



unl

Universidad
Nacional
de Loja



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales
Renovables
Carrera de Ingeniería Forestal

Evaluación del estado de conservación de *Podocarpus*
***oleifolius* D. Don y *Prumnopitys montana* (Humb. & Bonpl.**
ex Willd.) De Laub. en Ecuador

TESIS DE GRADO PREVIA A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
FORESTAL

AUTORA: Kelly Jhoselyn Jara Espinosa

DIRECTOR: Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba MSc.

Loja – Ecuador

2021



Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba MSc

Director de Tesis

CERTIFICO:

Que en calidad de director de la tesis: **Evaluación del estado de conservación de *Podocarpus oleifolius* D. Don y *Prumnopitys montana* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) De Laub. en Ecuador**, de autoría de la señorita egresada de la Carrera de Ingeniería Forestal **Kelly Jhoselyn Jara Espinosa**, con número de cédula **1725619553**, ha sido Dirigida, Revisada y Concluida dentro del cronograma aprobado. Por tal razón se autoriza a continuar con los trámites legales para su presentación, sustentación y graduación.

Loja, 26 de marzo de 2021

Atentamente,

Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba MSc.

DIRECTOR DE TESIS



unl

Universidad
Nacional
de Loja



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES
RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

Loja, 02 de agosto del 2021

**Ing. Johana Cristina Muñoz Chamba Mg. Sc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL CALIFICADOR DE TESIS**

CERTIFICO:

En calidad de presidente del tribunal de Calificación de la Tesis titulada: **Evaluación del estado de conservación de *Podocarpus oleifolius* D. Don y *Prumnopitys montana* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) De Laub. en Ecuador**, de autoría de la señorita **Kelly Jhoselyn Jara Espinosa**, portadora de la cedula N.º 1725619553, se informa que la misma ha sido revisada y se ha incorporado todas las sugerencias efectuadas por el tribunal, motivo por el cual se procede a la aprobación y calificación del trabajo de Tesis de Grado.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**JOHANA
CRISTINA MUNOZ
CHAMBA**

**Ing. Johana Muñoz Chamba Mg.Sc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:
**NOHEMI DEL
CARMEN JUMBO
BENITEZ**

**Ing. Nohemí Jumbo Benítez Mg.Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:
**DARIO ALFREDO
VEINTIMILLA
RAMOS**

**Ing. Darío Veintimilla Ramos Mg.Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

AUTORÍA

Yo, **Kelly Jhoselyn Jara Espinosa**, declaro ser autora del presente trabajo de tesis titulado: **Evaluación del estado de conservación de *Podocarpus oleifolius* D. Don y *Prumnopitys montana* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) De Laub. en Ecuador**, y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Firma:

Autora: Kelly Jhoselyn Jara Espinosa

Cédula: 1725619553

Fecha: Loja, 06 de agosto del 2021

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, **Kelly Jhoselyn Jara Espinosa**, declaro ser autora de la tesis titulada: **Evaluación del estado de conservación de *Podocarpus oleifolius* D. Don y *Prumnopitys montana* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) De Laub. en Ecuador**, como requisito para optar al grado de: Ingeniera Forestal, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los seis días del mes de agosto de dos mil veintiuno, firma la autora.

Firma:

Autora: Kelly Jhoselyn Jara Espinosa

Número de cédula: 1725619553

Dirección: Barrio La Banda, Loja

Correo electrónico: kelly.jara@unl.edu.ec

Celular: 0939569238

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de Tesis: Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba Mg. Sc.,

Tribunal de Grado:

Ing. Johana Cristina Muñoz Chamba Mg. Sc.	Presidente
Ing. Nohemí del Carmen Jumbo Benítez Mg. Sc.	Vocal
Ing. Darío Alfredo Veintimilla Ramos Mg. Sc.	Vocal

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por guiarme, protegerme y permitirme alcanzar esta meta.

A mi familia, especialmente a mis padres, Ángel Jara y Consuelo Espinosa por su apoyo y amor incondicional, a mis hermanos Carlos, Bryan y Yaleny.

A mi director de tesis Ing. Luis Muñoz Chamba, por sus observaciones, apoyo, confianza y sobre todo por su paciencia durante el desarrollo de esta investigación.

A la Universidad Nacional de Loja, la Facultad de Agropecuaria y Recursos Naturales Renovables, a la Carrera de Ingeniería Forestal, y a todos los docentes que contribuyeron día a día con sus conocimientos en mi formación profesional.

A mis compañeros, a mis amigas Estefanía, Mabel y Lorena por su amistad, cariño y apoyo incondicional.

A Fausto, una persona muy especial que durante mi formación profesional me brindó su cariño y apoyo incondicional.

¡Muy agradecida!

Kelly Jara Espinosa

DEDICATORIA

Con mucho amor, esta tesis está dedicada a:

Mis padres, Ángel Jara por su apoyo incondicional durante mi formación profesional y Consuelo Espinosa por su amor incondicional, así como también por inculcarme valores como la honestidad, responsabilidad y honradez. A mis hermanos Carlos, Bryan y Yaleny, por su apoyo y amor incondicional. A mi abuelita Julita, ya que por su apoyo es posible el cumplimiento de esta meta.

Finalmente, a todos mis familiares y amigos que de una u otra manera me ayudaron y confiaron en mí.

Kelly Jhoselyn Jara Espinosa

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	I
CERTIFICACIÓN DE DIRECTOR DE TESIS	II
CERTIFICACIÓN DE TRIBUNAL DE TESIS	III
AUTORÍA	IV
CARTA DE AUTORIZACIÓN	V
AGRADECIMIENTO	VI
DEDICATORIA	VII
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS	XVI
TÍTULO	XVII
RESUMEN	XVIII
ABSTRACT	XX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Aspectos Generales de la Familia Podocarpaceae	4
2.1.1. Distribución Geográfica de la Familia Podocarpaceae	4
2.1.2. Familia Podocarpaceae en Ecuador	5
2.1.3. Descripción Taxonómica <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don ex Lamb.....	5

2.1.4. Distribución Geográfica de <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don ex Lamb.....	5
2.1.5. Descripción Botánica de <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don ex Lamb	6
2.1.6. Importancia y Usos de <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don ex Lamb.....	6
2.1.7. Descripción Taxonómica de <i>Prumnopitys montana</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) de Laub	7
2.1.8. Distribución Geográfica de <i>Prumnopitys montana</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) de Laub	7
2.1.9. Descripción Botánica de <i>Prumnopitys montana</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) de Laub.	7
2.1.10. Importancia y Usos de <i>Prumnopitys montana</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) de Laub ..	8
2.2. Áreas de Distribución de Especies	8
2.2.1. Modelos de distribución de especies	8
2.2.2. MaxEnt.....	9
2.3. Mecanismos y Categorías de Conservación	9
2.3.1. Sistema Nacional de Áreas Protegidas	9
2.3.2. Bosque y vegetación protectora	10
2.3.3. Programa Socio Bosque.....	10
2.4. Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN	11
2.4.1. Categorías de conservación de la Lista Roja de la UICN.....	11
2.4.2. Criterios de la UICN para las especies que están amenazadas	13
2.4.3. Categorías y criterios de la lista roja de la UICN a nivel regional.....	15
3. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1. Área de estudio.....	18
3.2. Metodología para Calcular el Área de Distribución Natural Potencial y Área Natural Conservada de <i>Podocarpus oleifolius</i> y <i>Prumnopitys montana</i> en Ecuador.....	19
3.2.1. Área de distribución natural potencial.....	19

3.1.2. Área de Distribución Natural Conservada	24
3.3. Metodología para analizar las categorías de conservación para <i>Podocarpus oleifolius</i> y <i>Prumnopitys montana</i> en Ecuador	25
3.3.1. Determinar las especies a evaluar	25
3.3.2. Asignación de categorías y aplicación de criterios de la Lista Roja de la UICN.....	26
3.3.3. Aplicación de las Directrices Regionales de la UICN.....	33
4. RESULTADOS.....	35
4.1. Área de Distribución Natural Potencial y Conservada de <i>Podocarpus oleifolius</i> y <i>Prumnopitys montana</i> en Ecuador	35
4.1.1. Área de Distribución Natural Potencial y Área Natural Conservada de <i>Podocarpus oleifolius</i>	35
4.1.2. Área de distribución potencial natural y conservada de <i>Prumnopitys montana</i>	41
4.2. Análisis de las Categorías de Conservación Nacional para <i>Podocarpus oleifolius</i> y <i>Prumnopitys montana</i> en Ecuador	47
4.2.1. Categoría de conservación nacional para <i>Podocarpus oleifolius</i>	47
4.2.2. Categoría de conservación nacional para <i>Prumnopitys montana</i> en Ecuador	54
5. DISCUSIÓN	60
5.1. Área de distribución potencial natural y conservada de <i>Podocarpus oleifolius</i>	60
5.2. Área de distribución potencial natural y área natural conservada de <i>Prumnopitys montana</i>	62
5.3. Categoría de conservación nacional para <i>Podocarpus oleifolius</i>	63
5.4. Categorías de conservación nacional para <i>Prumnopitys montana</i>	65
6. CONCLUSIONES.....	67
7. RECOMENDACIONES	68

8. BIBLIOGRAFÍA.....	69
9. ANEXOS.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución geográfica aproximada de <i>Podocarpus oleifolius</i> y <i>Prumnopitys montana</i> en Ecuador.....	18
Figura 2. Esquema del proceso para determinar el área de distribución natural potencial. ...	19
Figura 3. Esquema del proceso para determinar el área de distribución natural conservada.	24
Figura 4. Esquema de evaluación del riesgo de extinción de las especies a escalas nacionales de acuerdo con UICN.....	25
Figura 5. Categorías de la Lista Roja de la UICN a nivel regional para evaluar el riesgo de extinción	26
Figura 6. Diferencias entre EOO y AOO. A) registros de presencia, B) área de la extensión de presencia EOO, C) área de ocupación AOO.	28
Figura 7. Esquema conceptual del proceso de ajuste de la categoría preliminar de la UICN hacia la categoría final.....	34
Figura 8. Mapa de distribución potencial (A) y distribución potencial natural (B) de <i>Podocarpus oleifolius</i> en Ecuador	35
Figura 9. Mapa de probabilidad de ocurrencia de <i>Podocarpus oleifolius</i> en Ecuador	36
Figura 10. Área bajo la curva (AUC) de <i>Podocarpus oleifolius</i>	37
Figura 11. Prueba de Jackknife para datos de entrenamiento de <i>Podocarpus oleifolius</i>	39

Figura 12. Mapa de área potencial natural conservada de <i>Podocarpus oleifolius</i> en Ecuador, periodo 2000 - 2018	40
Figura 13. Área potencial natural conservada de <i>Podocarpus oleifolius</i> en el periodo 2000-2018.....	41
Figura 14. Mapa de distribución potencial (A) y distribución potencial natural (B) de <i>Prumnopitys montana</i> en Ecuador	42
Figura 15. Mapa de probabilidad de ocurrencia de <i>Prumnopitys montana</i> en Ecuador	43
Figura 16. Área bajo la curva (AUC) de <i>Prumnopitys montana</i>	44
Figura 17. Prueba de Jackknife para datos de entrenamiento de <i>Prumnopitys montana</i>	45
Figura 18. Mapa del área potencial natural conservada de <i>Prumnopitys montana</i> en Ecuador, periodo 2000 - 2018	46
Figura 19. Área de distribución potencial natural conservada de <i>Prumnopitys montana</i> en Ecuador, periodo 2000-2018	47
Figura 20. Volumen de madera aprovechada de <i>Podocarpus oleifolius</i> en Ecuador desde 2013-2020.....	51
Figura 21. Volumen de madera aprovechado de <i>Prumnopitys montana</i> desde 2013-2018...	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estructura de la base de datos para el registro de información de las colecciones botánicas para las especies <i>Podocarpus oleifolius</i> y <i>Prumnopitys montana</i> .	20
Tabla 2. Listado y descripción de las variables ambientales utilizadas para el cálculo del área de distribución potencial natural.	21
Tabla 3. Resumen de criterios utilizados por la lista roja de la UICN para evaluación de categorías de amenaza.	30
Tabla 4. Contribución de las variables bioclimáticas y elevación al modelo de <i>Podocarpus oleifolius</i> .	38
Tabla 5. Contribución de las variables bioclimáticas y elevación al modelo de <i>Prumnopitys montana</i> .	44
Tabla 6. Tendencia de la Extensión de presencia (EEO) y Área de ocupación de <i>Podocarpus oleifolius</i> en Ecuador en los años 2000, 2008, 2014 y 2018.	48
Tabla 7. Densidad poblacional de <i>Podocarpus oleifolius</i> en diferentes localidades de Ecuador.	48
Tabla 8. Número y tendencia de localidades de <i>Podocarpus oleifolius</i> en Ecuador para los años 2000, 2008, 2014 y 2018.	49
Tabla 9. Criterios utilizados para asignar la categoría de conservación nacional para <i>Podocarpus oleifolius</i> en Ecuador.	53
Tabla 10. Tendencia de la Extensión de presencia (EEO) y Área de ocupación de <i>Prumnopitys montana</i> en el Ecuador en los años 2000, 2008, 2014 y 2018.	54
Tabla 11. Densidad poblacional de <i>Prumnopitys montana</i> en diferentes localidades del Ecuador.	55
Tabla 12. Número y tendencia de localidades con presencia de la especie <i>Prumnopitys montana</i> en Ecuador para los años 2000, 2008, 2014 y 2018.	55

Tabla 13. Criterios utilizados para asignar la categoría de conservación nacional para <i>Prumnopitys montana</i> en Ecuador.....	58
--	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Puntos de presencia de <i>Podocarpus oleifolius</i> y <i>Prumnopitys montana</i>	74
Anexo 2. Mapa de Extensión de presencia (EOO) y Área de ocupación (AOO) de <i>Podocarpus oleifolius</i> calculada en GeoCAT	78
Anexo 3. Mapa de Extensión de presencia (EOO) y Área de ocupación (AOO) de <i>Prumnopitys montana</i> calculada en GeoCAT	79
Anexo 4. Matriz de los criterios utilizados para la asignación de categoría nacional	80

**Evaluación del estado de conservación de *Podocarpus
oleifolius* D. Don y *Prumnopitys montana* (Humb. & Bonpl.
ex Willd.) De Laub. en Ecuador**

RESUMEN

La familia Podocarpaceae alberga las únicas especies coníferas nativas de Ecuador; presenta especies maderables importantes como *Podocarpus oleifolius* y *Prumnopitys montana* que tienen un alto valor comercial en el mercado local pues sus características físicas, mecánicas y de trabajabilidad las hacen atractivas para la industria maderera. Es por ello, que todas las especies de esta familia se consideran de aprovechamiento condicionado en las normas para el manejo forestal sostenible de los bosques húmedos del Ecuador pues se trata de especies que presentan bajas densidades en el bosque, menor a 0,33 individuos por hectárea y tienen problemas en su regeneración natural. En este sentido, la presente investigación evaluó el estado de conservación de *Podocarpus oleifolius* y *Prumnopitys montana* en Ecuador, para ello se determinó el área de distribución potencial natural y área natural conservada de las dos especies mediante el uso de un modelo de distribución de las especies y se analizó sus categorías de conservación aplicando las categorías y criterios de la lista roja de la UICN. El área de distribución potencial se calculó a través del programa MaxEnt mediante el uso de registros de presencia de las especies y variables ambientales (19 bioclimáticas y una de elevación). Los puntos de presencia fueron obtenidos de bases de datos taxonómicas como la Base de Datos y Sistema de Biodiversidad del Ecuador, las variables bioclimáticas (19) y de elevación se seleccionaron del WorldClim y procesadas en el programa QGIS 3.16.4. Para asignar la categoría de conservación se utilizó información sobre las especies referente a su distribución geográfica, tamaño y tendencia de las poblaciones, hábitat, ecología, amenazas, acciones de conservación y situación actual en otros países. Con toda la información se aplicaron las categorías y criterios de las UICN a nivel global y las directrices para el uso de los criterios de la lista roja de la UICN a nivel regional o nacional. Para *Podocarpus oleifolius* se determinó un área de distribución potencial natural y conservada de 3 472 992,06 ha y 2 297 375,40 ha respectivamente, para *Prumnopitys montana* se calculó un área de distribución

potencial natural de 1 031 696,62 ha y un área potencial natural conservada de 615 752,76 ha. En lo que respecta a las categorías de conservación nacional para *Podocarpus oleifolius* y *Prumnopitys montana* se asignaron las categorías Vulnerable (VU A2c) y EN Peligro (EN B2ab (ii)) respectivamente. Se trata de especies que presentan niveles de explotación actuales y muy probable potenciales por ser de alto valor comercial, forman parte de especies más aprovechadas en el sur del Ecuador y sus distribuciones geográficas potenciales naturales están fragmentadas.

Palabras clave: nativa, aprovechamiento, amenaza, categoría, vulnerable.

ABSTRACT

The Podocarpaceae family contains the only native coniferous species of Ecuador, it presents important timber species such as *Podocarpus oleifolius* and *Prumnopitys montana* that have a high commercial value in the local market because their physical, mechanical and workability characteristics make them attractive for the timber industry. That is why all the species of this family are considered to be of conditional use in the Norms for the sustainable forest management of the humid forests of Ecuador, since they are species that present low densities in the forest, less than 0,33 individuals per hectare and have problems in their natural regeneration. In this sense, the present research evaluated the conservation status of *Podocarpus oleifolius* and *Prumnopitys montana* in Ecuador, for which the natural potential distribution area and conserved natural area of the two species were determined by using a species distribution model, and their conservation categories were analyzed by applying the categories and criteria of the UICN red list. The potential distribution area was calculated through the MaxEnt program by using records of the presence of species and environmental variables (19 bioclimatic and one of elevation). The presence points were obtained from taxonomic databases such as the Ecuador Biodiversity Database and System, the bioclimatic variables (19) and elevation variables were obtained from WorldClim and processed with QGIS 3.16.4 program. To assign the conservation category, it was used information about the species regarding their geographical distribution, size and trend of populations, habitat, ecology, threats, conservation actions and current situation in other countries. With all the information, the UICN categories and criteria were applied at the global level and the guidelines for the use of the UICN red list criteria at the regional or national level. For *Podocarpus oleifolius*, a natural and conserved potential distribution area of 3472 992,06 ha and 2 297 375,40 ha respectively was determined, for *Prumnopitys montana* a natural potential distribution area of 1 031 696,62 ha and conserved natural potential area of 615 752,76 ha were

calculated. Regarding the national conservation categories for *Podocarpus oleifolius* and *Prumnopitys montana*, the Vulnerable (VU A2c) and in Endangered (EN B2ab (ii)) categories were assigned respectively. These are species with current and very likely potential levels of exploitation because of their high commercial value, they are among of the most widely exploited species in southern Ecuador and their natural potential geographic distributions are fragmented.

Key words: native, exploitation, threat, category, vulnerable.

1. INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país que está ubicado en la zona tropical, posee una extraordinaria diversidad biológica, esto ha hecho que forme parte de los 17 países en el mundo que presentan mayor diversidad biológica (Burneo, 2014). Cuenta con una diversidad florística de aproximadamente 18 198 especies de plantas vasculares de las cuales 17 748 son nativas y 4 500 endémicas. Por otro lado, en lo que respecta a la diversidad faunística cuenta con 643 especies de anfibios de los que 297 son endémicas, 491 especies de reptiles siendo 162 endémicas, el taxón mamífero con 440 especies con 43 endémicas y 1691 especies de aves siendo 41 endémicas (Bioweb, 2020). Respecto al endemismo vegetal, el 23 % está representando por arbustos y subarbustos; mientras que los árboles constituyen el 10 % del total de endemismo (León-Yáñez et al., 2011; Ministerio de Ambiente de Ecuador [MAE], 2015a).

Toda esta biodiversidad ecuatoriana se ha visto afectada por diversas causas como la deforestación, sobreexplotación de los recursos naturales, invasión de especies exóticas, cambio climático, minería y cambio de uso del suelo (MAE, 2019). Esta última causa de pérdida de biodiversidad, conlleva a actividades de deforestación, que de acuerdo al MAE (2019), para el periodo 2016 – 2018 el Ecuador registra una deforestación bruta y neta de 82 529 ha y 58 429 ha respectivamente.

La principal causa de pérdida de bosques es la deforestación por el cambio de uso del suelo, en especial a agricultura, pero el aprovechamiento forestal también contribuye en la pérdida de los bosques, por el aprovechamiento selectivo de especies arbóreas valiosas tales como *Swietenia macrophylla* (Caoba), *Cedrela odorata* (Cedro), *Humiriastrum procerum* (Chanul), *Podocarpus oleifolius* (Romerillo), entre otras.

Los árboles son recursos valiosos para el ambiente y la sociedad, en especial esta última, que utiliza bienes y servicios que ofrecen los árboles, siendo uno de ellos la madera. Las estadísticas del patrimonio natural de Ecuador (Ministerio de Ambiente de Ecuador, 2015b) menciona que en el inventario nacional forestal del Ecuador se inventariaron 102 647 árboles, siendo los principales tipos de uso de los árboles: madera 52 %, leña 19 %, frutos 7 % y otros usos 22 % (MAE, 2014).

La familia Podocarpaceae, que tiene especies de árboles, alberga las únicas especies coníferas nativas del Ecuador, presenta especies maderables importantes como *Podocarpus oleifolius* y *Prumnopitys montana*, que tienen un alto valor comercial en el mercado local, pues sus características físicas, mecánicas y de trabajabilidad, las hacen atractivas para las industrias de muebles, tableros de partículas y fibras (Yépez, 2016). Esta importancia económica ha provocado que sus poblaciones se encuentren amenazadas, más aún cuando son especies que presentan dificultades en sus etapas de reproducción, reforestación, hábitats convertidos a otros usos del suelo y aprovechamiento selectivo informal de la madera.

Hasta el año 2020, todas las especies de la familia Podocarpaceae en Ecuador son consideradas de aprovechamiento condicionado, esto según el Art. 38 del acuerdo ministerial 125 de las “Normas para el manejo sostenible de los bosques húmedos” (MAE, 2015c). El aprovechamiento condicionado se refiere a especies que presentan bajas densidades en el bosque, menor a 0,33 individuos por hectárea y tienen problemas en su regeneración natural.

Las medidas de conservación establecidas en Ecuador, como las áreas protegidas y programas de pagos por conservación de bosques han ayudado a conservar el hábitat y poblaciones naturales de especies forestales comerciales, entre ellas especies de las familia Podocarpaceae; sin embargo, el aprovechamiento ilegal, los escasos recursos económicos y de personal destinados al control y vigilancia forestal, ha permitido el deterioro progresivo de las

poblaciones forestales desconociéndose su real estado de conservación nacional. La presente investigación tiene como propósito generar nuevos conocimientos sobre el estado de conservación de dos especies de la familia Podocarpaceae en Ecuador, pues se trata de especies con maderas con alta demanda en el mercado nacional, son susceptibles al aprovechamiento selectivo, presentan bajas densidades en los bosques (menor a 0,33 ind/ha), tienen problemas en el desarrollo y establecimiento de su regeneración natural, poseen bajos porcentajes en reproducción vegetal sexual y asexual, y sus hábitats están amenazadas constantemente por el cambio de uso del suelo.

La información generada permitirá conocer su estado de conservación a través de una metodología aplicada a nivel mundial y servirá como insumo para que las autoridades encargadas del manejo y conservación de los recursos naturales, en particular del recurso forestal nacional, cuenten con información válida que contribuya a la toma de decisiones en el área de la regulación, control y manejo forestal sostenible. Los objetivos planteados fueron:

Objetivo general

- Contribuir al conocimiento del estado de conservación de dos especies de la familia Podocarpaceae mediante la aplicación de criterios de la lista roja de la UICN a nivel nacional con fines de su conservación y manejo sostenible.

Objetivos específicos

- Determinar el área de distribución potencial natural y área natural conservada de *Podocarpus oleifolius* y *Prumnopitys montana* en Ecuador, mediante el uso de un modelo de distribución de especies.
- Analizar las categorías de conservación para *Podocarpus oleifolius* y *Prumnopitys montana* en Ecuador aplicando las categorías y criterios de la lista roja de la UICN.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Aspectos Generales de la Familia Podocarpaceae

Las únicas especies coníferas de los trópicos, son las pertenecientes a la familia Podocarpaceae, las cuales son árboles de hasta 30 m de altura, siempreverdes, corteza pardo-oscuro muy agrietada, hojas alternas, sésiles o brevemente pecioladas, espiraladas o falsamente dísticas lineares, lanceoladas u ovaladas, uninervias la nervadura central conspicua. Plantas dioicas, raras veces monoicas. Conos masculinos cilíndricos arreglados en espigas en ramas laterales, amontonados en pedúnculos especializados o fasciculados en las axilas de las hojas. Conos femeninos reducidos solitarios y terminales sobre ramas cortas. Semillas drupáceas, fusionadas al epimacio, coriáceo o carnosos. Por otro lado, la madera de estas especies tienen un alto valor comercial, ya que presentan características físicas, mecánicas y de trabajabilidad, que son atractivas para las industrias de muebles, tableros de partículas y fibras, por lo cual tiene una amplia demanda (Aguirre, Merino y Gutierrez, 2013; Palacios, 2011).

