, 2041-2060, 2061-2080, 2081-2100) (Tatebe et al., 2019).

Las variables topográficas procedieron del Modelo Digital de Elevación (DEM), que fueron obtenidas del portal web Consortium for Spatial Information (CSI) of the Consultative Group for International Agricultural Research (CGIAR) (<https://srtm.csi.cgiar.org/>), con una resolución espacial de 250 metros (Farr et al., 2007).

Las variables edáficas (arena, capacidad de intercambio catiónico, carbono orgánico del suelo, contenido de arcilla, densidad de granel, densidad de carbono orgánico, fragmentos gruesos, limo y nitrógeno) fueron obtenidas del sistema SoilGrids (<https://soilgrids.org/>) con una resolución espacial de 250 metros. Este sistema proporciona pronósticos generales para las propiedades numéricas estándar del suelo, que se basan en el cálculo de 150 000 perfiles del suelo y 158 covariables mediante mapeo automatizado (Poggio et al., 2021)

En la Tabla 2, se presenta todas las variables ambientales empleadas para el modelo de distribución de especie *Podocarpus oleifolius* D. Don.

Tabla 2.

Variables ambientales, edáficas y topográficas

Categoría	Código de Variable	Descripción de la variable	Unidad
bioclimáticas	Bio1	Temperatura media anual	°C
	Bio2	Rango de temperatura media diurna	°C
	Bio3,	Isotermalidad (Bio2/Bio7) (*100)	
	Bio4	Estacionalidad en la temperatura (desviación estándar *100)	°C
	Bio5	Temperatura máxima del mes más cálido	°C
	Bio6	Temperatura mínima del mes más frío	°C
	Bio7	Rango anual de la temperatura	°C
	Bio8	Temperatura media del trimestre más lluvioso	°C

	Bio9	Temperatura media del trimestre más seco	°C
	Bio10	Temperatura media del trimestre más cálido	°C
	Bio11	Temperatura media del trimestre más frío	°C
	Bio12	Precipitación anual	mm
	Bio13	Precipitación del mes más lluvioso	mm
	Bio14	Precipitación del mes más seco	mm
	Bio15	Estacionalidad de la precipitación	mm
	Bio16	Precipitación del trimestre más lluvioso	mm
	Bio17	Precipitación del trimestre más seco	mm
	Bio18	Precipitación del trimestre más cálido	mm
	Bio19	Precipitación del trimestre más frío	mm
Topográficas	Rad	Radiación solar	KJm ⁻² day ⁻¹
	Dem	Elevación sobre el nivel del mar	m
	Aspect	Dirección de la pendiente cardinal	°
Edáficas	Slope	Pendiente	°
	Soc	Carbono orgánico del suelo	Gramo/kg
	Arena	Textura de arena	g/kg
	Cec	Capacidad de intercambio catiónico	Mmol(c)/kg
	Arcilla	Contenido de arcilla	g/kg
		Densidad a granel	Kg/cm ³
	Toc	Densidad de carbono orgánico	Gg/m ³
	Cfvo	Fracción volumétrica de fragmentos gruesos	Cm ³ /dm ³
	Limo	Textura limo	g/kg
	Nitrógeno total	Cg/kg	

Nota: Elaborado en base a Worldclim y SoilGrids

2.7 Limpieza de registro de datos presencia de la especie *Podocarpus oleifolius* D.

Don

A partir del registro de los datos de presencia de la especie obtenidas, mediante el cálculo Microsoft Excel. Se trabajó la información en tres columnas con el nombre de la especie, longitud y latitud de coordenadas. Posteriormente se guardó el archivo en formato csv delimitado por comas para que así sea ingresado al software ArcMap v 10.8, para realizar una clasificación y limpieza con el objetivo de eliminar duplicidad de coordenadas, ello consistió en hacer un buffer de 250 metros ya que la resolución de los pixeles de las variables fue 250 m. La proyección trabajada en el software ArcMap, fue de la zona 18 S, datum WGS84 y el sistema de coordenadas UTM.

2.8 Acondicionamiento de información de las variables bioclimáticas, topográficas y edáficas

Las variables son muy importantes para determinar modelos de distribución de especies, ya que cuando se incluyen todas al modelo, resultan algunas de ellas ser significativamente y otras menos relevantes (Tanner et al,2017). Es por ello que el software MaxEnt utiliza la colinealidad para encontrar los parámetros optimos (Cotrina et al., 2020). Sin embargo la colinealidad en las variables ambientales pueden causar inconvenientes de sobreajuste del modelo, aumentando la incertidumbre y reduciendo su poder estadístico (Dormann et al., 2013). Por lo tanto, todas las variables empleadas para el modelo se trabajaron a una misma resolución espacial de 250 m.

Las 32 variables ambientales se obtuvieron en formato raster (variables bioclimáticas, topográficas y edáficas). Para el procesamiento se empleó el software ArcMap v10.8, donde fueron recortadas todas las variables con nuestra área de estudio que fue la región de Amazonas, que posteriormente fueron transformados todas las variables a formato ASCII (asc) para ser compatibles con el software MaxEnt v.3.4.4

Las variables edáficas presentan seis bandas de profundidad (0-5 cm, 5-15cm, 15-30cm,30-60cm, 60-100cm, 100-200cm) (Committee, 2015), de las cuales para el modelo se tuvieron en cuenta hasta cuatro bandas de profundidad (0-5 cm, 5-15cm, 15-30cm, 30-60cm), seguidamente se promediaron de las cuatro

bandas de profundidad con la finalidad de obtener una sola capa de profundidad, así mismo en la Tabla 3 se muestran los acrónimos de las variables edáficas empleadas para el modelo.

Tabla 3.

Variables edáficas con el acrónimo empleado.

Nombre de la variable	Acrónimo empleado	unidad
Carbono orgánico del suelo	cos	Gramo/kg
Textura de arena	are	g/kg
Capacidad de intercambio catiónico	cic	Mmol(c)/kg
Contenido de arcilla	ca	g/kg
Densidad a granel	dag	Kg/cm ³
Densidad de carbono orgánico	dco	Gg/m ³
Fracción volumétrica de fragmentos gruesos	Fg	Cm ³ /dm ³
Textura limo	limo	g/kg
Nitrógeno total	Ni	Cg/kg

2.9 Correlación y agrupamiento de variables

Las 32 variables ambientales: 19 bioclimáticas y la radiación solar, 3 topográficas y 9 edáficas, luego mediante el lenguaje del software RStudio v.4.2.3 se realizó la prueba de multicolinealidad, donde las variables con coeficiente de correlación mayor a 0.8 fueron eliminadas, para así evitar la violación de los supuestos estadísticos y evitar las predicciones del modelo inducidas por la multicolinealidad entre variables (Zhang et al., 2019); Heikkinen et al., 2006; Yang et al., 2013)

Luego se procedió a determinar el número de conglomerados mediante la distancia euclidianas y el algoritmo de conglomerado de K-means usando el paquete factoextra del software RStudio (Patel, V. R., & Mehta, 2011), luego se construyeron dendogramas que agruparon a las variables climáticas,

topográficas y edáficas que compartían características similares se los agrupaba y las si eran diferentes los separo en diferentes grupos.

2.10 Ejecución del modelo

El modelo de distribución potencial actual para la especie de *Podocarpus oleifolius* D. Don, en el departamento de Amazonas se realizó mediante el algoritmo de aprendizaje automático que aplica el principio de Máxima Entropía (Phillips et al., 2006), a través del software de código abierto MaxEnt ver.3.4.4 (https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/), el algoritmo descrito anteriormente evaluamos la probabilidad de que un modelo de especie potencial cuente la mejor predicción bajo ciertas condiciones ambientales (Phillips et al., 2006). MaxEnt es emplea para estudios de idoneidad de un organismo y su hábitad (Bai et al., 2018), conservación de fauna (Naveda-Rodríguez et al., 2016; Beltramino et al., 2015), flora (Cotrina et al., 2021), supervisar especies en peligro de extinción (Qin et al., 2017; Alfonso-Corrado et al., 2017), protección de especies endémicas (Meza et al., 2022), control de especies invasoras (Padalia et al., 2014; Otieno et al., 2019). MaxEnt supera a otros a otros SDM en cuanto a precisión predictiva y tolerancia de muestras, además que muy fácil de usar (Merow et al., 2013).

Para la especie de estudio se configuro que el 75% y 25% los puntos de presencia (escogidos al azar) para adiestramiento y validación del modelo respectivamente (Phillips et al., 2006). Adicionalmente se estableció un algoritmo de 10 réplicas en 5000 interacciones con diferentes participaciones al azar (método de validación cruzada), con un umbral de convergencia de 0.00001 y 10,000 puntos de fondo máximo. Otras configuraciones se mantuvieron por defecto como dibujar gráficos, extrapolar, etc. (Otieno et al., 2019). Dado que MaxEnt puede elegir una buena función de las muestras utilizadas en el modelo (Merow et al., 2013; Elith et al., 2011)

Para el modelo actual de la especie evaluada se lograron mediante el formato de salida logístico (Phillips & Dudík, 2008). Este formato produce un mapa de valores de probabilidad que van de 0 a 1. Esto se reclasifico en 4 rangos de distribución potencial de la especie (Zhang et al., 2019): “hábitad potencial alto” (>0.6), moderado (0.4-0.6) bajo (0.2-0.4) y no potencial (<0.2).

El modelo proporcionado por MaxEnt se evaluó en base al Área Bajo la Curva (AUC) (Phillips *et al.*, 2006; Manel *et al.*, 2001) , calculada de la curva característica Operativa del Receptor (ROC) (Hanley & McNeil, 1982). De acuerdo los valores de la AUC se diferencia cinco niveles de rendimiento (Araújo *et al.*, 2005), que son: valor mayor a 0.9 “excelente”, de 0.8 a 0.9 denominado “bueno”, 0.7 a 0.8 designado como “aceptado”, de 0.6 a 0.7 designado “malo” y menor a 0.6 designado como “invalido”(Jiménez, 2012)

2.11 Áreas de congruencia espacial con potencial para la conservación

El departamento de Amazonas se cuenta con 27 Áreas Naturales Protegidas (ANP), bajo seis categorías que son: 1 Parque Nacional, 1 Santuario nacional, 2 Reservas Comunales, 2 Zonas reservadas, 2 Áreas de Conservación Regional y 19 Áreas de conservación Privadas (SERNANP, 2020), con todas estas áreas se realizó una sobreposición con nuestro modelo de distribución potencial de la especie *Podocarpus oleifolius* D. Don. Dicha información fue obtenida del geoservidor del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el estado (SERNANP) que se encuentra disponible en la página web <https://geo.sernanp.gob.pe/visorsernanp/>.

Los modelos de distribución de la especie *Podocarpus oleifolius* D. Don, en la región de Amazonas permitirán establecer estrategias de conservación, así como también identificar espacios para ser restaurados con la especie de estudio (Cotrina *et al.*, 2021)

2.12 Preparación y visualización de mapas

La preparación de los mapas de distribución potencial actual y futura, se realizó a través de los Sistemas de Información Geográfica, mediante el software ArcMap ver.10.8, convirtiendo los formatos ráster (ASC y TIF) a formato shapefile (sh), cuya finalidad fue de realizar cálculos de áreas.

