

ESTRUCTURA POBLACIONAL Y ESPACIAL DEL COPAIBO (*Copaifera langsdorffii* Desf.) EN LAS COMUNIDADES DE QUITUNUQUIÑA Y YOROROBÁ (ROBORÉ, SANTA CRUZ, BOLIVIA)

Population and spatial structure of copaibo (*Copaifera langsdorffii* Desf.) in the communities of Quitunuquiña and Yororobá (Roboré, Santa Cruz, Bolivia)

Fabiola Díaz-Villarroel<sup>1</sup> & Daniel Villarroel<sup>2, 3\*</sup>

<sup>1</sup>Carrera de Ing. Ambiental, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Av. Busch, módulos universitarios, Santa Cruz, Bolivia.

<sup>2</sup>Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN), km 7.5 carretera a la Guardia, Santa Cruz, Bolivia.

<sup>3</sup>Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Av. Irala 565, Santa Cruz, Bolivia.

\*autor de correspondencia: [danielvillarroel81@hotmail.com](mailto:danielvillarroel81@hotmail.com)

**Resumen:** *Copaifera langsdorffii* Desf., comúnmente conocido como copaibo en la región de la Chiquitania, es un recurso forestal no maderable con alto potencial de aprovechamiento del cual se extrae su oleoresina. En este estudio, evaluamos la estructura poblacional y espacial de los árboles de copaibo en las comunidades de Quitunuquiña y Yororobá (Roboré, Santa Cruz) para generar información técnico-científica que permita desarrollar estrategias y acciones de conservación y aprovechamiento sostenible de la especie. Para este fin, todos los árboles  $\geq 10$  cm de DAP fueron inventariados y georreferenciados en dos áreas identificadas por comunarios locales como el hábitat más favorable para la especie. Los datos registrados fueron utilizados para realizar los análisis de: i. densidad poblacional, expresada en número de árboles por hectárea; ii. estructura horizontal de las poblaciones, determinada mediante la cuantificación de árboles por clases diamétricas; y iii. patrones de distribución espacial de las poblaciones, determinada mediante la función K de Ripley (todos los árboles registrados) y el índice de Moran (por clases diamétricas). Como resultado, un total de 96 árboles fueron registrados en ambas comunidades, estimándose una densidad poblacional de  $2.4 \text{ arb/ha}^{-1}$  en Yororobá (49 árboles en 20 ha muestreadas) y  $1.9 \text{ arb/ha}^{-1}$  en Quitunuquiña (47 árboles en 24.8 ha muestreadas). La estructura horizontal en ambas poblaciones estuvo distribuida siguiendo una tendencia polinómica, y no así la esperada tendencia de reducción exponencial (“J” invertida), situación que puede ser atribuida al gremio ecológico de la especie (esciófita parcial). Espacialmente, el total de árboles que componen las poblaciones estudiadas se encuentran distribuidas de forma agregada; pero, cuando se analizan de acuerdo con sus clases diametrales, los árboles se distribuyen aleatoriamente. Por lo que, espacialmente, árboles con clases diamétricas similares (una misma fase etaria) no se encontrarán formando grupos homogéneos y/o estarán congregados a cortas distancias.

**Palabras clave:** Chiquitania, densidad poblacional, esciófita parcial, recurso forestal no maderable.

**Abstract:** *Copaifera langsdorffii* Desf., commonly known as copaibo in the Chiquitania region, is a non-timber forest resource with high potential for exploitation from which its oleoresin is extracted. In this study, we evaluated the populational and spatial structure of copaibo trees in the communities of Quitunuquiña and Yororobá (Roboré, Santa Cruz) in order to generate technical-scientific information that allows the development of strategies and actions for the conservation and sustainable use of the species. For this purpose, all trees  $\geq 10$  cm of DBH were inventoried and georeferenced in two areas identified by local communities as the most favorable habitat for the species. The recorded data were used to carry out the analyzes of: i. population density, expressed in number of trees per hectare; ii. horizontal structure of populations, determined by quantifying trees by diameter classes; and iii. patterns of spatial distribution of populations, determined using the Ripley's K function (all the trees registered) and the Moran's index (by diameter classes). As a result, a total of 96 trees were registered in both communities, estimating a population density of 2.4 tree/ha<sup>-1</sup> in Yororobá (49 trees in 20 ha sampled) and 1.9 tree/ha<sup>-1</sup> in Quitunuquiña (47 trees in 24.8 ha sampled). The horizontal structure in both populations was distributed following a polynomial trend, and not the expected trend of exponential reduction (inverted "J"), a situation that can be attributed to the ecological guild of the species (partial sciophyte). Spatially, the total number of trees that make up the populations studied was distributed in an aggregate pattern; but, when analyzed according to their diametric classes, the trees happen to be distributed randomly. Therefore, spatially, trees with similar diameter classes (the same age phase) will not be found forming homogeneous groups and/or will be congregated at short distances.

**Key words:** Chiquitania, non-timber forest resource, partial sciophyte, population density.

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el manejo y aprovechamiento de los recursos forestales no maderables se han constituido en una alternativa importante para la generación de ingresos económicos de los habitantes de las comunidades indígenas y originarias, así como también para la conservación de los ecosistemas (Vásquez 2009). La extracción de los recursos forestales no maderables es una forma de aprovechamiento comercial de la biodiversidad (servicio ecosistémico de aprovisionamiento) sin ocasionar daños significativos a las especies y el ecosistema, siempre y cuando se tenga un conocimiento previo y suficiente sobre la biología, ecología y el estado poblacional de la(s) especie(s) dentro del área de aprovechamiento (Rigamonte-Azevedo 2004, Rigamonte-Azevedo *et al.* 2004).

