

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**TRATAMIENTO TAXONÓMICO Y DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LAS
ESPECIES DE PODOCARPACEAE EN BOLIVIA**

DANIEL ALANES ROMERO

LA PAZ – BOLIVIA

2012

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

TRATAMIENTO TAXONÓMICO Y DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LAS
ESPECIES DE PODOCARPACEAE EN BOLIVIA

*Tesis de grado presentado como requisito
Parcial para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo*

DANIEL ALANES ROMERO

Asesores:

Ing. M. Sc. Yacov Arteaga García

Lic. Alfredo Fernando Fuentes Claros

Tribunal Examinador:

Ing. Ph. D. Abul Kalam Kurban

Ing. Frida Maldonado de Kalam

Ing. Luis Goitia Arze

APROBADA

PRESIDENTE TRIBUNAL EXAMINADOR:

2012

Dedicatoria

A mis padres, quienes siempre compartieron mis triunfos y mis derrotas, mis hermanos que siempre están apoyándome en todo momento de mi vida.

A mis amigos que siempre estuvieron brindándome entusiasmo para seguir estudiando.

AGRADECIMIENTOS

A los Docentes de la carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Agronomía, por los conocimientos y experiencias impartidas en los años de formación.

Mi más sincero agradecimiento al Proyecto Inventario Florístico de la Región Madidi, sujeto al convenio suscrito entre el Herbario Nacional de Bolivia (LPB) y el Jardín Botánico de Missouri (MO). Por el apoyo incesante de manera técnico-científico en el desarrollo de la investigación, sin el cual no hubiera sido posible su ejecución.

Agradecer a los herbarios de Cochabamba: Herbario Nacional Martín Cárdenas (BOLV), Chuquisaca: Herbario del sur de Bolivia (HSB), Santa Cruz de la Sierra: Herbario del Oriente Boliviano (USZ), quienes me brindaron su apoyo durante la revisión de los especímenes.

Agradezco a mis asesores. Ing. Yakov Arteaga García, Lic. Alfredo Fernando Fuentes Claros por el asesoramiento, guía y orientación en la realización del presente trabajo, sin los cuales no hubiera sido posible llegar a la culminación del presente trabajo.

Mi agradecimiento a los señores tribunales, Ing. Ph. D. Abul Kalam Kurban, Ing. Frida Maldonado de Kalam, Ing. Luis Goitia Arze, por la revisión, observaciones y enriqueciendo el presente trabajo.

A mis amigos que siempre estuvieron brindándome su apoyo.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| ÍNDICE GENERAL | i |
| ÍNDICE DE FIGURAS | v |
| ÍNDICE DE TABLAS | vii |
| ÍNDICE DE ANEXOS | viii |
| RESUMEN | ix |
| | |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. OBJETIVOS | 2 |
| 2.1 Objetivo General | 2 |
| 2.2 Objetivos Específicos | 2 |
| 3. REVISIÓN DE LITERATURA | 3 |
| 3.1 Podocarpaceae Endlicher | 3 |
| 3.1.1 Clasificación Taxonómica..... | 3 |
| 3.2 Descripción botánica de la familia Podocarpaceae | 4 |
| 3.2.1 Biología reproductiva de las especies de Podocarpaceae de Bolivia..... | 5 |
| 3.3 Biogeografía de la familia Podocarpaceae | 6 |
| 3.4 Ecología de las especies de Podocarpaceae..... | 7 |
| 3.5 Estado de Conservación | 8 |
| 3.6 Aspectos socioeconómicos | 9 |
| 4. LOCALIZACIÓN | 10 |
| 4.1 Área de Estudio..... | 10 |
| 4.1.1 Fisiografía | 11 |
| 4.1.2 Cordillera Occidental o Volcánica..... | 11 |
| 4.1.3 Cordillera Oriental | 11 |
| 4.1.4 Subandino | 12 |
| 4.1.5 Escudo precámbrico..... | 12 |
| 4.2 Suelos | 13 |

| | |
|--|----|
| 4.3 Hidrografía..... | 13 |
| 4.4 Clima | 14 |
| 4.5 Biogeografía de Bolivia..... | 15 |
| 4.6 Distribución de las especies de Podocarpaceae en las unidades biogeográficas de Bolivia | 16 |
| 4.6.1 Región Brasileño-Paranense | 16 |
| 4.6.2 Provincia Cerradense Occidental | 16 |
| 4.6.3 Provincia Beniense | 16 |
| 4.6.4 Región Andina Tropical | 16 |
| 4.6.5 Provincia Yungueña | 17 |
| 4.6.6 Provincia Boliviano-Tucumana | 17 |
| 5. MATERIALES Y METODOLOGÍA..... | 17 |
| 5.1 Materiales..... | 17 |
| 5.1.1. Material biológico | 17 |
| 5.1.2. Material de campo..... | 18 |
| 5.1.3 Materiales de Gabinete | 18 |
| 5.2 Metodología | 19 |
| 5.2.1 Recopilación y procesamiento de datos..... | 19 |
| 5.2.2 Diseño del formulario (planilla) de datos morfológicos | 19 |
| 5.2.3 Mediciones morfológicas y visita a otros herbarios | 20 |
| 5.2.4 Herbarios nacionales consultados..... | 20 |
| 5.2.5 Herbarios extranjeros consultados para comparar colecciones | 20 |
| 5.2.6 Identificación de los especímenes de herbario | 20 |
| 5.2.7 Bases de datos..... | 21 |
| 5.2.8 Elaboración de claves dicotómicas | 21 |
| 5.3 Tratamiento taxonómico | 22 |
| 5.3.1 Distribución Geográfica | 23 |

| | |
|--|----|
| 5.4 Distribución potencial | 23 |
| 5.4.1 Base de Datos Climática | 23 |
| 5.4.2 Programa de modelaje Maxent | 24 |
| 5.4.3 Evaluación del modelo | 25 |
| 5.4.4 Área de distribución..... | 25 |
| 5.4.5 Selección de variables de importancia | 25 |
| 6. PROCEDIMIENTO ESTADÍSTICO | 26 |
| 7. RESULTADOS Y DISCUSIONES | 27 |
| 7.1 Resultados | 27 |
| 7.1.1 Análisis multivariado para diferenciar las especies del género <i>Podocarpus</i> L'Hér. ex Pers. | 27 |
| 7.1.2 Análisis de conglomerados (cluster)..... | 28 |
| 7.1.3 Análisis multidimensional no métrico (NMDS)..... | 29 |
| 7.2 Tratamiento taxonómico | 29 |
| 7.2.1 Clave de géneros de Podocarpaceae de Bolivia..... | 29 |
| 7.2.2 <i>Podocarpus</i> L'Hér. ex Pers. | 30 |
| 7.2.3 Clave de especies de <i>Podocarpus</i> L'Hér. ex Pers., de Bolivia..... | 30 |
| 7.3 Descripción morfológica de las especies de <i>Podocarpus</i> L'Hér. ex Pers..... | 33 |
| 7.3.1 <i>Podocarpus ballivianensis</i> Silba..... | 33 |
| 7.2.2 <i>Podocarpus celatus</i> de Laub..... | 37 |
| 7.2.3 <i>Podocarpus glomeratus</i> D. Don, in Lambert. | 41 |
| 7.2.4 <i>Podocarpus ingensis</i> de Laub..... | 45 |
| 7.2.5 <i>Podocarpus magnifolius</i> J. Buchholz & N.E. Gray..... | 49 |
| 7.2.6 <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don ex Lambert. | 52 |
| 7.2.7 <i>Podocarpus parlatorei</i> Pilg. | 58 |
| 7.2.8 <i>Podocarpus rusbyi</i> J. Buchholz & N.E. Gray. | 62 |

| | |
|--|----|
| 7.2.9 <i>Podocarpus sellowii</i> Klotzsch ex Endl.. | 67 |
| 7.3 <i>Prumnopitys</i> Philiphi. | 70 |
| 7.3.2 Clave Botánica para las especies de <i>Prumnopitys</i> Philiphi, de Bolivia..... | 70 |
| 7.3.3 Descripción morfológica de las especies de <i>Prumnopitys</i> Philiphi | 70 |
| 7.3.4 <i>Prumnopitys exigua</i> de Laub. ex Silba. | 70 |
| 7.3.5 <i>Prumnopitys harmsiana</i> (Pilg.) de Laub. | 75 |
| 7.4 <i>Retrophyllum</i> C.N. Page..... | 79 |
| 7.4.1 <i>Retrophyllum rospigliosii</i> (Pilg.) C.N. Page..... | 79 |
| 7.5 DISCUSIONES..... | 83 |
| 7.5.1 Tratamiento taxonómico..... | 83 |
| 7.5.2 Modelación del nicho ecológico: MaxEnt | 84 |
| 8. CONCLUSIONES..... | 85 |
| 9. RECOMENDACIONES | 86 |
| 10. LITERATURA CITADA..... | 87 |
| ANEXOS. | 95 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio | 10 |
| Figura 2. Unidades biogeográficas de Bolivia..... | 15 |
| Figura 3. Dendograma de las especies del género <i>Podocarpus</i> | 28 |
| Figura 4. Agrupación de las especies del género <i>Podocarpus</i> mediante el NMDS.... | 29 |
| Figura 5. <i>Podocarpus ingensis</i> de Laub | 32 |
| Figura 5. <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don ex Lamb..... | 33 |
| Figura 5. <i>Podocarpus ballivianensis</i> Silba | 33 |
| Figura 5. <i>Podocarpus rusbyi</i> J. Buchholz & N.E. Gray | 33 |
| Figura 6. Contribución de las variables ambientales al modelo de <i>Podocarpus ballivianensis</i> Silba | 35 |
| Figura 7. Mapa de Distribución potencial de <i>Podocarpus ballivianensis</i> Silba, en Bolivia..... | 36 |
| Figura 8. Contribución de las variables ambientales al modelo de <i>Podocarpus celatus</i> de Laub | 39 |
| Figura 9. Mapa de Distribución potencial de <i>Podocarpus celatus</i> de Laub, en Bolivia | 40 |
| Figura 10. Contribución de las variables ambientales al modelo de <i>Podocarpus glomeratus</i> D. Don, in Lambert..... | 43 |
| Figura 11. Mapa de Distribución potencial de <i>Podocarpus glomeratus</i> D. Don, in Lambert, en Bolivia..... | 44 |
| Figura 12. Contribución de las variables ambientales al modelo de <i>Podocarpus ingensis</i> de Laub | 46 |
| Figura 13. Mapa de Distribución potencial de <i>Podocarpus ingensis</i> de Laub., en Bolivia..... | 48 |
| Figura 14. Contribución de las variables ambientales al modelo de <i>Podocarpus magnifolius</i> J. Buchholz & N.E. Gray..... | 50 |
| Figura 15. Mapa de Distribución potencial de <i>Podocarpus magnifolius</i> J. Buchholz & N.E. Gray, en Bolivia | 51 |
| Figura 16. Contribución de las variables ambientales al modelo de <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don ex Lamb. | 54 |
| Figura 17. Mapa de Distribución potencial de <i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don ex Lamb., en Bolivia..... | 56 |

| | |
|--|----|
| Figura 18. <i>Podocarpus magnifolius</i> J. Buchholz & N.E. Gray | 57 |
| Figura 18. <i>Podocarpus celatus</i> de Laub | 57 |
| Figura 18. <i>Podocarpus glomeratus</i> D. Don | 58 |
| Figura 18. <i>Podocarpus parlatorei</i> Pilg | 58 |
| Figura 19. Contribución de las variables ambientales al modelo de <i>Podocarpus parlatorei</i> Pilg. | 60 |
| Figura 20. Mapa de Distribución potencial de <i>Podocarpus parlatorei</i> Pilg., en Bolivia | 61 |
| Figura 21. Contribución de las variables ambientales al modelo de <i>Podocarpus rusbyi</i> J. Buchholz & N.E. Gray | 63 |
| Figura 22. Mapa de Distribución potencial de <i>Podocarpus rusbyi</i> J. Buchholz & N.E. Gray, en Bolivia | 65 |
| Figura 23. <i>Podocarpus sellowii</i> Klotzsch ex Endl | 66 |
| Figura 24. Contribución de las variables ambientales al modelo de <i>Podocarpus sellowii</i> Klotzsch ex Endl | 68 |
| Figura 25. Mapa de Distribución potencial de <i>Podocarpus sellowii</i> Klotzsch ex Endl., en Bolivia..... | 69 |
| Figura 26. Contribución de las variables ambientales al modelo de <i>Prumnopitys exigua</i> de Laub. ex Silba | 72 |
| Figura 27. Mapa de Distribución potencial de <i>Prumnopitys exigua</i> de Laub. ex Silba, en Bolivia..... | 73 |
| Figura 28. <i>Prumnopitys exigua</i> de Laub. ex Silba. | 74 |
| Figura 28. <i>Prumnopitys harmsiana</i> (Pilg.) de Laub..... | 75 |
| Figura 28. <i>Retrophyllum rospigliosii</i> (Pilg.) C.N. Page | 75 |
| Figura 29. Contribución de las variables ambientales al modelo de <i>Prumnopitys harmsiana</i> (Pilg.) de Laub | 77 |
| Figura 30. Mapa de Distribución potencial de <i>Prumnopitys harmsiana</i> (Pilg.) de Laub., en Bolivia..... | 78 |
| Figura 31. Contribución de las variables ambientales al modelo de <i>Retrophyllum rospigliosii</i> (Pilg.) C.N. Page..... | 81 |
| Figura 32. Mapa de ubicación del área de estudio <i>Retrophyllum rospigliosii</i> (Pilg.) C.N. Page, en Bolivia | 82 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Variables biofísicas consideradas en el proceso de modelación | 24 |
| Tabla 2. Valores propios del análisis de componentes principales | 27 |
| Tabla 3. Contribuciones de las variables (%)..... | 28 |

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Tabla de variables medidas (vegetativas y reproductivas).

Anexo 2. Ejemplo de la base de datos de coordenadas geográficas.

Anexo 3. Matriz de correlación de Pearson.

Anexo 4. Unidades Biogeográficas de Bolivia.

RESUMEN

El presente estudio trata de una revisión taxonómica y de la distribución potencial de las Podocarpaceae de Bolivia, con el objetivo de mostrar las diferencias morfológicas de las especies y géneros presentes en el país, además a través de la prueba Jackknife se determinaron las variables de importancia que determinan la distribución potencial de las especies.

Se elaboró una clave botánica para diferenciar los géneros y dos para identificar las especies tratadas. Se presenta una descripción detallada de los géneros y las especies, contribuyendo para cada una de las especies con: descripciones botánicas, distribución y hábitat, estado de conservación, fenología, usos, nombres comunes, comentarios e ilustraciones.

Con el propósito de respaldar la diferenciación entre las especies dentro del género *Podocarpus* se realizaron análisis multivariados, para los que se computaron 75 variables por espécimen: 37 basados en características reproductivas y 38 vegetativas. A través del entorno R, se efectuaron un análisis de clasificación y un análisis multidimensional no métrico.

A partir de la revisión de 417 especímenes se ha logrado registrar tres géneros y 12 especies para el país. De estos el más complejo de identificar fue *Podocarpus*, el cual presenta nueve especies, seguido por *Prumnopitys* con dos y *Retrophyllum* con una. Los resultados del análisis de clasificación y de ordenación muestran que las especies del género *Podocarpus* presentan una diferenciación morfológica basada en características vegetativas, las cuales respaldan la separación taxonómica.

Por medio del material coleccionado en este estudio, se describen por primera vez los estróbilos femeninos de *P. ballivianensis* y *P. celatus*, y el estróbilo masculino de *P. rusbyi*.

La evaluación del estado de conservación de las especies de Podocarpaceae para Bolivia siguiendo las categorías y criterios de la IUCN, arrojó que seis especies se encuentran en peligro (EN), tres son vulnerables (VU) y tres en preocupación menor (LC).

La distribución potencial de las especies de Podocarpaceae se realizó mediante el programa MAXENT, determinando las predicciones de la distribución geográfica en base a factores climáticos y puntos de registro de las especies, obteniendo así 12 mapas de distribución potencial, con valores muy altos del estadístico ROC/AUC, el cual nos muestra el grado omisión de los registros en las predicciones.

1. INTRODUCCIÓN

Podocarpaceae es la familia más diversa de coníferas, tanto morfológica como ecológicamente. Está ampliamente distribuida en los bosques tropicales montanos y templados. A nivel mundial comprende 18 géneros y 185 especies (+ 9 variedades) (Farjon 2001; Page 1990; Mill 2010). En América existen 7 géneros y 48 especies (Farjon 2001).

La mayor diversidad a nivel genérico se encuentra en Nueva Caledonia, Nueva Zelanda y Tasmania, a nivel de especies América del Sur es el centro de mayor diversidad. *Dacrydium*, *Podocarpus* y *Prumnopitys* son géneros compartidos entre Nueva Zelanda y América del Sur, lo que sugiere que esta familia alguna vez tuvo una amplia distribución en el sur de Gondwana. Los diferentes géneros de Podocarpaceae se adaptaron y modificaron una vez que esta masa de tierra se separó (Barker *et al.* 2004).

Para Bolivia, Buchholz y Gray (1948) y Foster (1958), reportaron un género (*Podocarpus*) y cinco especies (*P. cardenasii*, *P. magnifolius*, *P. oleifolius*, *P. parlatorei*, *P. rusbyi*). Anze (1993) reporta dos géneros (*Podocarpus* y *Prumnopitys*) y diez especies (*Podocarpus celatus*, *P. glomeratus*, *P. ingensis*, *P. magnifolius*, *P. oleifolius*, *P. parlatorei*, *P. rusbyi*, *P. sp. nov.*, *Prumnopitys exigua*, *P. harmsiana*). Posteriormente se reportan como nuevos registros para Bolivia a *Podocarpus* cf. *sellowii* (Guillén & Catari 2007) y *Retrophyllum rospigliosii* (Zenteno-Ruiz 2007), el último además nuevo género para el país; y se describe *Podocarpus ballivianensis* Silba, la especie nueva mencionada por Anze (1993), aunque basado en material estéril.

Desde hace varios años atrás las especies de Podocarpaceae han despertado gran interés comercial debido a la calidad de su madera (madera fina, de bello color y vetado), soportando talas indiscriminadas por los pobladores locales, ocasionando la reducción de los bosques, causando cambios en la estructura del bosque, así como la extracción de esquejes, plántulas y frutos por horticultores que cultivan

muchas especies con fines ornamentales (obs. pers.). Llevando a una disminución de estas especies en su hábitat natural (Ayma-Romay 2009).

Para la identificación de los géneros y especies de Podocarpaceae existen caracteres vegetativos, reproductivos y anatómicos (Hojas, nervio central, Pérulas, estróbilos masculinos, estróbilos femeninos, Canales resiníferos, Hipodermis y semilla), que permiten establecer criterios sistemáticos para su clasificación (Buchholz & Gray 1948, de Laubenfels 1982, Torres-Romero 1988).

La presente revisión taxonómica de las especies de Podocarpaceae en Bolivia se basa principalmente en la revisión de las colecciones botánicas, con el propósito de aclarar los problemas en las determinaciones de las especies. Al no existir una revisión taxonómica para el país, ha traído confusión en el reconocimiento de las especies de Podocarpaceae, lo que se refleja directamente en un considerable número de determinaciones erradas en los herbarios nacionales.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Estudiar la taxonomía y distribución potencial de las especies de Podocarpaceae en Bolivia.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar las características morfológicas que diferencian las especies y géneros de Podocarpaceae.
- Describir morfológicamente las especies y géneros.
- Elaborar Claves botánicas para los diferentes géneros y especies de Podocarpaceae.
- Determinar las áreas de distribución potencial con el modelo de distribución (MAXENT) de las especies de Podocarpaceae en Bolivia.
- Evaluar el estado de conservación de las especies de Podocarpaceae en Bolivia.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Podocarpaceae Endlicher

3.1.1 Clasificación Taxonómica

Reino: **Plantae**

Comprende a los organismos multicelulares con células de tipo eucariota y con pared celular, organizadas de forma que las células posean al menos cierto grado de especialización funcional. Con el fin de obtener la energía de la luz del Sol, que captan a través de la clorofila presente en los cloroplastos de las células y con esa energía y mediante el proceso de fotosíntesis convierten el dióxido de carbono y el agua en azúcares, que utilizan como fuente de energía química para realizar todas sus actividades. Son por lo tanto organismos autótrofos. También exploran el medio ambiente que las rodea (a través de las raíces) para absorber otros nutrientes especiales utilizados para construir proteínas y otras moléculas que necesitan para subsistir (Whittaker 1969, Judd *et al.* 1999).

División: **Pinophyta**

Son arboles o arbustos en su mayoría de porte monopódico; leñosas y perennes; hojas aciculares o escamosas, lineares o sésiles, casi siempre perennes, aunque hay algunas excepciones, como el alerce, del género *Larix* (Pinaceae), cuyas hojas caen en otoño (caducas); caracterizados por portar estructuras reproductivas llamadas conos, a pesar de producir semillas, los primordios seminales no están encerrados dentro de carpelos, sino que están dispuestos en el borde de las escamas de los conos (estructura portadora de las semillas). Esta es la diferencia fundamental de la división Pinophyta o gimnospermas con la división Magnoliophyta o angiospermas (Eckenwalder 2009).

Clase: **Pinopsida**

Esta clase se caracteriza por tener sacos polínicos y primordios seminales dispuestos en estructuras estrobiliformes (conos) (Judd *et al.* 1999).

Orden: **Pinales**

Son arboles o arbustos; hojas aciculares, escamosas, lineares o sésiles, cuyos tejidos llevan canales resiníferos; flores femeninas en forma de estróbilos, que a la madurez forman conos más o menos lignificados; flores masculinas en amentos caducos y está compuesto de siete familias: Podocarpaceae, Araucariaceae, Cephalotaxaceae, Cupressaceae, Pinaceae, Taxodiaceae, Taxaceae (Page 1990, Fu *et al.* 2004).

Familia: **Podocarpaceae**

Comprende 19 géneros y 185 especies en todo el mundo, en el país se registraron 3 géneros: *Podocarpus*, *Prumnopitys* y *Retrophyllum* (Anze 1993, Zenteno-Ruiz 2007).

3.2 Descripción botánica de la familia Podocarpaceae

Podocarpaceae es una familia de árboles o arbustos dioicos, raramente monoicas de hasta 45 m, siempreverdes, resinosos, **corteza** pardo-oscura, muy agrietada. **Hojas** enteras, alternas a veces opuestas, espiraladas o falsamente dísticas y dispuestas en dos filas, simples, lineares, lanceoladas, ovadas a veces escamiformes, reducidas y representadas por filocladios aciculares, anchamente latifoliadas, enteras, glabras. **Nervadura** central conspicua, sin peciolo, atenuada en la base, sin estípulas. **Pérulas** triangulares con presencia o ausencia de un acumen. **Estróbilos** unisexuales. **Androestróbilos** sésiles, pedunculados, solitarios o agrupados, axilares o terminales en ramas cortas y modificadas, con numerosas escamas (microsporofilos) distribuidos en espiral, cada uno con dos sacos polínicos (microsporangios), ovado-triangular, dehiscentes por una sutura longitudinal; **ginoestróbilos** solitarios, axilares y terminales en ramas cortas, con una hasta varias brácteas fértiles uniovuladas (megaesporofilos), a veces bifloros subtendidos por un receptáculo carnoso, formado por fusión de varias brácteas, soldadas al eje del estróbilo y articuladas con un pedúnculo de tamaño variable (Zamudio 2002, Ayma-Romay & Sanzeteña 2008). **Semilla** madura frecuentemente parecida a una drupa, está cubierta por dos capas, la capa interna es de consistencia leñosa y la capa externa, formada por el integumento y el epimacio agrandado, puede ser de

consistencia carnosa, embrión con dos cotiledones, no tiene endospermo, tiene un tejido que cumple la misma función denominado **gametofito** formado de un tejido haploide (CATIE 1996, William, R.L. 1991).

3.2.1 Biología reproductiva de las especies de Podocarpaceae de Bolivia

La reproducción de las especies de Podocarpaceae está siendo afectada por la constante pérdida de especies en los bosques y la baja regeneración entre ellos, debido a que se encuentran aislados en áreas escarpadas, también la distancia entre individuos incide negativamente en la polinización (Ayma-Romay & Sanzetenea 2008).

La floración presenta una sincronización de los estróbilos masculinos (androestróbilos) en la liberación de polen que coincide con el desarrollo de los estróbilos femeninos (ginoestróbilos), siendo breve y abundante durante la época seca, entre las poblaciones e individuos, aunque la presencia de estróbilos fértiles presenta una ocurrencia mayor al 50% en forma continua durante todo el año (Ayma-Romay 2005). Esto debido a que trabajos anteriores sugieren que la polinización anemófila de muchas especies de coníferas es favorable en dicha época, ya que la precipitación y humedad desfavorecen los procesos de polinización y fecundación (Kaul *et al.* 1986, Jordano 1998, Wilson & Owens 1999). En las localidades más húmedas esta fase fenológica tiene menor ocurrencia, debido a la reducción de la radiación solar a causa de la permanente niebla, típica de los bosques montanos húmedos (Navarro 2005), perjudicando los procesos de reproducción entre las especies (Jordano 1998).

La fructificación corresponde a la maduración del cono femenino el cual se encuentra sobre un receptáculo carnoso y dulce al madurar de color amarillo, naranja, rojo, morado o negro; la cubierta seminal es fibrosa y dura, tiene un gametofito abundante, un embrión desarrollado y dos cotiledones pequeños. Existe una escasa producción de semillas maduras durante seis meses, y la mejor época es diciembre, mes cuando alcanza una mayor ocurrencia de semillas maduras, sin embargo no todos los árboles cumplen esta fase fenológica, ya que permanecen con semillas en

maduración durante más de un año. Cada árbol semillero produce 4% de semillas maduras de donde se pueden cosechar un promedio de 835 semillas maduras (Ayma-Romay 2005).

Las semillas maduras presentan una viabilidad de 50% (estimación por prueba de corte) y un 33% de capacidad germinativa, sin embargo las semillas son recalcitrantes, bajo condiciones de almacenamiento rustico, no pueden mantener la viabilidad por más de 11 días, ya que no soporta un contenido de humedad menor a 26%, en tanto las semillas inmaduras no tienen posibilidades de germinar (Ayma-Romay 2005).

La dispersión de semillas es anual, intermedia entre dos y cuatro meses (Peña & Morales 1999), siendo en su mayoría por aves frugívoras (palomas y pavas) (obs. pers.). Presentando un inicio, pico y final muy marcados en la mitad de la época seca. Este patrón también se ha observado en especies arbóreas de frutos carnosos de bosques montanos con época seca marcada, sugiriendo que el estrés hídrico estimula la fructificación en este tipo de ambientes (Sobral & Machado 2001; Stevenson 2004).

Por ejemplo *Podocarpus glomeratus* presenta una baja productividad de semillas debido a la alta depredación de semillas por loros (*Aratinga mitrata*), la infestación de la semilla por hemípteros, el aborto de los óvulos en época seca y la baja densidad de semilleros en áreas boscosas (Ayma-Romay 2005).

Presentan raíces con nódulos de asociación micorrizal con hongos de la familia Endogonaceae, perteneciente a los géneros *Acaulospora* y *Glomus* (Godoy *et al.* 1993), los cuales en algunas especies ayudan a fijar nitrógeno atmosférico al suelo (Rojas 2009).

3.3 Biogeografía de la familia Podocarpaceae

Los cambios climáticos relacionados con los sucesivos enfriamientos y calentamientos ocurridos desde el Plioceno (5 – 1.8 Millones de años) hasta el Holoceno (últimos 10000 años) afectaron la distribución y la estructura de los

bosques tropicales y subtropicales (Colinvaux *et al.* 2000) de América del Sur. Estos cambios produjeron una interrupción en los rangos geográficos de las especies, eliminando poblaciones locales y modificando las presiones de selección (Premoli *et al.* 2000, Quiroga 2009).

Durante ciertos periodos del Eoceno la dispersión de las especies Podocarpaceae habrían utilizado las incipientes montañas de la actual Cordillera de los Andes para migrar desde el sur al norte de Sudamérica (van der Hammen & Hooghiemstra 2001).

Hoy en día las especies de Podocarpaceae están restringidas a bosques montanos, por lo tanto se supone que su distribución y abundancia en el pasado fueron afectadas por los cambios geológicos y climáticos ocurridos en latitudes subtropicales (Blendinger 2006).

3.4 Ecología de las especies de Podocarpaceae

Las especies de Podocarpaceae 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 (Rojas 2009, Blendinger 2006).

En la actualidad las poblaciones de Podocarpaceae sufren restricciones en el establecimiento de las plántulas durante el primer año de vida. A pesar de su dominancia en diferentes etapas sucesionales, no se establecen regularmente dentro del bosque maduro ni en claros pequeños provocados por la caída de árboles. Dentro de los bosques maduros, la mortalidad de semillas, plántulas y arbolitos parece alcanzar sus valores máximos. A escala local su regeneración sería eventual asociada a disturbios de mediana magnitud, condicionado por los factores físicos y bióticos como disponibilidad de luz y la calidad de la dispersión de semillas por aves frugívoras. (Blendinger 2006, Ayma-Romay *et al.* 2007).

3.5 Estado de Conservación

Nuestro país todavía presenta áreas con ecosistemas poco perturbados. Esto debido a que estos ecosistemas no han sufrido perturbaciones, debido a la ausencia de actividades de desarrollo intensivo e insostenible en varias áreas silvestres. (Ibisch & Mérida 2003).

La integridad de muchas poblaciones está vinculada a varias causas que han llevado a las Podocarpaceae al peligro de extinción, en primer lugar está la deforestación irracional, la construcción de caminos, la explotación de pozos petroleros y yacimientos gasíferos, junto a la expansión de cultivos de la hoja de coca, (Céspedes & Yucra 2007). Dentro el país actualmente, se presenta sólo pequeños relictos localizados en las partes más altas de las montañas y que se mantienen, gracias a la inaccesibilidad y marginalidad de los sitios, para los agricultores y ganaderos, al igual que ocurre con las especies de Colombia (Rojas 2009).

La pérdida de arboles a fragmentado los bosques y generado una baja posibilidad de regeneración entre ellas, ha contribuido a reducir gradualmente su población; esto debido a que son plantas dioicas (masculinas y femeninas), la distancia entre individuos Incide negativamente en la efectividad de la polinización (Rojas 2009, Blendinger 2006).

En nuestro país la mayoría de las especies han sido listadas en las categorías de “en peligro” y “vulnerable” (Meneses y Beck 2005) aunque no se ha precisado por qué.

Según la UICN (2010) algunas especies (*Podocarpus parlatoresi*) son consideradas Vulnerables (VU). Esto implica que los tamaños poblacionales están siendo reducidos, pero sus causas serían reversibles. Además sus áreas de distribución se han visto afectada por cambios en el uso de la tierra y su reemplazo por monocultivos de especies forestales exóticas.

La conservación a largo plazo de las especies depende probablemente de la protección de las poblaciones genéticamente variables y de las que presentan características genéticas únicas. Inclusive, poblaciones marginales a la distribución

de las especies son relevantes en conservación en relación con potenciales eventos de especiación (Lesica y Allendorf 1995).