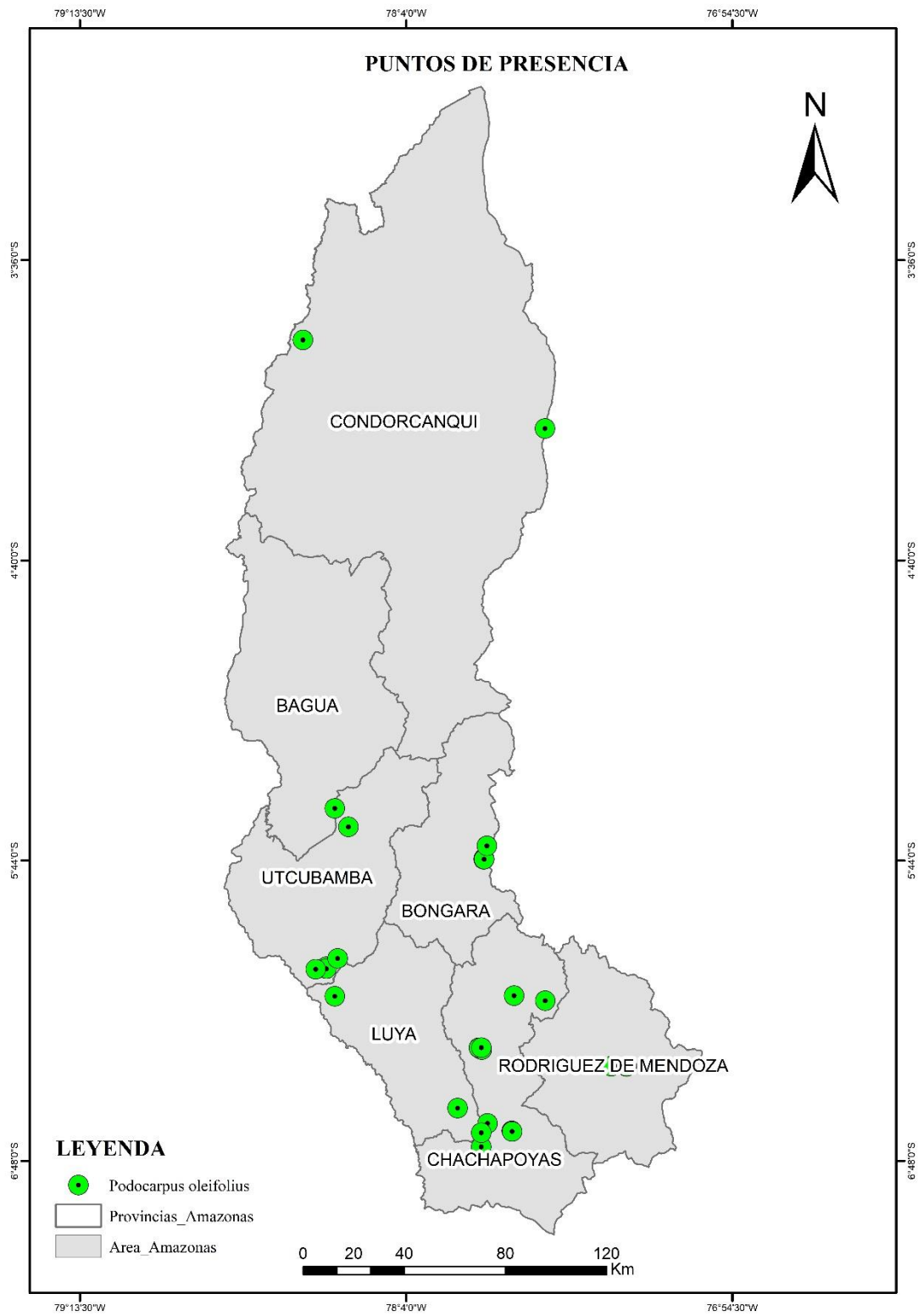
III. RESULTADOS

3.1 Colección de puntos de presencia

Se obtuvieron 118 registros totales de la especie *Podocarpus oleifolius* D. Don, presentes en la región de Amazonas, luego estos puntos de presencia pasaron por un proceso de preparación de datos que fueron primero eliminar registros duplicados, seguidamente seleccionar un registro por celda o pixel, que fue el buffer de 250 m que se realizó. Finalmente, se la cantidad de registros de presencia de la especie fue de 25 individuos los cuales fueron ingresados al modelo.

Figura 3

Datos de presencia de la especie P. oleifolius



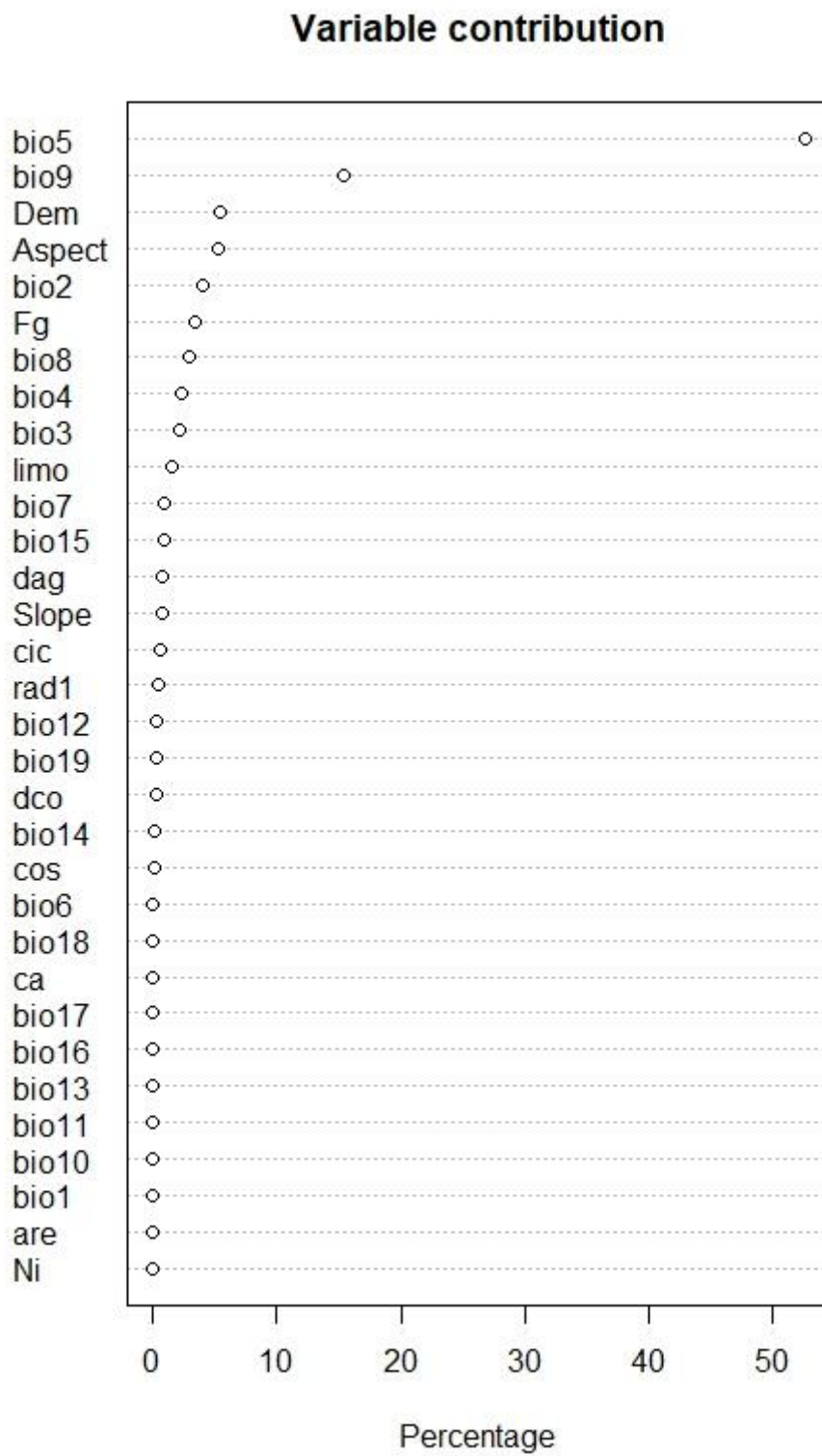
3.2 Selección de variables para el modelo actual

En la figura 4 se muestra los clusters de agrupamiento de las 32 variables que se utilizaron para el modelo actual de la distribución potencial, que se realizó en el software Rstudio, las cuales fueron seleccionadas como representativas de cada agrupamiento, así mismo también se tomó en cuenta para la selección de variables la correlación de Pearson como se puede ver en la figura 5 y la contribución de todas las 32 variables figura 5.

Las variables que ingresaron al modelo en MaxEnt fueron 14 que son: pendiente (slope), densidad de carbono orgánico (dco), textura de limo (limo), fragmentos gruesos (Fg), Rango de temperatura media diurna (Bio2), Estacionalidad en la temperatura (desviación estándar *100) (Bio4), precipitación anual (Bio12), Temperatura máxima del mes más cálido (Bio5), dirección de la pendiente cardinal (Aspect), textura de arena (are), contenido de arcilla (ca), densidad a granel (dag), radiación solar (rad), carbono orgánico del suelo (cos).

Figura 6.

Contribucion de las 32 variables

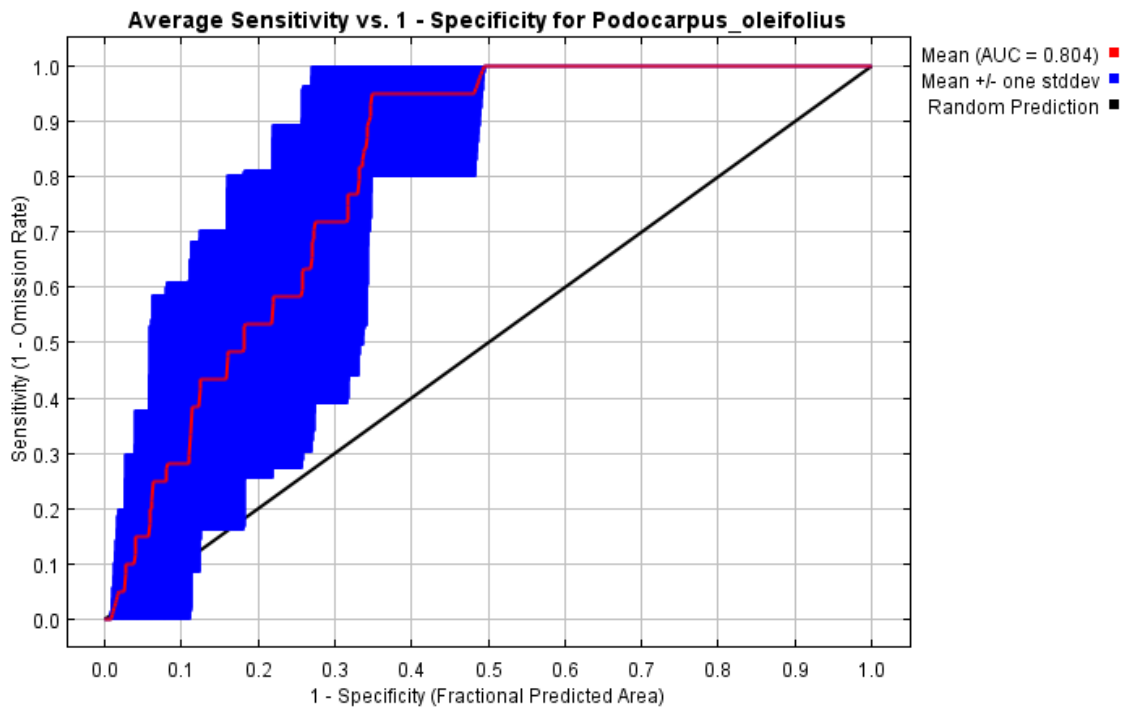


3.3 Validación del Modelo Actual

Para el modelo actual se emplearon dos tipos de datos que son: datos de entrenamiento y datos de prueba, como resultado de la evaluación del Área bajo la curva (AUC), donde fue el AUC de entrenamiento es de 0.804. que de acuerdo a (Araújo et al., 2005), de 0.8 a 0.9 es denominado como “bueno”.