Actualmente, en Bolivia el aprovechamiento de los recursos forestales no maderables se constituye en una temática estratégica que forma parte de la gestión integral de los bosques y el plan nacional de desarrollo, cuya finalidad es lograr la erradicación de la pobreza, alcanzar la seguridad alimentaria y hacer frente a los efectos del cambio climático, además de conservar los recursos naturales y la biodiversidad (FAN 2018).

En la década del 2000, *Copaifera landsdorffii* Desf., comúnmente conocida como copaibo en la Chiquitania, fue identificada como una de las especies promisorias más importantes de dicha región, la cual se destacaba por su alto potencial de aprovechamiento y comercialización (IBCE 2007). Durante este mismo periodo, esta especie, de la que se extrae y aprovecha su oleorresina, ya había llegado a generar ingresos por más de 600 millones de dólares a Perú y Brasil como producto de su exportación (IBCE 2007, Vásquez 2009), siendo los principales mercados el europeo y norteamericano (Cerón 2012). Al mismo tiempo en Bolivia, la demanda de dicha oleorresina por parte de la industria farmacéutica y cosmetológica (Laboratorios Chile) estuvo estimada en aproximadamente 6 mil litros anuales (IBCE 2007). Sin embargo, hasta ahora, una década después, la extracción de oleorresina de copaibo en la Chiquitania apenas llega a cubrir las demandas locales y regionales, existiendo un alto déficit o demanda insatisfecha a nivel nacional (Delgado *et al.* 2018).

De acuerdo con Delgado *et al.* (2018), se estima que la cantidad de oleorresina extraída durante el año 2018 alcanzó aproximadamente 191 litros, volumen que no habría llegado a satisfacer la demanda nacional de dicho producto, pues, sólo a nivel industrial se estaría requiriendo de al menos 299 L/año, sector productivo que podrían adquirir hasta 1262 L/año si la oferta del producto fuera regular y constante. El aprovechamiento y comercialización de la oleorresina del copaibo es una actividad productiva que puede generar ingresos económicos adicionales a los obtenidos mediante las tradicionalmente practicadas en la región de la Chiquitania, tales como la agricultura, ganadería y extracción forestal. No obstante, para garantizar que la extracción de este recurso sea sostenible, e incluso rentable a largo plazo, se debe contar con información sobre la ecología y biología de las poblaciones del copaibo dentro del área o región donde se pretende realizar el aprovechamiento, tal como lo indica Rigamonte-Azevedo (2004) y Rigamonte-Azevedo *et al.* (2004).

El presente estudio tiene como finalidad evaluar la estructura poblacional y espacial de los árboles de copaibo en dos comunidades de la región sur de la Chiquitania, para así generar información técnica-científica que permita desarrollar estrategias y acciones de conservación, y un aprovechamiento familiar y comunal sostenible de este recurso forestal no maderable.

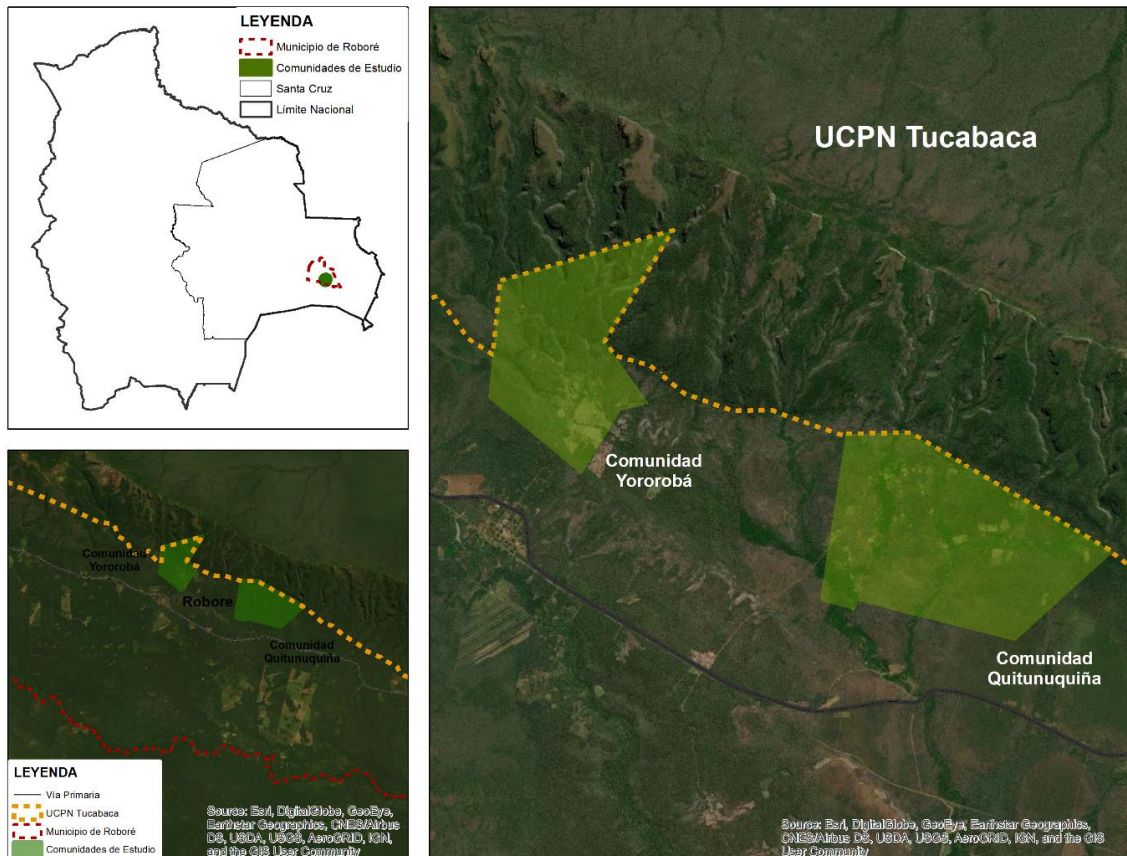
## MÉTODOS

### Área de estudio

La evaluación de la estructura poblacional y espacial del copaibo (*C. langsdorffii*) fue realizada en las comunidades indígenas de Quitunuquiña y Yororobá (Figura 1), ambas localizadas geopolíticamente en el municipio de Roboré, provincia Chiquitos, departamento de Santa Cruz, Bolivia. Administrativamente, estas dos comunidades son parte de la Central Indígena Chiquitana Amanecer Roboré (CICHAR), teniendo como límite jurisdiccional en su extremo norte a la Unidad de Conservación y Patrimonio Natural (UCPN) Tucabaca. Según el Plan Territorial de Desarrollo Integral del municipio

de Roboré (PTDI 2016 - 2020) y la información proporcionada por los representantes locales, las características de extensión y población de estas dos comunidades son:

