

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



TESIS DE GRADO

**DISTRIBUCIÓN Y ESTRUCTURA POBLACIONAL DEL COPAL
(*Protium aff. montanum Swart.*) DE LOS BOSQUES MONTANOS
DEL PARQUE NACIONAL MADIDI**

LUIS FERNANDO SANCHEZ CARVAJAL

2016

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA**

DISTRIBUCIÓN Y ESTRUCTURA POBLACIONAL DEL COPAL (*Protium aff. Montanum Swart*) DE LOS BOSQUES MONTANOS DEL PARQUE NACIONAL MADIDI

Tesis de Grado presentado como
requisito parcial para optar el Título
de Ingeniero Agrónomo

LUIS FERNANDO SANCHEZ CARVAJAL

ASESORES:

Ing. For. Luis Goitia Arce

Ing. Alejandro Araujo Murakami

Lic. Isabel Loza Rivera

TRIBUNAL EXAMINADOR:

Ph. D. Abul Kalam Kurban

M. Sc. Félix Rojas Ponce

M. Sc. Ángel Pastrana Albis

APROBADA

PRESIDENTE TRIBUNAL EXAMINADOR

A: Lourdes, Félix, Iris, Rafael Y Renato

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Proyecto Inventario Florístico de la Región Madidi, apoyado por el Missouri Botanical Garden (MO), en especial al Dr. Peter Jørgensen, Lic. Alfredo Fuentes, Ing. Alejandro Araujo Murakami e Ing. Leslie Cayola por haberme dado la oportunidad de realizar este trabajo de investigación. A todas las personas que componen el Herbario Nacional de Bolivia (HNB).

A mis padres por darme su apoyo y la comprensión para seguir adelante, a mi esposa Iris y a mis hijos Rafael y Renato que son el incentivo para concluir con este trabajo y toda mi familia que siempre me acompaña.

A la Lic. Isabel Loza y al Ing. For. Luis Goitia por sus sugerencias, cooperación, comentarios y la disposición que tuvieron para la culminación del presente trabajo.

A mis revisores Ph. D. Abul Kalam Kurban, M. Sc. Félix Rojas Ponce y a M. Sc. Ángel Pastrana Albis por sus correcciones y su colaboración.

A mis queridos amigos de la Facultad; Manuel, Vale (Juan José), Ingrid, Cesar, Pablo, Sacha, Felipe, Edgar, Raúl, Sandra; también agradecer a Mónica Zeballos, Vanía, Tatí, Maritza, Don Carlos, y a mis queridos compañeros de campo Laura, Jhonny, Pilar y Martha por su amistad y apoyo

INDICE GENERAL

| | |
|---|-----------|
| Contenido..... | i |
| Índice de Cuadros..... | iii |
| Índice de Figuras..... | iv |
| Resumen..... | vi |
| Abstract..... | viii |
| | |
| 1 INTRODUCCION..... | 1 |
| 2 OBJETIVOS..... | 2 |
| 2.1 Objetivo general..... | 2 |
| 2.2 Objetivos específicos..... | 2 |
| 3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 3 |
| 3.1 Copal..... | 3 |
| 3.1.1 Taxonomía..... | 4 |
| 3.1.2 Morfología..... | 4 |
| 3.1.3 Distribución y ecología..... | 9 |
| 3.1.4 Usos y extracción..... | 10 |
| 3.1.4.1 Usos..... | 10 |
| 3.1.4.2 Extracción..... | 10 |
| 3.1.4.3 Recolección..... | 11 |
| 3.1.4.4 Comercialización..... | 12 |
| 3.2 Clasificación de Bosques montanos..... | 12 |
| 3.2.1 Clima..... | 13 |
| 3.2.2 Fisiología..... | 13 |
| 3.2.3 Suelos..... | 13 |
| 3.3 Concepto sobre distribución..... | 13 |
| 3.3.1 Distribución potencial..... | 14 |
| 3.3.2 Distribución espacial..... | 15 |
| 3.3.3 Tipos de distribución..... | 16 |
| 3.3.3.1 Patrón aleatorio..... | 16 |

| | | |
|---------|--|----|
| 3.3.3.2 | Patrón agregado..... | 16 |
| 3.3.3.3 | Patrón regular o uniforme..... | 16 |
| 3.3.4 | Distribución de tamaños..... | 17 |
| 3.3.4.1 | Distribución diamétrica o horizontal..... | 17 |
| 3.3.4.2 | Distribución altimétrica o vertical..... | 18 |
| 4 | Localización..... | 18 |
| 4.1 | Características físicas..... | 20 |
| 5 | Materiales y Metodología..... | 21 |
| 5.1.1 | Materiales..... | 21 |
| 5.2 | Metodología..... | 22 |
| 5.2.1 | Distribución potencial..... | 22 |
| 5.2.2 | Distribución espacial..... | 24 |
| 5.2.3 | Distribución de tamaños..... | 27 |
| 6 | RESULTADOS..... | 29 |
| 6.1 | Distribución potencial del Copal (<i>Protium aff. montanum</i>) en los bosques montanos..... | 29 |
| 6.2 | Patrón de distribución dentro de las parcelas permanentes de muestreo del Copal (<i>Protium aff. montanum</i>) en los bosques montanos..... | 44 |
| 6.3 | Distribución de tamaños del Copal (<i>Protium aff. montanum Swart</i>)..... | 50 |
| 6.3.1 | Estructura horizontal por comunidad..... | 51 |
| 6.3.2 | Estructura vertical del copal (<i>Protium aff. montanum</i>)..... | 52 |
| 7 | Discusiones..... | 53 |
| 7.1 | Distribución potencial..... | 53 |
| 7.2 | Patrón de Distribución..... | 54 |
| 7.3 | Distribucion de tamaños..... | 55 |
| 8 | CONCLUSIONESYRECOMENDACIONES..... | 57 |
| 8.1 | Conclusiones..... | 57 |
| 8.2 | Recomendaciones..... | 58 |
| 9 | BIBLIOGRAFIA..... | 59 |

INDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1: Clasificación Taxonómica del Copal | 4 |
| Cuadro 2: Datos ambientales para Bolivia | 22 |
| Cuadro 3: Formula para el cálculo de densidad poblacional y ecuaciones para el cálculo de Índice de Morisita estandarizado..... | 15 |
| Cuadro 4: Porcentaje de aporte de las variables ambientales al modelo de distribución (Maxent)..... | 17 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: rama de copal acompañadas por hojas y frutos | 5 |
| Figura 2: Hojas de Copal | 6 |
| Figura 3: Frutos del copal | 7 |
| Figura 4: semillas de Copal | 7 |
| Figura 5: Dibujo del copal los yungas..... | 8 |
| Figura 6: a y b) Cortes para la extracción de la resina del copal..... | 11 |
| Figura 7: Corteza impregnada de resina en forma de estalactitas después de 3 meses..... | 11 |
| Figura 8: Resina en hojas secas para su comercialización..... | 12 |
| Figura 9: Tipos de Distribución espacial..... | 17 |
| Figura 10: Mapa del Departamento de La Paz..... | 19 |
| Figura 11: Esquema de una Parcela Permanente de muestreo (1 ha). | 25 |
| Figura 12: Esquema de una parcela temporal de muestreo (transectos Gentry 0.1 ha) | 27 |
| Figura 13: Distribución potencial de <i>Protium aff. montanum</i> dentro la Región del Madidi (AUC = 0.99)..... | 29 |
| Figura 14: Distribución potencial de <i>Protium aff. montanum Swart</i> según la clasificación de ecoregiones de Navarro (2006)..... | 31 |
| Figura 15: Distribución potencial de <i>Protium aff. montanum Swart</i> según la Altitud | 34 |
| Figura 16: Distribución potencial <i>Protium aff. montanum Swart</i> (Bioclim 2) | 35 |
| Figura 17: Distribución potencial de <i>Protium aff. montanum Swart</i> Vs Precipitación del mes más seco (Bioclim 14) | 37 |
| Figura 18: Distribución potencial <i>Protium aff. montanum Swart</i> Vs Isotermalidad (Bioclim 3)..... | 38 |
| Figura 19: Distribución potencial de <i>Protium aff. montanum Swart</i> Vs. Estacionalidad de temperatura (Bioclim4) | 39 |
| Figura 20: Distribución potencial de <i>Protium aff. montanum Swart</i> Vs. Estacionalidad de precipitación (Bioclim 15) | 40 |

| | |
|---|----|
| Figura 21: Distribución potencial <i>Protium aff. montanum Swart</i> Vs. Temperatura media anual (Bioclim 1)..... | 42 |
| Figura 22: Distribución potencial <i>Protium aff. montanum Swart</i> Vs. Tipo de suelo | 43 |
| Figura 23: Distribución potencial <i>Protium aff. montanum Swart</i> Vs. Precipitación Anual..... | 44 |
| Figura 24: Distribución espacial del copal en la parcela permanente de 1 ha en Mamacona | 45 |
| Figura 25: Distribución espacial del copal en una parcela de 1 ha en Fuertecillo (A)..... | 46 |
| Figura 26: Distribución espacial del copal en una parcela de 1 ha en Fuertecillo (B)..... | 47 |
| Figura 27: Distribución espacial del copal en una parcela de 1 ha en Santo Domingo (A). | 48 |
| Figura 28: Distribución espacial del copal en una parcela de 1 ha en Santo Domingo (B)..... | 49 |
| Figura 29: Densidad poblacional de los individuos en las seis localidades..... | 50 |
| Figura 30: Estructura poblacional de las comunidades del parque Madidi | 52 |
| Figura 31: Estructura vertical por comunidades | 53 |

RESUMEN

En los bosques montanos existen muchas especies arbóreas con potencial para ser un recurso económico no maderable, el Copal es considerado una de estas, debido a que tiene potencial por la resina que exuda en el momento de hacer un corte en la corteza del árbol, que tarda un tiempo para que se pueda hacer su recolección.

Se obtuvo información de registros tomados por el Proyecto Madidi y del Missouri Botanical Garden, de diferentes colectas que se encontraron en muestreos de comunidades donde se comercializa la resina del Copal y que es parte de la economía y subsistencia de algunas familias, que se encuentran dentro del Parque Nacional Madidi.

Se analizaron los patrones de distribución espacial, potencial y de tamaños del Copal con el objetivo de poder contribuir y encontrar lugares donde se distribuye este recurso no maderable; se realizó los análisis de las distintas distribuciones dando como resultado que lo óptimo se encontraría en los bosques montanos pluviales, donde existen suelos drenados con características de temperaturas medias anuales entre 19 °C y 23°C; con precipitaciones de 900 a 2300 mm y en lugares sobre los 1900 a 2100 msnm.

Dentro de la distribución espacial del Copal podemos ver que en pendientes medias y los lugares que no son inundados tiene un crecimiento óptimo.

En parcelas permanentes instaladas en las comunidades Fuertecillo, Mamacona y Virgen del Rosario existe una distribución normal de la especie que es importante debido a que encontramos una cierta cantidad de individuos en una determinada área con una dinámica poblacional natural estable y no así en la Comunidad Santo Domingo que en el área de muestreo se encuentra en una topografía plana y con un mal drenaje.

En el estudio realizado sobre la distribución de tamaños en la comunidad de Santo Domingo, la relación de la cantidad de individuos tiene la forma de “U” debido a que existe una explotación constante de la resina y al pisoteo de las plántulas por efecto de la misma recolección que afecta en la dinámica del desarrollo de esta especie.

En el estudio realizado en Parcelas Permanentes y parcelas temporales se notó que existe una dinámica en la población del Copal estable, viendo las etapas de juveniles y/o subadultos hasta árboles adultos donde existe un buen reclutamiento de individuos en las parcelas instaladas en las comunidades de Fuertecillo, Mamacona, Virgen del Rosario siendo la característica de estas los suelos bien drenados y pendientes medias, con climas húmedos típicos de los bosques montanos.

Con los datos obtenidos en la distribución potencial podríamos hacer investigaciones en los lugares donde existe presencia potencial del Copal y también así contribuir y verificar su distribución, además de obtener mayores muestras para su estudio.

ABSTRACT

In the montane forests there are many tree species with potential to be a non-timber economic resource, Copal is considered one of these, because it has potential for the resin exuding at the time of making a cut in the bark of the tree, it takes a while for you to make your collection.

Information records taken by the Madidi Project and the Missouri Botanical Garden, different collections that were found in samples of communities where resin Copal is sold and part of the economy and livelihood of some families found was obtained within Madidi National Park.

Spatial distribution patterns, potential and Copal sizes in order to contribute and find places where this resource is distributed nontimber analyzed; the analysis of the various distributions resulting in the optimum be in the storm montane forests, where drained with characteristics of average annual temperatures between 19 ° C and 23 ° C soil was conducted there; with rainfall of 900-2300 mm and in places on 1900-2100 meters.

Within the spatial distribution of Copal we can see that on average slopes and places that are not flooded have optimal growth.

In permanent plots installed in Fuertecillo, Mamacona and Virgen del Rosario communities there is a normal distribution of the species is important because they are a certain number of individuals in a given area with a stable and not in the Santo Domingo Community the population dynamics in the sampling area is in a flat topography and poor drainage.

In the study of the size distribution in the community of Santo Domingo, the ratio of the number of individuals in the form of "U" because there is a constant exploitation

of the resin and trampling of seedlings due to the same collection that affects the dynamics of development of this species.

In the study in Plots permanent and temporary plots was noted that there is a dynamic in the population stable Copal, seeing the stages of youth and / or subadult to adult trees where there is a good recruitment of individuals in the plots installed in communities Fuertecillo, Mamacona, Virgen del Rosario being the feature of these well-drained soils and slopes stockings, humid climates typical of montane forests.

With the data obtained in the potential distribution we could do research in areas where there is potential Copal presence and contribute and verify their distribution, plus get larger samples for study.

1 INTRODUCCIÓN

Los bosques montanos tropicales ofrecen gran cantidad de recursos vegetales maderables y no maderables, que son parte importante de los insumos de las poblaciones locales (Norheim 1996). La riqueza florística en estos ecosistemas se ve amenazada frente a la explotación excesiva de las especies con potencial económico (Gentry, 1995).

Una especie que tiene potencial como producto forestal no maderable por la resina que exuda es el árbol del copal (*Protium aff. montanum* Swart) (Neels, sin año, Fuentes, 2009). Por mucho tiempo, ha sido utilizado para usos medicinales y también como incienso ceremonial, siendo una fuente de ingresos económicos (Enríquez, 2002; Neels, sin año, Fuentes, 2009).

La principal característica de esta especie es que exuda una resina aromática que usualmente es de un color claro y pegajoso que seca en un polvo blanco, esta resina se considera un compuesto secundario porque no cumple ninguna función alimenticia, ni es necesaria para la respiración o el crecimiento de la planta (Purata, 2008). Se piensa que su función es repeler los ataques de insectos, así como ayudar a cerrar las heridas de los árboles y evitar que en ellos crezcan hongos y bacterias (Purata, 2008 & Plowden, 2004).

En México existe una gran variedad de copales con distintos aromas y diferentes colores, dependiendo de la especie que lo produce y de la forma en que se extrae (Purata, 2008). En Bolivia este nombre común se ha aplicado a diferentes especies, por lo cual, la identidad taxonómica del copal de los Yungas, el más ampliamente usado y explotado, ha permanecido incierta o errónea tanto en publicaciones como en documentos técnicos. Además la información sobre su historia natural, biológica y distribución es escasa (Fuentes 2009)



Por la información incompleta, que se tiene de las especies en general de Bolivia, se debería realizar una estimación de sus distribuciones para realizar una mejor planificación de su manejo y conservación (Mercado & Wallace 2010). En el presente estudio se desea generar información base sobre la distribución y ecología del copal debido a la importancia económica que tiene.

2 OBJETIVOS.

2.1 Objetivo general

- Generar información cuantitativa y cualitativa sobre los patrones de distribución y ecología del copal (*Protium* aff. *montanum* Swart) en la región del Madidi

2.2 Objetivos específicos

- Analizar la distribución potencial del copal (*Protium* aff. *montanum* Swart considerando factores ambientales.
- Analizar el patrón de distribución espacial del copal (*Protium* aff. *montanum* Swart)
- Analizar la distribución diamétrica y altimétrica del copal (*Protium* aff. *montanum* Swart)



3 Revisión bibliográfica

3.1 Copal

En México y algunos países de Centroamérica se conoce como copal a una resina aromática que se usa como incienso, que son mezclas o a veces ingredientes puros que al quemarse desprenden un olor fragante (Purata, 2008); y que desde hace miles de años se utilizan en muchas partes del mundo con fines rituales y religiosos (Fernandez *et al.*, 2005)

La resina de copal se obtiene de árboles o arbustos, también llamados copales, clasificados por los botánicos dentro de la familia Burseraceae, siendo esta, una familia de plantas que producen aceites y resinas aromáticas apreciadas por la humanidad desde la antigüedad para elaborar inciensos, perfumes y remedios (Souza 2006).

En Bolivia se llama Copal a una especie arbórea de Burseraceae bien conocida en la región de bosques montanos de Yungas en La Paz, su resina tiene un uso ampliamente difundido en el país como incienso (Fuentes, 2009) de color blanco y que tiende a oscurecer, y cuya extracción suele estar relacionada a la de otra especie que produce resina: el árbol de incienso (*Clusia pachamamae* Zenteno-Ruíz & A. Fuentes), también empleada en rituales religiosos en Bolivia (Sanchez en prep.; Fuentes, 2009).



3.1.1 Taxonomía

La identidad taxonómica del copal de los Yungas ha permanecido incierta o errónea tanto en publicaciones como en documentos técnicos (Cuadro 1).

Cuadro 1: Clasificación Taxonómica del copal

Clase: Magnoliopsida

Orden: Sapindales

Familia: Burseraceae

Genero: *Protium*

Nombre Científico: *Protium* aff. *montanum* Swart

Fuente: Killeen et al., 1993

3.1.2 Morfología

Fuentes, 2009 realiza la descripción del copal de los yungas, que está basada en 44 colecciones depositadas en el Herbario Nacional de Bolivia (LPB), y en el Missouri Botanical Garden Herbarium (MO). Y que se detalla a continuación:

Árbol perennifolio, altura reproductiva (6–) 10–25 (–40) m × (6) 10–79.5 cm dap; fuste recto, base sin aletones; corteza externa finamente lenticelada, pardo-rojiza, desprendiéndose en placas leñosas irregulares y dispersas de ca. 10–15 cm diámetro, en individuos más grandes; con abundante resina transparente y pegajosa al corte, que después se vuelve blanca y en ocasiones blanco amarillenta, a grisácea en contacto con la madera, pulverulenta, inflamable, con fuerte olor a trementina; **ramas** foliosas 2.5–4 (–5) mm diámetro, angulosas en seco, finamente lenticeladas, esparcidamente pilosas, a glabras en ramas mas viejas, tricomas reflejos, ápices de las ramas con denso indumento de tricomas reflejos blanco-amarillentos.