Figura 7

AUC del modelo actual



3.4 Contribución de las variables al modelo

Tabla 4:

Contribución de las variables al modelo realizado en Maxent

Variable	Percent contribution	Permutation importance
Bio12	84.1	76.4
Bio2	4.6	12.3
rad	2.6	0.7
Bio4	2.5	2.2
dag	2.1	0

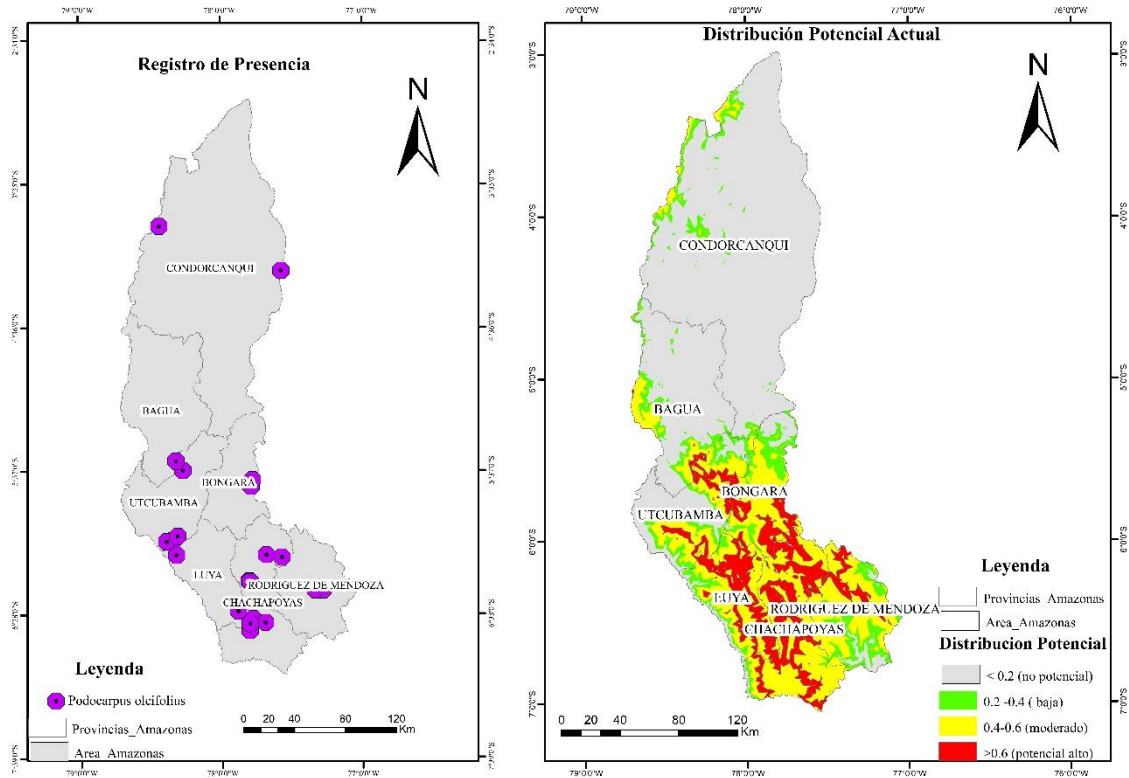
dco	1.2	0
are	0.9	0.5
limo	0.4	0
aspect	0.4	0.9
Fg	0.4	2.2
Slope	0.3	0
Bio5	0.3	4.9
cos	0.1	0
ca	0	0

De acuerdo a la tabla 5 las variables que más contribuyeron al modelo de distribución potencial actual de la especie *Podocarpus oleifolius* D. Don, fue Bio12 (precipitación anual), la que más sobresale.

3.5 Distribución potencial actual de la especie *P. oleifolius* D. Don

Figura 8

*Modelo de distribución potencial actual de la especie *P. oleifolius* D. Don*



En la figura 6 se puede apreciar el modelo de distribución potencial actual de la especie de estudio en el departamento de Amazonas, donde la especie presenta zonas potenciales en las provincias de Bongará, Utcubamba, Luya y Rodríguez de Mendoza. En la tabla 5 se detalla la distribución potencial de la especie *P. oleifolius* D. Don.

Tabla 5.

*Rango de distribución potencial actual de especie *P. oleifolius* D. Don.*

Descripción	Rango	Área (ha)	Porcentaje (%)
No Potencial	<0.2	2323155.18	55.25
Baja	0.2-0.4	412574.14	9.81
Moderado	0.4-0.6	1022800.77	24.32
Potencial Alto	>0.6	446507.15	10.62
Total		4205037.24	100

3.6 Distribución potencial actual en Áreas Naturales Protegida

Figura 9

Modelo de distribución potencial actual de la especie P. oleifolius D. Don dentro de áreas naturales protegidas.

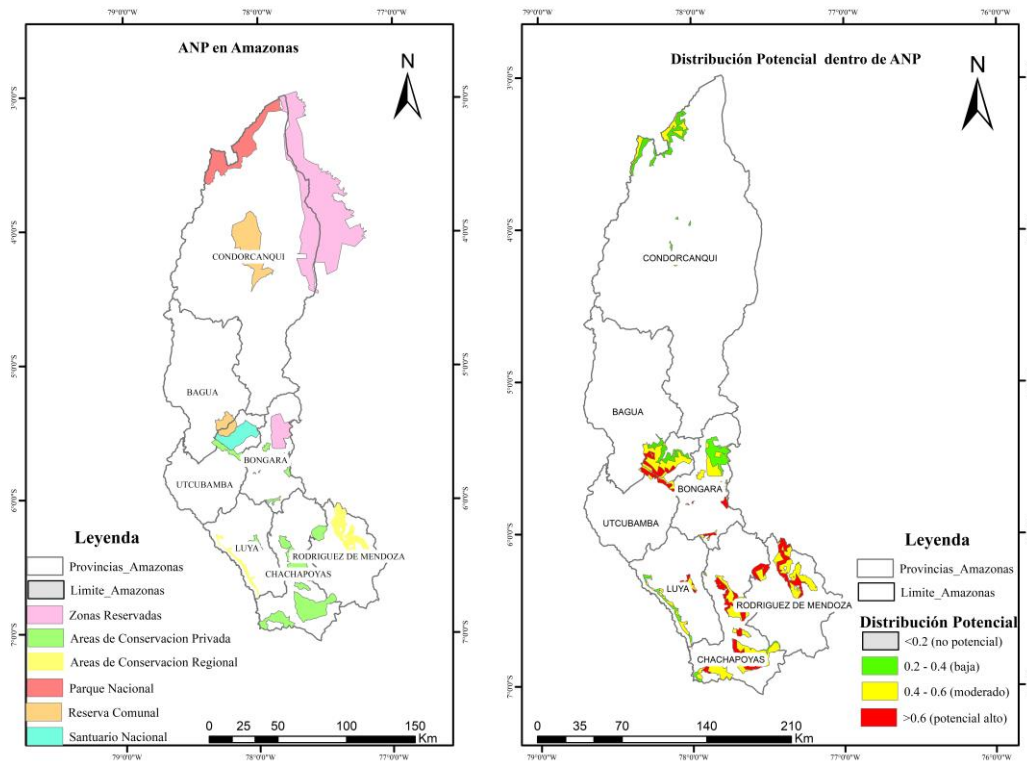


Tabla 6:

Distribución potencial actual de la especie Podocarpus oleifolius D. Don. Dentro de áreas naturales protegidas.

Modalidades de ANP	Área geográfica (Ha)	Bajo		Moderado		Alto	
		Ha	%	Ha	%	Ha	%
Parque Nacional	88522.23	24574.57	27.76	14530.89	16.41	58.57	0.1
Reserva Comunal	118605.29	10601.91	8.94	10395.79	8.77	3095.94	2.61
Santuario Nacional	39237.61	7639.88	19.47	17851.94	45.50	7549.22	19.24

Áreas de conservación Privadas	de	143116.45	3193.66	2.23	81530.27	56.97	57525.30	40.19
Áreas de conservación Regional	de	62879.91	6209.25	9.87	36749.66	58.44	19232.49	30.59
Zonas de reserva	de	434797.74	21408.76	4.92	12719.84	2.92	0	

3.7 Distribución potencial futura de la especie *P. oleifolius*, en el escenario SSP1-2.6, para los años 2021 al 2040.

Para el modelo de distribución potencial futuro del escenario SSP1-2,6 se mantuvieron las variables edáficas y topográficas que fueron: por parte de las variables topográficas: pendiente (slope), dirección de la pendiente cardinal (Aspect); las variables edáficas: densidad de carbono orgánico (dco), textura de limo (limo), fragmentos gruesos (Fg), textura de arena (are), contenido de arcilla (ca), densidad a granel (dag), carbono orgánico del suelo (cos); radiación solar (rad), mientras para la variable Bioclimáticas futuras del escenario SSP1-2,6 fueron : Bio02, Bio04, Bio05 y Bio12

Figura 10

*Modelo de distribución potencial Futura de la especie *P oleifolius*, en el escenario SSP1-2.6, para los años 2021 al 2040*