- Yororobá: Comunidad que se extiende sobre aproximadamente 1195 ha, estando habitada por 32 familias.
- Quitunuquiña: Comunidad que se extiende sobre una superficie de aproximadamente 1861 ha, albergando a 45 familias.



**Figura 1.** Ubicación geográfica de las dos comunidades estudiadas y su relación con la UCPN Tucabaca.

### Clasificación taxonómica y características de la especie

Nombre común en español: copaibo, copaibo colorao, copaibo negro

Nombre común en besiro: copaibo

Nombre común en portugués: copaíba, pau d'óleo

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.

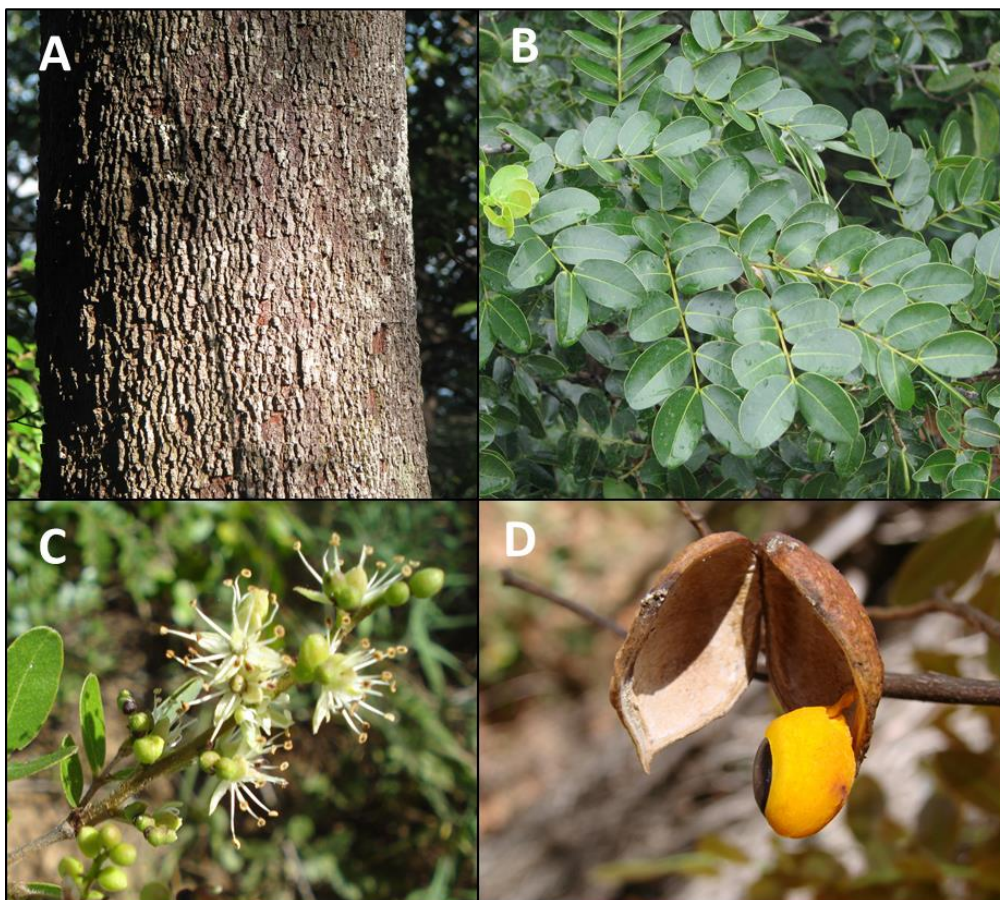
Orden: Fabales Bromhead

Familia: Fabaceae Lindl.

Género: *Copaifera* L.

Especie: *Copaifera langsdorffii* Desf.

**Árbol** de tamaño variable, entre 2 a 3 m de altura cuando crece en el cerrado *sensu stricto*, de 5 a 10 m en el cerrado, y entre 15 y 25 m en el bosque chiquitano subhúmedo. **Fuste** recto y cilíndrico, de hasta más de 50 cm de diámetro; corteza externa de color pardo oscuro o rojizo, la cual se desprende fácilmente (Figura 2A); corteza interna de color rosáceo claro. **Hojas** alternas, compuestas, parapinnadas, con 3 a 5 pares de folíolos opuestos y/o raramente subopuestos (Figura 2B); folíolos coriáceos, elípticos, ovados u orbiculares, base asimétrica, redondeada o truncada, ápice obtuso o redondeado, siempre emarginado. **Inflorescencia** en panículas terminales de hasta 10 cm de largo, llegando a formar un promedio de aproximadamente 125 flores ( $\pm 46$ ). **Flores** hermafroditas, menores de 0.5 cm de diámetro, corolas de color blanco o blanco verdusco (Figura 2C), con aroma suave y dulce. **Fruto** legumbre, dehiscente (Figura 2D), ligeramente falcados, 1 a 3 cm de ancho. **Semillas** negras, cubiertas con arilo amarillo anaranjado (Figura 2D) (Freitas & Oliveira 2002, Vásquez 2009, Castro Souza 2011).