Figura 1: rama de copal acompañadas por hojas y frutos

Fuente: Missouri Botanical Garden (Proyecto Madidi).

Hojas compuestas, imparipinnadas, 2–5 (–8) pares de folíolos (generalmente los individuos del sotobosque tienen más pares de folíolos que los del dosel), (9.5–) 11–20 cm largo; pecíolo 20–35 × 1.3–2 mm, piloso, con pelos adpresos, a glabrescente, semicircular en sección transversal; raquis (1.4–) 3.5–10 cm largo, glabro o con escasos tricomas reflejos, cilíndrico; peciolulos con pulvínulos en ambos extremos, 3–6 (–8) mm largo, el terminal más largo, 9–20 mm; **folíolos** subcartáceos, borde entero, levemente aserrado-dentado en individuos juveniles, aserrado en plántulas, los laterales oblongos a raro elípticos, (4.3–) 5–10 (–12.5) × 1–3.1 (4.2) cm, base obtusa a aguda, asimétrica, ápice acuminado, acumen 2.5–7 (10) mm largo, par basal generalmente más ancho y corto que el par terminal, folíolo terminal elíptico–obovado, 4.5–8.6 × 1.2–3.4 cm, base aguda, simétrica, ápice acuminado; nervios secundarios 11–20; en ambas caras glabros a muy esparcidamente pilosos, a glabros con algunos tricomas en el nervio principal, nervio principal prominente en ambas caras, nervios secundarios en ambas caras planos a levemente hendidos, a veces levemente prominentes.



Figura 2: Hojas de Copal

Fuente: Missouri Botanical Garden (Proyecto Madidi).

Inflorescencias panículas subterminales 3.3–9 × 1.2–5.3 cm, todos los ejes con laxo a denso indumento de tricomas reflejos, a veces además con tricomas cortos y erectos; pedicelo cilíndrico, 1.5–2.5 (–3.5) × 0.3–0.5 mm, mayormente glabro, con pelos en la base a laxamente piloso en toda su longitud. **Flores** funcionalmente unisexuales, dimórficas, 4-meras, 1.3–2.5 mm; cáliz cupuliforme 0.5–1 × 1.4–1.6 mm, lóbulos triangulares, generalmente glabro a veces muy esparcidamente piloso, borde papiloso; pétalos ovados, 1.6–2 × 1.2–1.4 mm, amarillento–verdosos a crema, ápice agudo, apículo inflexo, haz con papilas cortas y algunas más largas dispersas, distribuidas a lo largo de tres líneas longitudinales discretas, envés glabro, ápice y bordes densamente largopapilosos; estambres 8, 0.8–1.4 mm, los antesépalos ligeramente mas largos que los antepétalos, de la misma longitud o poco más largos que el ovario en flores femeninas, más largos que el pistilodio en flores masculinas; disco nectarífero ca. 0.3 mm × 1.3 mm; flores pistiladas con ovario sésil, ovoide, glabro, 1–1.5 × 0.8–1.1 mm, estigma sésil, capitado, 4-lobulado.



Fruto maduro globoso, obliquo, 1.5–2 × 1.4–2.2 cm, verde-amarillento y rojizo a rojizo, subestipitado, 2–4-valvado, interior de las valvas rojo, superficie glabra y lisa (rugosa en seco), con fuerte aroma a trementina; **pirenos** 1–4, 9–10.6 × 7–10 mm, orbiculares a subromboidales en vista dorsiventral, oval-asimétricos en vista lateral, superficie rugosa, verde claras, cubiertas por arilo carnoso, blanco, dulce y aromático.

Además es frecuente en esta especie encontrar hojas e inflorescencias con agallas cilindríformas u obcónicas, provocadas por un himenóptero, que pueden confundirse con frutos.



Figura 3: Frutos del copal

Fuente: Missouri Botanical Garden (Proyecto Madidi).



Figura 4: semillas de Copal

Fuente: Missouri Botanical Garden (Proyecto Madidi).

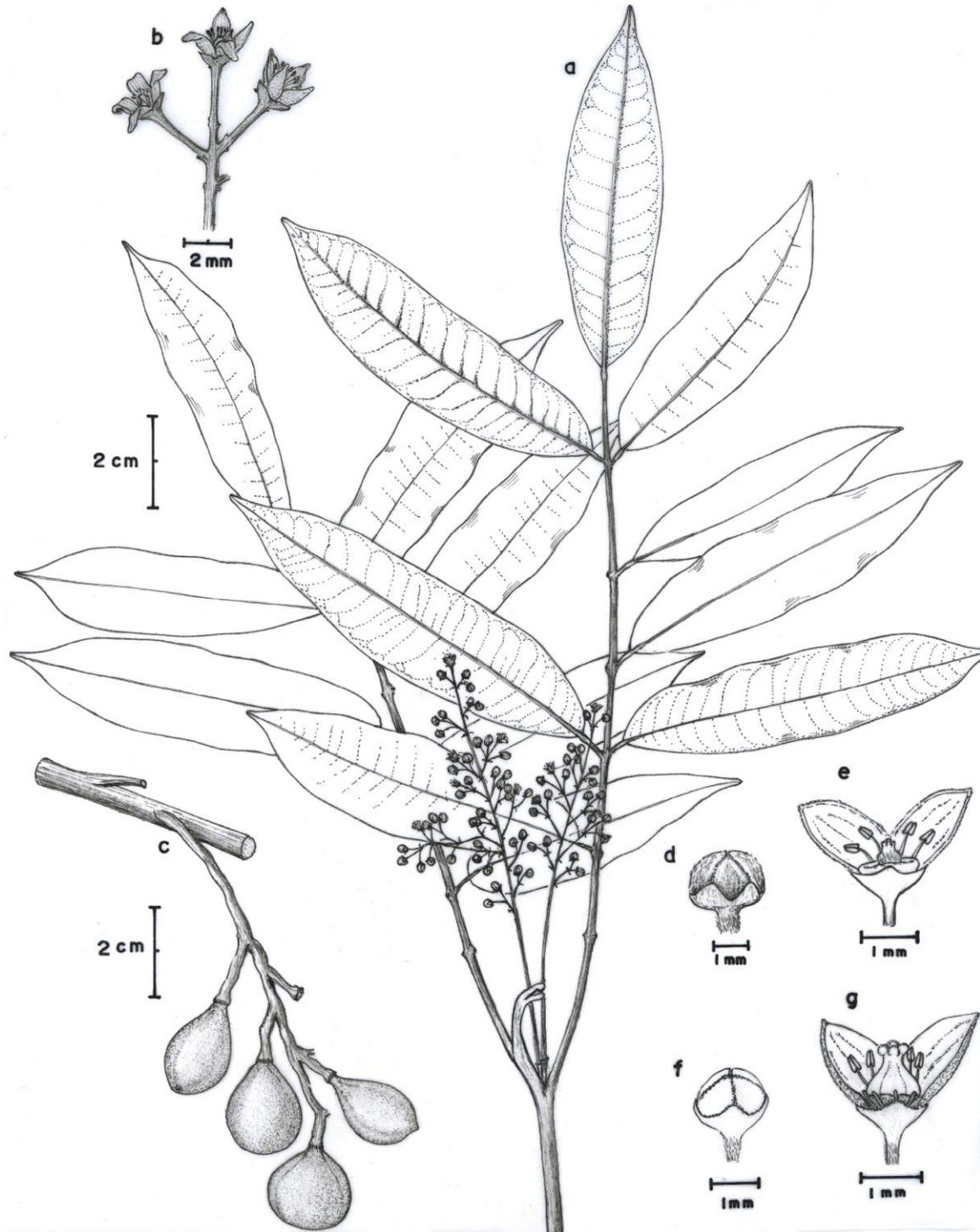


Figura 5: Dibujo del copal de los yungas (*Protium* aff. *montanum*): a. Rama florífera, b. Ramita de la inflorescencia, c. Infrutescencia, d. Botón floral, e. Flor femenina. a–b y d–e de Maldonado *et al.* 207 (LPB); c de Fuentes *et al.* 12237 (LPB). Dibujado por Carlos Maldonado.

Fuente: Fuentes 2009.



3.1.3 Distribución y ecología

Los copales (pertenecen al género *Protium*, familia Burseraceae) presentan una amplia distribución en los países tropicales especialmente de África Centroamérica y América del Sur (IDEAM 2001, Purata, 2008)

Los Copales son árboles típicos de las selvas bajas caducifolias, que es la vegetación que se desarrolla en los lugares donde hay una sequía muy fuerte durante más de cuatro meses al año, lo que hace que los árboles tiren todas sus hojas y luego con las lluvias reverdezcan. La mayoría de los copales produce flores al principio de la temporada de lluvias las flores aparecen al mismo tiempo que los renuevos de las hojas. La floración es rápida (Purata 2008, IDEAM 2001, Cornejo 2004)

El género *Protium*, con alrededor de 90 especies; es un importante constituyente de bosques húmedos desde México hasta Bolivia y el Sur de Brasil (Killeen *et al.*, 1993).

El copal de los Yungas (*Protium* aff. *montanum*), se distribuye entre 1000–2000 m de altitud en los bosques montanos de Yungas del departamento de La Paz, alcanzando el departamento de Cuzco en el Perú por el norte, y al parecer el departamento de Cochabamba (prov. Chapare) por el sur en Bolivia (Fuentes 2009).

Crece en bosques primarios, especialmente sobre laderas de pendiente media, en áreas con bioclima pluvial de los pisos basimontano y montano inferior pluvial, ocasionalmente se encuentra en bosques estacionales húmedos con nogal (*Juglans boliviana* Dode) de transición a pluviales (Fuentes 2009).

Se desarrolla en áreas con una precipitación aproximada entre 1700–4000 mm anuales, considerando el mapa de precipitaciones de los bosques de yungas de Müller *et al.* (2002). Su óptimo se encuentra al parecer en el piso basimontano



superior pluvial, entre 1200–1800 m, con precipitaciones entre 2000–2500 mm anuales, a juzgar por su abundancia en localidades evaluadas por el Proyecto Madidi. (Fuentes 2009).

3.1.4 Usos y extracción

3.1.4.1 Usos

Su uso es más bien religioso, como elemento imprescindible para los sahumeros de bendición, ofrendas y algunas ceremonias costumbristas (Enriquez, 2002). Aunque también tiene propiedades medicinales como por ejemplo para curar llagas en la piel, además de usar la resina para encender fuego (Araujo & Zenteno, 2006).

3.1.4.2 Extracción

La forma de hacer los cortes para la extracción de la resina, debe ser muy precisa ya que de ello depende qué tan rápido cicatricen las heridas, La buena cicatrización es importante porque si la herida no cierra, existe el peligro de ataques de hongos o algún parásito que debilite la planta o incluso la mate; (Purata, 2008). Los cortes se hacen con un machete filoso que mide aproximadamente 50 cm. de largo y que se coloca sobre la corteza.

Los cortes consisten en hacer una serie de incisiones en la corteza del tronco en forma de “V” abierta o también transversalmente (Sánchez, datos sin publicar). La resina brota por la herida y se seca formando una pequeña costra que se queda pegada a la herida. (Purata, 2008).



Figura 6: a y b) Cortes para la extracción de la resina del copal

Fuente: Missouri Botanical Garden (Proyecto Madidi).

3.1.4.3 Recolección

Una vez que en el árbol forma una costra alrededor del corte (deja de producir copal) y después de tres a cuatro meses se comienza la recolección, los extractores esperan un tiempo para comenzar a desprender la corteza que queda impregnada de resina (Purata, 2008). Y delicadamente se dedican a sacar el copal mineralizado en forma de estalactitas teniendo el cuidado de que no se ensucie y se mezcle con la corteza del árbol (Sanchez datos sin publicar).



Figura 7: Corteza impregnada de resina en forma de estalactitas después de 3 meses

Fuente: Missouri Botanical Garden (Proyecto Madidi)



3.1.4.4 Comercialización

La comercialización se da a partir de la venta en el pueblo de Apolo donde existe personas que se dedican entre otras actividades al acopio de copal y que llega de comunidades como ser: Huarutumo; Santo Domingo, Pucasuchu, Suturi, Mamacona, Sarayoj (Enriquez, 2002).



Figura 8: Resina en hojas secas para su comercialización.

Fuente: Missouri Botanical Garden (Proyecto Madidi).

3.2 Clasificación de Bosques montanos

Esta región ecológica ocupa una gran superficie de tierras montañosas en la porción norte de la faja sub andina entre los 700 – 2.800 m en los departamentos de La Paz, Cochabamba y parte de Santa Cruz es una franja larga que tiene una orientación NNO-ESE. Corresponde a las regiones de Yungas medio y Yungas bajo. (Rivera *et al.*, 1996).

Es una zona donde la topografía tiene laderas empinadas, profundos valles y crestas más expuestas. Se considera en general, como un conjunto de serranías plegadas y cortadas transversalmente por ríos. (Rivera *et al.*, 1996).



3.2.1 Clima

El clima es estacional húmedo a pluvial, con una precipitación media anual variable entre 1000-1500 mm. y una temperatura media entre 16-20°C, en ciertos sectores de laderas y crestas, más expuestas al choque de las masas de humedad, superan probablemente los 2.000 mm de precipitación media anual. (Rivera *et al.*, 1996).

3.2.2 Fisiología

Los bosques húmedos montañosos de Yungas tienen la característica de ser siempre verdes, densos, de mediana altura y muy ricos en especies; en el límite inferior, los bosques adquieren la fisonomía de las formaciones de tierras bajas, tanto en altura como en la distribución de diámetros basales de los árboles; hacia el límite superior y según la orientación de las laderas son representativas las epifitas vasculares pertenecientes a las familias Bromeliáceas, Orquidáceas y Araceas (Rivera *et al.*, 1996).

3.2.3 Suelos

Los suelos contienen abundante materia orgánica mezclada con suelo mineral de pH muy bajo con baja fertilidad y presencia de aluminio disuelto. La influencia del hombre ha modificado severamente este territorio. (Rivera *et al.*, 1996).

3.3 Concepto sobre distribución

La distribución es la variación de la abundancia de una especie en diferentes lugares o sitios (Begon *et al.*, 2006), todos los organismos viven en una matriz de espacio y tiempo y que puede considerarse como una unidad, pueden estar afectados por algunos factores bióticos o abióticos que puede interferir en la densidad y su ciclo vital en una determinada área (Krebs, 1978).



Muchas de las especies presentan diferentes tipos de distribuciones que pueden ser geográficas similares (distribución real y potencial) y las que comprenden una asociación y que son a nivel local (Krebs, 1978)

3.3.1 Distribución potencial

La distribución potencial describe donde están las condiciones óptimas para la sobrevivencia de las especies y esto es de gran importancia para la conservación de las mismas (Phillips & Dudík. 2008); por medio del análisis de perfiles bioclimáticos determina teóricamente los límites probables de la distribución de una especie (Lindenmayer *et al.*, 1991; Fischer *et al.*, 2001).

Los modelos predictivos de distribución se basan principalmente en nichos ecológicos, prediciendo la disponibilidad ambiental para las especies como una función de las variables ambientales dadas, representando una aproximación de dicho nicho (Phillips 2005).

El nicho “fundamental” es el conjunto de todas las condiciones que permiten la supervivencia de las especies, mientras que un nicho “realizado” es aquel que las especies ocupan en realidad (Phillips 2005, Guisan & Zimmermann 2000). Se denomina distribución potencial a la distribución inferida a partir del nicho fundamental, la cual es necesaria para tener una idea de los patrones de distribución de las especies.

Estos modelos de distribución de especies utilizan dos tipos de información (datos primarios y secundarios) para predecir la distribución potencial de la especie o el tipo de vegetación. (Kazuya *et al.* 2006).

Los datos primarios son los sitios de colecta u observación de la especie de interés, los cuales se podrían obtener de las bases de datos de colecciones científicas o publicaciones (Kazuya *et al.* 2006).



Los datos secundarios son la información de clima, topografía o medio ambiente obtenidos de sensores remotos, tales como NDVI (índice de vegetación de diferencia estandarizada) del área donde se quiere predecir la distribución de la especie de interés. (Kazuya *et al.* 2006)

3.3.2 Distribución espacial

El patrón o distribución espacial de una especie se refiere a la distribución en el espacio de los individuos pertenecientes a dicha especie. (Matteucci y Colma, 1982).

Es preferible utilizar el vocablo “patrón” para designar la organización o el ordenamiento espacial de los individuos; así las variables tienen una distribución dada y las especies tienen un patrón determinado (Pielou, 1969).

En la distribución de plantas el patrón espacial, proporciona una importante introducción dentro de la dinámica de poblaciones e interacciones ecológicas (Greigh-Smith, 1983).

Una de las herramientas para determinar el patrón de distribución espacial es el “Índice de Morisita”, donde los individuos de una especie en una comunidad pueden hallarse distribuidos al azar, o a intervalos regulares o agregados formando manchones. En el primer caso, su patrón es aleatorio; en el segundo, es regular y en el tercero, agregado (Fortin M. & Dale M., 2005; López *et al.*, 2004; Matteucci y Colma, 1982; Taylor, 1961).

Para evaluar el patrón de distribución espacial se utiliza el Índice de Morisita estandarizado (Brower & Zar, 1984; Antonini & Freitas, 2004), este índice es uno de los más robustos para medidas de dispersión (De Souza, 2007).



Una cualidad de este índice es que es poco influenciado por el tamaño de las parcelas y presenta excelentes ventajas para el grado de dispersión de las especies (Souza & Silva, 2006; Pozo, 2008).

El cálculo de los resultados es un poco más tedioso, luego de obtener los valores del índice de dispersión de Morisita se calculan dos valores críticos para el valor del índice de Morisita lo que nos da valores para un patrón uniforme o agregado entre rangos de -1 a 1 con un 95% de confianza y en el caso de un patrón aleatorio tendrá un valor de cero (Krebs, 1986)

3.3.3 Tipos de distribución

3.3.3.1 Patrón aleatorio

En una zona ocupada por una especie con *patrón aleatorio*, cada punto del espacio tiene igual probabilidad de estar ocupado por un individuo de la especie considerada. (Fortin M. & Dale M., 2005; López *et al.*, 2004; Matteucci y Colma, 1982; Taylor, 1961), (Figura 9)

3.3.3.2 Patrón agregado

Cuando los individuos se hallan agrupados en un *patrón agregado* se debe a que los individuos se concentran en cantidades grandes en pocas unidades muestrales. (Fortin M. & Dale M., 2005; López *et al.*, 2004; Matteucci y Colma, 1982; Taylor, 1961) (Figura 9).