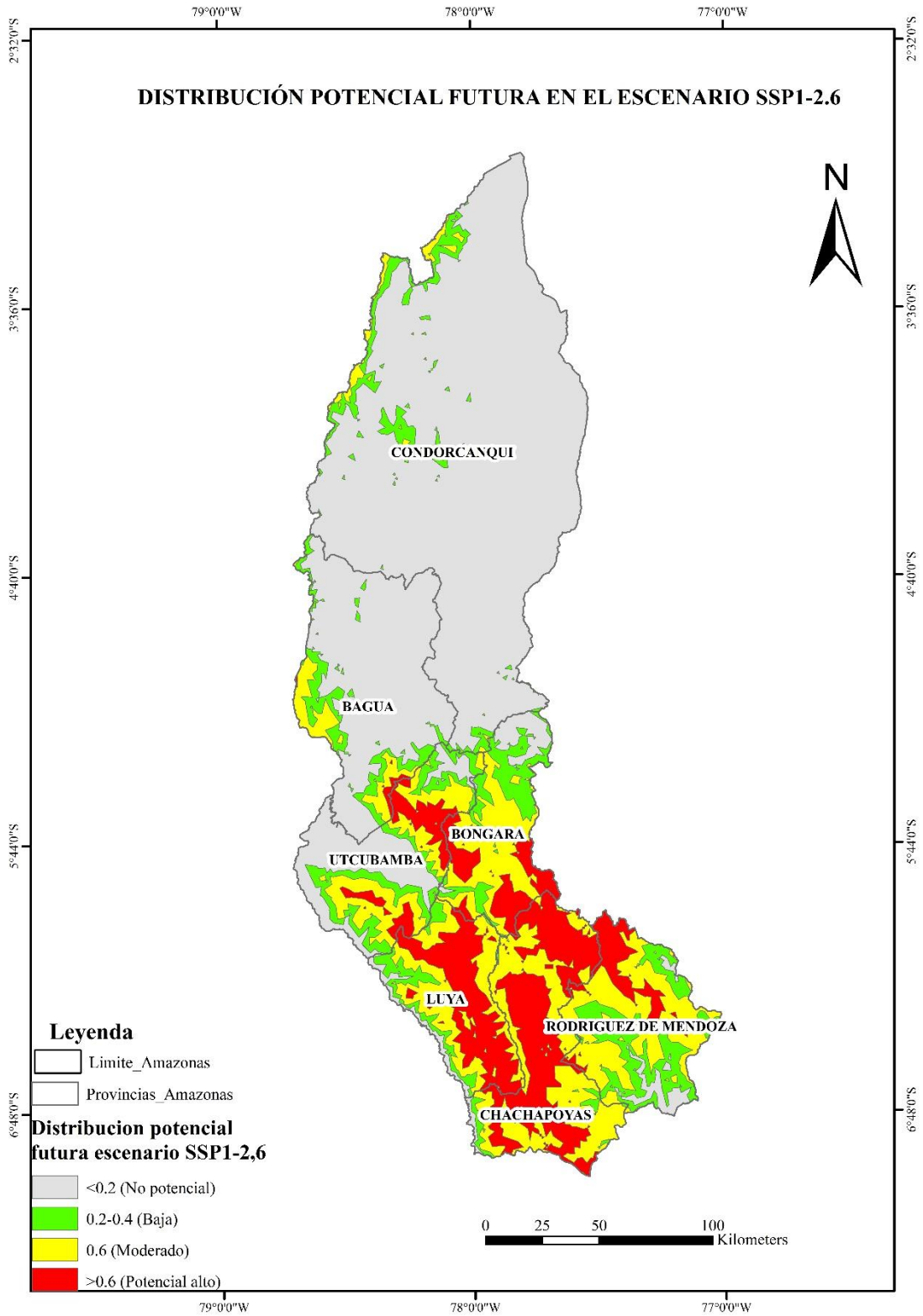


Tabla 7

Distribución potencial Futura de la especie P. oleifolius en el escenario SSP1-2.6

Descripción	Rango	Área (ha)	Porcentaje %
No Potencial	<0.2	2452527.08	58.32
baja	0.2 - 0.4	493311.46	11.73
Moderado	0.4 - 0.6	825445.29	19.63
Potencial	>0.6	574414.52	13.66
Alto			

3.8 Distribución potencial futura en el escenario SSP1-2.6 en Áreas Naturales Protegidas

Figura 11

Modelo de distribución potencial futura en el escenario SSP1-2.6 de la especie P. oleifolius, dentro de áreas naturales protegidas.

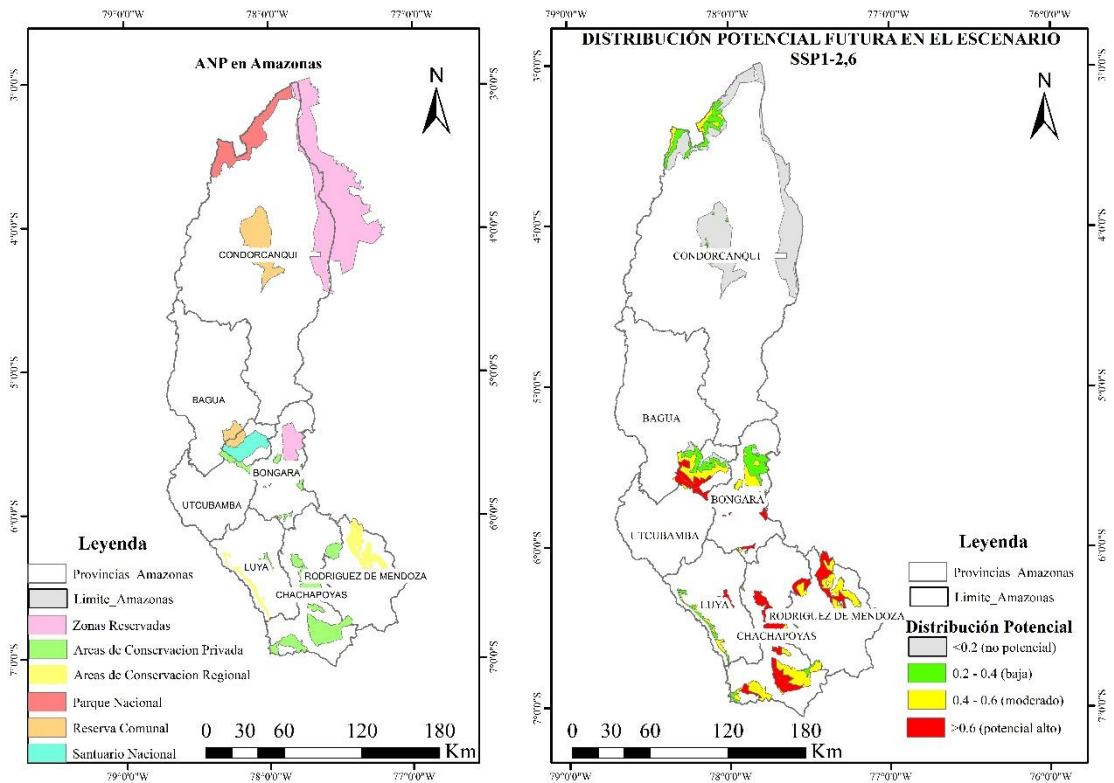


Tabla 8

Distribución potencial futura en el escenario SSP1-2.6 de la especie P. oleifolius dentro de áreas naturales protegidas

Modalidades de ANP	Área geográfica (Ha)	Bajo		Moderado		Alto	
		Ha	%	Ha	%	Ha	%
Parque Nacional	88522.23	28585.04	32.29	11488.03	12.98	58.57	6.6
Reserva Comunal	118605.29	12601.07	10.62	8440.79	7.12	3270.65	2.76
Santuario Nacional	39237.61	9248.32	23.57	14568.50	37.13	9627.90	24.54
Áreas de conservación Privadas	143116.45	4641.90	3.24	53514.67	37.39	84092.67	58.76
Áreas de conservación Regional	62879.91	7436.36	11.83	32983.28	52.45	21841.22	34.73
Zonas de reserva	434797.74	23307.19	5.36	10993.61	2.53		

3.9 Distribución potencial futura de la especie *P. oleifolius*, en el escenario SSP2-4.5, para los años 2041 al 2060

Para el modelo de distribución potencial futuro del escenario SSP2-4,5 se mantuvieron las variables edáficas y topográficas que fueron: por parte de las variables topográficas: pendiente (slope), dirección de la pendiente cardinal (Aspect); las variables edáficas: densidad de carbono orgánico (dco), textura de limo (limo), fragmentos gruesos (Fg), textura de arena (are), contenido de arcilla (ca), densidad a granel (dag), carbono orgánico del suelo (cos); radiación solar (rad), mientras para la

variable Bioclimaticas futuras del escenario SSP2-4,5 fueron : Bio02, Bio04, Bio05 y Bio12

Figura 12

Modelo de distribución potencial Futura de la especie P. oleifolius, en el escenario SSP2-4.5

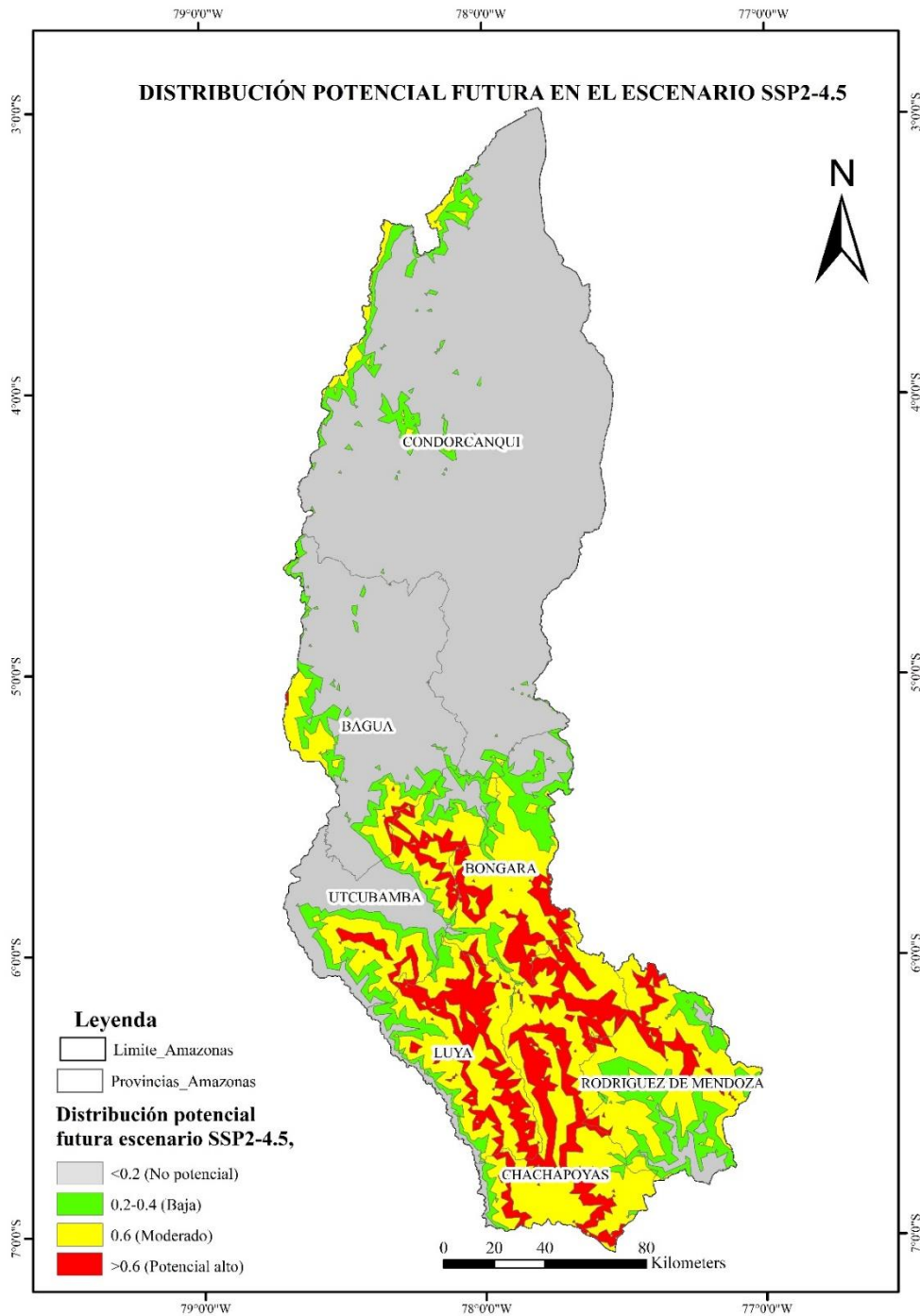


Tabla 9

Distribución potencial futura de la especie P oleifolius en el escenario SSP2-4.5

Descripción	Rango	Área (ha)	Porcentaje %
No Potencial	<0.2	2326002.46	55.31
baja	0.2 - 0.4	453283.68	10.78
Moderado	0.4 - 0.6	1010548.81	24.03
Potencial Alto	>0.6	415202.29	9.87

3.10 Distribución potencial futura en el escenario SSP2-4.5 en Áreas Naturales Protegidas

Figura 13

Modelo de distribución potencial futura en el escenario SSP2-4.5 de la especie P. oleifolius dentro de áreas naturales protegidas.