**Figura 2.** Partes vegetativas y reproductivas del copaibo.  
A= fuste con su corteza externa; B= hojas; C= flores; D= fruto y semilla.

### Diseño de muestreo y toma de datos

El diseño de muestreo aplicado para el estudio de las poblaciones del copaibo en las comunidades fue de tipo no probabilístico (Otzen & Manterola 2017), habiendo concentrado los esfuerzos de muestreo en dos áreas grandes (140.8 ha en Quitunuquiña, y 57.4 ha en Yororobá; Figura 3), las cuales están localizadas específicamente en los

cañones de la serranía Chiquitana (Montes de Oca 1995) o también conocidas como serranía de Santiago (Rafiqpoor & Ibisch 2003). Estas áreas, que representan los límites naturales del bosque chiquitano húmedo en la región y son, de acuerdo con la literatura (Cordeiro 2013), así como la información proporcionada por los comunarios locales, las zonas que poseen características ambientales favorables para el crecimiento de la especie y, además, donde ésta alcanza una mayor abundancia.

Los inventarios de campo, ejecutados entre el 2 al 9 de febrero de 2020, consistieron en la búsqueda intensiva de todos aquellos árboles de copaibo  $\geq$  a 10 cm de diámetro medidos a los 1.3 m del suelo (DAP), para lo cual, se recorrió en zigzag 24.8 ha en Quitunuquiña, y 20 ha en Yororobá, lo cual representa el 17.6 y 35.9 % de la superficie total de cada área de estudio, respectivamente (Figura 3). El tiempo de muestreo en cada comunidad fue de dos días, cada día con una jornada laboral de 6 a 7 horas de trabajo continuo. El equipo de trabajo responsable por la búsqueda intensiva del copaibo estuvo conformado por cuatro personas (dos comunarios locales y dos técnicos). Todos los árboles encontrados fueron georreferenciados mediante la toma de sus coordenadas geográficas, registrando también su diámetro, altura total y estado sanitario.

### **Análisis de datos**

Todos los datos registrados durante los inventarios fueron sistematizados, organizados y uniformizados en planillas electrónicas de *Microsoft Excel*, para así realizar los siguientes análisis estadísticos:

#### Densidad de árboles

La densidad de árboles de copaibo, es un atributo que se midió con la finalidad de estimar el número de individuos por unidad de superficie (árboles por hectárea; arb/ha<sup>-1</sup>) Este atributo fue estimado mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$D = N/A$$

Donde:

D = densidad de árboles por hectárea (arb/ha<sup>-1</sup>)

N = número de árboles registrados en todo el inventario

A = superficie total muestreada

#### Estructura poblacional

La estructura horizontal de las poblaciones ( $\geq$  10 cm de DAP) de copaibo fue determinada mediante la cuantificación del número de individuos acumulados por intervalos o clases diamétricas (Lamprecht 1990), las mismas que son una aproximación de las fases etarias (árboles con diámetros menores son más jóvenes que árboles con diámetros mayores). Estos resultados fueron representados en histogramas. Así también, basados en estos histogramas se realizó la exploración de las tendencias de distribución,

y según Lamprecht (1990), generalmente se espera que los individuos dentro de una población se encuentren distribuidos siguiendo una tendencia exponencial.

### Estructura espacial

La evaluación de los patrones de distribución espacial de los árboles de copaibo en cada uno de los sitios muestreados, los mismos que podrían resultar de tipo regular, aleatorio o agregado; fueron analizados mediante los siguientes estadísticos:

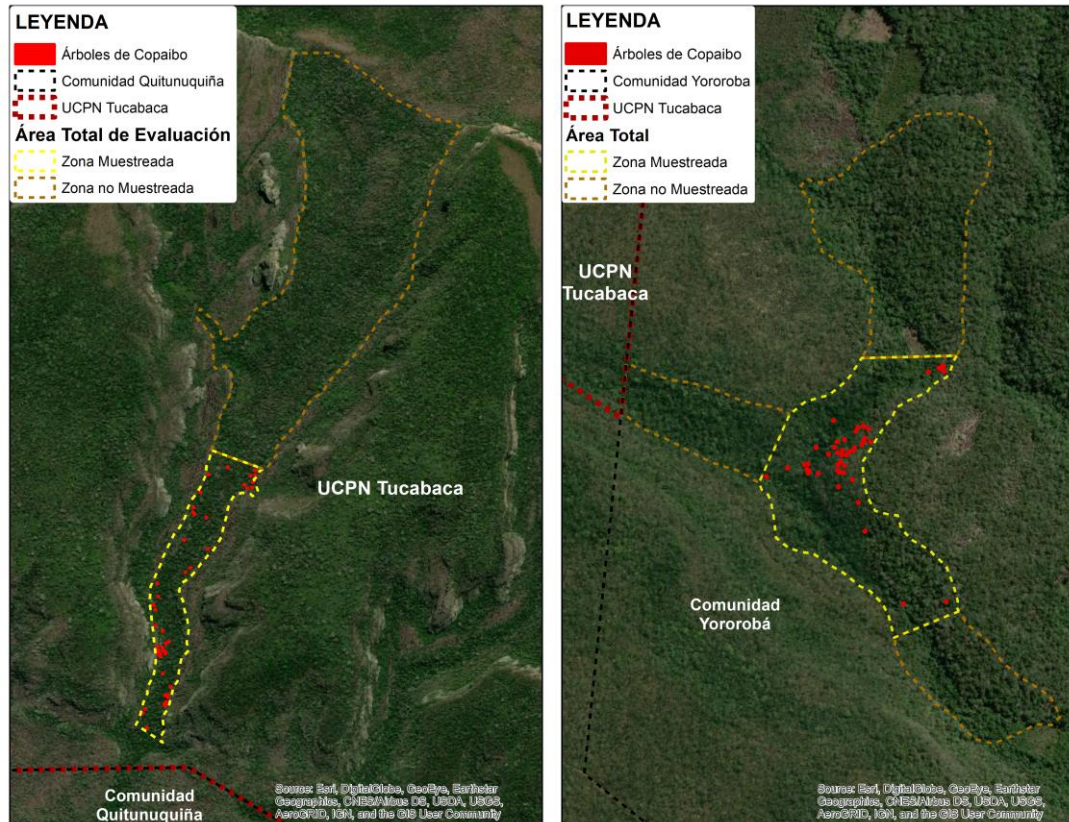
- Función K de Ripley (Ripley 1976), aplicado para analizar el patrón de distribución de todos los árboles registrados, independientemente de su fase etaria o clase diamétrica. Conjuntamente con la función K de Ripley, y para ilustrar el patrón de distribución resultante, todos los árboles fueron representados geográficamente sobre los ejes cartesianos “X” y “Y” utilizando el método de interpolación de Densidad de Kernel (Fieberg 2007), para lo cual, y con la finalidad de disminuir el error de geoposicionamiento del GPS, se aplicó un radio de 10 m alrededor de cada árbol registrado. Estos dos análisis fueron ejecutados y graficados con el programa Past v.2.05 (Hammer *et al.* 2001).
- Índice de Moran, o también denominado como “Moran I” (Moran 1950), fue utilizado para analizar los patrones de distribución de los árboles de copaibo en función de sus respectivas fases etarias o clases diamétricas. Este análisis fue realizado mediante la función *Spatial Autocorrelation* (Morans I) del programa ArcGis v.10.4.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **Densidad poblacional del copaibo**