2.1.1. Distribución Geográfica de la Familia Podocarpaceae

Diferentes investigaciones mencionan que la familia se encuentra conformada por 7 a 17 géneros y aproximadamente 170 especies, distribuidas principalmente en las regiones tropicales y subtropicales de ambos hemisferios, principalmente en el hemisferio sur. También se extiende hacia el norte hasta llegar a China, Japón, México, Centroamérica y el Caribe (Zamudio, 2014).

En América Latina la familia Podocarpaceae se encuentran principalmente en las zonas de montaña, hacia el flanco oriental de los Andes; desde los 49° latitud Sur en Argentina y Chile hasta más 20° de latitud Norte en México en la faja altitudinal que va de 0 a 3000 m s.n.m. (Zevallos, 1998).

2.1.2. Familia Podocarpaceae en Ecuador

En Ecuador la familia Podocarpaceae está representada por tres géneros nativos, dos en los bosques andinos y uno en la Amazonía. El género *Podocarpus*, con siete especies nativas: *P. glomeratus*, *P. guatemalensis*, *P. ingensis*, *P. macrostachys*, *P. oleifolius*, *P. sprucei* y *P. tepuiensis*; por otro lado, el género *Prumnopitys* se encuentra representado por una sola especie *P. montana*, distribuida en bosques andinos, y el género *Nageia* representada por una sola especie, *N. rospigliosii* distribuida en la Amazonía. En la región sur de Ecuador se han registrado nueve especies de romerillos a excepción de *P. glomeratus* el cual ha sido colectado en las provincias de Azuay y Chimborazo, siendo probable que se encuentre en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe (Aguirre *et al.*, 2013; Jørgensen y León-Yáñez, 1999).

2.1.3. Descripción Taxonómica *Podocarpus oleifolius* D. Don ex Lamb.

REINO	PLANTAE
DIVISIÓN	PYNOPHYTA
SUBDIVISIÓN	PINICAE
CLASE	PINOPSIDA
ORDEN	PINALES
FAMILIA	PODOCARPACEAE
Nombre científico	<i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don ex Lamb.
Nombre común	Romerillo, Olivo

Fuente: Aguirre, et al., 2015

2.1.4. Distribución Geográfica de *Podocarpus oleifolius* D. Don ex Lamb

Árbol nativo andino de las provincias: Azuay, Bolívar, Imbabura, Loja, Morona Santiago, Pichincha, Sucumbíos y Zamora Chinchipe; con un rango altitudinal entre 2000 -

3500 m s.n.m. (Jørgensen y León-Yáñez, 1999). Se lo puede localizar en el Bosque siempreverde montano bajo de la Cordillera Occidental y Oriental de los Andes, Bosque siempreverde montano de la Cordillera Occidental y Oriental de los Andes (Ministerio del Ambiente de Ecuador [MAE] y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2015).

2.1.5. Descripción Botánica de *Podocarpus oleifolius* D. Don ex Lamb

Son árboles o arbustos dioicos, densamente ramificados. Presentan fuste recto y cilíndrico. Corteza externa color café e interna rosada. Hojas alternas, dispuestas alrededor de las ramitas (espiraladas), numerosas, rígidas linear-lanceoladas. Plantas dioicas, flores masculinas son conos laterales en ramas foliosas, solitarios o agrupados, sésiles o pedunculados; y, conos femeninos sobre un receptáculo carnoso en pedúnculos axilares con 1–2 óvulos invertidos rodeados por el epimacio. Fruto estróbilos leñosos, semillas sobre el pedúnculo delgado y el receptáculo carnoso, ovoide-globosas, con una cresta apical corta (Aguirre, 2012; Aguirre *et al.*, 2013; Palacios, 2011).

2.1.6. Importancia y Usos de *Podocarpus oleifolius* D. Don ex Lamb

Esta especie cumple un papel fundamental en el mantenimiento de la integridad ecológica de los bosques andinos tropicales. Entre sus distintas funciones en estos ambientes destacan: frutos comestibles por aves (loros del género *Leptosittaca*); de igual forma, interviene en la conservación de los suelos, estabilización de cauces fluviales y en la protección de los acuíferos (Encarnación, 2019; MAE y FAO, 2015). Por otro lado, en la industria forestal su madera es utilizada principalmente para construcción de muebles finos, pisos, estructura de casas, tiene una densidad de la madera: 0,62 gr/ cm³ y es de color amarillo muy pálido 10YR 8/3 (Aguirre *et al.*, 2015).

2.1.7. Descripción Taxonómica de *Prumnopitys montana* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) de Laub

REINO	PLANTAE
DIVISIÓN	PYNOPHYTA
SUBDIVISIÓN	PINICAE
CLASE	PINOPSIDA
ORDEN	PINALES
FAMILIA	PODOCARPACEAE
Nombre científico	<i>Prumnopitys montana</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) de Laub.
Nombre común	Romerillo Fino

Fuente: Aguirre *et al.*, 2015

2.1.8. Distribución Geográfica de *Prumnopitys montana* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) de Laub.

Árbol nativo que se desarrolla en las provincias de Zamora Chinchipe, Cañar, Azuay y Loja; con un rango altitudinal entre 1500 a 4000 m s.n.m. (Jorgensen y León-Yáñez, 1999). Se localiza en los siguientes tipos de bosques montanos: Bosque siempreverde montano bajo de la Cordillera Occidental y Oriental de los Andes; Bosque siempreverde montano de la Cordillera Occidental y Oriental de los Andes (MAE y FAO, 2015).

2.1.9. Descripción Botánica de *Prumnopitys montana* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) de Laub

Los árboles de esta especie alcanzan alturas de hasta 30 m y DAP de 2 metros. Presentan un fuste liso, corteza delgada, brillante, lisa, gris. Hojas simples, perennifolias, dispuestas en dos planos y lineares, de 15 a 30 cm de largo y 2 mm de ancho, color verde por el haz y verde-azulado, con 2 bandas estomáticas por el envés, bordes enrollados y nervadura inferior notoria.

Flores femeninas en espigas axilares en el extremo de las ramillas de 2 a 2,5 cm. Presentan de 3 a 5 óvulos. Plantas monoicas, flores masculinas, amentiformes y sésiles, tienen 5 mm de largo y están situadas en los extremos de las ramas, flores femeninas conos carnosos. Frutos de 12 a 20 conos en amentos agrupados en espigas de hasta 5 cm de largo. Semillas, sésiles de 1,5 cm de largo y color azul-violeta en la madurez, tienen forma ovalada y están envueltas por una pulpa blanda (Aguirre, 2012; Aguirre *et al.*, 2013; Palacios, 2011).

2.1.10. Importancia y Usos de *Prumnopitys montana* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) de Laub

La madera de esta especie es utilizada principalmente para la elaboración de muebles de calidad, parquet y duela de pisos, también tiene gran potencial como materia prima para la fabricación de papel, de su corteza se extraen taninos, su densidad es de 0,74 gr/cm³ y el color de su madera amarillo muy pálido 10YR (Aguirre *et al.*, 2015; MAE y FAO, 2015).

2.2. Áreas de Distribución de Especies

Se conoce como área de distribución de las especies a aquella parte o fracción del espacio geográfico en el cual una especie está presente e interactúa en forma no efímera con el ecosistema en el que se desarrolla (Zunino y Palestrini, 1991). Entonces, el área de distribución de cada especie se debe a su capacidad de tolerancia ambiental, resultado de los distintos procesos evolutivos y adaptativos que han moldeado a los organismos y que por consiguiente, han determinado su presencia a ciertos espacios (Zunino, 2000).

2.2.1. Modelos de distribución de especies

Para entender que es un modelo de distribución de especies primero es necesario conocer el concepto de modelo. Savino, et al.(2015) mencionan que se denomina modelo a la representación de la realidad que refleja algunas de sus propiedades, es decir., es una simplificación. En este sentido, los modelos de distribución de especies son representaciones

cartográficas de la idoneidad de un espacio para la presencia o desarrollo de una especie, para generar estos modelos es necesario el análisis de variables que pueden ser geológicas, topográficas o climáticas.

En la actualidad gracias al avance en los Sistemas de Información Geográfica (SIG), se ha impulsado el desarrollo de técnicas para la construcción de modelos predictivos de distribución de las especies. Estos modelos ofrecen representaciones cuya fiabilidad es cuestionada cuando se trata de especies con pocas localidades conocidas (Savino *et al*, 2015).

2.2.2. *MaxEnt*

Es un software cuya finalidad es el análisis predictivo utilizando archivos cartográficos el cual contiene un formato y características específicas. Emplea un archivo de entrada de coordenadas de distribución de especies que es evaluado, junto con un grupo de variables bioclimáticas, para dar como resultado la posible distribución potencial de la especie.

Este programa aplica el principio de máxima entropía para el cálculo de la distribución geográfica que sea más probable para el desarrollo de una especie, por lo tanto, estima la probabilidad de ocurrencia de la especie buscando la distribución lo más uniforme posible. MaxEnt modela la distribución geográfica potencial de especies por medio de registros de presencia u ocurrencia conocidas, así como también variables ambientales de tipo continuas o categóricas (Phillips, et al , 2006).

2.3. Mecanismos y Categorías de Conservación

2.3.1. *Sistema Nacional de Áreas Protegidas*

Según el MAE (2007), el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) es el “conjunto de áreas naturales protegidas que garantizan la cobertura y conectividad de ecosistemas importantes en los niveles terrestre, marino y costero-marino, de sus recursos

culturales y de las principales fuentes hídricas” . El SNAP encierra 4 zonas del territorio y aloja 56 reservas naturales que se extienden en alrededor del 20 % del área de Ecuador. Está conformado por Parques Nacionales, Reservas Biológicas, Ecológicas, Geobotánicas, de Producción Faunística, Marinas, Refugios de Vida Silvestre, y Áreas de Recreación distribuidas en todo el Ecuador (Aguirre, 2014).

2.3.2. *Bosque y vegetación protectora*

De acuerdo con el Código Orgánico del Ambiente (2014), los bosques y vegetación protectora son aquellas formaciones vegetales, naturales o cultivadas, arbóreas, arbustivas o herbáceas de dominio público o privado, localizadas en áreas de topografía accidentada, en cabeceras de cuencas hidrográficas o en zonas que, por sus condiciones climáticas, edáficas e hídricas no son aptas para agricultura o la ganadería. Su importancia radica en la aportación de bienes, servicios y funciones protectoras relacionadas principalmente con provisión de agua para diferentes usos, la regulación y el control de inundaciones, y la continuidad de los procesos ecológicos (MAE, 2007; Grijalva et al., 2015).

2.3.3. *Programa Socio Bosque*

Se basa en la entrega de un incentivo económico a campesinos y comunidades indígenas que se comprometen voluntariamente a la conservación y protección de sus bosques nativos, páramos y otra vegetación nativa, busca justamente combatir esta problemática y los altos índices de pobreza (Grijalva et al., 2015). La entrega de este incentivo está condicionada a la protección y conservación de sus bosques, lo que significa que las personas reciben el incentivo una vez cumplen con las condiciones de seguimiento que se determinan en convenio que se firma con el Ministerio del Ambiente. El Programa Socio Bosque pretende conservar una

cobertura de 3.600.000 ha de bosques (MAEE, 2013). Para el año 2018, el área bajo conservación del programa es de 1 616 263,63 ha (Socio Bosque, 2020).

2.4. Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN

Las categorías y criterio de la lista roja de la UICN es un sistema que trata de proporcionar un marco explícito y objetivo para la clasificación del espectro más amplio posible de especies según su riesgo de extinción (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales [UICN], 2012a).

Se pretende que las Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN constituyan un sistema de fácil comprensión para clasificar especies de alto riesgo de extinción global, no obstante, estas categorías y criterios pueden ser aplicadas a otras escalas como a nivel regional, nacional o local (UICN, 2012a).

2.4.1. Categorías de conservación de la Lista Roja de la UICN

La UICN sugiere el uso de nueve categorías para determinar el riesgo de extinción de las especies, las mismas que permiten evaluar el estado de conservación de un taxón y de esta manera también identificar si se encuentra en alguna categoría de amenaza. A continuación se detalla cada una de ellas:

a) EXTINTO (EX)

Se presume que un taxón está Extinto cuando la realización de prospecciones exhaustivas de sus hábitats, conocidos y/o esperados, en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales), y a lo largo de su área de distribución histórica, no ha podido detectar un solo individuo. (UICN, 2012a).

b) EXTINTO EN ESTADO SILVESTRE (EW)

Cuando un taxón solo sobrevive en cultivo, en cautividad o como población (o poblaciones) naturalizadas completamente fuera de su distribución natural. Por lo tanto, se presume que un taxón está Extinto en Estado Silvestre cuando la realización de prospecciones exhaustivas de sus hábitats, conocidos y esperados, en los momentos apropiados, y a lo largo de su área de distribución histórica, no ha podido detectar un solo individuo (UICN, 2012a).

c) EXTINTO A NIVEL REGIONAL

Un taxón se encuentra en esta categoría cuando no hay una duda razonable de que el último individuo capaz de reproducirse en la región ha muerto o desaparecido de la naturaleza en la región (UICN, 2012b).

d) EN PELIGRO CRÍTICO (CR)

Un taxón se encuentra en esta categoría cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios “A” a “E” para En Peligro Crítico y, por consiguiente, se considera que se está enfrentando a un riesgo de extinción extremadamente alto en estado de vida silvestre (UICN, 2012a).

e) EN PELIGRO (EN)

Cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios “A” a “E” para En Peligro y, por consiguiente, se considera que se está enfrentando a un riesgo de extinción muy alto en estado de vida silvestre (UICN, 2012a).

f) VULNERABLE (VU)

Cuando evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios “A” a “E” para Vulnerable y, por consiguiente, se considera que se está enfrentando a un riesgo de extinción alto en estado de vida silvestre (UICN, 2012a).

g) CASI AMENAZADO (NT)

Cuando un taxón ha sido evaluado según los criterios y no satisface, actualmente, los criterios para En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable, pero está próximo a satisfacer los criterios, o posiblemente los satisfaga, en un futuro cercano (UICN, 2012a).

h) PREOCUPACIÓN MENOR (LC)

Un taxón se incluye en esta categoría cuando, habiendo sido evaluado, ni cumple ninguno de los criterios que definen las categorías de En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable o Casi Amenazado. Se incluyen en esta categoría taxones abundantes y de amplia distribución (UICN, 2012a).

i) DATOS INSUFICIENTES (DD)

Un taxón se incluye en esta categoría cuando no hay información adecuada para hacer una evaluación, directa o indirecta, de su riesgo de extinción basándose en la distribución y/o condición de la población. Un taxón en esta categoría puede estar bien estudiado, y su biología ser bien conocida, pero carecer de los datos apropiados sobre su abundancia y/o distribución. (UICN, 2012a).

j) NO EVALUADO (NE)

Un taxón se considera No Evaluado cuando todavía no ha sido clasificado en relación a estos criterios (UICN, 2012a).

2.4.2. Criterios de la UICN para las especies que están amenazadas

Existen cinco criterios cuantitativos que definen a una especie En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable; cumplir uno de estos criterios hace posible que un taxón pueda ser incluido en ese nivel de amenaza.

2.4.2.1. Criterio A: reducción del tamaño de la población. El nivel de reducción se mide considerando el período más largo, ya sea 10 años o 3 generaciones, se toma en consideración los siguientes subcriterios:

- Reducción del tamaño de la población observada, estimada, inferida o sospechada, en el pasado donde las causas de la reducción son claramente reversibles, entendidas, conocidas y han cesado.
- Reducción del tamaño de la población observada, estimada, inferida o sospechada, en el pasado donde las causas de la reducción pudieron no haber cesado o no ser entendidas y conocidas o no ser reversibles.
- Reducción del tamaño de la población que se proyecta, se infiere o se sospecha será alcanzada en el futuro (hasta un máximo de 100 años).
- Reducción del tamaño de la población observada, estimada, inferida, proyectada o sospechada donde el período de tiempo considerado debe incluir el pasado y el futuro (hasta un máx. de 100 años en el futuro), y donde las causas de la reducción pueden no haber cesado o pueden no ser entendidas y conocidas o pueden no ser reversibles.

2.4.2.2. Criterio B: Disminución, fragmentación o fluctuaciones de la distribución geográfica. Para la aplicación de este criterio se tiene en consideración los siguientes subcriterios:

- Extensión de presencia (EEO)
- Área de ocupación (AEO)

Y por lo menos dos de las siguientes consideraciones:

- Severamente fragmentada, o número de localidades
- Disminución continua observada, estimada, inferida o proyectada

- Fluctuaciones extremas

2.4.2.3. Criterio C: tamaño pequeño de la población acompañado de disminución, fragmentación o fluctuaciones. Para la evaluación de este criterio se toma en cuenta el número de individuos maduros y los siguientes subcriterios:

- Una disminución continúa observada, estimada o proyectada (hasta un máximo de 100 años en el futuro).
- Una disminución continúa observada, estimada, proyectada o inferida y por lo menos 1 de las siguientes 3 condiciones: número de individuos maduros en cada subpoblación, % de individuos en una sola subpoblación y fluctuaciones extremas en el número de individuos maduros.

2.4.2.4. Criterio D: tamaño muy pequeño de la población o distribuciones restringidas.

Para evaluar este criterio se tienen en cuenta los siguientes subcriterios:

- Número de individuos maduros muy pequeña o restringida
- Solo aplicable a la categoría VU Área de ocupación restringida o bajo número de localidades con una posibilidad razonable de verse afectados por una amenaza futura que podría elevar al taxón a CR o EX en un tiempo muy corto.

2.4.2.5. Criterio E. Análisis cuantitativo que muestre una probabilidad específica de extinción. Este criterio indica la probabilidad de extinción en estado silvestre.

2.4.3. Categorías y criterios de la lista roja de la UICN a nivel regional

La aplicación de las categorías y criterios de la Lista Roja de la UICN a nivel regional debe seguir estas directrices sin ninguna desviación o modificación ya que son aplicables en cualquier país o región. Por otro lado, las categorías utilizadas son las mismas que a nivel global a diferencia que se incluye la categoría Extinto a Nivel Regional (ER), así mismo se realizan

las evaluaciones en base a los criterios establecidos por la UICN, (2012b), también se realiza una evaluación de cómo se encuentran las poblaciones en regiones vecinas.

2.5. Investigaciones Realizadas sobre el Estado de Conservación de Especies Forestales mediante Categorías y Criterios de la UICN

En el estudio realizado por Santiana (2009) sobre diversidad, distribución y conservación de la familia Bombacaceae en Ecuador, se determinó el estado de conservación de las especies endémicas mediante las categorías de amenaza y los criterios A, B y D2 de la UICN, teniendo como resultado que *Matisia coloradorum*, *M. palenquiana* y *Quararibea casasecae* están En Peligro Crítico; *Spirotheca awadendron* es considerada En Peligro y finalmente las dos especies de la Amazonía (*Matisia uberrima* y *Phragmotheca ecuadorensis*) son Vulnerables.

Aulló (2014) evaluó el estado de conservación de dos especies forestales priorizadas participativamente en la subcuenca del río Quijos, provincia de Napo, Ecuador. Para ello utilizó las categorías de amenazas presentadas por la UICN (2001 versión 3.1) que son: En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN) y Vulnerable (VU), Casi Amenazado (NT) y Preocupación Menor (LC) y los criterios B y D, ya que los consideró suficientes para la determinación del estudio debido a su menor complejidad para realizar el análisis. Para la recopilación de información realizó un diagnóstico rural participativo y de esta manera elegir las especies más valoradas por los habitantes, Teniendo como resultado que las especies en estudio *Cedrela montana* y *Erythina edulis* se encuentran en categoría de amenaza ya que se encuentran En Peligro Crítico (CN).

Pavón (2016) realizó un estudio sobre evaluación del estado de conservación y caracterización del estado poblacional de dos especies forestales priorizadas participativamente

en la microcuenca del río Chimborazo, para esto utilizó dos categorías de conservación: En Peligro (EN) y Vulnerables (VU), y aplicó los criterios B y D, ya que los consideró suficientes para el cumplimiento de los objetivos de la investigación. El análisis del estado de conservación lo realizó para sistemas integrados y área de bosque natural, teniendo como resultado para la especie *Polylepis racemosa* en estado Vulnerable (VU) en sistemas integrados, mientras que la especie *Buddleja incana* se encuentra en estado Vulnerable (VU) en sistemas integrados y En Peligro (EN) en área de bosque natural.

Otro estudio realizado por Ortiz y Stapf (2016) sobre la “Evaluación del Estado de Conservación de las Especies Endémicas del Género *Cordia* (Boraginaceae) en Panamá” utilizaron los criterios y directrices de la UICN para determinar la categoría de riesgo. De los cinco criterios establecidos, solo utilizaron el criterio B, que consiste en el uso de la información sobre la distribución geográfica del taxón, representada como Extensión de Presencia (EOP) y el Área de Ocupación (AOO). Este análisis lo realizaron a tres especies teniendo como resultado las siguientes categorías: *Cordia lasiocalyx* en estado Vulnerable (VU), *Cordia leslieae* en estado En Peligro (EN) y *Cordia tacarcunensis* Datos insuficientes (DI).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

El área de estudio fue a escala nacional, es decir se consideraron los límites territoriales del Ecuador para el análisis del estado de conservación de las especies *Podocarpus oleifolius* y *Prumnopitys montana* (Figura 1)

P. oleifolius tiene un rango de distribución desde 2000 a 3500 m s.n.m, está presente en las provincias de Azuay, Bolívar, Imbabura, Loja, Morona Santiago, Pichincha, Sucumbíos y Zamora Chinchipe. Mientras que, *P. montana* se encuentra desde 1500 a 4000 m s.n.m. en las provincias de Azuay, Cañar, Loja y Zamora Chinchipe (Jørgensen y León-Yáñez, 1999) .

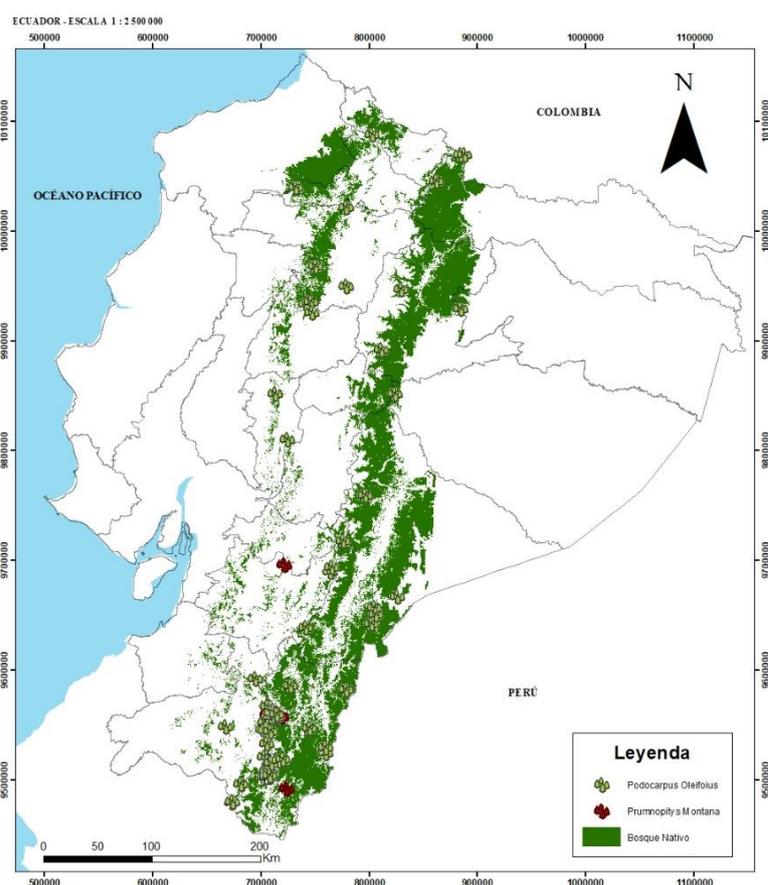


Figura 1. Distribución geográfica aproximada de *Podocarpus oleifolius* y *Prumnopitys montana* en Ecuador

3.2. Metodología para Calcular el Área de Distribución Natural Potencial y Área Natural Conservada de *Podocarpus oleifolius* y *Prumnopitys montana* en Ecuador

El cálculo del área de distribución natural potencial y área conservada se lo hizo por medio de un modelo de distribución potencial para cada una de las especies (Fajardo-Gutiérrez et al., 2018; Phillips et al., 2006).

3.2.1. Área de distribución natural potencial

El proceso realizado para el cálculo del área de distribución natural potencial se presenta en la Figura 2.