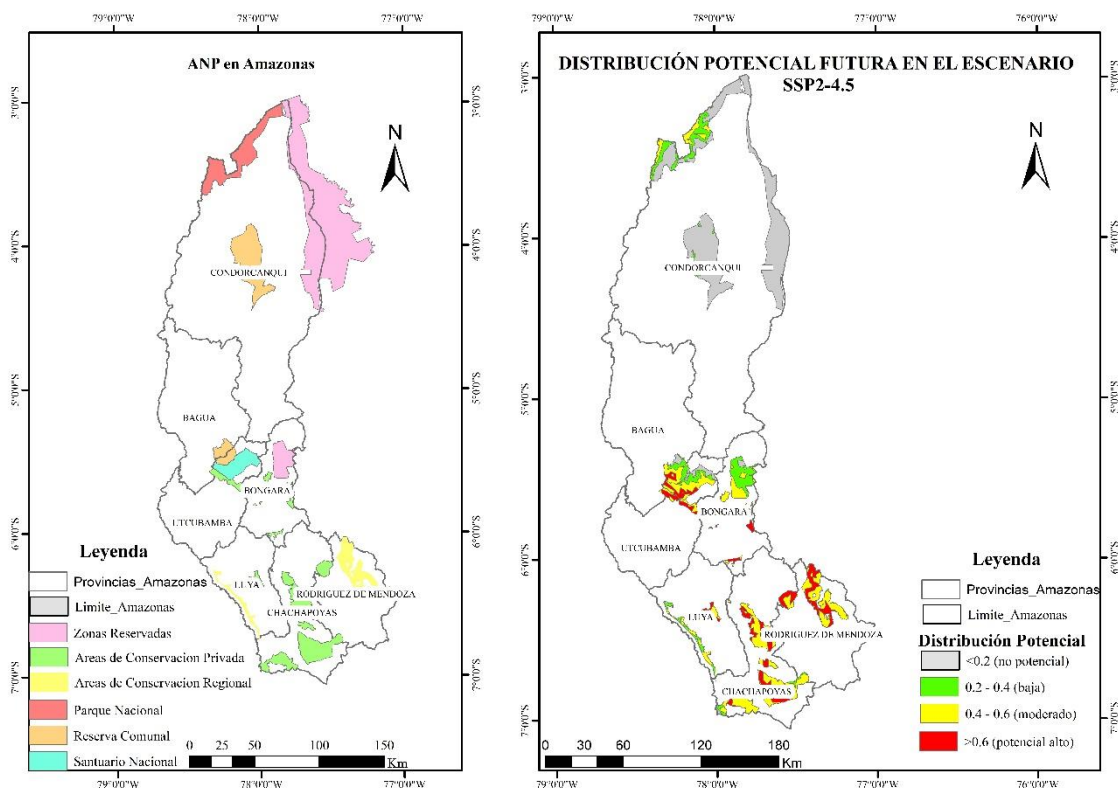


Tabla 10

Distribución potencial futura en el escenario SSP2-4.5 de la especie P. oleifolius dentro de áreas naturales protegidas

Modalidades de ANP	Área geográfica (Ha)	Bajo		Moderado		Alto	
		Ha	%	Ha	%	Ha	%
Parque Nacional	88522.23	26325.12	29.74	12815.49	14.48	58.57	0.07
Reserva Comunal	118605.29	11568.63	9.75	9389.00	7.92	2967.06	2.50
Santuario Nacional	39237.61	8116.45	20.69	17833.17	45.45	7002.86	17.85
Áreas de conservación Privadas	143116.45	3859.91	2.70	86726.30	60.60	51636.10	36.08
Áreas de conservación Regional	62879.91	6880.74	10.94	36651.30	58.29	18697.72	29.74
Zonas de reserva	434797.74	22694.11	5.22	11345.75	2.61	0	0

3.11 Distribución potencial futura de la especie *P. oleifolius*, en el escenario SSP3-7.0, para los años 2061 al 2080

Para el modelo de distribución potencial futuro del escenario SSP3-7,0 se mantuvieron las variables edáficas y topográficas que fueron: por parte de las variables topográficas: pendiente (slope), dirección de la pendiente cardinal (Aspect); las variables edáficas: densidad de carbono orgánico (dco), textura de limo (limo), fragmentos gruesos (Fg), textura de arena (are), contenido de arcilla (ca), densidad a granel (dag), carbono orgánico del suelo (cos); radiación solar (rad), mientras para la variable Bioclimáticas futuras del escenario SSP3-7,0 fueron : Bio02, Bio04, Bio05 y Bio12

Figura 14

Modelo de distribución potencial Futura de la especie P. oleifolius, en el escenario SSP3-7.0

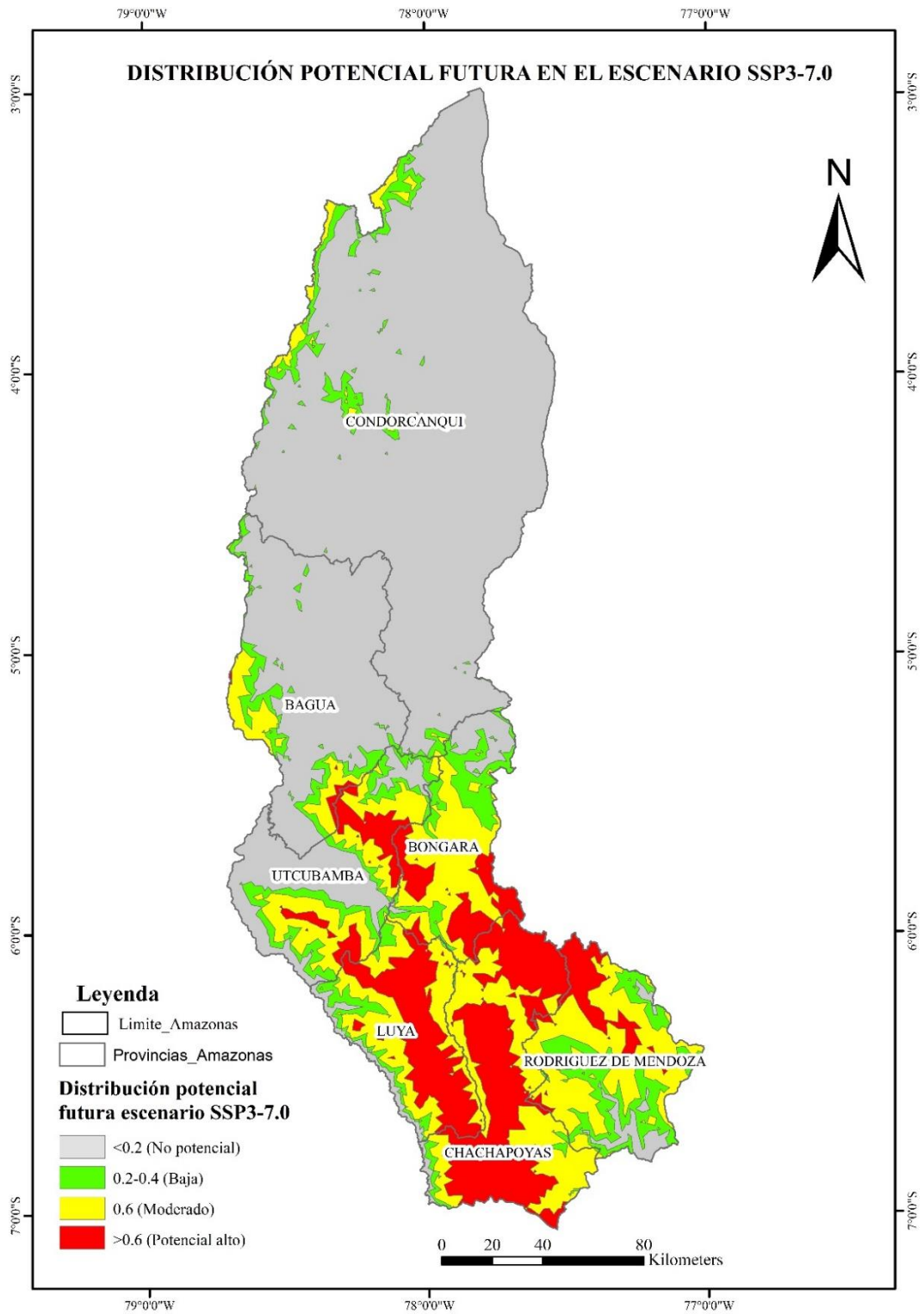


Tabla 11

Distribución potencial futura de la especie P. oleifolius D. Don en el escenario SSP3-7.0

Descripción	Rango	Área (ha)	Porcentaje %
No Potencial	<0.2	2404408.72	57.18
baja	0.2 - 0.4	413719.89	9.84
Moderado	0.4 - 0.6	803794.65	19.12
Potencial Alto	>0.6	583113.98	13.87

3.12 Distribución potencial futura en el escenario SSP3-7.0 en Áreas Naturales Protegidas.

Figura 15

Modelo de distribución potencial futura en el escenario SSP3-7.0 de la especie P. oleifolius dentro de áreas naturales protegidas.

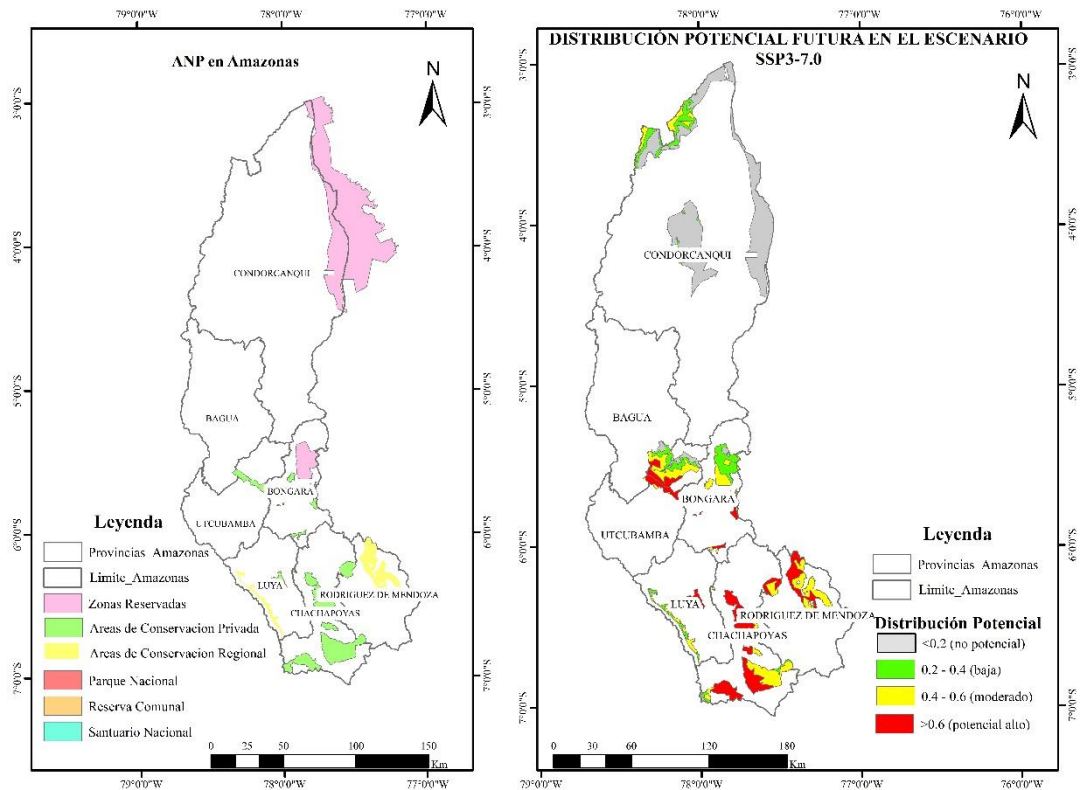


Tabla 12

Distribución potencial futura en el escenario del SSP3-7.0 de la especie P. oleifolius dentro de áreas naturales protegidas.