3.3.3.3 Patrón regular o uniforme

En el patrón regular, los individuos se reparten más uniformemente de lo esperado en las unidades muestrales. (Fortin M. & Dale M., 2005; López *et al.*, 2004; Matteucci y Colma, 1982; Taylor, 1961). (Figura 9)

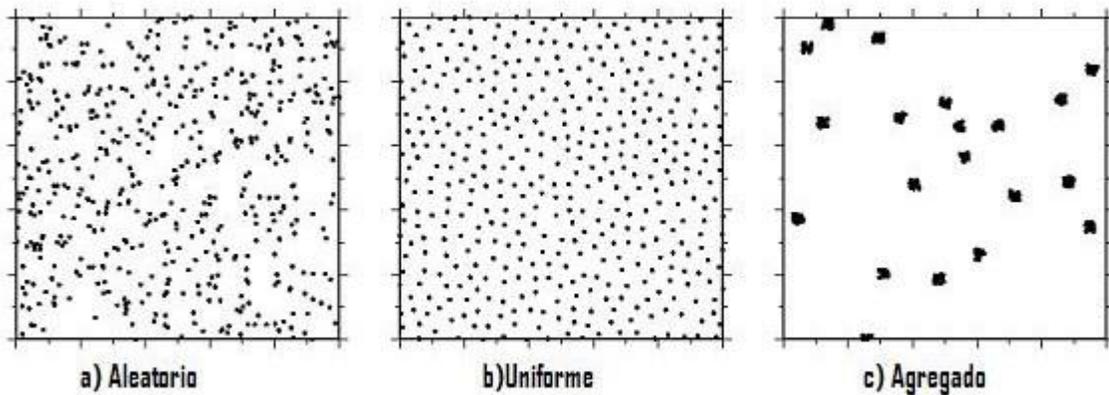


Figura 9. Tipos de Distribución espacial Fuente: Fortin & Dale 2005.

3.3.4 Distribución de tamaños

La estructura de tamaños se refiere a la distribución de los individuos en sentido horizontal y vertical dentro del bosque.

3.3.4.1 Distribución diamétrica o horizontal.

La distribución diamétrica horizontal es un arreglo espacial de los organismos en este caso de los arboles; este arreglo no es aleatorio, pero sigue modelos complejos que lo hacen ver como tal. Este fenómeno es reflejado en distribución de individuos por clase de diámetro y que presentan una tendencia identificable en su distribución debido a sus propias características (Valerio & Salas, 1998).

Se ordena mediante una distribución de los individuos presentes en las áreas de muestreo en clases diamétricas a intervalos de diferentes diámetros, indicando la frecuencia con que aparece representada en ciertas clases diamétricas en el rodal (Prodan et al. 1997).



3.3.4.2 Distribución altimétrica o vertical

La distribución vertical se realiza en clases altimétricas a intervalos de la altura de las especies, permitiendo de esta manera describir la distribución de las especies en estratos que pueden ser: sotobosque, subdosel, dosel y emergente. (Killen et al 1998).

4 Localización

El estudio fue realizado dentro del Parque Nacional y Área Natural de Manejo integrado Madidi, que fue creado el mediante el decreto supremo 24123 (Rivera, 1995), donde su principal objetivo es dar Protección a la biodiversidad y a la alta variedad de ecosistemas prístinos y a posibles yacimientos arqueológicos. (Mihotek, 1996).

Con una superficie total 1'894.750 has, donde 624.250 has, corresponden a la categoría de Área Natural de Manejo Integrado y 1.271.500 has, corresponden a la categoría de Parque Nacional (1'046.750 has al Oeste y 224.750 has; al Este).

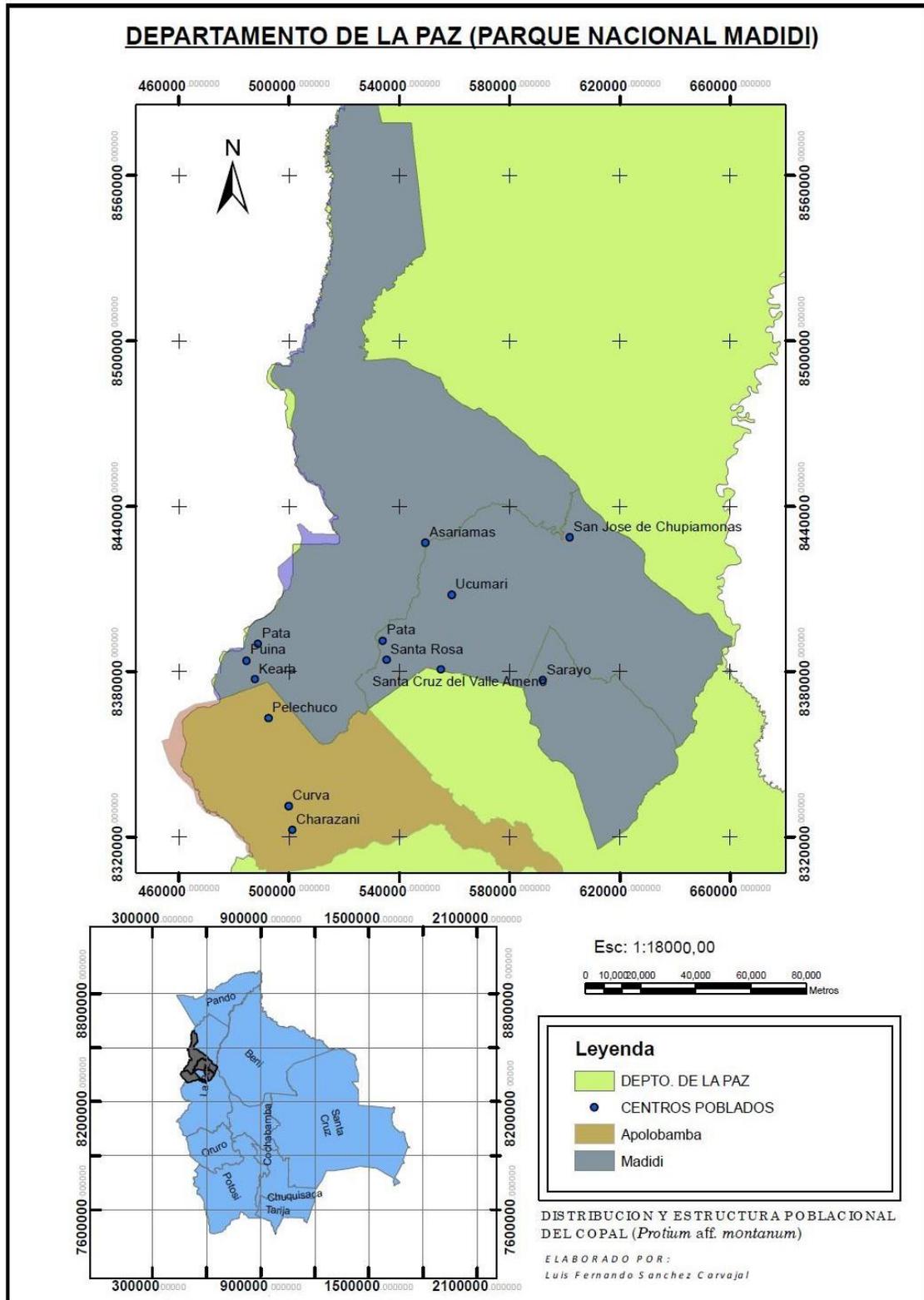


Figura 10: Mapa del Departamento de La Paz.

Fuente: Elaboración propia



Se encuentra ubicada en el Departamento de La Paz en las Provincias Iturralde y Franz Tamayo en los Cantones de: Ixiamas, San Buena Ventura, San José de Chupiamonas, Tumupasa, Puerto Heath, Apolo, Aten, Santa Cruz del Valle Ameno, Pata, Pelechuco, Moxos y Puina. (Mihotek, 1996).

El Parque Nacional Madidi se encuentra entre los 250 a 6000 msnm en las siguientes coordenadas: 69°51' a 76°30' Long. Oeste y 14°44' a 12°30' Lat. Sur. (Mihotek, 1996)

4.1 Características físicas

En la región se encuentra una amplia diversidad de ecosistemas y paisajes, que incluyen un complejo de serranías, correspondientes a las últimas estribaciones de la Cordillera Oriental, el pie de monte, la llanura aluvial y el cauce de numerosos ríos y arroyos.

Esta diversidad de paisajes determina la presencia de varios tipos de vegetación, que corresponden a bosques ribereños, bosques inundables, bosques de terrazas y laderas de colinas, y bosques de serranía. (García, 2002), con gran diversidad de pisos ecológicos y ecosistemas; regiones periglaciares, praderas alto andinas, bosques yungueños y sabanas de palmares del norte de La Paz. (Mihotek, 1996).



5 Materiales y Metodología

5.1 Materiales

De Gabinete

- ⌚ Estereoscopio
- ⌚ Pinzas
- ⌚ Computadora
- ⌚ Lupas
- ⌚ Material de escritorio
- ⌚ Claves botánicas
- ⌚ Colecciones testigos

De Campo

- ⌚ Cuaderno de campo
- ⌚ Planillas de campo
- ⌚ Lápiz de cera
- ⌚ Cinta métrica
- ⌚ Cinta de 50 m
- ⌚ GPS(Global Positioning System)
- ⌚ Brújula
- ⌚ Altímetro
- ⌚ Clinómetro
- ⌚ Clavos
- ⌚ Placas de aluminio
- ⌚ Periódicos
- ⌚ Cartones
- ⌚ Kerosén
- ⌚ Papel de aluminio
- ⌚ Tubos PVC
- ⌚ Tijeras de podar
- ⌚ Trepadores
- ⌚ Cinta flagging
- ⌚ Bolsas de polietileno negras
- ⌚ Prensas
- ⌚ Correas
- ⌚ Secadora
- ⌚ Alcohol
- ⌚ Anafes



5.2 Metodología

5.2.1 Distribución potencial.

Para realizar la distribución potencial del copal, se utilizaron 33 registros de la especie que se encontraron en el área de estudio y en alrededores del parque, incluyendo una observación ubicada en Cochabamba; que fueron datos obtenidos mediante recopilación de observaciones y colecciones de campo del Herbario Nacional de Bolivia y Proyecto Madidi en colaboración con el Missouri Botanical Garden (MO). Donde se tienen información de donde se encontró la especie (coordenadas) y ciertas características ambientales tomadas en campo.

Se utilizaron solamente 7 de las 19 variables climáticas procedentes de WORLDCLIM (Disponible en www.worldclim.org), para realizar los modelos de distribución, estas son: temperatura media anual, rango medio diurno, isothermalidad, estacionalidad de temperatura, precipitación anual, precipitación del mes más seco y estacionalidad de precipitación recomendada para Bolivia por Kazuya 2006. (Cuadro 2).

No se tomaron todas las variables climáticas porque no es aconsejable utilizarlas debido a que la correlación en las capas de predicción puede tener efectos adversos en el desempeño del modelo (Young, 2007).

Se utilizaron, además variables adicionales como: Pendiente, altitud (DEM, modelo de elevación de 1 km), exposición, los campos continuos de vegetación obtenidos con MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), clasificación de suelos propuesto por la FAO y el mapa de ecoregiones de Bolivia propuesto por Navarro & Maldonado (2002), los cuales pueden intervenir en su ecología y/o distribución (Fuentes 2009),



a) Datos climáticos:

Cuadro 2: Datos ambientales para Bolivia

| Nombre | Significado |
|------------|---|
| BIOCLIM 1 | temperatura media anual |
| BIOCLIM 2 | rango medio diurno |
| BIOCLIM 3 | isotermalidad |
| BIOCLIM 4 | estacionalidad de temperatura |
| BIOCLIM 12 | precipitación anual |
| BIOCLIM 14 | precipitación del mes con la menos lluvia |
| BIOCLIM 15 | Precipitación estacionalidad?? |

Fuente: WordClim

Para determinar la distribución potencial del copal de los Yungas se utilizó el modelo de predicción Maxent (Máxima Entropía); el modelo permite con pocos datos de presencia modelar la distribución de las especies con bastante confianza estadística (Mercado & Wallace, 2010)

El modelo de distribución potencial será evaluado mediante el método de curvas ROC/AUC, el cual evalúa la habilidad predictiva de los modelos de distribución generados en el cual las localidades de presencia podrían ser aceptadas (i.e. $p > 0$ a $p < 1$), obteniendo una curva de sensibilidad vs (1-especificidad), donde la sensibilidad es el porcentaje de positivos verdaderos correctamente predichos, y la especificidad es el porcentaje de los negativos verdaderos correctamente predichos (Manel *et al.*, 2001, citado en Mercado & Wallace).

Dicha curva maximiza la sensibilidad para bajos valores de una fracción de falsos positivos, siendo considerado un buen modelo y cuantificado por el área bajo la curva AUC (Hernandez *et al* 2006 citado en Mercado & Wallace).

El AUC puede ser usado como una medida de la realización y desarrollo del modelo, con un rango de valores desde 0.5 (al azar) a 1.0 (discriminación perfecta). También pueden existir valores aún menores, lo que indica que el



modelo es inferior que al azar (Hernandez *et al.*, 2006, citado en Mercado & Wallace, 2010).

Usualmente valores de AUC de 0.5 – 0.7 son tomados como una confiabilidad baja del modelo, valores de 0.7 – 0.9 indican una aplicación útil del modelo, y valores > 0.9 indican una confiabilidad alta (Manel *et al.*, 2001, citado en Mercado & Wallace, 2010).

5.2.2 Distribución espacial

Para evaluar la distribución espacial o patrón de muestreo se tomaron los datos de Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM's); instaladas por el proyecto: Inventario florístico de la región del Madidi en las comunidades de Fuertecillo, Mamacona y Santo Domingo.

Para la instalación de las PPM's, se procede en primer lugar a la apertura de dos brechas perpendiculares rectas a partir del punto denominado inicial (punto 0,0) donde se instala un jalón. Para conservar la recta de las brechas, los rumbos fueron controlados desde el punto inicial con ayuda de una brújula y ajustados según las indicaciones topográficas de la zona.

En cada una de las brechas iniciales se van marcando las subparcelas a cada 20 m con jalones marcados con cinta flaggin anaranjada y además tubos PVC pintados con pintura roja. Para fines de orientación cada 10 metros también se instalaron jalones marcados esta vez con cinta de color azul. Al mismo tiempo, con ayuda de la brújula, se van cerrando los cuadrantes más determinados según el punto 0,0 con puntos denominados cierres. Al mismo tiempo se mantuvo verificada de que cada línea de jalones éste paralela a las brechas principales Finalmente se obtuvo una parcela cuadrangular de 100*100 m con 25 subparcelas de 20 * 20 m cada una. (Paredes, 2008; Valerio & Salas, 1998)

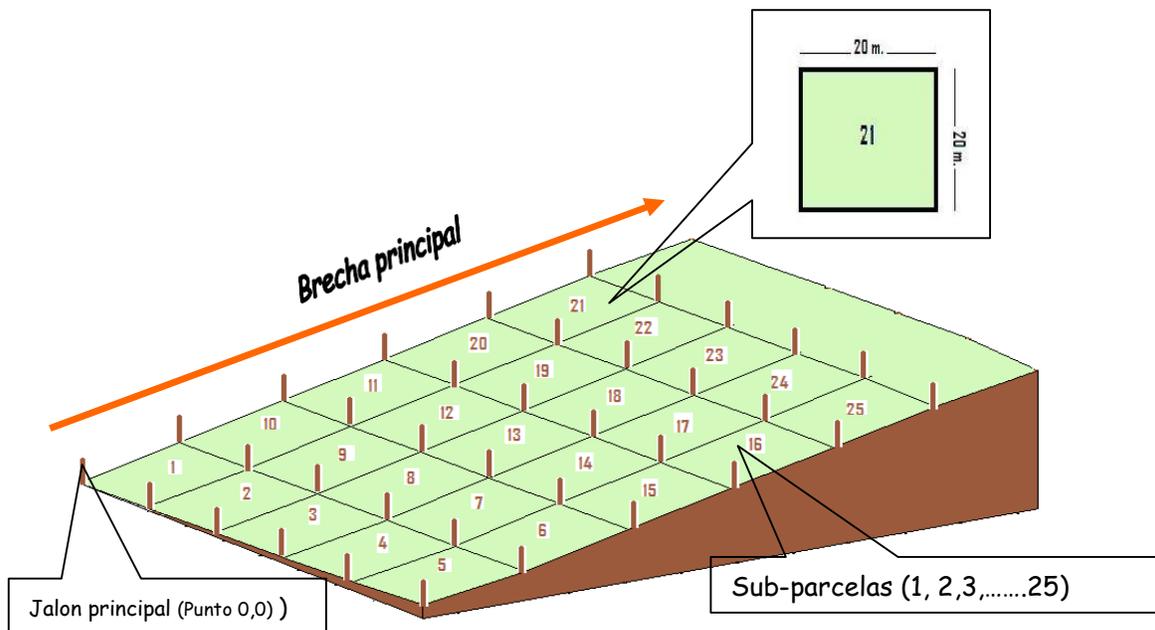


Figura 11: Esquema de una Parcela Permanente de muestreo (1 ha).

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el patrón de distribución se utilizaron dos métodos que son: el Índice de Morisita (Cuadro 3, ecuación **(I)**); (Hazen, 1966, Malleux, 1974), y las dos fórmulas para cálculo de valores críticos (Cuadro 3, ecuación **(II)** y **(III)**);

El índice de Morisita estandarizado se calcula según los valores encontrados y se utiliza una de las cuatro formulas (Cuadro 3, ecuación **(IV)**)

Para obtener de manera gráfica el patrón de distribución dentro de las Parcelas permanentes de muestreo (PPM's), se recopilaron los datos tomados dentro de la evaluación de las parcelas, ya que el tipo de muestreo presenta la ubicación de los individuos dentro de las 25 subparcelas.

Estos datos se pueden aplicar al programa SURFER para hacer el levantamiento topográfico y el modelamiento de la disposición de los individuos dentro de la parcela de una hectárea y poder observar el tipo de distribución o patrón espacial.