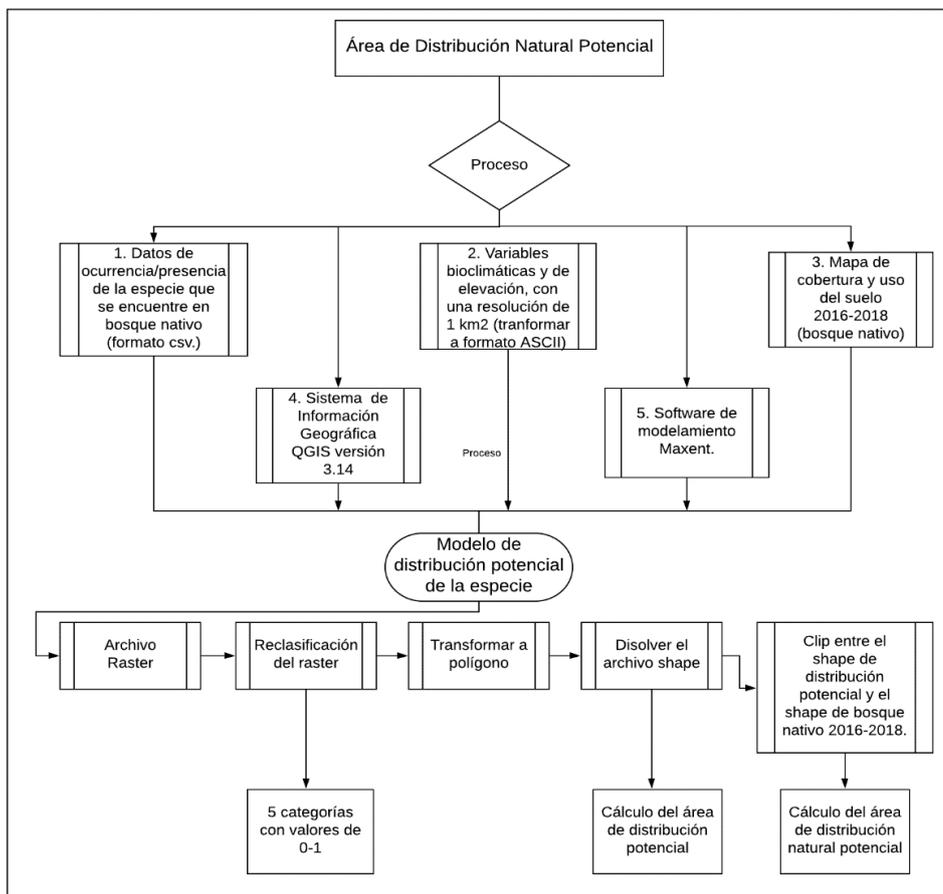


Figura 2. Esquema del proceso para determinar el área de distribución natural potencial.

Fuente: Elaboración propia

El modelo de distribución potencial de las especies se lo realizó con registros de presencia u ocurrencia de las mismas y variables ambientales.

Los registros de presencia correspondieron a la ubicación geográfica de los individuos de las especies, que fueron obtenidos de bases de datos taxonómicas como la Base de Datos y Sistema de Biodiversidad del Ecuador (<https://bndb.sisbioecuador.bio/>), Trópicos (www.tropicos.org), GBIF (<https://www.gbif.org/>), y la consulta bibliográfica en fuentes de información secundaria que tenían datos de ocurrencia de las especies en estudio.

Para validar los registros de presencia se considerando algunos criterios como:

- La coordenada geográfica del registro coincida con el área de distribución natural de la especie.
- Registro colectado únicamente en bosque nativo.
- Se excluyeron registros que presentaron problemas al momento de ser visualizados en un software SIG.
- Se eliminaron registros duplicados.

La información fue almacenada en una base de datos, que se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Estructura de la base de datos para el registro de información de las colecciones botánicas para las especies *Podocarpus oleifolius* y *Prumnopitys montana*.

COD_coleccion	
Nombre_cientifico	
Nombre_comun	
Ubicacion_politica	Provincia
	Cantón
	Parroquia
Ubicación_geografica	Coordenadas_X

Coordenadas_Y

Fecha_coleccion

Nombre_colector

Nombre_identificador

Fuente: Elaboración propia

Las variables ambientales utilizadas para la generación del modelo de distribución potencial fueron: 19 variables bioclimáticas y una variable topográfica que correspondió a la elevación del terreno, obtenidas de la página web WorldClim (<https://www.worldclim.org/>), a una resolución espacial de 30 segundos, aproximadamente 1 km² (Fick y Hijmans, 2017). Ambas variables fueron cortadas y analizadas de acuerdo a los límites territoriales del Ecuador continental (Anexo 1). Las variables ambientales utilizadas se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Listado y descripción de las variables ambientales utilizadas para el cálculo del área de distribución potencial natural

Variables	Descripción
Bio1	Temperatura media anual
Bio2	Rango de temperaturas diurnas
Bio3	Isotermalidad (BIO2/BIO7) (* 100)
Bio4	Estacionalidad en la temperatura (desviación estándar * 100)
Bio5	Temperatura máxima del mes más cálido
Bio6	Temperatura mínima del mes más frío
Bio7	Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6)
Bio8	Temperatura media del trimestre más húmedo
Bio9	Temperatura media del trimestre más seco
Bio10	Temperatura media del trimestre más cálido
Bio11	Temperatura media del trimestre más frío

Bio12	Precipitación anual
Bio13	Precipitación del mes más húmedo
Bio14	Precipitación del mes más seco
Bio15	Estacionalidad en la precipitación (coeficiente de variación)
Bio16	Precipitación del trimestre más húmedo
Bio17	Precipitación del trimestre más seco
Bio18	Precipitación del trimestre más cálido
Bio19	Precipitación del trimestre más frío
Elev	Elevación del terreno

Fuente: WorldClim

El modelo de distribución potencial se realizó por medio del uso del programa Maximum Entropy Species Distribution Modeling (MaxEnt) versión 3.4.1 (Phillips et al., 2006). Los insumos utilizados para la generación del modelo fueron: registros de presencia y variables ambientales.

Los registros de presencia se ordenaron en un archivo formato csv, en el siguiente orden: nombre de la especie, longitud y latitud.

Las variables ambientales para ser cargadas al programa MaxEnt fue necesario convertirlas en formato ASCII. Los registros de presencia y variables ambientales estuvieron con el mismo sistema de coordenadas. La configuración del programa MaxEnt fue de la siguiente manera:

- **Samples File:** se agregó el archivo de registros de presencia de las especies en formato csv.
- **Environmental layers:** se cargaron las variables bioclimáticas y de elevación en formato ASCII. Para cada una de ellas fue necesario seleccionar el tipo de variables,

que en este caso fueron todas continuas.

- Se activaron las casillas correspondientes a *Create response curve*, *Make pictures of predictions* y *Do Jackknife to measure variable importance*, lo que permitió contar con información para validar y conocer la importancia y aporte de cada variable al modelo de distribución.
- **Output format:** se seleccionó el tipo logistic.
- **Output file type:** se seleccionó el formato ASC.
- **Output directory:** se seleccionó la carpeta destino para el almacenamiento de los resultados que genera el programa.
- **Settings:** se seleccionó la opción *Remove duplicate presence records* y en la opción *Randon test percentage* se escribió el número 25 que correspondió al porcentaje de datos de registros utilizados para el entrenamiento del modelo.
- Se ejecutó el programa (run).

La validación del modelo se hizo por medio del estadístico AUC (área bajo la curva) a través del análisis de la curva Receiver Operating Characteristic (ROC), que fue proporcionada por el programa MaxEnt, esta curva describió la tasa de identificación correcta de presencias (sensitivity, en las y) contra la tasa de falsas alarmas (1-specificity, en las x).

La representación espacial del modelo, obtenido con MaxEnt, se realizó en el programa QGis versión 3.14, para esto se realizó una reclasificación del archivo ráster generado por el programa, se utilizaron 5 categorías que van en un rango de 0 a 1, seguido de esto se transformó a polígono y se procedió a realizar un dissolve y calcular el área de distribución potencial para cada una de las especies.

Posteriormente, se cruzó el área de distribución potencial con la capa de bosques del

Ecuador (extraído del mapa de cobertura y uso del suelo 2016-2018), obteniendo de esta manera el área de distribución natural potencial para cada una de las especies.

3.1.2. Área de Distribución Natural Conservada

En la Figura 3 se presenta el esquema utilizado para calcular el área de distribución potencial natural conservada. Para esto se realizaron análisis espaciales geográficos por medio del cruce de información, en formato shapefile. El análisis consistió en restar del área de distribución potencial natural de las especies, la superficie que estuvo fuera de áreas destinadas a la conservación como áreas protegidas del SNAP, bosques y vegetación protectora y socio bosque.

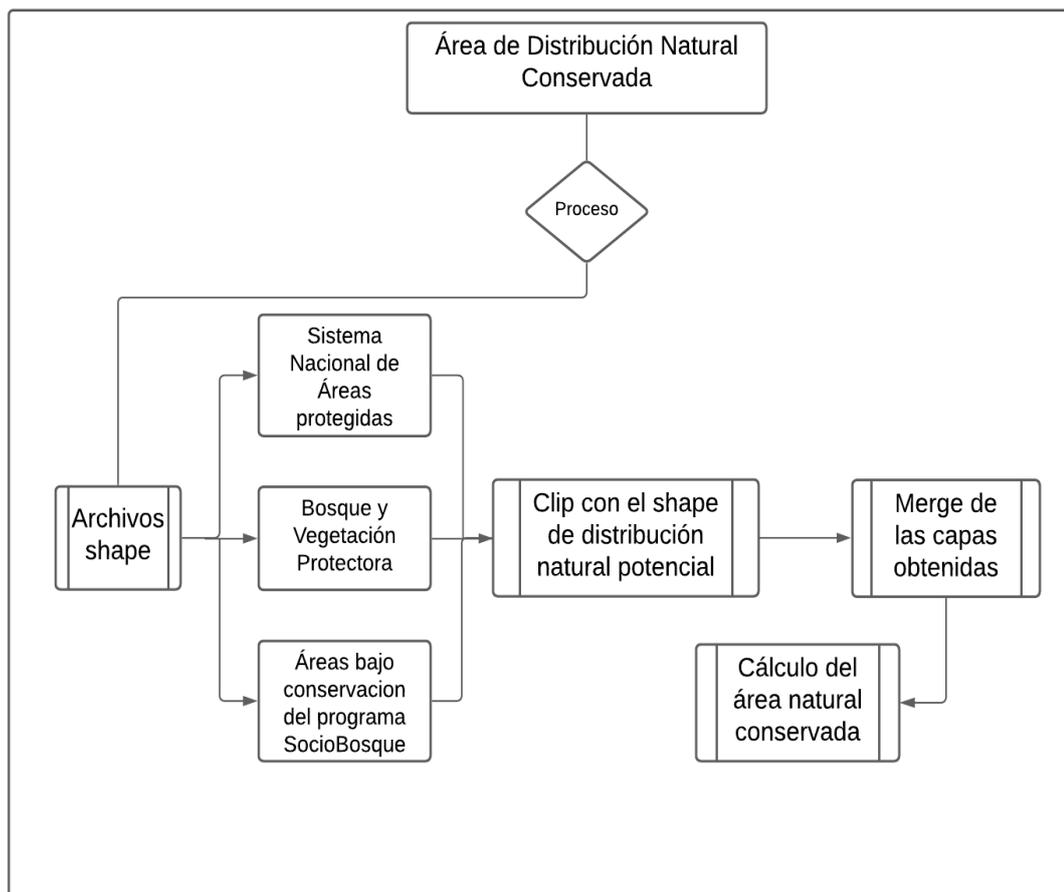


Figura 3. Esquema del proceso para determinar el área de distribución natural conservada

Fuente: Elaboración propia

3.3. Metodología para analizar las categorías de conservación para *Podocarpus oleifolius* y *Prumnopitys montana* en Ecuador

El estado de conservación de las especies *Podocarpus oleifolius* y *Prumnopitys montana* se determinó en base a la evaluación del riesgo de extinción de las especies a una escala o nivel nacional, considerando la metodología categorías y criterios de la lista roja de la UICN, versión 3.1 (UICN, 2012a; UICN, 2012b). En la Figura 4, se presenta el esquema que se siguió para evaluar el riesgo de extinción de las especies.

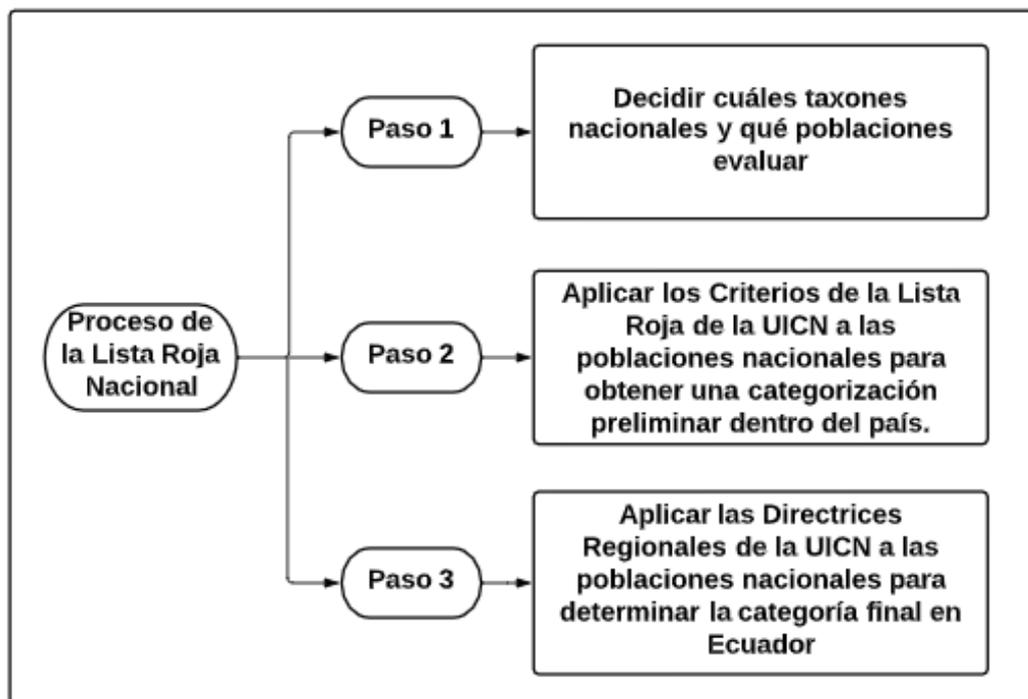


Figura 4. Esquema de evaluación del riesgo de extinción de las especies a escalas nacionales de acuerdo con UICN

Fuente: UICN (2012b)

3.3.1. Determinar las especies a evaluar

Las especies forestales *P. oleifolius* y *P. montana* fueron seleccionadas por su importancia ecológica dentro de los ecosistemas donde se desarrollan, ya que viven en simbiosis con otras especies, por lo que cumplen un papel fundamental en la estructura,

composición y función de los mismos; por otro lado, tienen una importancia económica pues son especies que proveen madera y la misma presenta características físicas, mecánicas y de trabajabilidad atractivas para la industria maderera. Además, se encuentran catalogadas entre las especies forestales más aprovechadas de la región sur de Ecuador y todas las especies de la familia Podocarpaceae se encuentran consideradas como especies de aprovechamiento condicionado (Aguirre *et al.*, 2015; MAE, 2015).

3.3.2. Asignación de categorías y aplicación de criterios de la Lista Roja de la UICN

La metodología de la lista roja de la UICN (UICN, 2012b), a nivel regional, considera 10 categorías para evaluar el riesgo de extinción de las especies (**Figura 5**).

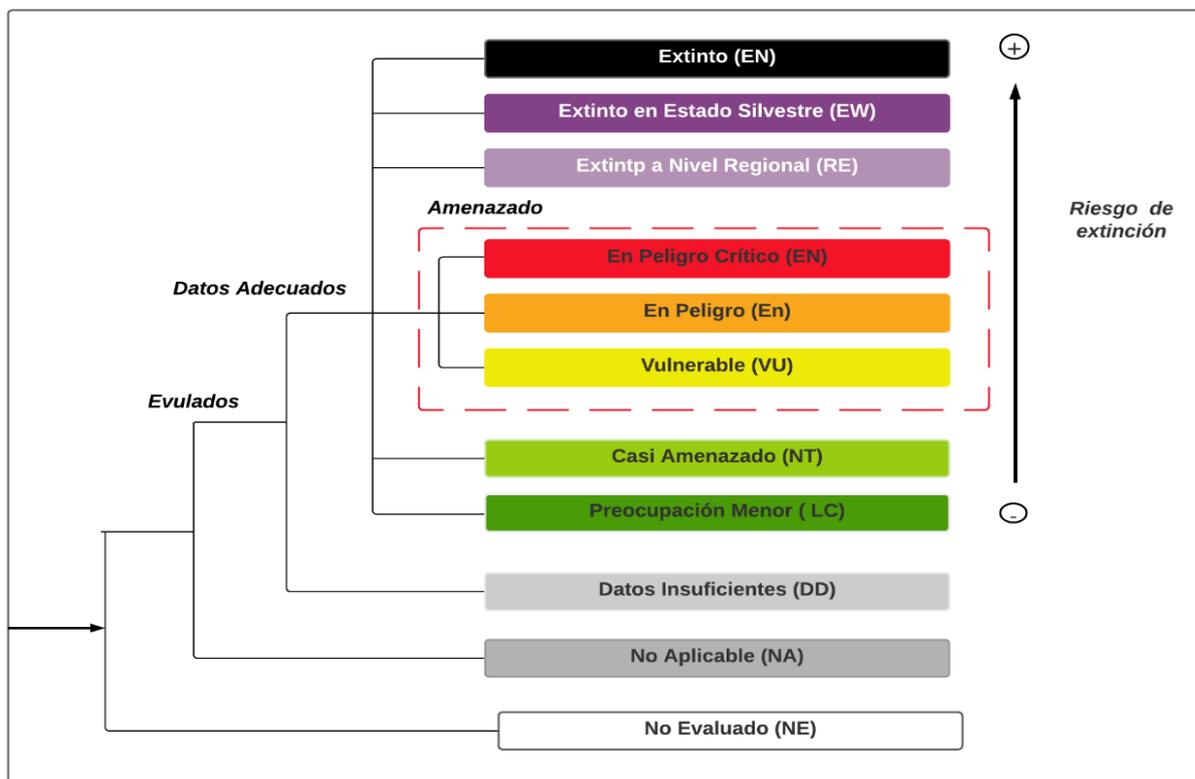


Figura 5. Categorías de la Lista Roja de la UICN a nivel regional para evaluar el riesgo de extinción

Fuente: UICN (2012b)

La información que se requirió para evaluar el riesgo de extinción de una especie y asignar una categoría preliminar de la lista roja de la UICN, para árboles, fue conocer sobre distribución de las especies, tamaño y tendencia de las poblaciones, hábitat y ecología, amenazas y acciones de conservación; que se detallan a continuación:

- **Distribución de las especies**

La lista roja de la UICN generalmente utiliza dos parámetros para estimar la distribución de las especies: extensión de presencia (EEO) que es la superficie delimitada por la línea imaginaria continua más corta que abarca todas las ocurrencias de una especie; por otro lado, el área de ocupación (AOO) que se calcula al suponer una cuadrícula sobre los puntos de presencia u ocurrencia de la especie, cada casilla tiene una dimensión de 4 km² (Figura 6) la suma de las superficies de todas las casillas ocupadas determinan el AOO (UICN, 2012a). Para la superficie EEO se consideró el área distribución potencial natural de las especies calculada con el modelo de distribución, y la AOO se obtuvo con la ayuda de la aplicación GeoCAT (www.geocat.kew.org), para lo cual fue necesario crear un archivo formato .csv con la información en el orden: latitud, longitud y nombre científico.

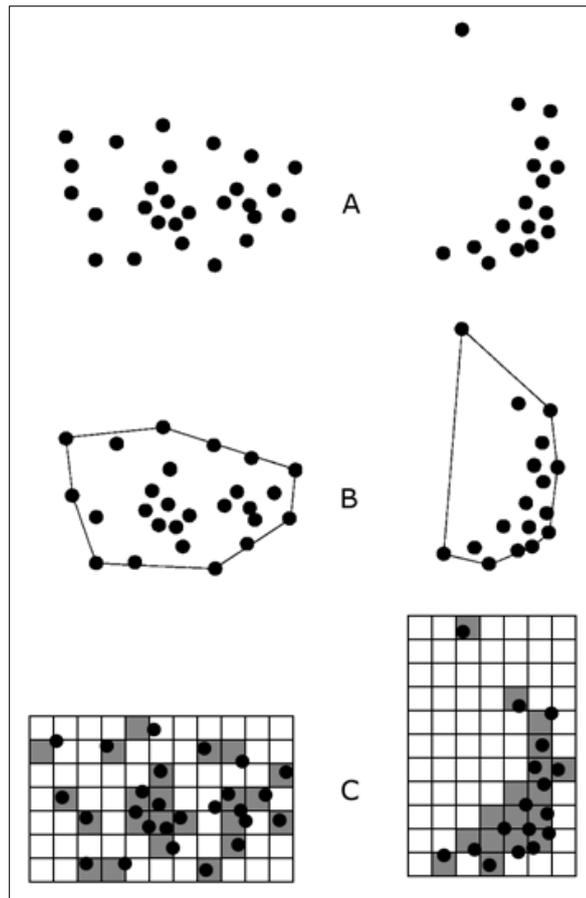


Figura 6. Diferencias entre EOO y AOO. A) registros de presencia, B) área de la extensión de presencia EOO, C) área de ocupación AOO.

Fuente: UICN, 2012a

- **Tamaño y tendencias de las poblaciones**

El tamaño de la población, según UICN (2012b), se refiere al número total global de individuos maduros de una especie, información que no estuvo disponible para las especies forestales. Por lo tanto, para contar con información sobre tendencias de las poblaciones se consideró los registros de presencia como registros de poblaciones y a través de análisis multitemporales del área de distribución potencial natural de las especies, para los años 2000, 2008, 2014 y 2018, se pudo conocer sobre tendencias o cambios en las poblaciones de las especies durante los últimos 18 años.

- **Hábitat y ecología**

Se consultó información sobre hábitat y ecología en diferentes fuentes de información secundaria como libros, artículos científicos, páginas web, entre otros. Los aspectos consultados principalmente fueron: descripción botánica, tipo de ecosistema donde se desarrolla la especie, métodos de propagación, fenología, regeneración natural.

- **Amenazas**

Se investigó información en diferentes fuentes secundaria como revistas, tesis, artículos científicos; además, como se trata de especies de interés comercial aprovechadas por su madera, se solicitó información al Ministerio del Ambiente y Agua sobre datos de aprovechamiento de madera para las especies *P. oleifolius* y *P. montana*, teniendo registros para el periodo 2010-2020.

- **Acciones de conservación**

Se investigó información en fuentes secundarias como tesis, páginas web, artículos científicos, revistas científicas, planes de manejo de áreas protegidas, entre otros que hablen sobre acciones de conservación que contemplaron a las especies forestales en estudio.

Con toda esta información se procedió a evaluar, según una serie de umbrales cuantitativos y de subcriterios, si las especies forestales *P. oleifolius* y *P. montana* presentaban un riesgo de extinción. Para ello se aplicaron los criterios de la UICN para saber si eran especies amenazadas y asignar la respectiva categoría En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN) y Vulnerable (VU). Los criterios de evaluación aplicados se presentan en la Tabla 3, junto con un resumen de los subcriterios y umbrales de medición utilizados por la lista roja de la UICN.

Tabla 3. Resumen de criterios utilizados por la lista roja de la UICN para evaluación de categorías de amenaza

A. Reducción del tamaño poblacional. Reducción del tamaño de la población basada en cualquiera de los subcriterios A1 a A4. El nivel de reducción se mide considerando el período más largo, ya sea 10 años o 3 generaciones.			
	En Peligro Crítico	En Peligro	Vulnerable
A1	≥ 90 %	≥ 70 %	≥ 50 %
A2, A3 y A4	≥ 80 %	≥ 50 %	≥ 30 %
<p>A1 Reducción del tamaño de la población observada, estimada, inferida o sospechada, en el pasado donde las causas de la reducción son claramente reversibles, entendidas y conocidas y han cesado.</p> <p>A2 Reducción del tamaño de la población observada, estimada, inferida o sospechada, en el pasado donde las causas de la reducción pudieron no haber cesado O no ser entendidas y conocidas O no ser reversibles.</p> <p>A3 Reducción del tamaño de la población que se proyecta, se infiere o se sospecha será alcanzada en el futuro (hasta un máximo de 100 años) [(a) no puede ser usado].</p> <p>A4 Reducción del tamaño de la población observada, estimada, inferida, proyectada o sospechada donde el período de tiempo considerado debe incluir el pasado y el futuro (hasta un máx. de 100 años en el futuro), y donde las causas de la reducción pueden no haber cesado O pueden no ser entendidas y conocidas O pueden no ser reversibles.</p>	<p><i>Con base en y especificando cualquiera de los siguientes puntos</i></p>		<p>observación directa [excepto (a) A3]</p> <p>(b) un índice de abundancia apropiado para el taxón</p> <p>(c) una reducción del área de ocupación (AOO), extensión de presencia (EOO) y/o calidad del hábitat</p> <p>(d) niveles de explotación reales o potenciales</p> <p>(e) como consecuencia de taxones introducidos, hibridación, patógenos, contaminantes, competidores o parásitos</p>
B. Distribución geográfica representada como extensión de presencia (B1) Y/O área de ocupación (B2)			
	En Peligro Crítico	En Peligro	Vulnerable
B1. Extensión de presencia (EOO)	< 100 km ²	< 5000 km ²	< 20 000 km ²
B2. Área de ocupación (AOO)	< 10 km ²	< 500 km ²	< 2000 km ²

Y por lo menos 2 de las siguientes 3 condiciones

- | | | | |
|--|---|-----|------|
| (a) Severamente fragmentada, O Número de localidades | 1 | ≤ 5 | ≤ 10 |
| (b) Disminución continua observada, estimada, inferida o proyectada en cualesquiera de: (i) extensión de presencia; (ii) área de ocupación; (iii) área, extensión y/o calidad del hábitat; (iv) número de localidades o subpoblaciones; (v) número de individuos maduros | | | |
| (c) Fluctuaciones extremas en cualesquiera de: (i) extensión de presencia; (ii) área de ocupación; (iii) número de localidades o subpoblaciones; (iv) número de individuos maduros | | | |

C. Pequeño tamaño de la población y disminución.

	En Peligro Crítico	En Peligro	Vulnerable
Número de individuos maduros	< 100 km ²	< 5000 km ²	< 20 000 km ²
Y por lo menos uno de C1 o C2			
C1 Una disminución continua observada, estimada o proyectada (hasta un máximo de 100 años en el futuro) de al menos:	el 25 % en 3 años o 1 generación (lo que fuese más largo)	el 20 % en 5 años o 2 generaciones (lo que fuese más largo)	el 10 % en 10 años o 3 generaciones (lo que fuese más largo)
C2 Una disminución continua observada, estimada, proyectada o inferida Y por lo menos 1 de las siguientes 3 condiciones:			
(a) (i) Número de individuos maduros en cada subpoblación	≤ 50	≤ 50	≤ 50
(ii) % de individuos en una sola subpoblación =	90-100 %	95-100 %	100 %

D. Población muy pequeña o restringida

	En Peligro Crítico	En Peligro	Vulnerable
D. Número de individuos maduros	< 50	< 250	D1. < 1000
D2 Solo aplicable a la categoría VU Área de ocupación restringida o bajo número de localidades con una posibilidad razonable de verse afectados por una amenaza futura que podría elevar al taxón a CR o EX en un tiempo muy corto.			D2. típicamente: AOO < 20 km ² o número de localidades 5

E. Análisis Cuantitativo

	En Peligro Crítico	En Peligro	Vulnerable
Indica que la probabilidad de extinción en estado silvestre es:	50 % dentro de 10 años o 3 generaciones, lo que fuese más largo (100 años máx.)	20 % dentro de 20 años o 5 generaciones, lo que fuese más largo (100 años máx.)	10 % dentro de 100 años

Fuente: UICN, 2012a

3.3.3. Aplicación de las Directrices Regionales de la UICN

De acuerdo con la UICN (2001, 2012b), las Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN fueron desarrolladas para clasificar las especies en alto riesgo de extinción a nivel mundial, y su aplicabilidad ha sido en especies endémicas. No obstante, estas categorías y criterios pueden ser aplicadas a una escala o nivel regional, nacional o local (UICN, 2012b). Por lo tanto, todas las reglas y definiciones en las Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN fueron aplicables para determinar las categorías de las especies a una escala o nivel nacional.