Modalidades de ANP	Área geográfica (Ha)	Bajo		Moderado		Alto	
		Ha	%	Ha	%	Ha	%
Parque Nacional	88522.23	25554.91	28.87	13135.15	14.84	58.57	0.07
Reserva Comunal	118605.29	10913.72	9.20	9214.99	7.77	3248.76	2.74
Santuario Nacional	39237.61	7971.55	20.32	15765.62	40.18	9198.43	23.44
Áreas de conservación Privadas	143116.45	3630.10	2.54	44202.60	30.89	94309.43	65.90
Áreas de conservación Regional	62879.91	6348.14	10.10	34749.88	55.26	21009.55	33.41
Zonas de reserva	434797.74	22265.06	5.12	11649.75	2.68	0	0

3.13 Distribución potencial futura de la especie *P. oleifolius*, en el escenario SSP5-8.5, para los años 2081 al 2100

Para el modelo de distribución potencial futuro del escenario SSP5-8,5 se mantuvieron las variables edáficas y topográficas que fueron: por parte de las variables topográficas: pendiente (slope), dirección de la pendiente cardinal (Aspect); las variables edáficas: densidad de carbono orgánico (dco), textura de limo (limo), fragmentos gruesos (Fg), textura de arena (are), contenido de arcilla (ca), densidad a granel (dag), carbono orgánico del suelo (cos); radiación solar (rad), mientras para la variable Bioclimáticas futuras del escenario SSP5-8,5 fueron : Bio02, Bio04, Bio05 y Bio12.

Figura 16

Modelo de distribución potencial Futura de la especie P. oleifolius, en el escenario SSP5-8.5

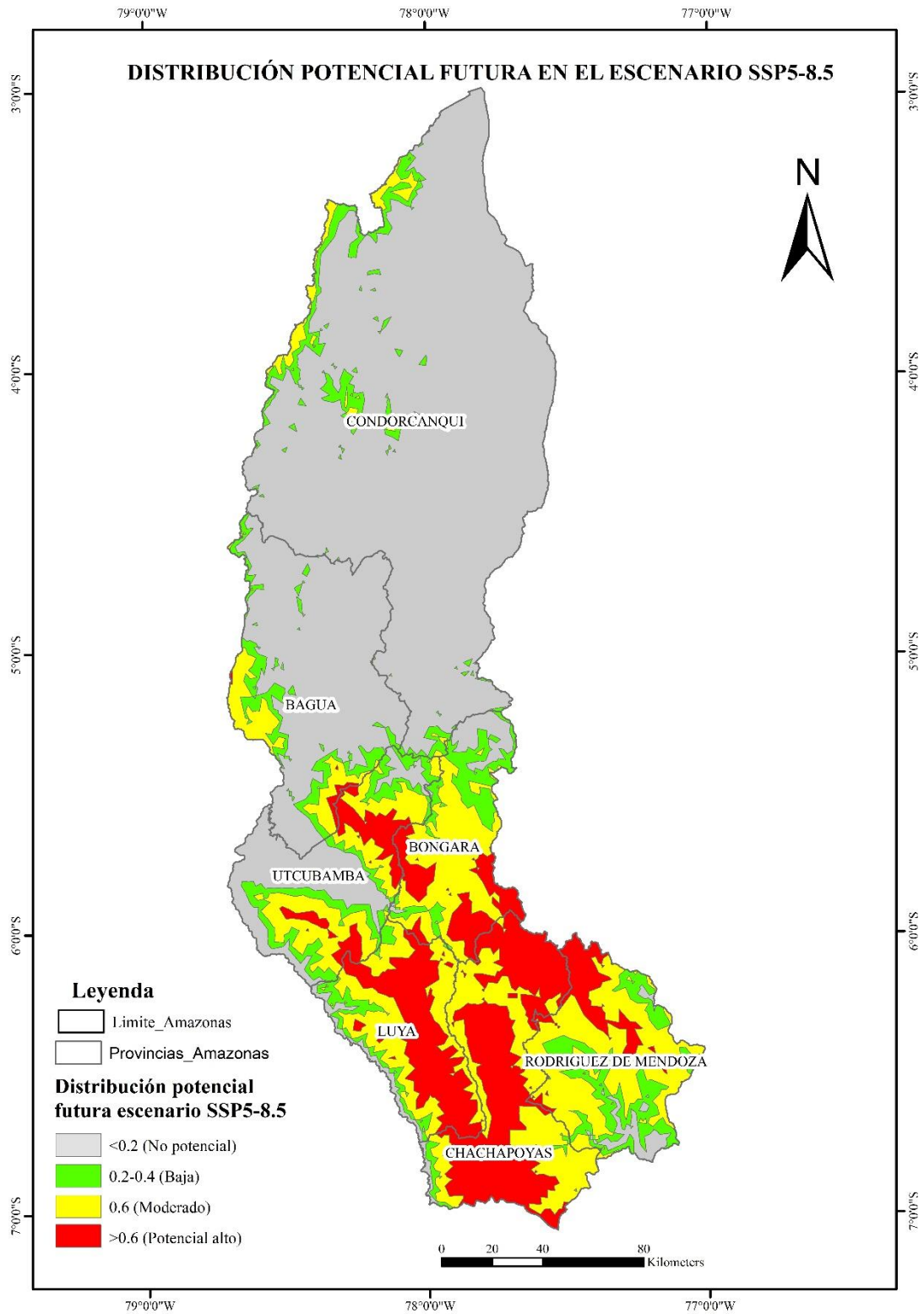


Tabla 13

Distribución potencial futura de la especie P. oleifolius en el escenario SSP5-8.5

Descripción	Rango	Área (ha)	Porcentaje %
No Potencial	<0.2	2356320.55	56.04
baja	0.2 - 0.4	415520.52	9.88
Moderado	0.4 - 0.6	842355.59	20.03
Potencial Alto	>0.6	590840.58	14.05

3.1 Distribución potencial futura en el escenario SSP5-8.5 en Áreas Naturales Protegidas

Figura 17

Modelo de distribución potencial futura en el escenario SSP5-8.5 de la especie P. oleifolius D. Don dentro de áreas naturales protegidas

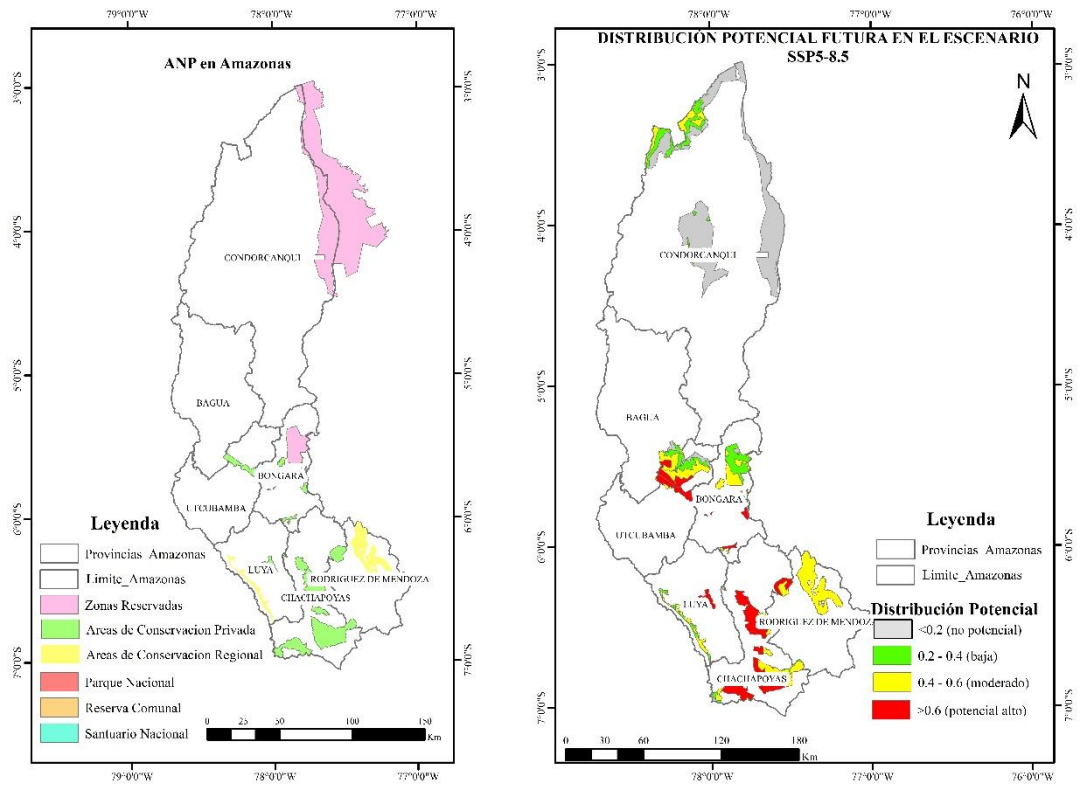


Tabla 14*Distribución potencial futura en el escenario SSP5-8.5 de la especie P. oleifolius**D. Don dentro de áreas naturales protegidas*

Modalidades de ANP	Área geográfica (Ha)	Bajo		Moderado		Alto	
		Ha	%	Ha	%	Ha	%
Parque Nacional	88522.23	27157.62	30.68	15313.05	17.30	58.57	0.07
Reserva Comunal	118605.29	11995.30	10.11	10322.41	8.70	3191.28	2.69
Santuario Nacional	39237.61	8581.29	21.87	15964.14	40.69	9576.53	24.41
Áreas de conservación Privadas	143116.45	2828.10	1.98	44227.28	30.90	95248.06	66.55
Áreas de conservación Regional	62879.91	5616.78	8.93	56560.52	89.95	100.43	0.16
Zonas de reserva	434797.74	20992.14	4.83	13867.74	3.19	0	0

IV. DISCUSIÓN

En esta investigación se realizó con la finalidad de analizar la distribución actual y futura de la especie *P. oleifolius* en Amazonas. El conocimiento de la distribución espacial de los individuos en el bosque resulta fundamental para obtener información más completa y precisa, lo cual contribuye significativamente a la identificación de la ubicación específica de los individuos en el ecosistema forestal no solo fortalece las estrategias de gestión, sino que también potencia la eficacia de las iniciativas de preservación, permitiendo un enfoque más focalizado y eficiente en la protección de la biodiversidad (Vargas, 2011).

La distribución de las diferentes especies está determinada por factores edafoclimáticos que se ajustan a las necesidades y requisitos específicos de cada especie (Ma *et al.*, 2022). En consecuencia, en este estudio se utilizó el modelo de Máxima entropía con 14 variables, pendiente, textura de suelo, precipitación anual; Por otro lado, con los resultados obtenidos encontramos que el nivel de probabilidad de la distribución de *P. oleifolius* mostrando que las variables están relacionadas, los clústeres de agrupamiento muestran cuatro grupos, el primero sugiere que la composición química del suelo es un factor importante para comprender el medio ambiente. La contribución alta de las variables del grupo 2 sugiere que la biodiversidad es un factor importante para comprender el medio ambiente y la contribución moderada de las variables del grupo 3 y del grupo 4 sugiere que la vegetación y los factores físicos del medio ambiente también son factores importantes para comprender el medio ambiente; dentro de las variables la precipitación anual contribuyó al modelo de distribución de un 84,1%.