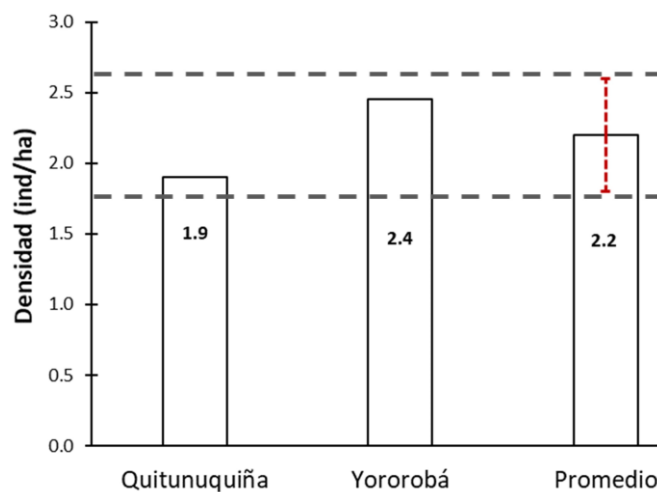
Como resultado del inventario, dentro de las dos áreas estudiadas se logró registrar un total de 96 árboles de copaibo ( $\geq 10$  cm de DAP). La mayor abundancia de árboles fue registrada en la comunidad de Yororobá con un total de 49 individuos inventariados en las 20 ha recorridas (Figura 3), lo que resultó en una densidad poblacional de  $2.4 \text{ arb/ha}^{-1}$ . Por otro lado, en Quitunuquiña, donde la superficie de muestreo alcanzó las 24.8 ha, sólo se registró a 47 árboles de copaibo (Figura 3), por lo cual, en esta área la densidad poblacional fue de  $1.9 \text{ arb/ha}^{-1}$ .

Considerando estos dos valores de densidad, se estima que la densidad poblacional promedio de copaibo en los bosques de cañones de este sector de la serranía Chiquitana (bosque chiquitano húmedo) podría oscilar entorno de  $2.2 \text{ arb/ha}^{-1}$  ( $\pm 0.4 \text{ arb/ha}^{-1}$ ), valor que no resulta diferente a los registrados dentro de Quitunuquiña y Yororobá (Figura 4).



**Figura 3.** Árboles de copaibo registrados mediante los inventarios en las áreas de muestreo.

En relación a los valores de densidad de copaibo reportados por Vásquez (2009), a partir de inventarios poblaciones realizados en la Sociedad Agropecuaria Futuro (SAF; municipio de Concepción; región Norte de la Chiquitania), los valores obtenidos en el presente estudio resultan relativamente similares al estimado para el denominado bosque de *Attalea speciosa* y *Achatocarpus praecox* ( $2.9 \text{ arb/ha}^{-1}$ ), pero contrastantemente inferior al del bosque de *Achatocarpus praecox* y *Copaifera langsdorffii*, donde la densidad de árboles de copaibo osciló entorno de  $50 \text{ arb/ha}^{-1}$ .



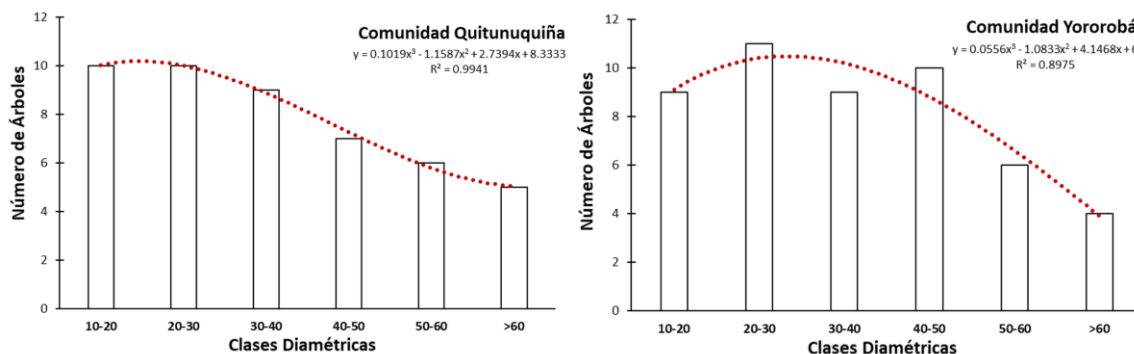
**Figura 4.** Densidad promedio de árboles de copaibo estimados para las dos comunidades estudiadas, así como para este sector de la serranía.