Lo cual conlleva a un desafío especial e importante el querer conservar una biodiversidad poco inventariada y que sufre una serie de amenazas poco o mal conocidas. El cual permita al Estado y toda la sociedad enfrentar este desafío de manera adecuada (Ibisch & Mérida 2003).

3.6 Aspectos socioeconómicos

El bosque constituye un papel importante en la producción de energía proveniente de los tejidos lignificados de las plantas para su utilización en cocinas rurales y urbanas; su rol está vigente por la carencia cada vez mayor de leña.

Por sus cualidades maderables (madera fina, de bello color y veteado) las especies de Podocarpaceae son muy apreciadas en las construcciones de viviendas, como tablas, vigas, cumbreras, postes, andamios, escaleras y también para la obtención de carbón. En mueblería para la construcción de puertas, ventanas, de sillas y mesas. En herramientas de trabajo como yuntas, mangos y artesanía rural. (Rosven *et al.* 2005, Farjon 2010). También presenta un uso ornamental por las características de sus hojas, color y estructuras reproductivas, por los Horticultores para realizar Bonsai que son muy apreciadas por las personas y coleccionistas.

4. LOCALIZACIÓN

4.1 Área de Estudio

Bolivia se encuentra situada en la zona central de América del Sur, entre los meridianos $57^{\circ} 26'$ y $69^{\circ} 38'$ de longitud occidental del meridiano de Greenwich y los paralelos $9^{\circ} 38'$ y $22^{\circ} 53'$ de latitud sur, por tanto abarca más de 13° geográficos y la extensión territorial es de 1.098.581 kilómetros cuadrados, limita al Norte y al Este con el Brasil, al sur con la Argentina, al Oeste con el Perú, al Sudeste con el Paraguay y al Sudoeste con Chile (Montes de Oca 2005).

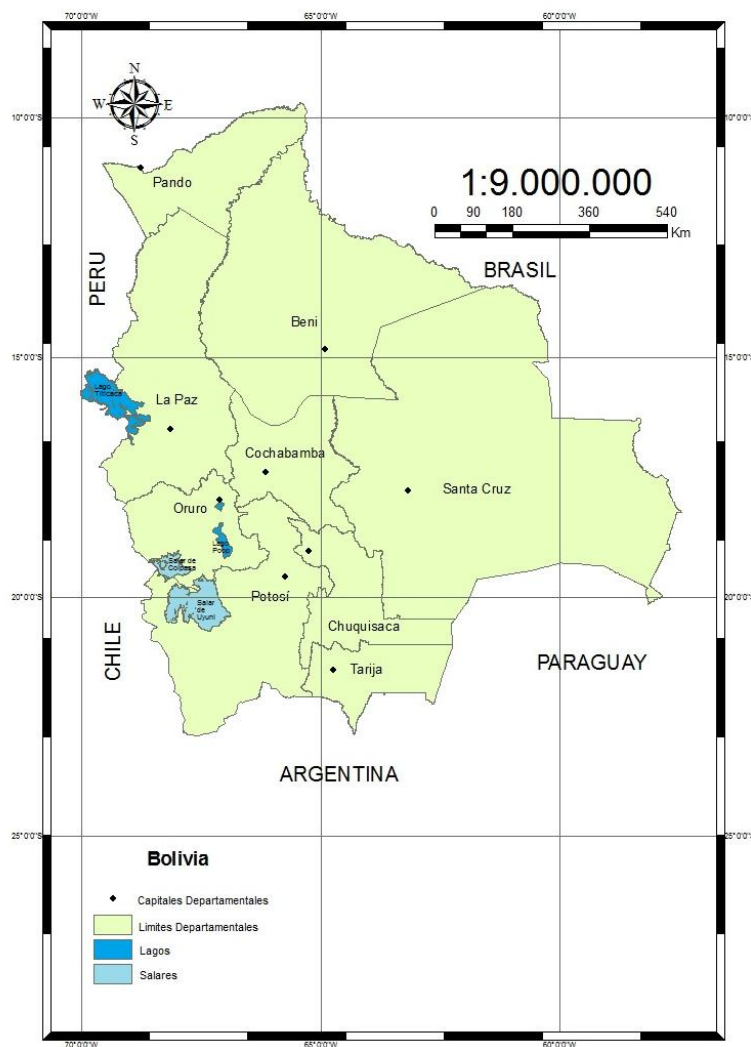


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.

4.1.1 Fisiografía

Nuestro país presenta una enorme variación fisiográfica, sobre todo originada por la presencia de la cordillera de Los Andes, que es un sistema montañoso muy complejo y variable (con altitudes superiores a los 7000 m.s.n.m.) que ocupa cerca del 50% del territorio nacional (Altamirano y Terán 2005).

Las Podocarpaceae en Bolivia se encuentran en áreas montañosas como los Andes y las serranías del escudo brasileño, las cuales describimos a continuación.

Según (Muñoz Reyes 1977, Montes de Oca 1982, UICN 1993b, Ibisch & Mérida 2003), se ha clasificado la región andina de Bolivia en cuatro grandes zonas fisiográficas, las cuales son: Cordillera Occidental o Volcánica, Altiplano, Cordillera Oriental, Subandino y escudo precámbrico (Rivas 2007).

4.1.2 Cordillera Occidental o Volcánica

Se caracteriza por su formación de origen volcánico y por la presencia de numerosos conos, y flujos de lavas de edad Terciaria y Cuaternaria, muchos de los cuales están apagados y otros, sin poseer una actividad volcánica propiamente dicha, emiten constantemente fumarolas y solfataras.

Esta cordillera presenta diferentes peculiaridades. Por ejemplo, en la zona norte existen los volcanes más altos como el Sajama con una altitud de 6542 m. (Montes de Oca 2005).

Los suelos de esta región son poco profundos, de color pardo amarillento a oscuro, de textura franco arenosa con mucha grava, por lo general con material volcánico (Ibisch & Mérida 2003).

4.1.3 Cordillera Oriental

Constituye la expresión morfológica más importante de Bolivia en el cual afloran rocas correspondientes al bloque paleozoico, rocas sedimentarias e ígneas de las Eras Mesozoica y Cenozoica (Montes de Oca 2005).

La cordillera Oriental ingresa a Bolivia a los 14°30' S con dirección NO-SE (La Paz) y cambia de norte a sur a los 18° S, conservando esta dirección hasta el límite con Argentina. En esta cordillera se encuentran los picos más altos de la cordillera de Los Andes bolivianos como el Illampu (7010 m.) (Altamirano y Terán 2005).

En las estribaciones orientales se encuentran los yungas, faja fisiográfica caracterizada por los valles profundos entre las altas cumbres y los contrafuertes del subandino. En esta zona se reconocen tres fajas altitudinales: la ceja de montaña caracterizada por la presencia de nubes permanentes (entre 3500-2500 m), la zona de yungas propiamente dicha, densamente habitada y cultivada (entre 2500-1500 m) y el pie de monte (entre 1500-1000 m) (Ibisch & Mérida 2003).

Los valles interandinos se encuentran ubicados en el lado oeste de la cordillera. En esta zona se observan varias cuencas y valles, los cuales han sufrido fragmentaciones e incluso la degradación total de los valles originalmente boscosos. Debido al uso humano desde hace muchos siglos atrás, estos valles se encuentran en los departamentos de Cochabamba, Chuquisaca, Tarija y parte de Potosí (Ibisch & Mérida 2003).

4.1.4 Subandino

Constituido por una cadena montañosa paralela a Los Andes, aunque de menor altitud (500-2000 m). Se caracteriza por sus serranías estrechas, paralelas y muy escarpadas (Mosetenes, Eslabón, Mataracú, Abapó y Aguaragüe, entre otros).

Esta cadena se ubica entre la cordillera Oriental y los llanos orientales, encerrando valles angostos y anchos (Altamirano y Terán 2005).

4.1.5 Escudo precámbrico

El Escudo Precámbrico Boliviano, forma parte del Escudo Central Brasileño o Cratón de Guaporé, siendo una penillanura rocosa en forma convexa, que va desde 500 msnm, descendiendo en pendientes suaves hasta los llanos (Rivas 2007). Localizado en el oriente del país, el cual aflora casi en su totalidad en las provincias Ñuflo de Chávez y Chiquitos (Santa Cruz de la Sierra), el sector más representativo es el

Yacimiento del Mutún. Y en Tarija constituye la continuación septentrional de las sierras pampeanas argentinas. Comprendiendo rocas cristalinas proterozoicas, lateritas terciarias y cuencas aluvionales cuaternarias (Arce Burgoa 2007, Rodríguez 2009).

4.2 Suelos

Los suelos en la región andina son relativamente jóvenes, debido a las bajas temperaturas y altas velocidades del viento que aceleran la meteorización del material parental, que suele contener gran cantidad de material volcánico. Asimismo, la acción de la gravedad sobre el relieve provoca la inestabilidad del suelo impidiendo su maduración (Stephen 1984).

Los principales factores dominantes para la formación de suelos en Los Andes son la variación orográfica y la variación de humedad que cambian de norte a sur (Ibisch & Mérida 2003).

Los patrones del paisaje local son los que determinan las condiciones de formación de los suelos. En Bolivia es muy difícil realizar una descripción general de los suelos debido a la enorme diversidad altitudinal y climática existente en el país, por lo que solamente se pueden describir los principales suelos de acuerdo a sistemas de clasificación amplios y generales (UICN 1993b, Ibisch & Mérida 2003).

4.3 Hidrografía

En la cordillera Occidental y Oriental a partir de lluvias y aguas de deshielo, se originan los recursos hídricos. En la región andina de Bolivia se distinguen tres cuencas: Amazónica, de La Plata y Endorreica (Altamirano y Terán 2005).

La cuenca Amazónica ocupa el 65.9% de la superficie del país y comprende los departamentos de Pando, Beni, Cochabamba y parte de los departamentos de La Paz, Santa Cruz y Chuquisaca. Los principales ríos de esta cuenca son: Madre de Dios, Beni, Mamoré e Itenez (Altamirano y Terán 2005).

La cuenca Endorreica o del altiplano está situada en el sector occidental del país en parte de los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí con una extensión equivalente al 13.2% del territorio nacional; siendo una cuenca sin desagüe, forma una unidad hidrográfica propia con un gradiente altitudinal leve desde el norte hacia el sur. Se encuentran en esta cuenca importantes lagos como el Titicaca, el Poopó y el Coipasa, también salares como el de Uyuni y el de Coipasa (Montes de Oca, 2005). Estas cuencas a su vez están constituidas por 10 subcuencas, 270 ríos principales, 184 lagos y lagunas, unos 260 humedales, pequeños y medianos, y seis salares (Altamirano y Terán 2005).

4.4 Clima

Bolivia es un país donde se encuentran todos los climas desde el tropical en los llanos, hasta los más fríos en las altas cordilleras.

Las condiciones macroclimáticas se caracterizan fundamentalmente por la marcada estacionalidad de las precipitaciones, de manera tal, que existe un contraste muy notable entre una época seca coincidente con los meses de días más cortos (Mayo a Septiembre) y una época de lluvia coincidente con los días más largos y de mayor radiación solar (Octubre a Abril). Este fenómeno es de gran importancia determinando un régimen de lluvia de tipo netamente tropical en todo el país (Tröll 1968).

La temperatura de las zonas tropicales presenta poca variabilidad térmica durante todo el año. Se pueden distinguir los trópicos calientes de tierras bajas y los trópicos fríos en las montañas, en los cuales se observan gradientes de temperatura que dependen de la altura y de la humedad. En Bolivia las precipitaciones varían de norte a sur, presentando mayor pluviosidad durante todo el año hacia el norte; mientras que hacia el sur, las precipitaciones son cada vez más estacionales. Este gradiente se refleja en la vegetación que ofrece bosques pluviales y pluviestacionales (Yungas) al norte y regiones más áridas hasta semi-desérticas al sur (Navarro y Ferreira 2002).

4.5 Biogeografía de Bolivia

Según Navarro y Ferreira (2009), las unidades Biogeográficas identificadas en Bolivia son: (ver Anexo 4), pero en este caso solo se tomaron en cuenta las unidades biogeográficas, donde crecen las especies de Podocarpaceae, dando una breve descripción de cada una de ellas.

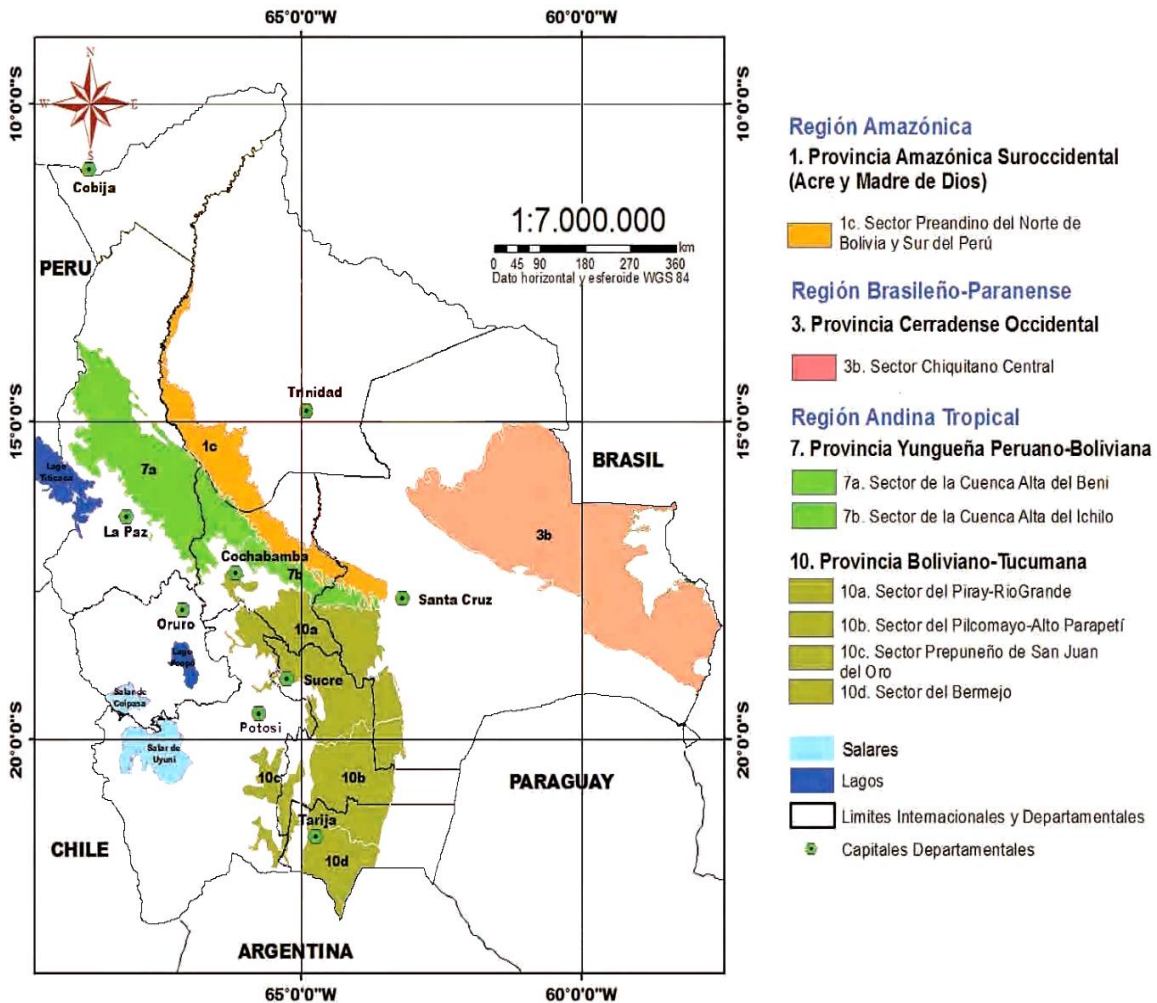


Figura 2. Unidades biogeográficas de Bolivia.

Fuente: Modificado de Navarro y Ferreira 2009.

4.6 Distribución de las especies de Podocarpaceae en las unidades biogeográficas de Bolivia

4.6.1 Región Brasileño-Paranense

Unidad biogeográfica Brasileño-Paranense, ocupando en el país la mayor parte del Departamento de Santa Cruz (Chiquitanía) y del Beni, con áreas disyuntas en los valles del subandino de La Paz (Tuichi-Machariapo, Caranavi y Boopi), Cochabamba y Santa Cruz. Incluye en Bolivia tres provincias biogeográficas, pero solo mencionaremos dos: (Navarro y Ferreira 2009).

4.6.2 Provincia Cerradense Occidental

Distribuida únicamente en la Chiquitanía de Bolivia, con pequeñas introgresiones en áreas adyacentes de Brasil (Navarro y Ferreira 2009).

4.6.3 Provincia Beniana

Provincia Biogeográfica endémica o exclusiva de Bolivia, distribuida en la mayor parte del departamento del Beni, con extensiones menores en el norte-noreste de Cochabamba y noroeste de Santa Cruz. Bioclima pluviestacional subhúmedo a húmedo, infratropical y termotropical (Navarro y Ferreira 2009).

4.6.4 Región Andina Tropical

Extensa región biogeográfica, distribuida en Sudamérica desde Venezuela a Bolivia y norte de Chile y Argentina. Comprende todos los Andes con macrobioclima tropical.

Los Andes tropicales se caracterizan globalmente, desde el punto de vista bioclimático, por un régimen de lluvias con máximo muy marcado en la época más cálida del año, así como por una amplitud térmica diaria, que es superior en promedio a la amplitud térmica anual. (Navarro y Ferreira 2009).

Todas las tierras altas de Bolivia, en la Cordillera de los Andes, pertenecen a la Región Biogeográfica Andina Tropical, dentro de la cual se hallan representadas en el país cuatro provincias biogeográficas, pero solo dos nos interesa: Provincia Yungueña y Boliviano-Tucumana (Navarro y Ferreira 2009).

4.6.5 Provincia Yungueña

Extendida como una faja de norte a sur por las faldas y serranías orientales de la Cordillera Andina boliviana norte y central, desde el límite con Perú hasta la latitud aproximada de Santa Cruz de la Sierra. Presenta prácticamente todos los pisos altitudinales y todos los bioclimas, lo cual origina una alta diversidad de la flora, la fauna y la vegetación, es la mayor del conjunto de Bolivia (Navarro y Ferreira 2009, Rivas-Martínez *et al.* 2011).

4.6.6 Provincia Boliviano-Tucumana

Provincia biogeográfica que sustituye a la Provincia de los Yungas, en los faldeos, serranías y vertientes hacia el este de la cordillera Oriental de los Andes, al sur de la latitud aproximada de Santa Cruz de la Sierra. Por tanto se extiende desde el centro-sur de Bolivia (sur de Cochabamba, suroeste de Santa Cruz, noreste de Potosí, este de Chuquisaca y Tarija) al centro-norte de Argentina (Salta, Tucumán, La Rioja). Los bioclimas predominantes son pluviestacional subhúmedo-húmedo y xérico seco-semiárido (Navarro y Ferreira 2009).

5. MATERIALES Y METODOLOGÍA

5.1 Materiales

5.1.1. Material biológico

Son las muestras botánicas colectadas en los diferentes lugares del área de estudio, así como las muestras botánicas depositadas en el proyecto —Inventario Florístico de la Región Madidi, además del material existente en el herbario nacional de Bolivia (LPB) y de los diferentes herbarios del país. Constituyeron el material base para la revisión taxonómica de las especies Podocarpaceae para Bolivia.

5.1.2. Material de campo

- Libreta de campo
- Lápices y marcadores
- Global Positioning System (G.P.S.)
- Brújula
- Altímetro
- Clinómetro
- Binoculares
- Lupa (14 X)
- Cartón corrugado
- Cámara fotográfica
- Pico de loro
- Tijeras de podar
- Trepadores
- Machetes
- Cinta métrica (50 m)
- Cinta diamétrica
- Cinta flagging
- Cuerda plástica (caito)
- Prensas de madera
- Correas
- Alcohol al 70%
- Bolsas negras de polietileno
- Papel periódico
- Cinta de embalaje

5.1.3 Materiales de Gabinete

- Estereoscopio
- Lámpara
- Bisturí
- Pinza de punta fina
- Aguja histológica
- Frascos de plástico
- Caja petri
- Regla milimetrada
- Cámara fotográfica
- Lupa (14 X)
- Computador
- Material de escritorio
- Programa MAXENT
- Claves botánicas

5.2 Metodología

La metodología utilizada fue la habitual para estudios taxonómicos detallada por Marzocca (1985) y Vásquez (1997), que consta de cuatro fases: 1) Recopilación y procesamiento de datos, 2) Elaboración de claves dicotómicas, 3) Tratamiento taxonómico, 4) Distribución geográfica.

5.2.1 Recopilación y procesamiento de datos

Se extrajeron los datos de las colecciones de la base de datos del Herbario Nacional de Bolivia (LPB), juntamente con la base de datos de Trópicos®, en esta última base se incluye los datos de las colecciones del proyecto —Inventario Florístico de la Región Madidi, obteniendo una lista preliminar de las especies la cual fue la base para la revisión y selección de especímenes a estudiarse. Lo cual nos llevó a la elaboración de un formulario de datos morfológicos para cada especie, posteriormente se realizó la visita a los diferentes herbarios de Bolivia. Una vez revisados todos los especímenes de las especies de interés se procedió a los viajes al área de estudio en diferentes épocas del año, para la búsqueda de material fértil, para la observación de muestras frescas y su respectiva colección; como mínimo se colectaron 4 duplicados por muestra estéril y 6 duplicados por muestra fértil ya que es prioridad en lo posible coleccionar especies fértiles, esto con el fin de tener la colección completa. También se aprovechó en preguntar a los guías y personas del lugar sobre los usos y nombres comunes de las diferentes especies.

5.2.2 Diseño del formulario (planilla) de datos morfológicos

El diseño de datos morfológicos se basó en las revisiones taxonómicas anteriores que presentan grandes vacíos de datos que no están contemplados en las descripciones de las especies. En el presente trabajo se compiló el mayor número de datos posibles para así determinar con claridad la identificación de cada una de las especies.

5.2.3 Mediciones morfológicas y visita a otros herbarios

Una vez elaborada la planilla de datos morfológicos se procedió a realizar el llenado de la planilla casilla por casilla con las variables cuantitativas y cualitativas de cada especie, realizando mediciones a los diferentes órganos como ser: Las hojas, Pérulas, brácteas estériles y fértiles, Órganos reproductivos entre otros, de cada espécimen llegando a medir todos los especímenes depositados en los diferentes herbarios del país, hasta colecciones recientes.

Se visitaron los herbarios nacionales en los cuales recopile todo los registros de las especies de Podocarpaceae de los principales Herbarios de Bolivia (ver inciso 5.2.4). Adicionalmente consulté especímenes y su información, que están en bases de datos en Internet como la base de datos de Trópicos® y otros Herbarios extranjeros (ver inciso 5.2.5).

5.2.4 Herbarios nacionales consultados

- Cochabamba: Herbario Nacional Martin Cárdenas (BOLV).
- Sucre: Herbario del sur de Bolivia (HSB).
- La Paz: Herbario Nacional de Bolivia (LPB).
- Santa Cruz: Herbario del Oriente Boliviano (USZ).

5.2.5 Herbarios extranjeros consultados para comparar colecciones

- Herbarium Royal Botanic Gardens (K).
- Herbarium Missouri Botanical Garden (MO).
- Herbarium the New York Botanical Garden (NY).
- Field Museum of Natural History, Chicago (F)

5.2.6 Identificación de los especímenes de herbario

Se revisaron todos los especímenes depositados en los herbarios nacionales, confirmando las determinaciones de las diferentes especies de Podocarpaceae, los especímenes que no estaban identificados o que se encontraban mal identificados, se procedió a identificarlos con la ayuda de tratamientos taxonómicos publicados

(Buchholz y Gray (1948); de Laubenfels (1982)) y comparando con material tipo de otros herbarios del mundo, disponibles en la página web de JSTOR PLANT SCIENCE, e indagando en algunas características vegetativas que no han sido reportadas en las descripciones, para tener así todo los especímenes clasificados hasta especie. Se revisaron todas las colecciones hasta el 2011.

5.2.7 Bases de datos

La información se compiló en dos bases de datos, la primera una base de datos morfológica que consiste en un formulario (planilla) con datos ecológicos, bioclimáticos, vegetativos y reproductivos, que fueron tomados para cada especie.

Y la segunda base de datos tabulada a partir de las fichas de datos de los especímenes en la que se recopiló toda la información de las diferentes especies, verificando el contenido de los datos en especial el de coordenadas geográficas, porque en algunos casos las fichas de datos no presentaban coordenadas geográficas pero describían el lugar de colecta y con esta información se procedió a georeferenciar las coordenadas con la ayuda de Google Earth, esto con el fin de tener lo más completo posible nuestra base de datos.

5.2.8 Elaboración de claves dicotómicas

Las claves dicotómicas se elaboraron en lo posible con características vegetativas, de esta forma se trata de facilitar la identificación de las colecciones que en el caso de los inventarios forestales suelen ser en su mayoría estériles. Los datos de los caracteres reproductivos fueron necesarios para las descripciones botánicas y para reforzar las proposiciones de las claves botánicas. En las claves dicotómicas algunos caracteres tienen amplios rangos de variabilidad, lo que dificulta su uso, para evitar estos problemas los valores extremos son incluidos en paréntesis en las descripciones, los valores más frecuentes y útiles se muestran fuera de los paréntesis.

5.3 Tratamiento taxonómico

Se estableció un mismo formato para cada especie registrada:

Nombre Científico: Valido, para la forma de los autores se sigue a Brummitt y Powell (1992), para publicaciones se sigue el *Botanicum-Periodicum-Huntianum* (Lawrence et al., 1968), el espécimen tipo fue obtenido de la revisión de las páginas web: TROPICOS (MO), KEW (K), JSTOR Plant Science, Field Museum of Natural History, Chicago (F) y la revisión de publicaciones donde fue publicado la descripción original de la especie.

Sinónimos: Fueron obtenidos de las publicaciones, también de la revisión de las páginas web anteriormente mencionadas.

Descripción botánica: La secuencia de la descripción era la misma para todos los órganos.

Distribución y hábitat: Basado en las colecciones botánicas. Además en revisión de literatura, los especímenes acompañantes se obtuvieron de las fichas de las colecciones y de las salidas al campo, para la nomenclatura de biogeografía, bioclimas y tipos de vegetación fueron basados en Rivas-Martínez, Gonzalo Navarro, la información sobre la distribución altitudinal fue obtenida de las fichas de las colecciones y de las salidas al campo para corroborar y realizar más colecciones de especímenes.

Estado de conservación: Se siguió las categorías y criterios de la lista roja de la UICN versión 3.0 (2001) y versión 3.1 (2003), con la extensión Cats avx Versión 1.2 (Conservation Assessment Tools), desarrollada para ArcView por el Royal Botanical Garden Kew. Y experiencia de campo, se corroboró con personas con experiencias en el manejo de la extensión.

Fenología: En base a literatura, fichas de colecciones y corroboración en campo.

Usos: En base a literatura, fichas de datos y/o experiencia de campo.

Nombres comunes: En base a fichas de colecciones, los autores no aparecen en las descripciones esto debido a que varios autores mencionan el mismo nombre común, pero las entrevistas con las personas del lugar, aparecen como conversación personal, debido a que estos nombres comunes faltaban en las fichas de colección y literatura.

Comentarios: Se incluye información de los caracteres diferenciales más sobresalientes entre especies similares, origen y designación del espécimen tipo y cuestionamientos de las sinonimias de las especies.

Se realizaron las respectivas ilustraciones a partir de las colecciones disponibles para resaltar los caracteres diferenciales y facilitar la identificación entre especies.

5.3.1 Distribución Geográfica

Una vez establecida la nueva base de datos, mediante la base del LPB y la base de Tropicos®, se obtuvieron los datos de localización de las especies reportadas en el país. Cuando las coordenadas geográficas específicas no fueron proporcionadas, se utilizaron mapas digitales (Google Earth), para asignar las coordenadas geográficas a estos registros, logrando una base actualizada de las coordenadas geográficas de las especies para sus respectivas proyecciones. Obteniendo una base nueva y actualizada, libre de coordenadas geográficas erróneas.

5.4 Distribución potencial

El software empleado para la distribución geográfica potencial fue Excel y Maxent
3.3.1 Se manejaron mapas en formato digital (.shp) en el siguiente orden: mapa de Bolivia con límites departamentales y mapas de puntos de colecta de las especies de Podocarpaceae dentro el país.

5.4.1 Base de Datos Climática

Las capas de datos ambientales, altitud y cobertura vegetal, provienen de Worldclim, SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) y Modis (The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), se armonizaron para que tengan el mismo tamaño de

grilla, las mismas coordenadas y se transformaron a la misma extensión **.asc**, mediante el programa Arcgis 9.3.

Tabla 1. Variables biofísicas consideradas en el proceso de modelación.

| Código | Variable Ambiental |
|---------------|---|
| TMA | Temperatura media anual. |
| RTM | Rango de temperatura media diurna (media mensual de (temp. máxima-temp. mínima)). |
| ISO | Isotermalidad (RTM/RTA)*100. |
| EST | Estacionalidad de temperatura (desvío estándar *100). |
| TMC | Temperatura máxima del mes más cálido. |
| TMF | Temperatura mínima del mes más frío. |
| RTA | Rango de temperatura anual (bio5-bio6). |
| TCH | Temperatura media del trimestre más húmedo. |
| TCS | Temperatura media del trimestre más seco. |
| TCC | Temperatura media del trimestre más cálido. |
| TCF | Temperatura media del trimestre más frío. |
| PPA | Precipitación anual. |
| PMH | Precipitación del mes más húmedo. |
| PMS | Precipitación del mes más seco. |
| ESP | Estacionalidad de precipitaciones (coeficiente de variación). |
| PCH | Precipitación del trimestre más húmedo. |
| PCS | Precipitación del trimestre más seco. |
| PCC | Precipitación del trimestre más cálido. |
| PCF | Precipitación del trimestre más frío. |
| DEM | Altitud. |
| PEN | Pendiente. |
| EXP | Exposición. |
| PSD | Porcentaje de suelo descubierto. |
| PSH | Porcentaje de suelo herbáceo. |
| PSA | Porcentaje de suelo arbóreo. |

5.4.2 Programa de modelaje Maxent

Los datos fueron formateados para que Maxent pueda leer los archivos de Excel con las siguientes características: inicial del género, cinco primeras letras de la especie y las coordenadas geográficas en WGS-1984, por ejemplo (Pballi, -68.375555, -14.590833), para después guardar este archivo con extensión **.csv**.

Una vez ejecutado el programa por primera vez se descartaron las variables ambientales correlacionadas aplicando una correlación de pearson, se hizo correr

nuevamente el modelo, y se descartaron las variables que aportan con 0% al modelo, también se descartaron las variables ambientales que mediante el análisis de jakknife no aportan al modelo.

Después de descartar estas variables, se hizo correr nuevamente el programa para hallar la distribución potencial.

Una vez obtenidos los mapas de distribución de probabilidad de ocurrencia, estos se transformaron a mapas de presencia/ausencia, seleccionando un umbral con ayuda de especialistas. Valores superiores al umbral significa presencia y valores inferiores al mismo significa ausencia.