La probable distribución actual de la especie *P. oleifolius* especie presenta zonas potenciales en las provincias de Bongará, Utcubamba, Luya y Rodríguez de Mendoza; su distribución actual de esta especie en áreas naturales protegidas, áreas de conservación regional un 30,5%, Áreas de conservación privada 40,1% y santuario nacional 19,2%. Niveló (2022), menciona que la especie *Podocarpus* pueden habitar los bosques montanos desde 1800 a 3900 m s.n.m.

En la distribución futura de la especie *Podocarpus oleifolius* D. Don, en el escenario del 2021-2040, se utilizó las mismas variables edáficas y topográficas; obteniendo contribuciones de gran relevancia para anticipar la distribución futura de las especies bajo

estudio. En términos territoriales, se aprecia que cada modelo exhibe variaciones distintas en las superficies ocupadas por la especie, lo cual pone de manifiesto las proyecciones para el año 2040. Encontrando en zonas con alto potencial en las provincias de Bongará, Utcubamba, Luya, Rodríguez de Mendoza y Chachapoyas; en áreas naturales protegidas muestra un incremento referente a su distribución actual, para el escenario 2041-2060 se cuenta con 415202.29 ha que resulta un 9.87 %, para el escenario 2061-2080 tenemos 583113.98 ha que representa un 13.87 % y para el último escenario 2081-2100 se cuenta con 590840.58 ha representado un 14.05 %, en esta investigación muestra un incremento de probabilidad para la especie, (Navarro et al., 2020) señalo que si las superficies tienden a mantenerse o aumentar, no se verán afectadas por las futuras condiciones climáticas, las cuales estarían vinculadas a sus ciclos vegetativos. Este escenario plantea la imperativa necesidad de reevaluar las áreas idóneas para la distribución espacial de los miembros del género.

V. CONCLUSIONES

Se determinó que las variables bioclimáticas más importantes para el modelo de distribución potencial actual la variable que más contribuye es el Bio12 (Precipitación anual) mientras que para la distribución futura en los cuatro escenarios la variable que más contribuye al modelo es la variable Bio2 (Rango de temperatura media diurna).

En la región de Amazonas el área de la distribución potencial actual de la especie *Podocarpus oleifolius* D. Don, con mayor probabilidad es de 446507.15 ha dado un 10.62 %, mientras para la distribución potencial futura bajo el escenario de 2021-2040 el área de mayor probabilidad de la especie es de 574414.52 ha dado un 13.66 %, para el escenario 2041-2060 se cuenta con 415202.29 ha que resulta un 9.87 %, para el escenario 2061-2080 tenemos 583113.98 ha que representa un 13.87 % y para el ultimo escenario 2081-2100 se cuenta con 590840.58 ha representado un 14.05 %

Dentro de las 6 categorías de las áreas naturales protegidas que cuenta la región de amazonas para la conservación de la especie *Podocarpus oleifolius* D. Don, en la distribución potencial actual sobre sale la categoría de áreas de conservación Privada con un 57525.30 ha con un 40.19 %, mientras que para escenarios futuros tenemos que para los años 2021-2040 las áreas de conservación Privada prevalece con un total de 84092.67 ha que es 58.76%, para el escenario de los años 2041-2060 la categoría de anp es la misma con un 51636.10 ha dado 36.08 %, el siguiente escenario de los años 2061-2081 nos da un total de 94309.43 ha que viene hacer el 65.90 % y para el ultimo escenario de los años 2081-2100 tenemos al igual que las anteriores la categoría de áreas de conservación privada con un 95248.06 ha que determina el 66.55 %

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar estudios a mayor escala nacional de la distribución potencial de la especie *Podocarpus oleifolius* para determinar áreas para su conservación de la especie ya a la vez tener en cuenta en proyectos de reforestación.

Se sugiere ampliar estudios a nivel nacional, incluir más variables en el modelamiento, evaluar la interacción con otras especies, analizar la viabilidad de proyectos de reforestación, fomentar la colaboración interdisciplinaria, involucrar a comunidades locales, establecer seguimientos a largo plazo y difundir resultados para una gestión efectiva en un escenario cambiante de cambio climático.

Se recomienda utilizar más variables para el modelamiento.

Se recomienda considerar las áreas del modelo de distribución de la especie *Podocarpus oleifolius* D. Don, para su conservación y a la vez considerar la especie para proyectos de reforestación en la región de amazonas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberto, C., Sierra, M., & Sotolongo, R. (2017). Modelación de hábitats potenciales de *Pinus caribaea* Morelet var . *caribaea* Barrett y Golfari en el occidente de Cuba. Modelling potential habitat distributions for *Pinus caribaea* Morelet var . *caribaea* Barrett y Golfari in western Cuba. *Avances*, 19(1), 42–50
- 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>
- Alfonso-Corrado, C., Naranjo-Luna, F., Clark-Tapia, R., Campos, J. E., Rojas-Soto, O. R., Luna-Krauletz, M. D., Bodenhorn, B., Gorgonio-Ramírez, 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), 1–15. <https://doi.org/10.3390/f8080261>
- Alva Cruz Ricardo Rafael. (2010). *ZEE EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS TURÍSTICOS*. 12–26.
- 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>
- 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*, 2018(1), 1–25. <https://doi.org/10.7717/peerj.4287>
- 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>
- Committee, G. S. (2015). *Specifications Tiered GlobalSoilMap products. Versión 2*.
- Cotrina, D. A. (2020). *Modelamiento biogeográfico de especies forestales maderables nativas para la recuperación de bosques degradados en Amazonas, Perú (Tesis para Obtener el Grado Académico de Maestro en Gestión para el Desarrollo Sustentable)*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas Escuela de Posgrado.
- Cotrina Sánchez, A., Rojas Briceño, N. B., Bandopadhyay, S., Ghosh, S., Torres Guzmán, C., Oliva, M., Guzman, B. K., & Salas López, R. (2021). Biogeographic distribution

- of *Cedrela* spp. Genus in Peru using maxent modeling: A conservation and restoration approach. *Diversity*, *13*(6). <https://doi.org/10.3390/d13060261>
- Cotrina Sánchez, D. A., Castillo, E. B., Rojas Briceño, N. B., Oliva, M., Guzman, C. T., Amasifuen Guerra, C. A., & Bandopadhyay, S. (2020). Distribution models of timber species for forest conservation and restoration in the Andean-Amazonian landscape, North of Peru. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(19). <https://doi.org/10.3390/SU12197945>
- Dormann, C. F., Elith, J., Bacher, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré, G., Marquéz, J. R. G., Gruber, B., Lafourcade, B., Leitão, P. J., Münkemüller, T., McClean, C., Osborne, P. E., Reineking, B., Schröder, B., Skidmore, A. K., Zurell, D., & Lautenbach, S. (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>
- 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>
- Escobar Cardona, O., & Rodríguez Guzmán, J. R. (1995). Las maderas en Colombia. 71. Pino chaquiro.
- Flores, Y. (2010). Crecimiento y productividad de plantaciones forestales en la amazonía peruana. *Journal of Chemical Information and Modeling*, *53*(9), 1689–1699.
- Grados, M., & Peláez, F. (2014). Especies vegetales utilizadas por pobladores de Berlín, Bagua Grande (Amazonas, Perú) 2011-2012. *Revista Científica de Estudiantes*, *2*(2), 36. <https://core.ac.uk/download/pdf/267888756.pdf>
- Guariguata, M. R., Arce, J., Ammour, T., & Capella, J. L. (2017). Las plantaciones forestales en Perú: Reflexiones, estatus actual y perspectivas a futuro. *Las Plantaciones Forestales En Perú: Reflexiones, Estatus Actual y Perspectivas a Futuro*, 0–4. <https://doi.org/10.17528/cifor/006461>
- 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)
- 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: Earth and Environment*, 30(6), 751–777. <https://doi.org/10.1177/0309133306071957>
- Kumar, S., & Stohlgren, T. J. (2009). Maxent modeling for predicting suitable habitat for threatened and endangered tree *Canacomyrica monticola* in New Caledonia. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 1(4), 094-098.
- Jiménez-Valverde, 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>
- Manel, S., Ceri, W. H., & S.J., O. (2001). Evaluating presence – absence models in ecology : the need to account for prevalence. *Journal of Applied Ecology*, 38, 921–931.
- Mateo, R. G., Felicísimo, Á. M., & Muñoz, J. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84(2), 217–240. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2011000200008>
- Mateo, R. G., Felicísimo, Á. M., & Muñoz, J. (2012). Modelos de distribución de especies y su potencialidad como recurso educativo interdisciplinar. *REDUCA (Biología)*, 5(January), 137–153.
- Mateo, R. G., Felicísimo, A. M., & Muñoz, J. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84, 217–240. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2011000200008
- Merow, C., Smith, M. J., & Silander, 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 Mori, G., Rojas-Briceño, N. B., Cotrina Sánchez, A., Oliva-Cruz, M., Olivera Tarifeño, C. M., Hoyos Cerna, M. Y., Ramos Sandoval, J. D., & Torres Guzmán, C. (2022). Potential Current and Future Distribution of the Long-Whiskered Owlet (*Xenoglaux loweryi*) in Amazonas and San Martin, NW Peru. *Animals*, 12(14). <https://doi.org/10.3390/ani12141794>
- 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), 1–14.

- <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151827>
- Navarro Guzmán, M. A., Chipana, C. A. J., & Apaza, J. M. I. (2020). Modeling ecological niches of threatened flora for climate change scenarios in Tacna department-Peru. *Colombia Forestal*, 23(1), 51–67. <https://doi.org/10.14483/2256201X.14866>
- OSINFOR. (2016). *Modelamiento de la distribución potencial de 18 especies forestales en el departamento de Loreto*.
- 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). <https://doi.org/10.3390/f10020115>
- Padalia, H., Srivastava, V., & Kushwaha, S. P. S. (2014). Modeling potential invasion range of alien invasive species, *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. in India: Comparison of MaxEnt and GARP. *Ecological Informatics*, 22, 36–43. <https://doi.org/10.1016/J.ECOINF.2014.04.002>
- 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*, 8(5).
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(2–3), 231–252. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Phillips, S. J., & Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31, 161–175. <https://doi.org/10.1111/j.2007.0906-7590.05203.x>
- Poggio, L., De Sousa, L. M., Batjes, N. H., Heuvelink, G. B. M., Kempen, B., Ribeiro, E., & Rossiter, D. (2021). SoilGrids 2.0: Producing soil information for the globe with quantified spatial uncertainty. *SOIL*, 7(1), 217–240. <https://doi.org/10.5194/SOIL-7-217-2021>
- Qin, A., Liu, B., Guo, Q., Bussmann, R. W., Ma, F., Jian, Z., Xu, G., & 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>
- SERFOR. (2021). Cuenta de Bosques del Perú Documento metodológico. *Serfor*, 77. www.gob.pe/serfor
- SERNANP. (2020). Áreas naturales protegidas de administración nacional con categoría

- definitiva. In *Sernanp*. SERNANP.
- Soberón, J., Osorio-Olvera, L., & Peterson, T. (2017). Diferencias conceptuales entre modelación de nichos y modelación de áreas de distribución. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(2), 437–441. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.03.011>
- Soberón, J., & Peterson, T. (2005). Influence of different phosphorus precursors on the electrical properties of the SiO₂-P₂O₅ films obtained by sol-gel. *Physica Status Solidi (C) Current Topics in Solid State Physics*, 5(10), 3392–3396. <https://doi.org/10.1002/pssc.200778935>
- Tanner EP, Papeş M, Elmore RD, Fuhlendorf SD, Davis CA (2017) Incorporating abundance information and guiding variable selection for climate-based ensemble forecasting of species' distributional shifts. *PLoS ONE* 12(9): e0184316. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184316>
- Tatebe, H., Ogura, T., Nitta, T., Komuro, Y., Ogochi, K., Takemura, T., Sudo, K., Sekiguchi, M., Abe, M., Saito, F., Chikira, M., Watanabe, S., Mori, M., Hirota, N., Kawatani, Y., Mochizuki, T., Yoshimura, K., Takata, K., O'Ishi, R., ... Kimoto, M. (2019). Description and basic evaluation of simulated mean state, internal variability, and climate sensitivity in MIROC6. *Geoscientific Model Development*, 12(7), 2727–2765. <https://doi.org/10.5194/gmd-12-2727-2019>
- Vicuña-Miñano, E. E. (2005). Las Podocarpaceas de los bosques montanos del noroccidente peruano. *Revista Peruana de Biología*, 12(2), 283–288. <https://doi.org/10.15381/rpb.v12i2.2400>
- 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, 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). <https://doi.org/10.3390/f10020190>

ANEXOS

Figura 18

AUC del modelo futuro en el escenario SSP1-2.6

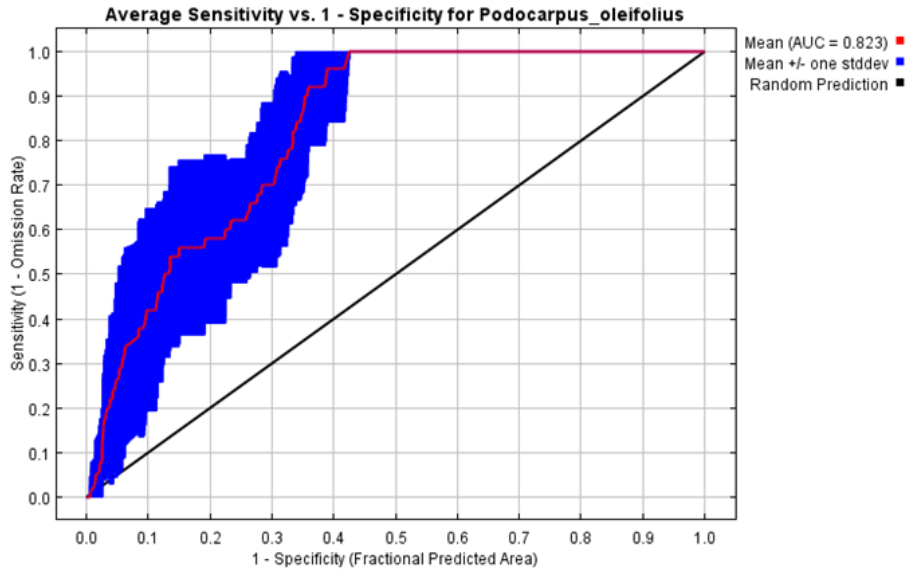


Tabla 15

Análisis de contribuciones variables futuras en el escenario SSP1-2.6

Variable	Percent contribution	Permutation importance
Bio02-ssp126	78.4	68.5
Bio04-ssp126	10.6	25.2
Bio05-ssp126	2.2	0.3
rad	1.7	0
dag	1.4	0
are	1.4	0.6
Bio12-ssp126	1.3	4.9
dco	0.9	0
limo	0.7	0
Fg	0.5	0.4
ca	0.3	0
aspect	0.3	0
slope	0.1	0
cos	0.1	0

Figura 19

AUC del modelo futuro en el escenario SSP2-4.5

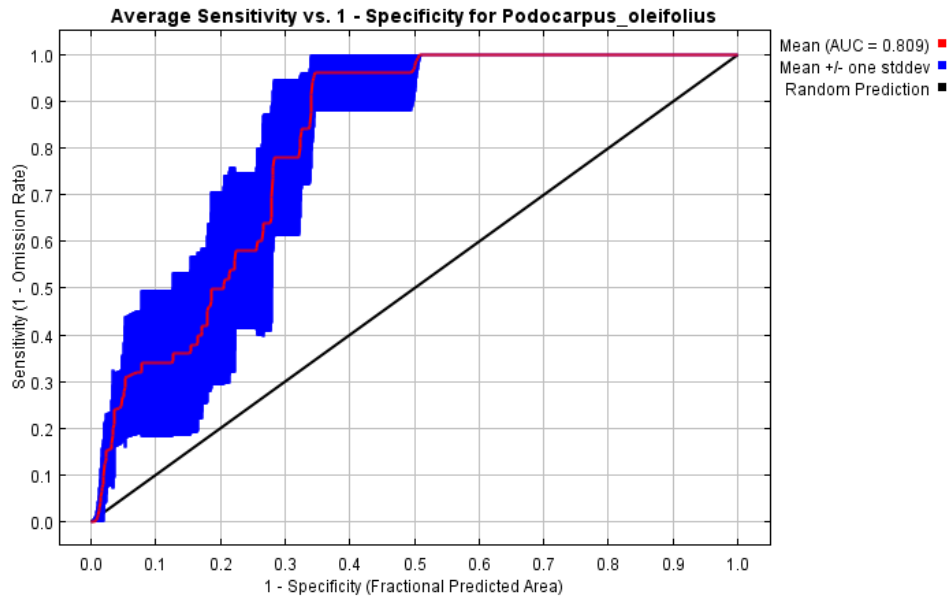


Tabla 16

Análisis de contribuciones variables futuras en el escenario SSP2-4.5

Variable	Percent contribution	Permutation importance
Bio02-ssp245	80.2	61.5
Bio04-ssp245	6.5	18.4
Bio05-ssp245	3.5	14.1
dag	2.4	0
rad	1.6	0
Bio12-ssp245	1.1	3.6
dco	1.1	0
limo	0.9	0
Fg	0.9	0.1
aspect	0.6	0
are	0.5	2.3
slope	0.4	0
ca	0.3	0
cos	0	0

Figura 20

AUC del modelo futuro en el escenario SSP3-7.0

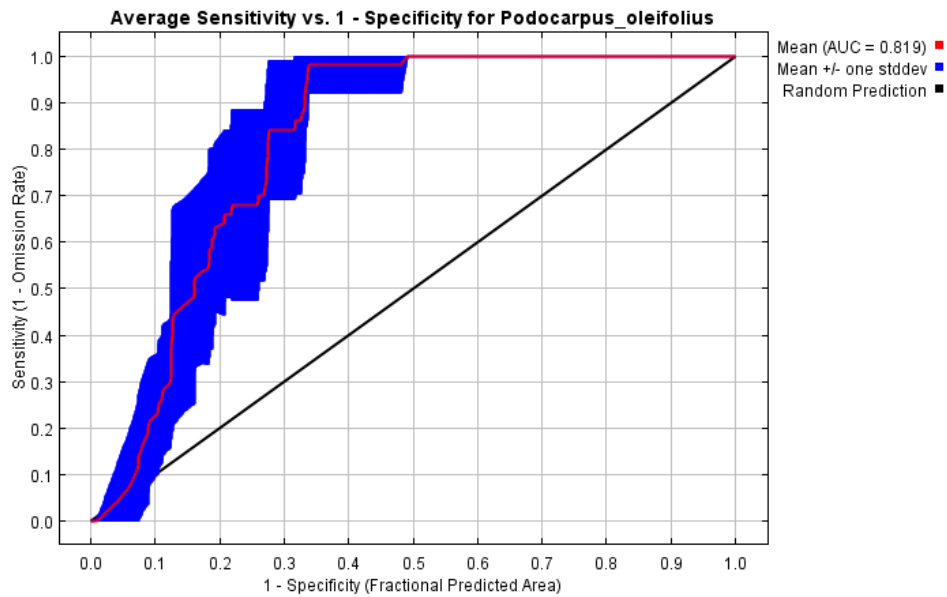


Tabla 17

Análisis de contribuciones variables futuras en el escenario SSP3-7.0

Variable	Percent contribution	Permutation importance
Bio02-ssp370	82.3	35.8
Bio04-ssp370	7.3	35.3
Bio05-ssp370	2	16.1
dag	1.3	0.6
dco	1.3	0
Bio12-ssp370	1.2	12
Fg	1.1	0
limo	1.1	0.1
rad	0.9	0.1
are	0.7	0
aspect	0.3	0
cos	0.3	0
ca	0.2	0
slope	0.2	0

Figura 21

AUC del modelo futuro en el escenario SSP5-8.5

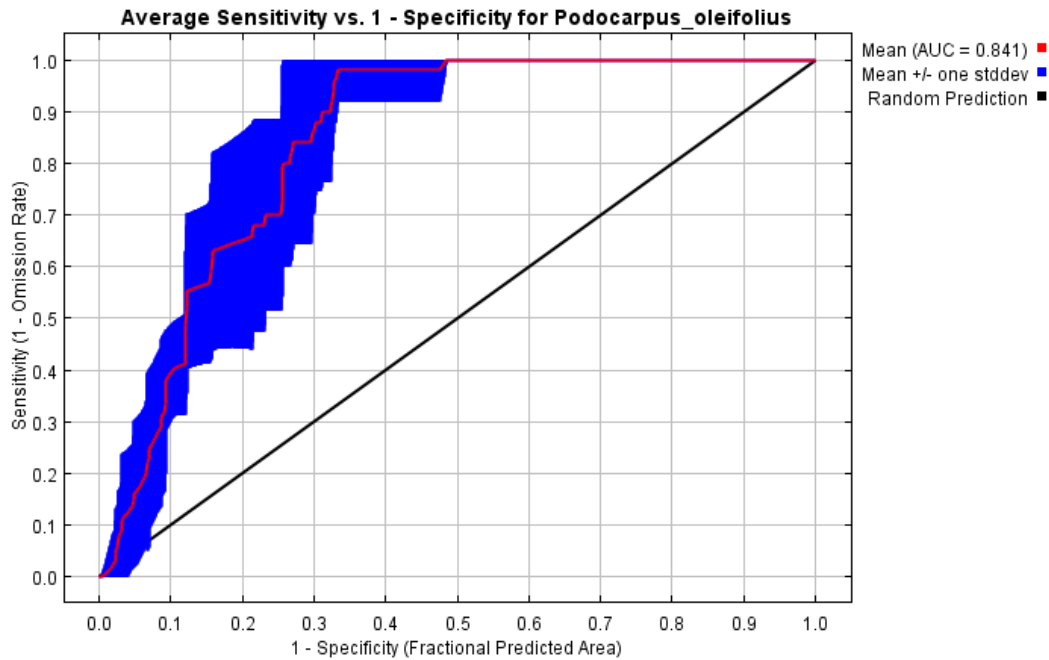


Tabla 18

Análisis de contribuciones variables futuras en el escenario SSP5-8.5

Variable	Percent contribution	Permutation importance
Bio02-ssp585	85.1	90.4
Bio04-ssp585	4.6	5.1
are	2.3	0
dag	1.7	0.7
rad	1.6	0
Bio05-ssp585	1.3	0
dco	0.8	0
Fg	0.8	1.4
aspect	0.7	0
limo	0.5	0
cos	0.3	0
Bio12-ssp585	0.2	2.3
slope	0.1	0
ca	0	0

Figura 22

Especie Podocarpus oleifolius D. Don, encontrada en la provincia de Luya



Figura 23

Especie Podocarpus oleifolius D. Don, encontrada en el distrito de Santo Tomas



Figura 24

*Especie Podocarpus oleifolius D. Don, encontrada en la Área de conservación Privada
“Comunal-San Pablo-Catarata Gocta*