De acuerdo a Rigamonte-Azevedo *et al.* (2004), en Brasil, la densidad poblacional del género *Copaifera*, distribuido en la región de la Amazonía y Cerrado, generalmente varía entre 0.1 a 2 arb/ha<sup>-1</sup>, siendo *C. langsdorffii* la especie más común y ampliamente distribuida. En la región de la Amazonía, Rigamonte-Azevedo (2004), al evaluar 37 ha de superficie (sudeste de la Amazonía, Rio Branco, Brasil) estimó una densidad poblacional que osciló entre 0.16 a 1.5 arb/ha<sup>-1</sup>; así también, Cordeiro (2013), en la región del Rio Trombetas (Pará, Brasil), reportó densidades poblacionales de entre 0.55 y 0.45 arb/ha<sup>-1</sup>. Por otro lado, en la región central del Cerrado (Distrito Federal; Brasil), Conte Leite & Salomão (1992), en 21 ha muestreadas lograron registrar 57 árboles de *C. langsdorffii*, equivalente a 2.7 arb/ha<sup>-1</sup>.

### Estructura horizontal de la población de copaibo

Los árboles registrados en ambas áreas de muestreo presentaron una distribución atípica en su estructura poblacional, ya que, de acuerdo con el análisis exploratorio de tendencias de distribución, estas se encuentran estructuradas siguiendo una tendencia polinómica (Figura 5), siendo así, diferentes a la denominada y esperada “J” invertida, la cual muestra una reducción exponencial del número de individuos desde las clases menores a las clases mayores (Lamprecht 1990). En Quitunuquiña, la distribución del número de individuos por clases diamétricas indicó una cierta homogeneidad en las tres primeras clases, para luego disminuir sutil y gradualmente hacia las clases superiores. Por otro lado, en Yororobá, la abundancia de árboles se distribuyó mostrando fluctuaciones con incremento y decremento en las cuatro primeras clases diamétricas, para luego disminuir linealmente en las clases posteriores (Figura 5).



**Figura 5.** Tendencia de distribución diamétrica de los árboles de copaibo en dos comunidades del municipio de Roboré.

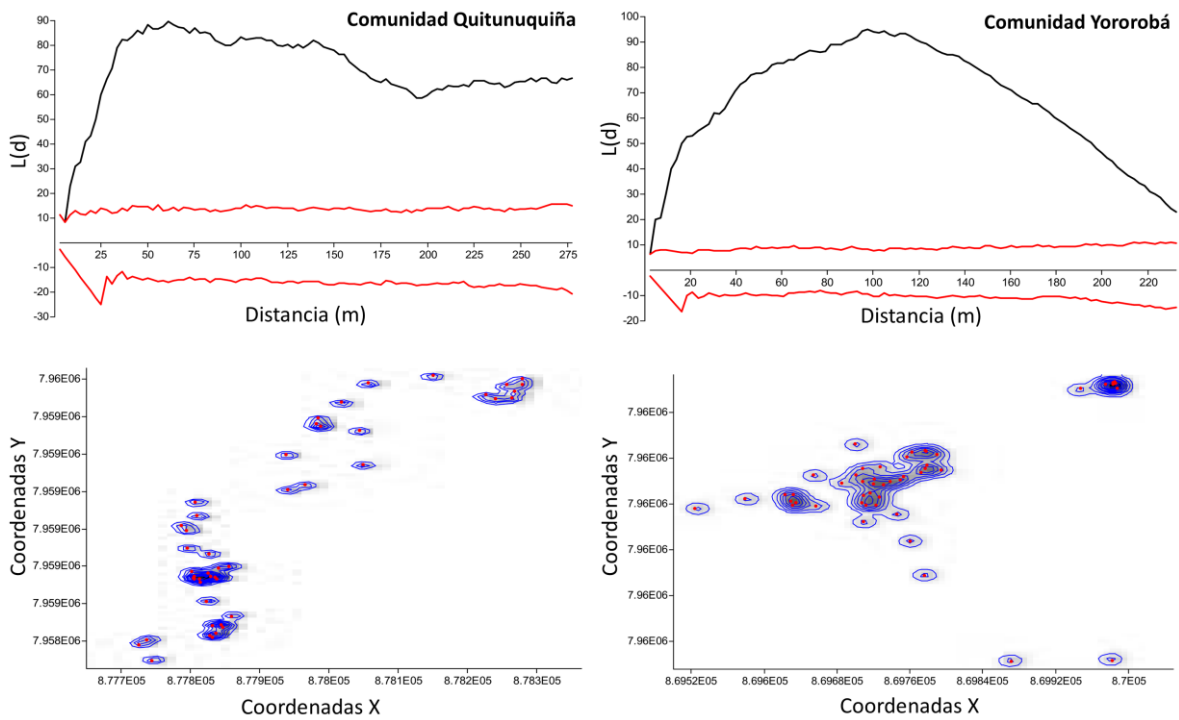
Considerando que las clases diamétricas representan las fases etarias de los árboles (edad), los patrones de distribución estructural, actualmente observados en ambas comunidades, pueden ser el resultado de la ocurrencia de eventos pasados de perturbación, los cuales en su momento habrían afectado y disminuido los individuos correspondientes a las categorías más tempranas de desarrollo (plántulas y brinzales, estadios más susceptibles a perecer ante la alteración de las condiciones ambientales).