El mayor conocimiento de las especies sobre su ecología, manejo, reproducción, distribución, tamaños, tendencias de las poblaciones, amenazas y acciones de conservación, entre otros, fueron claves para la asignación de las categorías.

La categoría preliminar fue evaluada acorde a las directrices para el uso de los criterios de la lista roja de la UICN a nivel regional (UICN, 2012b). Esta evaluación fue realizada para las poblaciones reproductoras y visitantes de *P. oleifolius* y *P. montana* que existen fuera de los límites nacionales del Ecuador y que pueden tener influencia en el riesgo de extinción de las especies a nivel nacional. Para ello se aplicó una serie de preguntas, tal como se indica en la Figura 7, determinando así la categoría final para las especies.

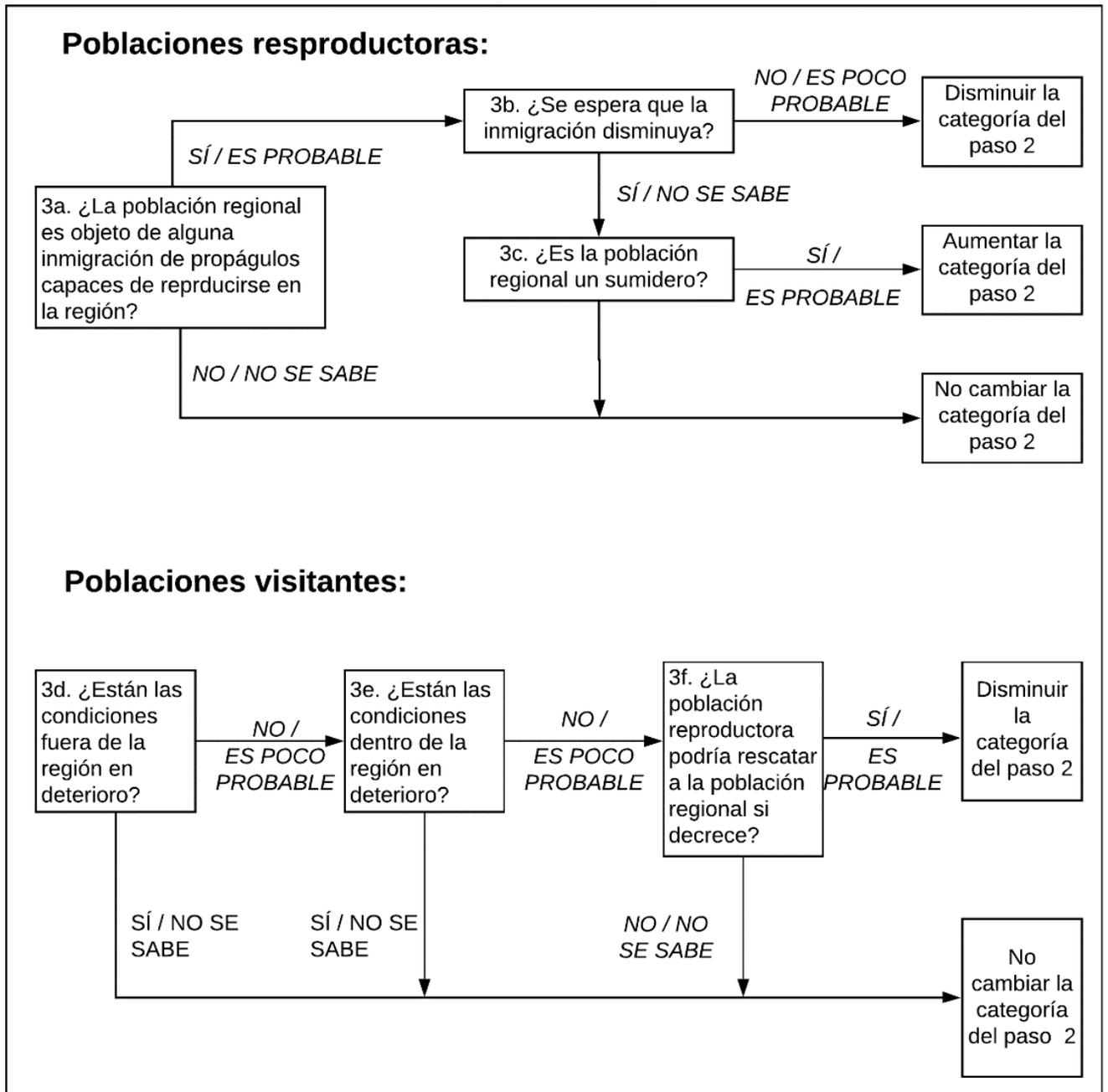


Figura 7. Esquema conceptual del proceso de ajuste de la categoría preliminar de la UICN hacia la categoría final.

Fuente: UICN, 2012b

4. RESULTADOS

4.1. Área de Distribución Natural Potencial y Conservada de *Podocarpus oleifolius* y *Prumnopitys montana* en Ecuador

4.1.1. Área de Distribución Natural Potencial y Área Natural Conservada de *Podocarpus oleifolius*.

a) Área de Distribución Potencial Natural

En la Figura 8, se presenta el área de distribución potencial y área de distribución potencial natural para *Podocarpus oleifolius* en Ecuador, que fue de 6 479 162,68 ha y 3 472 992,06 ha respectivamente.

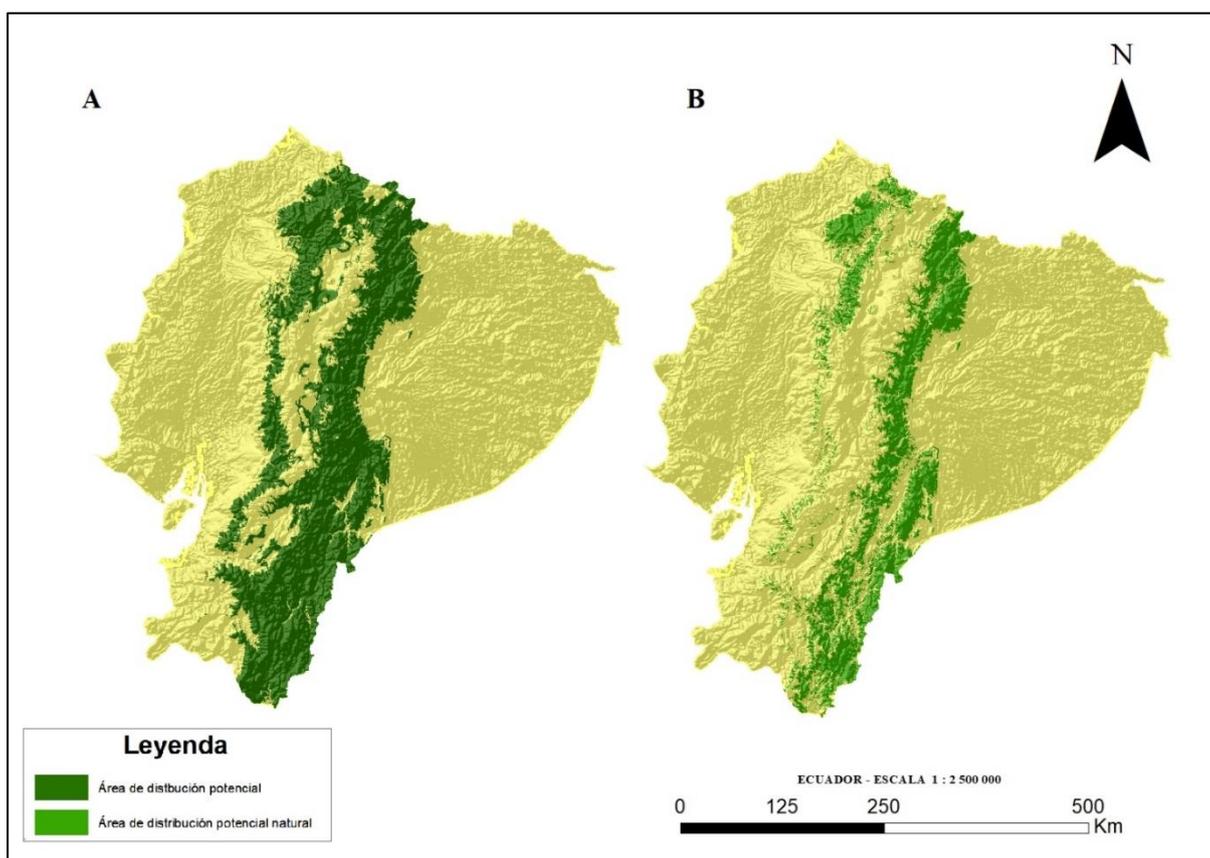


Figura 8. Mapa de distribución potencial (A) y distribución potencial natural (B) de *Podocarpus oleifolius* en Ecuador

La probabilidad de ocurrencia para *P. oleifolius* en Ecuador se presenta en la Figura 9. Las provincias de Loja, Zamora Chinchipe y Morona Santiago presentaron probabilidades de ocurrencia alta a muy alta para la especie, es decir, existen condiciones ambientales en estas provincias, como el clima y elevación, que son adecuadas para que la especie se desarrolle.

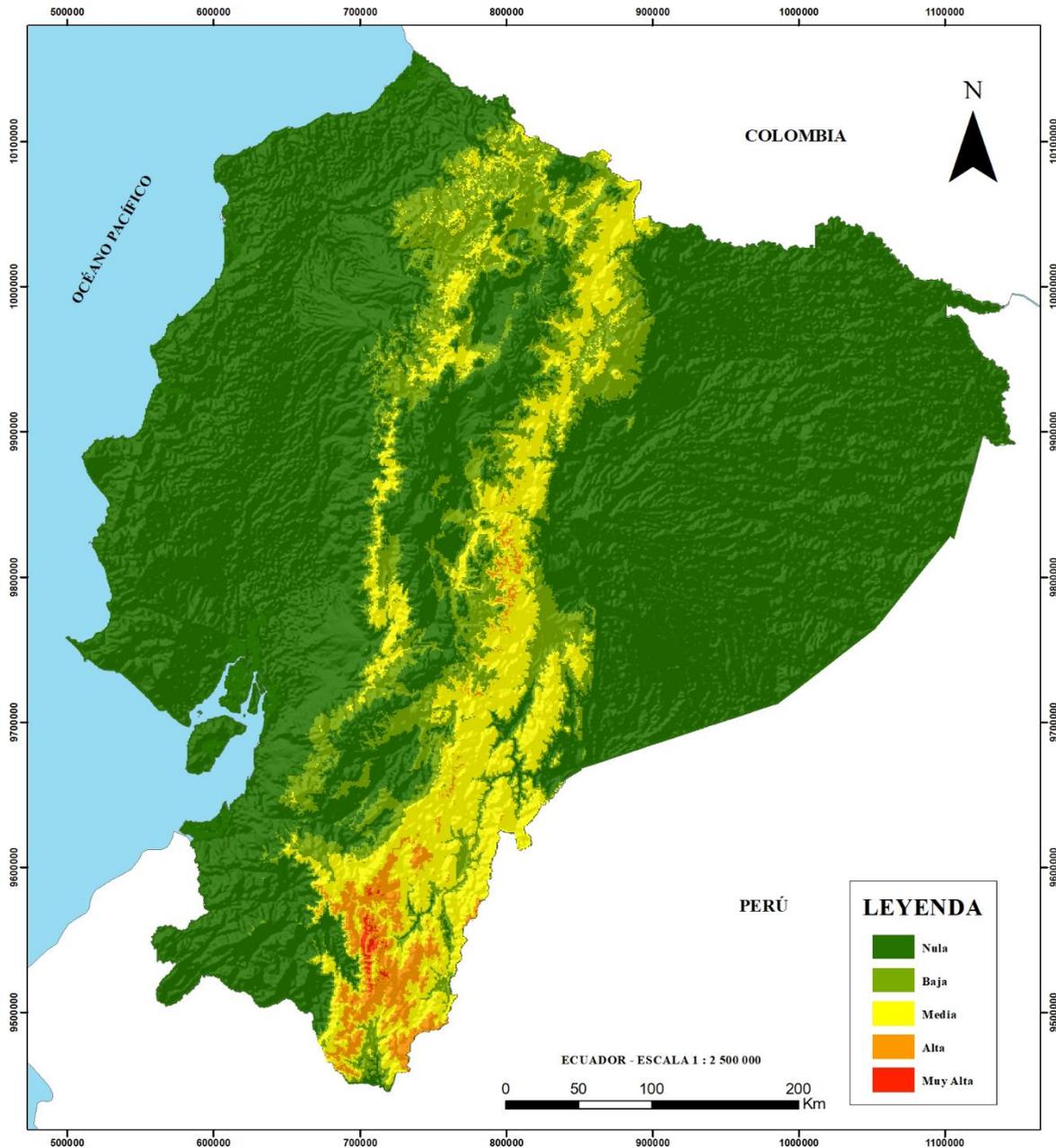


Figura 9. Mapa de probabilidad de ocurrencia de *Podocarpus oleifolius* en Ecuador

La validación del modelo por medio del AUC fue muy buena, se obtuvo un valor AUC de 0,948 y 0,855 para los datos de entrenamiento y de prueba respectivamente (Figura 10). Esto quiere decir que la omisión sobre las muestras de prueba se ajusta muy bien a la tasa de omisión estimada ya que se encuentra por encima del umbral, por lo que el modelo tiene las condiciones adecuadas para predecir.

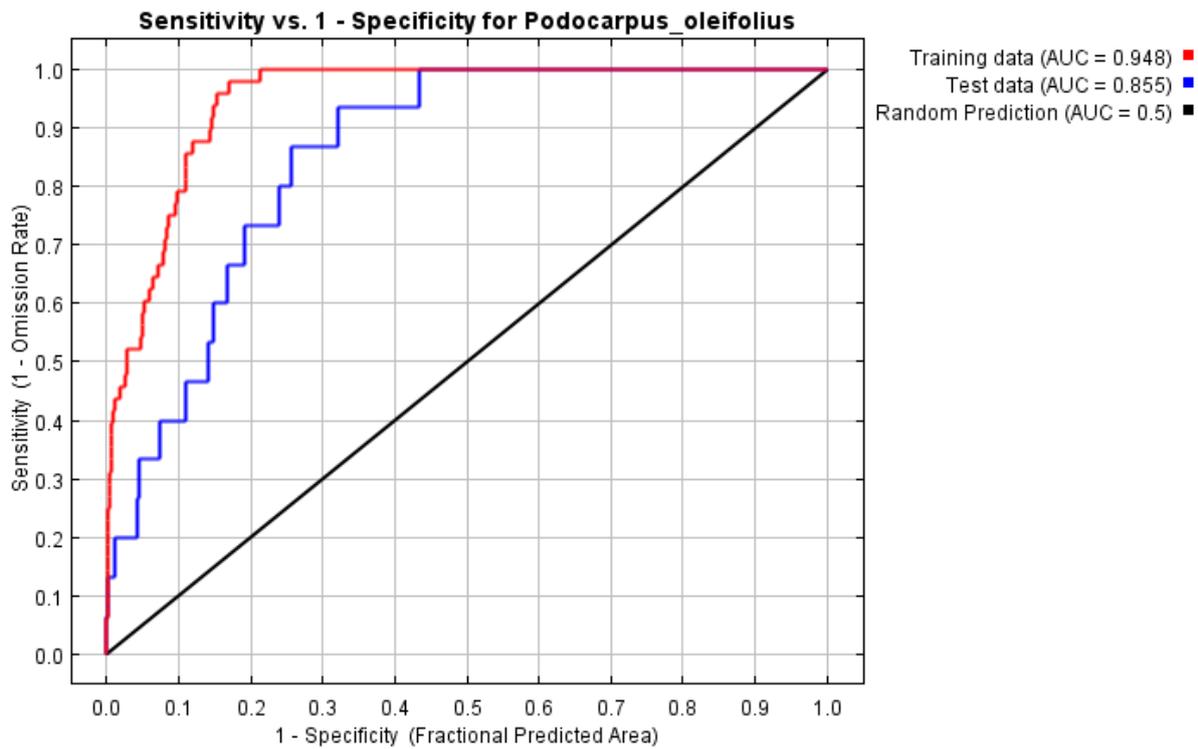


Figura 10. Área bajo la curva (AUC) de *Podocarpus oleifolius*

En la Tabla 4, se presenta la contribución porcentual de las variables ambientales al modelo. De las 20 variables consideradas solo 14 contribuyeron con información para la generación del modelo de distribución, siendo la elevación la que mayor contribuyó con un 57,7 %.

Tabla 4. Contribución de las variables bioclimáticas y elevación al modelo de *Podocarpus oleifolius*

Variable	Código	Contribución porcentual
Elevación	elev	57,7
Precipitación del mes más seco	bio14	11
Temperatura mínima del mes más frío	bio6	8,4
Isotermalidad (BIO2/BIO7) (* 100)	bio3	5,8
Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6)	bio7	4,2
Precipitación del trimestre más frío	bio19	3,1
Temperatura media del trimestre más seco	bio9	2,9
Precipitación anual	bio12	2,8
Precipitación del mes más húmedo	bio13	1,6
Precipitación del trimestre más húmedo	bio16	1,2
Precipitación del trimestre más cálido	bio18	0,7
Precipitación del trimestre más seco	bio17	0,3
Estacionalidad en la precipitación	bio15	0,1
Estacionalidad en la temperatura	bio4	0,1

La prueba Jackknife mostró que la variable ambiental con mayor ganancia cuando se usa aisladamente fue elevación (elev), por lo tanto, parece tener la información más útil por sí misma para predecir la distribución de la especie. Por otro lado, la variable ambiental que más disminuye la ganancia cuando se omite fue isotermalidad (bio3), es decir, tuvo la mayor cantidad de información que no está presente en las otras variables (Figura 11).

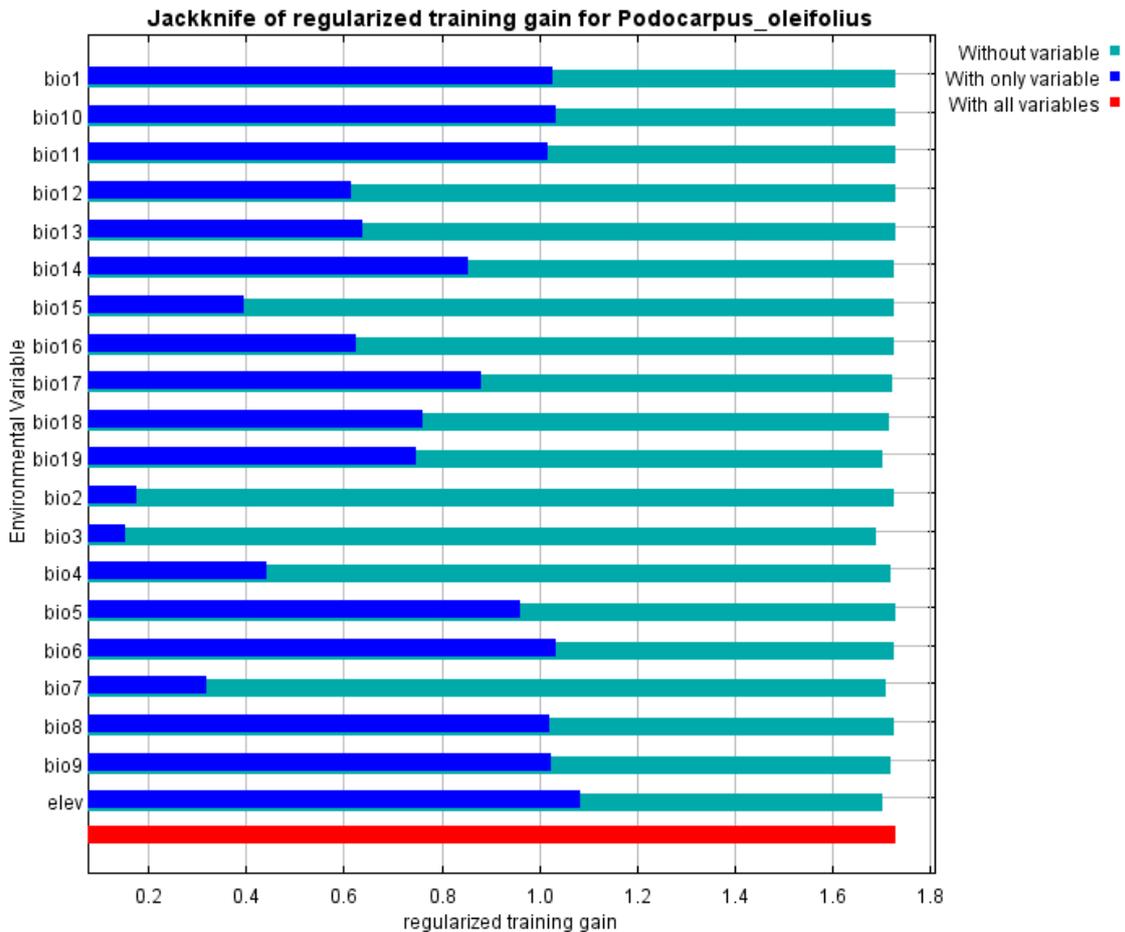


Figura 11. Prueba de Jackknife para datos de entrenamiento de *Podocarpus oleifolius*

b) Área de Distribución Potencial Natural Conservada

De acuerdo con los datos analizados tanto de Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), Bosques y vegetación protectora (BVP) y vegetación bajo conservación del Programa Socio Bosque (PSB), el área natural potencial conservada para la especie *Podocarpus oleifolius* fue de aproximadamente 2 297 375,40 ha en el periodo 2000 - 2018 (Figura 12; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

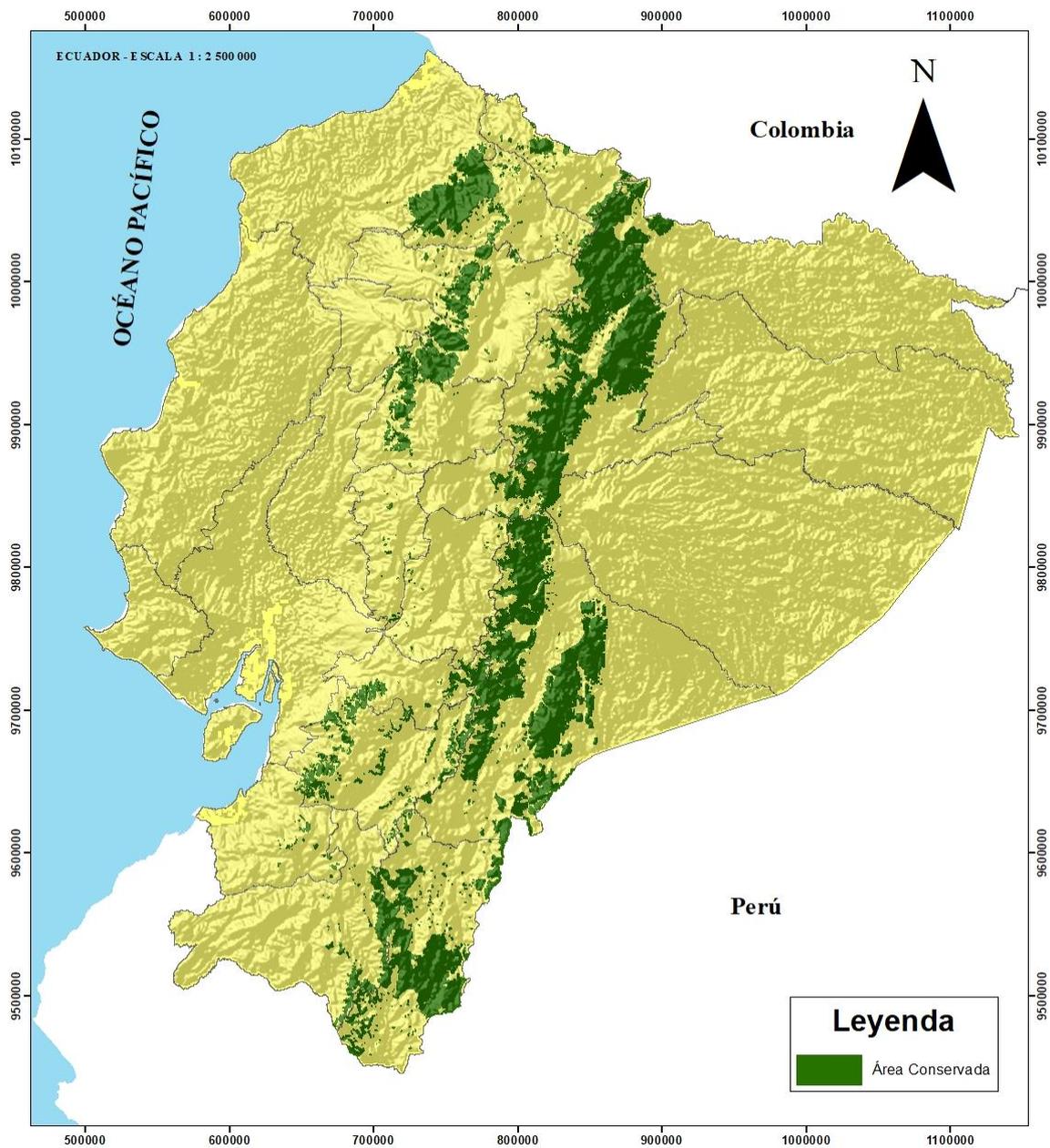


Figura 12. Mapa de área potencial natural conservada de *Podocarpus oleifolius* en Ecuador, periodo 2000 - 2018

La Figura 13, muestra el total del área potencial natural conservada de la especie *Podocarpus oleifolius* en los años 2000, 2008, 2014 y 2018.

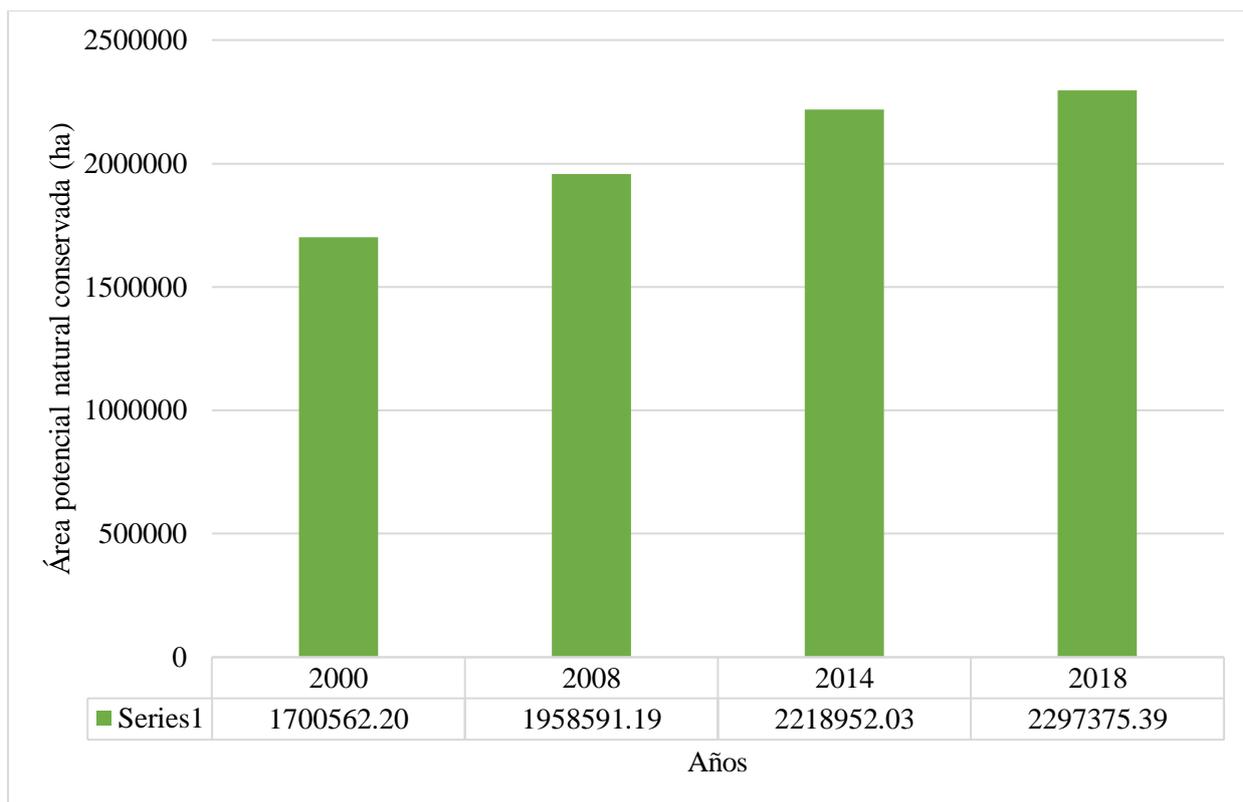


Figura 13. Área potencial natural conservada de *Podocarpus oleifolius* en el periodo 2000-2018

4.1.2. Área de distribución potencial natural y conservada de *Prumnopitys montana*

a) Área de distribución potencial natural

Las áreas de distribución potencial y distribución potencial natural de *Prumnopitys montana* en Ecuador fueron de 2 970 395,65 ha y 1 031 696,62 ha respectivamente (Figura 14).

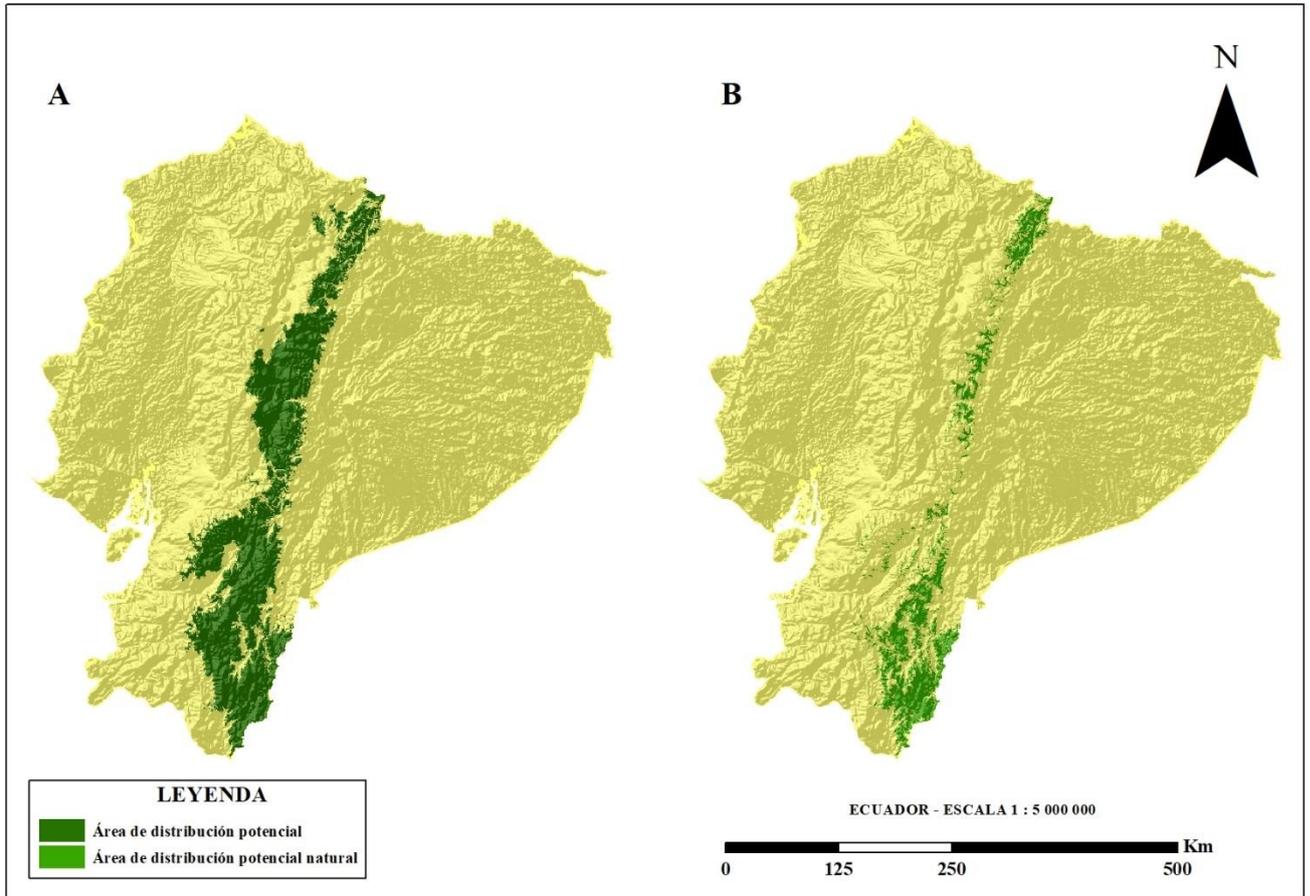


Figura 14. Mapa de distribución potencial (A) y distribución potencial natural (B) de *PruNOPityS montana* en Ecuador

En la Figura 15, se presenta la probabilidad de ocurrencia a nivel del Ecuador, siendo las provincias de, Loja, Zamora Chinchipe y Morona Santiago, las áreas con alta a muy alta probabilidad para que la especie se desarrolle.

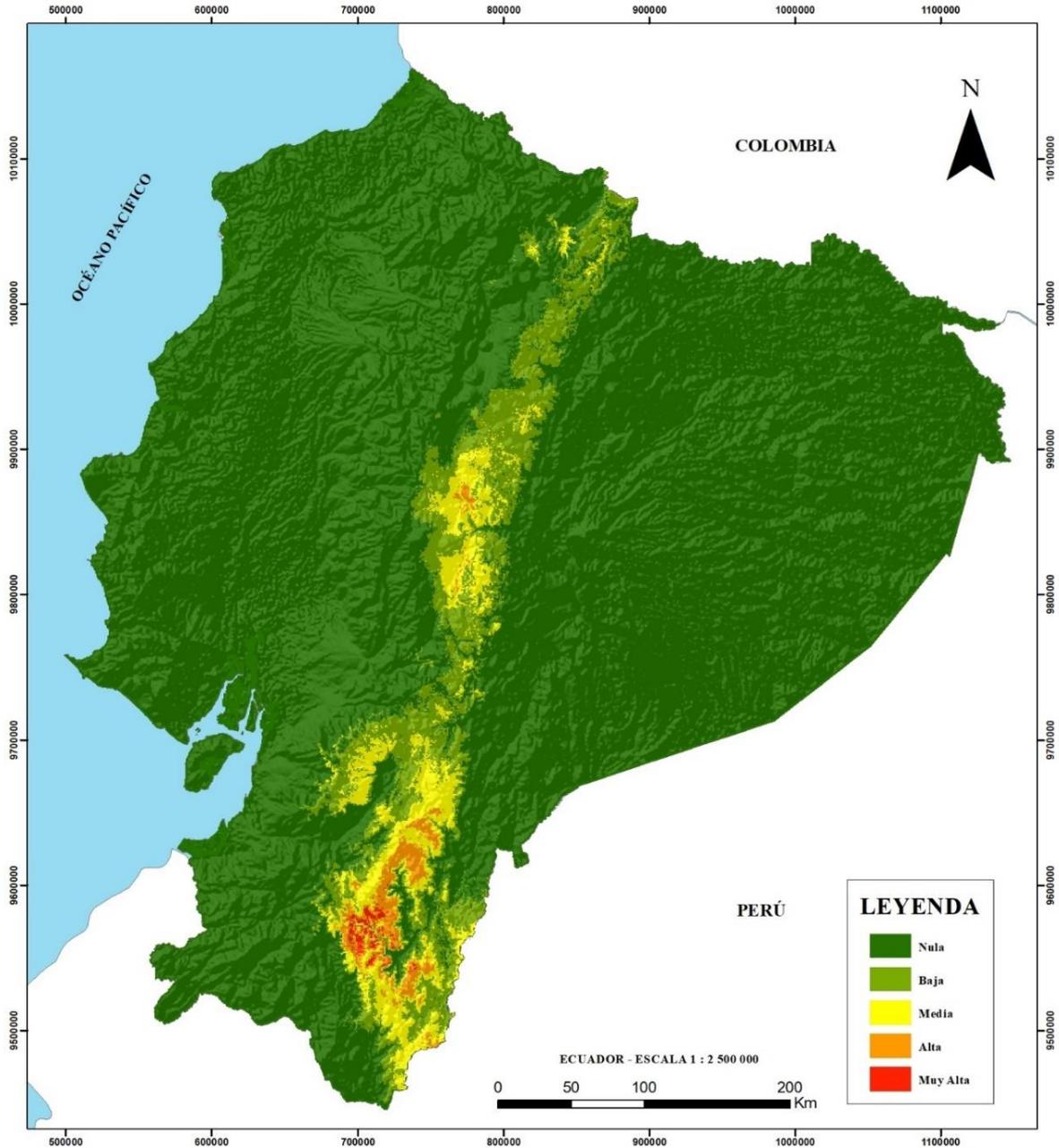


Figura 15. Mapa de probabilidad de ocurrencia de *Prumnopitys montana* en Ecuador

La validación del modelo de distribución por medio del AUC fue muy buena, se obtuvo un valor AUC de 0,987 y 0,997 para los datos de entrenamiento y de prueba respectivamente (Figura 16). Esto quiere decir que la omisión sobre las muestras de prueba se ajusta muy bien a la tasa de omisión estimada ya que se encuentra por encima del umbral, por lo que el modelo tiene las condiciones adecuadas para predecir.

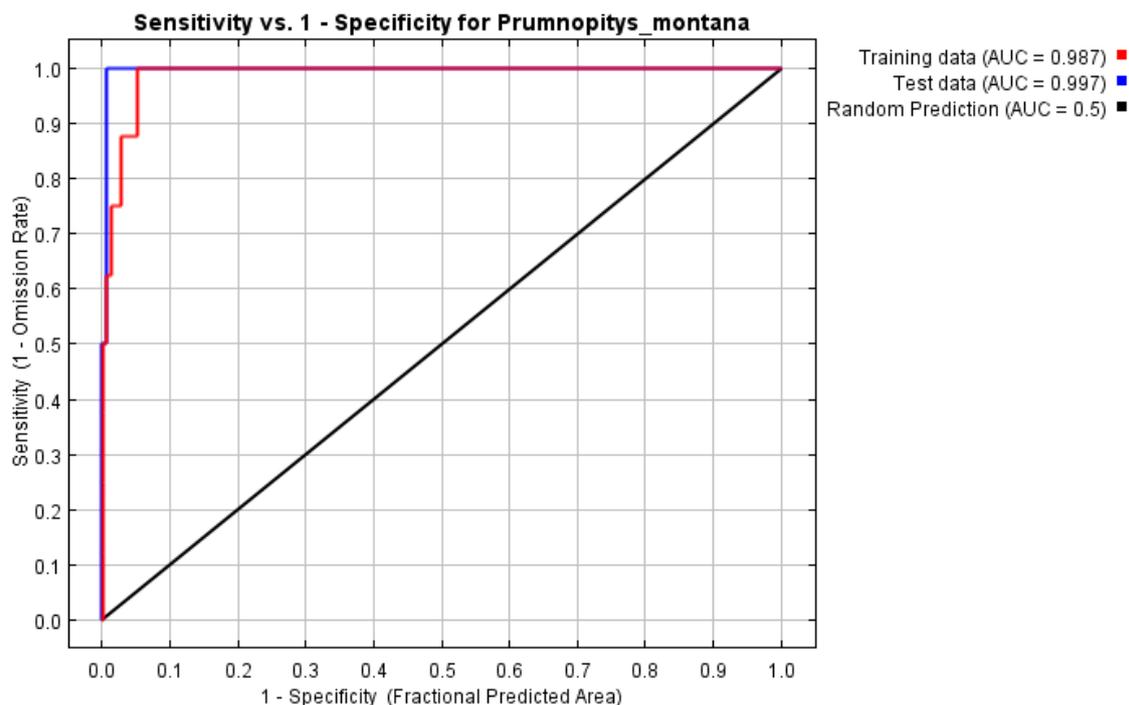


Figura 16. Área bajo la curva (AUC) de *Prumnopitys montana*

La Tabla 5, presenta los valores de la contribución de cada variable ambiental al modelo de distribución de la especie, de las 20 variables utilizadas solo 7 contribuyeron a la predicción del modelo siendo las de mayor contribución la precipitación del mes más húmedo (bio 13) y la estacionalidad en la precipitación (bio 15) con 34,5 % y 29,8 %, respectivamente.

Tabla 5. Contribución de las variables bioclimáticas y elevación al modelo de *Prumnopitys montana*

Variable	Código	Contribución porcentual
Precipitación del mes más húmedo	bio13	34,5
Estacionalidad en la precipitación	bio15	29,8
Isotermalidad (BIO2/BIO7) (* 100)	bio3	24,6
Precipitación del trimestre más frío	bio19	5,1
Estacionalidad en la temperatura	bio4	4,3
Temperatura máxima del mes más cálido	bio5	1,3
Rango de temperaturas diurnas	bio2	0,5

La **Figura 17**, muestra los resultados de la prueba Jackknife, en donde se evidencia la importancia de cada variable al utilizarlas por sí solas o excluidas del resto de variables, siendo la bio13, bio18, bio16 las que al parecer tienen o aportan con información útil para la predicción del área de distribución de la especie. Por otra parte, las variables bio15, bio19, bio3 y bio4 al no ser consideradas con el resto de variables la predicción del modelo disminuye un poco, aunque la diferencia con el modelo generado con todas las variables no es muy considerable.

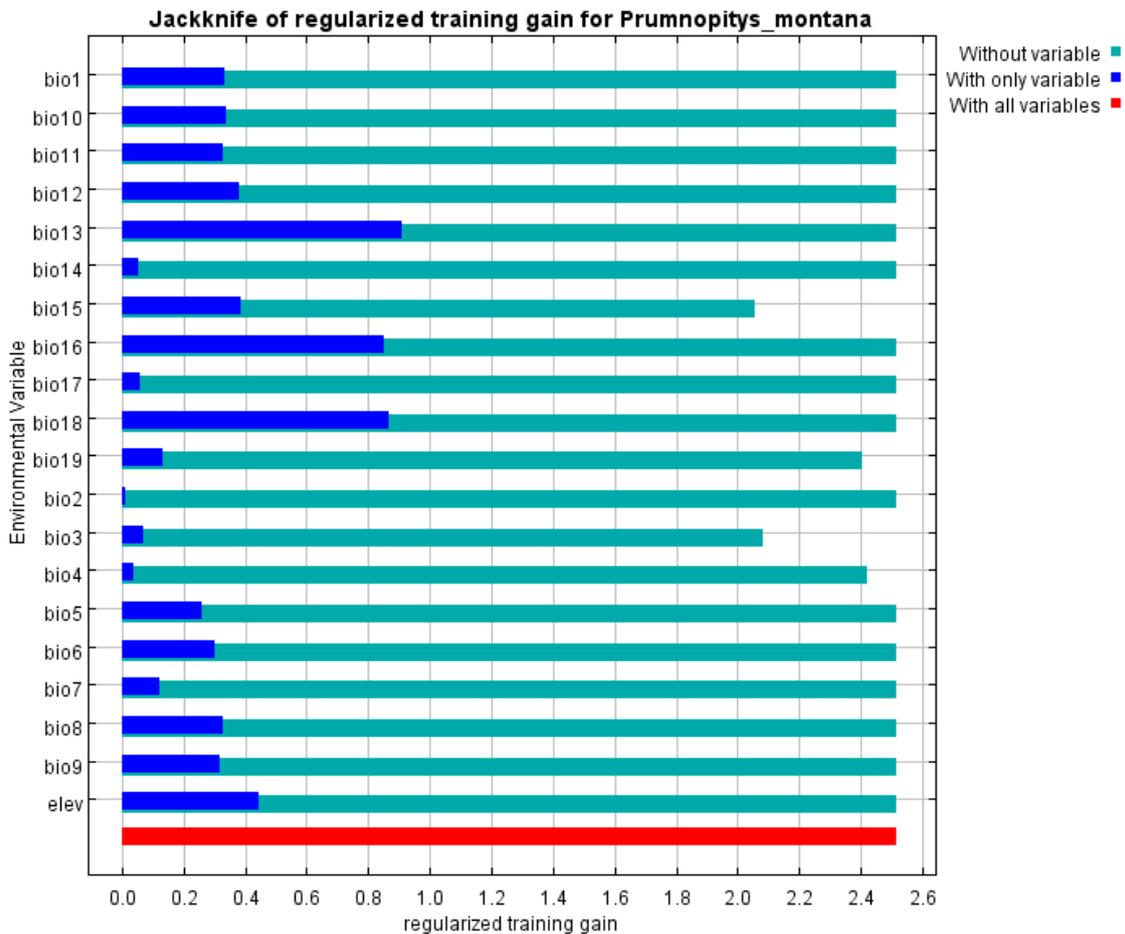


Figura 17. Prueba de Jackknife para datos de entrenamiento de *Prumnopitys montana*

a) Área de Distribución Potencial Natural Conservada

De acuerdo con las áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), Bosque y Vegetación Protectora (BVP) y áreas de conservación bajo Socio Bosque (PSB), el

área potencial natural conservada de *Prumnopitys montana* en Ecuador fue de 615 752,76 ha en el periodo 2000 - 2018 (Figura 18).

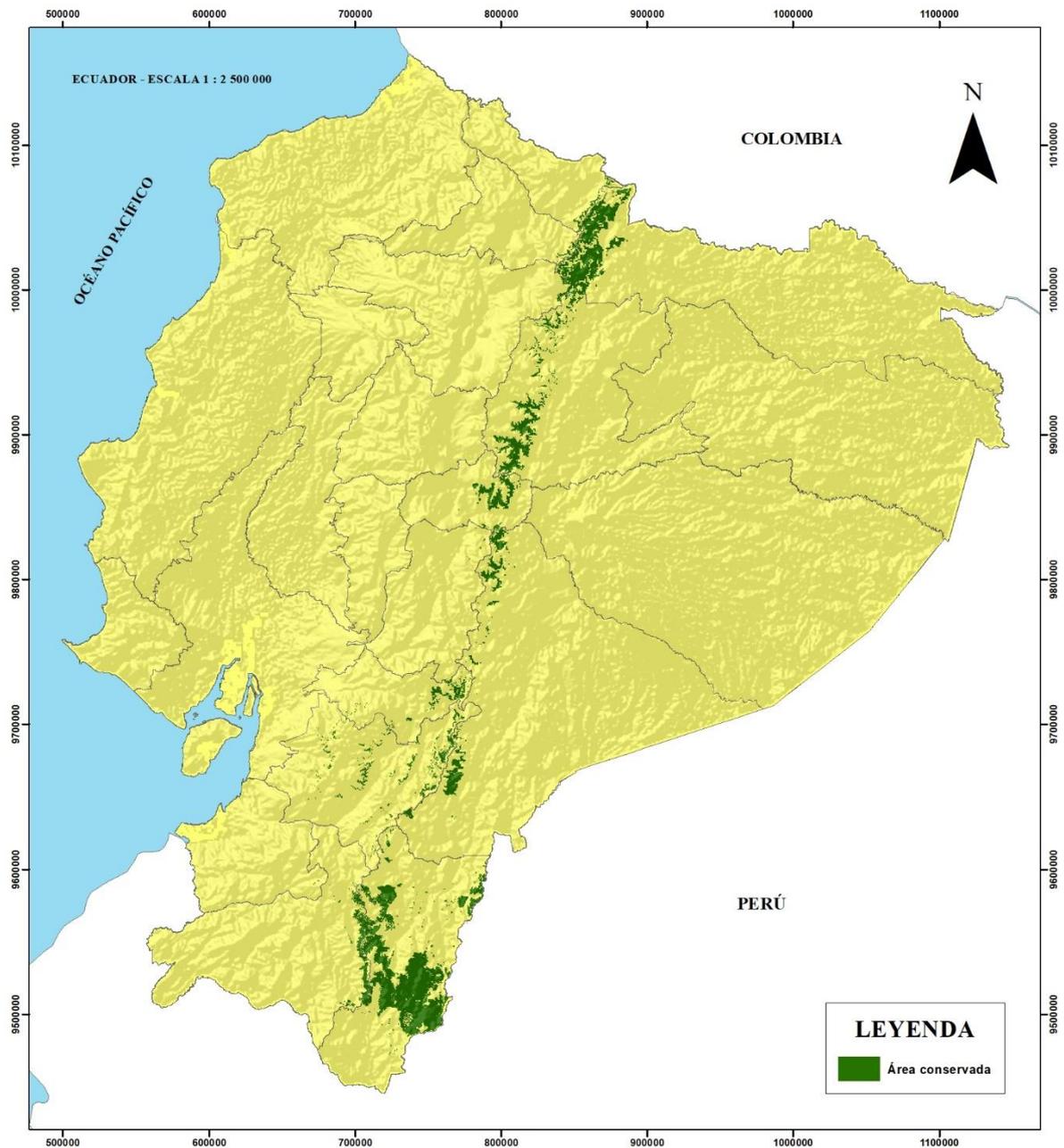


Figura 18. Mapa del área potencial natural conservada de *Prumnopitys montana* en Ecuador, periodo 2000 - 2018

En la Figura 19, se muestra el total del área de distribución potencial natural conservada de la especie *Prumnopitys montana* en los años 2000, 2008, 2014 y 2018.

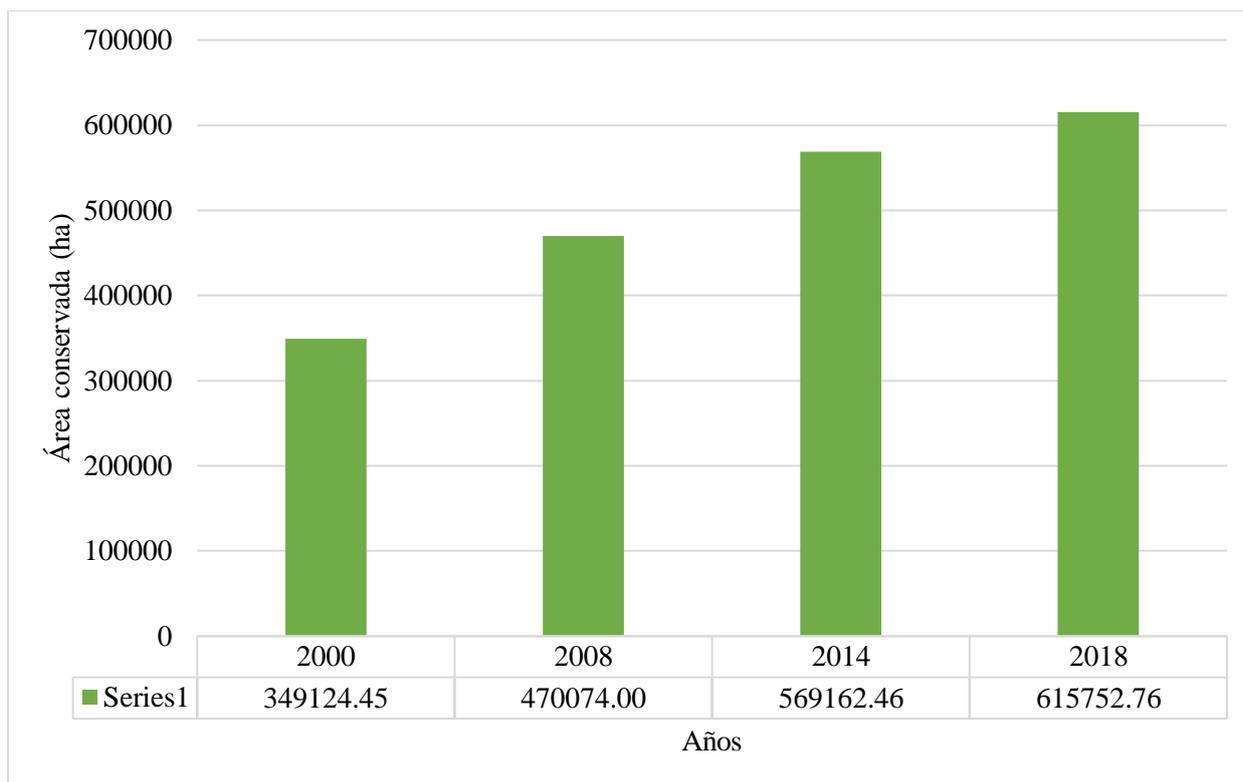


Figura 19. Área de distribución potencial natural conservada de *Prumnopitys montana* en Ecuador, periodo 2000-2018

4.2. Análisis de las Categorías de Conservación Nacional para *Podocarpus oleifolius* y *Prumnopitys montana* en Ecuador

4.2.1. Categoría de conservación nacional para *Podocarpus oleifolius*

a) Distribución geográfica

La distribución geográfica potencial natural de *Podocarpus oleifolius* fue en su mayoría en la región Sierra, principalmente en los flancos de las cordilleras oriental y occidental de los Andes, con una alta probabilidad de ocurrencia y desarrollo en el sur del Ecuador en las provincias de Loja, Zamora Chinchipe y Morona Santiago. El rango altitudinal está comprendido entre 500-4200 m s.n.m.

La distribución geográfica de acuerdo con la Extensión de presencia (EOO) y Área de ocupación (AOO) se presenta en la Tabla 6. Se evidenció, para ambas variables, una tendencia

a la disminución de sus poblaciones producto de la reducción de su EOO y AOO en 29,88 % y 25,64 % respectivamente, desde año 2000 hasta el 2018. En el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta el mapa de EOO y AOO calculados con la herramienta GeoCAT.

Tabla 6. Tendencia de la Extensión de presencia (EOO) y Área de ocupación de *Podocarpus oleifolius* en Ecuador en los años 2000, 2008, 2014 y 2018

Año	Extensión de presencia km ²	% reducción	Área de ocupación km ²	% reducción
2000	49 532,40	--	312	--
2008	35 942,14	27,44	252	19,23
2014	35 313,28	28,71	248	20,51
2018	34 729,92	29,88	232	25,64

b) Tamaño y tendencia de la población

A nivel nacional no existieron investigaciones que indiquen sobre el tamaño de la población de *P. oleifolius*, la mayoría de estudios se centraron en localidades muy particulares reportándose únicamente valores de densidad poblacional y no sobre tendencia de las mismas. En la Tabla 7, se presenta valores de densidad poblacional para la especie.

Tabla 7. Densidad poblacional de *Podocarpus oleifolius* en diferentes localidades de Ecuador

Sitio	Densidad (ind/ha)	Fuente
Bosque nublado río Numbala	5	Yaguana et al. (2012)
Reserva Bosque comunal Angashcola	96	Castillo y Cueva (2006)
	136	Encarnación (2019)
Reserva Fundación Arcoíris	22,67	Encarnación (2019)

Reserva Francisco	Estación Científica	San	24 ind	Feijoo y Gonzáles (2010)
Cajanuma			6 ind	Feijoo y Gonzáles(2010)

Ante la ausencia de esta información, en la Tabla 8, se presenta un análisis aproximado de la tendencia del número de localidades con presencia de *P. oleifolius* en Ecuador para los años 2000, 2008, 2014 y 2018, dónde se observó una reducción del número de localidades y por ende reducción de sus poblaciones en un 21,32 % en los últimos 18 años.

Tabla 8. Número y tendencia de localidades de *Podocarpus oleifolius* en Ecuador para los años 2000, 2008, 2014 y 2018

Año	Número de localidades con presencia de la especie	Reducción %
2000	61	--
2008	52	14,76
2014	51	16,4
2018	48	21,32

b) Hábitat y ecología

Árboles o arbustos dioicos que alcanzan hasta los 40 m de altura, densamente ramificados. Fuste recto y cilíndrico. Según Loján (1992) citado en (Galárraga, 2013), los romerillos se encuentran en los bosques naturales con precipitación anual mayor a 1000 m. En algunos lugares crece asociado con *Polylepis* y *Weinmannia*. El crecimiento de los romerillos es lento y requieren sombra en los primeros años. En condiciones naturales en la zona de Palanda el romerillo tiene la propiedad de crecer formando rodales “casi” puros e interactuando con especies de *Cedrela*, *Nectandra*, *Siparuna*, *Oreopanax* y *Calyptanthus*. Así también

ofrecen frutos comestibles por aves (loros del género *Leptosittaca*) (Encarnación, 2019). Respecto a su fenología en el Parque Nacional Podocarpus esta especie produce pseudofrutos en los meses de mayo y junio, los cuales germinan a los 2 o 3 meses de caer al suelo (Jara y Ordoñez, 2000 citado por Galárraga, 2013). La propagación para la especie es por medio de semillas y de manera asexual por medio de estacas, injertos, esquejes y fascículos enraizados, por otro lado, en los últimos años se han realizado pruebas de propagación in vitro de esta especie (Galárraga, 2013).

La especie se lo puede localizar en los siguientes ecosistemas: Bosque siempreverde montano bajo del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes, Bosque siempreverde montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes, Arbustal siempreverde montano alto del Páramo del sur, Bosque siempreverde montano bajo de las Cordilleras del Cóndor-Kutukú, Bosque siempreverde montano de las Cordilleras del Cóndor-Kutukú, Arbustal siempreverde y herbazal montano de la Cordillera del Cóndor (MAE, 2013a).

c) Amenazas

El hábitat de la especie se encuentra amenazado principalmente por el cambio y uso del suelo. En Ecuador continental la deforestación neta promedio en el periodo 2016-2018 fue de 82 529 ha/año y una tasa anual de deforestación bruta de -0,66 % (MAE, 2018). Por otro lado, se trata de una especie que presenta una difícil propagación por medio de semillas y reproducción asexual (Encarnación, 2019). El aprovechamiento forestal selectivo de los mejores individuos ha disminuido sus poblaciones considerablemente. En la Figura 20, se muestra el volumen de madera aprovechada a nivel nacional de *Podocarpus oleifolius* desde el año 2013 hasta noviembre del 2020.

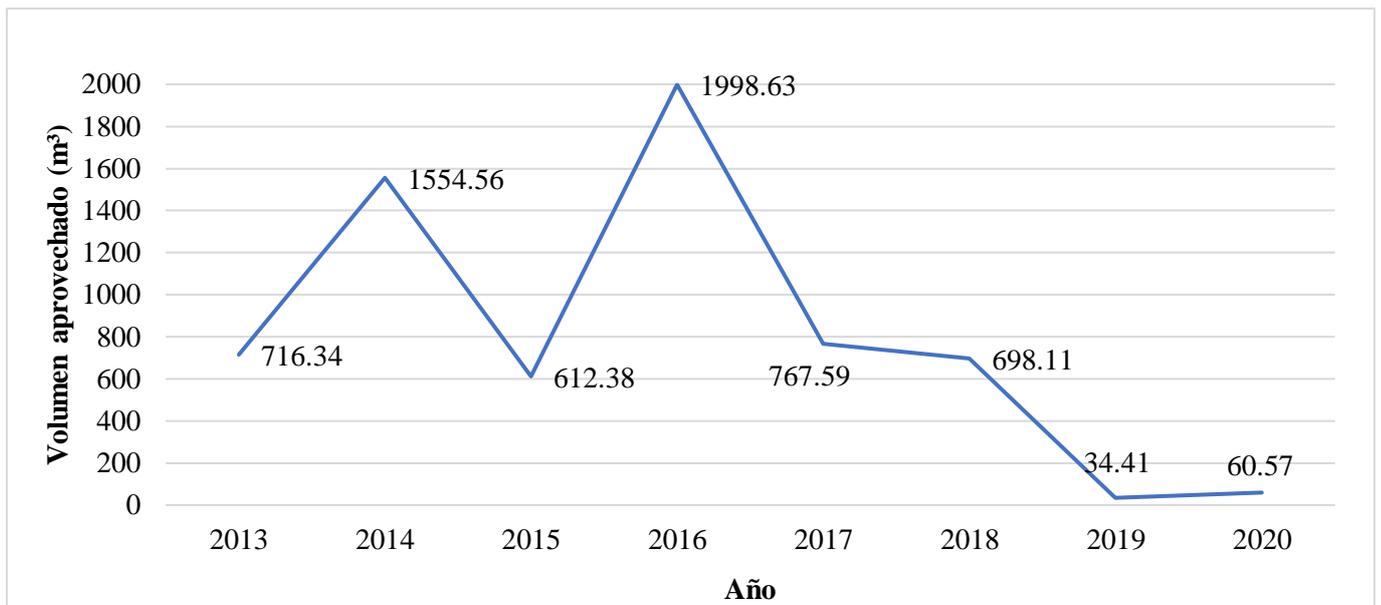


Figura 20. Volumen de madera aprovechada de *Podocarpus oleifolius* en Ecuador desde 2013-2020

Fuente: MAEE, 2020.

d) Acciones de conservación

Existen diferentes mecanismos de conservación que han ayudado en la protección de poblaciones de *Podocarpus oleifolius*, por ejemplo, existen registros de la presencia de la especie en áreas protegidas del SNAP como el Área ecológica de conservación La Bonita, en los Parque Nacionales Sangay, Llanganates, Podocarpus; también, reservas privadas como la Reserva Comunal Angashcola (Castillo y Cueva, 2006; Encarnación, 2019).

Otro mecanismo de conservación que trata de evitar la pérdida poblacional de la especie en el Ecuador lo constituye la Norma 039 sobre manejo forestal sustentable para aprovechamiento de madera en bosque húmedo y la Norma 128 para el manejo sustentable de bosques andinos (Grijalva et al., 2015; MAE, 2015), las mismas que catalogan a todas las especies de la familia Podocarpaceae como especies de aprovechamiento condicionado.

También se han utilizado acciones de conservación ex situ para salvaguardar la especie,

por ejemplo en el Jardín Botánico “Reinaldo Espinosa” de la Universidad Nacional de Loja, en 2007, se implementó un rodal de 2500 m², en el cual se plantaron 2000 plantas entre las especies *P. oleifolius* y *P. sprucei*, teniendo como meta futura un bosque de coníferas nativas (Aguirre y Gutiérrez, 2011; Aguirre y Gutiérrez, 2015). Adicionalmente, varias especies del género *Podocarpus* han sido establecidas como plantas ornamentales en parques y avenidas de ciudades como Quito, Loja.

e) Estado de *Podocarpus oleifolius* en otros países

De acuerdo con Gardner (2013), la especie presenta un rango de distribución natural muy amplio, desde México hasta Bolivia, y en su toda su distribución natural presenta una categoría de conservación global de Preocupación Menor (LC), aunque se trata de una especie de interés comercial esto no ha sido suficiente para amenazar a una especie con un amplio rango de distribución.

En Colombia se encuentra en estado Vulnerable (VU A2acd), pues se estima que sus poblaciones se han reducido en más del 30%, en las últimas 3 décadas, esto debido a que el hábitat de la especie se encuentra deterioradas y también tiene niveles de explotación actuales y potenciales dado por su importancia comercial. Por lo general en este país los fragmentos donde se localiza la especie son pequeños y aislados, por lo que el flujo genéticos entre poblaciones es limitado, así también se encuentran bajo conservación en diferentes áreas protegidas, sin embargo los estudios que indiquen su estado actual de las poblaciones son muy escasos (Cogollo et al., 2007).

A nivel de Perú no existe una categoría nacional del estado de conservación de la especie, sin embargo la familia Podocarpaceae tiene como principal amenaza el aprovechamiento forestal selectivo, la deforestación por el cambio y uso del suelo, lo cual

afecta al tamaño y tendencia de sus poblaciones ya que su hábitat se encuentra fragmentada y son aisladas en pequeños relictos de bosque (Vicuña, 2005).

En Bolivia esta especie se encuentra en los Departamentos de La Paz y Cochabamba y se la cataloga en estado de amenaza Vulnerable (VU C2ab (i)), ya que se estima que cuenta con una área de ocupación de 5850 km², esto se debe al aprovechamiento selectivo por su madera, lo cual influye a su regeneración, dispersión y reproducción de la especie teniendo como consecuencia la disminución de individuos en su hábitat (Alanes, 2012).

f) Categoría de conservación nacional

En la Tabla 9 se presenta la categoría nacional de conservación para *Podocarpus oleifolius*, de acuerdo con las categorías y criterios de la Lista Roja de la UICN. En el Anexo 3 se presenta el proceso de evaluación y asignación de la categoría de conservación.

Tabla 9. Criterios utilizados para asignar la categoría de conservación nacional para *Podocarpus oleifolius* en Ecuador

Criterio	Aplica	Subcriterios y condiciones	Categoría UICN	Categoría UICN nacional
A	Si	A2c		
B	No			
C	No		VU A2c	VU A2c
D	No			
E	No			

La categoría de conservación nacional fue Vulnerable (VU) de acuerdo con el subcriterio A2 y condición “c”, que significa que existió una reducción del tamaño de la población de acuerdo con su área de extensión de presencia (EOO) observada e inferida en el pasado donde las causas de la reducción no han cesado. Se trata de una especie de interés comercial actual y es muy probable que el aprovechamiento de la especie se mantenga en el

futuro. La reproducción de la especie por medio de métodos asexuales es algo complicada y presenta problemas de regeneración natural en el bosque.

4.2.2. Categoría de conservación nacional para *Prumnopitys montana* en Ecuador

a) Distribución geográfica

La especie se distribuye a lo largo de las montañas de Suramérica del este de Chile a Venezuela hasta Costa Rica (MAE y FAO, 2015). En Ecuador se desarrolla en las provincias de Zamora Chinchipe, Cañar, Azuay y Loja; con un rango altitudinal entre 700-4300 m s.n.m. (Jorgensen y León-Yáñez, 1999).

La distribución geográfica de acuerdo con la Extensión de presencia (EOO) y Área de ocupación (AOO) se presenta en la Tabla 10. Se evidenció, para ambas variables, una tendencia a la reducción de su EOO y AOO en 36,11 % y 33,3 % respectivamente, desde el año 2000 hasta el 2018. En el *Anexo 2* se presenta el mapa de EOO y AOO calculado con la herramienta GeoCAT.

Tabla 10. Tendencia de la Extensión de presencia (EOO) y Área de ocupación de *Prumnopitys montana* en el Ecuador en los años 2000, 2008, 2014 y 2018

Año	Extensión de presencia km ²	% reducción	Área de ocupación km ²	% reducción
2000	16 147,20	0	48	0
2008	10 603,92	34,33	36	25
2014	10 546,54	34,69	36	25
2018	10 316,97	36,11	32	33,33

b) Tamaño y tendencia de la población

Para *Prumnopitys montana* no existieron investigaciones que indiquen sobre el tamaño de la población a nivel nacional, la mayoría de estudios se centraron en localidades muy

particulares reportándose únicamente valores de densidad poblacional y no sobre tendencia de las mismas. En la Tabla 11 se presenta valores de densidad poblacional para la especie.

Tabla 11. Densidad poblacional de *Prumnopitys montana* en diferentes localidades del Ecuador.

Sitio	Densidad (ind/ha)	Fuente
Reserva Bosque comunal Angashcola	54	Castillo y Cueva (2006)
Cajanuma	9 ind	Feijoo y Gonzáles, (2010)

Ante la ausencia de esta información, en la Tabla 12, se presenta un análisis aproximado a la tendencia del número de localidades con presencia de *Prumnopitys montana* en Ecuador para los años 2000, 2008, 2014 y 2018, donde se observó una reducción del número de localidades y por ende una reducción de sus poblaciones en un 30 % en los últimos 18 años.

Tabla 12. Número y tendencia de localidades con presencia de la especie *Prumnopitys montana* en Ecuador para los años 2000, 2008, 2014 y 2018.

Año	Número de localidades con presencia de la especie	Reducción %
2000	10	0
2008	8	20
2014	8	20
2018	7	30

c) Hábitat y ecología

Los individuos de esta especie pueden llegar a medir hasta 30 m de altura y DAP de 2 metros. Fuste liso, corteza delgada, brillante, lisa, gris. Es una especie dioica y capaz de producir conos masculinos y femeninos (Castillo y Cueva, 2006). Floración en los meses de junio a diciembre y fructificación en los meses de enero a mayo. Es un componente de los

bosques montanos donde se encuentra entre los 1500 – 3600 m s.n.m. (MAE y FAO, 2015). En su rango altitudinal más bajo, a menudo se asocia con *especies de Bejaria, Citharexylum, Clusia, Juglans, Octoea, Oreopanax* y *Weinmannia* y en altitudes más altas se presenta como parte de la vegetación de crestas que a menudo está dominada por miembros de las Ericaceae y también incluye especies de *Podocarpus*. Se han distinguido por crecer en suelos profundos con gran cantidad de materia orgánica pero también tienen una gran capacidad de tolerancia a suelos pobres, creciendo en terrenos de baja fertilidad natural, poco profundos, pedregosos y aún sin horizontes orgánicos, proporcionándole funciones ecológicas potencialmente claves para el mantenimiento de los bosques montanos (Alanes, 2012).

En Ecuador esta especie se la puede localizar en el Bosque siempreverde montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes, Bosque bajo siempreverde del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes (MAE, 2013a).

d) Amenazas

Las principales amenazas de la especie es la extracción selectiva de los mejores individuos, la fragmentación del hábitat, deforestación por el cambio y uso del suelo. No se cuenta con información sobre el tamaño y tendencia de la población a nivel nacional, la regeneración natural es muy baja de encontrar en el bosque.

En el Figura 21, se indica el volumen de madera aprovechado a nivel nacional de *Prumnopitys montana*, desde el año 2013 hasta el 2020. Se observa una tendencia cada vez mayor a la disminución en la disponibilidad de volumen de madera para su aprovechamiento.

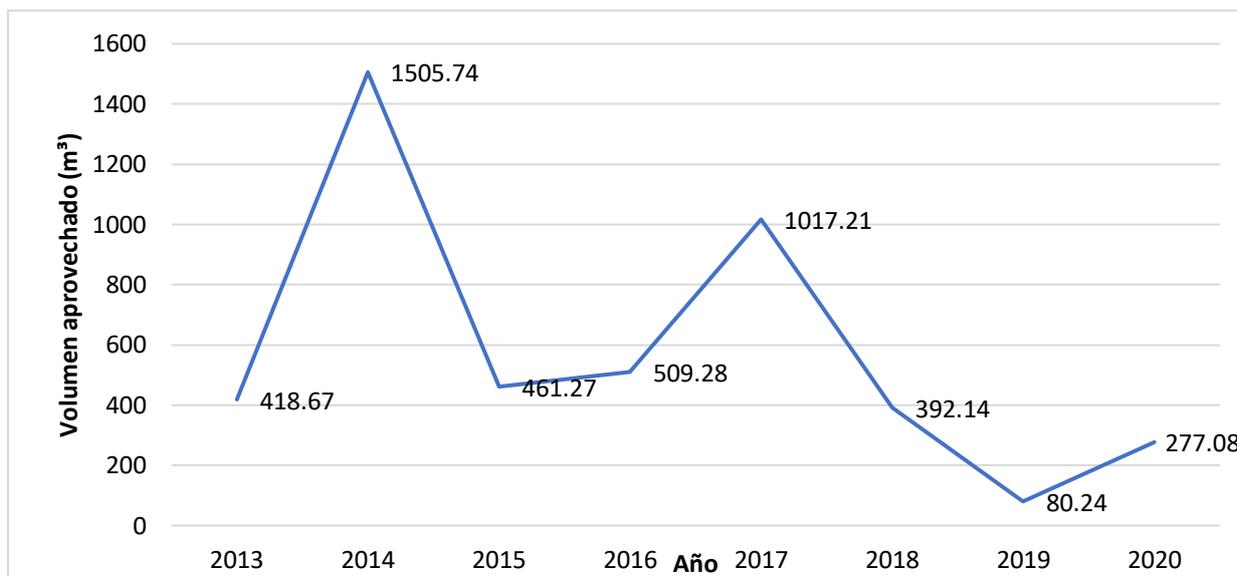


Figura 21. Volumen de madera aprovechado de *Prumnopitys montana* desde 2013-2018

e) Acciones de conservación

Se conserva en varias áreas protegidas a lo largo de su distribución, en Ecuador está protegido en: Bosque y vegetación protectora Corazón de Oro, Reserva Comunal Angashcola, cuencas que conforman los ríos San Francisco, San Ramon y Sabanilla, cuenca del Rio Malacatos-Loja. Así también se encuentra bajo aprovechamiento condicionado por la Norma 039 sobre manejo forestal sustentable para aprovechamiento de madera en bosque húmedo y la Norma 128 para el manejo sustentable de bosques andinos (Grijalva et al., 2015; Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2015).

f) Estado de *Prumnopitys montana* en otros países

De acuerdo con Gardner (2013), *Prumnopitys montana* en su área de distribución natural desde Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, presenta una categoría de conservación global de Vulnerable A2acd, esto producto que se trata de una especie con amplio rango de distribución, pero ha estado bajo presión durante los últimos 50-60 años a casusa de la explotación de su madera. En Colombia y Perú muchos de los rodales que antes eran bastante

extensos han desaparecido o se han reducido considerablemente; con pérdidas estimadas de al menos un 30% de pérdida global en las últimas tres generaciones; y, es muy probable que continúe la disminución, pero es muy difícil de cuantificar.

Por otro lado, *Prumnopitys montana* en Colombia tiene una categoría nacional de Vulnerable (VU A2abc), ya que sus poblaciones sufren explotaciones reales y su hábitat está en deterioro pues en tres décadas se ha perdido más del 30% de sus poblaciones, es por ello que en este país se estima que existen 20 poblaciones de la especie (Cogollo et al., 2007).

En Perú no existe una categoría nacional para la especie, sin embargo, las especies de la familia Podocarpaceae presentan amenazas como la deforestación, cambio y uso del suelo, el aprovechamiento selectivo por el valor de su madera, entre otros (Vicuña, 2005).

En Bolivia, Alanes (2012) reporta categorías de conservación para dos especies del género *Prumnopitys*; que son *Prumnopitys exigua* se encuentra en Preocupación menor (LC) y *Prumnopitys harmisiana* en estado Vulnerable (VU B2ab (i,ii,iv)), siendo la principal amenaza de las especies de este género la deforestación por el cambio y uso del suelo para la agricultura.

g) Categoría de conservación nacional

En la Tabla 13 se presenta la categoría nacional de conservación para *Prumnopitys montana*, de acuerdo con las categorías y criterios de la Lista Roja de la UICN. En el Anexo 3 se presenta el proceso de evaluación y asignación de la categoría de conservación.

Tabla 13. Criterios utilizados para asignar la categoría de conservación nacional para *Prumnopitys montana* en Ecuador

Criterio	Aplica	Subcriterios y condiciones	Categoría UICN	Categoría UICN nacional
A	Si	A2c	VU A2c	
B	Si	B1ab (i) B2ab (ii)	VU B1ab (i) EN B2ab (ii)	EN B2ab (ii)
C	No			

D	No
E	No

La categoría de conservación nacional fue En Peligro (EN) de acuerdo con el subcriterio B1 y condiciones “ab (ii)”, que significa que la distribución geográfica representada por el área de ocupación de la especie se encuentra severamente fragmentada y también existe una disminución estimada del AOO de la especie a nivel nacional. Adicionalmente es una especie de interés comercial, se reporta datos de volumen de madera aprovechada con tendencia cada vez a la disminución por disponibilidad del recurso y es muy probable que continúe el aprovechamiento en un futuro. Se trata de una especie que presenta problemas en su regeneración, pues es muy difícil de propagar la mismas por métodos sexuales y asexuales.

5. DISCUSIÓN

5.1. Área de distribución potencial natural y conservada de *Podocarpus oleifolius*

Las variables más importantes o las que más aportaron en el modelamiento de la especie fueron elevación con un aporte del 57,7 % y la precipitación del mes más seco lo cual concuerda con Alanes (2012) quien menciona en su investigación que la variable que más aportó fue la precipitación del mes más seco con 33,2 % la cual indica que el desarrollo de esta especie está marcado por la estacionalidad de precipitación y la segunda variable es la elevación con un aporte del 30 % esto se debe a que la altitud influye en el establecimiento de la especie ya que en estos lugares existe una baja radiación solar y por tanto una baja evapotranspiración debido a la presencia de neblina en los bosques, dando las condiciones para el desarrollo de la especie *Podocarpus oleifolius*.

El área de distribución potencial natural para *P. oleifolius* en Ecuador es de 3 472 992,06 ha, y cubre en su mayoría la región Sierra, los flancos de las cordilleras oriental y occidental de los Andes, a un rango altitudinal entre 500-4200 m s.n.m., y con una mayor presencia o probabilidad de que la especie se desarrolle en la región sur del Ecuador, ya sea por las condiciones geográficas, climáticas, topográficas existentes en dicho lugar.

Estos resultados son similares a lo reportado por Aguirre et al. (2015), Jørgensen y León-Yáñez (1999), MAE y FAO (2015), Yaguana et al. (2012) y Palacios (2011), quienes en su mayoría mencionan que la especie crece en rangos altitudinales que van desde 2000 a 3500 m s.n.m., y está presente en las provincias de Azuay, Bolívar, Imbabura, Loja, Morona Santiago, Pichincha, Sucumbíos y Zamora Chinchipe, con una distribución errática en los flancos de las cordilleras., abundante en el suroriente y forma poblaciones ralas en los flancos orientales y occidentales de Morona Santiago, Azuay y Cañar, en la cuenca media del río Intag

en Imbabura, en la cuenca alta del río Chota en Carchi y esporádicamente entre 300 y 1000 m en la provincia de Sucumbíos, en los bosques húmedos andinos en el SO entre 900 y 3500 metros, en el NE entre 300 y 1000 metros, en el lado occidental entre 2000 y 3000 m y en el interior del callejón interandino en Loja, Azuay y en el río Mira.

Según MAE y FAO (2015), esta especie se desarrolla en los ecosistemas Bosque siempreverde montano bajo y montano de la Cordillera Occidental y Oriental de los Andes, lo que coincide con la presente investigación, pues el área de distribución potencial natural comprende la totalidad y parte de esos ecosistemas así como también los ecosistemas arbustal siempreverde montano alto del páramo del sur y de las cordilleras del Cóndor, bosque siempreverde montano bajo y montano de las cordilleras del Cóndor-Kutukú, aunque la probabilidad de ocurrencia o presencia de la especie en estas últimas es baja, lo que debería comprobarse con verificaciones en campo.

Respecto al área potencial natural conservada que es de 2 297 375,40 ha, en el Ecuador, los mecanismos de conservación que contribuyen al cuidado del hábitat de *P. oleifolius* son 9 parques nacionales del SNAP entre ellos Podocarpus, Sangay y Yacuri, lo que coincide con lo reportado por Ornelas et al. (2010); el área ecológica de conservación “La Bonita” conservando un total de 1 388 112,88 ha; por otro lado, bajo conservación en bosques y vegetación protectora se tiene un área potencial de 696 736,08 ha, y con el Programa Socio Bosque 212 526,44 ha.

El tamaño de la población de *P. oleifolius* en Ecuador es desconocido, los estudios poblacionales son realizados a escalas locales, tal es el caso de Encarnación (2019) que estudia parámetros poblacionales y regeneración natural de *P. oleifolius* en dos relictos boscosos del sur del Ecuador. Otro estudio realizado por Yaguana et al. (2012) que estudio la Diversidad florística y estructura del bosque nublado del Río Numbala, Zamora-Chinchipe, así también la

investigación realizada por Castillo y Cueva (2006) sobre propagación a nivel de invernadero y estudio de regeneración natural de dos especies de podocarpaceas en su hábitat natural en la Reserva Comunal Angashcola y en la Estación Científica San Francisco. En general la determinación del tamaño poblacional para una especie forestal y de amplia distribución es un tema complejo y que probablemente no se realice a una escala nacional, por lo que los estudios a niveles locales son muy importantes para estimar y conocer el estado poblacional de las especies forestales.

5.2. Área de distribución potencial natural y área natural conservada de *Prumnopitys montana*

Las variables que más contribuyeron en el modelamiento de la distribución potencial de la especie fueron precipitación del mes más húmedo con 34,5 %, la estacionalidad en la precipitación con 29,8 % e isothermalidad con 24,6 % lo cual coincide con lo reportado por Alanes (2012) el cual menciona que para el modelamiento la especie *Prumnopitys harmsiana* en Bolivia, la variable que más aportó fue la isothermalidad con 29,7 %, la cual indica que existe poca variabilidad de la temperatura durante el año, mostrando una estacionalidad de temperatura, es decir, que la especie se desarrolla mejor en bioclimas pluviestacionales.

El área de distribución potencial natural para *Prumnopitys montana* en Ecuador es de 1 031 696, 62 ha, y cubre en su mayoría los flancos de las cordilleras oriental y occidental de los Andes especialmente al sur del Ecuador, a un rango altitudinal entre 700-4300 m s.n.m., y con una mayor presencia o probabilidad de que la especie se desarrolle por las condiciones geográficas, climáticas, topográficas existentes en la región sur del Ecuador, lo que es similar a lo reportado por Aguirre et al. (2015), Jørgensen y León-Yáñez (1999), MAE y FAO(2015) y Palacios (2011), quienes mencionan que la especie crece en rangos altitudinales que van desde 1500 a 4000 m s.n.m., presente en las provincias de Azuay, Cañar, Loja y Zamora

Chinchiipe. Según Palacios (2011), esta especie se puede localizar en los bosques húmedos en rangos altitudinales de 200 – 3200 m s.n.m.

La especie se la puede localizar en los ecosistemas Bosque siempre verde montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes, Bosque bajo siempreverde del sur de la Cordillera Oriental de los Andes y Bosque siempreverde montano del Sur, lo que coincide con la investigación del MAE y FAO (2015) donde se menciona que la especie se desarrolla en los Bosque siempreverde montano bajo y montano de la Cordillera Occidental y Oriental de los Andes.

Respecto al área potencial natural conservada en Ecuador que es de aproximadamente 615 752,76 ha, los mecanismos de conservación que contribuyen son 10 Parque nacionales del SNAP entre los cuales están Podocarpus, Cajas y Llanganates, lo que coincide con lo reportado por Ornelas et al. (2010). Bajo conservación de Bosques y vegetación Protectora están 184 873,42 ha y con el Programa Socio Bosque 57 696,96 ha. Además, en otros mecanismo de conservación como la Reserva Comunal Angashcola como lo reporta Castillo y Cueva (2006) en su estudio referente a propagación y regeneración natural de *P. oleifolius* y *P. montana*.

En Ecuador existe un desconocimiento del tamaño poblacional de *P. montana*, pues los estudios poblacionales son realizados a escalas locales como Castillo y Cueva (2006) quienes realizaron una propagación a nivel de invernadero y estudio de regeneración natural de dos especies de podocarpaceas en su hábitat natural en la Reserva Comunal Angashcola y en el Estación Científica San Francisco. Otro estudio fue el de Feijoo y Gonzáles (2010) que investigaron la influencia de la adición de nutrientes en el crecimiento diamétrico del bosque nublado, en dos rangos altitudinales, en el sur del Ecuador.

5.3. Categoría de conservación nacional para *Podocarpus oleifolius*

La categoría de conservación nacional para *Podocarpus oleifolius* en Ecuador es Vulnerable VU A2c, es decir se trata de una especie amenazada pues la misma ha experimentado una disminución observada e inferida en su extensión de presencia en los últimos 18 años, desde el 2000 hasta el 2018 igual a 34,58 %. Adicionalmente, la categoría de conservación Vulnerable se justifica pues *P. oleifolius* es una especie que presenta niveles de explotación actuales y muy probable potenciales por ser una especie con alto valor comercial, forma parte de especies más aprovechadas en el sur del Ecuador (Aguirre et al., 2015). Su distribución geográfica potencial natural es fragmentada, producto de la deforestación, en especial en provincias como Loja, Zamora Chinchipe que presentan alta deforestación según MAE (2019) y es donde la probabilidad de ocurrencia es alta a muy alta.

Sobre tamaños poblacionales a nivel nacional no se tiene registros, las investigaciones existentes son a nivel local, tal es el caso de lo que reporta Yaguana et al. (2012) en el bosque nublado del Río Numbala una densidad de 5 ind/ha, en la Reserva Comunal Angashcola Castillo y Cueva (2006) registraron 96 ind/ha, mientras que Encarnación (2019) reporta densidades de 136 ind/ ha. Existen diferentes esfuerzos por mantener poblaciones para la especie, por ejemplo diferentes investigaciones se han realizado en los campos de ecología, anatomía de la madera y reproducción, por ejemplo en el Jardín Botánico “Reinaldo Espinosa” se ha implementado una plantación de aproximadamente 2500 m² con 2000 plantas de dos especies del género *Podocarpus*: *Podocarpus oleifolius* y *Podocarpus sprucei* (Aguirre y Gutiérrez, 2011).

El criterio utilizado para asignar la categoría de conservación nacional es reducción del tamaño poblacional utilizando la extensión de presencia (EOO), lo que coincide con Cogollos et al. (2007) quienes utilizaron el criterio A2abc y difiere a lo reportado por Alanes (2012) que utilizaron el criterio C2ab (i) que corresponde a la disminución de individuos maduros. Estas

diferencias en la selección de criterios obedece a la disponibilidad de información y a la realidad del estado de la especie en cada país, pues se trata de evaluaciones a nivel nacional y de acuerdo con UICN (2012a) cuando se aplica las categorías y criterios de la lista roja de la UICN en el nivel regional o nacional debe aceptarse que la misma no puede ser igual a una categoría global, lo que ocurre con lo reportado por Gardner (2013) que establece la categoría Preocupación Menor (LC) para la especie.

La no aplicación del resto de criterios en la presente investigación obedece a que la especie no cumplió con los requisitos establecidos para el criterio B que corresponde a especies con áreas de distribución geográfica muy restringida y no se tuvo información para la aplicación de los criterios C, D y E. Estos últimos hacen referencia al pequeño tamaño de la población y disminución expresado en abundancias, a especies con poblaciones muy pequeñas o restringidas expresadas en abundancias y análisis cuantitativos. No obstante, esto no fue un problema pues la UICN (2012a) menciona que con que una especie cumpla uno de los criterios establecidos, es suficiente para que sea incluido en una categoría de amenaza.

A nivel regional, Colombia y Perú, las poblaciones de esta especie se encuentran amenazadas ya sea por la destrucción de su hábitat o el aprovechamiento selectivo de su madera. Según Cogollos et al (2007) en la publicación del Libro Rojo de las Plantas de Colombia, *Podocarpus oleifolius* se encuentra amenazado y tiene la categoría nacional Vulnerable considerando los criterios A2abc, lo que coincide con la presente investigación, así también Alanes (2012) menciona que en Bolivia la especie *P. oleifolius* se encuentra en estado Vulnerable VU C2ab (i).

5.4. Categorías de conservación nacional para *Prumnopitys montana*

La categoría de conservación para *Prumnopitys montana* en Ecuador es En Peligro En B2ab (ii), producto que su distribución geográfica potencial natural se encuentra severamente

fragmentada y su área de ocupación ha experimentado una disminución desde el 2000 al 2018 estimada en 32 km². La deforestación es una de las principales amenazas de su hábitat en especial en provincias como Loja y Zamora Chinchipe que presentan alta deforestación según MAE (2018). Sobre tamaños poblacionales no se cuenta con datos a nivel nacional, las investigaciones realizadas son a nivel local. Adicionalmente, es una especie forestal maderable que presenta niveles de explotación actuales y muy probable potenciales pues se trata de una especie con alto valor comercial y una de las más aprovechadas en la región sur del Ecuador (Aguirre et al., 2015).

El criterio utilizado en la asignación de su categoría de conservación es distribución geográfica representada como área de ocupación (B2); además, cumplió con otros criterios y categoría como reducción del tamaño poblacional en base a su extensión de presencia, distribución geográfica representada como extensión de presencia, categoría de conservación vulnerable. No obstante, la UICN (2012a) recomienda que a una especie se puede asignar una categoría de la Lista Roja basándose en uno de los cinco criterios disponibles no es necesario que cumplan todos los cinco criterios y si se cumple más de un criterio, se le asigna la categoría de amenaza más alta.

A nivel regional, Colombia y Perú, las poblaciones de esta especie se encuentran amenazadas por la explotación y pérdida o deterioro de su hábitat. Según Cogollo et, al (2007) en la publicación del Libro Rojo de las Plantas de Colombia, *P. montana* se encuentra amenazado y tiene la categoría nacional Vulnerable considerando los criterios A2abc, diferente a lo reportado en esta investigación; y en Perú la especie no ha sido evaluada a nivel nacional. Por otro lado, cabe recalcar que en Colombia esta especie se encuentra en veda nacional.

6. CONCLUSIONES

- En Ecuador la especie *Podocarpus oleifolius* presenta una distribución geográfica potencial de 6 479 162,68 ha, de las cuales 3 472 992,06 ha correspondieron a distribución potencial natural y 2 297 375,40 ha de área potencial natural las cuales se encuentran bajo áreas de conservación. Su distribución potencial natural con mayor probabilidad de presencia o desarrollo son las provincias de Loja, Zamora Chinchipe y Morona Santiago.
- La especie *Prumnopitys montana* en Ecuador presenta una distribución potencial de 2 970 395,65 ha, de las cuales 1 031 696,62 ha correspondieron a distribución potencial natural y 615 752,76 ha de estas últimas se encuentran bajo áreas de conservación como Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Bosque y vegetación protectora y Programa Socio Bosque. La distribución potencial natural con mayor probabilidad de presencia o desarrollo son las provincias de Cañar, Azuay, Morona Santiago, Loja y Zamora Chinchipe.
- La categoría nacional de *Podocarpus oleifolius* en Ecuador es Vulnerable (VU A2c), pues ha experimentado una reducción del tamaño poblacional utilizando la extensión de presencia (EOO) desde el 2000 hasta 2018 de 34,58 %. Su hábitat está fragmentado, es una especie de aprovechamiento forestal actual y potencial, que presenta problemas en su regeneración natural.
- La categoría nacional de *Prumnopitys montana* en Ecuador es En Peligro (EN B2ab (ii)) pues ha experimentado una disminución de su distribución geográfica representada por al área de ocupación que desde el 2000 al 2018 fue de 32 km². Su hábitat se encuentra severamente fragmentada, es una especie de aprovechamiento forestal actual y potencial.

7. RECOMENDACIONES

- Para la elaboración de modelos potenciales de distribución de especies se recomienda utilizar registros de presencia que se encuentre en su hábitat natural, por ejemplo, en el bosque nativo, así como también el uso de varias variables ambientales que sean determinantes en la distribución de las especies como variables climáticas, topográficas, cobertura vegetal, relaciones ecológicas, geomorfología, etc.
- Verificar y validar la identificación botánica y de ubicación de los registros de especies que reposan en los herbarios y de bases de datos botánicas online, pues estos registros son determinantes en la estimación del área de distribución y el uso de datos erróneos puede generar estimaciones no acordes a la distribución real y de preferencia de las especies.
- Complementar estos estudios con el levantamiento de información en campo, es decir la mayor parte de registros de presencia que reposan en los herbarios han sido colectados en años anteriores y mucha información que está disponible en las etiquetas de los vouchers botánicos no es clara y precisa sobre la ubicación de las especies, por ese motivo es necesario realizar un trabajo de campo que permita el uso de registros de presencia actuales para las especies.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre-Mendoza, Z., Loja, Á., Solano, C., & Aguirre, N. (2015). Especies forestales mas aprovechadas del sur del Ecuador. In *Universidad Nacional de Loja*. (Issue September).
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Aguirre, Z. (2012). Dendrologia del sur del ecuador. *Universidad Nacional de Loja.*, 1–75.
- Aguirre, Zhofre. (2014). Sistema Nacional de Áreas Protegidas. *Universidad Nacional de Loja*, 1–38. <https://zhofreaguirre.files.wordpress.com/2012/03/snap-del-ecuador-2014-za.pdf%0Ahttp://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/241417/49+RESERVA+BIOLOGICA+CERRO+PLATEADO.pdf/fbd841ca-3e9a-4ebc-871b-06c9aceaed88>
- Aguirre, Zhofre, & Gutiérrez, M. (2011). Jardín botánico “Reinaldo Espinoza” un centro de conservación e investigación en el sur del Ecuador.” *Universidad Nacional de Loja .Area Agropecuaria y Recursos Naturales Renovables.*, 1–25.
- Aguirre, Zhofre, & Gutiérrez, M. (2015). *Informe de la gestión desarrollada en el jardín botánico “reinaldo espinosa”, enero-diciembre 2015.*
- Aguirre, Zhofre, Merino, B., & Gutierrez, M. (2013). Principales familias de árboles, arbustos y hierbas del sur del Ecuador. *Universidad Nacional de Loja.*, 112.
- Alanes, D. (2012). *Tratamiento taxonomico y distribución potencial de las especies Podocarpacea en Bolivia.*
- Burneo, S. (2014). Áreas Protegidas Y Conservación En Los Países Andinos: Modelos, Estrategias Y Participación. *Turkish Journal of Chemistry*, 3. <https://doi.org/10.3906/kim-1305-17>
- Castillo, M., & Cueva, D. (2006). *Propagación a nivel de invernadero y estudio de*

regeneración natural de dos especies de podocarpaceas en su hábitat natural. 1–145.

Encarnación, A. (2019). *Evaluación de parámetros poblacionales y regeneración natural de Podocarpus oleifolius D. Don, en dos relictos boscosos del Sur del Ecuador* (Vol. 1). Universidad Nacional de Loja.

Fajardo-Gutiérrez, F., Infante-Betancour, J., & Cabrera-Amaya, D. M. (2018). Modelling the potential distribution of the genus *Polylepis* occurring in Colombia with conservation considerations. *Ecologia Austral*, 28(1), 202–215. <https://doi.org/10.25260/EA.18.28.1.1.585>

Feijoo, G., & Gonzáles, D. (2010). *Influencia de la adición de nutrientes en el crecimiento diamétrico del bosque nublado, en dos rangos altitudinales, en el sur del Ecuador.* Universidad Técnica Particular de Loja.

Galárraga, M. (2013). *Establecimiento de un protocolo de desinfección, inducción y multiplicación in vitro a partir de segmentos apicales de plantas juveniles de Podocarpus oleifolius.* 138.

García, N. (2005). *Libro rojo de plantas de Colombia Volumen 2* (Issue January 2007).

Grijalva, J., Checa, X., Ramos, R., Barrera, P., Vera, R., & Sigcha, F. (2015). Estado de los Recursos Genéticos Forestales del Ecuador. *Programa Nacional de Forestería Del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, April 2018*, 95 p.

Jørgensen, P. M., & León-Yáñez, S. (1999). *Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador* (Vol. 75, Issues i–viii).

León-yáñez, S., Valencia, R., Pitman, N., Endara, L., Ulloa, C. U., Navarrete, H., León-yáñez, S., Valencia, R., Navarrete, H., & Pitman, N. (2011). *Libro Rojo de las plantas endémicas*

del Ecuador.

Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2007). Plan Estratégico del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador 2007-2016. *Nforme Final de Consultoría. Proyecto GEF: Ecuador Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP-GEF). REGAL-ECOLEX. Quito.*

Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2013). Socio Bosque Programa de protección de bosques. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/SOCIO-BOSQUE.pdf>

Ministerios de Ambiente de Ecuador y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2015). *Especies forestales arbóreas y arbustivas de los bosques montanos del Ecuador.*

Ministerio de Ambiente de Ecuador. (2015a). *Quinto Informe Nacional para el Convenio sobre la Diversidad Biológica.*

Ministerio de Ambiente de Ecuador. (2015b). Estadísticas de Patrimonio Natural. *Estadísticas de Patrimonio Natural*, 20. <https://doi.org/10.1039/DT9960002403>

Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2015c). Las Normas para el Manejo Forestal Sostenible de los Bosques. In *Registro Oficial del Ecuador*. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu162523.pdf>

Ortiz, O., & Stapf, M. (2016). *Evaluación del Estado de Conservación de las Especies Endémicas del Género Cordia (Boraginaceae) en Panamá. July.*

Palacios, W. (2011). *Familias Y Generos Arboreos Del Ecuador.* Ministerio del Ambiente.

Pavón, M. (2016). *Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.*

- Phillips, S. B., Aneja, V. P., Kang, D., & Arya, S. P. (2006). Modelling and analysis of the atmospheric nitrogen deposition in North Carolina. *International Journal of Global Environmental Issues*, 6(2–3), 231–252. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Santiana, J. (2009). *Diversidad , distribución y conservación de la familia Bombacaceae en Ecuador.*
- Savino, C., Diodato, L., Gatto, M. A., & Zerda, H. R. (2015). Modelos de distribución potencial de especies. *ResearchGate*, November 2014, 1–8. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4962.6965>
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales. (2012). *Categorías y criterios de la Lista Roja de la UICN Version 3.1 : aprobado en la 51° Reunión del Consejo de la UICN, Gland Suiza, 9 de Febrero 2000.* <https://portals.iucn.org/library/node/10316>
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales. (2012). *Directrices Para El Uso De Los Criterios De La Lista Roja De La Uicn a Nivel Regional Y Nacional.*
- Vicuña, E. (2005). Las Podocarpáceas de los bosques montanos del noroccidente peruano. *Revista Peruana de Biología*, 12(2), 283–288. <https://doi.org/10.15381/rpb.v12i2.2400>
- Yaguana, C., Lozano Sivilaca, D., Neill, D., & Asanza, M. (2012). Diversidad florística y estructura del bosque nublado del Río Numbala, Zamora-Chinchipe, Ecuador: El “bosque gigante” de Podocarpaceae adyacente al Parque Nacional Podocarpus. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 1(3), 226–247.
- Yépez, E. (2016). *Propagación vegetativa de Podocarpus oleifolius D. Don ex Lamb mediante esquejes en Santa Martha de Cuba, Provincia del Carchi.* 97.

Zamudio, S. (2014). *Podocarpaceae. January.*

Zevallos, P. (1998). *Aportes sobre la dendrología; distribución geográfica y el status de Podocarpus en el Perú* (Issue October 1998) [Universidad Nacional Agraria La Molina].
<https://doi.org/10.13140/2.1.5062.4325>

Zunino, M. (2000). *El concepto de Area de Distribucion. 1*(1984), 79–85.

Zunino, M., & Palestrini, C. (1991). *El concepto de especie y la Biogeografía. 17*(6), 85–88.