5.4.3 Evaluación del modelo

El modelo fue evaluado a través del análisis ROC (Receiver Operating Characteristic) que indica la exactitud global de la prueba. Sin embargo el desarrollo del modelo se representa con el área bajo la curva (AUC), que se interpreta como la probabilidad de que un modelo discrimine correctamente entre sitios de presencia y ausencia. El rango de valores de AUC va de 0 a 1, donde 1 indica un buen ajuste del modelo, mientras que valores cercanos a 0.5 indican que no puede discriminar entre datos reales y datos aleatorios.

5.4.4 Área de distribución

Maxent encuentra la probabilidad de que las condiciones sean favorables para el desarrollo de la especie, para hallar el área potencial se debe escoger un umbral de probabilidad, valores por encima de esta probabilidad indican la presencia de la especie, y valores por debajo de esta probabilidad indican la ausencia de la especie en cada grilla.

El área potencial es la suma de todas las grillas de presencia.

5.4.5 Selección de variables de importancia

Para hallar las variables de mayor importancia se utilizó el procedimiento jakknife. El cual consiste en excluir una variable del modelo y correr el modelo con las demás

variables, también correr el modelo con esta única variable. Se mide la contribución de cada variable al modelo, y se compara con la ganancia que tiene el modelo con todas las variables. La variable que al ser excluida del modelo afecte en forma considerable a la eficiencia de este, entonces será considerada una variable de importancia (Phillips *et al.* 2006).

6. PROCEDIMIENTO ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico se utilizó el entorno R, que es un conjunto integrado de programas para manipulación de datos, cálculo y gráficos. (R Development Core Team. 2009).

El programa R se utilizó como una herramienta para encontrar las diferencias estadísticamente probables entre las diferentes especies del género *Podocarpus*, primero se realizó el análisis de correlación de Pearson esto con el fin de eliminar las variables correlacionadas, también calculamos los valores propios del análisis de componentes principales, esto con el fin de observar el aporte de cada componente en porcentaje, y también se calculó la contribución en porcentaje de cada variable, posteriormente se realizó el análisis de conglomerados (cluster) para establecer los diferentes grupos de especies, y finalmente se realizó el análisis multidimensional no métrico (NMDS) para verificar la agrupación y separación de las diferentes especies del género *Podocarpus*.

7. RESULTADOS Y DISCUSIONES

7.1 Resultados

Del estudio de 420 colecciones de Podocarpaceae de Bolivia y revisión de literatura, en el presente estudio registramos 3 géneros y 12 especies.

7.1.1 Análisis multivariado para diferenciar las especies del género *Podocarpus* L'Hér. ex Pers.

La matriz de datos morfológicos se sometió a un análisis de conglomerados a partir de la matriz de correlación de Pearson con un nivel de significancia del 5 %, en el cual se descartaron 29 características morfológicas por estar fuertemente correlacionadas (anexo. 3), también se calcularon los valores propios del análisis de componentes principales y el porcentaje de contribución de las variables.

Tabla 2. Valores propios del análisis de componentes principales

| | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 | F6 | F7 | F8 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Valor propio | 3.382 | 1.926 | 1.514 | 0.548 | 0.392 | 0.186 | 0.050 | 0.001 |
| Variabilidad(%) | 42.279 | 24.079 | 18.928 | 6.850 | 4.903 | 2.322 | 0.626 | 0.013 |
| % acumulado | 42.279 | 66.358 | 85.286 | 92.136 | 97.039 | 99.361 | 99.987 | 100.000 |

A cada valor propio corresponde un factor. Cada factor es en realidad una combinación lineal de las variables de inicio. Los factores tienen la particularidad de no ser correlacionados entre ellos. Los valores propios y los factores son ordenados en orden descendente de variabilidad representada.

En el caso de la tabla 3 observamos que el primer valor propio es de 3.382 y representa 42% de la variabilidad. Eso significa que si representamos los datos en un sólo eje, tendremos entonces siempre 42% de la variabilidad total que será preservada.

Tabla 3. Contribuciones de las variables (%)

| | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 | F6 | F7 | F8 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Lamlong | 15.290 | 0.470 | 14.368 | 31.343 | 16.344 | 6.819 | 15.364 | 0.002 |
| Lamanch | 15.996 | 15.710 | 0.799 | 14.914 | 8.577 | 5.114 | 38.673 | 0.217 |
| Perlong | 4.694 | 31.369 | 2.581 | 18.529 | 8.995 | 32.537 | 1.243 | 0.051 |
| Peranch | 10.012 | 0.760 | 35.697 | 6.206 | 3.943 | 25.789 | 17.590 | 0.003 |
| Inflmaslarg | 6.988 | 28.029 | 0.886 | 18.732 | 24.410 | 1.104 | 19.661 | 0.190 |
| Inflmasdiat | 2.106 | 7.331 | 40.710 | 0.783 | 37.721 | 9.719 | 1.623 | 0.007 |
| Epilong | 22.495 | 8.006 | 2.520 | 4.215 | 0.001 | 11.334 | 4.230 | 47.199 |
| Epianch | 22.419 | 8.326 | 2.439 | 5.278 | 0.008 | 7.584 | 1.616 | 52.331 |

En la tabla 3, observamos la contribución de las variables en porcentaje, para cada uno de los componentes (Factores).

7.1.2 Análisis de conglomerados (cluster)

Se aplicó el análisis de conglomerados (cluster), en la base de datos morfológica del género *Podocarpus*, con el propósito de observar las diferencias y la variabilidad de las medidas cuantitativas en la separación entre las diferentes especies.

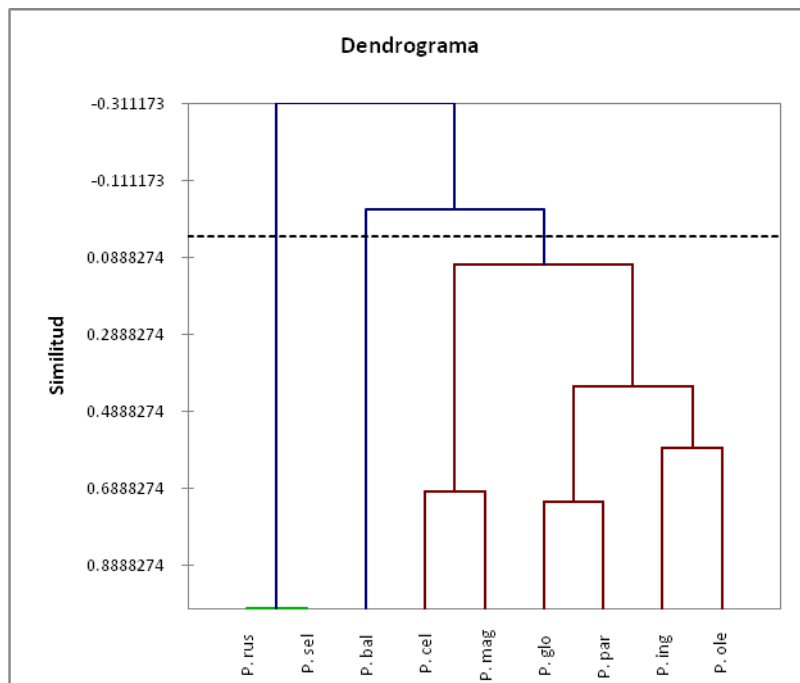


Figura 3. Dendrograma de las especies del género *Podocarpus*.

7.1.3 Análisis multidimensional no métrico (NMDS)

A través de la base de mediciones morfológicas se realizó un análisis multidimensional no métrico (NMDS), con el fin de observar una configuración de puntos que refleje las similitudes entre las diferentes especies del género *Podocarpus*.

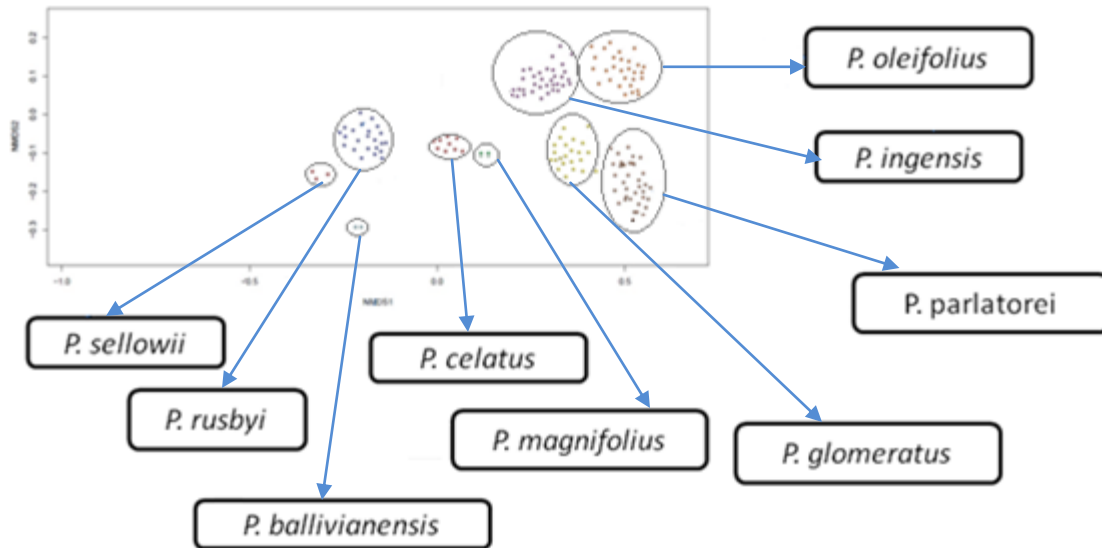


Figura 4. Agrupación de las especies del género *Podocarpus* mediante el NMDS.

7.2 Tratamiento taxonómico

7.2.1 Clave de géneros de Podocarpaceae de Bolivia

A. Hoja alternas espiraladas; estróbilos femeninos con receptáculos carnosos.....***Podocarpus***

AA. Hojas pseudodísticas; estróbilos femeninos sin receptáculo carnosos.....**B**

B. Hojas dispuestas en dos filas, ambas mostrando el haz, lineares; estróbilos masculinos 10 – 15, agrupados en ramas fértiles.....***Prumnopitys***

BB. Hojas dispuestas en dos filas, las de un lado mostrando el haz y las del lado opuesto el envés, elípticas a lanceoladas; estróbilos masculinos mayormente en grupos de 3–5, a veces solitarios.....**Retrophyllum**

7.2.2 Podocarpus L'Hér. ex Pers. Syn. Pl. 2(2): 580. 1807. (nom. cons); non *Podocarpus* Labill. publicación (nom. rejic.) Tipo: *Podocarpus elongatus* (Aiton) L'Hér. ex Pers. [Taxus elongata Aiton].

Margbensonia AE Bobrov y Melikyan. Bjull. Moskovsk. Obač. Isp. Prir., Otd. Biol. 103 (1): 59. 1998.

Árboles a arbustos 2–25 m. **Corteza** fisurada, exfoliante rojo vino oscura. Ramas estriadas. **Hojas** alternas, elípticas, lineares, lanceoladas u ovadas, ápice agudo o mucronado, con frecuencia extendidas en un solo plano, con un sólo nervio central; con dos bandas estomáticas a ambos lados por el envés; sésiles; hipodermis desarrollada; plantas dioicas. **Inflorescencias** axilares. **Estróbilos masculinos** (androestróbilos) solitarios o agrupados en el ápice de un pedúnculo, sésiles o cortamente pedunculados, rodeados en la base por varias escamas estériles; escamas masculinas fértiles (microsporofilos), numerosas, imbricadas, con dos sacos polínicos en la cara posterior (ventral), terminando en un apículo triangular. **Estróbilos femeninos** (Ginoestróbilos) solitarios, pedunculados. **Receptáculo** carnoso formado por la fusión de dos o más brácteas. **Epimacio** esférico con presencia o ausencia de una pequeña **cresta** prominente. **Semilla** subesférica o elipsoidal, encerrada en una testa doble, la interna de consistencia leñosa y la externa carnosa.

7.2.3 Clave de especies de Podocarpus L'Hér. ex Pers., de Bolivia

A. Hojas con nervio central prominente en el haz.....*Podocarpus ballivianensis*

AA. Hojas con nervio central hendido en el haz.....**B**

B. Hojas largo lineares; relación largo ancho mayor a 12.5.....*Podocarpus parlatorei*

- BB.** Hojas linear-lanceoladas, relación largo ancho menor a 8.4.....C
- C.** hojas mucronadas; relación largo ancho mayor a 7.7; inflorescencia masculina compuesta por 3-10 estróbilos agrupados en el ápice de un pedúnculo.....*Podocarpus glomeratus*
- CC.** Hojas sin mucrón; relación largo ancho mayor a 4; inflorescencia simple, constituida por un estróbilo solitario.....D
- D.** Hojas oblongas a largo elípticas, relación largo ancho entre 4–6.....E
- DD.** Hojas lineares; relación largo/ancho entre 6–9.....F
- E.** Hojas con margen revoluto; frutos con cresta.....*Podocarpus magnifolius*
- EE.** Hojas con margen plano; frutos sin cresta.....*Podocarpus celatus*
- F.** Pérulas acuminadas.....*Podocarpus rusbyi*
- FF.** Pérulas agudas.....G
- G.** Pérulas casi lisas en el envés, el ápice subulado; especie de la chiquitania en el este de Santa Cruz de la sierra.....*Podocarpus sellowii*
- GG.** Pérulas notablemente rugosas en el envés, especialmente hacia el nervio central; ápice casi plano, no subulado; especies andino yungueñas.....H
- H.** Nervio en el envés prominente; hojas usualmente mayores a 6.8 cm; inflorescencias masculinas corto pedunculadas.....*Podocarpus oleifolius*
- HH.** Nervio en el envés plano; hojas usualmente menores a 6 cm, inflorescencias masculinas sésiles.....*Podocarpus ingensis*

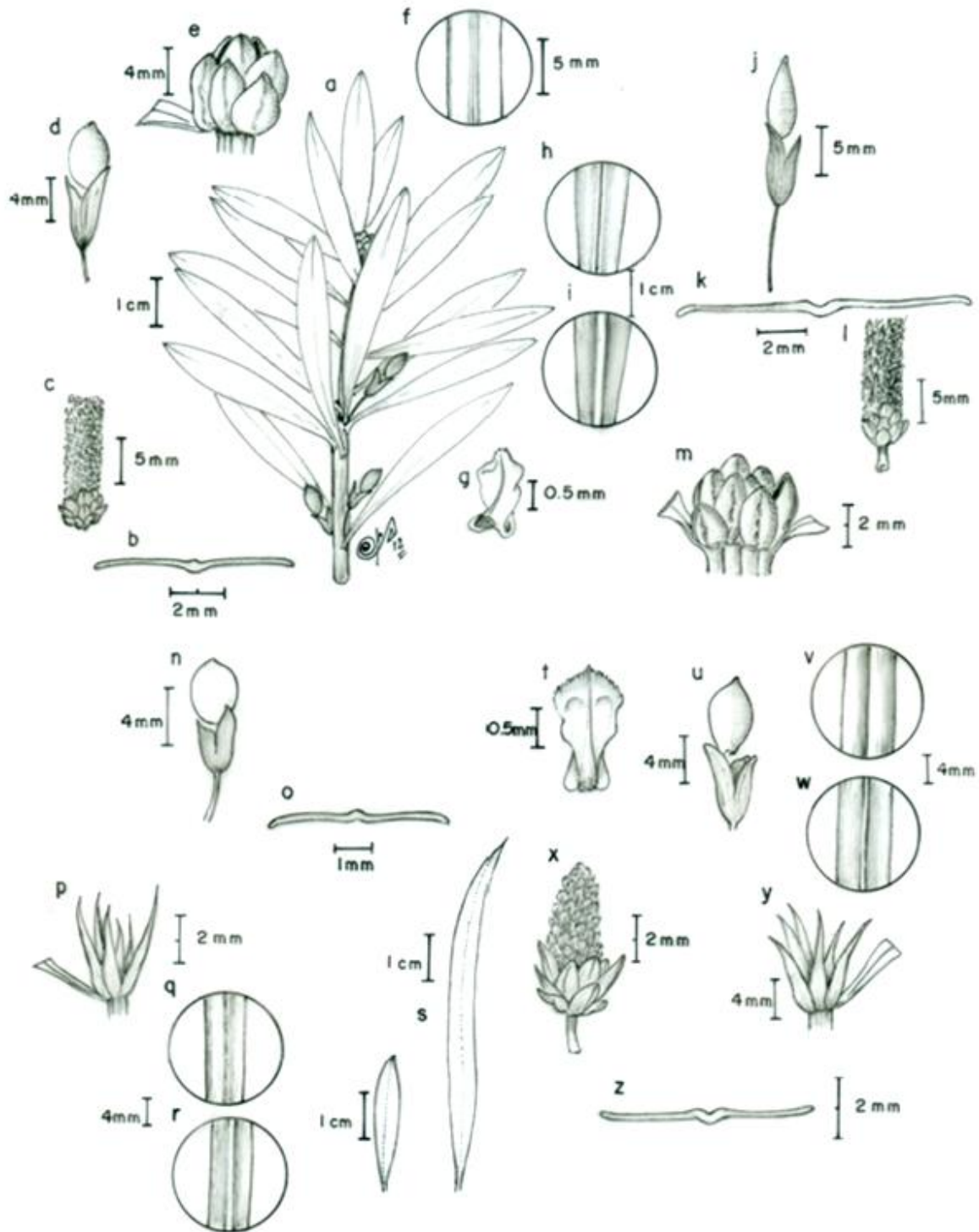


Figura 5. *Podocarpus ingensis* a. Rama fértil, b. Corte de hoja, c. Cono masculino, d. Cono femenino, e. Pérula, f. Detalle nervadura plana en el envés de la hoja, g. Escama fértil. St. G. Beck 22262; Michel, R 359.

Podocarpus oleifolius g. Escama fértil, h. Detalle haz de la hoja, i. Detalle envés de la hoja, j. Cono femenino; k. Corte de hoja, l. Cono masculino; m, Pérula. A. Araujo et al. 300; A. Fuentes et al. 5982.

Podocarpus ballivianensis n. Cono femenino, o. Corte de hoja, p. Pérula, q. Detalle del haz de la hoja, r. Detalle del envés de la hoja, s. Detalle hoja adulta y juvenil. M. Gardner et al. 26.

Podocarpus rusbyi t. Escama fértil, u. Cono femenino, v. Detalle del haz de la hoja, w. Detalle del envés de la hoja, x. Cono masculino, y. Pérula, z. Corte de hoja. I.G. Vargas 2935; G. Arellano et al. 2774.

7.3 Descripción morfológica de las especies de **Podocarpus** L'Hér. ex Pers

7.3.1 Podocarpus ballivianensis Silba, J. Int. Conifer Preserv. Soc. 15: 1. 2008. Tipo: Bolivia, dpto. Beni, al sur de Misiones Fátima, fecha de colección 24 May 1988 (est), Beck 16381 (Holótipo LPB; Isotipos MO, SYR). Fig 5. n-s.

Árbol a arbolito, altura reproductiva 4–16 m, 2.6–29.2 cm dap. **Corteza** externa fisurada, café-oscura, la interna rojiza con rayas blancas. **Ramas** estriadas. **Hojas** juveniles falcadas, las maduras oblongo-lanceoladas 21–32 x 4–5.5 mm; margen revoluto; ápice agudo; base aguda a decurrente; nervio central prominente en el haz, levemente prominente en el envés. **Pérulas** externas rectas, lanceoladas, las internas ovadas, 2.5–6 x 1–1.5 mm; ápice agudo, revoluto; base truncada; margen revoluto. **Estróbilos** masculinos desconocidos. **Estróbilos** femeninos solitarios, pedúnculo 2.5–6 x 1 mm. **Receptáculo** 6.5–8 x 2.5–3 mm. **Epimacio** globoso 5–6.5 x 5–5.5 mm. **Cresta** 1 x 0.5–1 mm. **Semillas** elipsoides 4 x 3 mm.

Distribución y hábitat: Especie endémica de Bolivia se distribuye en las provincias biogeográficas Yungueña y Beni de transición a Yungueña, en las últimas estribaciones andinas. Se encuentra en los departamentos de Beni (Prov. Gral. Ballivián) y La Paz (Prov. Franz Tamayo). Crece en bosque basimontano estacional húmedo a montano inferior pluvial húmedo, con dominancia de: *Miconia calvescens*, *Schefflera patula*, *Psychotria viridis*, *Myrcia paivae*, *Myrsine coriacea*, *Hieronyma*

moritziana, *Piper elongatum*, *Prunus integrifolia*, *Cariniana estrellensis*, *Clusia* sp. 700-1843 m.

Estado de conservación: *Podocarpus ballivianensis* se conoce solamente en cuatro localidades de los departamentos de La Paz y Beni, esta especie tiene un área de ocupación de 102 km², que paulatinamente está siendo deforestada por los pobladores locales para transformarlo en áreas agrícolas y ganaderas, por tanto se considera en peligro considerando los siguientes criterios: EN B2ab (i,ii,iv).

Fenología: Con frutos inmaduros entre mayo y septiembre.

Usos: En la actualidad es localmente utilizada para leña, cercos para proteger sus cultivos del ganado y mangos de herramientas (com. pers. Froilán Chávez, comunero Santa Teresa).

Nombre común: Romero (com. pers. Froilán Chávez, comunero Santa Teresa).

Comentarios: Especie endémica de Bolivia, se encuentra en los (dptos. La Paz, al norte, y oeste de Beni). Se distingue fácilmente de las demás especies presentes en Bolivia por su nervadura central prominente en el haz, característica que no fue incluida o notada en la descripción original de la especie (Silva 2008), además por sus hojas falcadas en individuos juveniles, y por su distribución en las provincias biogeográficas Yungueña y Beniana de transición a Yungueña, en las últimas estribaciones andinas.

Esta especie se describió con base en una sola colección estéril, pero logré coleccionar un individuo adulto con estructuras reproductivas femeninas con el que completé la descripción, aunque la estructura reproductiva masculina todavía se desconoce hasta la fecha.

Podocarpus ballivianensis es una especie diferente de *Podocarpus oleifolius* por sus pérulas levemente reflexas (vs. agudas), hojas con nervadura prominente en el haz (vs. hendida).

Distribución potencial:

El algoritmo Maxent predijo el hábitat potencial adecuado para *Podocarpus ballivianensis* siendo 108939 km², y con un área bajo la curva (AUC) igual a 0.98, es decir con bajas tasas de omisión, mostrando que es un modelo muy bueno (Fig.7). También se determinaron las variables más importantes en el modelo, aplicando la prueba de Jackknife (Fig.6).

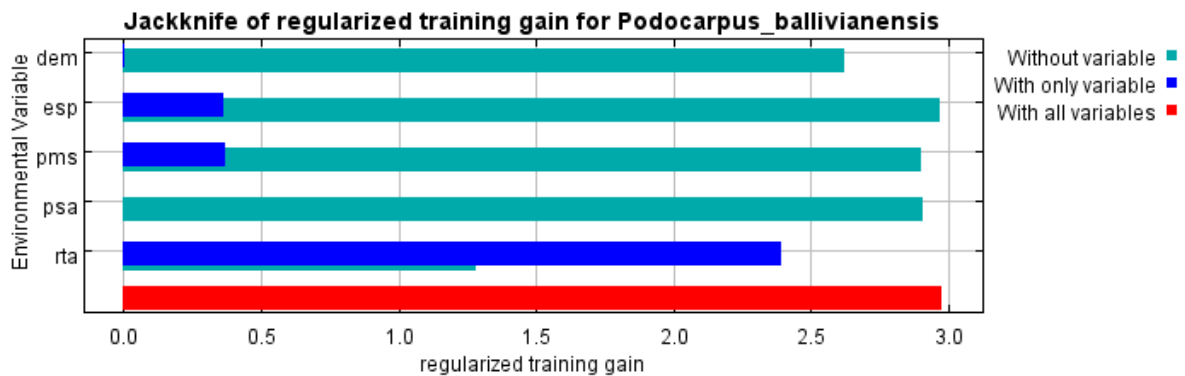


Figura 6. Contribución de variables ambientales al modelo de *Podocarpus ballivianensis* Silba.

Las variables más importantes fueron:

El rango de temperatura anual (RTA) con un aporte de 76.3 %, nos muestra una predicción de la especie hacia lugares con variaciones de la temperatura a lo largo del año, es decir que la especie prefiere bosques húmedos con bioclimas pluviales. La altitud (DEM) con 19.2 %, sugiere que esta variable influye en el establecimiento y reproducción de la especie.

La precipitación del mes más seco (PMS) con 3.6 %, nos indica que existe una estacionalidad bien marcada y que esta influye en la reproducción (Polinización) de la especie. Todas estas variables permiten un ajuste razonablemente bueno de los datos, y las barras azul claro sugieren que ninguna variable contiene una cantidad sustancial de información útil, que no esté contenida en las otras variables, dado que no decrece de manera considerable la ganancia del modelo cuando se omite una variable dada.

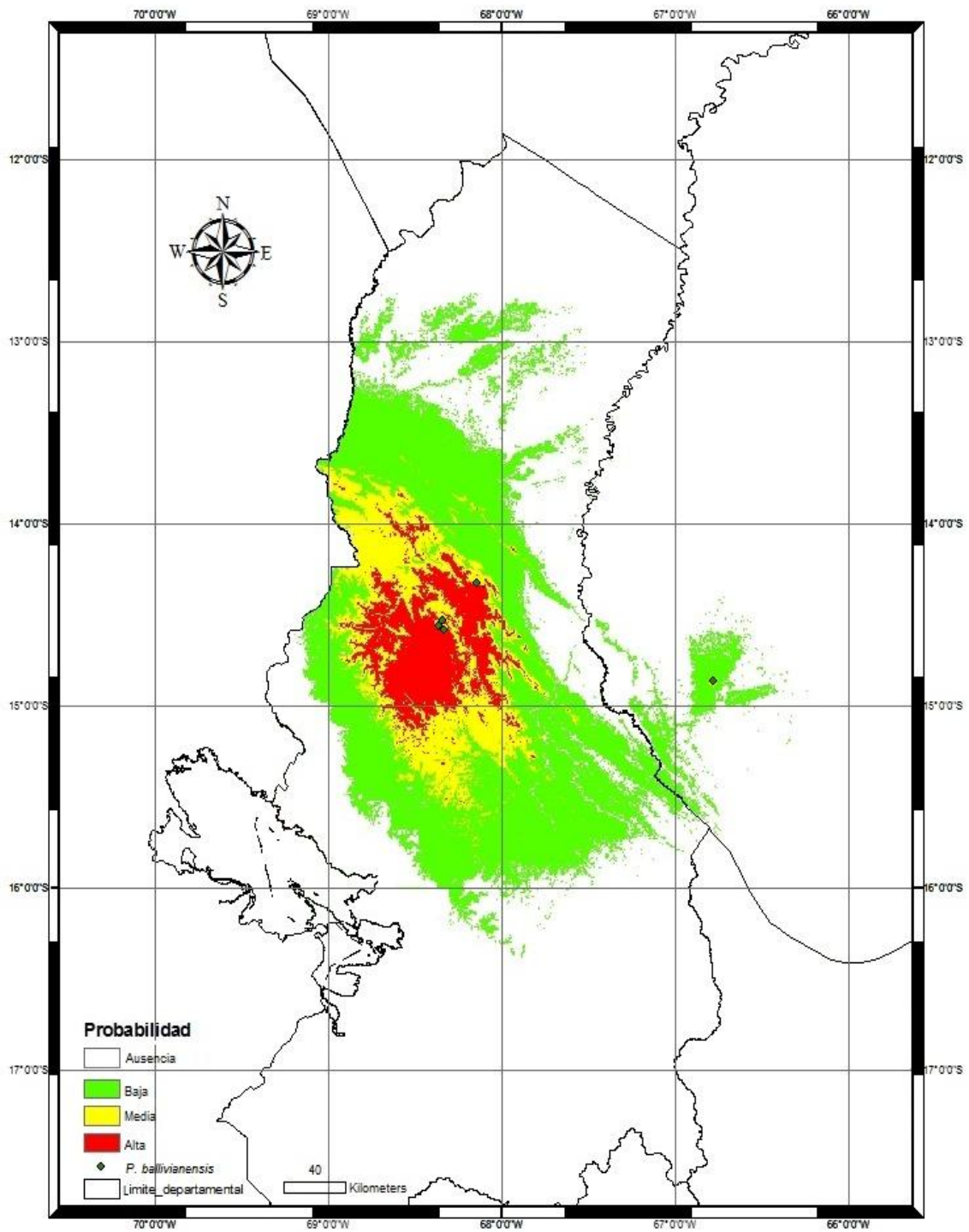


Figura 7. Mapa de Distribución potencial de *Podocarpus ballivianensis* Silba en Bolivia.

7.2.2 *Podocarpus celatus* de Laub., Fl. Venezuela 11(2): 35. 1982. Tipo: Bolivia, Dpto. Potosí, Morro, 1866 (fr), *Pearce s/n* (Lectotipo K, espécimen B). Fig.18 f-i.

Árbol 10–16 m. **Corteza** externa fisurada, pardo-oscuro, corteza interna rojiza. Ramas estriadas. **Hojas** oblongo-lanceoladas 6.7–76(–120) x 13–19 mm; margen plano; ápice acuminado; base aguda a decurrente; nervio central hendido en el haz, prominente en el envés. **Péculas** externas e internas ovado-trianguulares 5–6 x 2–3 mm; ápice agudo, revoluto, recto; base truncada; borde irregular. **Estróbilos masculinos** cilíndricos, axilares, escamas fértiles con ápices ligeramente fimbriados, 1–1.5 x 0.5–1 mm, sin apículo. **Estróbilos femeninos** solitarios, axilares, pedúnculo 3.5–9.5 x 0.5–1 mm. Receptáculo 5–9 x 2–3.5 mm. **Epimacio** globoso 5.5–9 x 2–9.5 mm. **Cresta** ausente. **Semilla** 5–6 x 5–5.5 mm.

Distribución y hábitat: Especie que se distribuye desde Venezuela hasta Bolivia. En el país se encuentra en la provincia biogeográfica Yungueña; se encuentra en el departamento de La Paz (provincias Franz Tamayo y Bautista Saavedra). Crece en el piso basimontano superior pluvial, con dominancia de: Lauraceae spp., Melastomataceae spp., Myrtaceae spp., *Dictyocaryum lamarckianum* y *Helicostylis tomentosa*. 1430-1500 m.

Estado de conservación: *Podocarpus celatus* tiene un área de ocupación de 159 km², el área de distribución de esta especie se encuentra en la actualidad sometida a procesos de conversión de los bosques a tierras para agricultura (especialmente para cultivo de coca), siendo catalogada en peligro considerando los siguientes criterios: EN B2a; C2a(i).

Fenología: Se han coleccionado especímenes con inflorescencias masculinas en botones entre mayo y agosto, frutos en febrero.

Usos: Esta especie se utiliza para la construcción en general, rara vez es utilizada para leña. *Podocarpus celatus* no es muy conocido, sino que sería de gran importancia e interés en los jardines botánicos del país, con fines educativos, para mostrar al público que las gimnospermas pueden tener hojas muy grandes, así como las angiospermas (Farjon 2010).

Nombre común: Pino (com. pers. Nicolás Mamani, comunero Tolapampa).

Comentarios: La especie más parecida es *P. magnifolius* de la cual se diferencia por sus hojas con margen plano (vs. revoluto) y fruto sin cresta (vs. crestado).

En la descripción original de la especie se menciona como localidad del tipo “Bolivia, Moro” (de Laubenfels 1982), posteriormente Farjon (2010) indica como localidad tipo “Bolivia: Potosí Morro” seguramente porque ubicaron las coordenadas de la localidad “Morro” en el Gazetteer de Bolivia (Gazetteer 1985) las cuales caen en el departamento de Potosí, sin embargo es improbable que esta especie se encuentre en el departamento de Potosí pues los ambientes no son los adecuados para el desarrollo de esta especie que prefiere bosques húmedos los cuales no hay en Potosí, y mucho menos en o cerca de la localidad mencionada. Una posibilidad es que haya una localidad llamada Morro en la región de bosques húmedos de yungas de Bolivia, o que se anoto por error, quizás intencionado, la localidad Morro en Potosí para evitar que otros buscadores de primicias hortícolas como Pearce dieran con la planta y llevaran semillas a los jardines botánicos europeos (com. per. A. Fuentes 2011).

El Holótipo de K, fue lectotipificado por Farjon (2010), porque piensa que la colección tipo es una mezcla de ramas de dos individuos diferentes, uno juvenil y otro adulto y marco con la letra A (planta juvenil) y B (planta adulta), considero una interpretación un tanto aventurada pues es posible encontrar ramas jóvenes y adultas a la vez en el mismo individuo.

Distribución potencial:

El área potencial de *Podocarpus celatus* es de 1542 km², y con un área bajo la curva (AUC) igual a 0.99, es decir con bajas tasas de omisión, mostrando una buena eficiencia del modelo (Fig.9).

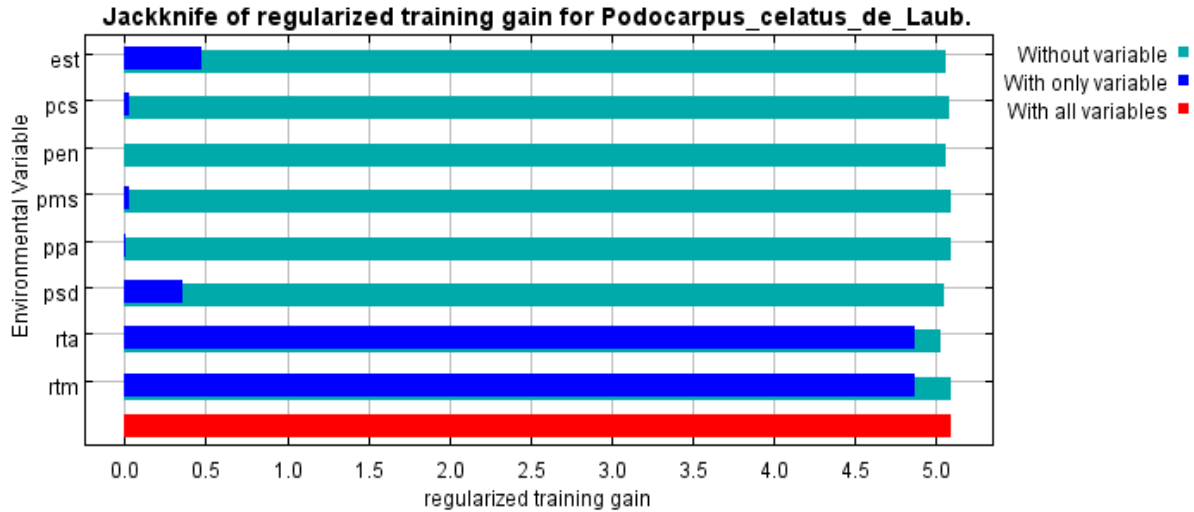


Figura 8. Contribución de variables ambientales al modelo de *Podocarpus celatus* de Laub.

Las variables más importantes fueron:

El rango de temperatura media diaria (RTM) con 94.5 %, indica una variabilidad de la temperatura durante el día, es decir que la especie prefiere bosques húmedos con bioclimas pluviestacionales.

La precipitación del mes más seco (PMS) con 4 %, nos muestra que existe una precipitación bien marcada a lo largo del año, la cual influye en el desarrollo de los estróbilos y polinización de la especie.

Pendiente (PEN) con 0.7 %, nos muestra una predicción de la especie hacia lugares húmedos de ladera las cuales ofrecen las condiciones adecuadas para establecimiento, reproducción y dispersión de las semillas de la especie.

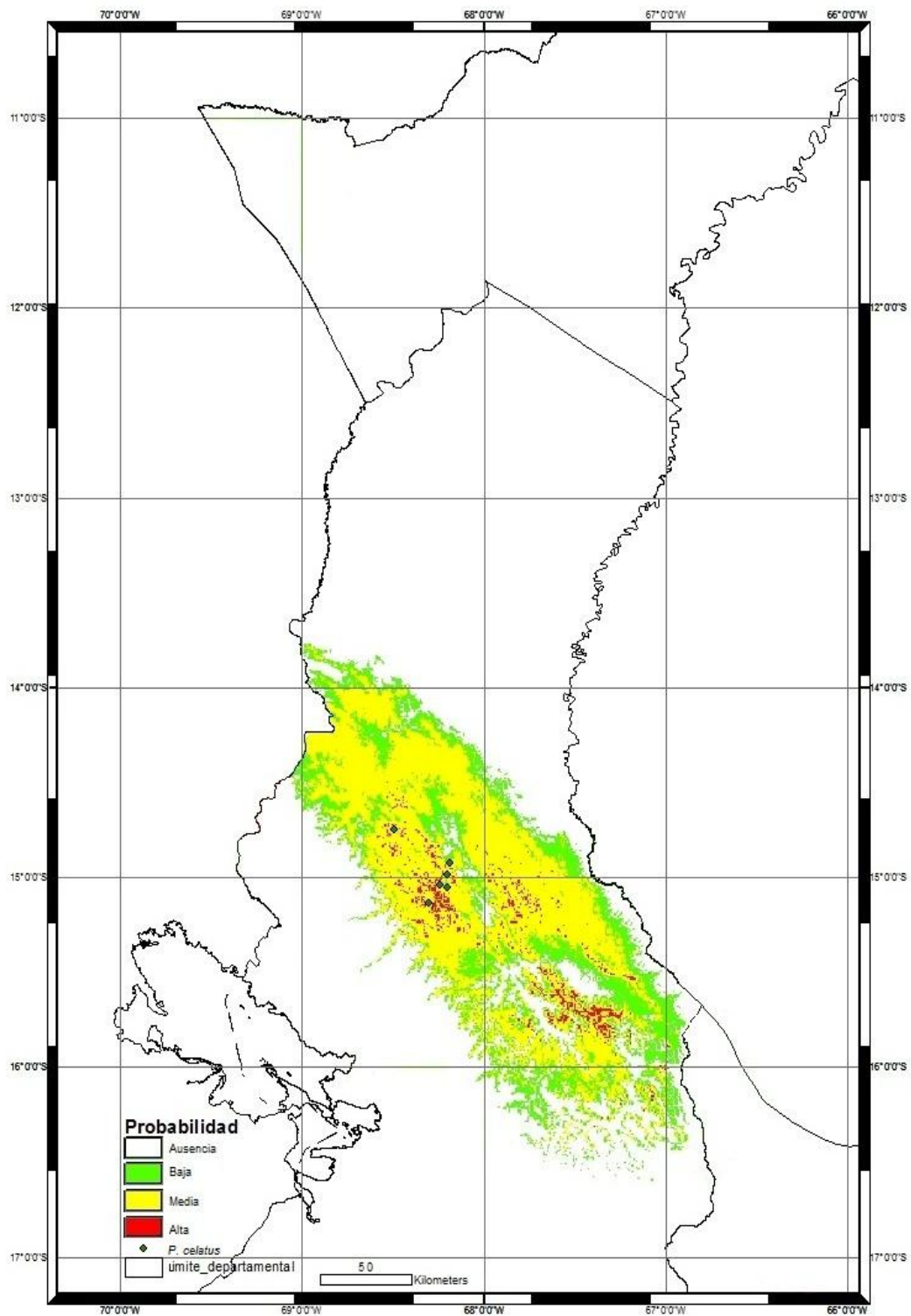


Figura 9. Mapa de Distribución potencial de *Podocarpus celatus* de Laub., en Bolivia.

7.2.3 *Podocarpus glomeratus* D. Don, in Lambert, Descr. Pinus (ed. 2): 21. 1824. *Nageia glomerata* (D. Don), Revis. Gen. Pl. 2: 800. 1891. Tipo: Perú [“Chili. Herb: Pavon.”], 1778-88 (fl ♂), R. Ruiz & J.A. Pavón y Jiménez s.n. (Holótipo BM). Fig. 18 j-p.

Podocarpus cardenasii J. Buchholz & N.E. Gray, J. Arnold Arbor. 29: 142. 1948. Tipo: Bolivia, dpto. Cochabamba, prov. Ayopaya, Sailapata, Ene 1935 (fl ♂), Cárdenas 3053 (Holótipo US; Isotipos A, LILL).

Árbol, arbolito, altura reproductiva 5–15 m, 10–40 cm dap. **Corteza** externa fisurada, pardo-oscuro. Ramas estriadas. **Hojas** linear-lanceoladas 21–42 x 2–5.4 mm; margen revoluto; ápice agudo, mucronado; base aguda a decurrente; nervio central hendido en el haz, prominente en el envés, con dos bandas estomáticas a ambos lados por el envés; sésiles. **Péculas** externas lanceoladas, internas ovado-trianguulares 1.5–3 x 1–2 mm; ápice agudo, revoluto, levemente reflejo; base truncada; borde irregular. **Inflorescencias** masculinas axilares, 3–10 amentos agrupados en el ápice de un pedúnculo, pedúnculo (0.5–)10–15 x 0.5–1 mm. Escamas estériles de 4–8, lanceoladas (0.4–)1.5–2.5(–6) x (0.5–)1–1.5(–2) mm. **Estróbilos** masculinos, cilíndricos, sésiles 13 x 2.5 mm; escamas fértiles irregulares 0.5 – 1 x 0.5 mm; sin apículo. **Estróbilos** femeninos solitarios, axilares, pedúnculo 9–11 x 1 mm. **Receptáculo** 3–5 x 2–2.5 mm. **Epimacio** globoso 9–10.5 x 2.5–3 mm. **Cresta** 0.5 x 1 mm. **Semillas** elipsoides 2–3 x 1–1.5 mm.

Distribución y hábitat: Especie que se distribuye desde Ecuador hasta el centro de Bolivia, en el país se encuentra en el extremo sur de la provincia biogeográfica Yungueña y en la provincia Boliviano-Tucumana de transición a Yungueña, en los departamentos de Cochabamba (Provincias. Ayopaya, Carrasco, Campero) y Santa Cruz (Prov. Manuel María Caballero). Crece en bosque primario y vegetación natural disturbada por ganadería y cultivos de los pisos montano y ceja de monte, en bioclimas pluvial húmedo a pluviestacional húmedo, con influencia de nieblas y dominancia de: *Senna aymara*, *Alnus acuminata*, *Prumnopitys exigua*, *Weinmannia microphylla*, *Escallonia myrtilloides*, *Berberis* sp., Asteraceae y muchas epífitas. 2400-3400 m.

Estado de conservación: El área de distribución de *Podocarpus glomeratus* se restringe a los departamentos de Cochabamba y Santa Cruz, presentando un área de ocupación de 84.688 km² que paulatinamente está siendo deforestado por los pobladores locales para transformarlo en áreas agrícolas. Ocasionando grandes daños en la regeneración y distribución de la especie. Por lo anterior *Podocarpus glomeratus*, es catalogada en peligro considerando los siguientes criterios: EN B2ab (i,ii,iv,v).

Fenología: Presencia de estróbilos masculinos en mayo y frutos entre noviembre y diciembre.

Usos: Esta especie es apreciada por su madera para la construcción, carpintería e implementos de herramientas y localmente es utilizada para leña.

Nombre común: Pino de monte, pino blanco.

Comentarios: La especie morfológicamente mas similar a *Podocarpus glomeratus* es *P. parlatorei* de la que se diferencia por presentar hojas más pequeñas. 21–42 mm. (vs. 25–68 mm.), relación largo ancho menor a 8.4 (vs.12.5).

Las poblaciones de esta especie se encuentran disyuntas a lo largo de su distribución al parecer ocupan las partes altas con bosques nublados que rodean valles secos interandinos.

Distribución potencial:

El área potencial de *Podocarpus glomeratus* es de 8528 km², con un área bajo la curva (AUC) igual a 0.96, mostrando bajas tasas de omisión en el desarrollo del modelo (Fig. 11).

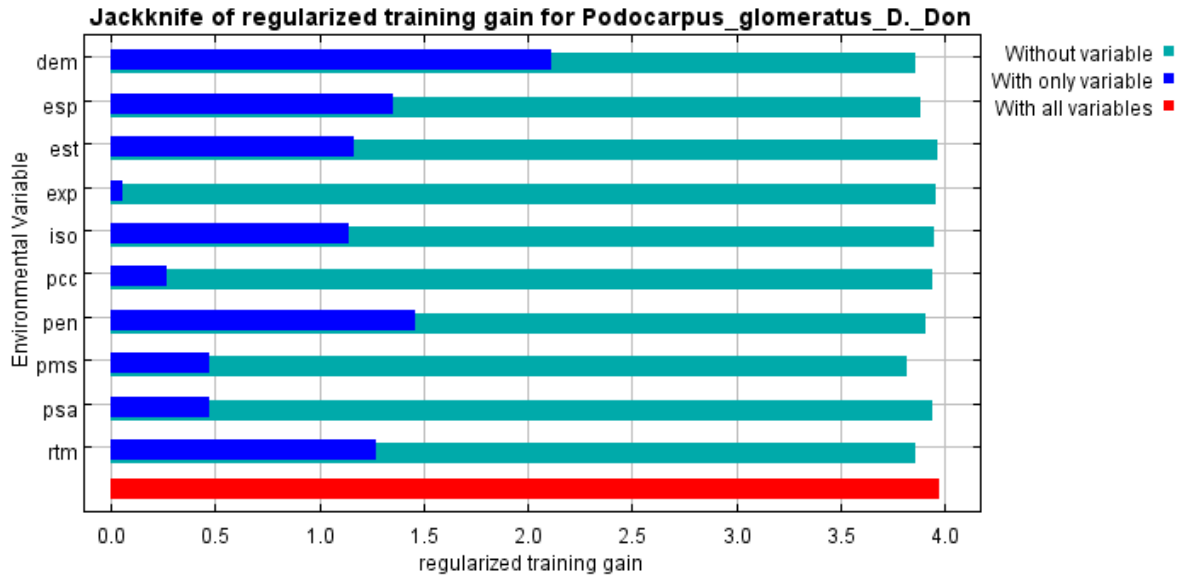


Figura 10. Contribución de variables ambientales al modelo de *Podocarpus glomeratus* D. Don, in Lambert.

Las variables más importantes fueron:

La altitud (DEM) con 28.6 %, es un factor terminante para la especie debido a que los bosques en estas altitudes presentan una buena retención de humedad y una baja evapotranspiración debido a la presencia constante de nieblas en los bosques, en el cual la especie encuentra las mejores condiciones de hábitat.

La pendiente (PEN) con un aporte de 28.1 %, el cual influye en el desarrollo de *Podocarpus glomeratus* debido a que en las laderas boscosas existe una mayor retención de humedad de las precipitaciones y la neblina, por parte de los arboles, musgos y hojarasca, que en época seca van liberando poco a poco el agua retenida, brindando las condiciones optimas para el establecimiento de la especie.

Precipitación del mes más seco (PMS) con 20.6 %, nos indica que el desarrollo de la especie está marcada por la estacionalidad de precipitación que existe en estas zonas, las cuales influyen en el desarrollo de los estróbilos masculino y femenino.

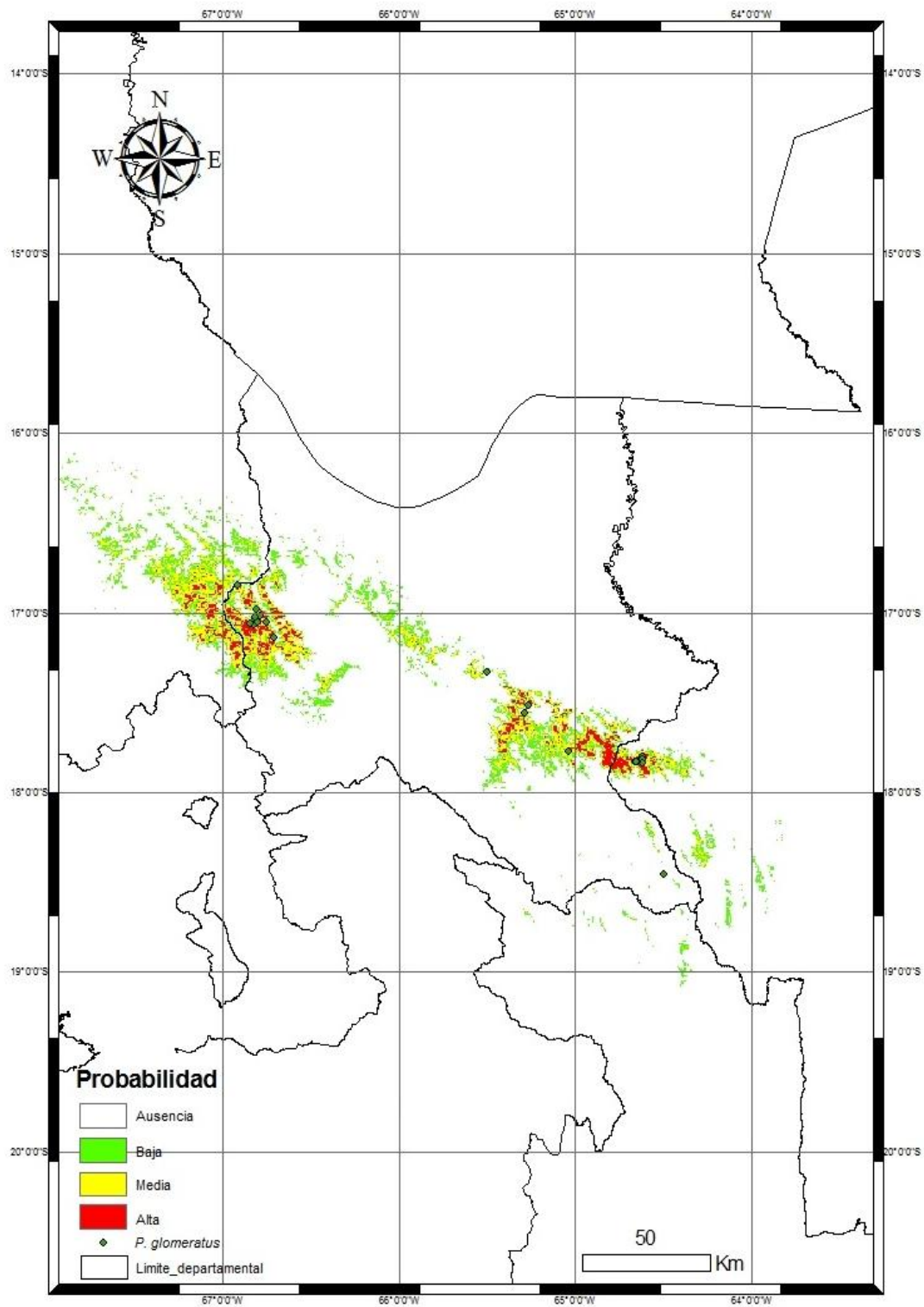


Figura 11. Mapa de Distribución potencial de *Podocarpus glomeratus* D. Don, in Lambert, en Bolivia.

7.2.4 *Podocarpus ingensis* de Laub., Bol. Lima 13(73): 58. 1991. Tipo: Perú, dpto. San Martín, prov. Rioja, 16 Feb 1985 (est), *Stein & Todzia 2200* (Holótipo MO; Isotipo F). Fig. 5 a-g.

Árbol a arbusto, altura reproductiva (2.5–)5–15(–25) m, 10.5–60(–65.9) cm dap. **Corteza** externa fisurada, pardo-oscuro. Ramas fisuradas. **Hojas** oblongo-lanceoladas 24–55 x 4–7 mm; margen revuelto; ápice agudo; base aguda a decurrente; nervio central hendido en el haz, envés levemente prominente en la base, plano hacia el ápice, con dos bandas estomáticas en el envés; sésiles. **Pérulas** externas lanceoladas, internas ovado-trianguulares, 2–3 x 1.5–2.5 mm; ápice agudo, revuelto, recurvadas hacia las pérulas internas; base truncada; borde irregular. **Inflorescencias** masculinas axilares, sésiles; escamas estériles lanceoladas 0.5–1.5 x 0.5–1 mm. **Estróbilos** masculinos, cilíndricos, sésiles 15–27 x 2 mm; escamas fértiles con ápice fimbriado, sin apículo 1 x 0.5 mm. **Estróbilos** femeninos solitarios, axilares, pedúnculo 5–10 x 1 mm. **Receptáculo** 5–7 x 2.5–3 mm. **Epimacio** globoso 6–10 x 5.5–7.5 mm. **Cresta** 0.5–1 x 1–2 mm. **Semillas** elipsoides 2.5–6(–8) x 1.5–3.5(–7) mm.

Distribución y hábitat: Especie que se distribuye desde el sur de Ecuador hasta el noroeste de Bolivia. En el país se encuentra en la provincia biogeográfica Yungueña, se localiza en los departamentos de La Paz (Provs. Franz Tamayo, Larecaja, Muñecas, Nor Yungas, Sud Yungas), Cochabamba (Prov. Chapare). Crece en los bosques húmedos, de los pisos montano a ceja de monte, con dominancia de: *Podocarpus oleifolius*, *Helicostylis towarensis*, *Aniba muca*, *Elaeagia mariae*, *Graffenrieda emarginata*, *Beilschmiedia towarensis*, *Hedyosmum racemosum*, *Gordonia fruticosa*, *Weinmannia ovata*, *Weinmannia pinnata*, *Dictyocaryum lamarckianum*, *Chaetocarpus myrsinites* y *Cyathea* sp. 1400-2900 m.

Estado de conservación: Esta especie tiene una un área de ocupación de 1807.47 km², el área de distribución de esta especie se encuentra en la actualidad sometida a procesos de conversión de los bosques a tierras para agricultura, por lo que *Podocarpus ingensis* es catalogada como vulnerable, considerando los siguientes criterios: VU B2b (i, ii,v).

Fenología: Presencia de estróbilos masculinos y frutos entre abril y septiembre.

Usos: Esta especie en la actualidad es apreciada por su madera en la construcción e implementos para el hogar y rara vez en la construcción de botes (com. pers. Mario Ampuero, comunero Paján).

Nombre común: Lluquina (com. pers. Mario Ampuero, comunero Paján).

Comentarios: *Podocarpus ingensis* se diferencia de *Podocarpus oleifolius* por presentar las hojas con el nervio central plano en el envés (vs. prominente) y los estróbilos masculinos son sésiles (vs. Cortamente pedunculados).

Distribución potencial:

Podocarpus ingensis presenta un área potencial de 43700 km², y un área bajo la curva (AUC) igual a 0.99. (Fig. 13).

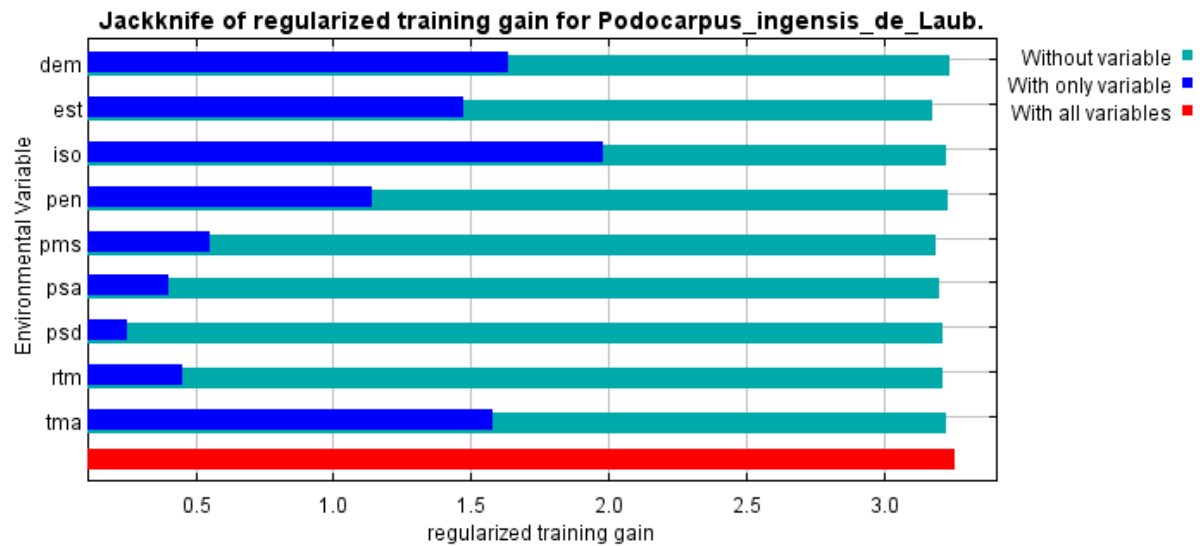


Figura 12. Contribución de variables ambientales al modelo de *Podocarpus ingensis* de Laub.

Las variables más importantes fueron:

La isothermalidad (ISO) con un aporte de 33.6 %, nos indica que existe una variabilidad de la temperatura durante el año, es decir que la especie que prefiere bioclimas pluviales.

La altitud (DEM) con 20.3 %, sugiere que en estas altitudes (1400-2900 m.) *Podocarpus ingensis* encuentra las condiciones adecuadas para su desarrollo, debido a que en estos lugares existe buena cantidad de materia orgánica y humedad para su establecimiento.

La precipitación del mes más seco (PMS) con 18.3 %, influye en el proceso de reproducción de la especie, facilitando la dispersión de polen, ya que al existir menor cantidad de humedad en el aire, el polen puede moverse con gran facilidad.

La pendiente (PEN) con 14.8%, el cual influye de manera indirecta en la dispersión de las semillas en la especie.

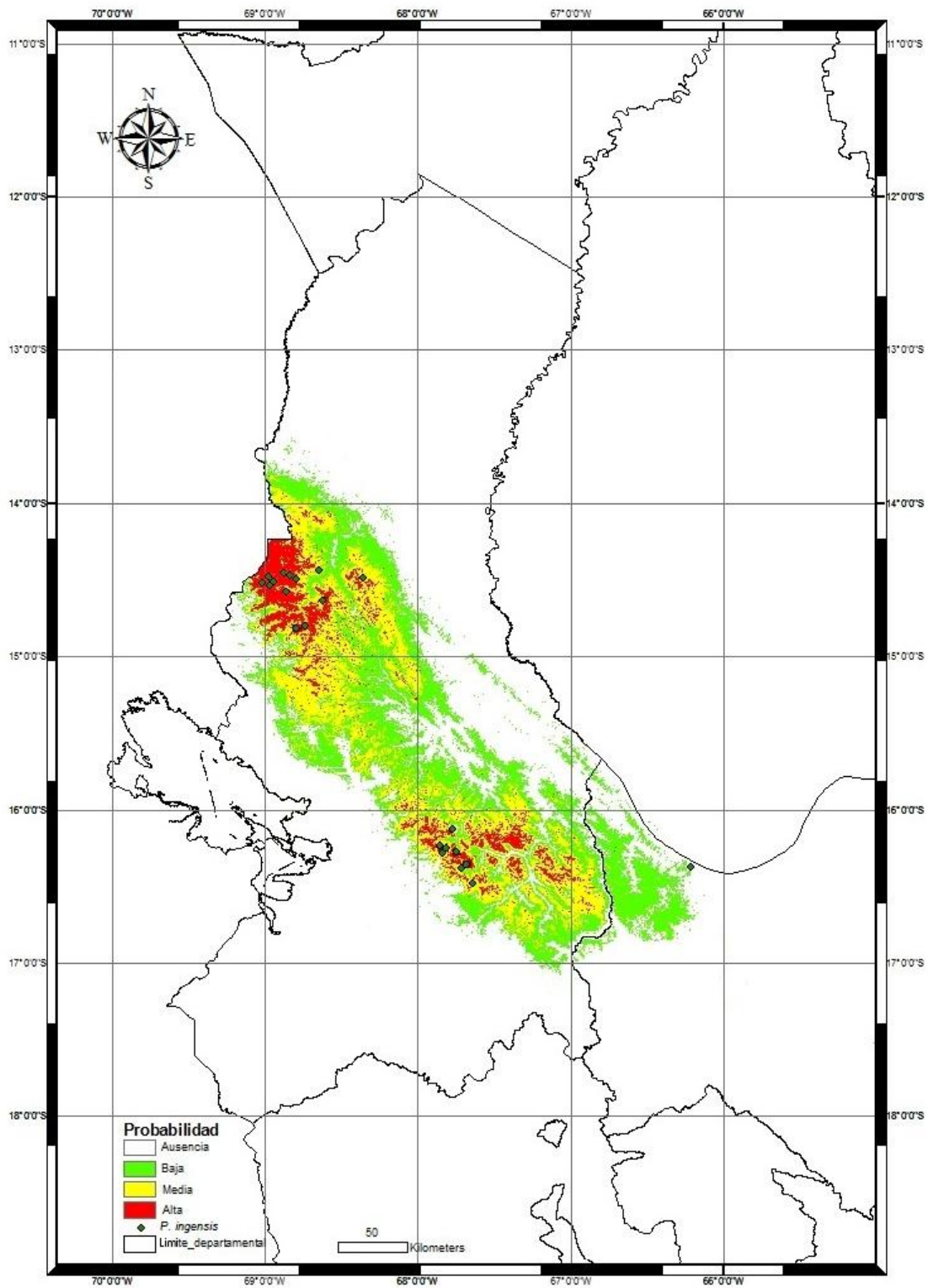


Figura 13. Mapa de Distribución potencial de *Podocarpus ingensis* de Laub en Bolivia.

7.2.5 *Podocarpus magnifolius* J. Buchholz & N.E. Gray, J. Arnold Arbor. 29(2): 133. 1948. Tipo. Venezuela: Edo. Bolivar, La Gran Sabana, Ptari-tepui, 10-11 Nov 1944 (bot ♂), J.A. Steyermark 59989 (Holótipo F; Isotipo ILL, NY). Fig.18 a-e.

Árbol a arbolito, altura reproductiva 10-18 m, 4.7-40 cm dap. **Corteza** externa fisurada, pardo-oscura, corteza interna rojiza. **Hojas** oblongo-lanceoladas 75–95 x 16–19 mm; margen revoluto; ápice acuminado; base aguda a decurrente; nervio central hendido en el haz, prominente en el envés. **Péculas** externas lanceoladas, internas ovado-trianguulares, 6–8 x 1.5–2 mm; ápice agudo, revoluto, levemente reflejo; base truncada; margen irregular. **Inflorescencias** masculinas axilares, 5–15 escamas estériles, escamas estériles ovado-trianguulares 2–3.5 x 2–2.5 mm. **Estróbilos** masculinos, cilíndricos, sésiles 6 x 2.5 mm; escamas fértiles triangulares con ápice fimbriado 0.5–1 x 0.5 mm. **Estróbilos** femeninos desconocidos.

Distribución y hábitat: Especie que se distribuye desde Panamá hasta el norte de Bolivia. En el país se encuentra en la provincia biogeográfica Yungueña, en el departamento de La Paz (Prov. Larecaja). Crece en bosques húmedos del piso basimontano 850-950 m.

Estado de conservación: *Podocarpus magnifolius* se ve restringida al departamento de La Paz, presentando un área de ocupación de 133 km², las cuales están sujetas a operaciones de tala al igual que otras especies del mismo género. Sin embargo el número relativamente limitado de las colecciones de herbario sugieren catalogarla en peligro considerando los siguientes criterios: EN B2ab (i,ii).

Fenología: Presencia de estróbilos masculinos en noviembre.

Usos: Esta especie es apreciada por su madera que es usada en la construcción, carpintería, y quizás también en la fabricación de muebles *Podocarpus magnifolius* (Farjon 2010).

Nombre común: Romero.

Comentarios: *Podocarpus magnifolius* se diferencia de *P. celatus* por sus hojas con margen revoluto (vs. plano) y frutos crestados (vs. sin cresta).

Distribución potencial:

Maxent predijo el hábitat potencial adecuado para *Podocarpus magnifolius* siendo 5643 km², y un área bajo la curva (AUC) igual a 0.99, mostrando una alta eficiencia del modelo (Fig.15). Sin embargo también se determinaron las variables más importantes en el modelo (Fig.14).

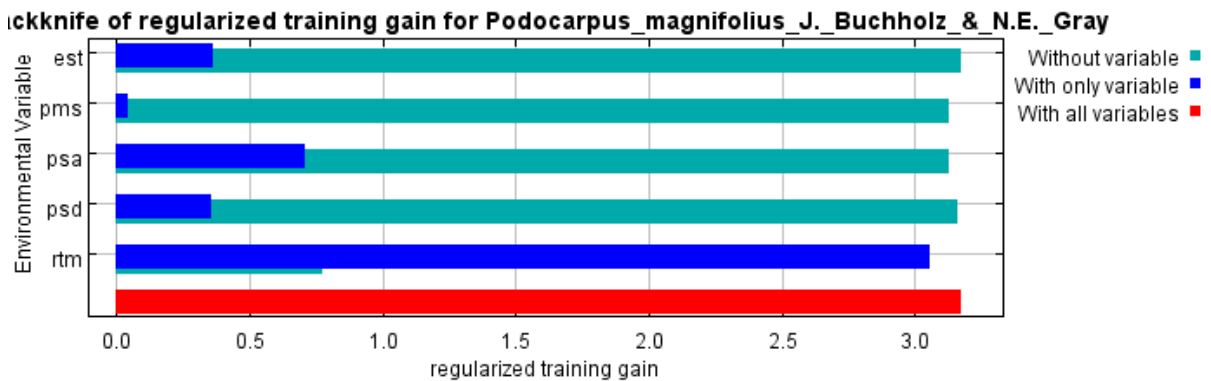


Figura 14. Contribución de variables ambientales al modelo de *Podocarpus magnifolius* J. Buchholz & N.E. Gray.

Las variables más importantes fueron:

El rango de temperatura media diurna (RTM) con 93.2 %, nos muestra que existe una oscilación de la temperatura durante el día, indicándonos que la especie prefiere lugares con bioclimas pluviales.

El porcentaje de suelo arbóreo (PSA) con 4.8 %, sugiere que la especie prefiere lugares con mucha cobertura arbórea, debido a que en estos sitios se encuentra más protegida de las inclemencias del ambiente y de los depredadores.

La precipitación del mes más seco (PMS) con 1.5 %, influye en el desarrollo y reproducción de la especie.

En este caso la distribución presenta un sesgo por el número escaso de registros, siendo una distribución preliminar de la especie.

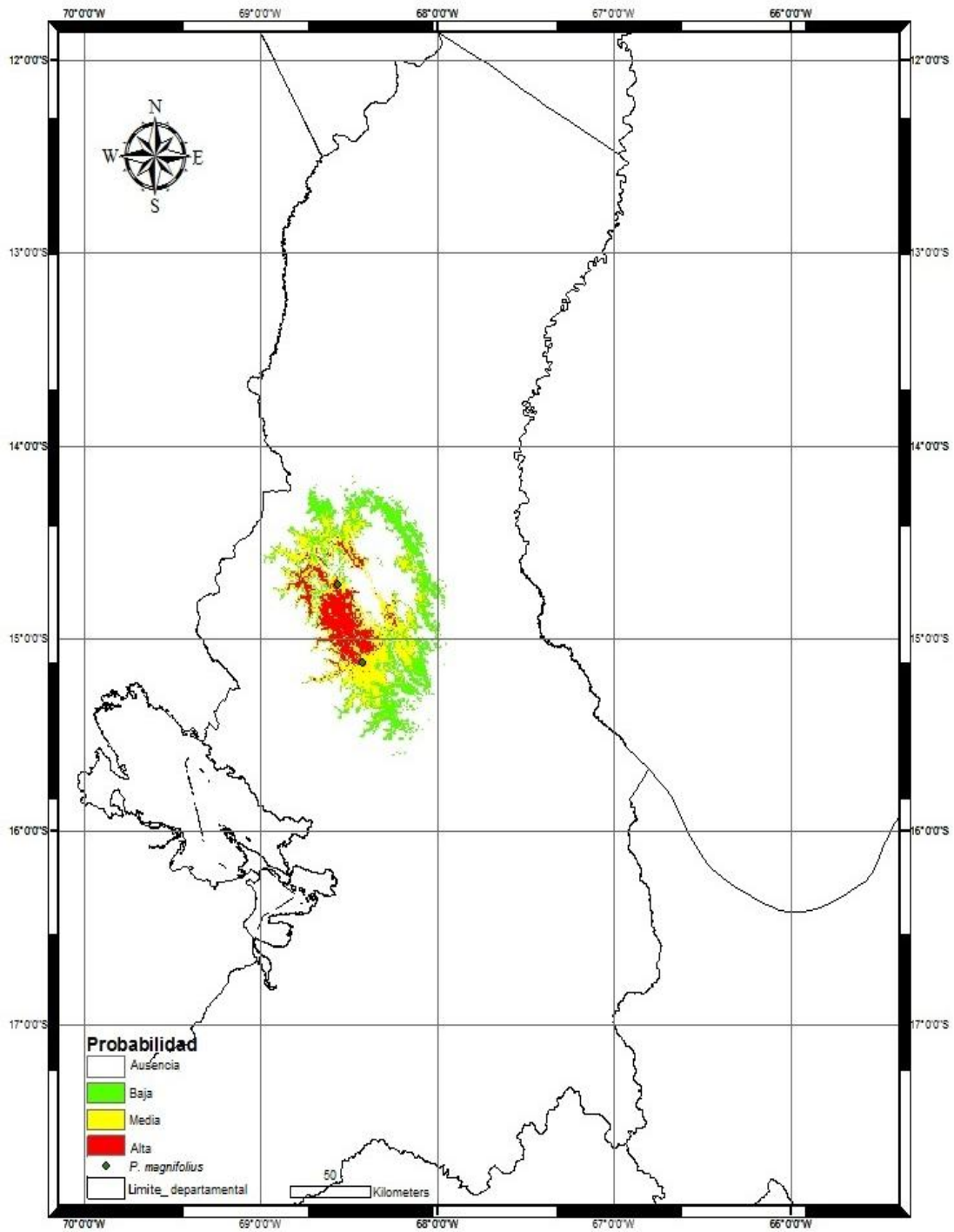


Figura 15. Mapa de Distribución potencial de *Podocarpus magnifolius* J. Buchholz & N.E. Gray en Bolivia.

7.2.6 Podocarpus oleifolius D. Don ex Lambert, Descr. Pinus 2: 20.1824. *Nageia oleifolia* (D. Don ex Lamb.) Kuntze, Revis. Gen. Pl. 2: 800. 1891. Tipo: Perú: “in Peruvia ad Pillao et Panoa”, 1788-88, *R. Ruiz & J.A. Pavón y Jiménez s.n.* (Holótipo B destruido; Lectotipo BM). Fig. 5 g-m.

Podocarpus macrostachys Parl., Prodr. 16(2.2): 510. 1868. *Podocarpus oleifolius* D. Don var. *macrostachys* (Parl.) J. Buchholz & N.E. Gray, J. Arnold Arbor. 29: 140. 1948. Tipo: Venezuela, Aragua, colonia Tovar. 8 Jul. 1854 (fr) *Fendler 1287* (Holótipo no localizado; Isotipo MO; Sintipo NY).

Podocarpus oleifolius D. Don var. *costaricensis* J. Buchholz & N.E.Gray, J. Arnold Arbor. 29: 140-141. 1948. Tipo: Costa Rica, Alajuela, Volcán Poas, Potiero del Alto, *H. Pittier 822* (Holótipo US).

Podocarpus oleifolius D. Don var. *trujillensis* J. Buchholz & N.E.Gray, J. Arnold Arbor. 29: 141. 1948. Tipo: Venezuela, 6 Feb 1944 (fr) *Steyermark 55335* (Holótipo F).

Podocarpus oleifolius D. Don var. *equadorensis* Silba, Phytologia 68:69. 1990. Tipo: Ecuador. Loja, 9 Jul 1989 (fl ♂) *L.J. Dorr & I. Valdespino 6570* (Holótipo NY; Isotipo TEX).

Podocarpus monteverdeensis de Laub., Brenesia 33: 120-121. 1990[1991]. Tipo: Costa Rica. Prov. Monteverde, cordillera de Tilarán, 26 Ago 1988 (fl ♂) *de Laubenfels 814* (Holótipo MO; Isotipo CR).

Árbol, altura reproductiva 10–25 m, 18.5–60(–210) cm dap. **Corteza** externa fisurada, pardo-oscuro. Ramas estriadas. **Hojas** oblongo-lanceoladas 48–66(–84) x 6.5–10(–15) mm; margen revuelto; ápice agudo; base aguda a decurrente; nervio central hendido en el haz, prominente en el envés. **Péculas** externas ovado-triangules, internas ovadas, 2.5–4 x 1.5–3 mm; ápice agudo, revuelto, levemente curvadas hacia las péculas internas; base truncada; margen irregular. **Inflorescencias** masculinas axilares, pedúnculo 3–6 x 1–1.5 mm. 10–14 escamas estériles, ovado-triangules 2–4 x 3.5–4 mm. **Estróbilos** masculinos solitarios, cilíndricos, 30–50 x 3–5 mm; escamas fértiles, 0.5–1 x 0.5 mm, ápice levemente fimbriado. **Estróbilos** femeninos

con pedúnculo 6–10 x 1 mm. **Receptáculo** 7.5–10 x 2.5–3 mm. **Epimacio** globoso 6.5–8 x 3.5–5 mm. **Cresta** 0.5–1 x 1–1.5 mm. **Semillas** elipsoides 2–3.5 x 1.5–2.5 mm.

Distribución y hábitat: Especie que se distribuye desde el norte de Costa Rica hasta el centro de Bolivia. En el país se encuentra en la provincia biogeográfica Yungueña, en los departamentos de La Paz (Provincias. Abel Iturralde, Franz Tamayo, Bautista Saavedra, Muñecas y Nor Yungas) y Cochabamba (Provincias. Ayopaya y Carrasco). Crece en los bosques montanos húmedos, de los pisos basimontano a ceja de monte, con dominancia de: *Podocarpus ingensis*, *Oenocarpus bataua*, *Oreopanax sp.*, *Hedyosmun cf. racemosum*, *Weinmannia multijuga*, *W. sorbifolia*, *Dictyocaryum lamarckianum*, *Elaeagia mariae*, *Helicostylis towarensis*, *Guatteria lasiocalyx*, *Aniba muca*, *Morella pubescens*, *Cyathea sp.*, Myrtaceae y Rubiaceae. 930-3100 m.

Estado de conservación: El área de distribución de *Podocarpus oleifolius* se restringe a los departamentos de La Paz y Cochabamba. Con un área de ocupación de 5850 Km², que poco a poco está disminuyendo las especies en su hábitat natural, siendo las personas locales quienes aprovechan la madera de dicha especie, causando daños en la regeneración, dispersión y reproducción de la especie. Por lo anterior es considerada como vulnerable considerando los criterios: C2ab (i).

Fenología: Presencia de estróbilos masculinos en Julio y frutos en Noviembre.

Usos: Esta especie es altamente apreciada por su madera y utilizada en la construcción de viviendas y en la fabricación de muebles finos (Farjon 2010).

Nombre común: Romero

Comentarios: *Podocarpus oleifolius* se puede confundir con *P. ingensis*, se diferencia por presentar hojas con la nervadura central prominente en el envés (vs. plana) y estróbilos masculinos cortamente pedunculados (vs. sésiles).

Farjon considera a *Podocarpus ballivianensis* y *P. ingensis* como sinónimos, sin embargo considero o no acepto esta propuesta pues son especies diferentes, ver los respectivos comentarios en las especies mencionadas.

Distribución potencial:

El hábitat potencial adecuado para *Podocarpus oleifolius* es de 34139 km², y un área bajo la curva (AUC) igual a 0.99, mostrando una buena eficiencia del modelo (Fig.17).

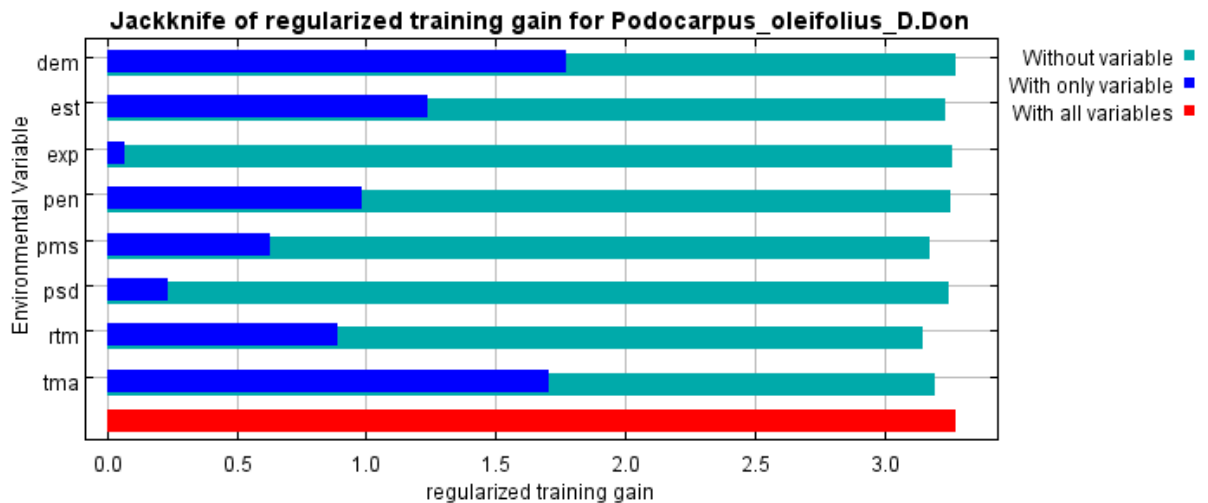


Figura 16. Contribución de variables ambientales al modelo de *Podocarpus oleifolius* D. Don ex Lambert.

Las variables más importantes fueron:

La precipitación del mes más seco (PMS) con 33.2 %, nos indica que el desarrollo de la especie está marcada por la estacionalidad de precipitación que existe en estas zonas, también esta variable influye en la polinización de la especie, porque el estróbilo masculino y femenino coinciden en su desarrollo en la estación seca, facilitando el movimiento del polen.

La altitud (DEM) con 30 %, influye en el establecimiento de la especie debido a 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 *Podocarpus oleifolius*.

La pendiente (PEN) con 13.4 %, sugiere que *P. oleifolius* prefiere las laderas boscosas, debido a que estas áreas presentan suelos fértiles y una buena infiltración del agua, brindando las condiciones favorables para el establecimiento de la especie.

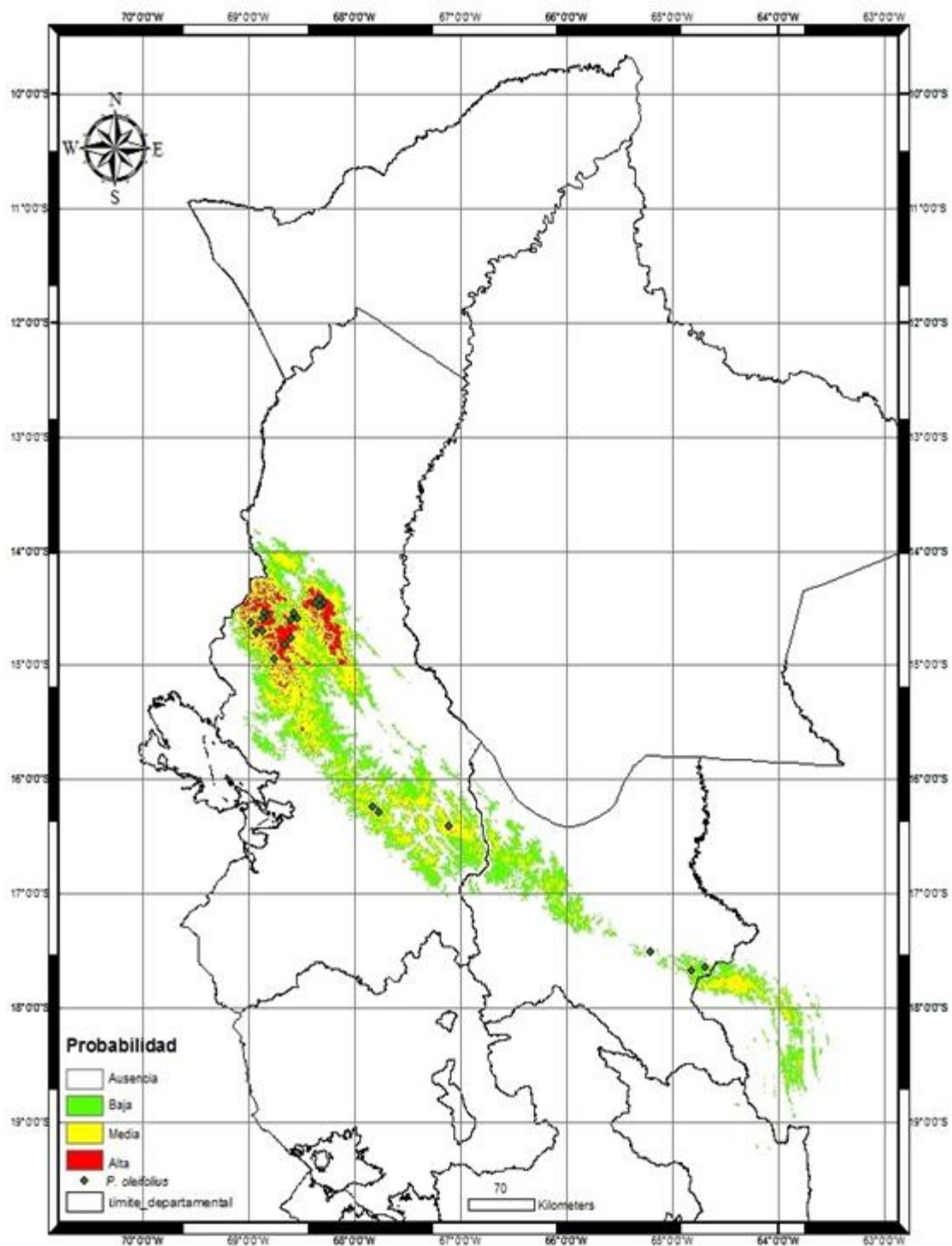


Figura 17. Mapa de Distribución potencial de *Podocarpus oleifolius* D. Don ex Lambert, en Bolivia.

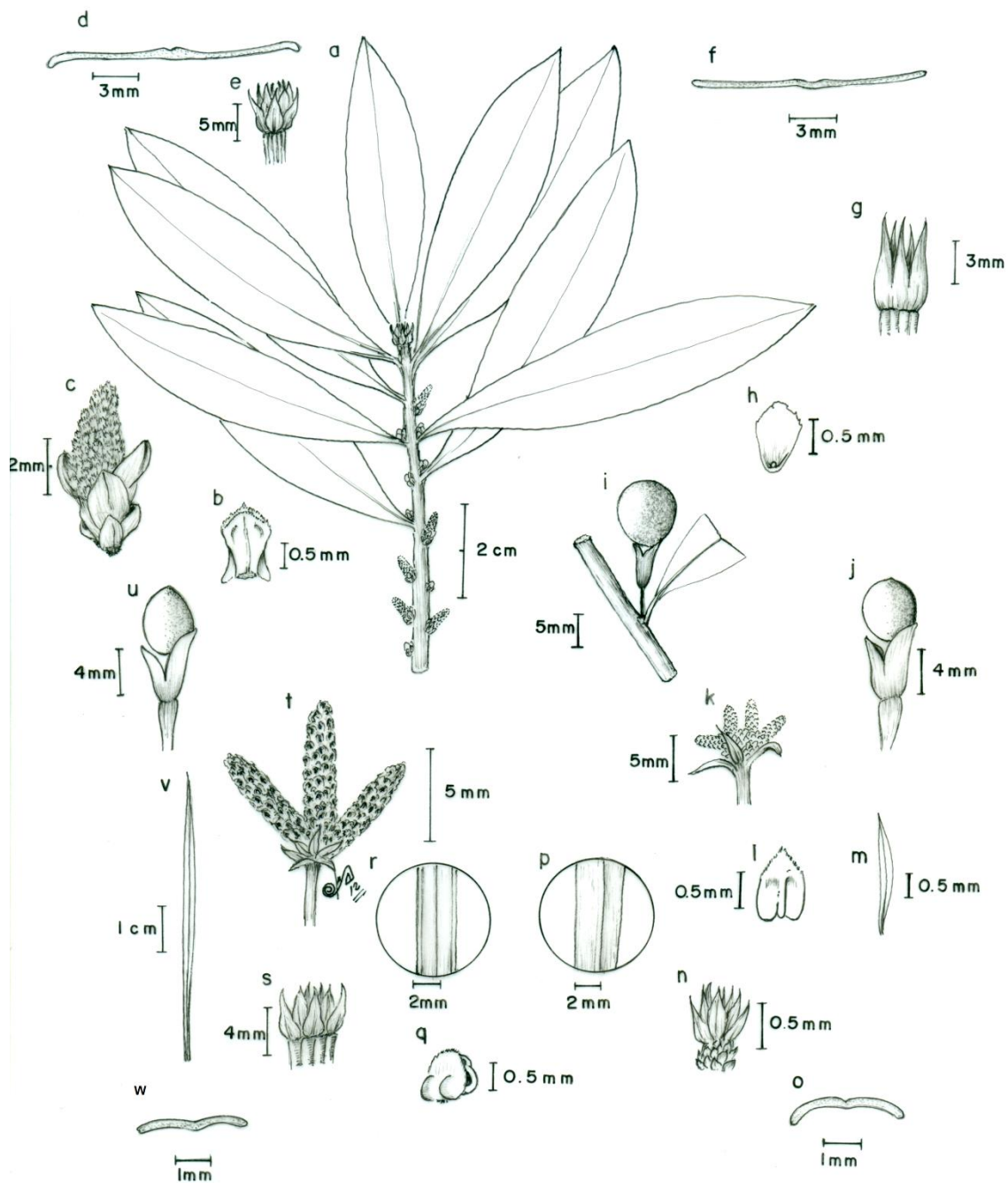


Figura 18. *Podocarpus magnifolius* a. Rama fértil, b. Escama fértil, c. Estróbilo masculino; d, Corte de hoja; e Pérula. B.A. Krukoff's 11273.

Podocarpus celatus f. Corte de hoja, g. Pérula, h. Escama fértil, i. Estróbilo femenino. A. Fuentes et al. 7656; D. Alanes et al. 311.

Podocarpus glomeratus j. Cono femenino, k. Inflorescencia masculina, l. Escama fértil, m. Hoja, n. Pérula, o. Corte de hoja, p. Detalle del envés de la hoja. *St. G. Beck et al. 7444; N. Ritter et al. 2909; D. Antezana s/n.*

Podocarpus parlatorei q. Escama fértil, r. Detalle del haz de la hoja, s. Pérula, t. Inflorescencia masculina, u. Estróbilo femenino, v. Hoja, w. Corte de la hoja. *J. Wood et al. 20915; G. Torrico et al. 528.*

7.2.7 Podocarpus parlatorei Pilg., *Pflanzenr.* 4.5 (18): 86. 1903. *Podocarpus angustifolius* Parl., *Prodr.* 16(2): 512. 1868. nom. Illeg. non. Griseb. 1866. Tipo: Bolivia, dpto. Chuquisaca, 1846 (fl ♂). *Bridges s.n.* (Holótipo B; Isotipo K). Fig. 18 q-w.

Árbol a arbolito, raro arbusto, altura reproductiva (2–)5–15(–18) m, 10–80(–110) cm dap. **Corteza** externa fisurada, pardo-oscura. **Hojas** linear-lanceoladas 25–68 x 2–3.5 mm; margen revoluto; ápice agudo, mucronado; base aguda a decurrente; nervio central hendido en el haz, prominente en el envés, con dos bandas estomáticas a ambos lados por el envés; sésiles. **Péculas** externas lanceoladas, internas ovado-trianguulares, 1.5–3 x 1.5–2.5 mm; ápice agudo, revoluto, levemente reflejo; base truncada; borde irregular. **Inflorescencias** masculinas axilares, con 3–6(–10) amentos agrupados en el ápice de un pedúnculo, pedúnculo 5–10.2 x 0.5–1 mm. Escamas estériles 3–6, lanceoladas, 0.5–1.5 x 0.5–1 mm. **Estróbilos** masculinos solitarios, cilíndricos, sésiles 20–65 x 1.5–2 mm; escamas fértiles triangulares 0.5–1 x 0.5 mm. Apículo 0.5–1 x 0.25–0.5 mm. **Estróbilos** femeninos, pedúnculo 11–17 x 1 mm. **Receptáculo** 3.5–5.0 x 1.5–3 mm. **Epimacio** globoso 7–8 x 2–3 mm. **Cresta** 0.5–1 x 0.5 mm. **Semillas** elipsoides 2.5–4.5 x 1.5–3.5 mm.

Distribución y hábitat: Especie que se distribuye desde el centro de Bolivia hasta el norte de Argentina (Provincias. Jujuy, Salta, Tucuman, Catamarca y Corrientes); en la provincia biogeográfica Boliviano-Tucumana. En Bolivia se encuentra en los departamentos Cochabamba (Provincias. Carrasco y Mizque), Santa Cruz (Provincias. Manuel María Caballero, Florida y Vallegrande), Chuquisaca (Provincias. Oropeza, Belisario Boeto, Tomina, Hernando Siles, Juana Azurduy y Sud Cinti),

Potosí (Provincia. Charcas) y Tarija (Provincias. O'Connor, Mendez, Gran Chaco, Cercado, José María Avilés y A. Arce). Crece en bosques estacionales húmedos de los pisos basimontano a ceja de monte, con dominancia de: *Polylepis* sp. *Prumnopitys exigua*, *Alnus acuminata*, *Salix humboldtiana*, *Condalia weberbaueri*, *Allophylus edulis*, *Ilex argentina*, *Cedrela lilloi* y *Tipuana tipu*. En laderas con diferentes exposiciones y valles profundos, con Lauraceae y varias especies de Myrtaceae, helechos arbóreos incluyendo una especie primitiva de helechos del genero *Marattia*. 1500-3260 m.

Estado de conservación: Esta especie tiene un área de ocupación de 14066 km², que en la actualidad e históricamente estas áreas han sido transformadas y los bosques donde crece *Podocarpus parlatorei* están siendo fragmentados cada vez mas. Por lo anterior esta especie es considerada como en preocupación menor (LC).

Fenología: Presencia de estróbilos masculinos entre mayo y noviembre, estróbilos femeninos entre diciembre y enero.

Usos: Esta especie es localmente utilizada para leña, postes de cercas, artículos para el hogar y mangos de herramientas (Farjon 2010).

Nombre común: Pino de monte, pino blanco, pino lomero, pino morocho, pino bruto.

Comentarios: *Podocarpus parlatorei* comparte su área de distribución parcialmente con *P. glomeratus*, y en ocasiones puede confundirse con esta especie, se diferencia por presentar hojas con una relación largo-ancho mayor a 12.5 (vs. menor a 8.4).

Distribución potencial:

Podocarpus parlatorei presenta un área potencial de 49613 km², y un área bajo la curva (AUC) igual a 0.98 (Fig. 20).

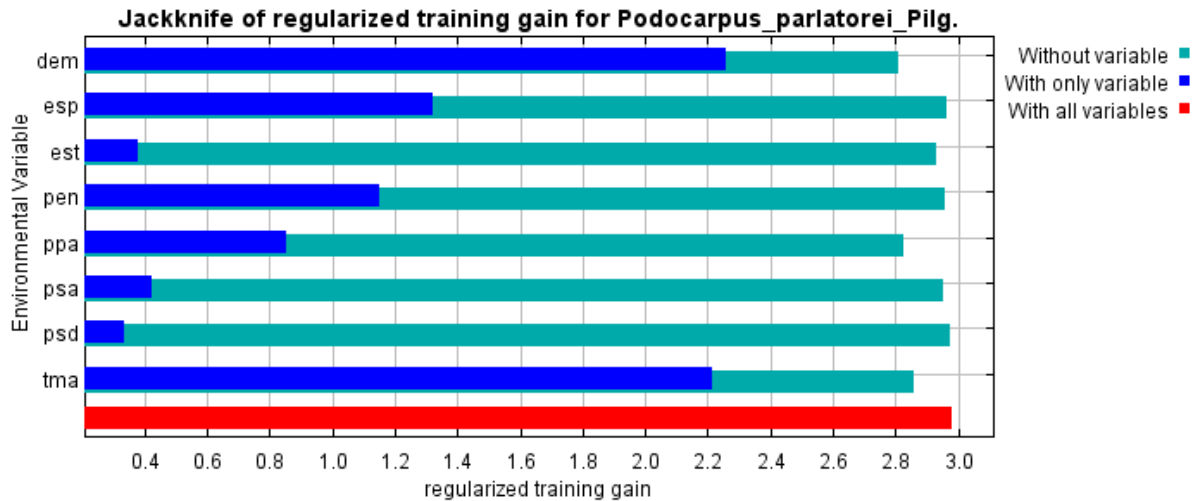


Figura 19. Contribución de variables ambientales al modelo de *Podocarpus parlatoarei* Pilg.

Las variables más importantes fueron:

La altitud (DEM) con un aporte de 37.9%, nos muestra que *Podocarpus parlatoarei* prefiere lugares elevados los cuales influyen en su crecimiento y desarrollo.

La pendiente (PEN) con 21.3%, nos indica que la especie prefiere crecer en laderas debido a que estos lugares contribuyen en las condiciones favorables para su establecimiento.

El porcentaje de suelo arbóreo (PSA) con 14.2 %, nos muestra que la especie se desarrolla mejor dentro del bosque, aunque estos se encuentren fragmentados, ya que tiene mayor oportunidad de llegar a la madures permaneciendo dentro que fuera del bosque.

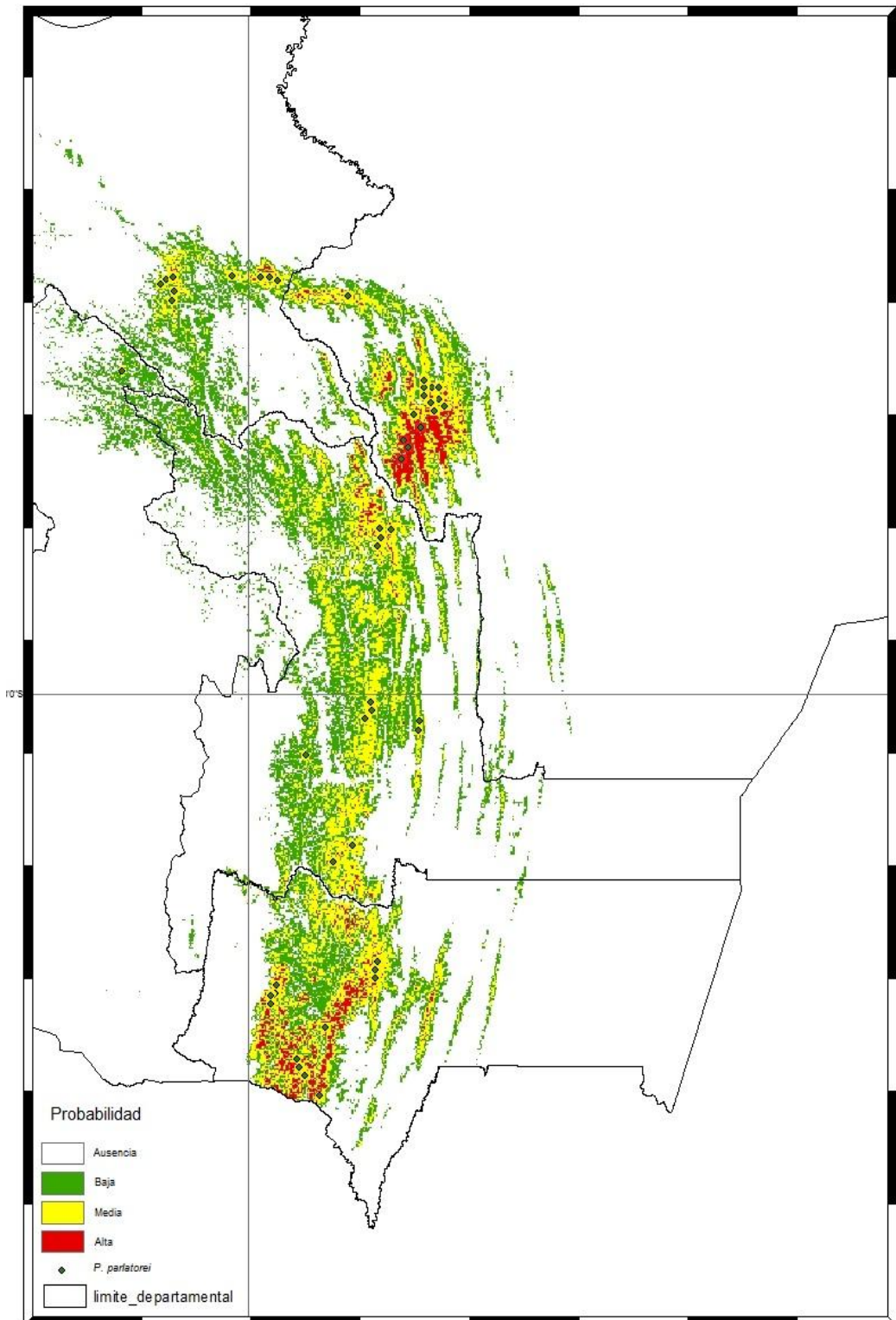


Figura 20. Mapa de Distribución potencial de *Podocarpus parlatorei* Pilg., en Bolivia.

7.2.8 *Podocarpus rusbyi* J. Buchholz & N.E. Gray, J. Arnold Arbor. 29(2): 134. 1948. Tipo: Bolivia, dpto. La Paz, Cocopunco, Mapiri, Abr 1886 (fr) *Rusby* 2463 (Holótipo NY; Isotipos GH, ILL, MICH, PH, UC, US). Fig. 5 t-z.

Árbol a arbolito, raro arbusto, altura reproductiva (5–)8–15(–25) m, 8–60 cm dap. **Corteza** externa fisurada, pardo-oscura. Ramas estriadas. **Hojas** oblongo-lanceoladas, 25–71 x 5–10 mm; margen revoluto; ápice atenuado; base aguda a decurrente; nervio central hendido en el haz, prominente en el envés, plano en el ápice. **Péruilas** externas lanceoladas, internas ovado-trianguares, 3.5–6.5 x 1.5–3 mm; ápice acuminado, revoluto, reflejo; base truncada; margen irregular. **Inflorescencias** con pedúnculo 3–5 x 1 mm; 8–14 escamas estériles, escamas estériles ovado-trianguares 2–3.5 x 3.5–4 mm. **Estróbilos** masculinos solitarios, cilíndricos, 30–60 x 1.5–2 mm; escamas fértiles 0.5–1 x 0.5 mm, ápice fimbriado. **Estróbilos** femeninos, pedúnculo 5–8x 2–3 mm. **Receptáculo** 5–10 x 2.5–4 mm. **Epimacio** globoso 4–14–8 x 2–2.5 mm. **Cresta** 0.5–1.5 x 1–1.5 mm. **Semillas** elipsoides 3.5–4.5 x 2.5–3.5 mm.

Distribución y hábitat: *Podocarpus rusbyi* en Bolivia se encuentra en la parte sur de la provincia biogeográfica Yungueña, y en la transición hacia la provincia biogeográfica Boliviano-Tucumana, en los departamentos de La Paz (Provincias. Abel Iturralde, Franz Tamayo, Bautista Saavedra, Larecaja, Nor Yungas e Inquisivi), Cochabamba (Provincias. Chapare y Carrasco) y Santa Cruz (Provincias. Manuel María Caballero y Florida). Crece en los bosques húmedos, de los pisos basimontano a ceja de monte, con dominancia de: *Blepharocalyx salicifolius*, *Weinmania microphylla*, *Weinmania* cf. *lechleriana*, *Dicksonia sellowiana*, *Hedyosmum angustifolium*, *Chletra scabra*, *Weinmannia sorbifolia* *Cedrela* cf. *lilloi*, *Alnus acuminata* y *Miconia* sp. 1054-3226 m.

Estado de Conservación: El área de distribución de *Podocarpus rusbyi*, se restringe a los departamentos de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz. Con área de ocupación de 6208 Km², que poco a poco estas áreas están siendo transformadas por los pobladores locales.

Por lo que es considerada en preocupación menor (LC).

Fenología: Presencia de estróbilos masculinos entre agosto y diciembre, frutos entre abril y septiembre.

Usos: Esta especie es utilizada localmente para la construcción y para leña (Zenteno-Ruiz 2000).

Nombre común: Pino amarillo, Pino blanco, Romero

Comentarios: *Podocarpus rusbyi* se diferencia por presentar pérulas acuminadas, reflexas y largas a diferencia de las demás especies.

Distribución potencial:

El Algoritmo Maxent predijo el hábitat potencial adecuado para *Podocarpus rusbyi* siendo 56323 km², y con un área bajo la curva (AUC) igual a 0.97, es decir con bajas tasas de omisión, mostrando que es un modelo muy bueno (Fig. 22).

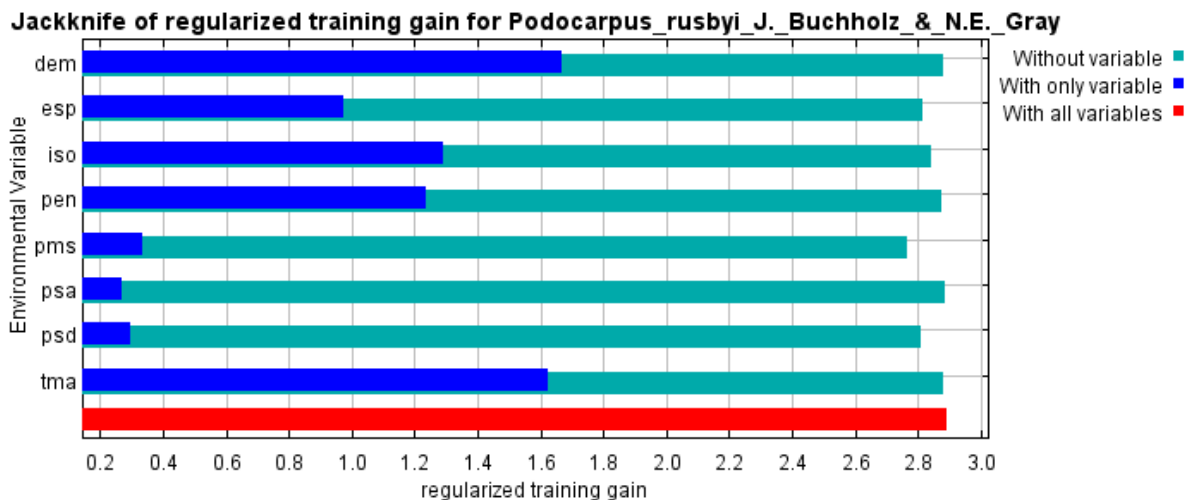


Figura 21. Contribución de variables ambientales al modelo de *Podocarpus rusbyi* J. Buchholz & N.E. Gray.

Las variables más importantes fueron:

La pendiente (PEN) con un aporte de 29.8 %, interviene en el desarrollo de *Podocarpus rusbyi* debido a que en las laderas existen buenas condiciones de suelo, humedad y drenaje, también influye indirectamente en la dispersión de las semillas.

La altitud (DEM) con 17 %, influye en el establecimiento de *P. rusbyi*, es decir que estos sitios presentan una buena cantidad de humedad e infiltración brindando las condiciones favorables para la especie.

La isothermalidad (ISO) con 15.6 %, nos indica que existe una variabilidad de la temperatura durante el año, es decir que la especie se desarrolla mejor en bioclimas pluviestacionales.

La precipitación del mes más seco (PMS) con 13.7 %, sugiere que existe una marcada estacionalidad de la precipitación, la que interviene en el proceso de polinización y fecundación de las semillas.

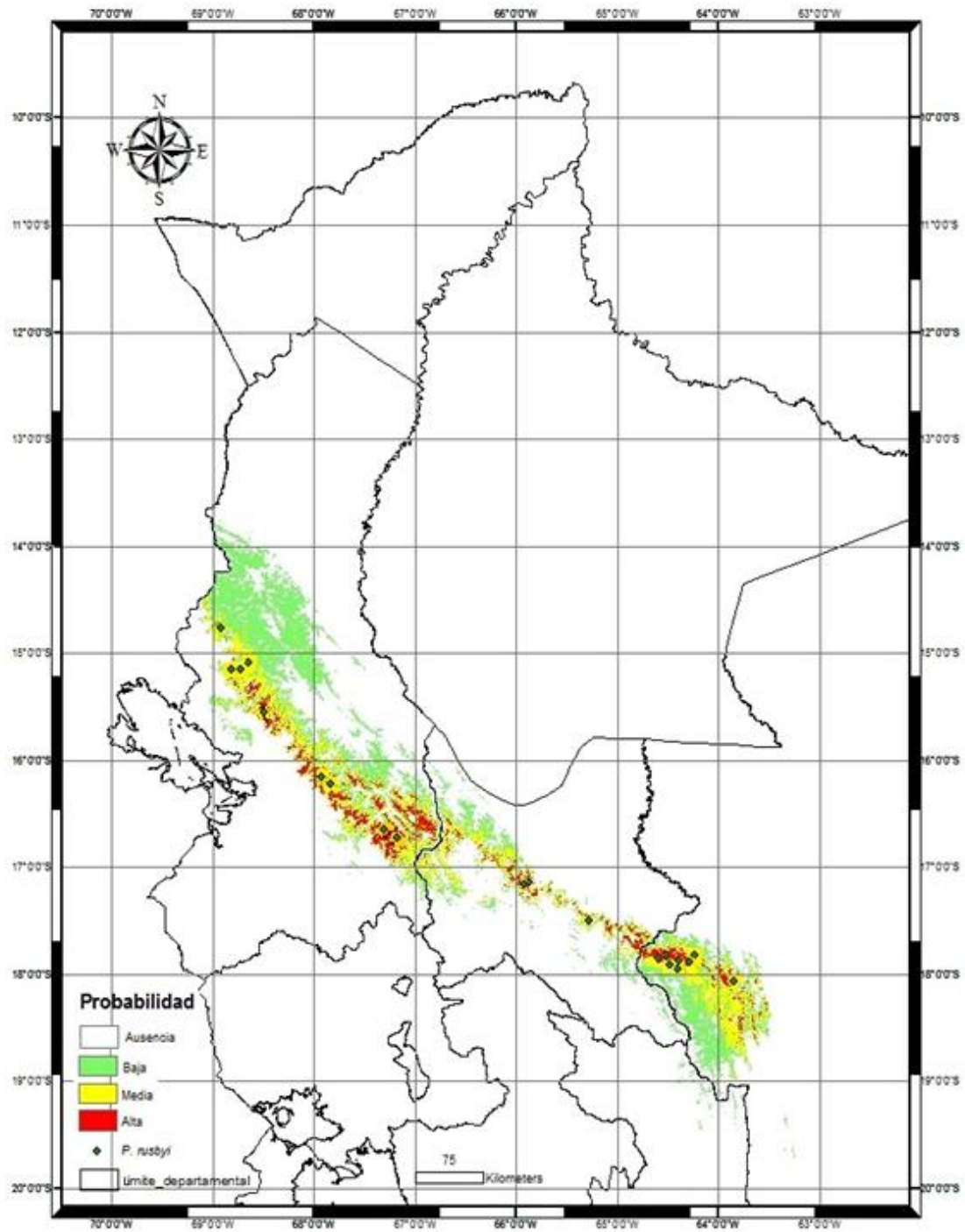


Figura 22. Mapa de Distribución potencial de *Podocarpus rusbyi* J. Buchholz & N.E. Gray, en Bolivia.



Figura 23. *Podocarpus sellowii* Klotzsch ex Endl., **a.** Rama fértil **b.** Estróbilo masculino **c.** Detalle base del estróbilo masculino **d.** Detalle ápice del estróbilo masculino **e.** Sacos polínicos **f.** Escama fértil vista ventral **g.** Vista lateral **h.** Sacos polínicos inmaduros **i.** Ranura sacos de polen **j.** deterioro sacos polínicos **k.** Escama fértil vacía **l.** Granos de polen (Modificado de Martius, Flora Braziliensis Vol. 4(1): pl. 113 (1863)).

7.2.9 *Podocarpus sellowii* Klotzsch ex Endl. Syn. Conif. 209. 1847. *Nageia sellowii* (Klotzsch ex Endl.) J.E. Kuntze, Revis. Gen. Pl. 2: 800. 1891. Tipo: Brasil, Sello s.n.; no date (Holótipo P; Isotipos UC, F). Fig. 23 a-l.

Árbol, altura reproductiva 8–10 m. **Corteza** externa fisurada, pardo-oscuro. Ramas estriadas. **Hojas** oblongo-lanceoladas 65–87 x 8.5–9.5 mm; margen revoluto; ápice agudo; base aguda a decurrente; nervio central hendido en el haz, prominente en el envés; sésiles. **Péculas** externas ovado-trianguulares, internas ovadas, 4–4.5 x 1–1.5 mm; ápice subulado, revoluto; base truncada; margen irregular. **Inflorescencias** masculinas sésiles, subtendidas por 10–14 escamas estériles, escamas estériles ovado-trianguulares 0.5–1.5 x 0.5–1 mm. **Estróbilos** masculinos, cilíndricos, 20–65 x 1.5–2 mm; escamas fértiles ovado-trianguulares 0.5–1 x 0.5 mm; ápice fimbriado. **Estróbilos** femeninos todavía no colectados en el país hasta la fecha.

Distribución y hábitat: Especie que se distribuye en la región Brasileño-Paranense encontrándose desde el noreste de Brasil hasta el este de Bolivia. En el país se encuentra en la provincia biogeográfica Cerradense Occidental, en el departamento de Santa Cruz de la Sierra (Provincia Chiquitos). Crece en bosques basimontanos estacionales subhúmedos. 517-882 m.

Estado de conservación: El área de distribución de *Podocarpus sellowii* en Bolivia, se restringe al departamento de Santa Cruz de la Sierra. Esta especie tiene un área de ocupación de 85 Km². Por lo que es catalogada en peligro considerando los siguientes criterios: EN B2ab (i,ii,iv).

Fenología: Presencia de estróbilos masculinos en marzo.

Usos: Esta especie en la actualidad es utilizada para leña.

Nombre común: Romero.

Comentarios: Esta especie se distribuye en la provincia biogeográfica Cerradense Occidental (Región Brasileño-Paranense), siendo la única que en Bolivia se distribuye fuera de la región andina. Se diferencia de las demás por presentar péculas con ápice subulado (vs. Péculas agudas en el caso de *P. ingensis*).

Distribución potencial:

El Algoritmo Maxent predijo el hábitat potencial adecuado para *Podocarpus sellowii* siendo 5837 km², y con un área bajo la curva (AUC) igual a 0.99. (Fig. 25).

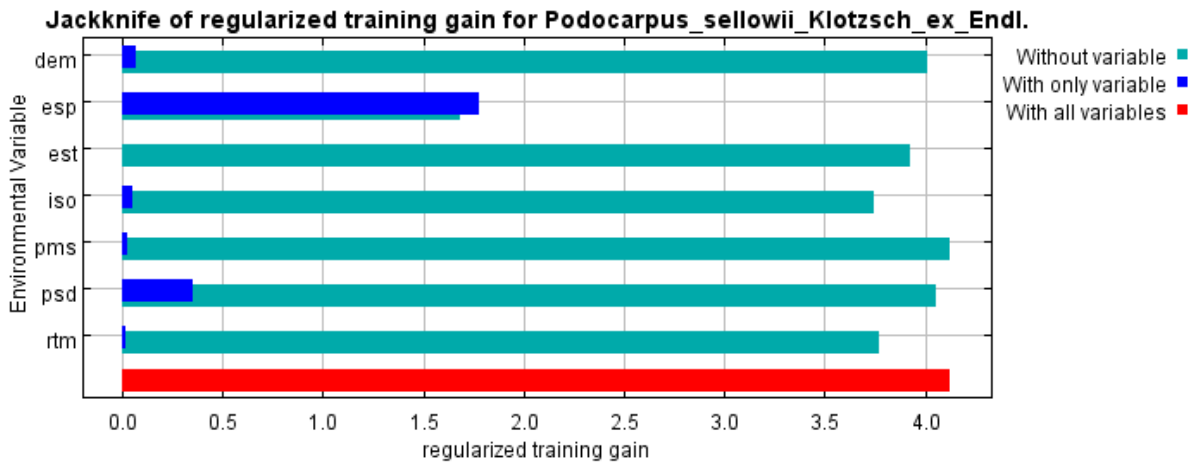


Figura 24. Contribución de variables ambientales al modelo de *Podocarpus sellowii* Klotzsch ex Endl.

Las variables más importantes fueron:

La estacionalidad de precipitaciones (ESP) con un aporte de 54 %, nos muestra que existe una oscilación bien marcada de la precipitación, la cual influye en el crecimiento y reproducción de la especie.

El rango de temperatura media diaria (RTM) con 19.7 %, indica la oscilación de la temperatura durante el día, es decir que la especie prefiere lugares con bioclimas pluviestacionales.

El porcentaje de suelo descubierto (PSD) con 9.7 %, sugiere que la especie crece en bordes de bosque y lugares escarpados.

La Precipitación del mes más seco (PMS) con 1.5 %, influye en la reproducción y el desarrollo de la especie. En este caso la distribución presenta un sesgo por el número escaso de registros, siendo esta una distribución preliminar de la especie.

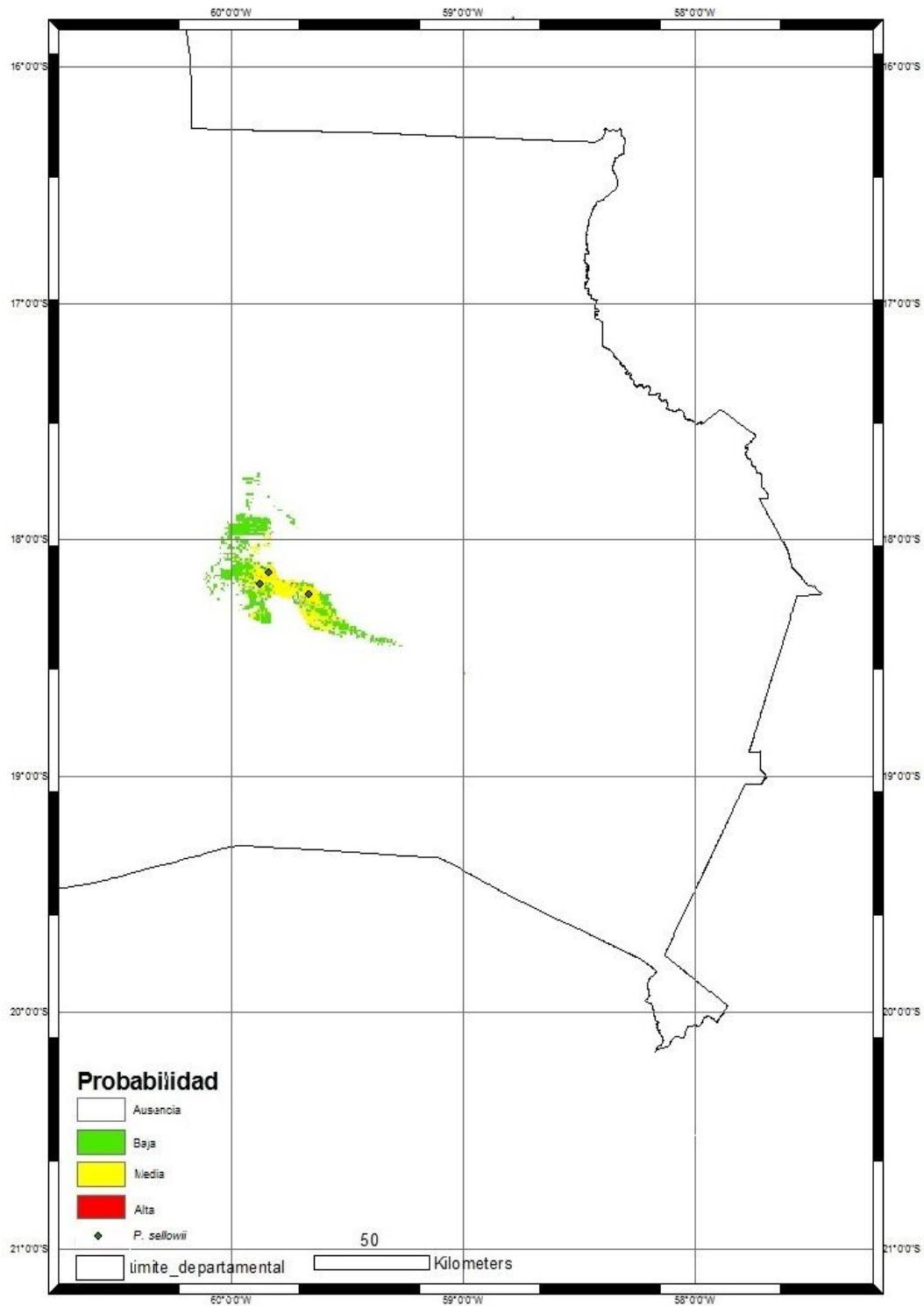


Figura 25. Mapa de Distribución potencial de *Podocarpus sellowii* Klotzsch ex Endl., en Bolivia.

7.3 *Prumnopitys* Philiphi., Linnaea 30: 731. 1860 [1861]. *Prumnopitys elegans* Phil. Linnaea 30: 732. 1860. Tipo: Chile *Philiphi s.n.* 1851-1860. (HAL).

Stachycarpus Tiegh. Bull. Soc..Bot. Francia. 38: 163, 173. 1891.

Arboles 20–35 m. **Corteza** exfoliante que se desprende en placas oscuras o pardo-rojizas. Ramas estriadas. **Hojas** lineares, enteras, ápice mucronado muy conspicuo, base asimétrica, con frecuencia torcidas formando dos series en un solo plano, con un sólo nervio central, estomas presentes en el envés, uninervadas. Plantas dioicas, rara vez monoicas. **Inflorescencias** axilares. **Estróbilos masculinos** solitarios, axilares o fasciculados en ramas cortas, rodeados en la base por una bráctea foliar, escamas masculinas fértiles, numerosas, imbricadas, con dos sacos polínicos en la cara posterior (ventral), terminando en un apículo triangular. **Estróbilos femeninos** solitarios; sin **receptáculo** carnoso, con una o varias semillas sobre una rama especial corta, con brácteas foliares reducidas. **Epimacio** subgloboso, maduro amarillo a naranja, parecido a una drupa. **Cresta** entera o bifurcada; prominente en el ápice. **Semilla** subesférica, cubierta completamente por una escama que llega a ser carnosa cuando madura.

7.3.2 Clave Botánica para las especies de *Prumnopitys* Philiphi, de Bolivia.

A. Hojas con la nervadura central hendida en el haz.....***P. exigua***

AA. Hojas con la nervadura central prominente en el haz....***P. harmsiana***

7.3.3 Descripción morfológica de las especies de *Prumnopitys* Philiphi

7.3.4 *Prumnopitys exigua* de Laub. ex Silba, Phytologia. Mem. 7:68. 1984. Tipo: Bolivia, dpto. Cochabamba, prov. Carrasco. Sehuenca-Totora, sep 1951. (fr), *Cárdenas 4879* (Holótipo US). Fig. 28 a-e.

Árbol a arbolito, altura reproductiva 4–15(–25) m, (3.5–)4.4–39.1(–200) cm dap. **Corteza** externa exfoliante en placas subleñosas, pardo-oscura. **Hojas** lineares 10–18 x 1.5– 3.5 mm; margen revuelto; ápice agudo, mucronado; base aguda a decurrente; nervio central hendido en el haz, prominente en el envés. **Pérulas**

externas ovado-trianguulares, internas ovadas, 2–2.5 x 1.5–2.5 mm; ápice agudo, revoluto; base truncada. **Inflorescencias masculinas** axilares con 7–13 amentos agrupados en el ápice de un pedúnculo, pedúnculo 18.5–40 x 1–1.5 mm; escamas estériles lanceoladas, 3.5–5 x 1–2 mm. **Estróbilos masculinos** cilíndricos, sésiles 5.5–10 x 2–2.5 mm; escamas fértiles triangulares 1–1.5 x 1.5 mm. **Estróbilos femeninos** solitarios, pedúnculo 7–15.5 x 1–1.5 mm. **Epimacio** globoso 7–12 x 7–8 mm, con **cresta** 0.5–1 x 1 mm, amarillo a la madurez. **Semillas** elipsoides 3.5–4.5 x 2.5–4 mm.

Distribución y hábitat: Especie endémica de Bolivia, se distribuye en la provincia biogeográfica Boliviano-Tucumana, en los departamentos, Cochabamba (Provincia Carrasco), Santa Cruz (Provincias Manuel María Caballero, Florida, Vallegrande) y Chuquisaca (Provincias Belisario Boeto y Tomina). Crece en bosques estacionales, de los pisos montano a ceja de monte 1850-3200 m.

Estado de conservación: Esta especie tiene un área de ocupación de 2143 km², y el área de distribución de esta especie se encuentra en la actualidad sometida a procesos de conversión de los bosques a tierras para agricultura, Sin embargo *Prumnopitys exigua* es considerada en preocupación menor (LC).

Fenología: Presencia de estróbilos masculinos entre junio-febrero y frutos entre noviembre-mayo.

Usos: El tronco es usado como madera de construcción, carpintería (Farjon 2010), algunas personas del lugar lo utilizan como barreras vivas para delimitar su propiedad (Obs. Pers.).

Nombre común: Pino de monte, Pino de Cerro, Pino negro, Pino colorado, Chiuchi coca.

Comentarios: *Prumnopitys exigua* se diferencia de *P. harmsiana* por presentar una nervadura hendida en el haz de la hoja (vs. prominente).

Distribución potencial:

El Algoritmo Maxent predijo el hábitat potencial adecuado para *Prumnopitys exigua* siendo 42841 km², y con un área bajo la curva (AUC) igual a 0.98, es decir con bajas tasas de omisión, mostrando que es un modelo muy bueno (Fig. 27).

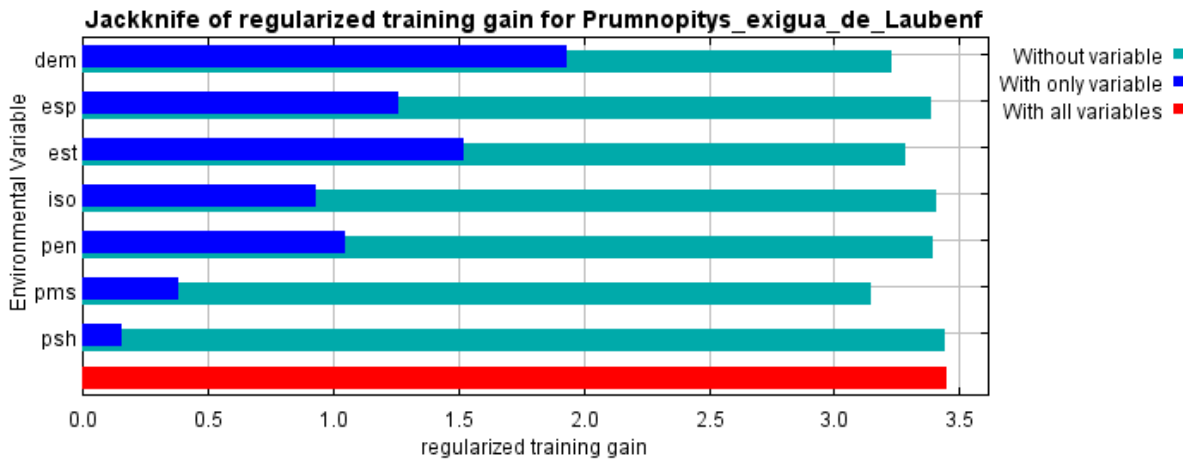


Figura 26. Contribución de variables ambientales al modelo de *Prumnopitys exigua* Laub. ex Silba.

Las variables más importantes fueron:

La altitud (DEM) con un aporte de 32.2 %, indica que la especie se desarrolla mejor en lugares elevados aunque estos se encuentren fragmentados.

La precipitación del mes más seco (PMS) con 26.3 %, influye en el desarrollo de los estróbilos y la fecundación.

La pendiente (PEN) con 15.7 % nos muestra una predicción de la especie hacia lugares inclinados los cuales facilitan el desarrollo de la especie.

La estacionalidad de temperatura (EST) con 11.2 %, indica que no existe gran variabilidad de la temperatura, es decir que la especie prefiere sitios con bioclima pluviestacional.

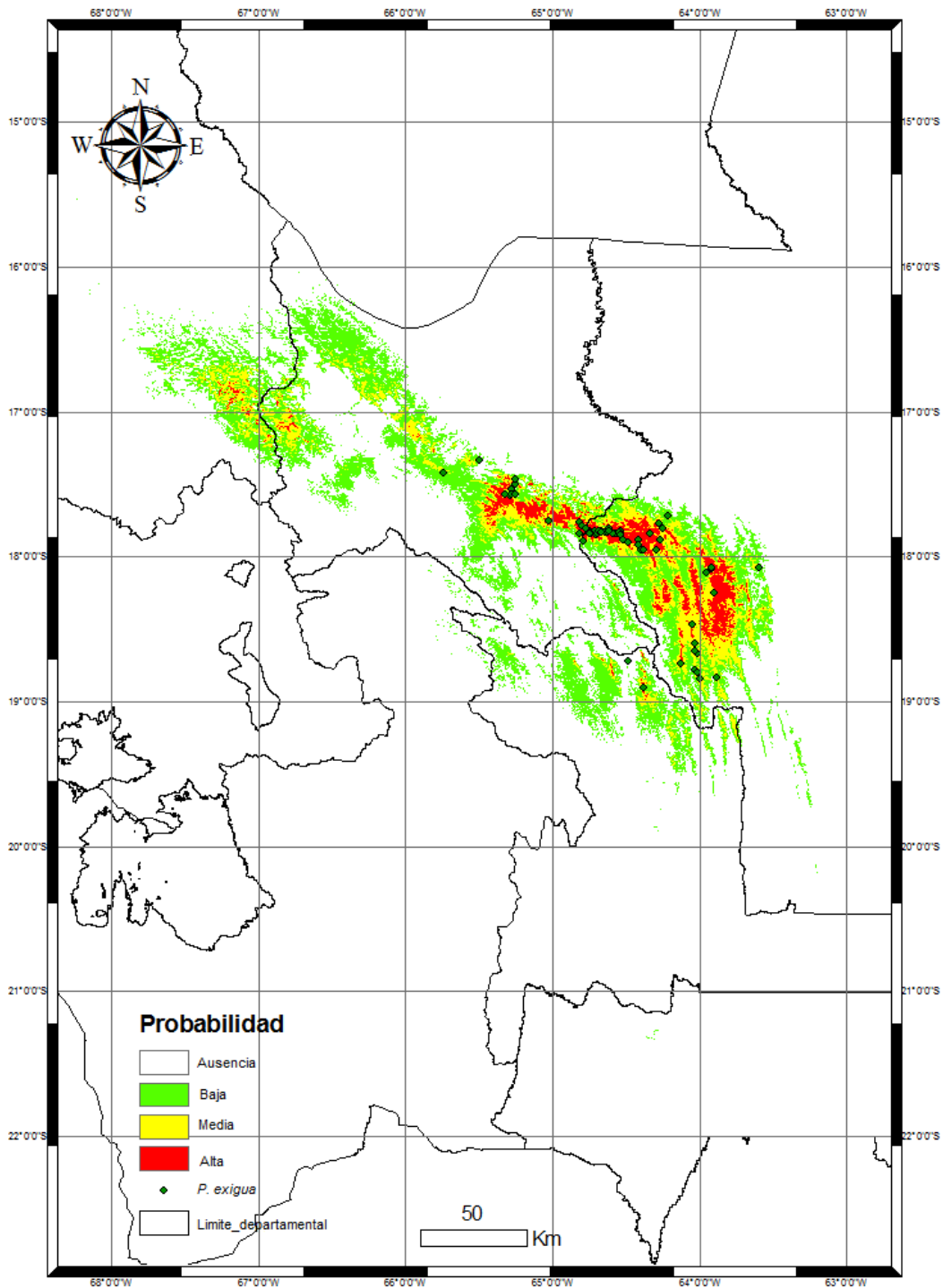


Figura 27. Mapa de Distribución potencial de *Prumnopitys exigua* de Laub. ex Silba, en Bolivia.

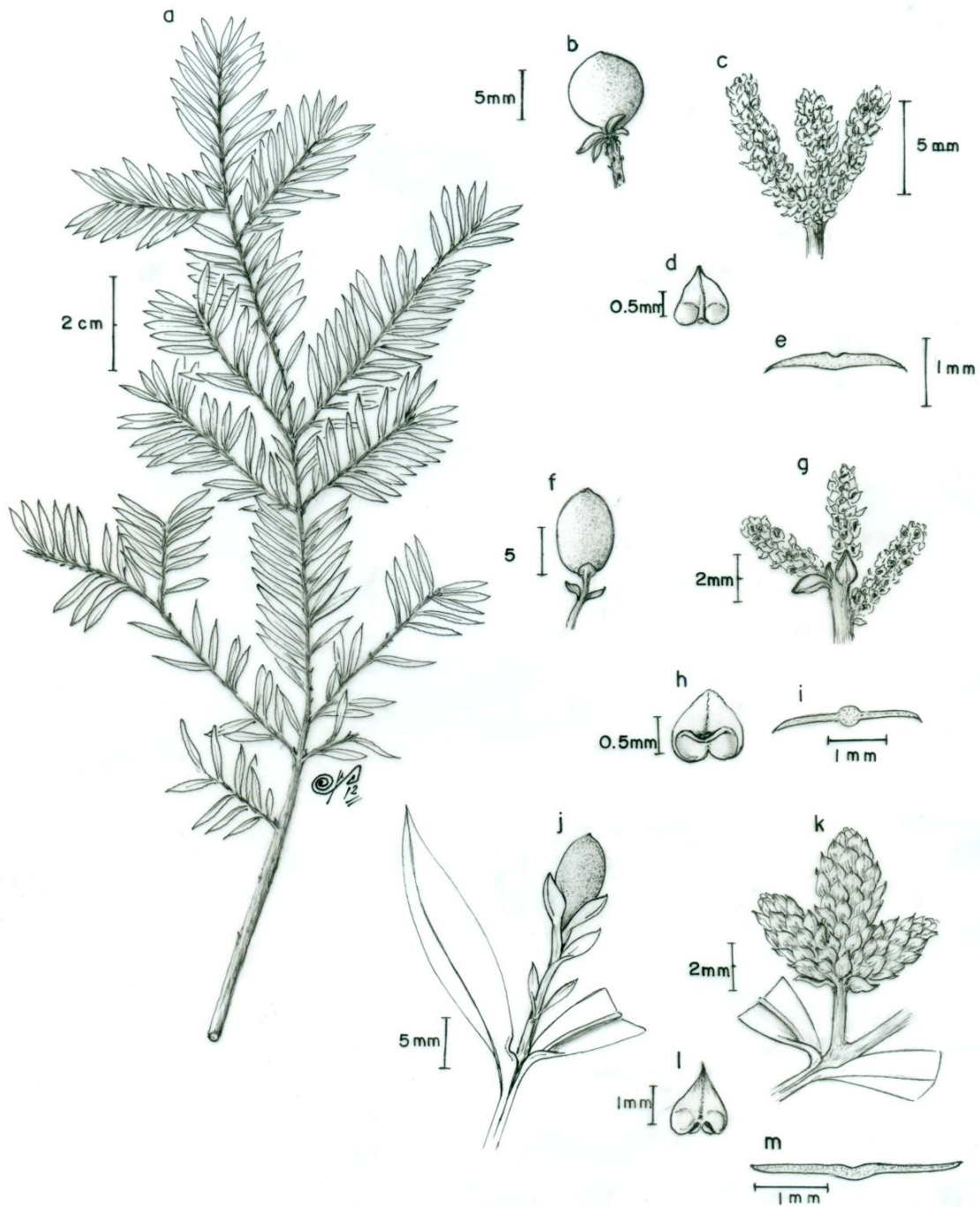


Figura 28. *Prumnopitys exigua* a. Rama estéril, b. Cono femenino, c. Inflorescencia masculina, d. Escama fértil, e. Corte de hoja. *N. Ritter et al. 2887; M. Nee 52509.*

Prumnopitys harmsiana f. Cono femenino, g. Inflorescencia masculina, h. Escama fértil, i. Corte de hoja. *M. Gardner et al.* 24-25.

Retrophyllum rospigliosii. j. Cono femenino, k. Inflorescencia masculina, l. Escama fértil, m. Corte de hoja. *M. Gardner et al.* 38; *D. Alanes et al.* 311.

7.3.5 *Prumnopitys harmsiana* (Pilg.) de Laub., *Blumea* 24(1): 190. 1978. *Podocarpus harmsianus* Pilg. *Das Pflanzenr.* IV. 5(18): 68. 1903. Tipo: Venezuela. Merida, Cordillera de Merida, colonia Tovar, (est). *Fendler 1289* (Holótipo B destruido; Lectotipo K; Isotipo MO). Fig. 28 f–i.

Podocarpus utilior Pilg., *Repert. Spec. Nov. Regni Veg.* 1(12): 189. 1905. Tipo: Perú, (fr) *Weberbauer 2114* (Holótipo B destruido; Isotipo F).

Stachycarpus harmsiana (Pilg.) Gaussen, *Gymnosp. Act. Fossil.* 13: 98. 1974. *Podocarpus harmsianus* Pilg. *Das Pflanzenr.* IV. 5(18): 68. 1903. Tipo: Venezuela. Merida, Cordillera de Merida, Tovar, (est). *Fendler 1289* (Holótipo B destruido; Lectotipo K; Isotipo MO).

Stachycarpus utilior (Pilg.) Gaussen, *Gymnosp. Act. Fossil.* 13: 99. 1974. *Podocarpus harmsianus* Pilg. *Das Pflanzenr.* IV. 5(18): 68. 1903. Tipo: Venezuela. Merida, Cordillera de Merida, Tovar, (est). *Fendler 1289* (Holótipo B destruido; Lectotipo K).

Árbol, altura reproductiva (6–)10–25(–45) m, 31.1–80(–220) cm dap. **Corteza** externa en placas, pardo-oscuro. **Hojas** lineares 10–20 x 2–2.5 mm; margen revuelto; ápice agudo; base aguda a decurrente; nervio central prominente en el haz y envés. **Péruas** externas ovado-trianguulares, internas ovadas 1.5–2 x 1–1.5 mm; ápice agudo, revuelto; base truncada; borde irregular. **Inflorescencias** masculinas axilares, con 10–15 amentos agrupados en el ápice de un pedúnculo, pedúnculo 3–6 x 0.5–1 mm. Escamas estériles 5–6, lanceoladas, 0.5–1.5 x 0.5–1 mm. **Estróbilos** masculinos, cilíndricos, sésiles 48–50 x 0.5–1 mm; escamas fértiles triangulares 0.5–1 x 0.5 mm, apículo 0.5–1 x 0.25–0.5 mm. **Estróbilos** femeninos sobre una rama

fértil. **Epimacio** globoso 8–10 x 6–9 mm. **Cresta** 0.5–1 x 0.5 mm. **Semillas** elipsoides 5.5–8 x 3–4.5 mm.

Distribución y hábitat: *Prumnopitys harmsiana* se distribuye desde Venezuela hasta Bolivia, en el país se encuentra en la provincia biogeográfica Yungueña, en el departamento de La Paz (Provincias. Abel Iturralde, Franz Tamayo y Sud Yungas). Crece en bosque yungueño húmedo, del piso montano a montano superior, con dominancia de: *Retrophyllum rospigliosii*, *Podocarpus oleifolius*, *Dictyocaryum lamarckianum*, *Miconia sp.*, Lauraceae. 1400-2074 m.

Estado de Conservación: *Prumnopitys harmsiana* presenta un área de ocupación de 1998 Km² que está siendo deforestado por los pobladores locales para transformarlo en áreas agrícolas. Por tanto es considerada como vulnerable: VU B2ab (ii,iii,iv).

Fenología: Presencia de frutos entre noviembre y enero.

Usos: Esta especie en la actualidad es localmente utilizada para leña (obs. pers.), así también es utilizada para la construcción (Farjon 2010).

Nombre común: Monte romero, Pino colorado (com. pers. Froilán Chávez, comunero Santa Teresa).

Comentarios: *Prumnopitys harmsiana* se diferencia de *P. exigua* por presentar hojas con nervadura central prominente en el haz (vs. hendida).

Pilger (1903), cita dos especímenes sobre los cuales se basó la descripción original de *Prumnopitys harmsiana*. El primer espécimen con fotografía y material estéril (*Karsten 287, B*) fue elegido por Macbride (1943) como el tipo, que es de Colombia sin localidad exacta, sin embargo este espécimen se destruyó junto con otros ejemplares durante la segunda guerra mundial. De acuerdo con Buchholz & Gray (1948), el segundo espécimen es de Venezuela del estado de Aragua (Colonia Tovar), el ejemplar de *Fendler 1289*, y que aparece fértil pasa a ser un Lectotipo (GH).

Distribución potencial:

El área de distribución del hábitat potencial adecuado para *Prumnopitys harmsiana* es de 64009 km², y con un área bajo la curva (AUC) igual a 0.99, mostrando un buen desempeño del modelo (Fig. 30).

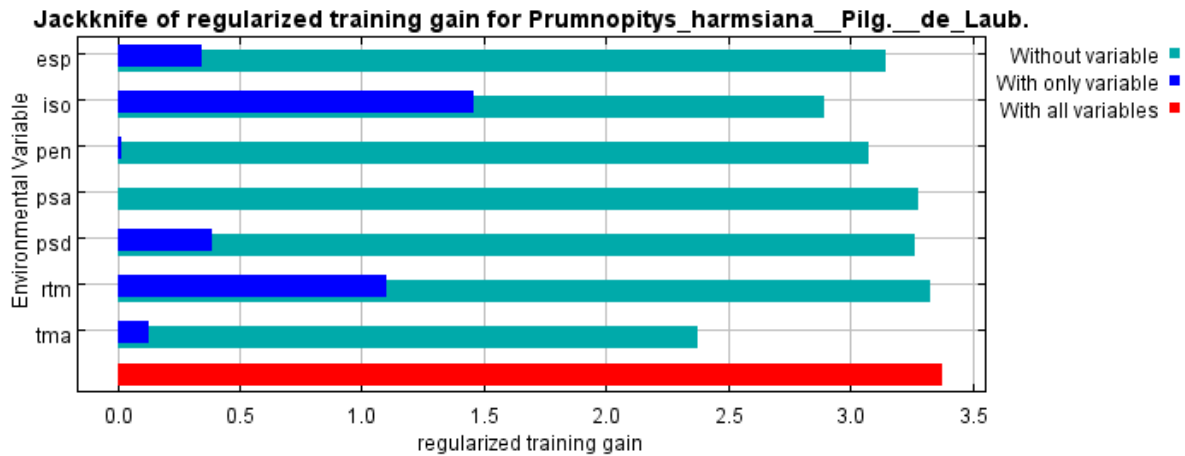


Figura 29. Contribución de variables ambientales al modelo de *Prumnopitys harmsiana* (Pilg.) de Laub.

Las variables más importantes fueron:

La isothermalidad con 29.7 %, nos 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 rango de temperatura media diaria (RTM) con 23.5 %, nos muestra la variabilidad de la temperatura durante el día, el cual influye en el desarrollo de la especie.

La temperatura media anual (TMA) con 21.7 %, sugiere una estacionalidad de temperatura, la cual influye en el crecimiento de la especie.

La pendiente (PEN) con 10.7 %, influye en el desarrollo de *Prumnopitys harmsiana* debido a que en las laderas existen suelos fértiles y una adecuada humedad, para el establecimiento de las semillas y plántulas.

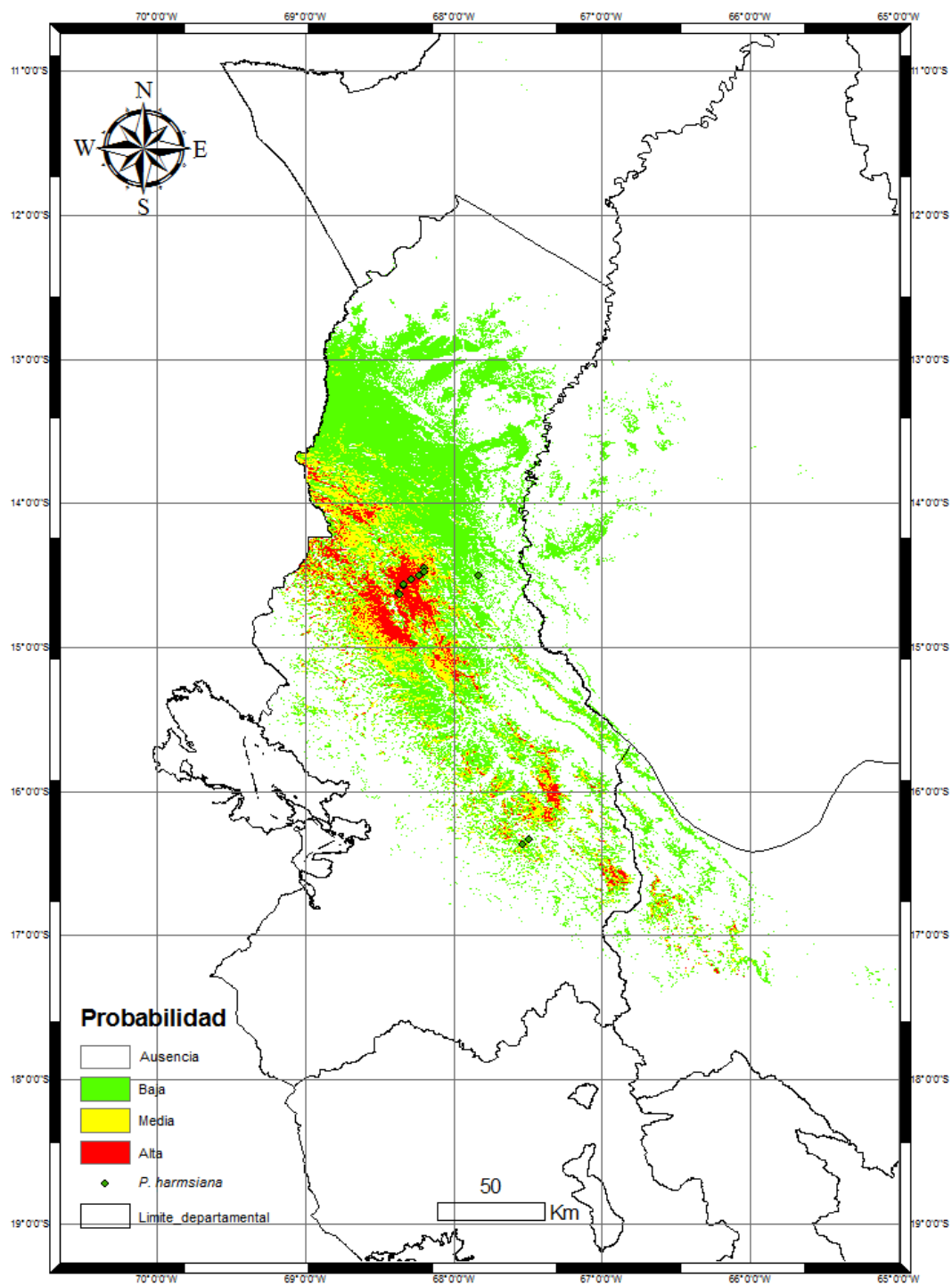


Figura 30. Mapa de Distribución potencial de *Prumnopitys harmsiana* (Pilg.) de Laub., en Bolivia.

7.4 *Retrophyllum* C.N. Page. Notes Roy. Bot. Gard. Edinburgh 45: 379. 1989. Tipo. *Retrophyllum vitiense* (Seem.) C.N. Page. Notes Roy. Bot. Gard. Edinburgh 45: 380. 1989.

Podocarpus vitiensis Seem. Bonplandia (Hanover) 10: 366. 1862.

Nageia vitiensis (Seem.) Kuntze. Revis. general pl. 2: 800. 1891.

Decussocarpus vitiensis (Seem.) de Laub. J. Arnold Arbor. 50(3): 342. 1969.

Arboles 20 – 25 m. Plantas dioicas. **Corteza** exfoliante que se desprende en placas pardo-oscuro. **Hojas** pseudodísticas, simples, lineares a oval-lanceoladas, con hipodermis, generalmente torcidas en la base para formar dos series en un solo plano, en general las especies tienen los haces axilares y abaxilares, encontrándose en la parte superior; los axilares en el lado derecho y los abaxilares arriba en el lado izquierdo. **Inflorescencias** axilares subtendidas por escamas estériles lanceoladas. **Estróbilos masculinos** sésiles, 3–5 agrupados en el ápice de un pedúnculo, pedúnculo de tamaño variable (1.5–2 cm.), un estróbilo siempre colocado en la posición terminal, los estróbilos laterales en las axilas de las brácteas (en el caso de un estróbilo solitario hay varias brácteas estériles basales). **Estróbilos femeninos** con una o dos semillas invertidas y sobre una ramita especial. **Epimacio** oboviforme, cuando cae lleva consigo una parte de la ramita especial, **cresta** prominente en el ápice del epimacio, que corresponde a la base de la semilla invertida. **Semilla** encerrada completamente por una escama (epimacio) que llega a ser carnosa cuando madura.

7.4.1 *Retrophyllum rospigliosii* (Pilg.) C.N. Page, Notes Roy. Bot. Gard. Edinburgh 45: 380. 1989. *Podocarpus rospigliosii* Pilg. Notizbl. Bot. Gart. Berlin-Dahlem 8(74): 273–274. 1923. *Decussocarpus rospigliosii* (Pilg.) de Laub., J. Arnold Arbor. 50(3): 347. 1969. *Nageia rospigliosii* (Pilg.) de Laub., Blumea 32(1): 211. 1987. Tipo: Perú, dpto. Pasco, Oxapampa, sin fecha (fl ♂). *Esposito 556* (Holótipo USM; Isótipo B). Fig. 28 j-m.

Árbol a arbolito, altura reproductiva, 10–15(–45) m; 15–80(–110) cm dap. **Corteza** externa en placas, pardo-oscura. **Hojas** oval-lanceoladas, 9–17 x 3–4.5 mm; margen plano; ápice agudo; base decurrente; nervio central prominente en el haz y envés. **Inflorescencias** masculinas axilares. **Estróbilos** masculinos 3–5 agrupados en el ápice de un pedúnculo, 15–20 x 0.5–1 mm., cilíndricos, sésiles 10–15 x 1.5–2.5 mm; pedúnculo 3.5–60 x 0.5–1 mm; escamas estériles 3–5 lanceoladas, escamas fértiles triangulares 1–1.5 x 0.5 mm. Apículo 0.5–1 x 0.5 mm. **Estróbilos** femeninos solitarios, pedúnculo 10–11 x 1–1.5 mm. **Epimacio** obovado, 16–22 x 12–17 mm; **cresta** 0.5 x 1–1.5 mm. **Semilla** obovada, 16 x 10 mm.

Distribución y hábitat: Especie que se distribuye desde Colombia hasta el norte de Bolivia. En el país se encuentra en la provincia biogeográfica Yungueña, en el departamento de La Paz (Provincia Franz Tamayo). Crece en los bosques del piso montano húmedo, con *Prumnopitys harmsiana*, *Miconia bangii*, *Juglans boliviana*, *Graffenrieda cucullata*, *Clarisia biflora*, *Elaeagia mariae*, *Hasseltia floribunda*, *Hedyosmum angustifolium*, *Ilex* spp., *Myrcia paivae*, *Dendropanax* vel sp. nov., *Dictyocaryum lamarckianum*, *Protium montanum*, *Nectandra* spp., *Psychotria* spp., *Inga* spp. 1100- 1950 m.

Estado de Conservación: *Retrophyllum rospigliosii* tiene un área de ocupación de 85 Km² por tanto es considerada en peligro considerando los siguientes criterios: EN B2b (i,ii).

Fenología: presencia de estróbilos entre agosto y noviembre.

Usos: Esta especie en la actualidad es localmente utilizada para leña, pero también es utilizada para la construcción (com. pers. Luis Pamuri, comunero Chipiluzani).

Nombre común: Pino blanco.

Comentarios: Para identificar esta especie de las demás es necesario observar las hojas que son torcidas formando dos series en un solo plano.

Distribución potencial:

El Área potencial para *Retrophyllum rospigliosii* es de 5734 km², y con un área bajo la curva (AUC) igual a 0.99, es decir con bajas tasas de omisión (Fig. 32).

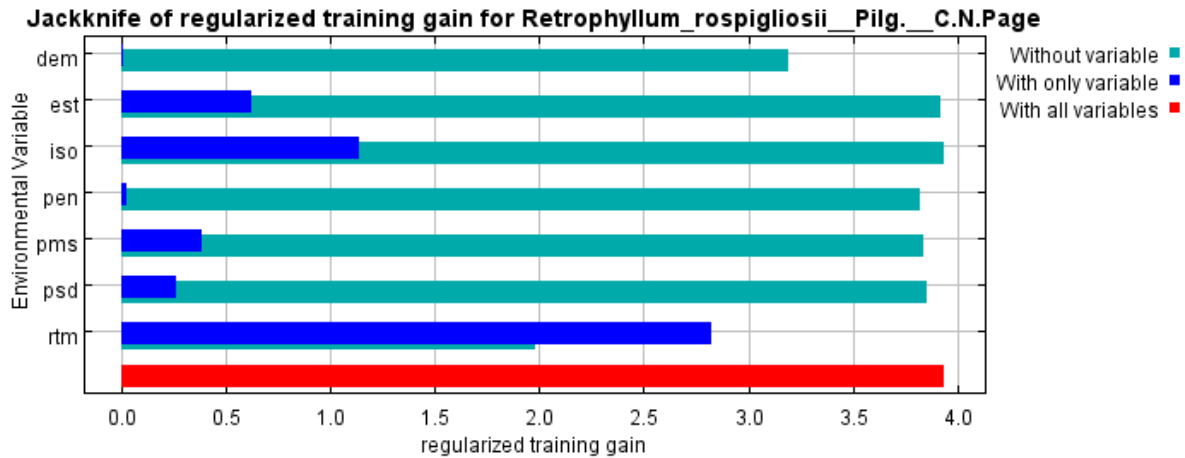


Figura 31. Contribución de variables ambientales al modelo de *Retrophyllum rospigliosii* (Pilg.) C.N. Page.

Las variables más importantes fueron:

El rango de temperatura media diaria (RTM) con un aporte de 67.2 %, nos indica la variabilidad de la temperatura durante el día, la cual nos muestra una predicción de la especie hacia lugares con bioclimas pluviestacionales.

La altitud (DEM) con 22.9 %, influye en el establecimiento y crecimiento de la especie, debido a que estos lugares presentan pendientes en las cuales existe una buena cantidad de humedad para la especie.

La isothermalidad con 4.8 %, nos indica que existe poca variabilidad de la temperatura durante el año, indicándonos una estacionalidad de temperatura, la cual influye en el desarrollo de los estróbilos, polinización y fecundación de la especie.

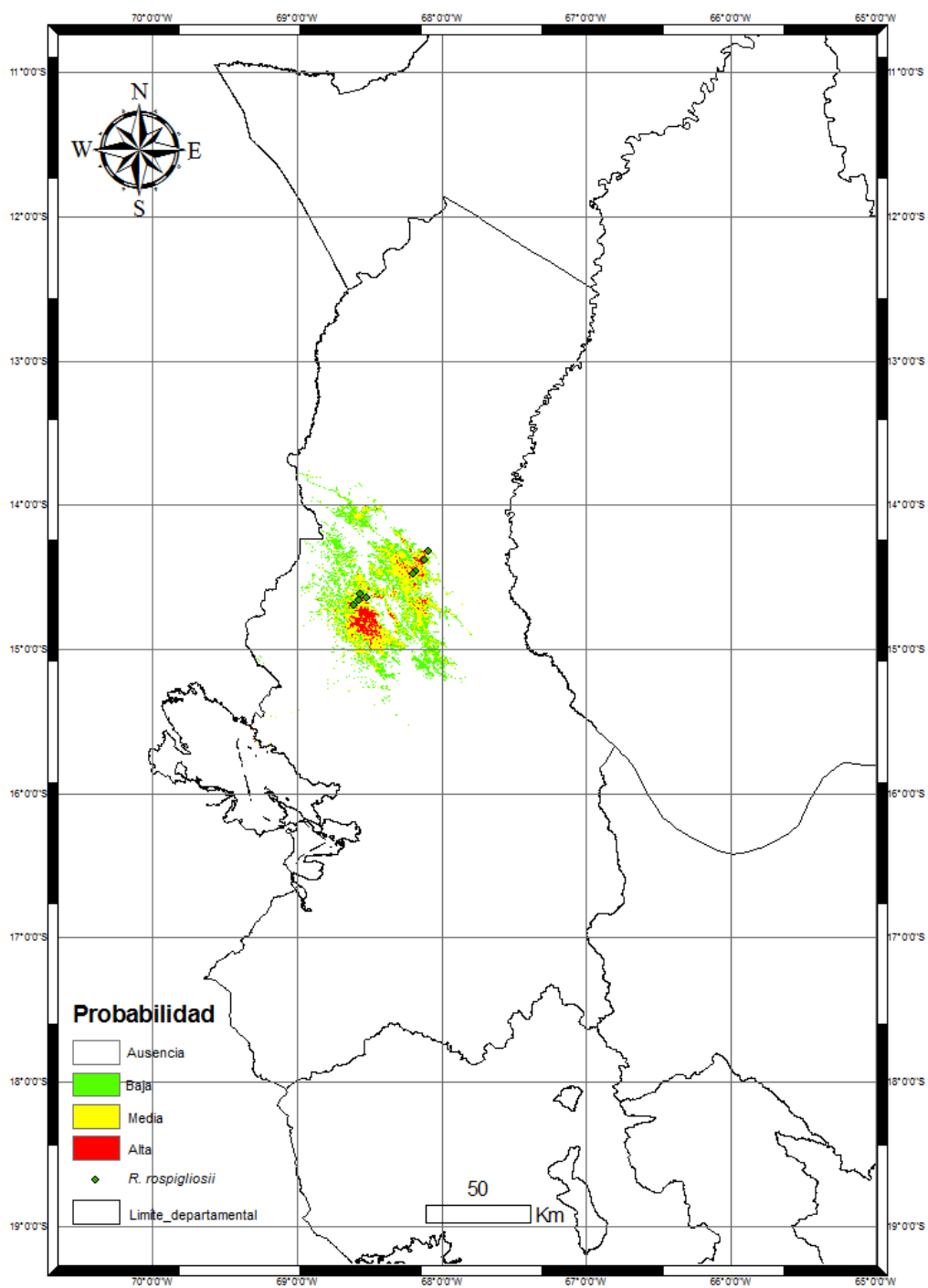


Figura 32. Mapa de Distribución potencial de *Retrophyllum rospigliosii* (Pilg.) C.N. Page, en Bolivia.

7.5 DISCUSIONES

7.5.1 Tratamiento taxonómico

El presente tratamiento taxonómico de las especies de Podocarpaceae, se realizó para aclarar las diferencias morfológicas entre las especies, pero se tenía más énfasis en dos especies (*Podocarpus ingensis* vs *Podocarpus oleifolius*) que eran difíciles de determinar en especies intermedias por que compartían muchas características morfológicas en común, pero se realizó una revisión minuciosa encontrando una diferencia en la hoja, siendo muy diferente la nervadura principal en el envés, *Podocarpus ingensis* presenta una nervadura plana en el envés (vs. Prominente) en *P. oleifolius*, esta característica no es mencionada en las revisiones anteriores, estas diferencias morfológicas menores que implican una diferenciación clara de las especies. También se aclararon el origen y designación del espécimen tipo. Y con los conocimientos adquiridos, se elaboraron claves actualizadas para diferenciar los géneros y especies dentro la familia. Al igual que lo hicieron (Buchholz y Gray 1948, de Laubenfels 1982, Anze 1993 y Farjon 2010).

Se realizó el estado de conservación de las especies de Podocarpaceae, con el fin de mostrar como las poblaciones están siendo sometidas a procesos de riesgo de amenaza, debido a la intervención antrópica, obteniendo así una categorización del grado de amenaza de cada especies, aplicando las categorías y criterios de la lista roja de la IUCN (IUCN 2001).

7.5.2 Modelación del nicho ecológico: MaxEnt

Los mapas del modelo de distribución potencial para las especies de Podocarpaceae en el país, sugiere que los resultados obtenidos coincide bastante bien con la distribución conocida de las especies, con algunas excepciones, lo cual refleja un porcentaje bajo de error de omisión. (Phillips *et al.* 2006). Aunque dentro del área de estudio existen variables ambientales altamente correlacionadas, sin embargo la elaboración de los modelos mostró que estas modifican de manera significativa la representación geográfica del nicho ecológico de las especies, por lo que los resultados presentados para cada especie se modifican al considerar el conjunto de variables completas o eliminando las que se encuentran altamente correlacionadas (Naoki 2006, Phillips y Dudík 2008).

Más importante aún, es señalar que el modelo Maxent se desempeño muy bien con el pequeño tamaño muestral de algunas especies, al igual que en el trabajo de (Kumar y Stohlgren 2009). El modelo a generado un AUC con valores mayores a 0.90, según los criterios de Fielding (2002) y Elith *et al.* (2006), se considera útil, ya que tiene un AUC mayor a 0.75, así también la información obtenida en la bibliografía de dichos autores, sustenta la distribución predicha en los mapas obtenidos.

8. CONCLUSIONES

- El tratamiento taxonómico de las especies de Podocarpaceae en Bolivia ha reportado tres géneros (*Podocarpus*, *Prumnopitys* y *Retrophyllum*), y 12 especies (*Podocarpus ballivianensis*, *P. celatus*, *P. glomeratus*, *P. ingensis*, *P. magnifolius*, *P. oleifolius*, *P. parlatorei*, *P. rusbyi*, *P. sellowii*, *Prumnopitys exigua*, *P. harmsiana* y *Retrophyllum rospigliosii*), además se describe por primera vez los estróbilos femeninos de *P. ballivianensis*, *P. celatus*.
- En el análisis de las características morfológicas externas de los especímenes, se han encontrado diferencias en la forma y tamaño de las perlas, hojas, epimacio, estróbilos masculinos y femeninos, así también en la nervadura principal en el envés de la hoja, márgenes y disposición de las hojas.
- Los caracteres morfológicos se describieron en forma secuencial, resaltando las características morfológicas más importantes para cada especie y género de manera que facilite la identificación de las especies y géneros.
- Se elaboraron claves actualizadas para todas las especies y géneros en estudio, los que muestran una clara diferencia entre las especies, con el fin de facilitar las identificaciones para que no existan más erradas determinaciones en las especies.
- Se generó mapas de distribución del hábitat potencial para las 12 especies de Podocarpaceae en el país, logrando tener una predicción de la idoneidad del hábitat de las especies.
- Se determinó las categorías del estado de conservación para las 12 especies en el país, encontrándose seis especies en la categoría de En peligro (EN), tres especies en la categoría Vulnerable (VU) y tres especies en preocupación menor (LC).

9. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de Filogenia en las especies de Podocarpaceae.
- Estudiar la biogeografía para comprender los patrones distribución y ecología de las especies de Podocarpaceae.
- Desarrollar planes de manejo y conservación, contemplando sitios seguros para la conservación *ex situ* o *in situ*.
- Generar estudios con enfoques sustentables para asegurar el estado de conservación de las especies a largo plazo y así aprovechar estos recursos naturales asegurando su sobrevivencia para futuras generaciones.

10. LITERATURA CITADA.

Altamirano, A.N. y J.J. Terán. 2005. Programa de Bosques Nativos y Agroecosistemas Andinos (PROBONA). Plural La Paz-Bolivia. 56 p.

Anze, R. 1993. Podocarpaceae. Pp. 641 – 245. *En*: T. Killeen, E. García, S. Beck (eds.). Guía de Árboles de Bolivia: Quipus SRL La Paz-Bolivia.

Arce-Burgoa, O.R. 2007. Guía a los Yacimientos Metalíferos de Bolivia, SPC Impresores S.A., La Paz, Bolivia 293 p.

Ayma-Romay, A. I. 2005. Estudio de propagación sexual de Pino de monte (*Podocarpus glomeratus* D. Don) en la comunidad de Sailapata - Independencia. Tesis de licenciatura en Ingeniería Forestal, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba. 54 p.

Ayma-Romay, A.I. y E. Padilla-Barroso. 2009. Efecto de la tala de *Podocarpus glomeratus* (Podocarpaceae) sobre la estructura de un bosque de neblina en los Andes (Cochabamba, Bolivia) *Revista Peruana Biol.* 16: 73-79.

Ayma-Romay, A.I. y E.S. Sanzetenea. 2008. Variaciones fenológicas de especies de Podocarpaceae en estación seca de los Yungas (Cochabamba, Bolivia). *Ecol. Bolivia.* 43: 16-28.

Ayma-Romay, A.I., E. Padilla y E. Calani. 2007. Estructura, composición y regeneración de un bosque de neblina: sugerencias silviculturales para *Podocarpus glomeratus* (Podocarpaceae) en la comunidad de Pajchanti Cochabamba, Bolivia. *Revista Boliv. Ecol. Conserv. Amb.* 21: 27-42.

Barker, N.P., Muller, E.M., y Mill, R.R. 2004. A yellowwood by any other name: molecular systematics and the taxonomy of *Podocarpus* and the Podocarpaceae in southern Africa. *S Afr J Sci*, 100: 629-632.

Blendinger, P.G. 2006. El Pino del Cerro (*Podocarpus parlatorei*) como Modelo de Estudio para la Conservación, Ecología y Biogeografía de los Bosques

Montanos Nublados de Yungas. Documento técnico presentado a Grupo de Examen Periódico de los Apéndices, Comité de Flora, Secretaria CITES, Suiza.

Brummitt y Powell (Ed.). 1992. *Authors of Plant Names*, Kew Royal Botanical Gardens. Publishers.

Buchholz, J.T. y Gray, N.E. 1948. A taxonomic revision of *Podocarpus* IV. The American species of section *Eupodocarpus*, subsection C and D. *J. Arnold Arbor.* 29: 143.

CATIE. 1996. *Biología de semillas forestales*. Ed. Luis Fernando Jara. Turrialba-Costa Rica. 31 p.

Céspedes, G. y J. Yucra. 2007. Diagnóstico de la gestión social de los ecosistemas forestales andinos en la provincia Ayopaya. Documento técnico. Intercooperation-Ecobona. Cochabamba, Bolivia. 112 p.

Colinvaux, P.A., P.E. De Oliveira, M.B. Bush. 2000. Amazonian and neotropical plant communities on glacial time-scale: The failure of the aridity and refuge hypotheses. *Quaternary Sci Rev* 19: 141-169.

De Laubenfels, D.J. 1982. Podocarpaceae, en: *Flora de Venezuela*. Lasser T. (ed.), Instituto Botánico, Caracas. 11: 7-41.

Eckenwalder, J.E. 2009. *Conifers of the World: The Complete Reference*. Timber Press, Portland. 720 p.

Elith, J., C. Graham, R. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, R. Hijmans, F. Huettmann, J. Leathwick, A. Lehmann, J. Li, L. Lohmann, B. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. Overton, A. Peterson, S.J. Phillips, K. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R. Schapire, J. Soberón, S. Williams, M.S. Wisz, N. Zimmermann. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*. 29: 129-151

Farjon, A. 2001. *World Checklist and Bibliography of Conifers*, Ed. 2. Royal Botanic Gardens, Kew. 309 p.

Farjon, A. 2010. Podocarpaceae. Pp. 795-953. En: A Handbook of the World's Conifers. Leiden, Netherlands: Brill Academic Publishers, Boston.

Fielding, A. 2002. What are the appropriate characteristics of an accuracy measure? Pp. 271-280. En J.M. Scott, P.J. Heglund, M. Morrison, J.B. Haufler, M.G. Raphael, W.B. Wall y F. Samson (eds.) Predicting plant and animal occurrences: Issues of scale and accuracy. Island Press, EE.UU.

Foster, R.C. 1958. A Catalogue of the ferns and flowering plants of Bolivia. Contributions of the Gray Herbarium of Harvard University (A). Massachusetts-EE.UU. 184: 1-223.

Fu, D. Z., Y. Yang & G.H. Zhu. 2004. A new scheme of classification of living gymnosperms at family level. Kew Bull. 59: 111-116.

Gazetteer, N. 1955. Bolivia. Prepared in the Division of Geography. Department of interior. Published by the Central Intelligence Agency. Washington, D.C.

Godoy, R., R. Carrillo y H. Peredo. 1993. Compatibilidad y eficiencia in vitro de *Glomus intraradices* en coníferas nativas del sur de Chile. Bosque 14: 57-63.

Guillén, R., & J.C. Catarí. 2007. *Podocarpus cf. sellowii*. Pp 94. En: Vides-Almonacid, R., Reichle, S., y Padilla, F (eds.). Planificación Ecorregional del Bosque Seco Chiquitano: FCBC-TNC, Santa Cruz de la Sierra-Bolivia.

Ibisch, P.L. & G. Mérida (eds.). 2003. Biodiversidad: La riqueza de Bolivia. Estado de conocimiento y conservación. Ministerio de Desarrollo Sostenible. Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra-Bolivia. 564 p.

Jordano, P. 1998. Polinización y variabilidad de la producción de semillas en *Pistacia lentiscos* L. (Anacardiaceae). Anales Jard. Bot. Madrid 45: 213-231.

Judd, W.S., C.S. Campbell, E.A., Kellogg, P.F. Stevens & M.J. Donoghue. 1999. Podocarpaceae. Pp. 155-157. En: Plant Systematics. A Phylogenetic Approach. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts. U.S.A.

Kaul, R. B., E. C. Abbe & L. B. Abbe. 1986. Reproductive phenology of the oak family (Fagaceae) in the lowland rain forest of Borneo. *Biotropica* 18: 51-55.

Kumar, S. y T.J. Stohlgren. 2009. Maxent modeling for predicting suitable habitat for threatened and endangered tree *Canacomyrica monticola* in New Caledonia. *Journal of Ecology and Natural Environment (Jene)* 1: 94-98.

Lawrence, G.H.M., A.F.G. Buchheim, G.S. Daniels y H. Dolezal. Eds. 1968. B-P-H. (*Botanicum-Periodicum-Huntianum*). Hunt Botanical Library, Pittsburg.

Lesica, P., F.W Allendorf. 1995. When Are Peripheral Populations Valuable for Conservation? *Conserv Biol.* 9: 753-760.

Macbride 1943. Type Photographs, disponible en: [www. field.museum. org](http://www.field.museum.org).

Marzocca, A. 1985. Nociones Básicas de Taxonomía Vegetal. San José, Costa Rica. IICA. 263 p.

Meneses, R. & S. Beck. 2005. Especies amenazadas de la flora de Bolivia. Herbario Nacional de Bolivia. Informe técnico. Fundación Puma, La Paz-Bolivia. 34 p.

Mill, R.R. 2010. Science genetics and conservation international conifer conservation-programme. Podocarpaceae disponible en: (<http://www.rbge.org.uk>).

Montes de Oca, I. 1982. Geografía y recursos naturales de Bolivia. BCB, La Paz, Bolivia. 628 p.

Montes de Oca, I. 2005. La Enciclopedia Geográfica de Bolivia. La Paz-Bolivia. 872 p.

Muñoz-Reyes, J. 1977. Geografía de Bolivia. Academia Nacional de Ciencias. La Paz-Bolivia. 33 p.

- Naoki, K., M.I. Gómez, P.L. Ramiro, R.I. Meneses y J. Vargas. 2006. Comparación de modelos de distribución de especies para predecir la distribución potencial de vida silvestre en Bolivia. *Ecol. Bolivia*. 41: 65-78.
- Navarro, G., y M. Maldonado. 2002. Geografía ecológica de Bolivia. Pp. 19-25. *En: Vegetación y ambientes acuáticos*. Centro de Ecología Simón I. Patiño – Departamento de Difusión. Cochabamba-Bolivia.
- Navarro, G., y W. Ferreira. 2009. Biogeografía de Bolivia. Pp. 23-39. *En: VMABCC-BIOVERSITY (Viceministerio Medio Ambiente, Biodiversidad y Cambios Climáticos)*. Libro Rojo de Parientes Silvestres de Cultivos de Bolivia. Plural editores. La Paz-Bolivia.
- Page, C.N. 1990. Podocarpaceae. Pp. 332-337. *En: Kubitzki, K., Kramer, K.U. and Green, P.S. (Editors). The families and genera of vascular plants. Pteridophytes and Gymnosperms*. Springer–Verlag, New York.
- Peña, J & I. Morales. 1999. Avances en fenología del *Podocarpus parlatorei* del bosque de Pajchanti-Cochabamba. pp. 128-130. *En: L. Prado & H. Valdebenito (eds.). Contribución a la Fenología de Especies Forestales Nativas Andinas de Bolivia y Ecuador*. Quito.
- Phillips, S & M. Dudík. 2008. Modeling of species distributions with MaxEnt: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecogeography*. 31: 161-175.
- Phillips, S.J., R.P. Anderson, R.E. Schapire. 2006. A maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecol Model*. 190: 231-259.
- Pilger, R. 1903. Taxaceae. In: Engler, A. (Editor), *Das Pflanzenreich. Regni vegetabilis conspectus*. IV. 124 p.
- Premoli, A.C., T. Kitzberger y T.T. Veblen. 2000. Isozyme variation and recent biogeographical history of the long-lived conifer *Fitzroya cupressoides*. *J. Biogeography*. 27: 251-260.

Quiroga, A.M. 2009. Contribución para la conservación de Podocarpaceae del sur de sudamérica a partir de patrones genéticos y biogeográficos. Laboratorio Ecotono. Tesis doctoral en ciencias biológicas. Universidad Nacional del Comahue centro regional universitario Bariloche. Argentina. 195 p.

R Development Core Team. 2009. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

Rivas, S. 2007. Las Maravillas del Precámbrico Yacimientos Minerales de Bolivia Tomo III Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 107 p.

Rivas-Martínez, S., G. Navarro, A. Penas y M. Costa. 2011. Biogeographic Map of South America. A preliminary survey. *International Journal of Geobotanical Research*, 1: 21-40.

Rodríguez, N. 2009. Provincias Morfoestructurales o Provincias Geológicas de Bolivia. Universidad De Aquino Bolivia (UDABOL). Oruro-Bolivia. 98 p.

Rojas, A.M. 2009. Pinos Colombianos: Ocho Nativos en Peligro. *Revista M&M* 68: 18-24.

Rosven, R.L., y A. Londoño. 2005. Manual Para La Identificación de maderas que se comercializan en el departamento del Tolima. Impresiones conde. Ibagué–Tolima. 146 p.

Sobral, L. M & I. C. S. Machado. 2001. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in Caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 17: 303-321.

Stephen, B. 1984. El ambiente natural y humano de Los Andes centrales. Pp. 50-53. En: Baker, P. (ed.). *Población humana e interacción con la biosfera en los Andes centrales*.

Stevenson, P. R. 2004. Phenological patterns of woody vegetation at Tinigua Park, Colombia: methodological comparisons with emphasis on fruit production. *Caldasia* 26: 125-150.

Torres-Romero, J. H. 1988. Podocarpaceae. pp. 5-67. En: Pinto, P. y G. Lozano (eds.), *Flora Colombia Monogr. 5*. Bogotá. Instituto de Ciencias Naturales, Museo de Historia Natural, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.

Tröll, C. 1968. The Cordilleras of the tropical Americas, aspects of climatic: phytogeographical and agrarian ecology. Pp.15-56. In: Tröll, C. (ed.). *Geo-Ecology of the mountainous regions of the tropical Americas*. Ferd. Dümmlers Verlag. Bonn.

UICN, 1993b. Bosques nativos andinos y sus comunidades: estudio de caso en Bolivia II. DDA. Intercooperation. Quito-Ecuador. 10 p.

UICN, 2010. Red List of Threatened Species. Version 2010.4. disponible en: (www.iucnredlist.org). 27 de diciembre, 2010.

UICN. 2001. Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1. Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. ii + 33 p.

UICN. 2003. Directrices para emplear los criterios de la Lista Roja de la UICN a nivel regional: Versión 3.0. Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. ii + 26 p.

Van der Hammen, T., & H. Hooghiemstra. 2001. Historia y paleoecología de los bosques montanos andinos neotropicales. Pp. 63-84. En: Kappelle M, AD Brown (eds.). *Bosque nublados del neotropico*. Instituto Nacional de Biodiversidad. Costa Rica.

Vásquez, R. 1997. Flórua de las Reservas Biológicas de Iquitos, Perú. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 63: 1-1046.

Whittaker, R.H. 1969. New concepts of kingdoms or organisms. Evolutionary relations are better represented by new classifications than by the traditional two kingdoms. *Science* 163: 150-160.

William, R.L. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales: con especial referencia a los trópicos. FAO, Roma. 502 p.

Wilson, V. R. & J. N. Owens. 1999. The reproductive biology of totara (*Podocarpus totara*) (Podocarpaceae). *Annals of Botany* 83: 401-411.

Zamudio, S. 2002. Flora del Bajío y regiones adyacentes. Instituto de Ecología, A.C. Centro Regional del Bajío Pátzcuaro, Michoacán. Fasc.105.

Zenteno-Ruiz, F.S. 2000. Abundancia, distribución altitudinal, estructura poblacional-espacial y uso de rodales de *Podocarpus rusbyi* (pino de monte) en exposición N-NE en bosque nublado de Yungas (ceja de monte) cerro Hornuni-Cotapata. La Paz- Bolivia. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 68 p.

Zenteno-Ruiz, F.S. 2007. *Retrophyllum rospigliosii* (Podocarpaceae), un nuevo registro de pino de monte, en el noroeste de Bolivia. *Kempffiana* 3: 3-5.

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de variables medidas (vegetativas y reproductivas)

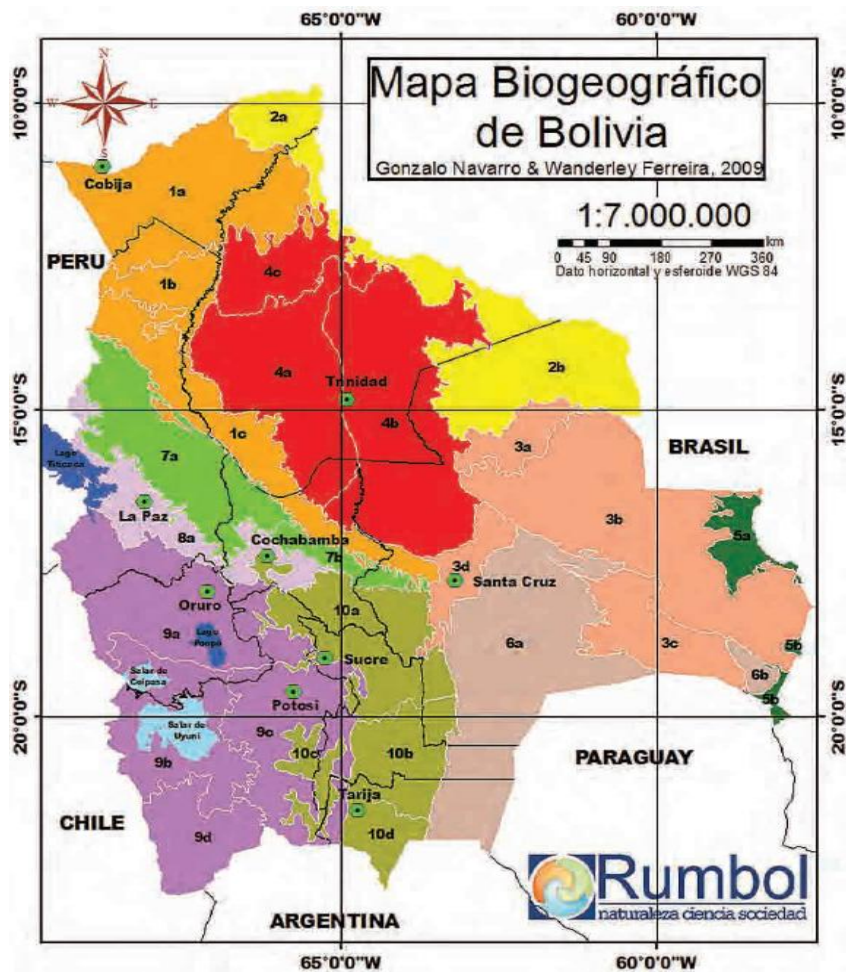
| Variable | Tipo de dato | Unidad de medida |
|---|----------------------|---------------------------|
| Ecología_altitud | Número decimal | m |
| Ecología_latitud | Número decimal | Grados, minutos, segundos |
| Ecología_longitud | Número decimal | Grados, minutos, segundos |
| Hábito | Lista predeterminada | N/A |
| DAP | Número decimal | cm |
| Tronco_forma | Lista predeterminada | N/A |
| Tronco_forma_base | Si o No | N/A |
| Corteza_externa_tipo | Lista predeterminada | N/A |
| Corteza_externa_tronco_color | Lista predeterminada | N/A |
| Corteza_interna_tronco_textura | Lista predeterminada | N/A |
| Corteza_interna_diseño_entramado | Lista predeterminada | N/A |
| Corteza_interna_color | Lista predeterminada | N/A |
| Corteza_interna_olor | Lista predeterminada | N/A |
| Exudado_color_en_fresco | Lista predeterminada | N/A |
| Hojas_disposición | Lista predeterminada | N/A |
| Lamina_simetría | Lista predeterminada | N/A |
| Lamina_longitud | Número decimal | mm |
| Lamina_ancho | Número decimal | mm |
| Lamina relación largo/ancho mínimo | Número decimal | mm |
| Lamina_consistencia | Lista predeterminada | N/A |
| Lamina_forma_base | Lista predeterminada | N/A |
| Lamina_forma_ápice | Lista predeterminada | N/A |
| Lamina_tipo_margen | Lista predeterminada | N/A |
| Lamina_disposición_de_estomas | Lista predeterminada | N/A |
| Prominencia_nervio_central_haz | Si o No | N/A |
| Prominencia_nervio_central_envés | Si o No | N/A |
| Nervadura_central_ancho | Número decimal | mm |
| Pérula_exterior_forma | Lista predeterminada | N/A |
| Pérula_exterior_longitud | Número decimal | mm |
| Pérula_exterior_ancho | Número decimal | mm |
| Pérula_exterior_consistencia | Lista predeterminada | N/A |
| Pérula_exterior_forma_base | Lista predeterminada | N/A |
| Pérula_exterior_forma_ápice | Lista predeterminada | N/A |
| Pérula_exterior_dirección_ápice | Lista predeterminada | N/A |
| Pérula_exterior_longitud_acumen | Número decimal | mm |
| Pérula_exterior_ancho_acumen | Número decimal | mm |
| Pérula_exterior_consistencia_margen | Lista predeterminada | N/A |
| Pérula_exterior_superficie | Lista predeterminada | N/A |
| Inflorescencia_(o estróbilo)_masculino_largo | Número decimal | mm |
| Inflorescencia_(o estróbilo)_masculino_diámetro | Número decimal | mm |

| Variable | Tipo de dato | Unidad de medida |
|--|----------------------|-------------------------|
| Pedúnculo_masculino_longitud | Número decimal | mm |
| Pedúnculo_masculino_diámetro | Número decimal | mm |
| Estróbilos_masculinos_forma | Lista predeterminada | N/A |
| Escamas_masculinas_estériles_forma | Lista predeterminada | N/A |
| Escamas_masculinas_estériles_longitud | Número decimal | mm |
| Escamas_masculinas_estériles_ancho | Número decimal | mm |
| Escamas_masculinas_fértil_forma | Lista predeterminada | N/A |
| Escamas_masculinas_fértil_largo | Número decimal | mm |
| Escamas_masculinas_fértil_ancho | Número decimal | m |
| Escamas_masculinas_Número | Número decimal | N/A |
| Escamas_masculinas_longitud_apículo | Número decimal | Mm |
| Escamas_masculinas_ancho_apículo | Número decimal | mm |
| Inflorescencia_femenina_largo | Número decimal | mm |
| Inflorescencia_femenina_ancho | Número decimal | mm |
| Inflorescencia_femenina_longitud_pedunculo | Número decimal | mm |
| Escamas_femeninas_número | Número decimal | N/A |
| Escama_femenina_forma | Lista predeterminada | N/A |
| Escama_femenina_largo | Número decimal | mm |
| Escama_femenina_ancho | Número decimal | Mm |
| Epimacio_longitud | Número decimal | mm |
| Epimacio_ancho | Número decimal | mm |
| Epimacio_color | Lista predeterminada | N/A |
| Fruto_longitud_pedúnculo | Número decimal | mm |
| Fruto_ancho_pedúnculo | Número decimal | mm |
| Fruto_forma | Lista predeterminada | N/A |
| Fruto_longitud | Número decimal | mm |
| Fruto_ancho | Número decimal | mm |
| Fruto_color | Lista predeterminada | N/A |
| Fruto_olor | Lista predeterminada | N/A |
| Cresta_forma | Lista predeterminada | N/A |
| Cresta_longitud | Número decimal | mm |
| Cresta_ancho | Número decimal | mm |
| Semilla_forma | Lista predeterminada | N/A |
| Semilla_longitud | Número decimal | mm |
| Semilla_ancho | Número decimal | mm |

Anexo 2. Ejemplo de la base de datos de coordenadas geográficas

| Especie | Altitud | Latitud | Longitud | Colector | Nº de Colecta | Fecha | Descripción | Familia |
|---|---------|------------|------------|--------------|---------------|---------------|-------------------------|---------------|
| <i>P. ballivianensis</i> | 1767 | 14°35'27"S | 68°22'32"W | T. Miranda | 216 | 29 Nov 2002 | Árbol 12 m, 3 m fuste | Podocarpaceae |
| <i>P. celatus</i> | 1459 | 14°47'00"S | 68°35'13"W | M. Cornejo | 39 | 10 Oct 2006 | Árbol 16 m, 17.4 cm dap | Podocarpaceae |
| <i>P. glomeratus</i> | 3090 | 17°24'23"S | 66°02'46"W | M. Mercado | 501 | 1 Nov 1995 | Arbolito 4 m, estéril | Podocarpaceae |
| <i>P. ingensis</i> | 1750 | 14°35'31"S | 68°55'14"W | L. Cayola | 2718 | 30 Abr 2007 | Árbol 12 m, 14.2 cm dap | Podocarpaceae |
| <i>P. magnifolius</i> | 850-950 | 15°22'10"S | 68°11'36"W | B.A. Krukoff | 11273 | 8-15 Oct 1939 | Árbol 10 m. | Podocarpaceae |
| <i>P. oleifolius</i> | 1850 | 14°30'00"S | 68°13'58"W | A. Araujo | 300 | 18 Jul 2002 | Árbol 15 m, 40 cm, dap | Podocarpaceae |
| <i>P. parlatorei</i> | 1800 | 18°29'23"S | 64°06'25"W | M. Nee | 36192 | 5 Feb 1988 | Shrubs or small tree | Podocarpaceae |
| <i>P. rusbyi</i> | 2300 | 15°10'32"S | 68°35'21"W | F. Zenteno | 1065 | 12 Sep 2001 | Árbol 12 m, fértil | Podocarpaceae |
| <i>P. sellowii</i> | 517 | 18°04'12"S | 60°00'00"W | J.R.I. Wood | 21931 | 19 Mar 2005 | Tree c 8 m in heigth. | Podocarpaceae |
| <i>P. exigua</i> | 3139 | 17°32'08"S | 65°16'52"W | I. Hensen | 225 | 3 Nov 1988 | Árbol de fuste enorme. | Podocarpaceae |
| <i>P. harmsiana</i> | 1735 | 14°34'04"S | 68°20'13"W | T. Miranda | 369 | 1 Dic 2002 | Árbol 6 m, 1.5 m fuste | Podocarpaceae |
| <i>R. retrophyllum rospigliosii</i> | 1880 | 14°41'30"S | 68°36'25"W | F. Zenteno | 1499 | 23 Ago 2002 | Árbol 25 m, 95 cm dap | Podocarpaceae |

Anexo 4. Unidades Biogeográficas de Bolivia



Región Amazónica

1. Provincia Amazónica Suroccidental (Acre y Madre de Dios)

- 1a. Sector del Acre y Madre de Dios
- 1b. Sector del Heath y bajo Madidi
- 1c. Sector Preandino del Norte de Bolivia y Sur del Perú

2. Provincia Amazónica Centro-Sureña (Madeira y Tapajós)

- 2a. Sector del Alto Madeira
- 2b. Sector del Guaporé

Región Brasileño-Paranense

3. Provincia Cerradense Occidental

- 3a. Sector Chiquitano Transicional a la Amazonia
- 3b. Sector Chiquitano Central
- 3c. Sector Chiquitano Transicional al Chaco
- 3d. Sector Chiquitano Cruceño

4. Provincia Beniense

- 4a. Sector Beniense Occidental
- 4b. Sector Beniense Oriental
- 4c. Sector Beniense Norte

5. Provincia del Pantanal

- 5a. Sector del Pantanal Noroccidental (Cuenca Curiche Grande)
- 5b. Sector del Pantanal Sureño (Corumbá-Miranda)

Región Chaqueña

6. Provincia Chaqueña Septentrional

- 6a. Sector del Chaco Noroccidental
- 6b. Sector del Chaco Nororiental

Región Andina Tropical

7. Provincia Yungueña Peruano-Boliviana

- 7a. Sector de la Cuenca Alta del Beni
- 7b. Sector de la Cuenca Alta del Ichilo

8. Provincia Puneña Mesofítica

- 8a. Sector Puneño Mesofítico Sureño

9. Provincia Puneña Xerofítica

- 9a. Sector del Sajama-Desaguadero
- 9b. Sector del Salar de Uyuni
- 9c. Sector Potosino
- 9d. Sector de Lipez Suroccidental

10. Provincia Boliviano-Tucumana

- 10a. Sector del Piray-RioGrande
- 10b. Sector del Pilcomayo-Alto Parapetí
- 10c. Sector Prepuneño de San Juan del Oro
- 10d. Sector del Bermejo

Salares

Lagos

Limites Internacionales y Departamentales

Capitales Departamentales

Fuente: Navarro y Ferreira 2009.