Así como también puede ser atribuido a los procesos de competición inter e intra específica; pues, al ser el copaibo una especie esciófita parcial o secundaria tardía (Rigamonte-Azevedo *et al.* 2004), esta es tolerante a la sombra durante sus primeros estadios de desarrollo, pudiendo sobrevivir bajo estas condiciones hasta recibir una mayor intensidad de luz solar para completar su desarrollo. Desbalances similares de la estructura poblacional, en función de las clases diamétricas de árboles  $\geq 10$  cm de DAP, también fueron reportados por Vásquez (2009) en el bosque de *Attalea speciosa* y *Achatocarpus praecox* en Bolivia; y por Rigamonte-Azevedo (2004) y Cordeiro (2013) en los bosques de la Amazonía en Brasil.

### Patrones de distribución espacial

Según los resultados obtenidos mediante la función K de Ripley (L(d)), espacialmente, los árboles que integran las poblaciones de copaibo en las dos áreas evaluadas se encuentran distribuidas de forma agregada (Figura 6). En Quitunuquiña, la distancia de separación entre grupos alcanzó un rango de entre 90 y 150 m, y en Yororobá entre 80 y 250 m (Figura 6). Así también, junto a estos agrupamientos de árboles de copaibo, frecuentemente se presentan árboles solitarios (Figura 6). Este patrón de distribución poblacional parece ser una característica ecológica de *C. langsdorffii*, pues estudios como el de Conte Leite & Salomão (1992) y Castro e Souza (2011), realizados en la región del Cerrado en Brasil, y el de Vásquez (2009), realizado en la región norte de la Chiquitania (bosque de *Achatocarpus praecox* y *Copaifera langsdorffii*), han encontrado el mismo patrón de distribución.

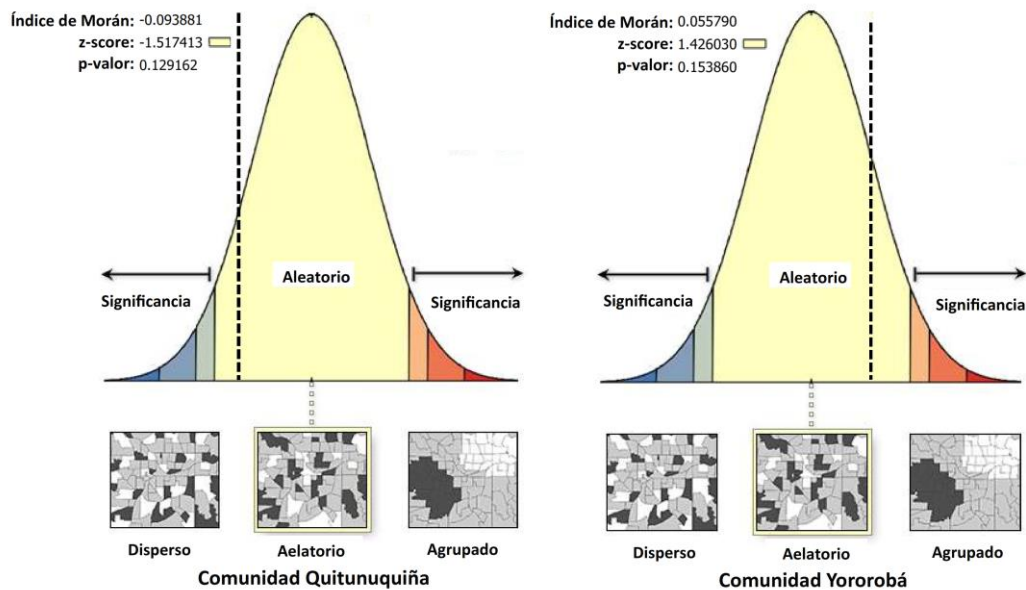
Por otro lado, de acuerdo con el Índice de Moran, si bien todos los árboles ( $\geq 10$  cm de DAP) registrados en las dos poblaciones estudiadas se encontraron distribuidos siguiendo un patrón espacial agregado (Figura 6), éstos pasan a ser aleatorios en cuanto a su distribución según sus clases diamétricas (Figura 7). Por lo que, espacialmente, árboles con clases diamétricas similares (una misma fase etaria) no se encontrarán formando grupos homogéneos y/o estarán congregados a cortas distancias. En relación al patrón agregado de la población total, el patrón de distribución aleatorio de los árboles por clase diamétrica, indica que dichos grupos posiblemente estarían estructurados por individuos procedentes de un mismo árbol semillero. Según Pedroni (1995), aun cuando las semillas pueden llegar a ser ingeridas por aves y algunos primates, la mayor proporción de éstas generalmente terminan dispersándose en inmediaciones de la planta madre mediante barocoría, para luego ocasionalmente ser transportadas por hormigas u otros mamíferos pequeños hasta zonas no muy distantes de los árboles semilleros (Rigamonte-Azevedo *et al.* 2004).



**Figura 6.** Patrones de distribución espacial de los árboles de copaibo en las dos comunidades ubicadas en el municipio de Roboré.

*Fila superior:* resultados de la función K de Ripley; línea roja representa el intervalo de confianza al 95%; línea negra representa la función de distribución según el modelo de K de Ripley, si la línea se posiciona por encima de intervalo de confianza indica agregación, si está dentro del intervalo indica aleatoriedad, y por debajo del intervalo indica regularidad.

*Fila interior:* resultado del análisis de Moran I, puntos rojos representan a los árboles inventariados según sus coordenadas UTM (zona 20); línea azul representa un área buffer de 10 m alrededor de cada árbol.



**Figura 7.** Patrones de distribución espacial de los árboles de copaibo según las clases diamétricas en las dos comunidades del municipio de Roboré. z-score indica el patrón de distribución de los árboles en el área de muestreo.

## CONCLUSIONES

La densidad de árboles de copaibo, en los bosques de cañones evaluados en las comunidades de Quitunuquiña y Yororobá, es de 1.9 árb/ha<sup>-1</sup> y 2.4 árb/ha<sup>-1</sup> respectivamente; valores que se asemejan al de las regiones actualmente bajo aprovechamiento en Bolivia, e incluso superiores a las reportadas en ciertas zonas del norte de Brasil.