Cuadro 3: Formula para el cálculo de densidad poblacional y ecuaciones para el cálculo de Índice de Morisita estandarizado.

$$I_{d'} = n \frac{\sum_{i=1}^n R x_i^2 - R x_i'}{\sum_{i=1}^n (R x_i^3) - R x_i}$$

$$Mu = \frac{\chi_{0.975}^2 - n + \sum R x_i}{(\sum R x_i) - 1} \quad (II)$$

Donde:

$\chi_{0.975}^2$ = valor de chi cuadrado con $(n-1)$ grados de libertad para 97.5%

X_i = Número de individuos

n = Número de cuadrantes

$$Mc = \frac{\chi_{0.025}^2 - n + \sum R x_i}{(\sum R x_i) - 1} \quad (III)$$

Donde:

$\chi_{0.025}^2$ = valor de chi cuadrado con $(n-1)$ grados de libertad para 2.5%

X_i = Número de individuos

n = Número de cuadrantes

Entonces se calcula el el índice de Morisita estandarizado siguiendo las siguientes cuatro formulas

Cuando:

$$\begin{aligned} Id \geq Mc > 1 \quad \text{entonces} \quad Ip &= 0.5 + 0.5 \left(\frac{Id - Mc}{n - Mc} \right) \\ Mc > Id \geq 1 \quad \text{entonces} \quad Ip &= 0.5 \left(\frac{Id - 1}{Mu - 1} \right) \\ 1 > Id > Mu \quad \text{entonces} \quad Ip &= -0.5 \left(\frac{Id - 1}{Mu - 1} \right) \\ 1 > Mu > Id \quad \text{entonces} \quad Ip &= -0.5 + 0.5 \left(\frac{Id - Mu}{Mu} \right) \end{aligned} \quad (IV)$$

Fuente: Krebs, 1986



5.2.3 Distribución de tamaños

Se realizó la densidad poblacional de los individuos encontrados en seis localidades dentro del Parque Nacional Madidi, (**Santo Domingo, Virgen del Rosario, Wayrapata, Fuertecillo, San Martín, Mamacona**). A partir de datos tomados de parcelas temporales Gentry de 0.1 ha instalados por el proyecto inventario florístico de la región Madidi.

Se tomaron datos de diámetro a la altura pecho (Dap) con una medida mínima de 2.5 según la metodología de las parcelas temporales, adicionalmente se toman datos de altura y fase fenológica de cada individuo inventariado.

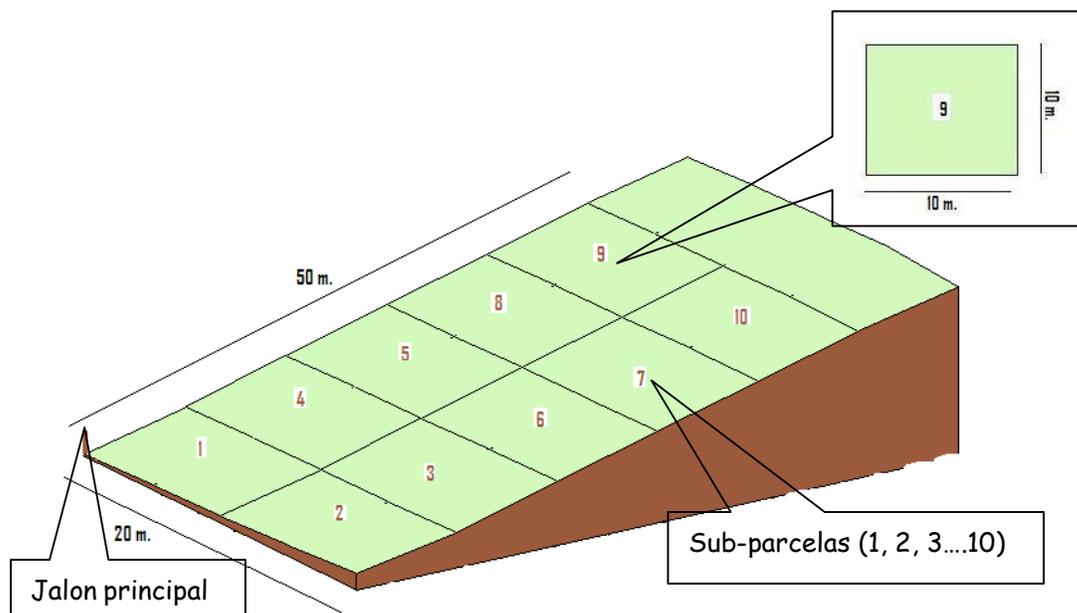


Figura 12: Esquema de una parcela temporal de muestreo (transectos Gentry 0.1 ha)

Fuente: Elaboración propia

Se instaló cada parcela ubicando un punto a partir del cual y con ayuda de una brújula se señaló el rumbo; de esta manera se inició la apertura de una brecha de 50 m. A lo largo de esta se colocó estacas cada 10 m., las cuales estuvieron



marcadas con cinta flagging de color naranja. A partir de las estacas, se trazaron líneas perpendiculares de 10 m a cada lado obteniendo un área de 50 × 20 m, dividida en 10 subparcelas de muestreo de 10 × 10 m para facilitar la medición de los individuos; se registró en cada parcela las coordenadas con GPS, altitud con altímetro, pendiente con clinómetro y exposición con brújula.

Para cada localidad se construyó la distribución de tamaños considerando el diámetro a la altura del pecho y/o la altura del árbol (GAIA, 2004).

Los datos de densidad de cada clase se pueden graficar y formar lo que se conoce como un **histograma**, este esquema nos ilustra de manera muy sencilla la capacidad de la especie para reemplazarse (GAIA, 2004).



6 RESULTADOS

6.1 Distribución potencial del Copal (*Protium aff. montanum* Swart)

El mapa de distribución potencial generado por el modelo de predicción Maxent, clasificó la presencia del copal en tres categorías: baja, media y alta (Figura 13).

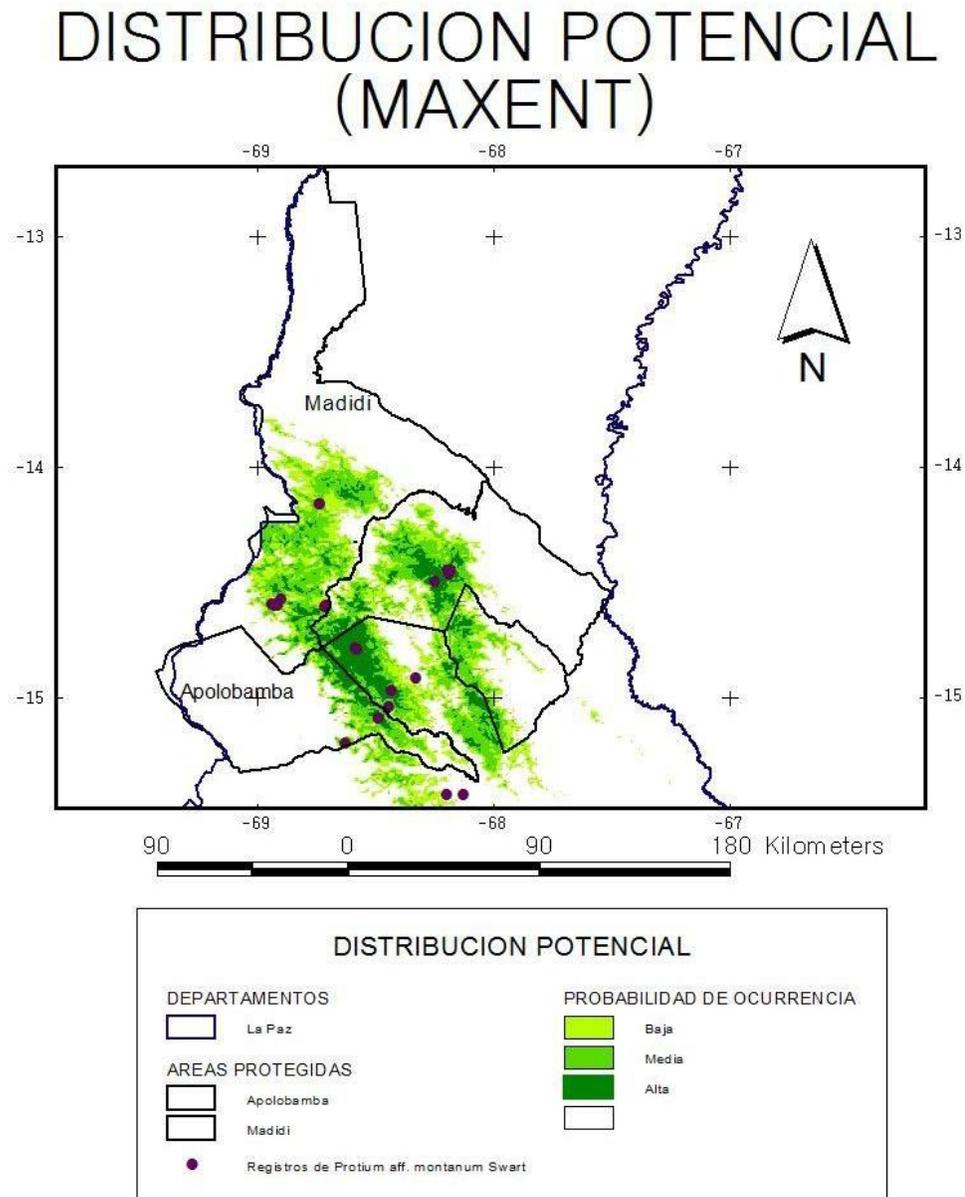


Figura 13: Distribución potencial de *Protium aff. montanum* dentro la Región del Madidi (AUC = 0.99). (Fuente: Elaboración propia)



El copal tiene una ocurrencia baja en bosques siempre verdes subandinos con vegetación ribereña y sucesional yungueña, se encontró también en bosques amazónico pluviestacional del subandino norte que tiene la característica de ser bosques siempre verdes (bosques transicionales a los yungas propios) que se encuentran en una altitud de 900 a 1.300 msnm (Navarro, 2006). (Fig.14)

Para la parte de ocurrencia media se encuentran entre bosques yungueños sub andino pluviales a una altitud entre los 1.200 y 1.400 msnm donde estos bosques se intercalan en el paisaje yungueño subandino superior con los palmares los cuales tienden a desplazar en laderas poco abruptas de serranías en pie de montes y fondo de valle con pendientes medias o escasas sobre suelos medianamente bien drenados hasta algo mal drenados (Navarro, 2006), y se extiende también hacia los bosques húmedos estacionales basimontanos de los yungas de Apolobamba (Figura 14).

La distribución del copal se hace más alta en Bosques yungueños montanos pluviales, donde su faja altitudinal está comprendida entre los 1900 a 2100 en su límite inferior que en la mayoría del piso montano yungueño pluviestacional son mesobosques y macrobosques húmedos siempre verdes y estacionales y que también se intercalan con los tipos de vegetación de los valles y laderas bajas de los yungas cálidos de La Paz y Cochabamba (Navarro, 2006). (Figura 14).



DISTRIBUCION POTENCIAL (ECOREGIONES)

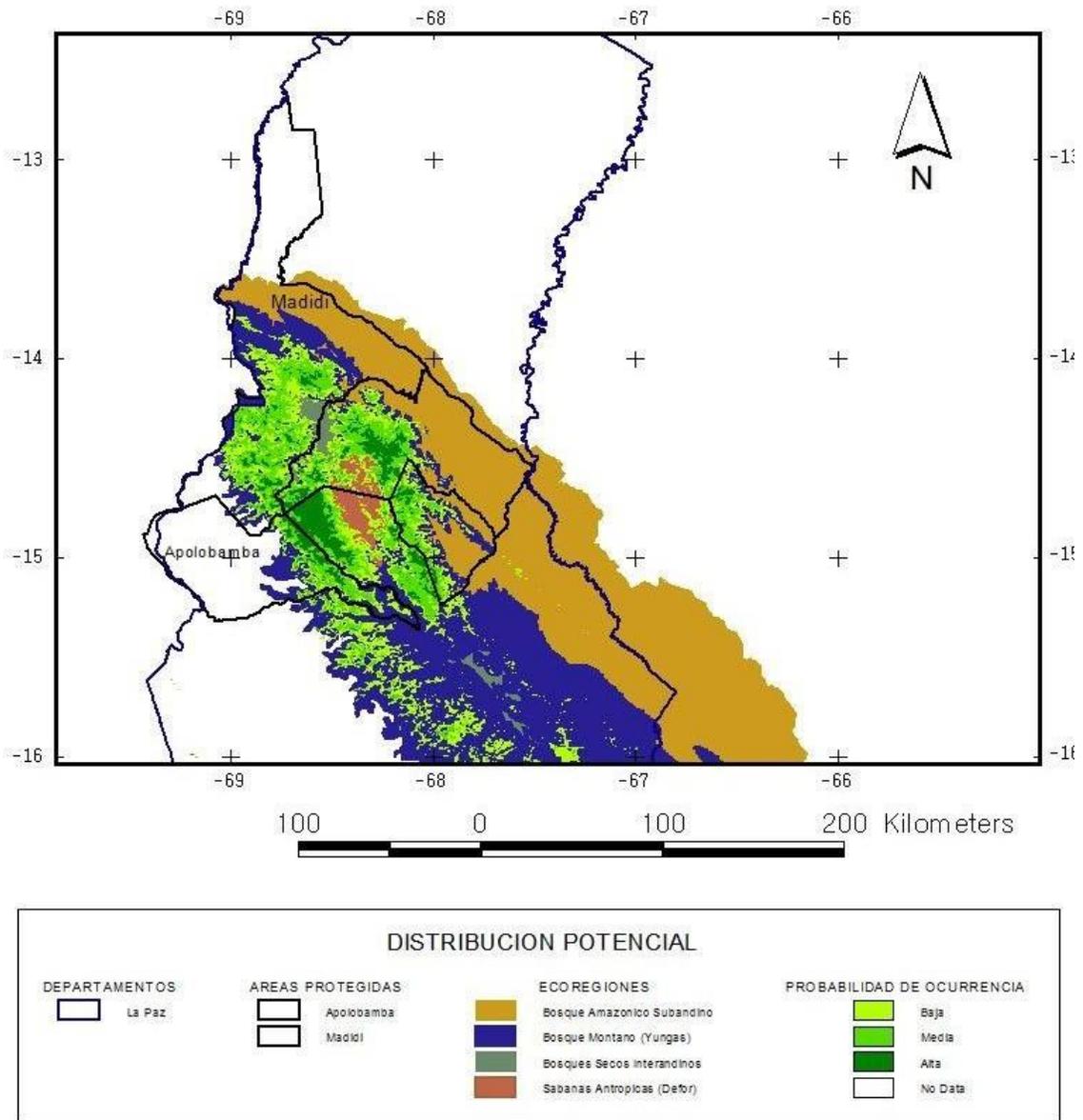


Figura 14: Distribución potencial de *Protium aff. montanum* Swart según la clasificación de ecoregiones de Navarro (2006).



Dentro de las variables que tienen un mayor aporte en el modelo de distribución de la especie están: la elevación y la variación de la temperatura (Bioclim2).

La elevación es una de las variables más importantes que determinan la distribución de las especies (Challenger, 1998), aunque las características topográficas y latitudinales son considerados predictores indirectos mientras que el clima es considerado directo, muchas veces deriva del primero.

Lo que nos lleva a considerar que estas variables son un factor determinante en la distribución del copal (Cuadro 4, Figura 13 y 14).

Como podemos observar también en el cuadro 4 los valores de la temperatura y la altitud son los que más aportan dentro de la distribución potencial del copal que abarca desde una probabilidad de ocurrencia baja sobre los 900 msnm hasta los 2100 msnm con una probabilidad de ocurrencia alta y un grado de variación de la temperatura entre 8 – 10°C sobre la temperatura media anual que es de 19 a 23°C para esa zona, y una precipitación anual de 900mm en la zona baja y entre 1400 y 1800 mm en lugares de ocurrencia alta.

Bolivia yace dentro de latitudes tropicales, pero las condiciones tropicales varían mucho, las temperaturas dependen principalmente de la elevación que en este caso puede estar reflejado en el DEM (figura 15), también muestra pequeñas variaciones estacionales que varían principalmente en la temperatura (figura 16).



Cuadro 4: Porcentaje de aporte de las variables ambientales al modelo de distribución (Maxent)

| Variable | Porcentaje de contribución |
|--|-----------------------------------|
| DEM_(1km) | 22.4 |
| Rango medio diurno (BIOCLIM 2) | 20.3 |
| Vegetación Navarro | 16.9 |
| Precipitación del mes más seco (BIOCLIM 14) | 15.9 |
| Pendiente | 11.4 |
| Isotermalidad (BIOCLIM 3) | 6.7 |
| Modis_tree | 3.2 |
| Estacionalidad de temperatura (BIOCLIM 4) | 2.8 |
| Exposicion | 0.2 |
| Estacionalidad de precipitación (BIOCLIM 15) | 0.1 |
| modis_herb | 0 |
| Temperatura media anual (BIOCLIM 1) | 0 |
| modis_bare | 0 |
| suelo_fao | 0 |
| precipitación anual (BIOCLIM 12) | 0 |



DISTRIBUCION POTENCIAL (ALTITUD)

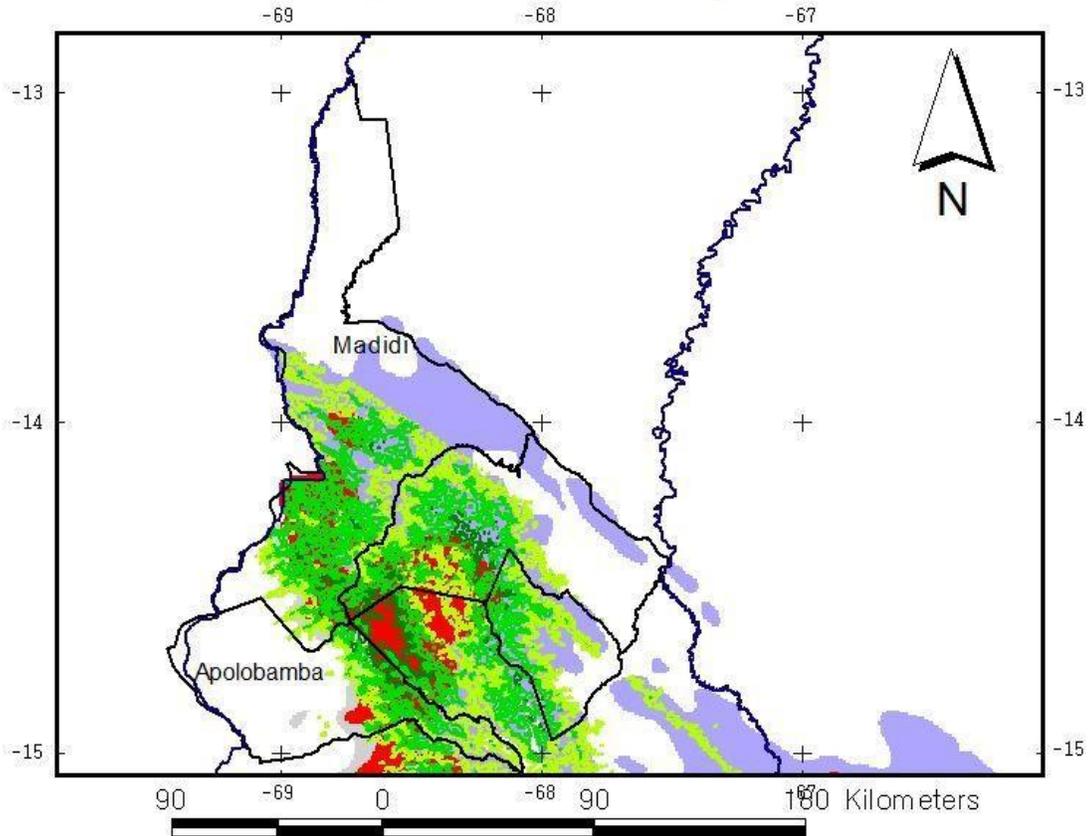
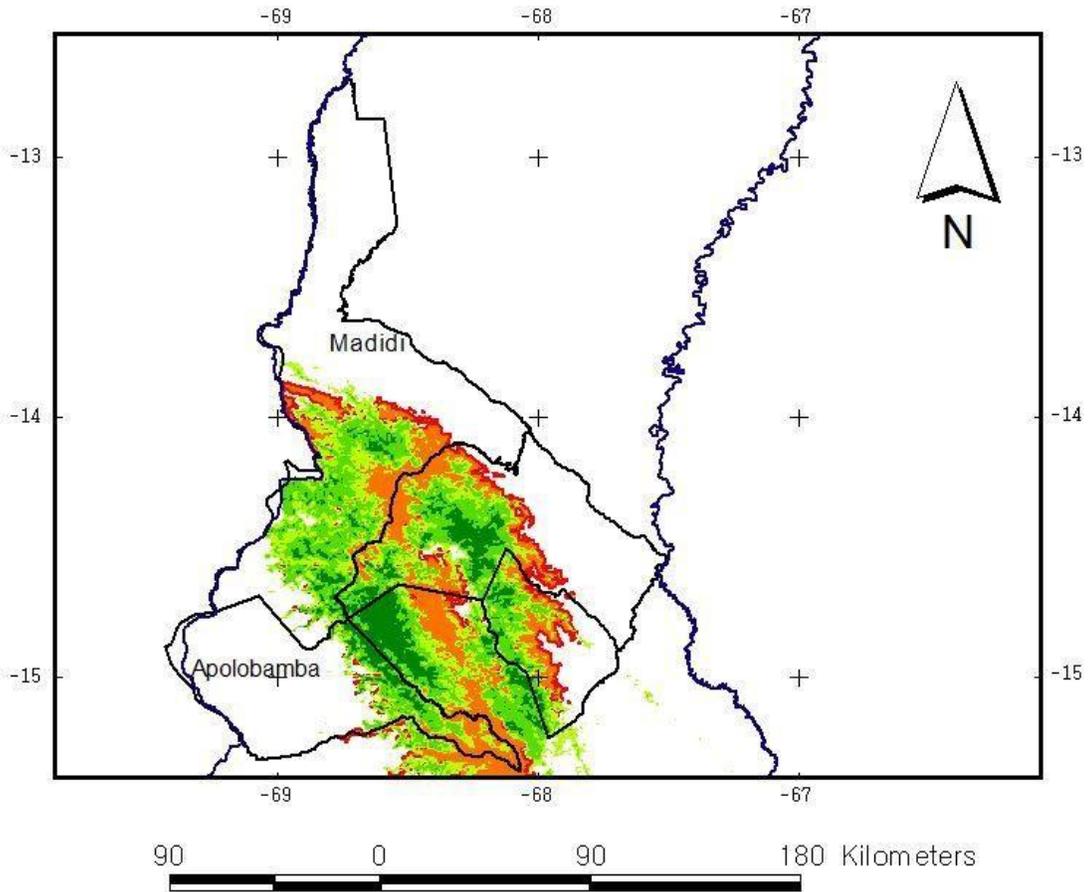


Figura 15: Distribución potencial de *Protium aff. montanum* Swart según la Altitud



DISTRIBUCION POTENCIAL (BIOCLIM 2)



DISTRIBUCION POTENCIAL

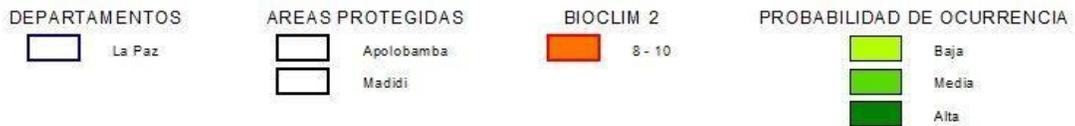


Figura 16: Distribución potencial *Protium aff. montanum* Swart (Bioclim 2)



La precipitación del mes más seco y la pendiente son las variables que tuvieron un aporte medio en la distribución potencial del Copal. (Cuadro 4, Figura 17).

La estación de lluvias en la región del Madidi abarca de noviembre a marzo. Este factor tiene incidencia en la temperatura, las precipitaciones, la humedad, presión atmosférica, evapotranspiración, etc., dando a lugar a climas diferentes en el ámbito nacional.

La precipitación del mes más seco es una de las variables que tiene un elevado porcentaje; y donde probabilidad de ocurrencia es alta.



DISTRIBUCION POTENCIAL (BIOCLIM 14)

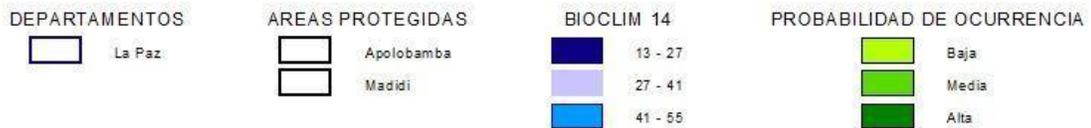
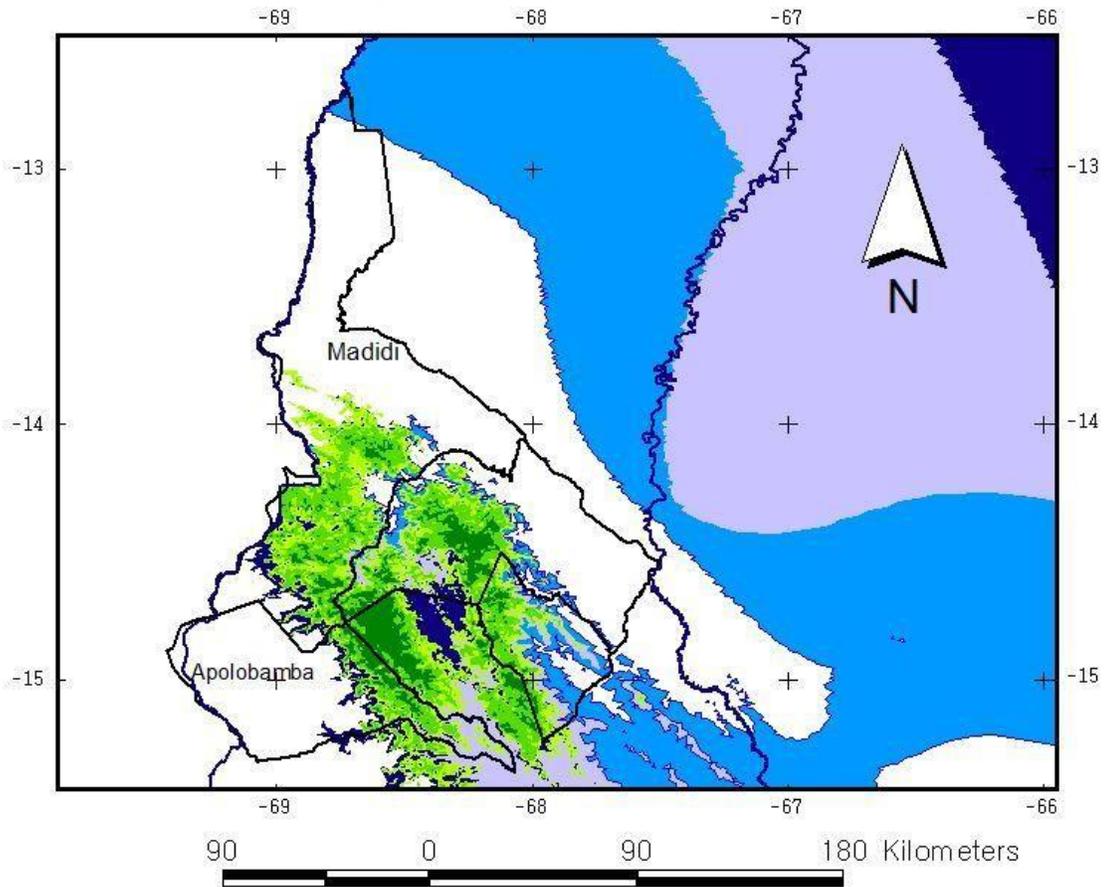


Figura 17: Distribución potencial de *Protium aff. montanum* Swart Vs Precipitación del mes más seco (Bioclim 14)



Por otro lado la demás variables aportaron en muy poco al modelo como ser la Isotermalidad, estacionalidad de la temperatura, exposición y estacionalidad de precipitación (Cuadro 5; figuras 18, 11,12).

Estas variables se mantienen constantes en los lugares de ocurrencia o con pequeñas variaciones, por tanto parecen no afectar en la distribución potencial del copal de los Yungas.

DISTRIBUCION POTENCIAL (BIOCLIM 3)

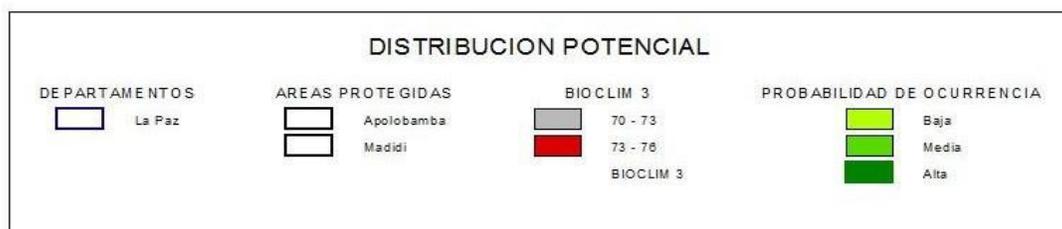
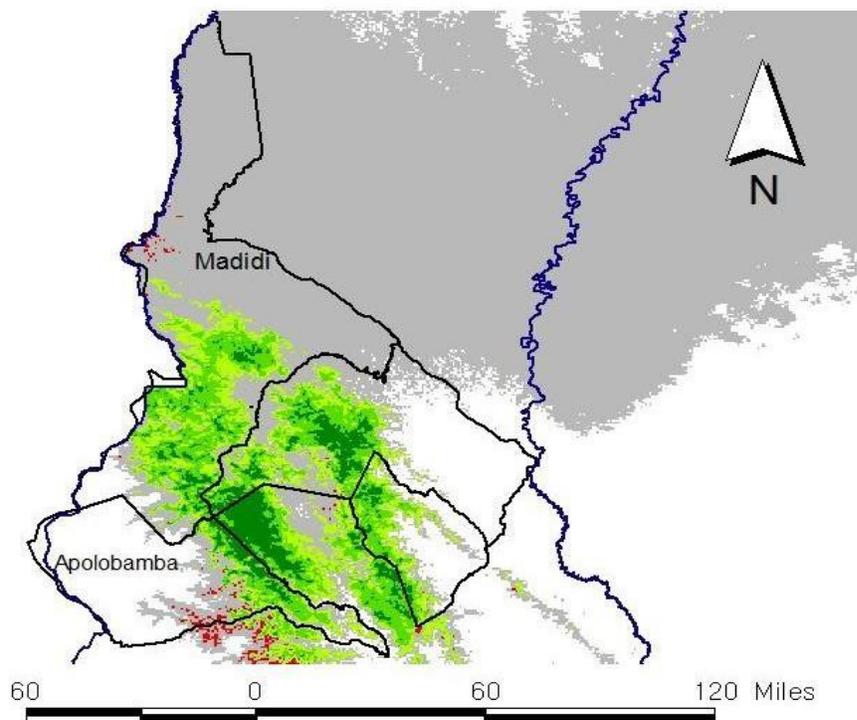


Figura 18: Distribución potencial *Protium aff. montanum* Swart Vs Isotermalidad (Bioclim 3)



DISTRIBUCION POTENCIAL (BIOCLIM 4)

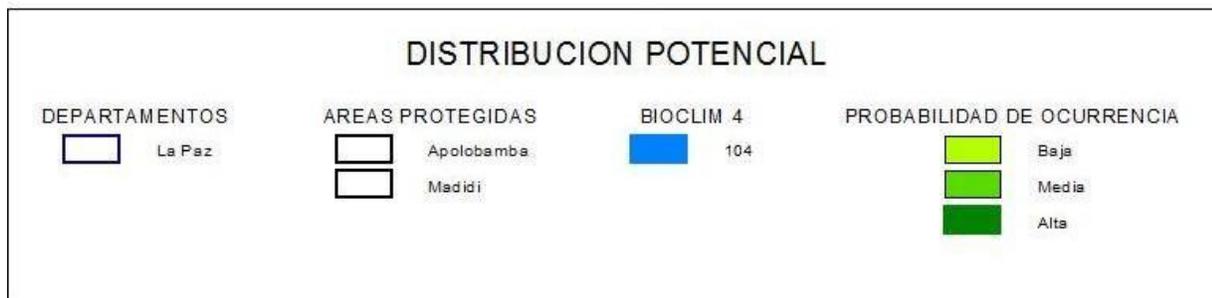
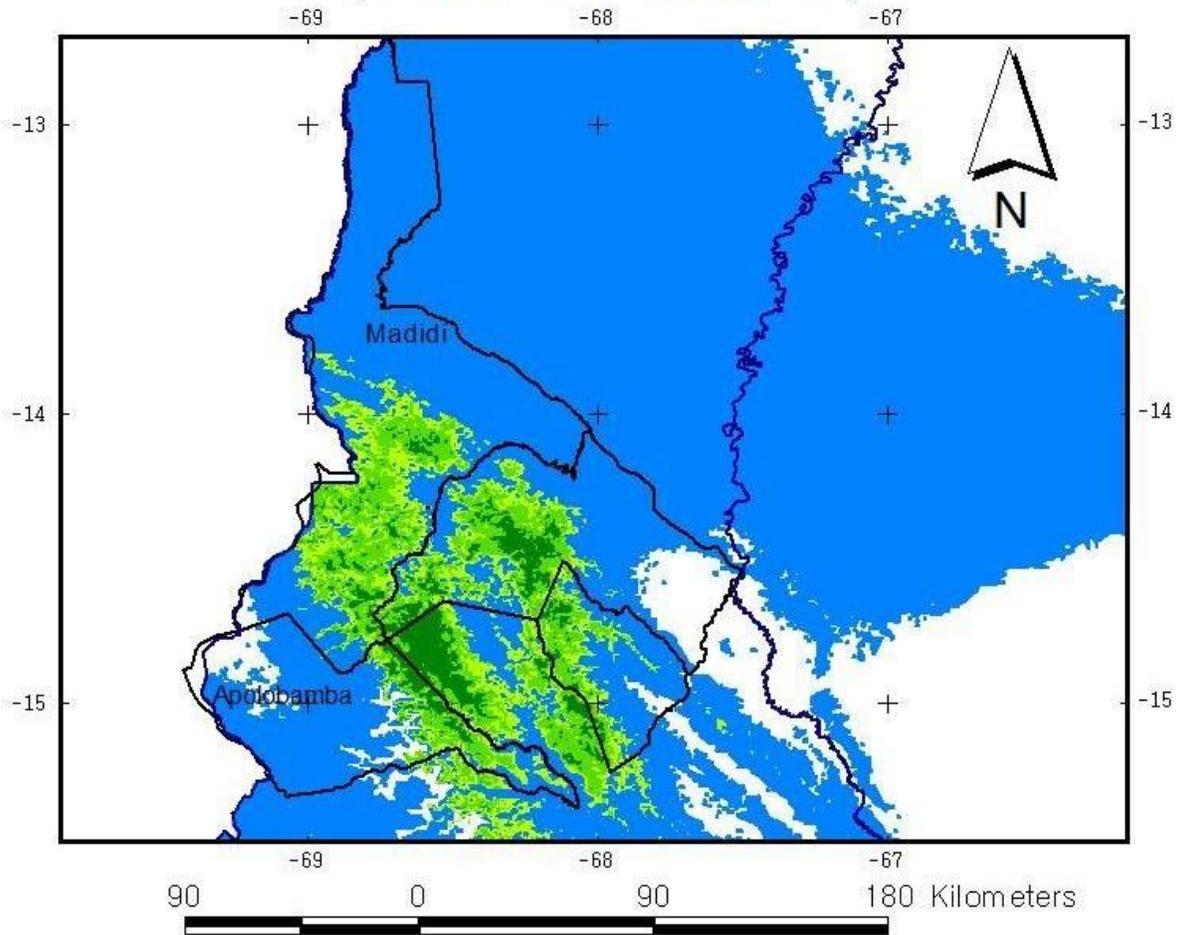


Figura 19: Distribución potencial de *Protium aff. montanum* Swart Vs. Estacionalidad de temperatura (Bioclim4)



DISTRIBUCION POTENCIAL (BIOCLIM 15)

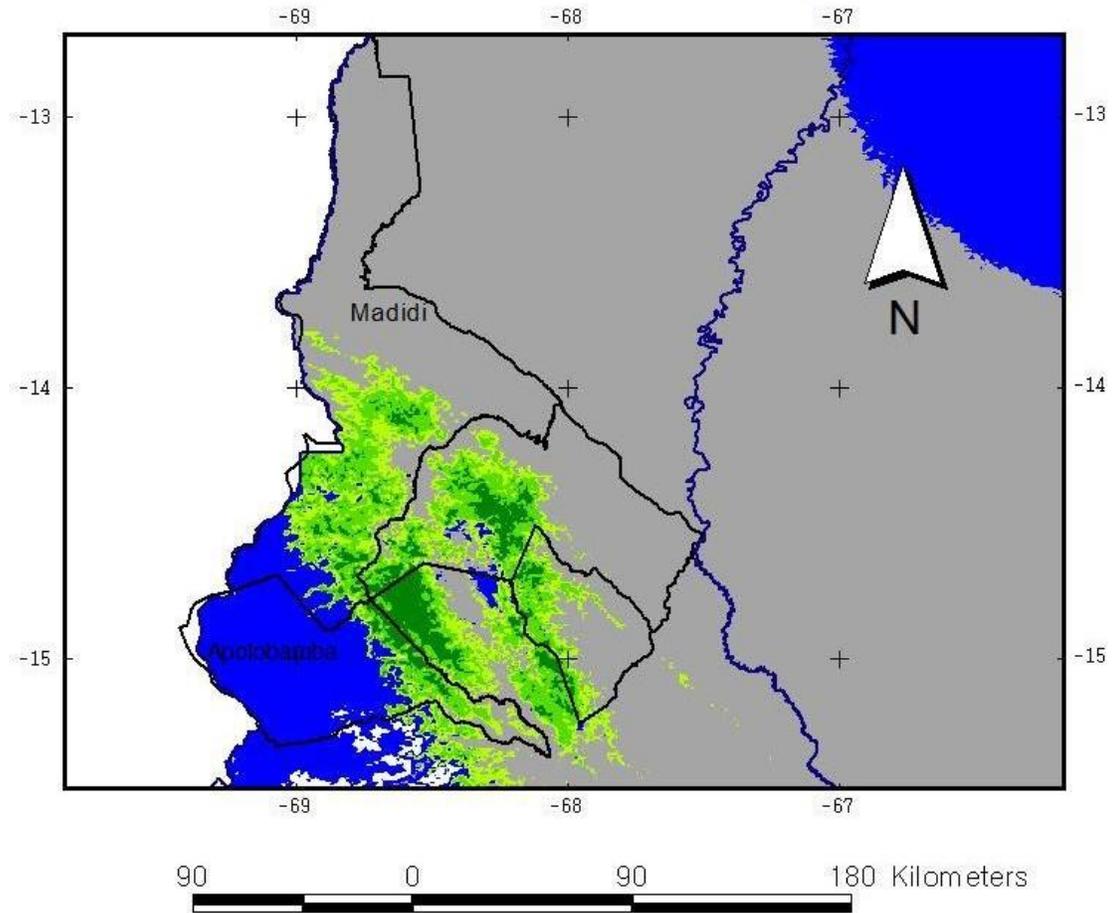


Figura 20: Distribución potencial de *Protium aff. montanum* Swart Vs. Estacionalidad de precipitación (Bioclim 15)



Las variables que no aportan son la temperatura media anual, clasificación del suelo y la precipitación anual. (Cuadro 4, Figuras 21,22 y 23).

La temperatura media anual se encuentra entre 19 y 23 °C y no influye en la distribución de la especie esto puede estar relacionado a que este es un promedio de las temperaturas anuales en cambio la variación de la temperatura está dada por la duración de días en relación a la variación de la temperatura.

Con respecto a la clasificación del suelo en el área de ocurrencia de la especie se clasifico como leptosoles, que son suelos limitados en profundidad por una roca dura continua o por material calcáreo.



DISTRIBUCION POTENCIAL (BIOCLIM 1)

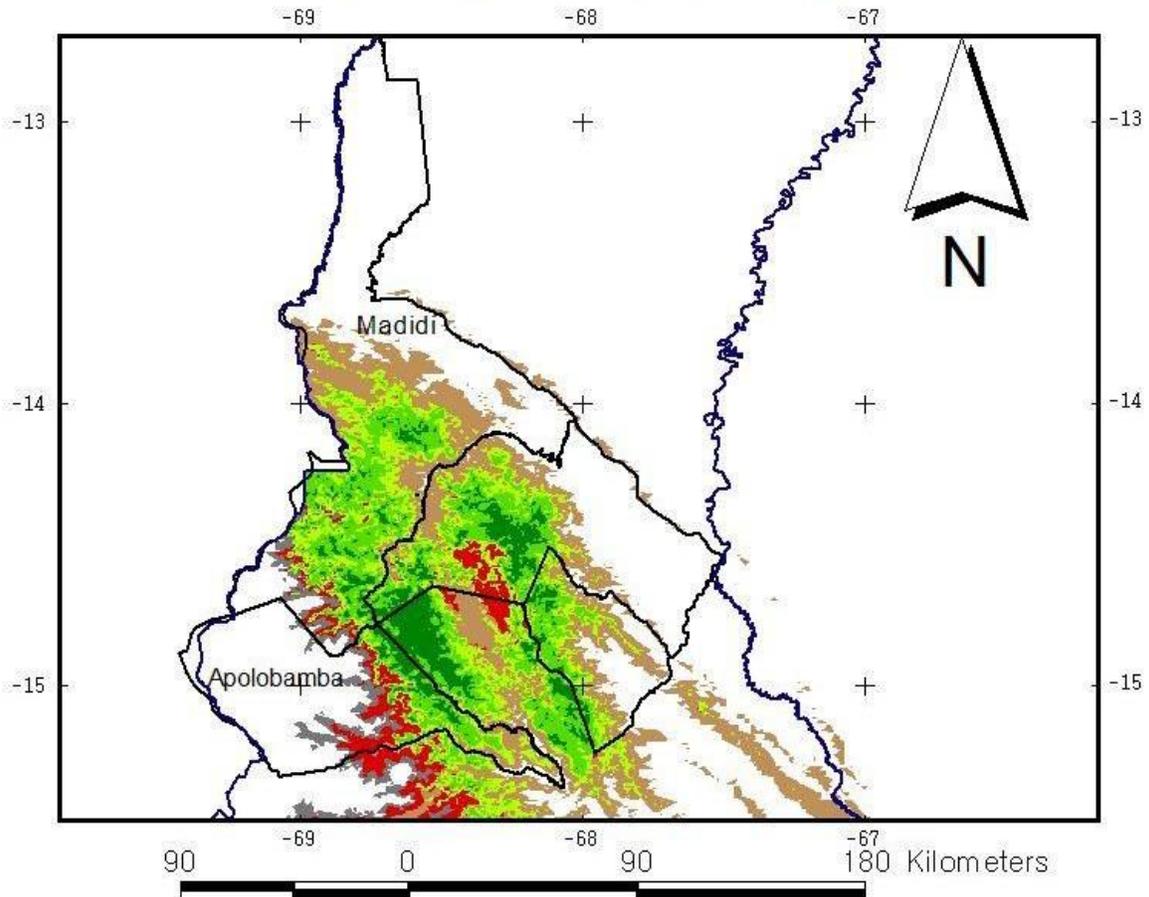


Figura 21: Distribución potencial *Protium aff. montanum* Swart Vs. Temperatura media anual (Bioclim 1)



DISTRIBUCION POTENCIAL (SUELOS)

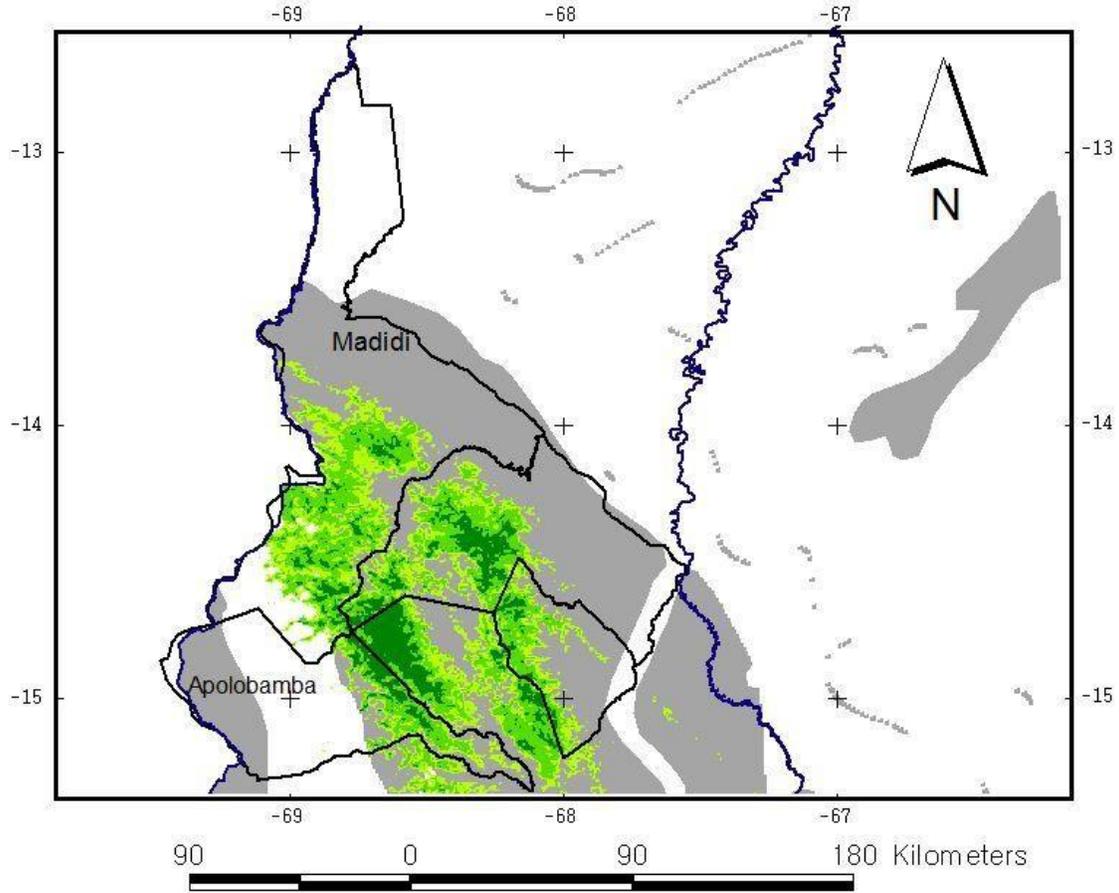


Figura 22: Distribución potencial *Protium aff. montanum* Swart Vs. Tipo de suelo



DISTRIBUCION POTENCIAL (BIOCLIM 12)

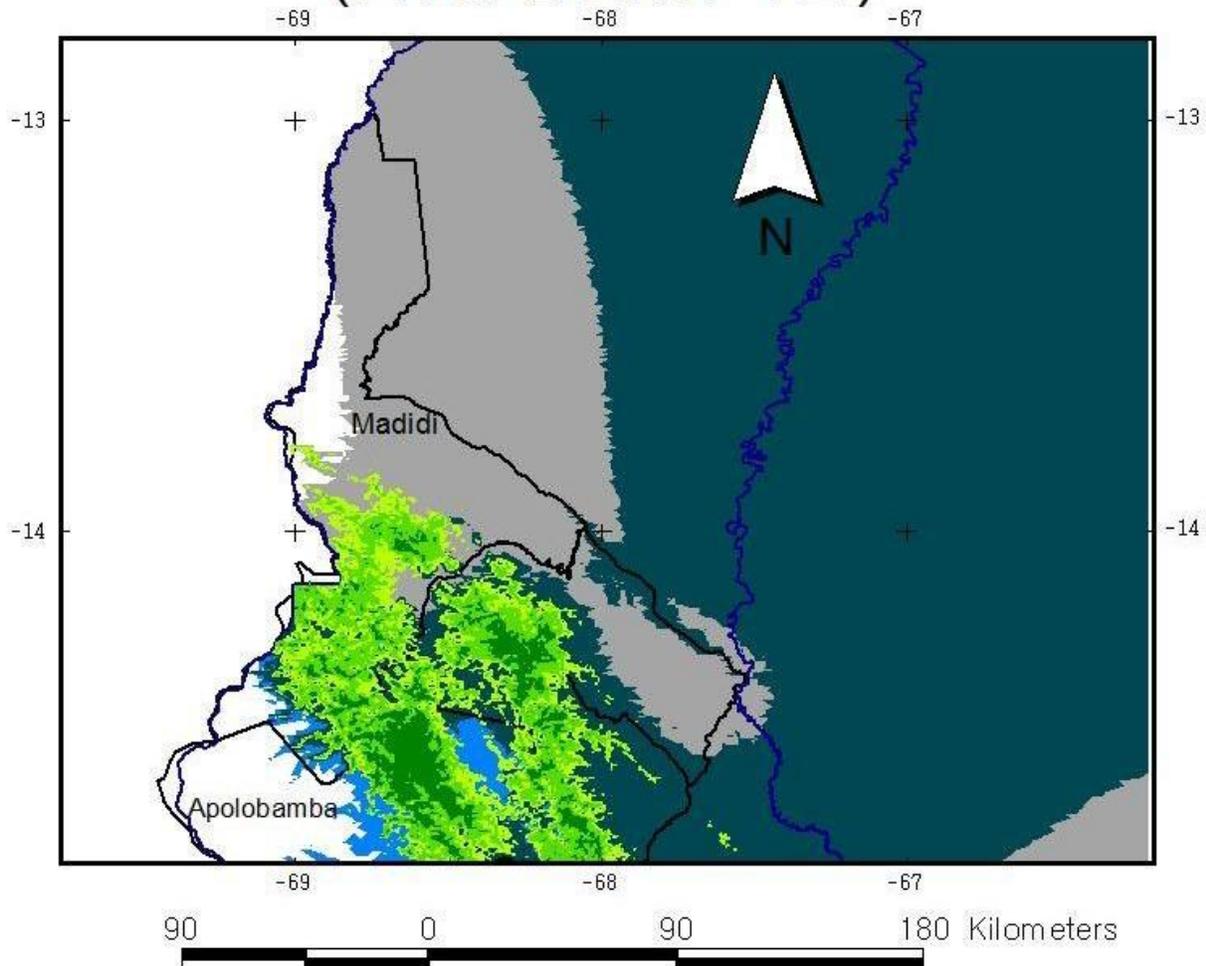


Figura 23: Distribución potencial *Protium aff. montanum* Swart Vs. Precipitación Anual



6.2 Patrón de distribución del Copal de los Yungas (*Protium aff. montanum* Swart) dentro de las parcelas permanentes de muestreo

Dentro de la parcela permanente que corresponde a la comunidad de Mamacona se encontraron 29 individuos con una media de 1.61 ± 0.78 individuos/subparcela.

Aplicando la fórmula de Índice de Morisita estandarizado los valores del índice de dispersión encontrados en *Protium aff. montanum* Swart fueron de -0.02, indicando un patrón de distribución uniforme (Fig. 24).

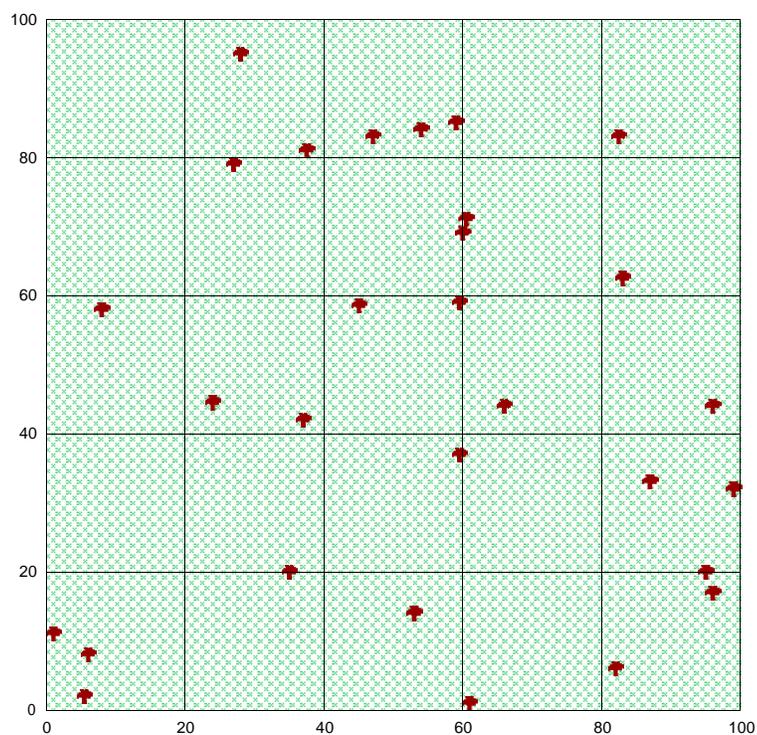


Figura 24: Distribución espacial del copal en la parcela permanente de 1 ha en Mamacona

En el caso de Fuertecillo (**Figura 25 y 26**) se instalaron dos parcelas de una hectárea por tanto la distribución se dividirá en Fuertecillo (A) y Fuertecillo (B) Para Fuertecillo A, se encontraron un total de 15 individuos con una media de 1.5 ± 0.71 individuos/subparcela.

El resultado de índice de dispersión para Fuertecillo (A) es -0.55 este resultado indica que tiene una distribución uniforme (Figura 25).

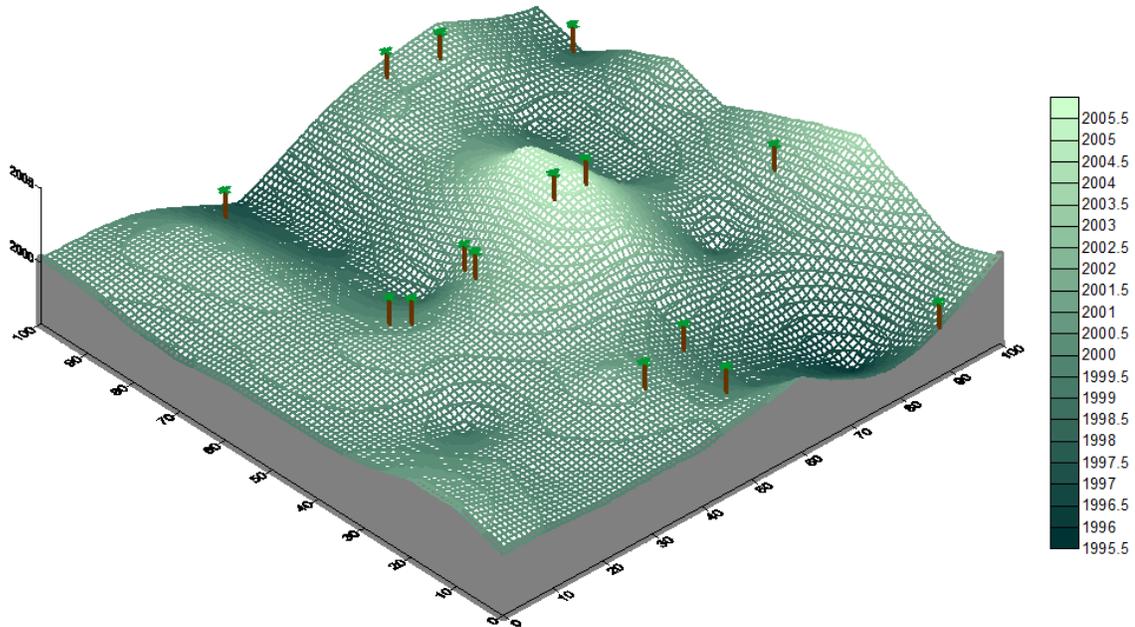


Figura 25: Distribución espacial del copal en una parcela de 1 ha en Fuertecillo (A). La barra de la derecha indica la altitud donde ha sido instalada la parcela

Fuertecillo B se identificaron 22 individuos con una media de 1.38 ± 0.62 individuos/subparcela.

El índice de dispersión es igual a -0.18 dando como resultados una distribución uniforme (Figura 26).

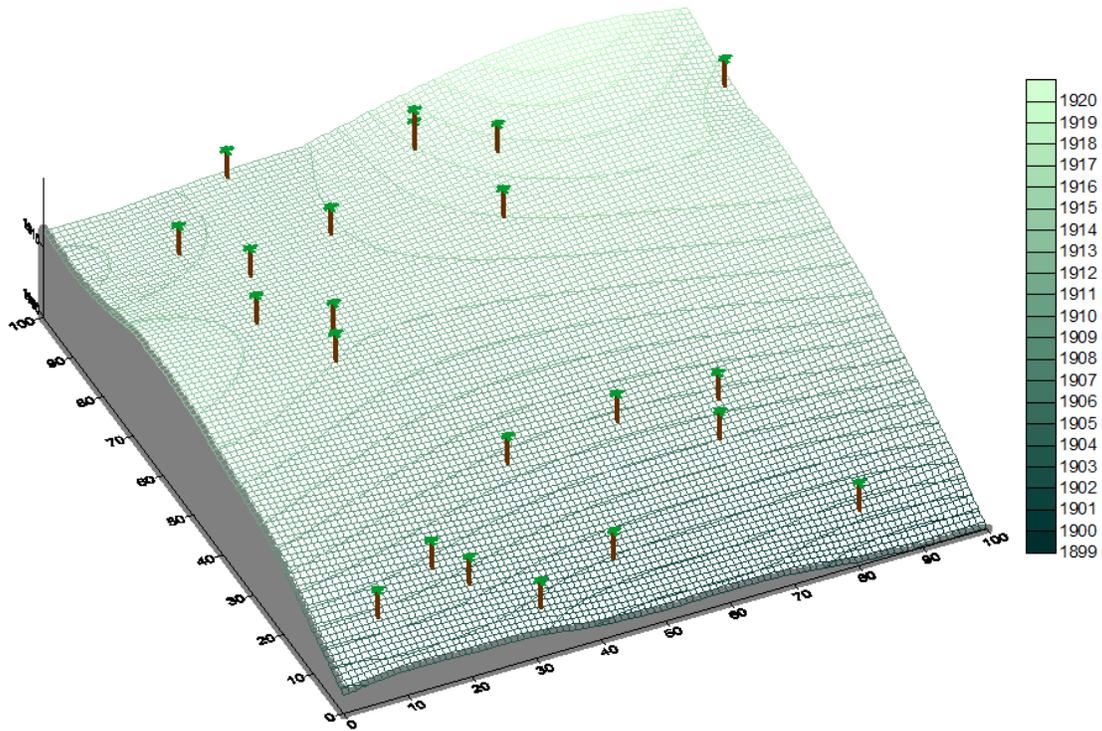


Figura 26: Distribución espacial del copal en una parcela de 1 ha en Fuertecillo (B). La barra de la derecha indica la altitud donde ha sido instalada la parcela

En la comunidad de Santo Domingo, también se instalaron dos parcelas de una hectárea donde se las denominó como Santo Domingo (A) y Santo Domingo (B). (Figura 27 y 28)



En Santo Domingo A se identificaron 15 individuos con un media de 1.36 ± 0.67 individuos/subparcela..

Con un resultado en el índice de dispersión de -0.12 este resultado indica un patrón de distribución uniforme (figura 27).

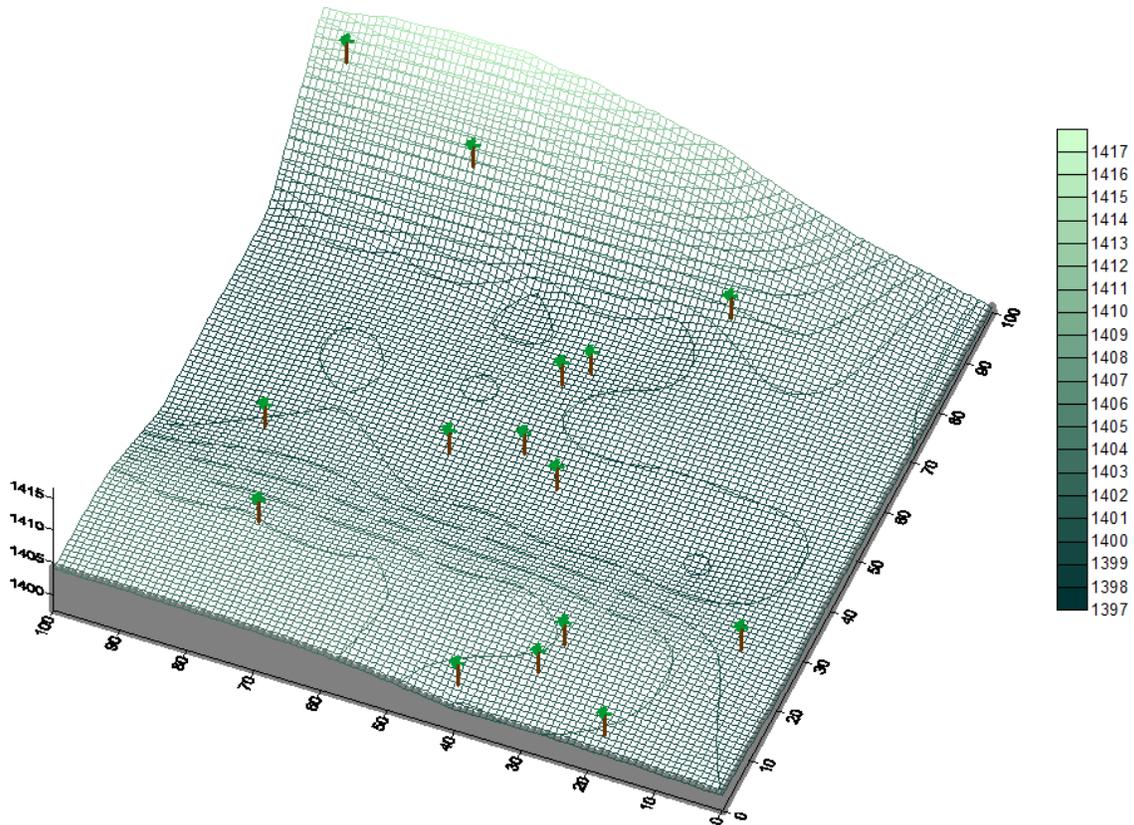


Figura 27: Distribución espacial del copal en una parcela de 1 ha en Santo Domingo (A). La barra de la derecha indica la altitud donde ha sido instalada la parcela.



Santo Domingo B tuvo 9 individuos con una media de 1.15 ± 0.71 individuos/subparcela.

El valor obtenido para el índice de dispersión es de -0.62 este resultado indica que tiene un patrón uniforme (Figura 28).

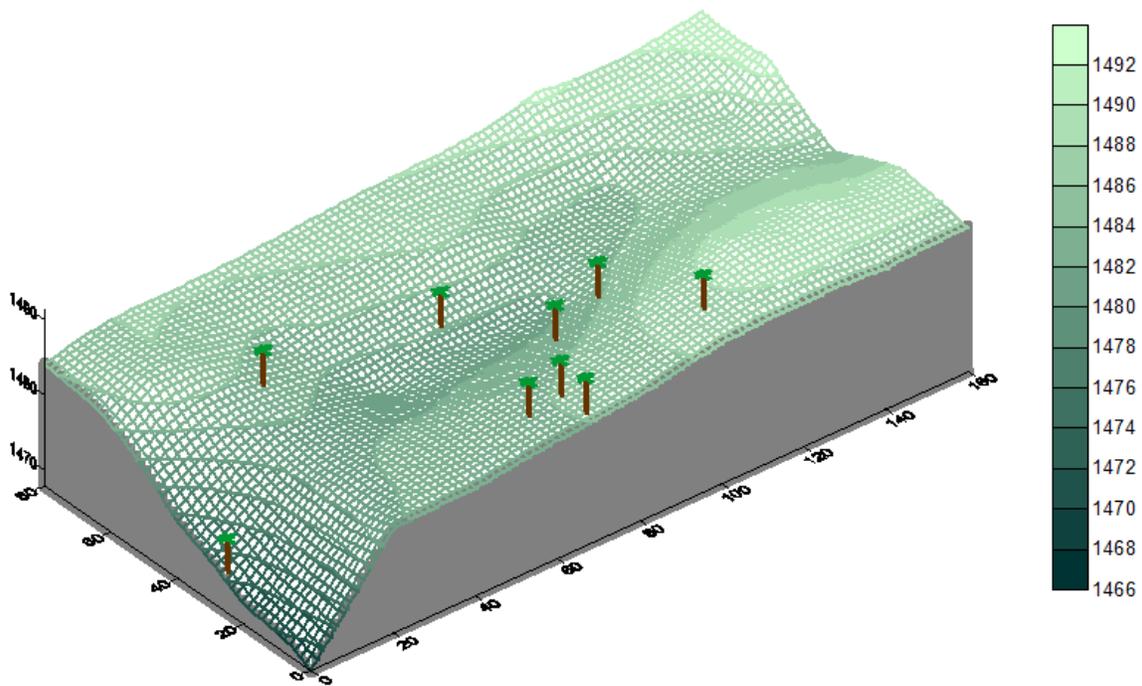


Figura 28: Distribución espacial del copal en una parcela de 1 ha en Santo Domingo (B). La barra de la derecha indica la altitud donde ha sido instalada la parcela



6.3 Distribución de tamaños del Copal (*Protium aff. montanum* Swart)

De las parcelas temporales evaluadas en las seis diferentes localidades, Fuertecillo es el que tiene mayor número de individuos seguido por Mamacona (Fig. 29).

Donde fuertecillo es un bosque húmedo estacional basimontano y fueron instaladas 10 parcelas temporales en laderas que se encuentran entre 1650 a 2150 msnm y mamacona según Navarro, 2006 es un bosque montano superior húmedo pluvial y fueron instaladas 10 parcelas temporales que se encuentran ubicadas entre ladera y terraza en un altitud de 1530 a 1600 msnm.

En cambio a las demás localidades se caracteriza un numero bajo de individuos. Las parcelas instaladas en la localidad de San Martín se encuentran en una altitud de 1100 a 1600 aproximadamente con características de estar instaladas en laderas.

Para Santo Domingo son 10 transectos que se encuentran entre ladera y plano mal drenado con una altitud de 1400 a 1530 msnm En Wayrapata son 10 transectos que se encuentran entre 940 y 1470 msnm instaladas en ladera

Numero de individuos Vs Parcelas

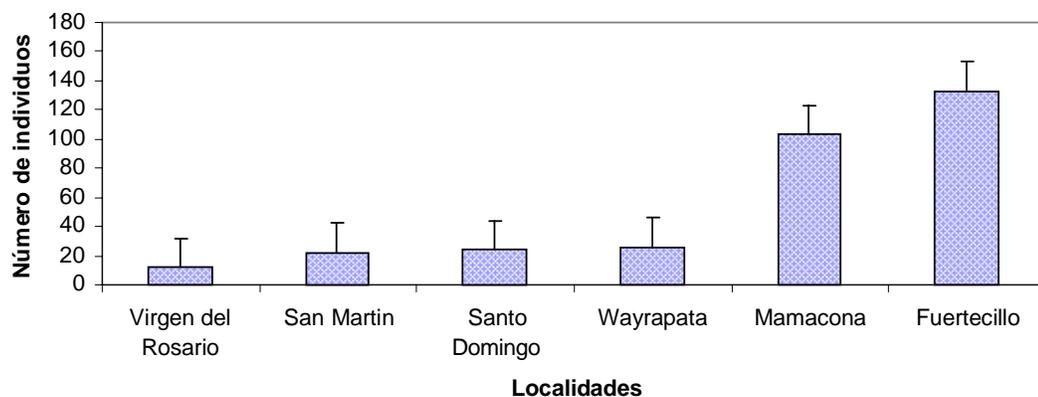


Figura 29: Densidad poblacional de los individuos en las seis localidades



6.3.1 Estructura horizontal por comunidad

En la el caso de Mamacona el comportamiento que representa la relación de número de individuos/clases diamétricas, en su distribución se puede notar que decae exponencialmente, reflejando una población con más individuos juveniles que adultos, hasta llegar a una clase diamétricas de 75 a 80 cm de dap (figura 30).

En la figura 30 se observa que en Santo Domingo no existe la clase de 2,5 a 5 cm y también se observa un pequeño incremento en la clase 45 a 50 cm. Para la columna que representa a Fuertecillo se observa que existe un buen número de individuos juveniles que van desde 2.5 a 5 cm y termina en individuos con clase diamétricas de 50 a 55 cm de dap.

En Wayrapata existe un reclutamiento de individuos desde la clase 2.5 a 5 cm hasta la clase de 75 a 80 cm aunque en la clase 15 a 20 cm se observa una disminución de individuos pero mantiene la forma de una jota invertida (Figura 30).

Por el contrario en Virgen del Rosario solo se observaron individuos que llegaron a una clase diamétricas de 20 cm, al igual que San Martin llega hasta la clase diamétricas de 30 a 35 cm (figura 30).

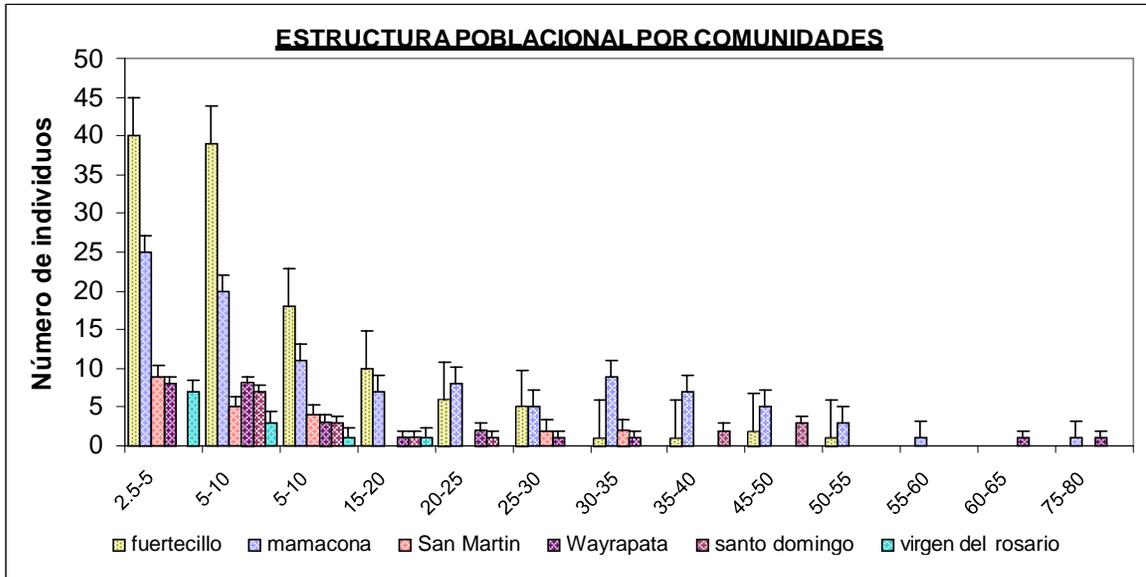


Figura 30: Estructura poblacional de las comunidades del parque Madidi.

6.3.2 Estructura vertical del copal (*Protium aff. montanum* Swart)

Se puede observar que existe una relación entre el número de individuos y su estructura vertical, es decir que presenta una distribución exponencial y que es característico de la recolección de individuos jóvenes que tienen una menor altura pero a la vez se presentan en mayor cantidad de individuos y llegando a la clase de 30.1 a 40 m con menor número de individuos adultos. A excepción de la comunidad de mamacona que en la clase de 2 a 10 m tiene un menor reclutamiento de individuos y en la siguiente clase altimétrica tiende a subir (Figura 31).

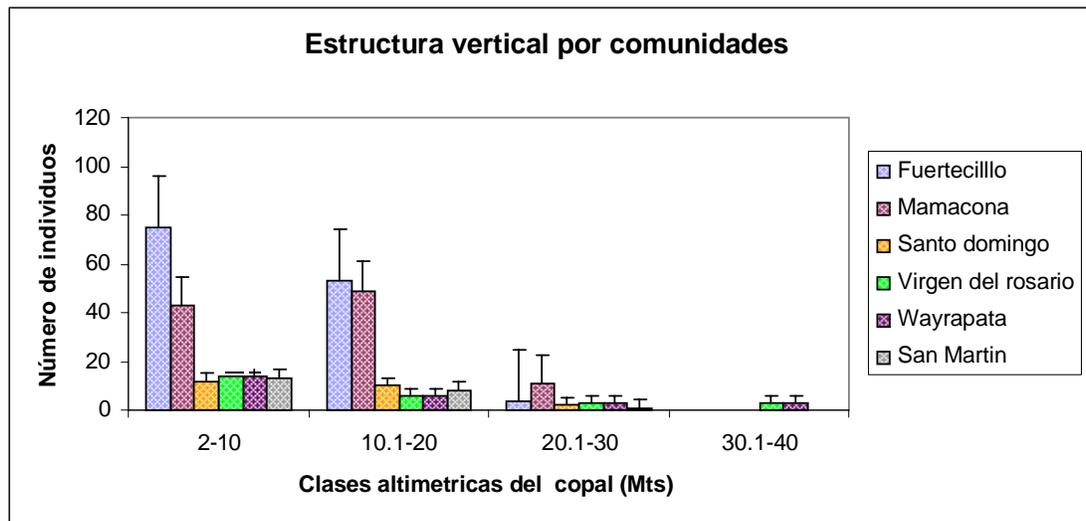


Figura 31: Estructura vertical por comunidades

7 DISCUSIONES

7.1 Distribución Potencial

Kazuya *et al.* (2006) mencionan que la incorporación de datos derivados de los modelos digitales de elevación (altitud, pendiente, exposición) e índices de vegetación como se realizó en este modelamiento de la especie, muestra áreas de distribución de sus comunidades vegetales de una manera precisa y confiable pero a la vez es necesario verificar algunos lugares de predicción.

La figura 13 muestra que existe un margen de probabilidad de ocurrencia que sale del parque Madidi; esto es debido a que el modelo demuestra una correlación de las características ambientales que tiene más semejanza entre sí.

Es ahí donde la distribución tiene una leve inclinación hacia el departamento de Cochabamba, ya que también presenta bosques montanos con climas pluviales húmedos similares al parque Madidi en la ciudad de La Paz.



La variación de temperatura puede estar limitando su distribución por sus efectos sobre la capacidad competitiva, la resistencia a ciertas enfermedades y también actuar sobre cualquier fase de su ciclo de vida como es la supervivencia, reproducción y desarrollo.

La precipitación del mes más seco y la pendiente tienen un aporte intermedio, en el modelamiento de la distribución potencial dentro de los bosques montanos, en esta zona se muestra una mayor diversidad de bioclimas (temperatura y precipitación) debido tanto al gradiente altitudinal como la diversidad orográfica y topográfica (pendientes, laderas, terrazas) (Navarro, 2006), que son desde pluviales húmedos a pluviestacionales subhúmedos a lo largo de distancias horizontales relativamente muy cortas y el ritmo de las precipitaciones pluviales locales están determinadas por la exposición topográfica (pendiente) que tiene un aporte intermedio (11.4%) y que está relacionada con la exposición (0.2%).

Así también sucede en especies del mismo género como ser *Protium glabrum*, *Protium costaricense*, *Protium panamense* y *Protium confusum* que pertenecen a especies que se encuentran en el caribe y que sus características ecológicas es que se encuentran en lugares bajas y medianas elevaciones y en climas húmedos o muy húmedos (Atlas de Árboles, Arbustos y Palmas de Panama , Purata 2008)

7.2 Patrón de Distribución

En el caso de la distribución del copal dentro de las parcelas presenta una distribución uniforme, a pesar de que en algunos lugares parece estar de manera agregada, pero Fortín & Dale (2005) indican que esto puede presentarse debido a las curvas de nivel y que hay que tomar en cuenta la interpretación de la pendiente y la distancia, porque podría notarse como una comunidad agregada.

Es bien conocido que la orientación de la pendiente afecta la cantidad de radiación solar recibida y afecta directamente en el microclima especialmente sobre la



temperatura del aire y la humedad del suelo (Fekedulegn *et al.*, 2002), si bien este análisis no se hizo en la distribución potencial se puede identificar esta característica en las parcelas permanentes instaladas que tienen en común una pendiente media lo cual hace que reciba radiación directa y afecte en la distribución espacial de la especie.

Se ha registrado que hay mayor número de individuos en los lugares elevados más que en los lugares bajos; además las parcelas se encuentran instaladas en ladera en el caso de Mamacona tiene 29 individuos y está ubicada a los 1.626 msnm; también se observa a Fuertecillo (A) que presenta una topografía de ladera ondulada y que está instalada en 1.900 msnm y con 15 individuos encontrados y para Fuertecillo B que se encuentra instalada también en ladera a una altitud de 2.000 msnm con 22 individuos identificados. En último caso esta Santo Domingo con una topografía de plano mal drenado para ambas parcelas y se encuentran a 1.400 y 1.468 msnm respectivamente con 15 individuos para Santo Domingo (A) y 9 para Santo Domingo (B). Según Árboles, Arbustos y Palmas de Panamá en las especies de Burseráceas como ser el *Protium correare*, *Protium costarricense*, (Rose) Engl., *Protium glabrum* (Rose) Engl. y *Protium panamense* (Rose) I.M. Johnst., su ecología indica que se encuentra en climas húmedos o semihúmedos y que están ausentes en bosques secos, también hace referencia a que crece en pequeñas y bajas elevaciones que abarca desde los 500 a 1300 msnm, también Fuentes 2009, hace referencia que esta especie se distribuye entre los 1000 y 2000 msnm y que crece en bosques primarios, especialmente sobre laderas de pendiente media que coincide con la parcelas permanentes instaladas para su análisis en la distribución espacial y también hace referencia que se encuentra en áreas con bioclima pluvial de los pisos submontano inferior y montano inferior pluvial lo que se asemeja a la relación con la distribución potencial realizada con el presente estudio.



7.3 Distribución de Tamaños

Fuertecillo, Mamacona, Wayrapata, San Martín y Virgen del Rosario presentan una distribución de una jota invertida, esta distribución se encuentra comúnmente en las poblaciones naturales que son estables en la densidad y la auto sustitución, aunque en San Martín y Virgen del Rosario se encontraron a pocos individuos y con un dap que no sobrepasan los 35 cm, esto se puede deber al tipo y la ubicación del muestreo (Fortin & Dale, 2005). Esto indica que las poblaciones del copal de los yungas en las poblaciones estudiadas se encuentran estables y en buen estado

En el caso de la localidad de Santo Domingo la forma que presenta esta distribución es de una “U” es decir que existe un aumento en el número de individuos adultos (45-50 cm de dap) (Figura 30) esto indica que existe una población de larga vida de la especie y esta característica puede llegar aún bajo período de reclutamiento esto puede ser debido a la extracción de la resina y también a que las plántulas pueden ser pisoteadas o macheteadas en el proceso de la recolección o extracción impidiendo una normal regeneración del Copal (factor antrópico) en esta comunidad ya que uno de sus ingresos económicos es acopio y venta de esta resina y de esta actividad resulta un efecto en el desarrollo normal de la especie.

En lugares como Mamacona y Fuertecillo se encuentra una buena cantidad de individuos y que son parcelas ubicadas en ladera y que se encuentran en lugares donde la distribución potencial es alta y tienen un patrón de distribución uniforme.

En el caso de Santo Domingo se encuentra donde la distribución potencial tiene una tendencia media, su patrón de distribución es uniforme pero presenta una topografía de plano mal drenado que al parecer no es la adecuada para el desarrollo del copal de los Yungas.



8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

- La distribución potencial del copal se distribuye principalmente a lo largo de los bosques montanos pluviales del piso basimontano.
- Las zonas identificadas donde se distribuye el copal tienen una Temperatura media anual de 19 a 23 °C y una precipitación anual de 900 a 2300 mm.
- En la distribución potencial se puede diferenciar dos zonas altitudinales donde existe presencia de copal que abarcan bosques desde los 900 a 1300 msnm, hasta los 1900 a 2100 msnm
- El patrón de distribución del copal en las diferentes parcelas nos muestra un patrón uniforme.
- No existen muchos individuos de copal en suelos planos y mal drenados
- El copal tiene un mejor desarrollo en lugares con pendientes medias Con suelos bien drenados.
- La distribución de “J” invertida en la estructura de tamaños de las parcelas de Mamacona, Fuertecillo, San Martín, Wayrapata y Virgen del Rosario indica que actualmente existe una intervención antrópica mínima
- En el caso de Santo domingo presenta una distribución en forma de “U” la cual indica que existe una extracción intensa de Copal y afecta la estructura poblacional y que generara a través del tiempo una inestabilidad poblacional.



8.2 Recomendaciones

- El copal tiene un potencial como un recurso no maderable es decir que con un buen manejo se podría extraer cantidades de resina de copal sin afectar las poblaciones actuales y así mismo darle un buen manejo contribuiría a su conservación y también al desarrollo de las comunidades que trabajan en la extracción de la resina de copal
- La capacitación sobre un manejo adecuado a las comunidades que extraen esta resina es necesaria así para que los mismos comuneros tengan ingresos constantes y no así en temporadas, además de alargar la vida útil de esta especie.
- En relación a la distribución del copal hacen falta más estudios, la falta de colecciones a lo largo del parque e incluso a nivel de país hace que todavía existan vacíos de información donde se podría encontrar más poblaciones de esta especie.



9 BIBLIOGRAFIA.

- Antonini, R. D. & Freitas, A. F. 2004 Estructura populacional e distribuição espacial de *Miconia prasina* D.C. (Melastomataceae) em duas áreas de Floresta Atlântica na Ilha Grande, RJ, Sudeste do Brasil. *Acta bot. bras.* 18(3): 671-676.
- Araujo-Murakami, A. & F. Zenteno. 2006. Bosques de los andes orientales de Bolivia y sus especies útiles. *Botánica Económica de los Andes Centrales* Pp. 146–161,
- Badii, M. H., A. E. Flores, R. Foroughbakhch y H. Quiróz. 2000. Fundamentos de muestreo. *Fundamentos y perspectivas de control biológico*: 129-153.
- Begon, M. , Colin R., Harper L., 2006, *Ecology : from individuals to ecosystems*, Blackwell Publishing Ltd 4th ed
- .BOLFOR 2007, *Ecología y Silvicultura de especies menos conocidas; Mara Macho (Cedrelinga catenaeforme Ducke)*, Instituto Boliviano de Investigación Forestal IBIF: 8-10
- Brower, J.E. & Zar, J.H. 1984. *Field & laboratory methods for general ecology*. 2nd ed. W.C. Brown Publishers, Iowa.
- Challenger 1998 *Utilización y conservación de los sistemas terrestres de México*, CONABIO, México
- Cornejo X., 2006, Nota acerca del «Palo Santo» *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planchon (BURSERACEAE), *Boletín del Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara, México*, Vol.12, Núm. 2: 45-46
- DALY, D.C. 1992. New taxa and combinations in *Protium* Burm. f.: *Studies in neotropical Burseraceae VI*. *Brittonia* 44(3):280–299.
- De Souza A. 2007. Spatial distribution of *duguetia furfuracea* (A. St.-Hill) Benth. & Hook. (Annonaceae) in a shrub-cerrado at Caiaponia Country, Go, Brazil. *Biosciencie Journal* 23(2) p. 96-104
- Enríquez C. 2002, *Informe de mercadeo incienso y copal*, Apolo, La Paz, Bolivia



- Fekedulegn D., Hicks R.R. & Coldbert J.J., 2002 Influence of topographic aspect precipitation and drought on radial growth of four major tree species in an Appalachian watershed, *Forest Ecology and Management* 177, p. 409-425
- Fernandez I., Soto Y., Rodriguez L., Blanco A., Gonzales R., Alvarado K., Cala M., 2005 Estudio de la germinación y comportamiento de posturas de copal (*Protium cubensis* Ros. Urban) en fase de vivero. Disponible en www.dama.gov.co, Consultado el 24 de Diciembre del 2008
- Fine P. s/f, Disponible en www.fmnh.org/plantguides Guía para BURSERACEAE de Allpahuayo-Mishana, Consultado el 2 de Septiembre del 2008.
- Fischer, J., Lindenmayer D. , Nix H., Stein J. & Stein J. A.; 2001. Climate and Animal distribution: a climatic analysis of the australian marsupial *trichosurus caninus*; *Journal of biogeography* 28: 293-304.
- Fortin M.J. & Dale M., 2005, *Spatial Analysis, A Guide for Ecologist*, Ed.: Cambridge University Press, Cambridge University, New York, USA., p 25
- Fuentes A. F., 2009, Identidad Taxonómica y Aspectos sobre la Historia Natural y usos del “Copal De Los Yungas” en Bolivia, *Kempffiana* 5(2):3-19.
- Gentry A. 1982. Patterns of Neotropical plant species diversity. Hecht, Waliace & Prance (eds.). *Missouri Botanical Garden* 15: 84p
- Gentry, A. 1995. Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical montane forest. pp. 103–126. En: S. Churchill, H. Balsley, E. Forero y J. Luteyn (eds.) *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forest*. The New York Botanical Garden, Nueva York.
- Guisan A. & Hofer U., 2003 Predicting reptile distributions at the mososcale relation to climate and topography, *Journal of Biogeography* 30, p 1233-1243
- Hall P.& Bawa K. 1993, Methods to asses the impact of extraction of non-timber tropical forest products on plant populations. *Economic Botany* 47(3) p 234-247
- Hazen W., 1966, Analysis of spatial pattern in epiphytes, *Ecology*, vol 47 N° 4



- IDEAM (Estudios Ambientales), Perfil monográfico de burseráceas de la cuenca del Río Grande de la Magdalena con énfasis en especies forestales, Universidad Nacional De Colombia, Bogotá D.C., Marzo de 2001
- Kazuya N., Gómez I., López R., Meneses R. & Vargas J., 2006, Comparación de modelos de distribución de especies para predecir la distribución potencial de vida silvestre en Bolivia, *Ecología en Bolivia*, 41(1): p 65-78.
- Kazuya N., Villegas J., Siles T., 2008, Datos ambientales, Curso: Métodos de Modelamiento de Distribución de Especies y sus Aplicaciones – 2da versión
- Killen T., García E., Beck S., 1993. Guía de Árboles de Bolivia, Herbario Nacional de Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés, Ed. Instituto de Ecología, La Paz Bolivia, p. 29,168
- Killen T., A. Jardim, F. Mamani, N. Rojas & P. Saravia. 1998, Diversity, composition and structure of a tropical semideciduous forest in the chiquitania region of Santa cruz, Bolivia *journal of tropical ecology* 14 (6): 803-827.
- Krebs, C. J. 1978. *Ecology; the experimental analysis of distribution and abundance*. Harper y Row Publishers. Nueva York. 678 p.
- Krebs, C. J. 1986. *Ecological Methodology*, Harper y Row Publishers. Nueva York.
- Lindenmayer, D, Nix H., McMahon J., Hutchinson M. & Tanton M., 1991. The conservation of Leadbeater's possum, *Gymnobelideus leadbeateri* (McCoy): a case study of the use of bioclimatic modeling. *Journal of Biogeography* 18: 371-383.
- López P, Clara García C., García F., Aguilar J., & Verdejo J. 2004, Patrón De Distribución Del Águila Real *Aquila Chrysaetos* Y Del Águila-Azor Perdicera *Hieraaetus Fasciatus* En La Provincia De Castellón. *Ardeola* 51(2), p. 275-283
- Machado F. 2008, Manejo de Produtos Florestais Não Madeireiros: um manual com sugestões para o manejo participativo em comunidades da Amazônia, Ed. PESACRE e CIFOR, Rio Branco, Acre, Brasil



- Malleux J. 1974 Análisis de dispersión de 10 especies forestales de un bosque húmedo tropical En: Revista forestal del Perú, volumen 5
- Matteucci, S. y Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Monografía 22. Organización de los Estados Americanos, Washington. 168 p.
- Mercado, N. & Wallace R., 2010; Distribución de primates en Bolivia y áreas prioritarias para su conservación, Tropical Conservation Science Vol.3 (2):200-217, 2010
- Mihotek K., 1996 Comunidades, territorios indígenas y Biodiversidad en Bolivia, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Santa Cruz, Bolivia
- Navarro G. & Maldonado, M. 2002. Geografía Ecológica de Bolivia, Centro de Ecología Simón I. Patiño – Departamento de Difusión, Cochabamba – Bolivia
- Neels S. s/f, Informe del estudio del rendimiento (de la resina) fenología y etnobotánica del especie de arbole tropical Copal (*Protium copal*), Universidad de Colombia Britanica, Vancouver Canada
- Norheim, T. 1996. Uso y aprovechamiento Tradicional de Productos Forestales no Maderables en la Región Andina. PROBONA. Bolivia. 25p.
- Paredes, S. 2008. Composición, Estructura y Biomasa del Bosque Semideciduo Andino del Valle Del Rio San Juan, Parque Nacional MADIDI. Tesis de Grado Universidad Mayor de San Andres, La Paz, Bolivia 29p.
- Phillips S.J. 2005. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modeling* 190: 231-259
- Phillips, S. J., & Dudík M., 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31:161-175.
- Pielou, E. C. 1969. An Introduction to Mathematical Ecology. Ed. John Wiley and Sons, Inc., New York. EEUU
- Plowden, C. 2004. Resina de la brea (*Protium* spp.). Pp. 125–129, en: Explotando el Mercado Verde. Certificación y Manejo de Productos Forestales no Maderables (P. Shanley, A. Pierce, S. Laird & A. Guillén, eds.). WWF, Pueblo y Plantas, UNESCO, Royal Botanic Gardens, Kew, 447 p.



- Pozo P. 2008, *Anacardium Humile* A. St.-Hil (Cayu De Cerrado En la Dinámica Sucesional De Fisonomías del Cerrado (Provincia Chiquitos, Santa Cruz). Tesis de Grado de Licenciatura en Biología. Universidad Mayor de San Andres, La Paz, Bolivia.
- Prodan M., R. Peters, F. Cox & P. I. Reali 1997 *Mensura forestal*, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), San José Costa Rica 586 p.
- Purata, S 2008, *Uso y manejo de los copales aromáticos: resinas y aceites*, CONABIO/RAISES, Oaxaca, Mexico, p. 13-20
- Ribera, M.O., M. Liberman, S. Beck y M. Moraes. 1996. *Vegetación de Bolivia. Comunidades, Territorios indígenas y Biodiversidad en Bolivia*. Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno, CIMAR. Santa Cruz-Bolivia, p. 170–222
- Rojas R. 1995 “*Guía para realizar investigaciones sociales*”. Plaza y Valdés Editores. México DF, México, 437 p
- Salleh_____, *Función Productiva de los Bosques*
- GAIA (Grupo Autónomo para la Investigación Ambiental), 2004, *Métodos para la valoración de productos forestales no maderables con fines de manejo sostenible*, Taller de Capacitación, 20-22 de mayo del 2004 Santa María Huatulco, Oaxaca, México
- Souza E. 2006 , *Estudos dos óleos essenciais extraídos de resinas de espécies Protium spp.*, Dissertação apresentada ao Instituto de Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências (Química Analítica), São Carlos, Brazil,
- Souza V.L. & Silva O.A. 2006, *Estructura e distribución espacial de una población de Stryphnodendron adstringens (Mart.) Coville em cerrado da reserva biológica e estação experimental de Mogi Guacu, Estado de São Paulo, Brasil*, *Holos environment* 6(1) pp 55-69.
- Taylor, L. R. 1961. *Aggregation, variance and the mean*, *En: Nature* 189 p. 732



- Valerio J. & Salas C.; 1998, Selección de Practicas Silviculturales para Bosques Tropicales; Manual Técnico, Ed El País, Santa Cruz Bolivia, pp. 4 – 7.
- Vallejo M. I., A .C, Londoña-Vega, R. Lopez-Camacho, G. Galeano, E. Alvarez-Davila & W. Devia-Alvarez 2005, Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia, Instituto de investigación de recursos Biológicos, Alexander Von Humboldt, Bogota D.C. Colombia, 310 p.
- Villaseñor & Valdés, 2004, Distribución potencial de las especies del género *Jefea* (Asteraceae) en México, Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 75(2): 205-220.
- Young B.E. 2007. Distribución de las especies endémicas en la vertiente oriental de los Andes en Perú y Bolivia. NatureServe, Arlington, Virginia, USA.