9. ANEXOS

Anexo 1. Puntos de presencia de *Podocarpus oleifolius* y *Prumnopitys montana*

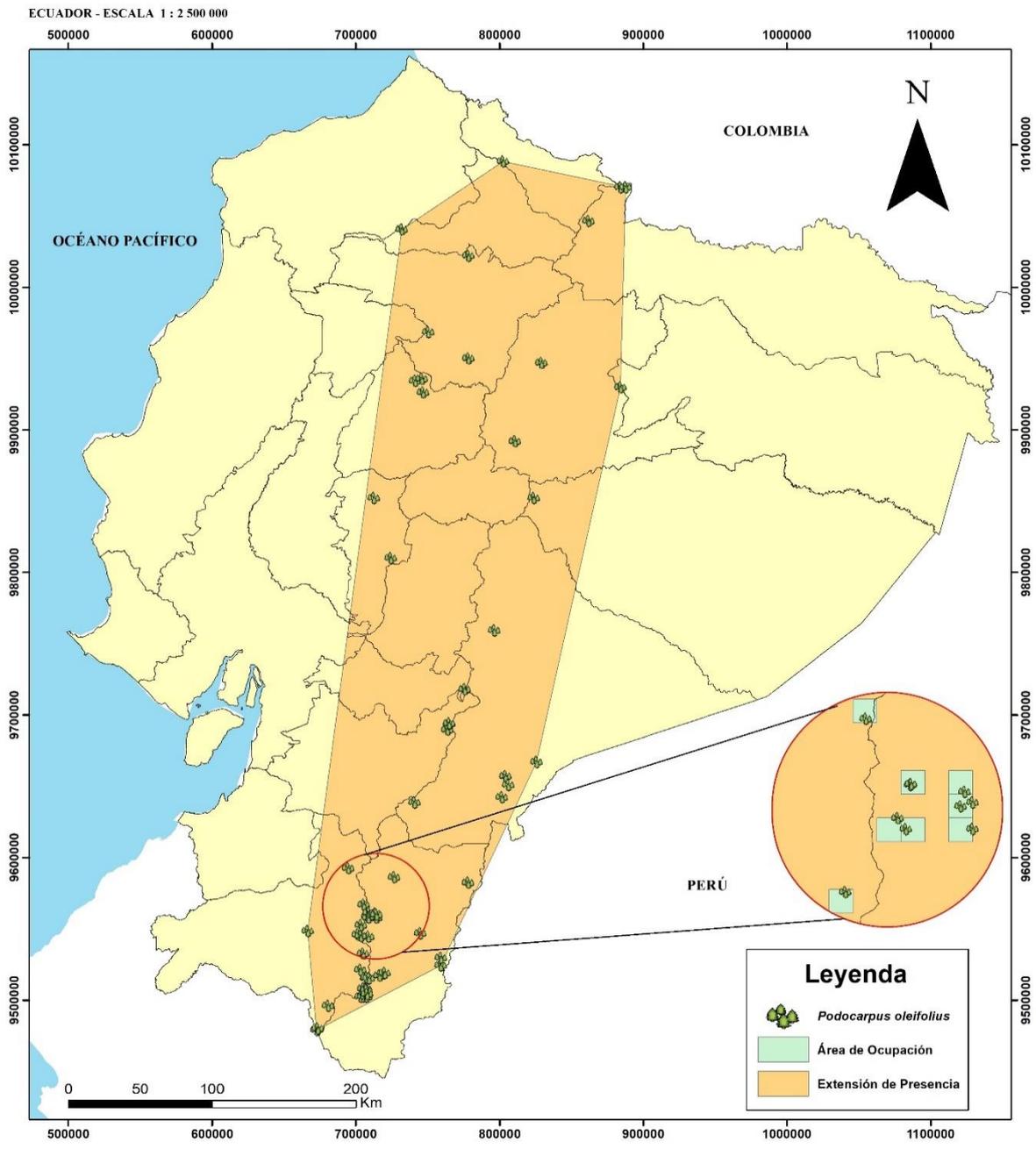
<i>Podocarpus oleifolius</i>																					
latitud	longitud	bio1	bio2	bi3	bio4	bio5	bio6	bio7	bio8	bio9	bio10	bio11	bio12	bio13	bio14	bio15	bio16	bio17	bio18	bio19	elev
-4.08	-79.50	18.92	19.15	88.08	20.17	25.60	12.60	13.00	18.80	18.75	19.15	18.73	856	203	7	89.65	509	36	108	75	1895
-4.71	-79.44	12.53	12.70	87.78	14.82	18.70	6.70	12.00	12.57	12.43	12.70	12.40	941	193	23	70.26	480	83	384	85	3069
-4.70	-79.44	12.09	12.28	88.31	16.80	18.20	6.30	11.90	12.13	11.97	12.28	11.92	922	191	25	69.32	467	86	373	88	3162
-4.56	-79.37	14.59	14.77	87.74	17.82	20.90	8.80	12.10	14.53	14.53	14.77	14.45	1176	210	32	63.27	562	114	181	536	2696
-3.68	-79.25	11.31	11.67	84.21	45.88	17.90	5.50	12.40	11.62	10.68	11.67	10.63	1020	144	51	34.78	389	167	238	180	3145
-4.11	-79.18	14.32	14.65	81.09	35.51	20.70	8.80	11.90	14.48	13.88	14.65	13.80	1133	155	55	33.56	422	184	258	198	2557
-4.33	-79.17	15.64	15.95	83.61	31.32	22.10	9.90	12.20	15.70	15.32	15.95	15.18	1179	172	49	42.22	473	169	267	175	2388
-4.12	-79.17	13.26	13.57	81.75	33.70	19.50	7.90	11.60	13.42	12.83	13.57	12.78	1136	159	56	34.25	428	186	252	201	2768
-4.50	-79.17	14.49	14.77	85.14	26.98	20.70	9.20	11.50	14.53	14.42	14.77	14.13	1366	197	58	40.33	540	215	281	243	2606
-4.05	-79.17	13.84	14.18	80.44	39.95	20.20	8.40	11.80	14.05	13.33	14.18	13.25	1145	151	61	29.91	413	200	258	216	2617
-4.23	-79.15	15.24	15.55	81.55	34.65	21.50	9.80	11.70	15.37	14.83	15.55	14.73	1107	152	48	36.25	422	169	255	180	2332
-3.92	-79.15	13.73	14.10	80.88	43.66	20.20	8.30	11.90	14.00	13.52	14.10	13.08	1168	142	70	22.79	390	228	251	260	2631
-4.45	-79.15	13.46	13.73	84.72	27.56	19.60	8.20	11.40	13.55	13.35	13.73	13.10	1276	185	58	37.92	496	209	261	238	2808
-4.50	-79.15	15.43	15.75	84.97	29.88	21.70	10.00	11.70	15.48	15.13	15.75	15.02	1372	196	59	40.52	542	211	289	234	2418
-3.92	-79.15	13.73	14.10	80.88	43.66	20.20	8.30	11.90	14.00	13.52	14.10	13.08	1168	142	70	22.79	390	228	251	260	2631
-4.38	-79.13	14.01	14.28	82.90	31.10	20.20	8.70	11.50	14.12	13.65	14.28	13.57	1245	177	58	37.96	483	198	273	214	2648
-4.50	-79.13	16.45	16.78	84.93	32.71	22.80	10.80	12.00	16.50	16.15	16.78	15.98	1343	187	59	39.07	523	203	291	222	2215
-4.45	-79.13	15.80	16.12	84.33	32.61	22.10	10.40	11.70	15.88	15.47	16.12	15.33	1317	182	59	37.73	507	204	284	227	2297
-4.48	-79.13	15.05	15.37	85.56	29.11	21.30	9.70	11.60	15.10	14.75	15.37	14.65	1371	190	61	37.47	527	222	288	250	2517
-4.45	-79.13	15.80	16.12	84.33	32.61	22.10	10.40	11.70	15.88	15.47	16.12	15.33	1317	182	59	37.73	507	204	284	227	2297

-4.50	-79.13	16.45	16.78	84.93	32.71	22.80	10.80	12.00	16.50	16.15	16.78	15.98	1343	187	59	39.07	523	203	291	222	2215
-4.46	-79.13	16.28	16.62	84.24	34.54	22.60	10.70	11.90	16.35	15.93	16.62	15.78	1303	180	58	37.99	504	200	282	220	2203
-4.50	-79.13	16.45	16.78	84.93	32.71	22.80	10.80	12.00	16.50	16.15	16.78	15.98	1343	187	59	39.07	523	203	291	222	2215
-4.38	-79.13	14.01	14.28	82.90	31.10	20.20	8.70	11.50	14.12	13.65	14.28	13.57	1245	177	58	37.96	483	198	273	214	2648
-4.48	-79.13	15.05	15.37	85.56	29.11	21.30	9.70	11.60	15.10	14.75	15.37	14.65	1371	190	61	37.47	527	222	288	250	2517
-3.99	-79.13	13.28	13.67	81.71	42.93	19.70	7.90	11.80	13.50	13.08	13.67	12.65	1170	148	67	26.19	406	220	249	248	2757
-4.00	-79.12	14.57	15.00	80.34	45.69	21.00	9.30	11.70	14.80	14.38	15.00	13.90	1132	134	68	21.14	369	223	248	257	2445
-4.12	-79.12	13.10	13.45	80.19	37.38	19.30	7.90	11.40	13.27	12.63	13.45	12.55	1210	158	67	28.48	431	224	260	247	2768
-3.97	-79.12	14.30	14.73	80.60	47.02	20.80	8.90	11.90	14.55	14.10	14.73	13.62	1162	137	71	20.99	378	230	253	265	2527
-4.38	-79.12	12.03	12.28	84.67	29.73	18.00	6.80	11.20	12.15	11.65	12.28	11.60	1183	174	60	36.54	457	201	247	218	3083
-3.97	-79.12	14.62	15.07	81.00	46.24	21.10	9.30	11.80	14.85	14.43	15.07	13.95	1160	132	72	19.02	365	234	250	280	2457
-1.34	-79.09	11.59	11.97	84.04	32.13	16.90	6.30	10.60	11.88	11.23	11.97	11.15	775	138	5	76.11	403	33	319	41	2944
-3.98	-79.08	16.87	17.28	82.21	42.39	23.40	11.50	11.90	17.07	17.13	17.28	16.25	827	103	49	23.77	265	160	164	211	2035
-3.97	-79.08	17.49	17.87	83.54	38.68	24.00	12.00	12.00	17.65	17.77	17.87	16.92	802	110	46	28.89	279	148	153	191	1939
-4.00	-79.07	13.85	14.23	81.70	42.72	20.20	8.50	11.70	14.08	13.67	14.23	13.22	1197	140	74	20.20	385	241	257	283	2621
-3.98	-79.07	16.29	16.72	80.95	44.81	22.80	10.90	11.90	16.52	16.55	16.72	15.63	911	104	57	19.95	276	183	187	243	2140
-4.37	-79.05	16.52	16.90	83.68	36.21	22.90	11.00	11.90	16.63	16.13	16.90	16.00	1225	154	63	28.78	435	215	273	237	2153
-4.35	-79.02	16.49	16.87	83.19	37.04	22.90	11.00	11.90	16.62	16.08	16.87	15.95	1222	149	66	26.27	423	223	272	247	2156
-1.72	-78.98	11.75	12.02	87.39	25.36	17.70	6.00	11.70	11.93	11.43	12.02	11.40	645	112	8	66.71	321	40	263	48	3028
-3.74	-78.96	17.95	18.27	83.98	31.80	24.20	12.60	11.60	18.08	18.27	18.27	17.48	901	107	53	25.12	295	170	170	243	1884
-3.74	-78.96	17.95	18.27	83.98	31.80	24.20	12.60	11.60	18.08	18.27	18.27	17.48	901	107	53	25.12	295	170	170	243	1884
0.37	-78.92	20.47	21.02	87.07	38.05	25.00	16.30	8.70	20.90	20.28	21.02	20.10	2078	307	48	59.29	913	195	841	350	1016
-3.27	-78.83	12.86	13.32	80.80	63.20	19.50	7.00	12.50	13.20	12.52	13.32	11.90	762	96	43	25.06	260	151	249	172	2732
-0.59	-78.83	11.60	11.85	91.20	18.27	16.80	6.10	10.70	11.72	11.47	11.85	11.43	911	135	15	50.58	381	75	341	98	2982
-4.10	-78.80	18.35	18.72	84.34	33.98	24.60	13.00	11.60	18.48	18.62	18.72	17.87	1104	121	70	19.87	336	226	227	298	1875
-0.58	-78.79	13.90	14.22	91.11	20.94	19.00	8.60	10.40	14.10	13.72	14.22	13.72	1080	172	13	57.32	483	75	431	75	2475
-0.67	-78.78	9.13	9.42	90.92	25.52	14.60	3.40	11.20	9.35	8.82	9.42	8.80	1045	135	24	41.60	390	109	365	120	3408

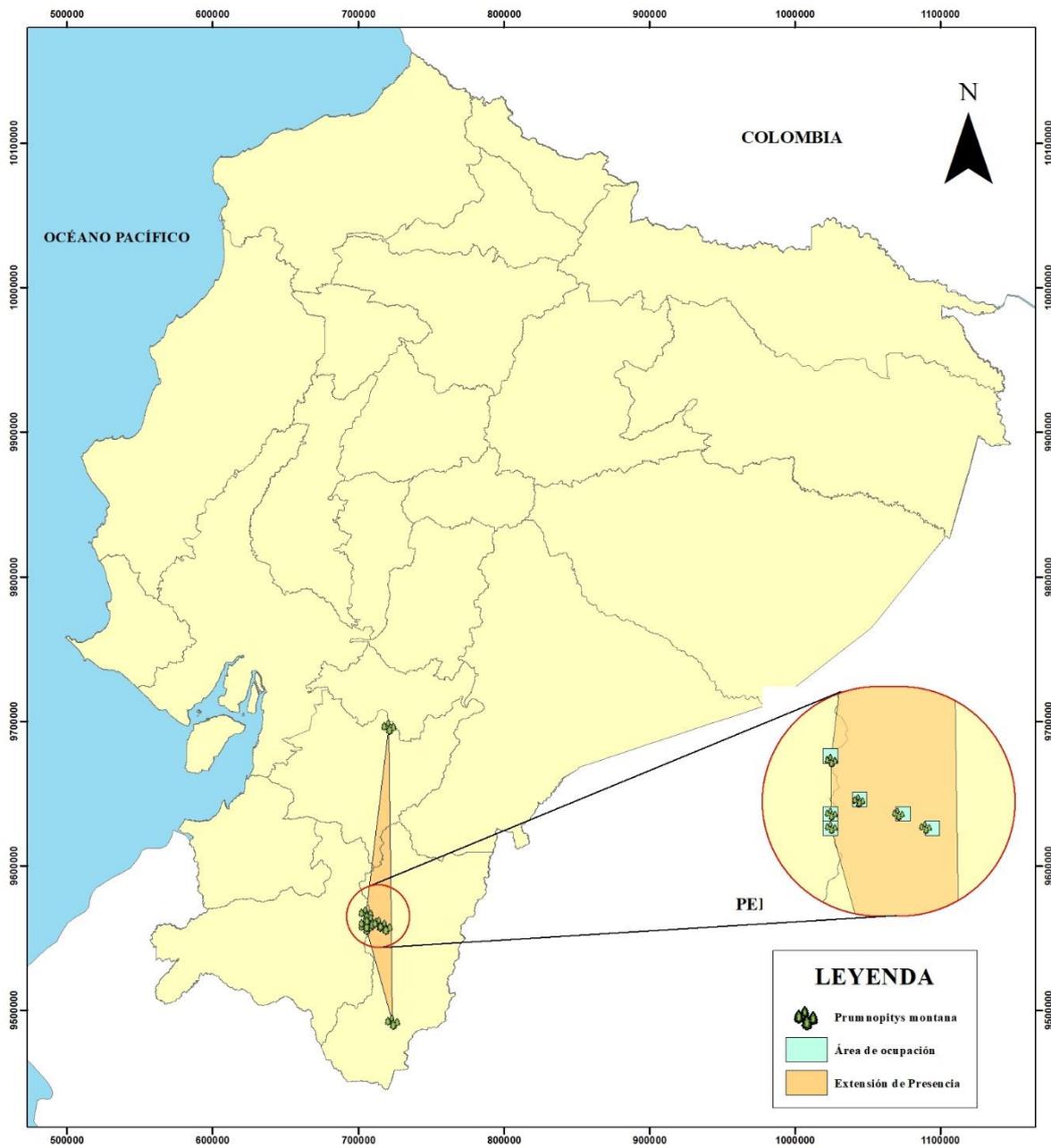
-0.28	-78.75	12.35	12.58	90.11	18.02	17.70	7.00	10.70	12.38	12.42	12.58	12.20	1124	160	21	47.10	449	102	320	280	2906
-4.30	-78.67	22.42	22.67	87.40	29.43	28.80	16.50	12.30	22.60	22.07	22.67	22.00	1603	175	103	17.95	502	327	368	374	1174
-4.25	-78.66	22.79	23.00	88.15	28.27	29.00	16.90	12.10	22.98	22.45	23.00	22.37	1720	185	113	17.51	535	361	389	416	1079
-2.81	-78.63	11.68	12.07	85.83	53.45	18.40	5.40	13.00	11.75	12.07	12.07	10.88	1112	117	66	19.42	345	215	215	307	3081
-2.77	-78.62	9.93	10.32	84.96	52.67	16.20	3.90	12.30	10.02	10.28	10.32	9.15	1256	136	71	21.96	400	232	242	340	3367
-2.55	-78.52	12.51	12.77	84.84	38.56	18.60	7.00	11.60	12.27	12.72	12.77	11.93	1236	159	61	29.87	433	199	283	415	2878
0.20	-78.50	15.64	15.90	87.73	19.67	21.10	10.30	10.80	15.75	15.67	15.90	15.42	1054	149	14	50.37	424	85	392	303	2162
0.20	-78.50	15.64	15.90	87.73	19.67	21.10	10.30	10.80	15.75	15.67	15.90	15.42	1054	149	14	50.37	424	85	392	303	2162
-0.45	-78.50	9.20	9.43	91.60	24.35	14.90	3.10	11.80	9.43	8.87	9.43	8.87	1263	145	48	31.04	418	179	418	181	3407
-3.78	-78.50	19.97	20.35	86.16	31.72	26.30	14.50	11.80	19.70	20.07	20.35	19.53	1451	171	84	22.57	466	260	308	439	1580
-2.18	-78.34	16.35	16.65	85.49	31.77	22.50	10.90	11.60	16.12	16.40	16.65	15.88	1435	195	70	34.19	520	223	250	515	2009
-3.23	-78.29	18.27	18.65	86.38	34.00	24.40	12.90	11.50	17.93	18.42	18.65	17.77	1545	205	71	33.51	562	229	305	542	1850
0.80	-78.28	20.67	20.98	91.76	22.90	25.30	16.00	9.30	20.98	20.68	20.98	20.40	1748	203	39	39.43	569	182	569	545	1134
-3.10	-78.26	22.17	22.62	86.85	37.69	28.20	16.60	11.60	22.07	22.37	22.62	21.63	1994	233	110	25.65	667	336	418	582	1041
-3.10	-78.26	22.17	22.62	86.85	37.69	28.20	16.60	11.60	22.07	22.37	22.62	21.63	1994	233	110	25.65	667	336	418	582	1041
-3.15	-78.25	22.64	23.08	87.90	37.85	28.60	17.10	11.50	22.53	22.83	23.08	22.10	2069	234	118	24.22	686	359	444	585	936
-0.98	-78.21	12.86	13.28	83.75	51.65	19.20	7.10	12.10	12.50	13.12	13.28	12.10	1085	124	50	22.75	338	182	254	325	2714
-1.34	-78.09	17.02	17.37	85.79	38.11	22.50	12.00	10.50	16.70	17.08	17.37	16.45	2282	318	110	35.16	834	344	427	828	1793
-3.01	-78.07	24.61	25.12	86.80	50.01	30.30	19.00	11.30	24.47	24.97	25.12	23.88	2426	266	158	19.82	773	495	548	597	447
-0.48	-78.04	12.60	12.87	90.95	30.49	18.50	6.80	11.70	12.67	12.68	12.87	12.13	1456	156	82	16.61	437	287	431	370	2749
0.42	-77.75	9.80	10.17	86.25	51.48	14.90	4.60	10.30	10.17	9.47	10.17	9.05	1366	142	84	15.79	395	279	395	344	3173
0.63	-77.55	11.36	11.77	85.92	52.26	16.40	6.10	10.30	11.77	11.60	11.77	10.60	1267	143	86	15.58	372	280	372	283	2874
-0.63	-77.55	18.85	19.18	89.13	31.37	24.20	13.70	10.50	18.50	18.98	19.18	18.38	3551	442	175	29.67	1236	575	669	1172	1545
0.63	-77.52	9.83	10.23	85.44	55.94	14.90	4.60	10.30	9.97	10.13	10.23	9.02	1316	141	85	16.52	383	280	361	302	3194
<i>Prumnopitys montana</i>																					
latitud	longitud	bio1	bio2	bi3	bio4	bio5	bio6	bio7	bio8	bio9	bio10	bio11	bio12	bio13	bio14	bio15	bio16	bio17	bio18	bio19	elev
-3.983	-79.150	14.59	9.49	80.44	46.37	21.0	9.2	11.8	14.85	14.40	15.00	13.90	1119	137	65	23.18	374	215	248	242	2452

-3.916	-79.150	14.39	9.61	80.07	45.28	20.9	8.9	12	14.65	14.18	14.78	13.72	1157	134	72	19.80	371	232	250	270	2484
-3.983	-79.150	14.59	9.49	80.44	46.37	21.0	9.2	11.8	14.85	14.40	15.00	13.90	1119	137	65	23.18	374	215	248	242	2452
-4.000	-79.150	13.95	9.58	80.46	41.15	20.4	8.5	11.9	14.18	13.43	14.32	13.35	1140	145	65	26.30	396	212	253	234	2604
-3.983	-79.150	14.59	9.49	80.44	46.37	21.0	9.2	11.8	14.85	14.40	15.00	13.90	1119	137	65	23.18	374	215	248	242	2452
-3.917	-79.150	13.73	9.63	80.88	43.66	20.2	8.3	11.90	14.00	13.52	14.10	13.08	1168	142	70	22.79	390	228	251	260	2631
-3.983	-79.150	14.59	9.49	80.44	46.37	21.0	9.2	11.80	14.85	14.40	15.00	13.90	1119	137	65	23.18	374	215	248	242	2452
-3.967	-79.117	14.30	9.59	80.60	47.02	20.8	8.9	11.90	14.55	14.10	14.73	13.62	1162	137	71	20.99	378	230	253	265	2527
-3.967	-79.117	14.30	9.59	80.60	47.02	20.8	8.9	11.90	14.55	14.10	14.73	13.62	1162	137	71	20.99	378	230	253	265	2527
-3.967	-79.117	14.62	9.56	81.00	46.24	21.1	9.3	11.80	14.85	14.43	15.07	13.95	1160	132	72	19.02	365	234	250	280	2457
-3.966	-79.116	14.62	9.56	81.00	46.24	21.1	9.3	11.80	14.85	14.43	15.07	13.95	1160	132	72	19.02	365	234	250	280	2457
-3.983	-79.067	16.29	9.63	80.95	44.81	22.8	10.9	11.90	16.52	16.55	16.72	15.63	911	104	57	19.95	276	183	187	243	2140
-4.000	-79.033	17.49	9.85	83.47	38.66	23.9	12.1	11.80	17.65	17.77	17.88	16.92	861	108	52	24.36	280	167	170	217	1980
-2.750	-79.013	10.20	10.62	83.60	58.11	16.7	4.0	12.70	10.63	9.37	10.63	9.35	1059	124	66	20.41	341	208	341	228	3165
-4.596	-78.986	17.43	10.23	85.28	32.29	23.8	11.8	12.00	17.47	17.13	17.77	16.98	1319	167	63	31.28	472	216	302	234	2081

Anexo 2. Mapa de Extensión de presencia (EOO) y Área de ocupación (AOO) de *Podocarpus oleifolius* calculada en GeoCAT



Anexo 2. Mapa de Extensión de presencia (EOO) y Área de ocupación (AOO) de *Prumnopitys montana* calculada en GeoCAT



Anexo 3. Matriz de los criterios utilizados para la asignación de categoría nacional

A. Reducción del tamaño poblacional. Reducción del tamaño de la población basada en cualquiera de los subcriterios A1 a A4. El nivel de reducción se mide considerando el período más largo, ya sea 10 años o 3 generaciones.							
Subcriterio	Especie		En Peligro Crítico ($\geq 80\%$)	En Peligro ($\geq 50\%$)	Vulnerable ($\geq 30\%$)	Categoría	
Criterio A2 Punto (c)	EOO	<i>Podocarpus oleifolius</i>	34,58%		X	VU A2c	
		<i>Prumnopitys montana</i>	36,11%		X	VU A2c	
	AOO	<i>Podocarpus oleifolius</i>	25,64%			NT	
		<i>Prumnopitys montana</i>	33,33%		X	VU A2c	
B. Distribución geográfica representada como extensión de presencia (B1) Y/O área de ocupación (B2)							
Subcriterio	Especie		En Peligro Crítico (< 100 km ²)	En Peligro (< 5.000 km ²)	Vulnerable (< 20.000 km ²)		
Criterio B1	EOO	<i>Podocarpus oleifolius</i>	34 729,92 km ²			NT	
		<i>Prumnopitys montana</i>	10 316,97 km ²		X	VU	
		<i>Podocarpus oleifolius</i>	232 km ²	En Peligro Crítico (< 10 km ²)	En Peligro (< 500 km ²)	Vulnerable (< 2.000 km ²)	B1ab(i)
		<i>Prumnopitys montana</i>	32 km ²		X	NT	
Criterio B2	AOO	<i>Prumnopitys montana</i>		X		EN	
D. Población muy pequeña o restringida						B2ab(ii)	
E. Análisis Cuantitativo							