De acuerdo con la distribución del número de árboles por clases diamétricas, las poblaciones de copaibo están estructuradas siguiendo una tendencia de distribución polinómica, lo cual parece ser una característica ecológica de *C. langsdorffii*. En las dos áreas de estudio, el total de los árboles registrados se encuentran distribuidos de forma agregada, es decir, formando grupos; los mismos que están conformados por árboles con diferentes clases diamétricas. Por lo que, el agrupamiento de árboles actualmente existente podría ser el resultado del establecimiento de individuos provenientes de diferentes eventos de reclutamiento, y no así, como producto del establecimiento y crecimiento colectivo de una misma generación de individuos.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue realizada en el marco del proyecto “Improving indigenous Bolivian Chiquitano people’s livelihoods through sustainable forest management”, financiado por la Iniciativa Darwin (proyecto # 26-024 Klitgaard, Royal Botanic Gardens, Kew). El primer autor agradece a la Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN) y al Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado (MHNNKM) por brindarle el apoyo técnico y logístico para la generación de este manuscrito. Finalmente, los autores agradecen a Ronald Tiri (Yororobá) y Alcides Poiquí (Quitunuquiña) por su apoyo en la organización del trabajo de campo.

## LITERATURA CITADA

- CASTO SOUZA, R.G.V. 2011. Importancia da conservacao *in situ* de *Copaifera langsdorffii* Desf. em remanescentes de cerrado de propiedades particulares rurais. Tesis presentada para optar al título de: Mestrado em Recursos florestais. Universidade de Sao Paulo, Piracicaba.
- CERÓN, J.B.P. 2012. Estudio de pre-factibilidad para la comercialización de aceite de copaiba en Lima metropolitana y los principales mercados en el extranjero (Estados Unidos, Francia y Alemania) Tesis presentada para optar al título de: Tesis de Ingeniería Industrial. Pontificia Universidad Católica Del Perú, Lima.
- CONTE LEITE, A.M. & A.N. SALOMÃO. 1992. Estrutura populacional de regenerantes de copaiba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) em mata ciliar do Distrito Federal. Acta Botânica Brasilica 6(1): 123–134.
- CORDEIRO, J.G.M.S. 2013. Produção de óleo-resina de copaíba em áreas de exploração de bauxita e sua importância para comunidades quilombolas da região do Rio

- Trombetas - PA. Tesis presentada para optar al título de: Mestre em Ciências de Florestas Tropicais. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.
- DELGADO, R.; P. NAVARRO & R. TRUJILLO. 2018. Estudio sobre el estado actual y avances en las cadenas productivas del cusi, copaibo y almendra chiquitana. Documento Técnico (no publicado). Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN), Proyecto Gestión Integral de Bosques para la Reducción de la Deforestación – PROBOSQUE/GIZ, Santa Cruz.
- FIEBERG, J. 2007. Kernel density estimators of home range: smoothing and the autocorrelation red herring. *Ecology* 88(4): 1059–1066.
- FREITAS, C.V. & P.E. OLIVEIRA. 2002. Biología reproductiva de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae, Caesalpinioideae). *Revista Brasileira de Botânica* 25(3): 311–321.
- FUNDACIÓN AMIGOS DE LA NATURALEZA (FAN). 2018. Avanzando en la gestión integral del bosque en Bolivia. Experiencias y aportes desde la sociedad civil apoyados por DANIDA en el Norte Amazónico, Norte de La Paz y Chiquitania Norte. Fundación Amigos de la Naturaleza, Santa Cruz.
- HAMMER, Ø.; D.A.T. HARPER & P.D. RYAN. 2001. Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica* 4(1): 1–9.
- INSTITUTO BOLIVIANO DE COMERCIO EXTERIOR (IBCE). 2007. Biocomercio sostenible: promoviendo el desarrollo con productos nativos de Bolivia. *Comercio Exterior* 155.
- LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. *Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)*, República Federal de Alemania, Eschbom.
- MONTES DE OCA, I. 1995. Geografía y clima de Bolivia. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines* 24(3): 357–368.
- MORAN, P.A.P. 1950. Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika* 37(1/2): 17–23
- OTZEN, T. & C. MANTEROLA. 2017. Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *International Journal of Morphology* 35(1): 227–232.
- PEDRONI, F. 1995. Ecología da copaíba. Pp 70–76, *en*: Ecologia e preservacao de uma floresta tropical urbana: Reserva de Santa Genebra (MORELLATO, P.C. & Leitao Filho, H.F. eds.). UNICAMP, Campinas.
- RAFIQPOOR, D. & P.L. IBISCH. 2003. El medio físico. Pp 4–17, *en*: Biodiversidad: La Riqueza de Bolivia, Estado de Conocimiento y Conservación (IBISCH, P.L. & MÉRIDA, G. eds.). Fundación Amigos de la Naturaleza, Santa Cruz.
- RIGAMONTE-AZEVEDO, O.C. 2004. Copaíba: estrutura populacional, produção e qualidade do óleo-resina em populações nativas do Audoeste da Amazônia. Tesis presentada para optar al título de: Mestre em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais. Universidade Federal do Acre, Rio Branco.
- RIGAMONTE-AZEVEDO, O.C.; P.G.S. WADT & L.H.D.O. WADT. 2004. Copaíba: Ecologia e Produção de Óleo-Resina. EMBRAPA Acre, Rio Branco.

- RIPLEY, B.D. 1976. The second-order analysis of stationary point processes. *Journal of Applied Probability* 13(2): 255–266.
- VÁSQUEZ, G.S.A. 2009. Desarrollo de criterios para el manejo del copaibo (*Copaifera langsdorffii*) en el sector Chiquitano Norte - Transición Amazonía, ecorregión del Bosque Seco Chiquitano, Bolivia. Tesis presentada para optar al título de: Maestría en Manejo y Conservación de Bosques Naturales y Biodiversidad. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba.