



INGENIERIA  
FORESTAL  
UAGRM

# Revista Forestal Tropical

**Volumen 3, 2024**

ISSN: 2789-0945

Santa Cruz de la Sierra, Bolivia

## **Revista Forestal Tropical**

Volumen 3

ISSN: 2789-0945

### **Comité editorial**

- Eduardo Antonio Sandoval, Ph. D. (Editor en Jefe)
- Bonifacio Mostacedo, Ph. D.
- Lincoln Quevedo, Ph. D.
- Juan Carlos Montero, Ph. D.

Septiembre, 2024

### **Revista Forestal Tropical**

Universidad Autónoma Gabriel René Moreno

Carrera de Ingeniería Forestal

Km 8 1/2 Carretera al Norte (El Vallecito)

Celular: 591-73653425

Email: [rtf@uagrm.edu.bo](mailto:rtf@uagrm.edu.bo)

<https://sites.google.com/uagrm.edu.bo/revista-forestal-tropical>

Santa Cruz de la Sierra, Bolivia

### **Agradecimientos**

La Revista expresa su profundo agradecimiento a los revisores de este número: Lincoln Quevedo, Ph. D., Betty Flores, M. Sc., Monica Vicente, M. Sc. y Bonifacio Mostacedo, Ph. D.

# CONTENIDO

## Editorial

- 2** Basta de Incendios Forestales (*Eduardo Antonio Sandoval*)

## Artículos científicos

- 3** Catastro de la cobertura arbórea para la planificación urbana (*Ricardo García-Paz Soldán*)
- 26** Diversidad morfológica de semillas de Almendra Chiquitana (*Dipteryx alata* Vogel), en los municipios de Concepción, San Ignacio de Velasco y San Antonio de Lomerío, Santa Cruz, Bolivia (*Silda García Avendaño*)
- 38** Estructura Poblacional de la Mara (*Swietenia macrophylla* King) en el Área Protegida Municipal - Parque Urbano Curichi La Madre, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia (*Yolanda García y Marisol Toledo*)

## Instrucciones de la Revista

- 55** Guía para autores

## EDITORIAL

### Basta de Incendios Forestales

Los bosques tropicales bolivianos nunca han sido tan subvalorados como en los últimos 20 años. Sobre todo, los bosques secos chiquitanos, que a pesar de ser los ecosistemas de bosques secos mejor conservados, vienen siendo castigados por atroces incendios forestales, producto de la avaricia de los hombres quienes quieren al final de desastre verse favorecidos con un pedazo de tierra en estas latitudes. Pura visión mercantilista y egoísta. De nada sirven los estudios que demuestran de la fragilidad de estos bosques, de nada sirven los datos de biodiversidad y endemismo que albergan estos ecosistemas. De nada sirve decir que los bosques secos chiquitanos son el hogar ancestral de los pueblos orientales de este territorio llamado Bolivia. De poco sirve demostrar que los bosques son mas que madera, son mas que suelos para la agricultura, son mas que territorios para los miles de familias indígenas que poblaron estas tierras desde hace cientos de años, en completa armonía con la misma. El valor económico total del bosque significa valores que no se transan en el mercado, valores como el valor de existencia, el valor de opción, el valor directo y el valor indirecto. Conceptos definidos por los economistas ambientales y reconocidos por los científicos modernos. Es tan necesario reconocer estos valores del bosque, mas allá de productos como la madera o del recurso como el suelo. Es tan importante reconocer los servicios ambientales que generan los bosques, estos mismos servicios ambientales que desaparecen cuando los bosques son quemados o transformados a tierras agropecuarias.

El desafío es para la sociedad civil, en elegir líderes que sean capaces de asumir una conciencia ambiental para que dicten políticas destinadas a favorecer el bosque en pie, en poner límites al crecimiento de la frontera agrícola y a la frontera ganadera, y al tráfico de tierras por grupos irregulares. La generación de riquezas a través de la agropecuaria está estrechamente relacionada con le generación de servicios ambientales que provienen de los bosques. Sin estos, ninguna agricultura ni ganadería es viable, como tampoco es viable la vida en ambientes presas del cambio climático. Desde la Revista Forestal Tropical queremos apostar porque surjan líderes con conciencia ambiental, que sean capaces de poner freno a esta conducta anti bosque, que deroguen las leyes incendiarias, antes de que el daño sea irreversible.

**Eduardo Antonio Sandoval, Ph. D.**

Editor en Jefe



# Catastro de la cobertura arbórea para la planificación urbana

Ricardo García-Paz Soldán

Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Santa Cruz, Bolivia. Email: [rdgarciapaz@gmail.com](mailto:rdgarciapaz@gmail.com)

## RESUMEN

En este estudio se determinó la superficie total de la cobertura arbórea (CA) dentro de un distrito urbano y se analizó su configuración espacial. La finalidad fue generar un catastro de la cobertura arbórea como prueba de concepto. El primer objetivo consistió en la clasificación orientada a objetos de una imagen GeoEye1 y la edición a detalle de la capa CA que se obtuvo. Para el análisis de la configuración espacial de la CA se vincularon las tres asignaciones de uso de suelo que se diferencian en la estructura urbana del distrito: espacio privado, espacio público y red vial. Con ello, se logró una evaluación precisa de la superficie que cubrieron las copas de los árboles, su georreferencia, distribución y proporción dentro de la estructura urbana. También permitió una aproximación a los factores que inciden en la situación de la CA. Esta información se constituye en el primer catastro de la CA para un distrito urbano de nuestro país. Inicialmente, la importancia de generar un catastro de la CA es que permitirá a los gobiernos municipales identificar las acciones necesarias para conservar su CA ya existente. A medida que lo integren como marco regulatorio y metodológico podrán identificar prioridades de intervención. Esto significaría un avance cualitativo en la planificación urbana.

**Palabras clave:** arbolado urbano, clasificación orientada a objetos, configuración espacial, estructura urbana, espacios públicos y privados, red vial

## Tree cover cadaster for urban planning

### ABSTRACT

This study evaluated the spatial structure of the tree canopy's total surface area (TC) within an urban district. The objective was to produce a proof of concept tree canopy cadastre. The first goal was to classify a GeoEye1 image using objects and then carefully adjust the resulting TC layer. The three land use assignments—private space, public space, and road network—that distinguish the district's urban structure were connected to analyze the TC's spatial arrangement. This made it possible to precisely evaluate the area that TC covered, as well as their georeference, distribution, and percentage inside the urban structure. Additionally, it offered a rough estimate of the variables affecting the TC scenario. This data is the nation's first Urban District Tree Canopy Cadastre registry. First and foremost, creating a Tree Canopy Cadastre is crucial because it helps local governments determine what steps need to be taken to preserve their current TC. They will be able to establish the order of importance for interventions when they incorporate it into their methodological and regulatory framework. This would be a significant development in the field of urban planning.

**Key words:** object-oriented classification, public and private spaces, road network, spatial configuration, urban trees.

## INTRODUCCIÓN

Independientemente del número de árboles que contiene una ciudad, su efecto puede evaluarse por la superficie de cobertura arbórea (CA) que generan (Dwyer y Miller 1999, Kurbán y Cúnsulo 2017). Para este estudio, la CA es el área en m<sup>2</sup> que tiene la copa de un árbol, arbusto o palmera (biotipo arbóreo) vista desde arriba, sin hacer una diferenciación entre ellos. En publicaciones en inglés se utiliza la sigla UTC (Urban Tree Canopy). El porcentaje de CA que cubren en conjunto permite cuantificar su capacidad para remover CO<sub>2</sub> de la atmósfera y liberar oxígeno, utilizándose como un indicador de calidad ambiental (Rowntree y Nowak 1991, Nowak y Heiler 2010). La CA también incide en la regulación del clima local, estando relacionada con la reducción del efecto de islas de calor y el confort térmico, con un claro beneficio para la población (McPherson et al. 1994, Oke 2004).

Otro aspecto significativo es su importancia en la conservación y recuperación de la biodiversidad, asumida como indicador de desarrollo sostenible a escala urbana (Cordero et al. 2015, Barron et al. 2016). Las CA próximas entre sí y distribuidas proporcionalmente tienen un impacto positivo para la flora y fauna, siendo mucho más favorables cuando estos fragmentos de CA abarcan una mayor superficie (Loram et al. 2008, Beninde et al. 2015). La agregación y conectividad de la CA significa una posibilidad para la formación de bosques urbanos (McPherson et al. 1997, Akinnifesi et al. 2010), estrategia que se plantea como mecanismo de mitigación y adaptación al cambio climático (Pramova et al. 2012).

Sin embargo, la expansión y cohesión de la CA puede verse limitada por el suelo disponible, tanto en espacios privados (Epr) como en espacios públicos (Epu), al igual que las condiciones que se les brinde para su desarrollo (Kendall 2020). Es necesario establecer una red interconectada en toda la estructura urbana (Benedict y McMahon 2012), con espacio suficiente para albergar especies arbóreas, puesto que los servicios ecosistémicos que brinda el arbolado urbano están directamente relacionados con el tamaño de su copa (Maco y McPherson 2003).

El registro árbol por árbol es importante para conocer la estructura y composición de especies, pero solo se aplica para muestreos, aun así, es bastante demandante en cuanto a tiempo y personal. Tampoco permite generar una representación visual y están limitados a Epu (Stark 2011). Los mapas de CA obtenidos a través de la teledetección remota se han constituido en la mejor opción, tanto por la rapidez para generarlos como por el reducido personal que se requiere. La accesibilidad a imágenes satelitales de alta resolución junto con el desarrollo de algoritmos para su clasificación semiautomática ha permitido simplificar muchos de los procesos y mejorar la precisión de los mapas de CA (Hwang y Wiseman 2020).

Un mapa de CA generado mediante teledetección remota es una métrica que puede evaluarse, monitorearse y actualizarse (Parmehr et al. 2016, Barron et al. 2016). Integrada a la información georreferenciada de la estructura urbana, brinda una evaluación precisa sobre su distribución y proporción dentro de Epr y Epu (Stark 2011, Locke et al. 2013). Esto resulta muy útil para identificar áreas que requieran arborizarse, cuantificar la superficie de suelo disponible para arborizar y estimar el número de árboles (McGee et al. 2012). También ofrece la posibilidad de

profundizar en objetivos tales como; identificar el lugar de plantación óptimo y el área disponible (Bodnaruk et al. 2016, USDA 2019b).

En Bolivia, estas líneas de investigación aún no se han desarrollado dentro de los instrumentos de gestión pública. El año 2016 se promulgo la Ley N° 777 del Sistema de Planificación Integral del Estado (SPIE), que integra los procesos de planificación en todos los niveles gubernativos. Si bien los nuevos Planes Territoriales de Desarrollo Integral (PTDI) incorporan en sus lineamientos el enfoque de zonas de vida y cambio climático, se plantean únicamente para un escenario rural. Los gobiernos autónomos municipales, facultados por ley (Ley 777 2016), tampoco han formulado un plan de gestión que les permita generar este tipo de información a escala urbana. La funcionalidad ecológica del diseño urbano, la biodiversidad que alberga y los servicios ecosistémicos del arbolado continúan prácticamente inexplorados.

En ese sentido, la finalidad de este estudio fue desarrollar una metodología para crear un catastro de cobertura arbórea (CA) como prueba de concepto, que permita exponer su funcionalidad como instrumento de gestión en la planificación urbana.

## MÉTODOS

### Área de estudio

El área de estudio fue el distrito urbano El Carmen (D3), jurisdicción del municipio de La Guardia, en el departamento de Santa Cruz, Bolivia, sobre una altitud entre los 411 a 450 msnm (Cuadro 1, Figura 1). El D3 limita al oeste con el distrito urbano Nueva Esperanza (D4) y al sur con el Parque Regional Lomas de Arena, ambos también corresponden a la jurisdicción del municipio de La Guardia. Con el municipio de Santa Cruz de la Sierra (MSCS) colinda al norte y al este (Gobierno Autónomo Municipal de la Guardia (GAMLG 2010).

**Cuadro 1.** Datos demográficos distrito urbano El Carmen (D3)

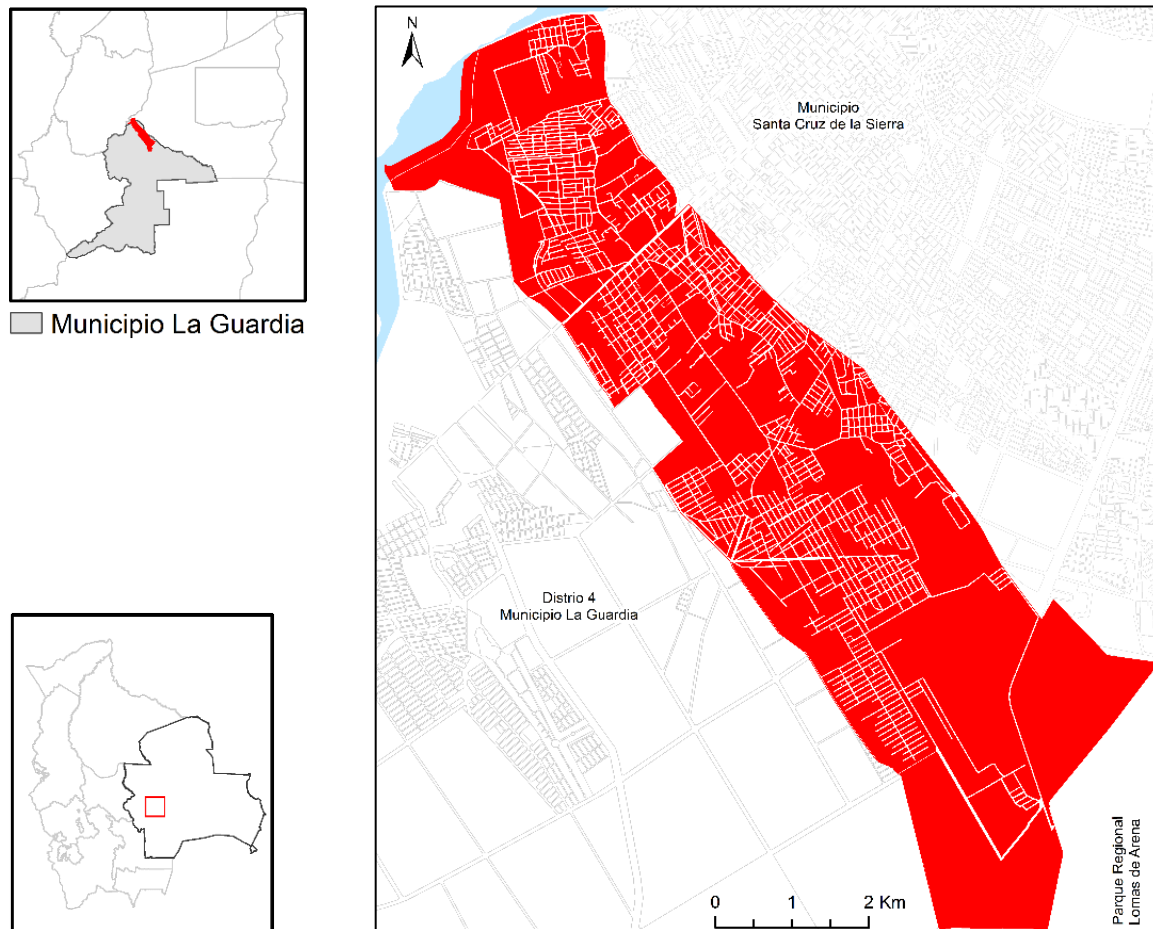
Área de estudio	Población estimada	Superficie ha	Densidad hab./ha
D3 El Carmen	16.830*	3.419 **	5

-Proyección para el año 2012 (PMOT 2010) \*

-No es un dato oficial, el municipio de La Guardia maneja otra superficie\*\*

La temperatura media anual en el D3 es de 23,8 °C, con temperaturas menores en los meses de junio y julio, que bajan a los 20 °C. La precipitación media anual es de 1.208 mm, con intervalos mensuales máximos cercanos a los 190 mm, 43 mm como mínimo, y una media de 100,21 mm (Figura 2a).

Biogeográficamente, el D3 forma parte de la provincia del Cerrado, en el sector biogeográfico de Santa Cruz, dentro de los distritos biogeográficos de las Llanuras de Santa Cruz. En el D3 se identifican cinco unidades de vegetación (Figura 2b) **1)** b6: vegetación ribereña sucesional de aguas blancas, **2)** c1e+c9e+c17+c18:

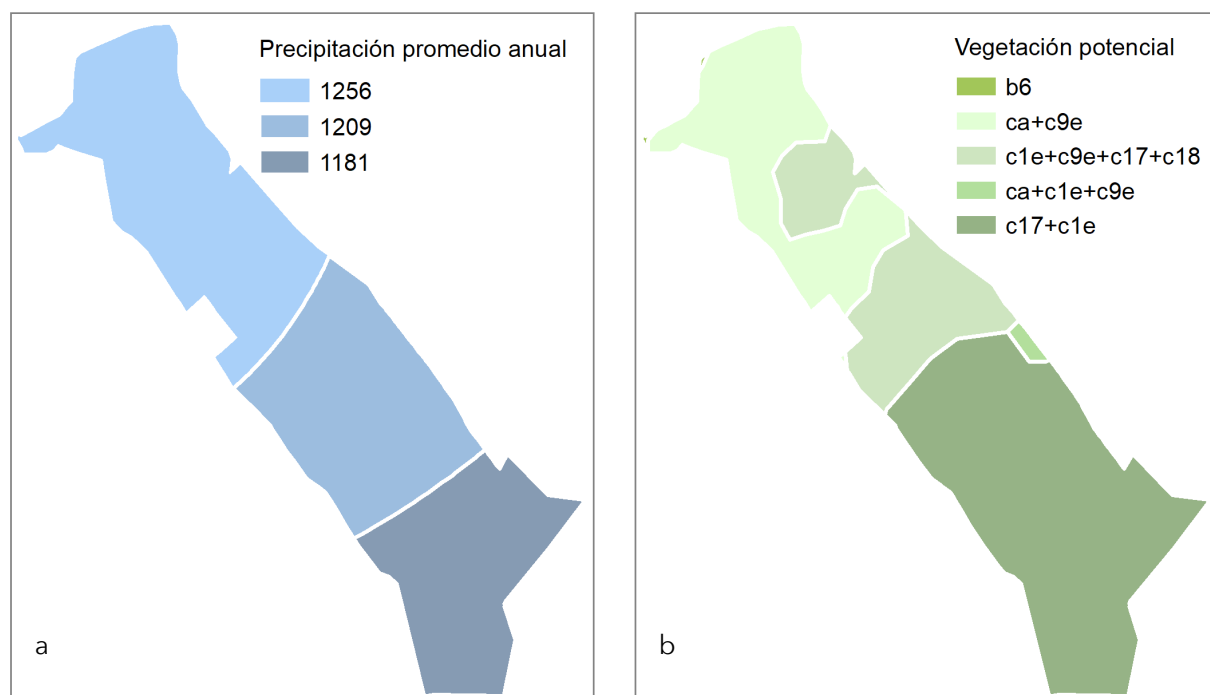


**Figura 1.** Distrito urbano El Carmen (D3), jurisdicción del municipio La Guardia, en el departamento de Santa Cruz, Bolivia. Elaborado en base a los archivos OpenStreetMap (2015).

vegetación acuática y palustre neotropical, **3)** c17+c1e: sabanas herbáceas oligotróficas higrofiticas, **4)** ca+c9e: bosque semideciduo mesofítico y freatofítico de la chiquitania aluvio-eólica y **5)** ca+c1e+c9e: bosque semideciduo chiquitano sobre arenales de la llanura aluvio-eólica de Santa Cruz (Navarro 2002, Navarro y Ferreira 2007).

### Datos de entrada

Se utilizó una imagen multiespectral compuesta por cuatro bandas: rojo, verde, azul e infrarrojo cercano, con una resolución espacial de 1,65 m el pixel, generada por el sensor GeoEye1, el 13/01/13. La corrección radiométrica de la imagen y asignación de sus coordenadas proyectadas (UTM, Datum WGS 84, zona de huso 20S) correspondiente a la ubicación espacial, fueron realizadas por Geosystems Bolivia (proveedor de imágenes satelitales). Para obtener la estructura urbana del D3, se utilizó la base de datos de los archivos OpenStreetMap (OSM 2015) y el Plano director (2012), georreferenciados y convertidos a formato shp.



**Figura 2.** a) precipitación promedio anual, a partir de la base de datos Worldclim, versión 2 (1970-2000). b) vegetación potencial, Navarro y Ferreira (2007).

### Obtención de la cobertura arbórea en el D3

Se realizó la clasificación orientada a objetos, considerada como la mejor opción para la clasificación de imágenes satelitales, en comparación con métodos tradicionales (Conde et al. 2009, Perea et al. 2009, Rodríguez 2011). El elemento de análisis fue el biotipo arbóreo (árbol-arbusto-palmera), determinándose la superficie de cada una de sus copas dentro del D3, ya fuese que estuvieran en solitario o agrupados formando parches de bosque.

El proceso se ejecutó con el software ENVI 5.0, que tiene dentro de su caja de herramientas el módulo *Feature Extraction - Exemplar Based*. Su interfaz permite realizar una clasificación orientada a objetos a través de pasos secuenciales, descritos en ENVI (2015). Los pasos fueron: i) Segmentación de la imagen GeoEye1, que depende de la asignación de valores a los algoritmos *Edge* y *Merge*. ii) Selección de áreas de entrenamiento para las clases cobertura arbórea y otras. iii) Aplicación por defecto de los atributos espacial, espectral y textural, aconsejable para áreas extensas (ENVI 2012). iv) Selección del algoritmo de clasificación; para este estudio se optó por *Support Vector Machine* (SVM), que ha demostrado mayor precisión en comparación con otros clasificadores (Ferreiro et al. 2007, Suarez 2014). Del ráster de salida, la clase cobertura arbórea (CA) se convirtió a formato vectorial de tipo polígono.

La validación de la clasificación se centró en la observación visual y edición digital a detalle de la capa vectorial, que corresponde a una evaluación cualitativa (Mas y Couturier 2008). Para ello se utilizó la Imagen GeoEye1 y una grilla conformada por cuadrículas de 500 x 500 metros (25 ha), que facilitó la edición cuadro por cuadro. La resolución espacial de la imagen permitió trabajar a



una escala para edición de 1:1.000, actividad que demandó cerca de 60 horas. En promedio editar 450 ha requería 8 horas. El resultado es un mapa de CA bastante preciso, conformado por polígonos  $\geq 6 \text{ m}^2$ .

## Configuración espacial

Esto requirió generar la estructura urbana del D3 utilizando los archivos OSM (2015), puesto que su Plano director presentaba diferencias en su trazado, respecto a la configuración de la imagen. Se organizó la estructura urbana en tres capas poligonales: espacios privados, espacios públicos y red vial, que hacen una referencia simplificada a la asignación del uso de suelo en el D3. Cada asignación se subdividió en categorías.

Asignaciones de uso de suelo:

### 1) Espacio privado (Epr)

Para este estudio, lo componen todos los predios amanzanados de uso residencial, condominios cerrados, industrial, comercial, mixto u otras tipificaciones que no sean de manejo público. Los manzanos, ya sean proyectos urbanísticos recientes o antiguos se pueden diferenciar claramente, son áreas bien definidas y delimitadas por la red vial, estos manzanos se dividen por lotes.

Los archivos OSM (2015) permitieron diferenciar polígonos relativamente grandes que aún no están delimitados en manzanos, puesto que en el Plano director toda la superficie del D3 se muestra amanzanada. A este tipo predios se los cataloga como rústicos, que valga recalcar, no son predios rurales, porque están dentro de los límites del D3 (GAMLG 2010). En ese sentido, los Epr lo componen dos categorías:

*Amanzanados y Rústicos.*

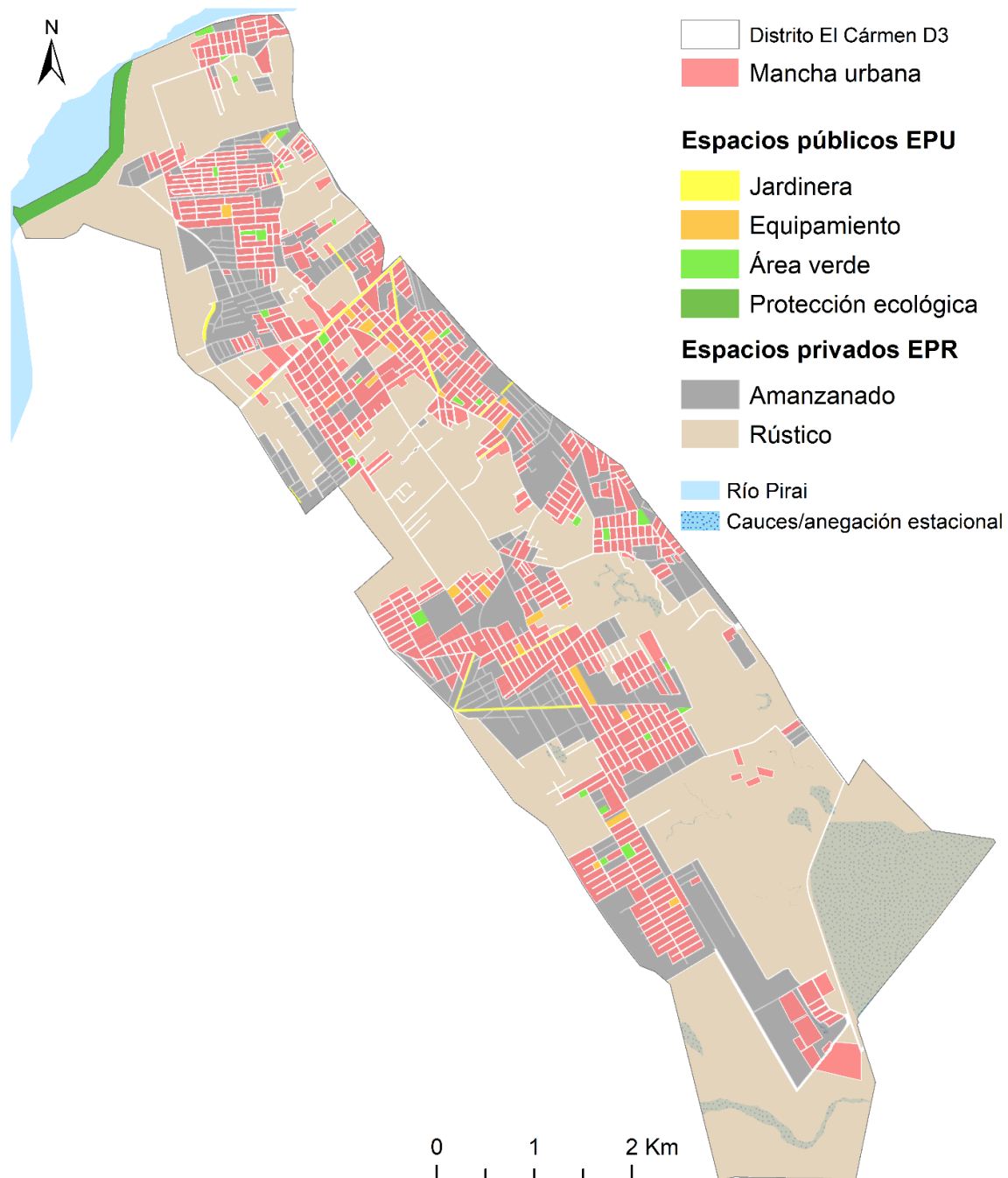
### 2) Espacio público (Epu)

Son todas las áreas de manejo municipal, que tienen como fin ser de utilidad para sus habitantes y se distribuyen a partir de un porcentaje de sesión que el urbanizador debe asignar como Epu, que es del 40% (áreas verdes 7% equipamiento 10% y red vial 23%) (Código de Urbanismo y Obras del Municipio de La Guardia: CUOMLG 2010). Para identificar los manzanos que correspondían a esta asignación de suelo se transfirió la descripción contenida en el Plano director del D3 y los organizamos en las siguientes categorías: **Área verde, Equipamiento y Protección**. Esta última corresponde a un único polígono ubicado en el extremo norte, que bordea la ribera del río Pirai.

Los archivos OSM (2015) también se utilizaron para adicionar la categoría **Jardineras**, que agrupa las jardineras centrales en la red vial, que no estaban incluidas en el Plano director. De ellas, se incorporaron a la categoría los polígonos con un ancho igual o mayor a 1,50 metros, que se planteó como el mínimo necesario para albergar especies arbóreas nativas de porte medio a grande. En el Plano director solo figuraban las jardineras que se encuentran en la carretera Santa Cruz-La Guardia, en su trayecto por el D3.

### 3) Red vial (Rv)

Los predios/manzanos obtenidos de OSM (2015) se utilizaron para generar los ejes viales, obteniendo la longitud de la Rv dentro del D3. Se creó un búfer de 4 metros, del eje a la línea de verja de cada lado y se estimó la superficie que cubrían. El conjunto de polígonos resultantes se ajustó a la separación entre predios. Esto significa que el ancho de la vía, sea calle o avenida incluye el área de las aceras de ambos lados. Por último, se descartó el área formada por la intersección de la boca calle. La CA en la Rv también corresponde a la CA que sobresalió de los límites de



**Figura 3.** Estructura urbana del D3, elaborada para este estudio usando datos OSM (2015).

Epr, además de la que pueda haber en aceras, debido a que esta metodología no implica la ubicación del fuste.

La Rv tiene como infraestructura de soporte a las aceras que, aunque son de uso público, el propietario decide sobre ellas. Por el contrario, el mantenimiento de las jardineras divisorias en la Rv la gestiona el municipio de La Guardia, de ahí la decisión de presentar las Aceras y Jardineras en distintas asignaciones de uso de suelo.

La CA en manzanos/predios de Epr, Epu y Rv se agruparon en rangos, de acuerdo al porcentaje de CA que contenían en tres divisiones: norte, centro y sur. La zona norte va desde las riberas del río Pirai hasta la carretera Santa Cruz-La Guardia; la zona central corresponde a los primeros asentamientos urbanos, aún con presencia de predios rústicos, y la zona sur, que es la más extensa (Figura 3).

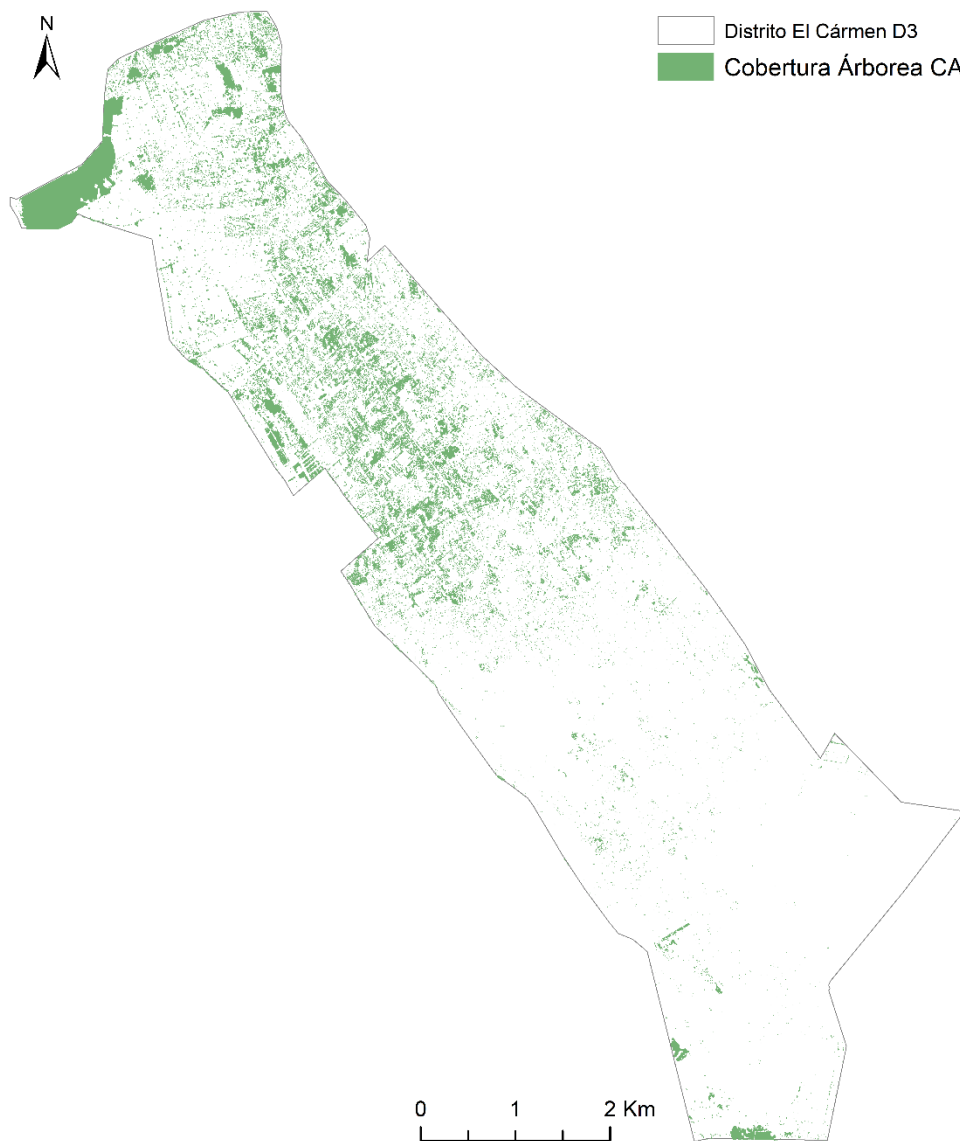
La creación de entidades, la edición de capas, la vinculación de las mismas para determinar la CA en las asignaciones de suelo, como en sus categorías y la preparación de mapas temáticos se trabajaron con en el módulo ArcMap, del Software ArcGIS 10.1 para Desktop.

## RESULTADOS

Con la clasificación de la imagen, se generó una base de datos que contenía la delimitación del área de copa de los árboles, su georreferencia espacial y su representación visual (Figura 4).

**Cuadro 2.** Resumen de la distribución y superficie que cubría la CA total en el D3 el año 2013.

Asignación	Id	Superficie de suelo m <sup>2</sup>	CA m <sup>2</sup>	Relación CA/ Superficie	Distribución CA	Índices CA
Espacio privado	Epr	31.147,73	3.322,87	10,67%	88,30%	9,78%
Espacio público	Epu	781,75	274,29	35,09%	7,29%	0,81%
Red vial	Rv	2.062,94	165,86	8,04%	4,41%	0,49%
Total general		33.992,42	<b>3.763,02</b>	11,07%	100,00%	<b>11,07%</b>



**Figura 4.** Configuración espacial de la CA en el D3, determinada a partir de una imagen satelital de alta resolución, tomada por el sensor GeoEye1 (el 13/01/2013).

Los atributos sobre su distribución y proporción se obtuvieron vinculando las asignaciones de uso de suelo y las categorías que componen la estructura urbana (Cuadros 2-5, Figura 5 y 6). En conjunto, estos resultados constituyeron lo que en este estudio se cataloga como: catastro de la cobertura arbórea (CA).

El Cuadro 2 muestra el resumen de los resultados de la CA, de acuerdo a las tres asignaciones de suelo que diferenciamos para el D3. La relación representa el porcentaje de CA respecto a la superficie de cada asignación de suelo. La distribución muestra que porcentaje, de la CA total en el D3 se encuentra dentro de cada una. Los índices reflejan su contribución de CA para el D3.

El Cuadro 3 y 4 presentan de forma simplificada la situación de la CA en las categorías que componen las asignaciones de uso de suelo; Espacio privado (Epr) y Espacio público (Epu).

**Cuadro 3.** CA en Espacios privados (Epr) y las categorías que la componen

Categoría	Conteo	Superficie de suelo m <sup>2</sup>	CA m <sup>2</sup>	Relación CA/ Superficie	Distribución CA	Índices CA
Amanzanados	666	11.927,77	1.128,46	9,46%	33,96%	3,62%
Rústicos	31	19.219,96	2.194,41	11,42%	66,04%	7,05%

**Cuadro 4.** CA en Espacios públicos (Epu) y las categorías que la componen

Categoría	Conteo	Superficie de suelo m <sup>2</sup>	CA m <sup>2</sup>	Relación CA/ Superficie	Distribución CA	Índices CA
Áreas Verdes	31	176,64	26,74	15,14%	9,75%	3,42%
Equipamiento	27	225,34	16,69	7,41%	6,09%	2,14%
A. Protección	1	319,40	227,79	71,32%	83,05%	29,14%
Jardineras	46	60,37	3,07	5,08%	1,12%	0,39%

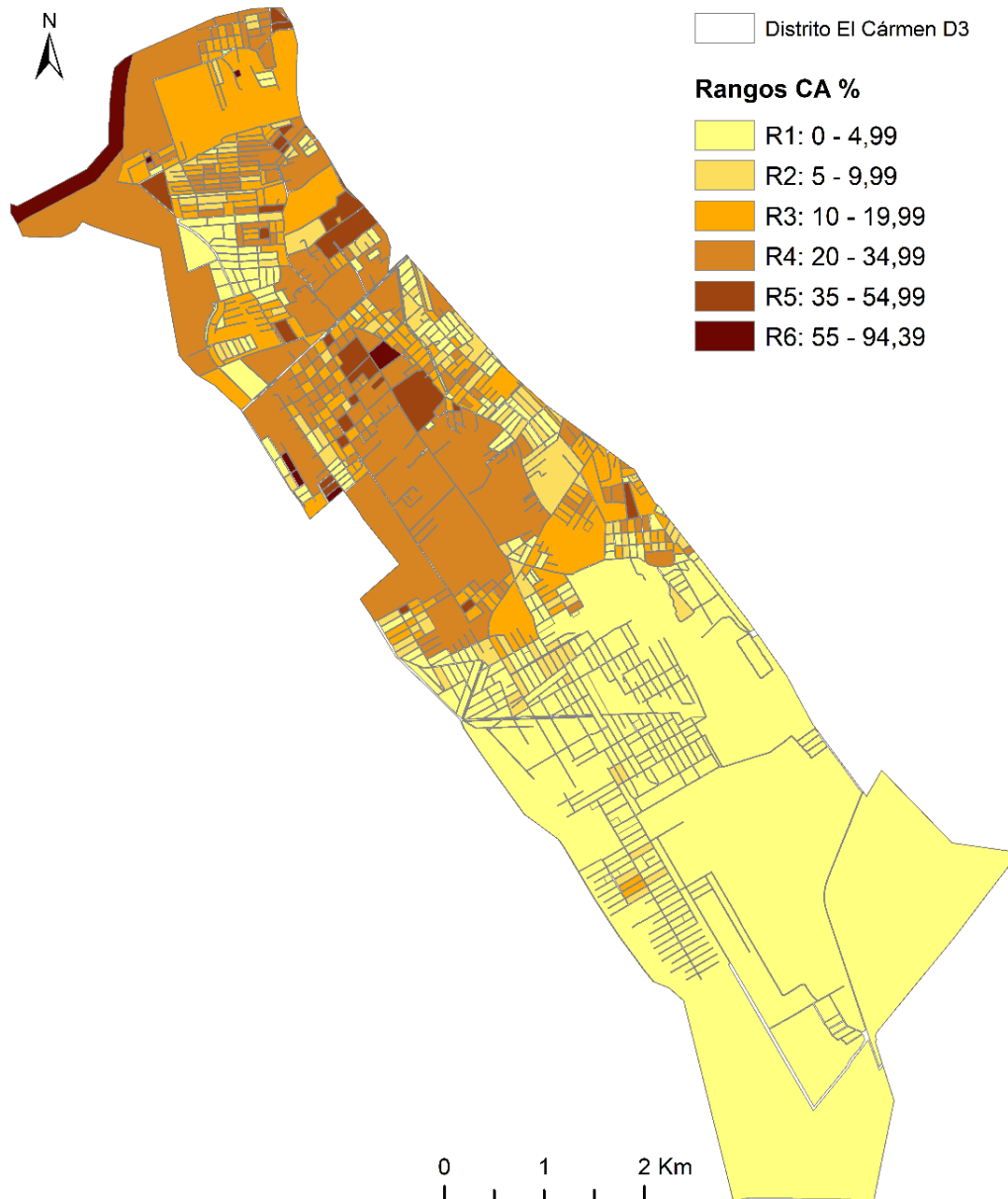
La Figura 5 muestra la distribución y proporción de la CA en cada uno de los manzanos que componen el D3, tanto Epr como Epu.

Para este estudio cada calle/avenida incluye el área destinada para aceras, de ambos lados. En sí, los resultados para la Rv corresponden a la CA que se encontraba en aceras y/o que se compartía con EPR (Cuadro 5). Esa relación se observa en la Figura 5 y 6, donde los rangos de CA más altos coinciden para las calles y manzanos, al menos en uno de sus lados.

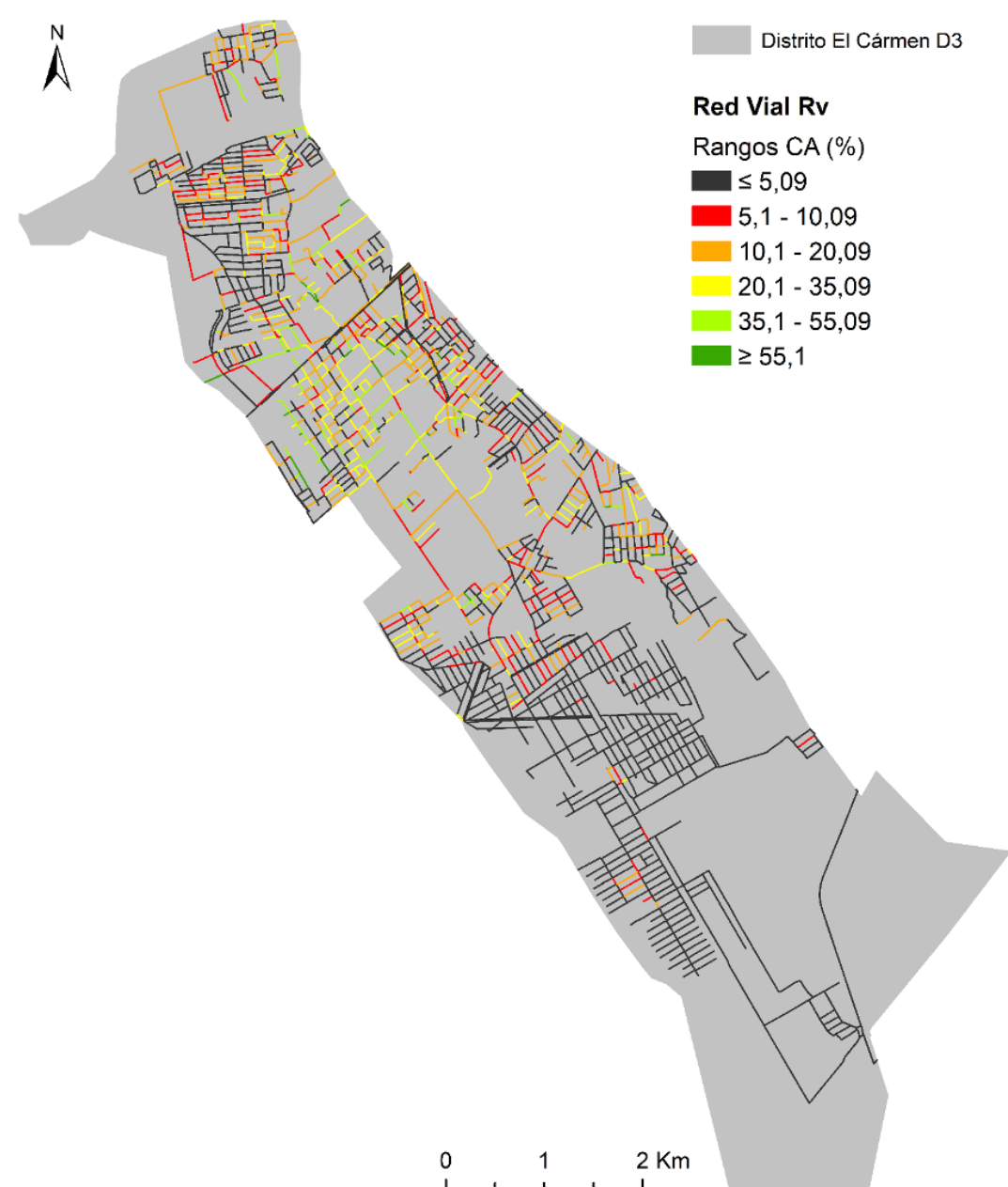
## DISCUSIÓN

Existe bastante literatura que describe la metodología que se desarrolló en la clasificación de la imagen, principalmente en ciudades de Estados Unidos y del Reino Unido (Klobucar et al. 2020). Sin embargo, para los análisis suelen manejarse términos ambiguos como "vegetación" y "áreas verdes", incluso se combinan como uno solo con el término "espacios verdes urbanos" (UGS por sus siglas en inglés) [p.e. Li et al. 2021]). Situación similar se da cuando se menciona el indicador de "área verde" por habitante ([p.e. Sorensen et al. 1998, Mena et al. 2011, Pérez y López 2015]). El término "vegetación" es demasiado general y el de "área verde" es solo una tipificación para un uso de suelo. Tampoco queda claro si el indicador "área verde" por habitante se refiere a cualquier uso de suelo con algún biotipo de vegetación.





**Figura 5.** Estructura urbana (Epr y Epu), agrupada en seis rangos de CA. No incluye la Red vial (Rv).



**Figura 6.** Rangos de CA en la Red vial (Rv) del D3.

**Cuadro 5.** Red vial (Rv), agrupada en seis rangos de CA

Conteo de calles/ segmentos	Longitud vial (Km)	Superficie de suelo (m <sup>2</sup> )	CA (m <sup>2</sup> )	Rangos CA (%)	Relación CA/ Superficie (%)	Distribución CA (%)	Índices CA (%)
1.312	153,5	1.224.013	11.885	≤ 5	0,97	7,2	0,6
264	32,2	256.803	18.857	≥ 5,1 - ≤ 10	7,34	11,4	0,9
330	38,9	309.252	43.854	≥ 10,1 - ≤ 20	14,18	26,4	2,1
220	22,2	177.351	46.316	≥ 20,1 - ≤ 35	26,12	27,9	2,2
93	9,5	75.728	31.755	≥ 35,1 - ≤ 55	41,93	19,1	1,5
30	2,5	19.796	13.192	≥ 55,1	66,64	7,9	0,6

Los requerimientos de espacio físico y las funciones ecosistémicas que brinda el biotipo arbóreo difieren al de otro biotipo de vegetación. Además, como se vio en los resultados, la propiedad en la que se encuentran es una variable determinante en las variaciones de CA. En ese sentido, la metodología se concentró en diferenciar claramente el término para el biotipo de estudio (árbol-arbusto-palmera) y de las asignaciones de uso de suelo que componen la estructura urbana (Epr-Epu-Rv). Esto resulta importante a la hora de vincular las capas para su análisis. Las abreviaturas y acrónimos que se introdujeron buscan mantener esa coherencia.

A continuación, se contrastan los resultados de este estudio con investigaciones similares. La situación del D3 no es el foco del análisis y solo se lo utiliza como enlace.

### Catastro de la cobertura arbórea

El catastro de la cobertura arbórea (CA) proporciona una evaluación bastante precisa de la superficie que cubren las copas de los árboles, su distribución, proporción y su referencia espacial. Básicamente, es la línea base para el manejo de la biodiversidad en áreas urbanas. Llevado a la práctica, un programa para incrementar la CA bien puede enfocarse en la protección de su CA ya existente, tanto en espacios privados (Epr) como en espacios públicos (Epu-Rv). Los árboles solitarios de gran porte y las formaciones boscosas tienen una mayor capacidad para generar servicios ecosistémicos (Davies et al. 2011). Mientras que las CA de menor tamaño, en muchos casos podrían corresponder a individuos jóvenes y sanos, bien asentados en el terreno. En ambos casos, brindarles las condiciones para su desarrollo representa una gran oportunidad para incrementar la CA en áreas urbanas a corto plazo, en comparación con un proceso de arborización (Hauer y Peterson 2016). A medida que los municipios integren su catastro de CA como marco regulatorio y metodológico, podrán identificar prioridades de intervención.

## Configuración espacial de la cobertura arbórea

Salvo excepciones [p.e. Timilsina et al. (2019)], los resultados presentados coinciden con investigaciones similares, que destacan una mayor superficie de CA en espacios privados (Loram et al. 2008, Brennan et al. 2017, Lahoti et al. 2019, Klobucar et al. 2020).

- Epr Amanzanos

En la zona centro, que corresponde a los primeros asentamientos, los manzanos albergaron una CA entre los rangos R3 y R4 (Figura 5), que bien pueden reflejar una transición, tanto en la disminución como en el incremento de la CA. Por una parte, la antigüedad de la vivienda está asociada a una mayor CA (R4 o superior), llegando un punto donde estas son renovadas y la CA que albergan es afectada (R3 o menor) (Steenberg et al. 2018).

La forma en la que se construye la vivienda y el tamaño del lote también inciden en la decisión del propietario para arborizar. Es decir, se ha constatado que lotes pequeños muestran una mayor densidad de área construida, limitando el área disponible para arborizar (Guo et al. 2019). En el caso particular del área de estudio, el tamaño mínimo de los lotes es de 300 m<sup>2</sup> (10 x 30) (CUOMLG 2010). Teniendo en cuenta que la CA de un árbol de porte medio a grande ocuparía un tercio de esa superficie, construir hacia arriba es una buena alternativa para mantener un área disponible para arborizar.

Existe una alta probabilidad de que al inicio de la ocupación el propietario decida arborizar, probabilidad que disminuye drásticamente después del quinto año (Steenberg et al. 2018, Guo et al. 2019). Sin embargo, el arbolado que llegan a contener en alguna etapa de su urbanización aporta significativamente en el incremento de CA y la biodiversidad en áreas urbanas (Akinnesi et al. 2010, Nielsen et al. 2014). En general, los terrenos de urbanizaciones más recientes se caracterizan por tener una mayor superficie de suelo disponible para arborizar (Bigsby et al. 2014). A nivel global solo el uso de suelo residencial abarca cerca del 50% del suelo urbano (ONU 2014).

- Epr Rústicos

La fase en que se encuentran y el patrón de asentamiento en este tipo de propiedades tiene una incidencia directa con la configuración de la CA (Pham et al. 2017) y se infiere que esta situación no es ajena para el D3. Por ejemplo, esta categoría alberga el 66% de la CA para la asignación del uso de suelo y el 58% de la CA total del D3. Tanto las formaciones boscosas de mayor tamaño y la CA que se observa bastante contigua se encuentra dentro de Epr Rústicos. Siendo precisos, el 38% de la CA en el D3 se encuentra en el 15% de su superficie, que corresponde solo al R4. La idea de asignar los Epu y las áreas verdes en particular, antes de que este tipo de propiedades sean urbanizadas (Miller 1997) se ajusta para este escenario. Cabe preguntarse cómo se aplica el Artículo 10.1.1 inciso c del CUOMLG (2010), que: “dispone el desmonte por parte del urbanizador

de todas las áreas de sesión". Con la apertura de la red vial, se presume que es prácticamente un hecho. Sin embargo, queda la interrogante si el proceso de urbanización de estos predios implica el desmonte de la totalidad del área. En ese sentido, el Catastro de la CA brinda el contexto necesario para establecer el marco normativo de nuevos proyectos urbanísticos.

Una situación que se observa es que la CA se distribuye entre la parte norte y centro del D3, mientras que en la parte sur la CA es escasa y dispersa (Figura 4 y 5). Pues bien, la incidencia de las características naturales del emplazamiento sobre la presencia de CA es otro factor limitante (Nowak et al. 1996), que al parecer está bien marcado en la porción sur del D3. Esta porción es catalogada como una zona de sabanas herbáceas oligotróficas higrofiticas de la Chiquitania (Figura 2c), que en estado natural se caracterizan por una menor frecuencia de especies arbóreas y arbustivas (Navarro 2002, Navarro y Ferreira 2007). Aquí confluyen arroyos y quebradas provenientes de la parte alta del Distrito 4 (también del municipio de La Guardia), formando cuerpos de agua que pertenecen a la sub cuenca del río Grande, quedando anegada en época de lluvia. Este ecotono requiere una evaluación específica, describirla como un área con escasa CA, como indirectamente se lo hace en este estudio, no es del todo apropiado, puesto que sus características le confieren una cualidad diferente. Se desconoce si actualmente forma parte de una zonificación con algún tipo de restricción para urbanizar y/o si tiene una delimitación. Si así fuese, su área no tendría que incluirse en la determinación de los porcentajes de CA. También queda la interrogante si la CA que alberga está conformada por las pocas especies arbóreas que caracterizan esta zona en estado natural o si diversos factores están induciendo una regeneración con otro tipo de especies.

Las políticas para la gestión del arbolado urbano necesariamente tienen que incluir a los Epr a nivel de propietarios. Ciudades que implementaron ordenanzas catalogando a los árboles de gran porte como prioridad de conservación han constatado el incremento de la CA (Hauer y Peterson 2016, Hilbert et al. 2019). Por otra parte, están los esquemas de compensación, para reemplazar la CA removida, que implica el cálculo de plantines que se requieren como compensación, el espacio físico, el seguimiento y la tasa de supervivencia que se logre (Hilbert et al. 2019). Aun así, recuperar los servicios que brindaba la CA removida llevaría años y hacen que solo sea aplicable en situaciones de riesgo. Para ponerlo en contexto, el secuestro de carbono de los 20 árboles más altos de una ciudad fue 22% superior al de 635 árboles entre 4 a 10 metros de altura (Davies et al. 2011).

En el caso de nuevas urbanizaciones, nuevas edificaciones y renovaciones ¿qué recepción tendría una regulación que establezca un área mínima para arborizar dentro del lote? ¿transgrede el derecho de propiedad? Lo cierto es que los municipios tienen normas de ese tipo, como la que establece un retiro obligatorio de 5 metros de la línea de verja para construir (CUOMLG 2010). Tampoco se trata de más regulaciones, si no de la capacidad de gestión de los gobiernos locales para que se cumplan las ya existentes (Hilbert et al. 2019). Los programas enfocados a informar de los beneficios del arbolado urbanos han mostrado una mayor eficacia que una regulación por si sola (Brunner y Cozens 2013).

- Epu y Rv



Hacer hincapié en la diferenciación de la estructura urbana tiene como fin identificar sobre quién recae la responsabilidad de gestionar el arbolado urbano. La CA y suelo permeable disponible para arborizar en Epu y las categorías que la compongan, depende de la gestión pública (la regeneración natural hace su contribución en el incremento de la CA, siempre que factores naturales y antrópicos no la limiten). La norma de cesión descrita en el Art. 10.6.1 del CUMLG (2010), dispone que los urbanizadores destinen el 17% de la superficie urbanizada para Epu; equipamiento 10%, áreas verdes 7% y el 23% para la Rv, que en conjunto son el 40% del área urbanizada.

Si bien la idea generalizada de arborización se concentra en áreas verdes, también se requiere que las áreas de equipamiento se proyecten con espacio físico suficiente para contener árboles de porte medio a grande (Benedict y McMahon 2012). Cuando se arboriza este tipo de Epu (p.e. hospitales y escuelas), se les confiere multifuncionalidad y se incide positivamente en la conectividad estructural (loja et al. 2014). Para áreas de equipamiento se sugiere un mínimo de 25% de CA (Miller 1997). Con áreas verdes se aplican criterios mucho más selectivos, como el tamaño mínimo del área (Canosa et al. 2003, Tonetti y Nucci 2012), que alberguen un biotipo predominantemente arbóreo y un suelo permeable (Deerksent et al. 2015). Además de los servicios ecosistémicos que genera, la CA que contengan se utiliza como una métrica para ponderar la calidad del Epu, puesto que tienen una correlación positiva en la concurrencia de las personas, indistintamente de la distancia que tengan que recorrer (Li et al. 2021).

En cuanto a la Rv, es la asignación de suelo que abarca la segunda superficie más grande (Tabla 2), aunque el área que se destine para jardinerías viales y aceras son realmente la infraestructura de soporte para la CA. Se considera que al no haber generado el área específica para aceras y analizarlas en conjunto con las jardinerías viales, es la principal limitación de este estudio. Las aceras (presentadas como única categoría de Rv) son parte del diseño urbano pero su capacidad para contener especies arbóreas está condicionada, mientras que las jardinerías viales (manejadas como una categoría dentro de Epu) solo se incluyen para un tipo de vía en particular. Una recomendación es que las nuevas urbanizaciones se proyecten con aceras mucho más anchas (Pham et al. 2017), puesto que el ancho de las aceras está relacionado positivamente con una alta tasa de supervivencia y buen estado fitosanitario del arbolado (Hauer et al. 2020). Para el contexto de este estudio, se considera que la incorporación de jardinerías en el diseño vial, indistinto al tipo de vía, significaría un área con mayor potencial para incrementar la CA.

- Jardinerías

Siendo de manejo absoluto del municipio, que no es el caso de las aceras, las jardinerías divisorias, tienen la ventaja de estar ubicadas en la parte central de la Rv, reduciéndose limitaciones como la del tendido eléctrico y las edificaciones, con la posibilidad de que la copa de los árboles tenga mucho más espacio para extenderse. Esto representa un enorme potencial para contener especies arbóreas, que generan una CA significativamente mayor al área que se les destina. Cuando se evalúa el área disponible para arborizar en estos espacios se subestima el porcentaje de CA que pueden alcanzar (Bodnaruk et al. 2016) [p.e jardinerías viales con 2.2 m de ancho para un segmento de calle de 80 m de longitud (son 176 m<sup>2</sup> de jardinería) pueden contener árboles de porte medio a grande que cubrirían todo el segmento de la calle y sobrepasarían por mucho la superficie destinada. Un ancho total de 3 metros o 1,50 m entre el fuste y el cordón vial

son algunas medidas que se manejan, aunque dependerá de las características de la especie (Hauer et al. 2020), principalmente por el tipo de raíz. Las especies arbóreas que pueden desarrollar una CA extensa, con una copa densa y de hojas perennes, son más efectivas para la retención de contaminantes como para reducir el efecto islas de calor, propios de una Rv. Resulta importante que estas jardineras se diseñen con espacio físico suficiente para contener especies arbóreas con esas características (Bodnaruk et al. 2016, Alonzo et al. 2021). Una CA  $\geq 40\%$  cubriendo el segmento de la calle logra un enfriamiento sustancial en la temperatura del aire (Ziter et al. 2019). Estas áreas también ofrecen hábitats para la fauna urbana (Sjöman et al. 2016).

- Aceras

La CA en aceras es afectada por una situación compleja. Si bien el área asignada para aceras es de uso público, es el propietario el que decide sobre ellas (p.e. impermeabilizando, reduciendo el tamaño, arborizando, eliminando parcial o totalmente la CA, ocupándose para comercio o como estacionamiento). Otra situación que no favorece el incremento de la CA en aceras es el tendido eléctrico y del servicio de agua potable, entre otros. También hay que tener en cuenta que las aceras tienen un fin predominantemente peatonal. Se presume que al integrar las capas vectoriales de estos servicios públicos, el área mínima libre para el peatón y la línea de verja de los Epr, la CA que se determina para aceras estaría catalogada como en riesgo de ser eliminada. Ya sea decisión del propietario de la vivienda, de la empresa de servicios públicos o el mismo municipio. Incluso, solo la poda puede significar el deterioro en la condición del árbol, que luego se utiliza para justificar su remoción.

En general, la CA en jardineras viales y las aceras también están expuestas a perturbaciones como la excavación, compactación e impermeabilización del suelo, producida por la construcción de infraestructura pública y privada. Esto afecta al sistema radicular de las especies arbóreas circundantes, siendo condicionantes que inciden negativamente con el estado fitosanitario y la tasa de supervivencia del arbolado urbano (Hauer et al. 2020). De hecho, el no aplicar el criterio de Zona Crítica de Raíz (ZCR) para la infraestructura que se realiza es la principal causa de afectación a la salud del arbolado en Epu (Universidad estatal de Oregón-USDA 2009). Dado que los municipios tienen el control de la infraestructura que planifican para sus Epu, resulta factible incorporar el criterio de ZCR, tanto en el diseño como en la ejecución.

## CONCLUSIONES

El catastro de la CA que se presenta es una prueba de concepto, realizado en base a experiencias previas. La metodología plantea una diferenciación clara en el uso de conceptos y de las tipologías de suelo que componen el diseño urbano. Esto resulta importante a la hora de organizarlos para su análisis. Por lo general, las investigaciones que se realizan para determinar la CA se enfocan en el método de clasificación, presentado un mapa de CA únicamente.

Para generar el catastro de la cobertura arbórea (CA) se requiere: 1) determinar la superficie de CA, independiente del método que se utilice (clasificación - detección de objetos) y 2) vincular las distintas capas que componen el diseño urbano. De hecho, mínimamente se necesitan tres capas poligonales: manzanos, red vial y aceras. Cuanto más se desglose cada una de ellas mayor será la

posibilidad de análisis. Si bien para los análisis se trabajó con una caracterización simplificada de estas capas, bastó para exponer la importancia de un catastro de la CA en la planificación urbana. El potencial del catastro de la CA como instrumento de gestión es amplio y su implementación significaría un avance cualitativo para la planificación urbana.

## **RECOMENDACIONES**

Con su catastro de la CA, los municipios deben enfocarse primeramente, en identificar las acciones necesarias para conservar su CA ya existente. A medida que lo integren podrán establecer metas y prioridades de intervención. Por ejemplo: generando el catastro de CA para su radio urbano, los municipios podrán entender de forma rápida y precisa la situación del arbolado a nivel Distrital, por Unidades Vecinales, Manzanos y de cada lote. Esto resulta importante para identificar Epu que requieran arborizarse. Por otra parte están las áreas potenciales para conservar; como corredores ecológicos, ecotonos y biotopos. También se logra estimar el número de árboles, generar índices de CA, métricas del paisaje y cuantificar los servicios ecosistémicos que brinda la CA de cada árbol. Albergando esta información un catastro de la CA se establecería como el Plano director para el manejo de la biodiversidad en áreas urbanas.

El catastro de la CA también permite conocer la capacidad del diseño urbano para albergar especies arbóreas. Esta información es esencial para hacer reajustes a la infraestructura pública, donde necesariamente tiene que aplicarse el criterio de Zona Crítica de Raíz (ZCR).

Las áreas de equipamiento y la red vial bien pueden proyectarse con un enfoque de multifuncionalidad, aumentando el área disponible para arborizar. En el caso de las aceras, cuando los municipios integren su catastro de la CA con las capas del tendido eléctrico y el resto de los servicios públicos, podrán categorizar el grado de conflicto con la CA en aceras. De esta forma podrán identificar aceras inviables para arborizar, que aún no tienen un conflicto con la CA, principalmente con un enfoque preventivo.

También permite entender el potencial de los espacios privados (Epr) en el incremento de la CA de una ciudad. Esto abre la oportunidad de involucrar a los propietarios en el manejo del arbolado urbano, tanto en sus predios como en las aceras. Los municipios pueden llevar a cabo análisis específicos, ya que cuentan con toda su estructura urbana georreferenciada y organizada (deberían).

## **AGRADECIMIENTOS**

A Geosystems Bolivia e Ing. Tatiana Uzin, que brindaron sin condición alguna las imágenes satelitales de alta resolución. Al Jardín Botánico de Missouri y M.Sc. Luzmila Arroyo, sus gestiones permitieron que esta investigación reciba financiamiento económico. Para Jesús Pinto Ph.D.; M.Sc. Hans Argote y M.Sc. Alejandro Araujo-Murakami por las revisiones y sugerencias al contenido del documento.

Aclaración: la catalogación de uso de suelo, las superficies que abarcan y los límites del D3 son únicamente de referencia, creados para este estudio a partir de datos de libre acceso. El autor no tiene ningún interés de evaluar la gestión pública en el D3, que se utilizó como área de estudio dada la disponibilidad de la imagen satelital GeoEye1.

## LITERATURA CITADA

- Akinnifesi, F.; Sileshi, G.; Ajayi, O.; Akinnifesi, A.; De Moura, E.; Linhares, J. y Rodrigues, I. 2010. Biodiversity of the urban homegardens of Sao Luís city, Northeastern Brazil. *Urban Ecosystems*, 13, 129-146. <https://www.researchgate.net/publication/275888358>
- Alonzo, M.; Matthew, B. y Yuemeng, G. y Shandas, V. 2021. Spatial configuration and time of day impact the magnitude of urban tree canopy cooling. *Environmental Research Letters*. 16. 10.1088/1748-9326/ac12f2.
- Barron, S.; Sheppard, S.R. y Condon, P.M. 2016. Urban forest indicators for planning and designing future forests. *Forests*, 7(9), 208.
- Benedict, M.A. y McMahon, E.T. 2012. *Green infrastructure: linking landscapes and communities*. Island press.
- Beninde, J.; Veith, M. y Hochkirch, A. 2015. Biodiversity in cities needs space: a meta-analysis of factors determining intra-urban biodiversity variation. *Ecology letters*, 18(6), 581-592.
- Bigsby, K.M.; McHale, M.R. y Hess, G.R. 2014. Urban Morphology Drives the Homogenization of Tree Cover in Baltimore, MD, and Raleigh, NC. *Ecosystems* 17, 212-227. <https://doi.org/10.1007/s10021-013-9718-4>
- Bodnaruk, E.W.; Kroll, C.N.; Yang, Y.; Hirabayashi, S.; Nowak, D.J. y Endreny, T.A. 2016. Where to plant urban trees? A spatially explicit methodology to explore ecosystem service tradeoffs. *Landscape and Urban Planning*, 157, 457-467.
- Brennan, M.; Mills, G. y Ningal, T. 2017. *Dublin Tree Canopy Study Report*. School of Geography, University College Dublin.
- Brunner, J. y Cozens, P. 2013. 'Where have all the trees gone?' Urban consolidation and the demise of urban vegetation: A case study from Western Australia. *Planning Practice and Research*, 28(2), 231-255.
- Canosa, E.; Sáez, E.; Sanabria, C. y Zavala, I. 2003. Metodología para el estudio de los parques urbanos: la Comunidad de Madrid. *GeoFocus (Artículos)*, 3, 160-185. Disponible en: <https://repositorio.uam.es/handle/10486/665638>
- Conde, C.; Perelman, S. y Cerezo, A. 2009. Efecto de diferentes métodos de clasificación de imágenes satelitales sobre índices de paisaje. *Revista de Teledetección* 32: 5-13. Disponible en: <http://www.aet.org.es/?q=revista32-3>
- Cordero, P.; Vanegas, S. y Hermida, M.A. 2015. La biodiversidad urbana como síntoma de una ciudad sostenible. Estudio de la zona del Yanuncay en Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 6(1), 107-130.
- Davies, Z.G.; Edmondson, J.L.; Heinemeyer, A.; Leake, J.R. y Gaston, K.J. 2011. Mapping an urban ecosystem service: quantifying above-ground carbon storage at a city-wide scale. *Journal of Applied Ecology*, 48: 1125-1134. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02021.x>
- Derkzen, M.; van Teeffelen, A. y Verburg, P. 2015. Quantifying urban ecosystem services based on high-resolution data of urban green space: an assessment for Rotterdam, The Netherlands. *Journal of Applied Ecology*: 52, 1020-1032.
- Dwyer, M.C. y Miller, R.W. 1999. Using GIS to assess urban tree canopy benefits and surrounding greenspace distributions. *Journal of Arboriculture*, 25, 102-107.
- ENVI. 2012. Feature Extraction Module. Exelis, official documentation. Disponible en: <http://www.harrisgeospatial.com/portals/0/pdfs/envi/FXExampleBasedTutorial.pdf>

- ENVI. 2015. Feature Extraction, Example-Based Classification. Disponible en: <https://www.harrisgeospatial.com/docs/Classification.html>
- Ferreiro, M.; Bandeira, L.; Martín, J. y Pina, P. 2007. Clasificadores para vegetación y áreas boscosas con imágenes multiespectrales de baja resolución. *Lecture Notes in Computer Science*, 1, 177-184. Disponible en: <http://Eprints.ucm.es/10259/1/T31475.pdf>
- Gobierno Autónomo Municipal de La Guardia. 2010. Plan municipal de ordenamiento territorial: PMOT 2010-2014. 2010. 260 pág.
- Gobierno Autónomo Municipal de La Guardia. 2010. Código de urbanismo y obras (CUOMLG), primera edición (adaptación técnica). 308 pág.
- Gobierno Autónomo Municipal de La Guardia. 2012. Plano director, distrito urbano El Carmen D3.
- Guo, T.; Morgenroth, J. y Conway, T. 2019. To plant, remove, or retain: understanding property owner decisions about trees during redevelopment. *Landsc. Urban Plan.* 190, 103601
- Hauer, R.J. y Peterson, W.D. 2016. Municipal Tree Care and Management in the United States: A 2014 Urban y Community Forestry Census of Tree Activities. Special Publication 16-1, College of Natural Resources, University of Wisconsin-Stevens Point. 71 pp.  
<http://www.uwsp.edu/cnr/Pages/Forestry---MTCUS.aspx>
- Hauer, R.J.; Peterson, W.D.; Wulder, M.A. y Nelson, T.A. 2020. Sidewalk Shade and Street Trees: Evaluating the Use of Google Street View to Assess Their Distribution. *Urban Forestry & Urban Greening*, 54, 126765.
- Hilbert, D.R.; Roman, L.A.; Koeser, A.; Vogt, J. y van Doorn, N.S. 2019. Urban tree mortality: a literature review. *Arboric. Urban For.* 45 (5), 167-200.
- Hwang, W.H. y Wiseman, P. 2020. Geospatial Methods for Tree Canopy Assessment: A Case Study of an Urbanized College Campus. *Arboriculture y Urban Forestry*. 46. 51-65. 10.48044/jauf.2020.005.
- Ioja, C.I.; Grădinaru, S.R.; Onose, D.A.; Vânău, G.O. y Tudor, A.C. 2014. The potential of school green areas to improve urban green connectivity and multifunctionality. *Urban Forestry y Urban Greening*, 13(4), 704-713.
- Kendall, R. 2020. The effects of street tree site planting width on canopy width and ability to provide ecosystem services. *Environmental studies undergraduate student theses*. 267. <https://digitalcommons.unl.edu/envstudtheses/267>
- Klobucar, B.; Östberg, J.; Jansson, M.; Randrup, T.B. 2020. Long-Term Validation and Governance Role in Contemporary Urban Tree Monitoring: A Review. *Sustainability* 2020, 12, 5589. <https://doi.org/10.3390/su12145589>
- Kurbán, A. y Cúnsulo, M. 2017. Confort térmico en espacios verdes urbanos de ambientes áridos. *Revista Hábitat Sustentable* Vol. 7, 1. Disponible en: <https://doi.org/10.22320/07190700.2017.07.01.04>
- Lahoti, S.; Kefi, M.; Lahoti, A. y Saito, O. 2019. Mapping Methodology of Public Urban Green Spaces Using GIS: An Example of Nagpur City, India. *Sustainability*, 11, 2166.  
<https://doi.org/10.3390/su11072166>
- Ley N° 777 del Sistema de Planificación Integral del Estado – SPIE, 2017
- Li, X.; Huang, Y. y Ma, X. 2021. Evaluation of the accessible urban public green space at the community-scale with the consideration of temporal accessibility and quality, *Ecological Indicators*, Volume 131, 108231, ISSN 1470-160X  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108231>
- Locke, D.H.; Grove, J.M.; Galvin, M.; O'Neil-Dunne, J.P. y Murphy, C. 2013. Applications of urban tree canopy assessment and prioritization tools: Supporting collaborative decision making to



- achieve urban sustainability goals. *Cities and the Environment (CATE)*, 6(1), 7. En: <https://digitalcommons.lmu.edu/cate/vol6/iss1/7/>
- Loram, A.; Thompson, K.; Warren, P. y Gaston, K. 2008. Urban domestic gardens: The richness and composition of the flora in five cities. *Journal of Vegetation Science* 19: 321-330. <http://www.jstor.org/stable/25173203>
- Maco, S.E. y McPherson, E.G. 2003. A practical approach to assessing structure, function, and value of street tree populations in small communities. *J. Arboricult.* 29 (2), 84-97
- Mas, J.F. y Couturier, S. 2008. Evaluación de la fiabilidad temática de bases de datos cartográficas. pp. 675-703. En: Bautista F.; H. Delfín y J. L. Palacio-Prieto (eds.). *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*. Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma de Yucatán, Instituto Nacional de Ecología.
- McGee, J.; Day, S.; Wynne, R. y White, B. 2012. Using Geospatial Tools to Assess the Urban Tree Canopy: Decision Support for Local Governments. *Journal of Forestry*, 110(5):275-286 (July). DOI: 10.5849/jof.11-052
- McPherson, E.G.; Nowak, D.J. y Rowntree, R. 1994. Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project, General Technical Report No. NE-186, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Radnor, PA. Disponible en: [https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/gtr/gtr\\_ne186.pdf](https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/gtr/gtr_ne186.pdf)
- McPherson, E.G.; Nowak, D.J.; Heisler, G.; Grimmond, S.; Souch, C.; Grant, R. y Rowntree, R. 1997. Quantifying urban forest structure function, and value: the Chicago Urban Forest Climate Project. *Urban Ecosyst.* 1, 49-61.
- Mena, C.; Ormazábal, Y.; Morales, Y.; Santelices, R. y Gajardo, J. 2011. Índices de área verde y cobertura vegetal para la ciudad de Parral (Chile), mediante fotointerpretación y SIG. *Revista Ciencia Forestal*, 2(3), 521-531. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53420071012>
- Miller, R.W. 1997. Planeación del enverdecimiento urbano. pp. 83-108. En Krishnamurthy, L. y J. Rente Nascimento (Eds.) *Áreas verdes urbanas en Latinoamérica y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo Washington DC. Disponible en: [www.rivasdaniel.com/Pdfs/Areas\\_verdes\\_LatAmerica.pdf](http://www.rivasdaniel.com/Pdfs/Areas_verdes_LatAmerica.pdf)
- Navarro, G. 2002. Vegetación y unidades biogeográficas de Bolivia. pp. 1-500. En: Navarro, G. y Maldonado, M. (Eds.). *Geografía ecológica de Bolivia. Vegetación y ambientes acuáticos*. Centro de ecología y difusión Simón I. Patiño. Santa Cruz de la Sierra.
- Navarro, G. y Ferreira, W. 2007. Leyenda explicativa de las unidades del mapa de vegetación de Bolivia a escala 1:250.000. Rumbol S.R.L. Cochabamba-Bolivia. 65 pág.
- Nielsen, A.B.; Östberg, J. y Delshamar, T. 2014. Review of Urban Tree Inventory Methods Used to Collect Data at Single-Tree Level. *Arboric. Urban For.* 40, 96-111.
- Nowak, D.J.; Rowntree, R.; McPherson, E.G.; Sisinni, S.; Kerkmann, E. y Stevens, J. 1996. Medición y el análisis de la cubierta de árboles urbanos. *Paisaje y Planificación Urbana*, 36, 49-57. Disponible en: [https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/jrnl/1996/ne\\_1996\\_nowak\\_001.pdf](https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/jrnl/1996/ne_1996_nowak_001.pdf)
- Nowak, D.J. y Heisler, G.M. 2010. Improving air quality with trees and parks. Research Series Monograph. Ashburn, VA: National Recreation and Parks Association Research Series Monograph. 44 p.
- Oke, T.R. 2004. Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites. IOM Report No. 81, WMO/TD No. 1250, Geneva: World Meteorology Organization <http://www.wmo.ch/web/www/IMOP/publications/IOM-81/IOM-81-UrbanMetObs.pdf>

- ONU. 2014. World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights, United Nations (UN), Department of Economic and Social Affairs Population Division: New York, NY, USA.
- OpenStreetMap. 2015. Municipio La Guardia, Provincia Andrés Báñez, SCZ, Bolivia. Recuperado de: <https://www.openstreetmap.org/node/794507239#map=11/-17.8918/-63.3303>.
- Oregon Department of Forestry, Washington State Department of Natural Resources, Oregon State University Extension Service, USDA Forest Service Urban and Community Forestry Program, y Pacific Northwest Chapter of the International Society of Arboriculture. 2009. Tree Protection on Construction and Development Sites: A Best Management Practices Guidebook for the Pacific Northwest.
- Parmehr, E.G.; Amati, M.; Taylor, E.J. y Livesley, S.J. 2016. Estimation of urban tree canopy cover using random point sampling and remote sensing methods. *Urban Forestry & Urban Greening* 20: 160-171.
- Perea, A.; Meroño, J. y Aguilera, M. 2009. Clasificación orientada a objetos en fotografías aéreas digitales para la discriminación de usos del suelo. *Revista Interciencia*, 34(9), 612-616. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33913149003>
- Pérez, S. y López, I. 2015. Áreas verdes y arbolado en Mérida, Yucatán. Hacia una sostenibilidad urbana. *Revista economía, sociedad y territorio*, 15(47), 1-33. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11132816002>
- Pham, T.H.; Apparicio, P.; Landry, S.M. y Lewnard, J. 2017. Disentangling the Effects of Urban Form and Socio-Demographic Context on Street Tree Cover: A Multi-Level Analysis from Montréal. *Landscape and Urban Planning*, 157, 422.
- Pramova, E.; Bruno, L.; Djoudi, H. y Somorin, O. 2012. Bosques y árboles para la adaptación social al cambio y la variabilidad del clima. CIFOR. Boletín Brief, 15, 1-16. Disponible en: <http://hal.cirad.fr/cirad-00937160>
- Rodríguez, A. 2011. Metodología para detectar cambios en el uso de la tierra utilizando los principios de clasificación orientada a objetos, estudios de caso piedemonte de Villavicencio, Meta. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Disponible en: <https://bdigital.unal.edu.co/5241/1/andresfeliperodriguezvasquez.2011.pdf>
- Rowntree, R. y Nowak, D.J. 1991. Quantifying the role of urban forests in removing atmospheric carbon dioxide. *Journal Arboriculture*, 17, 269-275. Disponible en: <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/18726>
- Sjöman, H.; Morgenroth, J.; Sjöman, J.; Sæbø, A. y Kowarik, I. 2016. Diversification of the urban forest—Can we afford to exclude exotic tree species? *Urban Forestry & Urban Greening*. 18. 10.1016/j.ufug.2016.06.011.
- Sorensen, M.; Barzetti, V.; Keipi, K. y Williams, J. 1998. Manejo de las áreas verdes urbanas. División de Medio Ambiente Departamento de Desarrollo Sostenible Banco Interamericano de Desarrollo Washington, D.C. Disponible en: <https://www.services.iadb.org/wmsfiles/products/Publications/1441394.pdf>
- Stark, K. 2011. Uso de GIS para caracterizar los valores, el cambio de la copa de los árboles urbanos y la propiedad. Un estudio de caso en la ciudad de Winona, MN, EE.UU. Volumen 13, artículos sobre análisis de recursos. 24 páginas. Prensa de servicios centrales universitarios de la Universidad de Saint Mary de Minnesota.
- Steenberg, J.; Robinson, P. y Duinker, P. 2018. A spatio-temporal analysis of the relationship between housing renovation, socioeconomic status, and urban forest ecosystems. *Environment and Planning B Planning and Design*. 46.

- Suarez, A. 2014. Clasificación de imágenes satelitales de alta dimensionalidad. (Tesis de Licenciatura). Universidad Santiago de Compostela, España. 194 pág. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10347/13003>
- Timilsina, S.; Sharma, S.K. y Aryal, J. 2019. Mapping urban trees within cadastral parcels using an object-based convolutional neural network. ISPRS annals of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences, 4, 111-117.
- Tonetti, E. y Nucci, J. 2012. Arborização viária na área central de Paranaguá Brasil. Revista Geografar, 7(1), 53-67. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5380/geografar.v7i1.22556>
- USDA. 2019b. Urban tree canopy assessment: a community's path to understanding and managing the urban forest, U.S. Department of Agriculture, Forest Service., pp. 16.
- Ziter, C.D.; Pedersen, E.J.; Kucharik, C.J. y Turner, M.G. 2019. Scale-dependent interactions between tree canopy cover and impervious surfaces reduce daytime urban heat during summer Proc. Natl Acad. Sci. USA 116 7575-80. Disponible en: <https://doi.org/10.1073/pnas.1817561116>

## **Diversidad morfológica de semillas de almendra chiquitana (*Dipteryx alata* Vogel), en los Municipios de Concepción, San Ignacio de Velasco y San Antonio de Lomerío, Santa Cruz, Bolivia**

Silda García Avendaño

Unidad de Postgrado, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. Email: [sildagarcia23@gmail.com](mailto:sildagarcia23@gmail.com)

### **RESUMEN**

La almendra chiquitana (*Dipteryx alata* Vogel), por su valioso contenido nutricional en sus frutos y semillas, es considerada una especie clave para promover el desarrollo socioeconómico y conservación del medio ambiente de la región chiquitana. Algunos autores brasileños y bolivianos señalan que existe una amplia diversidad morfológica en la producción de semillas dentro de su área de distribución natural. Sin embargo, en Bolivia aún no se cuenta con estudios morfológicos específicos que describan de manera clara y detallada los diferentes rasgos morfológicos existentes. Razón por la cual, se realizó un estudio para determinar, la diversidad y variabilidad morfológica de las semillas en los Municipios de San Ignacio de Velasco, Concepción y San Antonio de Lomerío de la región chiquitana. Se colectaron muestras de semillas de 110 árboles, las cuales fueron caracterizadas morfológicamente según variables cuantitativas y cualitativas, y analizadas a través de la estadística descriptiva y análisis multivariados con el Software Infostat. Los resultados mostraron que las semillas miden un promedio de 2,4 cm de longitud y pesan 2,2 g, tienen forma ovoide a ovalado, con superficie rugosa a lisa, y generalmente son de color café a café oscuro. El análisis de conglomerados, agrupó las semillas en cuatro grupos según sus rasgos morfológicos similares en cuanto al tamaño y peso. El análisis de componentes principales determinó que hay un 68 % variabilidad morfológica en las variables estudiadas. Finalmente, en base a las variables con mayor aportación al estudio (longitud y peso) se identificaron 16 morfotipos sobresalientes (semillas) permitiendo a los usuarios cuantificar y recolectar morfotipos de interés productiva y comercial, haciendo un uso adecuado, planificado a corto, mediano y largo plazo.

Palabras Clave: *Dipteryx alata*, Chiquitania, diversidad, morfología, variabilidad, semillas

DOI: 10.03670/RF.2024.03.02

## Morphological diversity of chiquitanian almond seeds (*Dipteryx alata* Vogel), in the municipalities of Concepción, San Ignacio de Velasco, and San Antonio de Lomerío, Santa Cruz, Bolivia

### ABSTRACT

The Chiquitanian almond (*Dipteryx alata* Vogel) is considered a key species for promoting socioeconomic development and environmental conservation in the Chiquitania region because of the valuable nutritional content of its fruits and seeds. Some Brazilian and Bolivian authors point out that there is a wide morphological diversity in seed production within its natural range. However, in Bolivia, no specific studies still describe the different morphological traits. For this reason, a study was carried out to determine seeds' diversity and morphological variability in San Ignacio de Velasco, Concepción, and San Antonio de Lomerío in the Chiquitano region. For this purpose, seeds were collected from 110 trees morphologically characterized according to quantitative and qualitative variables, and analyzed through descriptive statistics and multivariate analysis with Infostat software. The results showed that seeds measure an average of 2.4 cm in length and weigh 2.2 g, are ovoid to oval in shape, with a rough to smooth surface, and are generally brown to dark brown. Cluster analysis grouped seeds into four groups according to their similar morphological traits in terms of size and weight. The Principal component analysis determined 68 % morphological variability in the variables studied. Finally, based on the variables with the greatest contribution to the study (length and weight), 16 outstanding morphotypes (seeds) were identified, allowing users to quantify and collect morphotypes of productive and commercial interest, making adequate use, to plan in the short, medium and long term.

**Keywords:** *Dipteryx alata*, Chiquitania, diversity, morphology, variability, seeds

### INTRODUCCIÓN

Bolivia es uno de los países que concentra la mayor diversidad de especies forestales en cinco de sus nueve ecosistemas (Yungas, Amazonía, Bosque seco chiquitano, Chaco y Bosque Tucumano-boliviano) (Acha 2016). En el bosque seco chiquitano los pobladores locales vienen manejando sus tierras a través de diversas actividades económicas tales como el aprovechamiento forestal maderable y no maderable. En el aprovechamiento forestal no maderable se destaca la especie de Almendra chiquitana (*Dipteryx alata* Vogel) que, por presentar un alto valor en contenido nutricional de sus frutos y semillas, es considerada una especie clave para promover el desarrollo socioeconómico y la conservación del medio ambiente de la región (Peltier *et al.* 2009).

Actualmente, algunas comunidades de los municipios de Concepción, San Ignacio de Velasco y San Antonio de Lomerío (considerados como los mayores productores y recolectores) vienen aprovechando este producto con fines de consumo familiar, y comercialización a pequeña escala (Vennetier *et al.* 2012, Oliveira *et al.* 2022).

Sin embargo, existe un gran interés de este producto en el mercado internacional, pero la cantidad y regularidad de la almendra no cumple las expectativas del mercado (Campos *et al.* 2023), lo que conduce a la necesidad de incrementar el volumen productivo de la especie a través de la domesticación y cultivos, orientados a mejorar la calidad genética (en cuanto a la productividad, tamaño y calidad de semillas). *Dipteryx alata* presenta una amplia variabilidad

morfológica en la producción de las semillas, lo que puede variar inclusive dentro de su misma población (Vennetier *et al.* 2012). Algunos estudios realizados en Brasil y Bolivia, han manifestado la existencia la variabilidad morfológica en la producción de semillas entre árboles y regiones (Sano *et al.* 2008; Mostacedo *et al.* 2015), pero, en Bolivia, aún no se cuenta con estudios de esta naturaleza que describan de manera clara y detallada los diferentes rasgos morfológicos existentes en la producción de semillas de *Dipteryx alata* en sus diferentes áreas de distribución natural de la región chiquitana.

En tal sentido, el objetivo de este estudio fue determinar la variabilidad y diversidad morfológica de semillas de *Dipteryx alata*, a través de su caracterización morfológica (mediciones del tamaño y evaluación de la calidad) de individuos ubicados en los municipios de San Ignacio de Velasco, Concepción y San Antonio de Lomerío del departamento de Santa Cruz, Bolivia, posibilitando la selección de caracteres morfológicos superiores a los demás, que optimicen mayores ventajas en la producción y comercialización. También, permitirá a actores involucrados en el sector a conocer y cuantificar los diferentes rasgos morfológicos existentes, para hacer un uso adecuado, planificado a corto, mediano y largo plazo.

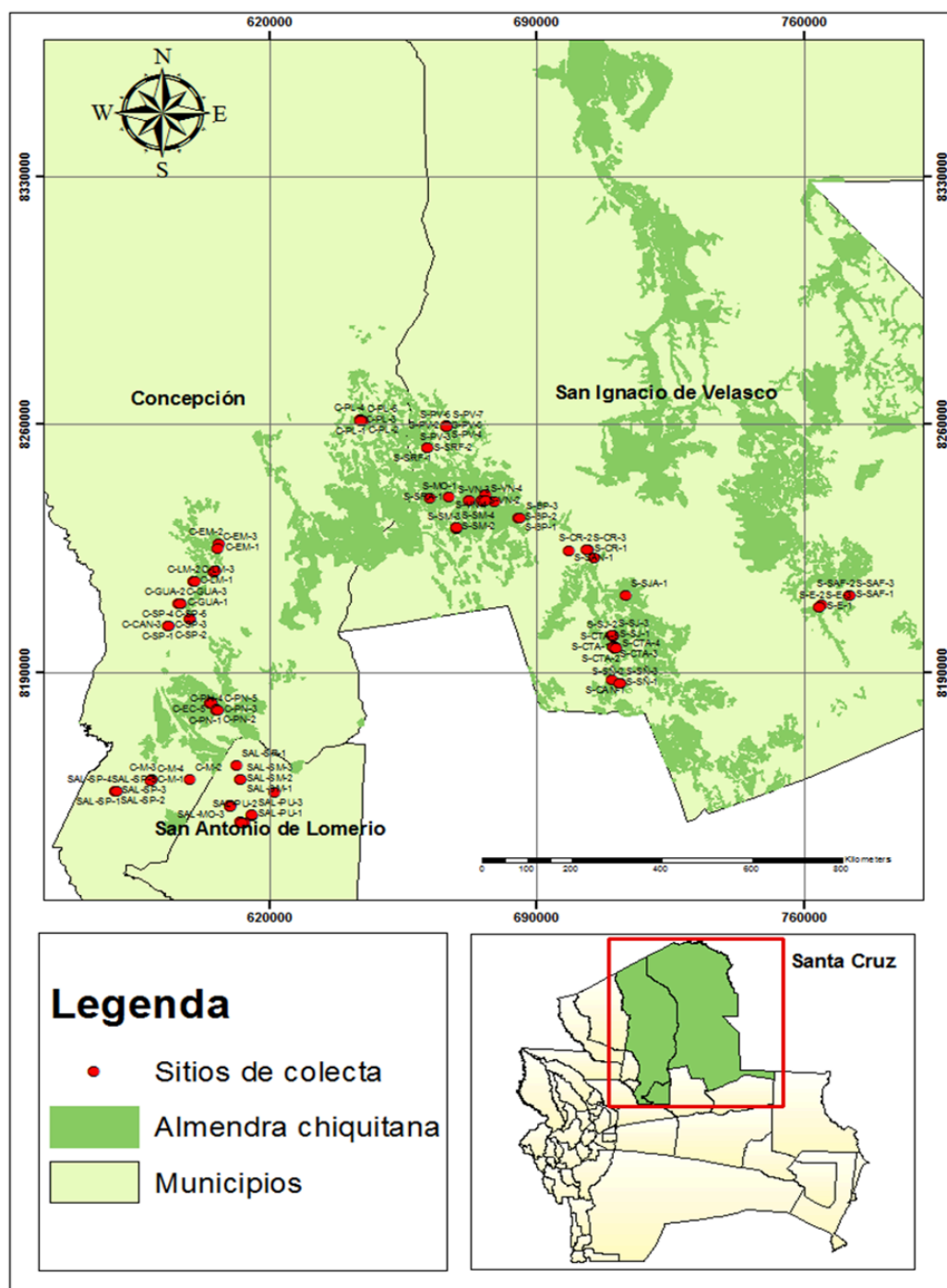
## MÉTODOS

El presente estudio se realizó en la región chiquitana, específicamente en la provincia Ñuflo de Chávez y Velasco, en los municipios de Concepción, San Antonio de Lomerío y San Ignacio de Velasco del departamento de Santa Cruz, Bolivia (Figura 1). La región chiquitana se encuentra situada a 290-476 km de la ciudad de Santa Cruz, con una altitud de 486 m s.n.m., con una temperatura promedio de 28°C, y una precipitación anual de 1300 mm (FCBC, 2014).

Los frutos fueron colectados de 110 árboles ubicados en 39 comunidades de los municipios de San Ignacio de Velasco, Concepción y San Antonio de Lomerío (Figura 1). El criterio para seleccionar los árboles, fue considerando árboles adultos mayores de 20 años y constantemente productivos en los últimos 3 años. Se recolectaron 25 frutos/árbol, recogidos del suelo de manera aleatoria (en total se colectaron 2750 frutos). Posteriormente, las semillas fueron extraídas de los frutos (utilizando prototipos manuales para este efecto) y fueron caracterizadas morfológicamente, tomando en cuenta las variables cuantitativas y cualitativas (Cuadro 1). En las variables cuantitativas se realizaron las mediciones del tamaño, longitud de la semilla (LS), ancho de la semilla (AS), espesor de la semilla (ES) y peso de la semilla (PS)), y en las variables cualitativas se evaluaron la calidad de las semillas en términos de color, forma y textura. Esta evaluación fue realizada basado en descriptores morfológicos publicado por autores como Sano *et al.* (2008) y Bonilla *et al.* (2016).

Los datos fueron analizados, utilizando la estadística descriptiva (promedio, máximos, mínimos, desviación estándar, coeficiente de variación y varianza). Para las variables cualitativas, se construyeron gráficas estadísticas mostrando los diferentes rasgos morfológicos en cuanto al color, forma, y textura. Y para analizar la variabilidad morfológica, se utilizó el análisis multivariado de conglomerados (*Euclidean* y *método Ward*) para agrupar los caracteres similares entre sí. También se un análisis de componentes principales para evaluar el porcentaje de variabilidad morfológica entre los árboles estudiados. Finalmente, se hizo análisis de varianza multivariado al 95 % de confianza, para determinar las diferencias estadísticamente significativas entre las

variables del estudio. Todos los procedimientos estadísticos anteriormente mencionados, se realizaron en INFOSTAT (software de análisis estadístico) versión 2020.



**Figura 1.** Mapa de ubicación del área de estudio y sitios de colecta de frutos. También se incluye la distribución de la Almendra chiquitana.

**Cuadro 1.** Parámetros morfológicos utilizados para la caracterización morfológica, basado en Sano (2008) y Bonilla et al. (2016).

Descriptor morfológico	Criterios de medición
Tamaño de la muestra	110 árboles (25 semillas por árbol), total 2750 unidades de semillas
Peso de la semilla (gr)	Peso de la semilla en balanza electrónica con precisión de 0,1 gramos
Longitud de la semilla (cm)	Medición desde la base del embrión hasta el ápice de la misma, con calibrador mecánico de precisión (0,1 mm)
Ancho de la semilla (cm)	Medición del ancho de la semilla, con un calibrador mecánico de precisión (0,1 mm)
Espesor de la semilla (cm)	Medición de la parte gruesa de la semilla
Forma de la semilla	1=Ovoide, 2=Ovalado, 3=Ovoide aplanado
Textura de la superficie de la semilla	1=rugosa, 3=semirugosa, 4=liso
Color de la semilla	1=café, 2=café claro, 3=café oscuro, 4=negro

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características morfológicas de las semillas

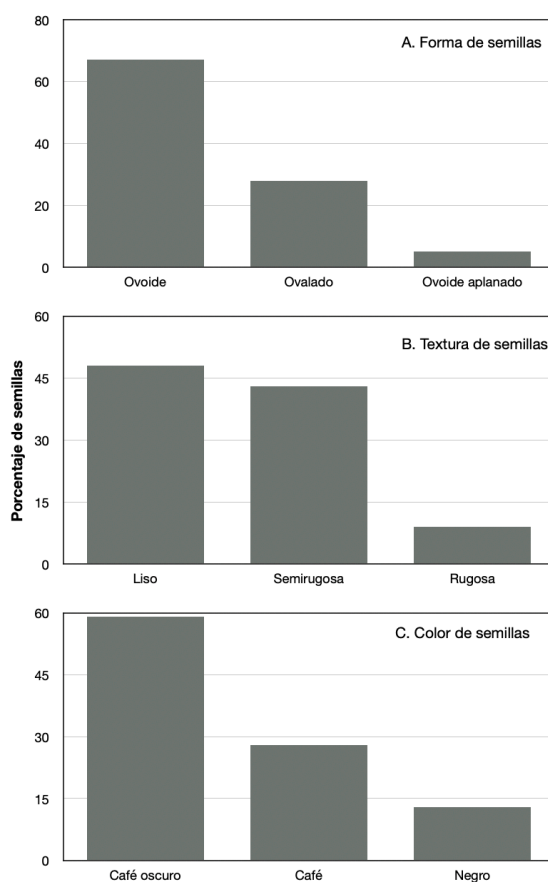
Las variables cuantitativas de las semillas, presentaron un coeficiente de variación menor al 21% siendo en cada una de ellas la media representativa de la muestra del estudio, y existiendo una leve variabilidad que se diferencian claramente en las variables. Las dimensiones de las semillas son: longitud de semilla (LS) promedio 2,44 cm (que varía de 1,8 cm a 3,4 cm); ancho de semilla (AS) promedio 1,05 cm (0,6 a 1,4 cm); espesor de la semilla (ES) promedio 0,75 cm (0,50 a 2,1 cm); y peso de la semilla (PS) promedio 1,41 gr (0,87 a 2,2 gr) (Cuadro 2).

Romero (2016) menciona que, entre los rasgos más estudiados en la ecología de semillas se encuentra su tamaño, por ser uno de los elementos que ha evolucionado asociado a otros rasgos morfológicos y fisiológicos. El tamaño de las semillas puede englobar diferentes atributos como la longitud, ancho y grosor que juegan un papel importante al momento de planificar, recolectar y almacenar semillas. En el caso de la almendra chiquitana, las semillas tienen variaciones en su tamaño; la longitud máxima llega a 3,4 cm y la mínima a 1,8 cm, las cuales se pueden almacenar y conservar en un mismo recipiente. El peso de las mismas alcanza de 0,9 a 1,6 g, la longitud de 1 a 2,6 cm y el ancho de 0,9 a 1,3 cm. Presenta un sabor agradable y se asemeja al maní.



**Cuadro 2.** Características morfológicas del tamaño de las semillas. LS: Longitud de la semilla; AS: Ancho de la semilla; PS: Peso de la semilla; ES: Espesor de la semilla

Código de la Variable	Descripción de la Variable	N° semillas	Media	Mín.	Máx.	Desviación estándar	CV %	Varianza
LS (cm)	Longitud de la semilla	2750	2,44	1,8	3,4	0,31	13	0,09
AS (cm)	Ancho de la semilla	2750	1,05	0,6	1,4	0,13	12	0,02
ES (cm)	Espesor de la semilla	2750	0,75	0,5	2,1	0,17	22	0,03
PS (gr)	Peso de la semilla	2750	1,41	0,87	2,2	0,29	21	0,08



**Figura 2.** Porcentaje de semillas según diferentes características morfológicas.

Asimismo, Mostacedo *et al.* (2015) afirman que, la diversidad fenotípica puede estar correlacionada, por variables climáticas, tales como: latitud, precipitación anual, temperatura media anual. Por ejemplo, *Dipteryx alata* se concentra en diferentes altitudes desde 300 hasta 800 m (el intervalo entre 480-500 tiene mayor presencia de la especie). Con referente a la precipitación, se encuentra en lugares de 800 mm/año a 1800 mm/año (existiendo una mayor probabilidad de ocurrencia con más o menos de 1000 mm/año). El rango de temperatura para la mayor presencia de la especie es de 21-24 °C, siendo la temperatura media óptima de distribución las zonas con 22 - 22.5 °C.

Según la evaluación cualitativa, las semillas tienen una forma ovoide (67 %) que varía ligeramente a ovalado (28%) y ovoide aplanado (5%); presentan una superficie lisa (48%), a semi rugosa (43%) rugosa (9%); y generalmente las semillas son de color café oscuro (59%), café (28%) y negro (13%) (Figura 2). Sano *et al.* (2008) reportan que, las semillas tienen una forma que varía desde ligeramente ovalada hasta elíptica ancha, ápice ligeramente redondeado y la mayoría de las semillas son de color beige. De acuerdo con Romero (2016), las semillas no solamente presentan rasgos cuantitativos que tendrían un efecto en los procesos de conservación de las especies, también poseen una diversidad de rasgos cualitativos que podemos describir y analizar como indicadores para contribuir a mejorar el proceso de conservación *ex situ* de la especie.

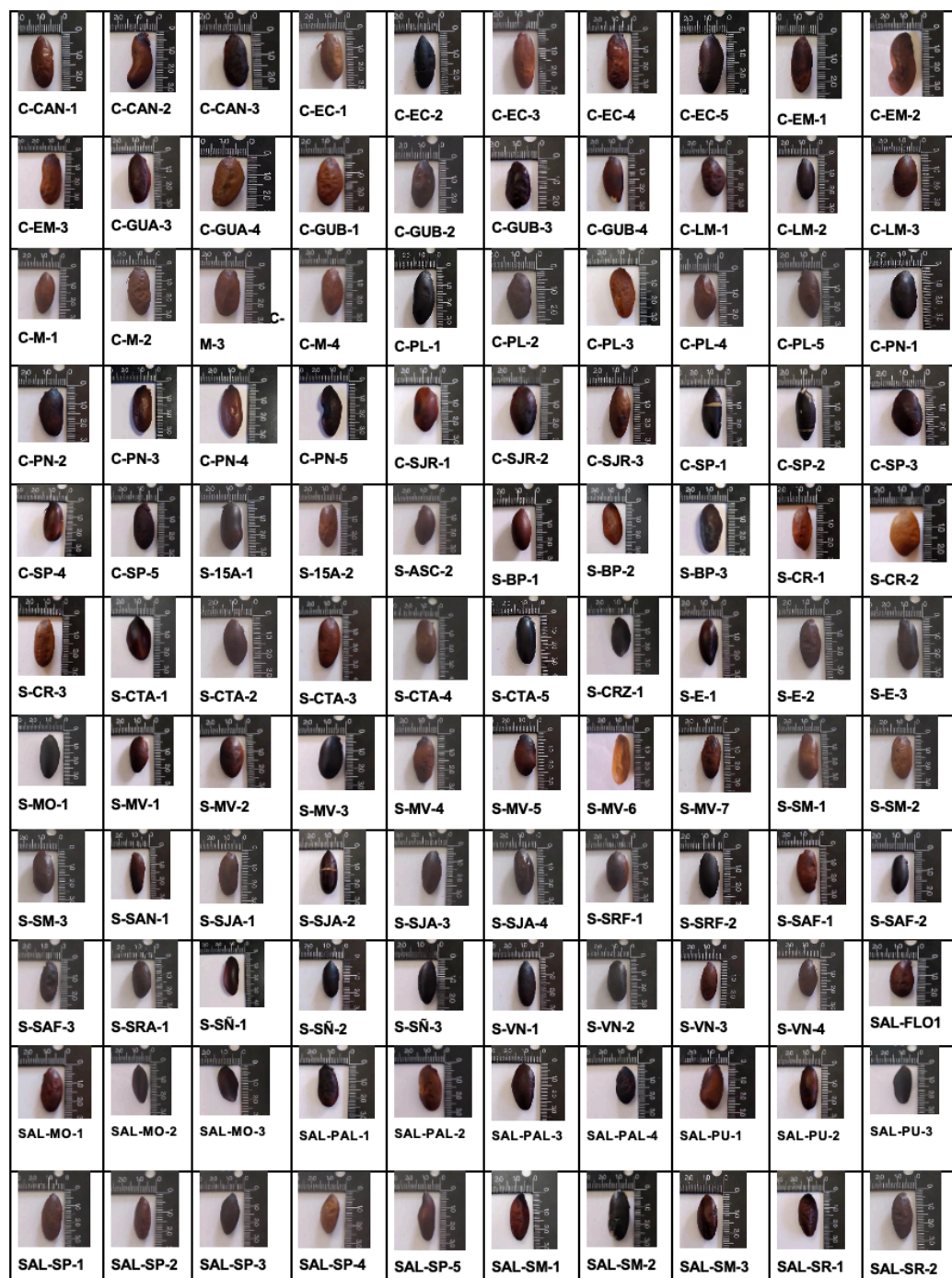
### **Diversidad morfológica**

Existe diversidad morfológica en la producción de semillas, en cuanto a su tamaño, color, forma y textura, tal como se ilustra en la Figura 3. Cada código de procedencia, corresponde a cada uno de los 110 árboles de la muestra. Este hallazgo del trabajo coincide con la argumentación de Coímbra (2016) quien afirma la existencia de una gran variabilidad de formas de semillas tales como lisas, arrugadas, planas, redondeadas e irregulares. Por su parte, Sano (2016), indica que las semillas son de color de crema a color blanco y está rodeada con una panícula rodeada de color café oscuro.

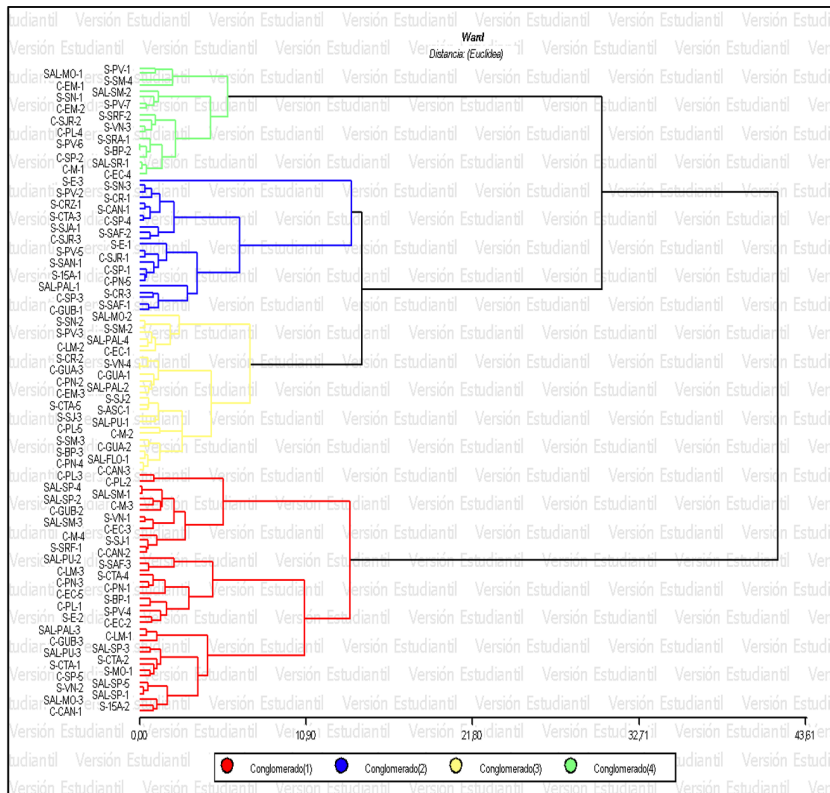
### **Análisis de conglomerados**

El dendograma de conglomerados agrupó a los morfotipos en 4 grupos similares entre sí (según las variables de tamaño y peso), como se puede ver en la Figura 4. Estos grupos son diferenciados por diferentes colores en cuanto a la similitud de rasgos morfológicos existentes en todas las muestras. Los morfotipos agrupados dentro de un grupo, no necesariamente pertenecen a una población o zona, si no que agrupa a diferentes procedencias de diferentes zonas que son parecidos morfológicamente en cuanto al tamaño y peso.

Respecto a la clasificación de las semillas según su similitud, Oliveira (2016) afirma que existen semillas con las mismas cualidades morfológicas, que pueden estar condicionadas de acuerdo a las características del suelo, temperatura y agua. Así como también, la polinización puede ser un factor determinante en la dispersión de un alto número de flores de manera adecuada, en un corto periodo de tiempo, siendo fundamental para la producción de semillas, ya que promueve el flujo de polen entre plantas.



**Figura 3.** Diversidad morfológica de semillas de *Dipteryx alata* recolectadas en las distintas zonas y comunidades. Significado del código procedencia (Ejemplo **C-EC-5**): Primera letra nombre inicial del Municipio; segunda letra nombre abreviado de la comunidad, y la tercera letra nombre correlativo del árbol

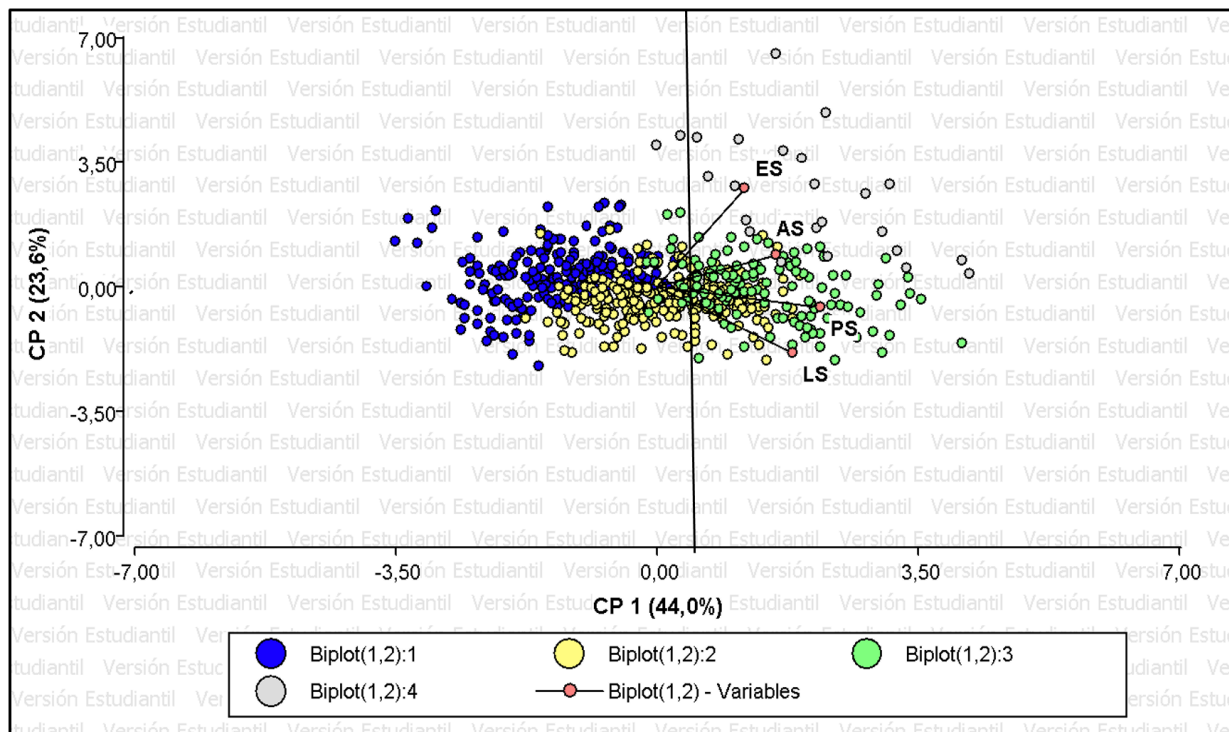


**Figura 4.** Dendrograma de conglomerados (Euclidean y método Ward). Significado del código procedencia (Ejemplo **S-VN-1**): Primera letra nombre inicial del Municipio; segunda letra nombre abreviado de la comunidad, y la tercera letra nombre correlativo del árbol

### Análisis de componentes principales

Según los resultados del análisis de componentes principales, se determinó que hay un 68 % de varianza total en las variables LS, AS, ES y PS, tal como se muestra en la Figura 5. La varianza total es la suma del componente 1 (CP1) que representa el 44,4 % y el componente 2 (CP2) 23,6 %. Según Hidalgo (2003), se deben considerar como variabilidad positiva, en los componentes cuyos valores propios expliquen un 60 % o más de la varianza total. Por tanto, se confirma la existencia de la variabilidad morfológica en las variables del tamaño y peso de las semillas. Estas características pueden estar influenciadas por diferentes condiciones climáticas, y edáficas donde se encuentra ubicado la planta, y/o debido a la amplia polinización de las abejas, como ya mencionado anteriormente.

Asimismo, el gráfico de la Figura 5, permite determinar las variables con mayor contribución al estudio, estas son, la longitud y el espesor de la semilla, ya que son variables altamente correlacionadas entre sí. Por lo cual, estas variables son consideradas como criterios fundamentales al momento de seleccionar morfotipos sobresalientes a los demás (en cuanto al peso y tamaño).



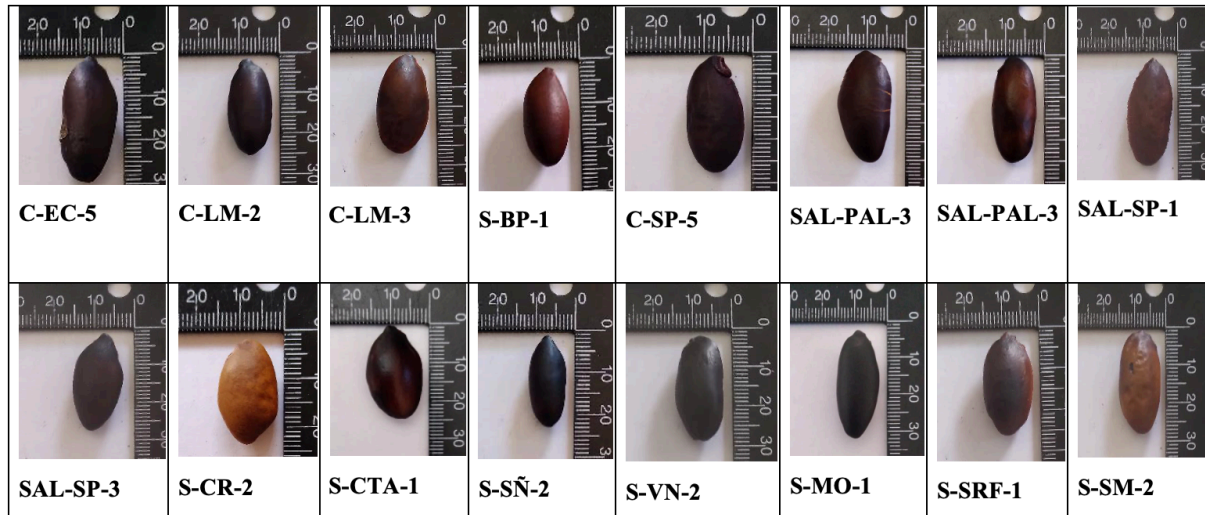
**Figura 5.** Dendrograma como resultado del análisis de componentes principales basado en el método Euclídea y Ward, tomando en cuenta las variables de las semillas. LS: Longitud de la semilla; AS: Ancho de la semilla; PS: Peso de la semilla; ES: Espesor de la semilla

### Selección de morfotipos sobresalientes

Se seleccionaron 16 morfotipos que presentaron mayores ventajas en cuanto al tamaño y peso de la semilla, estos son los árboles : C-EC-5, C-LM-2, C-LM-3, S-BP-1, C-SP-5, SAL-PAL-3, SAL-PU-2, SAL-SP-1, SAL-SP-3, S-CR-2, S-CTA-1, S-SÑ-2, S-VN-2, S-MO-1, S-SRF-1, S-SM-2 (Figura 6). De estos árboles, cuatro se encontraban en el municipio de Concepción, ocho en San Ignacio de Velasco y cuatro en San Antonio de Lomerío.

La selección de las semillas dependerá mucho del interés del productor y/o comercializador. Si el fin es comercializar, las más atractivas para los ojos del consumidor son las semillas de color uniforme (de preferencia color café oscuro a negro), rellenas, de forma ovoide y con textura lisa. Ya que estas son consideradas más fácil de sacar la capa externa de la semilla en comparación a las planas y rugosas.





**Figura 6.** Morfotipos sobresalientes de las semillas de *Dipteryx alata*. Significado del código de procedencia (Ejemplo **C-EC-5**): Primera letra nombre inicial del Municipio; segunda letra nombre abreviado de la comunidad, y la tercera letra nombre correlativo del árbol

## CONCLUSIONES

Las semillas de *Dipteryx alata* tienen un tamaño promedio de 2,44 cm de longitud; 1,05 cm de ancho; 0,75 cm de grosor; y pesa 1,41 g. Generalmente son de forma ovoide (66 %) que varía ligeramente de ovalado a ovoide aplanado (28%), tienen textura lisa (48%), semi-rugosa (43%) a rugosa (9%). Y preferentemente son de color café oscuro (45%); café (23%) y negro (10%). Las semillas tienen diferentes rasgos morfológicos tanto en su aspecto cualitativo y cuantitativo. La agrupación de progenies similares en cuanto a su aspecto cuantitativo (tamaño y peso), no necesariamente pertenecen a una población (comunidad), sino que, pueden existir morfotipos con las mismas cualidades morfológicas, pero ubicadas en diferentes lugares. La evidencia del 68% de variabilidad morfológica de las semillas en cuanto a su tamaño (LS, AS, ES, PS), puede estar influenciada por diversos factores tales como (tipo de suelo, genéticos o sistemas de polinización).

Las variables de peso y longitud de la semilla son elementos fundamentales al momento de seleccionar morfotipos grandes y de buen peso, en este contexto se ha seleccionado 16 morfotipos que presentaron mayores ventajas cuantitativas, estos se encuentran ubicados mayormente en comunidades del Municipio de San Ignacio de Velasco, seguidos de Concepción y San Antonio de Lomerío.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a la tutora de tesis Ing. M.Sc. Fátima Baqueros, por su colaboración y su gran aporte en la ejecución del proyecto, a los Tribunales revisores: PhD. Roberto Vides, Ph. D. Edgar Ponce y M. Sc. Edwin Magariños, por el gran aporte en la revisión y ajustes que permitieron mejorar significativamente el trabajo. Al Director. de la Unidad de Postgrado Ciencias Agrícolas (UPCA), M. Sc. Carlos Rivadeneira, por el incentivo a profesionales durante el desarrollo de estudios de investigación. A la Coordinadora de investigación UFCA, Lic. Katiusha María Cirbian

Tejerina M.Sc., por la gran dedicación, compromiso y gestión en el proceso de culminación de este proyecto.

## LITERATURA CITADA

- Acha, V. 2016. Determinación de la diversidad genética de almendra chiquitana (*Dipteryx alata* Vogel) en su área de distribución natural de Bolivia. Escuela de Ciencias Forestales-UMSS. Cochabamba, Bolivia.
- Bonilla, H.; López, A.; Carbajal, Y. y Siles, M. 2016. Análisis de variables morfométrica de frutos de "tara" provenientes de Yauyos y Ayacucho para identificar caracteres agro morfológicos de interés. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Ciudad Universitaria, Lima-Perú.
- Campos, HN.; SGanzerla WG.; Castro, E. y Veeck, P. 2023. Caracterização do barú (*Dipteryx alata* Vog.) e aplicação do seu subproduto agroindustrial na formulação de biscoitos. Revista de pesquisa agrícola e alimentaria. Brasil.
- Coímbra, J. 2016. Almendra Chiquitana (*Dipteryx alata*): Guía para su aprovechamiento, manejo y cultivo. FCBC. Santa Cruz, Bolivia.
- FCBC, 2014. Medios de vida en comunidades chiquitanas que participan en la cosecha y comercialización de almendra chiquitana (*Dipteryx alata*). Santa Cruz, Bolivia.
- Hidalgo, R. 2003. Variabilidad genética y caracterización de especies vegetales. (Boletín Técnico N° 8). 26 p
- Mostacedo, B.; Espinoza, D. Y Vallejos, A. 2015. Identificación de Variedades, Ecología y Productividad de la Almendra Chiquitana (*Dipteryx alata*). Dirección Universitaria de Investigación / Instituto de Investigaciones Agrícolas El Vallecito /Carreras de Biología, Ciencias Ambientales, Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. Santa Cruz, Bolivia.
- Oliveira, TM.; Soares, S.; Aquino, A.; Siqueira, L.; Paula, M.; Santos, P.; Aristides R.; Altair de Souza A. Y Pereira, V. 2022. Cadena productiva de Barú: Protección del cerrado, buenas prácticas de gestión y agregación de ingresos para familias extractivas en Mato Grosso do Sul.
- Oliveira, A. Silva; Rosado, S. y Rodriguez, E.. 2006. Variações genéticas para características do sistema radicular de mudas de baru (*Dipteryx alata* Vog.). Revista Árvore 30(6): 905-909.
- Peltier, C.; Merlot, L. y Coímbra, J. 2009. Estudio socioeconómico de la cadena del aprovechamiento de la almendra chiquitana (*Dipteryx alata*) su percepción por los diferentes actores y sus posibilidades de desarrollo. FCBC. Santa Cruz, Bolivia.
- Romero, J. 2016. Caracterización morfológica de semillas de especies leñosas distribuidas en dos zonas secas presentes en el Sur del Ecuador. Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Biotecnología y Biología Vegetal-Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Agroalimentaria y de Biosistemas.
- Sano, S. Y Simón, M. 2008. Productividad de Barú (*Dipteryx alata* Vog.) en ambientes modificados, durante 10 años. IX Simposio Nacional Cerrado, Brasília, D. F., Brasil.
- Sano, S.M. 2016. Barú Criterios de selección para la producción de almendras y recomponen ambiental. Biología, doutora em, ecología y pesquisadora de Embrapa Cerrados. Planaltina-Brasil.
- Vennetier, C.; Peltier R. Y Coímbra, J. 2012. Valorizar la Almendra Chiquitana, (*Dipteryx alata* Vogel). Una estrategia para mitigar el impacto ambiental del desarrollo agropecuario en Bolivia. Fundación para la Conservación del Bosque Chiquitano. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

## **Estructura poblacional de la mara (*Swietenia macrophylla* King) en el Área Protegida Municipal – Parque Urbano Curichi La Madre, Santa Cruz de la Sierra – Bolivia**

**Yolanda García y Marisol Toledo\***

Carrera de Biología, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno,  
Km 8.5 al Norte, El Vallecito, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia

\*[marisoltoledo@uagrm.edu.bo](mailto:marisoltoledo@uagrm.edu.bo)

### **RESUMEN**

Las plantaciones de especies forestales maderables no solo tienen valor económico sino también ecológico. En este contexto, el presente estudio exploratorio y descriptivo se realizó en una plantación forestal de mara (*Swietenia macrophylla* King), establecida en los años 80 en el Área Protegida Municipal Curichi La Madre de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, con el objetivo de evaluar la estructura poblacional, incluyendo la estructura horizontal y vertical de esta población. Para ello se ubicaron todos los individuos de mara, encontrándose distribuidos en tres manchas, luego se midió el diámetro y la altura total, agrupándose en 5 categorías de tamaño, desde plantines a árboles adultos, distribuidos en 5 clases diamétricas y 3 clases de altura. Con el programa ArcGIS 10.2 se realizó el mapeo de distribución espacial de los individuos y con el programa Excel se analizaron todos los datos, incluyendo el índice de regeneración natural. La población de mara registró un total de 1534 individuos, presentando la típica curva en forma de "J" invertida, con individuos en todas las categorías de tamaño, pero con mayor porcentaje en la categoría de plantines. Cada mancha presentó diferente abundancia de individuos (891, 373 y 270), obteniendo la mancha 1 la mayor regeneración. En la estructura horizontal, la clase diamétrica 20-30 cm obtuvo la mayor abundancia de individuos de manera general y en cada mancha. En la estructura vertical, el estrato medio (12 a 16 m) obtuvo el mayor porcentaje de la población. En conclusión, esta plantación presentó una buena estructura poblacional, al registrarse individuos en todas las categorías de tamaños y tener un buen porcentaje de árboles adultos, convirtiendo al APM Curichi La Madre en un potencial banco de semillas de esta importante especie forestal.

**Palabras clave:** estructura horizontal y vertical, plantación forestal, regeneración.



## Population structure of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the Municipal Protected Area – Curichi La Madre Urban Park, Santa Cruz de la Sierra – Bolivia

### ABSTRACT

Timber forest species plantations not only have economic but also ecological value. In this context, the present exploratory and descriptive study was carried out in a forest plantation of mara (*Swietenia macrophylla* King), established in the 80s in the Curichi La Madre Municipal Protected Area of the city of Santa Cruz de la Sierra, with the objective to evaluate the population structure, including the horizontal and vertical structure of this population. To do this, all the mara individuals were located, distributed in three spots, then the diameter and total height were measured, grouping them into 5 size categories, from seedlings to adult trees, distributed in 5 diameter classes and 3 height classes. With the ArcGIS 10.2 program, the mapping of the spatial distribution of the individuals was carried out and with the Excel program, all the data were analyzed, including the natural regeneration index. The mara population recorded a total of 1,534 individuals, presenting the typical inverted "J"-shaped curve, with individuals in all size categories, but with a higher percentage in the seedling category. Each spot presented a different abundance of individuals (891, 373 and 270), with spot 1 obtaining the greatest regeneration. In the horizontal structure, the 20-30 cm diameter class obtained the highest abundance of individuals in general and in each spot. In the vertical structure, the middle stratum (12 to 16 m) obtained the highest percentage of the population. In conclusion, this plantation presented a good population structure, with individuals recorded in all size categories and having a good percentage of adult trees, turning the APM Curichi La Madre into a potential seed bank for this important forest species.

**Key words:** horizontal and vertical structure, forest plantation, regeneration.

### INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento forestal en Bolivia, antes de la Ley 1700, fue una actividad extremadamente selectiva enfocada en pocas especies valiosas como la mara (*Swietenia macrophylla*), el cedro (*Cedrela* spp.) y el roble (*Amburana cearensis*) (Fredericksen 1998, Malky-Harb 2005). Esta práctica de extracción irracional ocasionó una importante disminución de las poblaciones e intensos cambios en su estructura poblacional y los más afectados fueron los árboles adultos y, por ende, el suministro de semillas. Por esto, la mara actualmente se considera económicamente extinta en su distribución natural, encontrándose en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES), como un mecanismo para regular su aprovechamiento y conservar la especie (Toledo *et al.* 2011).

La industria forestal boliviana se basa principalmente en los bosques naturales, pero las plantaciones forestales han empezado a establecerse para contrarrestar la extracción en estos bosques (Sandoval 2008). Aunque existen varias plantaciones de mara en diversos lugares del país, no hay estudios sobre la ecología o dinámica de esta especie en estas condiciones. Los estudios han sido en bosques naturales de los departamentos de Santa Cruz y Beni, abordando temas relacionados a la regeneración natural o la aplicación de sistemas silviculturales

(Mostacedo y Fredericksen 2000). Específicamente, en Santa Cruz los estudios fueron ejecutados en los bosques de la Reserva Forestal El Chore (Jiménez-Saa *et al.* 1996), en la Concesión Forestal La Chonta (Pereira y Fredericksen 2002, Mostacedo *et al.* 2009) y en la región del Bajo Paraguá (Villegas *et al.* 2008). Por otro lado, en Beni los estudios sobre la mara fueron realizados en el bosque Chimanes (Gullison y Hubbell 1992, Saravia y Leaños 1999) y en los bosques cercanos a Riberalta (Hayashida-Oliver *et al.* 2001).

Es previsible que las plantaciones con especies de interés forestal se incrementen significativamente en los próximos años ya que generan diversos beneficios además del económico, como la búsqueda de nuevos usos para las tierras agotadas por la agricultura, abastecimiento de materia prima para la industria maderera, producción de biomasa para energía, disminución de la presión sobre los bosques naturales (Terán *et al.* 2005), y sobre todo como fuentes semilleras o de germoplasma forestal (García *et al.* 2011). Si bien la proyección es incrementar las plantaciones forestales, la incertidumbre acerca del éxito de adaptación y regeneración todavía es grande. Por lo tanto, los estudios poblacionales en plantaciones son importantes porque permiten tener una idea de cuál es la tendencia a futuro, información clave para un manejo sostenible y asegurar el reemplazo de individuos aprovechados para futuras cosechas.

En este contexto, el presente estudio se llevó a cabo en una plantación de mara presente en el Área Protegida Municipal – Parque Urbano Curichi la Madre, el único humedal urbano de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra que cuenta con una cantidad significativa de flora y fauna, además de otras funciones ecológicas importantes, el mismo que tiene una fuerte presión antrópica por asentamientos urbanos y construcciones de viviendas (Barahona y Quintanilla 2015). En esta área protegida se encuentran plantaciones de otras especies forestales como serebó, eucalipto, tajibo morado, cedro y ochoó, las que fueron realizadas con fines experimentales en los años 80' por la Cámara Forestal de Bolivia (CFB) y su brazo técnico PROMABOSQUE (Ronald Cossio Com. Pers. 2017). Sin embargo, hasta la fecha no hay información sobre cómo se encuentran estas poblaciones; por lo que se realizó la siguiente pregunta ¿Cuál es el estado actual de la población de mara, en términos de su estructura horizontal y vertical, presente en el Área Protegida Municipal – Parque Urbano Curichi la Madre?

## **MÉTODOS**

### **Ubicación del área de estudio**

El Área Protegida Municipal denominada Parque Urbano de Preservación Ecológica Curichi La Madre, ubicada en la Av. Piraí y 5<sup>to</sup> anillo de circunvalación en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, provincia Andrés Bóñez, está conformada por las unidades vecinales (UV) 112 y 113 según la Ordenanza Municipal 044/2007 (Figura 1). Actualmente abarca un espacio de 49,8 hectáreas, cubierto de diferentes tipos de vegetación y es considerado el único humedal de esta ciudad. Es uno de los pocos humedales que se encuentra aislado dentro de un contexto urbano, lo que le otorga mayor prioridad de conservación según criterios de la Convención RAMSAR creado el año 1971.

**Clima.** El área tiene un bioclima pluvioestacional termotropical (Navarro y Maldonado 2002), con temperatura promedio anual de 23,9°C y precipitación anual promedio de 1251 mm; el mes más

seco es agosto, alcanzando 50 mm de lluvia y en enero las precipitaciones alcanzan su mayor promedio con 199 mm (CLIMATE-DATA.ORG 2018). En cuanto a la humedad relativa el promedio es del 60%, con una máxima de 94% y una mínima de 25%. La velocidad promedio del viento es de 15 km/hr con una dirección predominante de norte a sur (Weather Spark 2018).

**Hidrología.-** Forma parte del sistema fluvial perteneciente a la vertiente oriental y subsistema Ichilo-Mamoré, paralelo al cauce del río Piraí en la parte más sureña de la hidro-ecoregión de las llanuras aluviales pluviestacionales de Santa Cruz (Navarro y Maldonado 2002). El APM presenta áreas transicionales entre sistemas terrestres y acuáticos donde la tierra está cubierta por una lámina de agua dinámica, que impone perturbaciones naturales permanentes o estacionales originados por los rebalses pasados del río Piraí. Estas perturbaciones naturales implican cierta inestabilidad en el contenido hídrico y superficie con agua condicionada por efectos climáticos (Barahona y Quintanilla 2015).

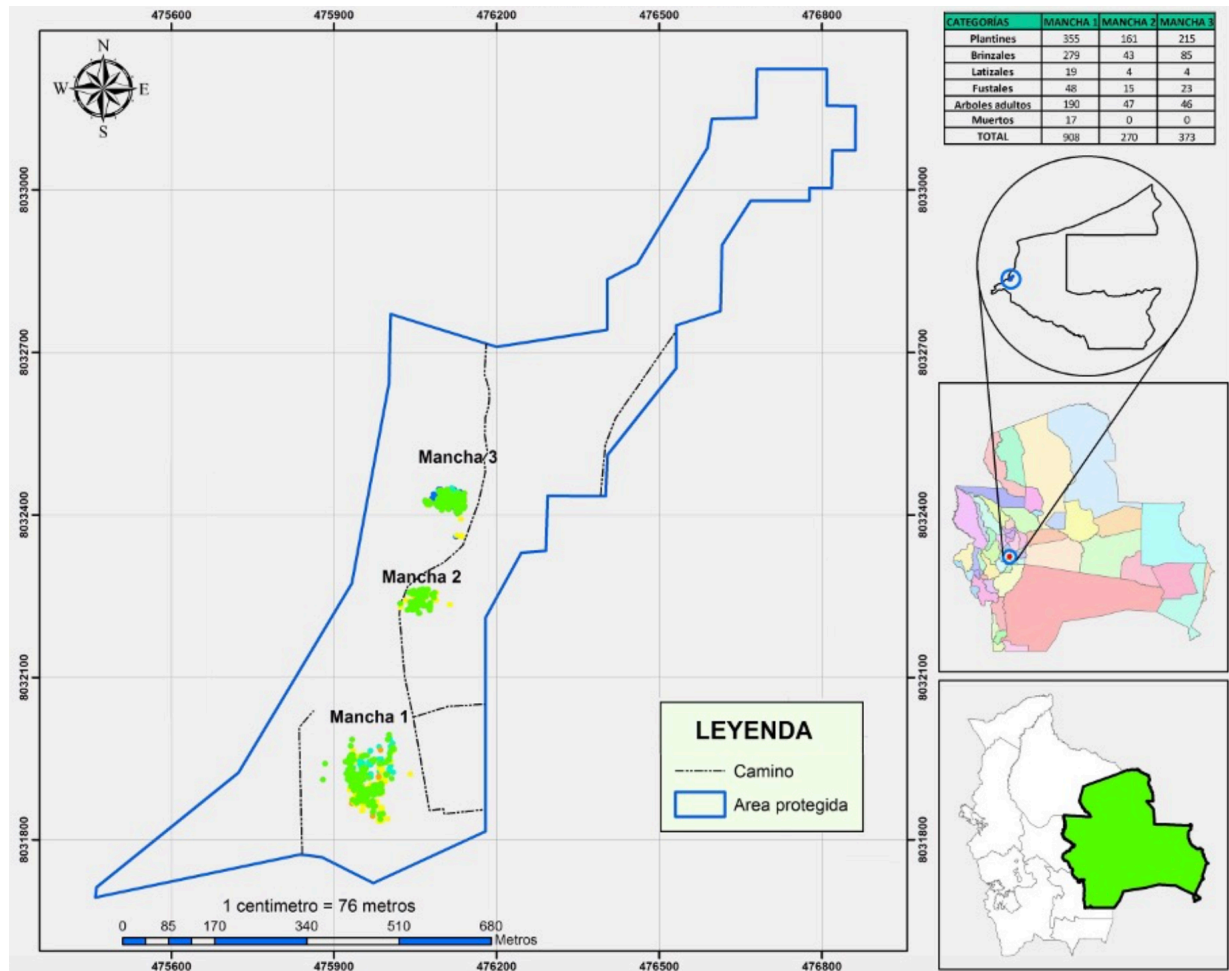
**Topografía y suelo.-** El sitio de estudio tiene una topografía con leves ondulaciones, está constituida por gruesas capas de turba o materia orgánica aportadas por la vegetación ribereña adaptadas a suelos que van desde drenados hasta mal drenados de color marrón oscuro, textura suave y rico en nutrientes (Barahona y Quintanilla 2015).

**Vegetación.-** El Área Protegida Municipal se encuentra ubicado en la provincia biogeográfica del Cerrado, conformada por cuatro tipos de bosques o unidades de vegetación (bosque ribereño, bosque secundario, plantaciones forestales y vegetación acuática) y 15 unidades de paisajes (barbecho, bosque secundario maduro, bosque secundario con fuerte intervención antrópica, junquillar, vegetación acuática enraizada con presencia de vegetación flotante, bosque estacionalmente inundable, bosque permanentemente inundable, bosque inundable con presencia de palmeras, vegetación antropogénica con presencia de juncos, plantación forestal, bosque secundario con pastizal antropogénico, área urbanizada, plantación frutal, relicto de bosque ribereño y cinturón ecológico). Las unidades de paisaje que presentan mayor extensión son: el bosque secundario maduro que ocupa 10,18 has del área y el bosque permanentemente inundable con 5,71 has. Las unidades de paisaje consideradas prioritarias para su conservación son: la vegetación acuática enraizada con especies flotantes que tiene una extensión de 1,33 has, el bosque inundable con presencia de palmeras que cubre una superficie de 0,95 has, bosque estacionalmente inundable con 3,74 has de extensión y el bosque permanentemente inundable con 5,71 has. Actualmente alberga un total de 124 especies divididas en 49 familias, siendo las familias más frecuentes: Fabaceae con 16 géneros, Poaceae con 9 géneros y la familia Solanaceae con 7 géneros (Melgar 2008). Dentro del Área Protegida Municipal se distinguen 3 manchas de plantaciones forestales de mara (Figura 1), donde la distancia en metros desde el borde más cercano es: mancha 1 vs mancha 2 = 320 m y mancha 2 vs mancha 3 = 205 m., las que se describen a continuación:

**Mancha 1:** La más grande, con una superficie de 1,32 ha, y la más transcurrida por los senderos ubicados alrededor. Esta mancha se encuentra al lado de otra plantación forestal de serebó, tiene lagunas estacionales al norte y ondulaciones en su topografía.

**Mancha 2:** La más pequeña, con una superficie de 0,21 ha, ubicada a orilla del camino principal del Área Protegida, también tiene una laguna estacional al sureste de la mancha.

**Mancha 3:** La mancha de tamaño mediano, con una superficie de 0,25 ha, ubicada también a orillas del camino principal del Área Protegida, con una topografía plana.



**Figura 1.** Ubicación de las tres manchas de *Swietenia macrophylla* en el Área Protegida Municipal Curichi La Madre, en el departamento de Santa Cruz, Bolivia.

## Especie estudiada

La mara, perteneciente a la familia Meliaceae, es una especie forestal con rango de distribución natural muy amplia extendiéndose desde la región Atlántica del sureste de México pasando a través de América Central y América del Sur, en países como Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil y Bolivia. En Bolivia se distribuye en los departamentos de Pando, Beni, La Paz, Cochabamba y Santa Cruz (Toledo *et al.* 2011). Su distribución corresponde a los bosques neotropicales, creciendo en una gran variedad de condiciones climáticas y edáficas (Figuerola 1994). La mara o caoba (nombre comercial a nivel internacional) es un árbol de gran tamaño, a menudo alcanza más de 30 m de altura y hasta 2 m de diámetro, tiene tronco recto, ligeramente acanalado en la base, con aletones pequeños; hojas dispuestas en espiral, pinnadas, de 3 a 5 pares de folíolos, opuestas; flores verdes amarillentas, pequeñas, con ambos sexos en la misma inflorescencia, tipo panículas grandes y ramificadas; frutos cápsulas leñosas, erectas, color café, que se abren por 5

valvas dejando salir las semillas aladas de color café-rojizo y sabor desagradable (Mostacedo *et al.* 2003). Las plántulas tienen sus primeras hojas simples con pecíolos largos; posteriormente antes de que sean pinnadas, éstas son trifolioladas, fácilmente reconocibles por los foliolos subalternos, lámina verde oscura y la nervadura amarillenta (Toledo *et al.* 2005).

### Diseño del estudio

La presente investigación fue con un diseño exploratorio y descriptivo sobre la población de una especie forestal. Para los individuos mayores a 10 cm de diámetro se utilizó la metodología del censo forestal según el protocolo de Contreras *et al.* (1999). Para los individuos con diámetro menor a 10 cm se utilizó la metodología de Fredericksen y Mostacedo (2000). La toma de datos se realizó en la época seca, entre abril y junio de 2016.

### Toma de datos

Se evaluaron todos los individuos de mara presentes en el Área Protegida Municipal (APM). Primeramente, se identificó el punto de inicio y se georreferenciaron con GPS en coordenadas UTM las tres manchas, luego se midió la ubicación de cada individuo con cinta métrica con base en coordenadas X-Y teniendo en cuenta el individuo referenciado más cercano. Posteriormente, a los árboles  $\geq 10$  cm se les midió la altura con hipsómetro y el diámetro a la altura del pecho (DAP) a 1,3 m del nivel del suelo con cinta diamétrica, colocando los datos en planillas elaboradas. La altura de los individuos menores fue medida con cinta métrica. Por último, se marcaron a todos los individuos con crayón rojo (adultos y fustales) y cinta flagging (plantines, brinzales y latizales) para evitar censar a los mismos individuos (Anexo 1).

### Análisis de datos

La abundancia de todos los individuos de mara registrados fue utilizada para elaborar curvas de distribución empleando la hoja electrónica Excel. Se determinó el tipo de curvas según la clasificación de Peters (1996; Figura 2):

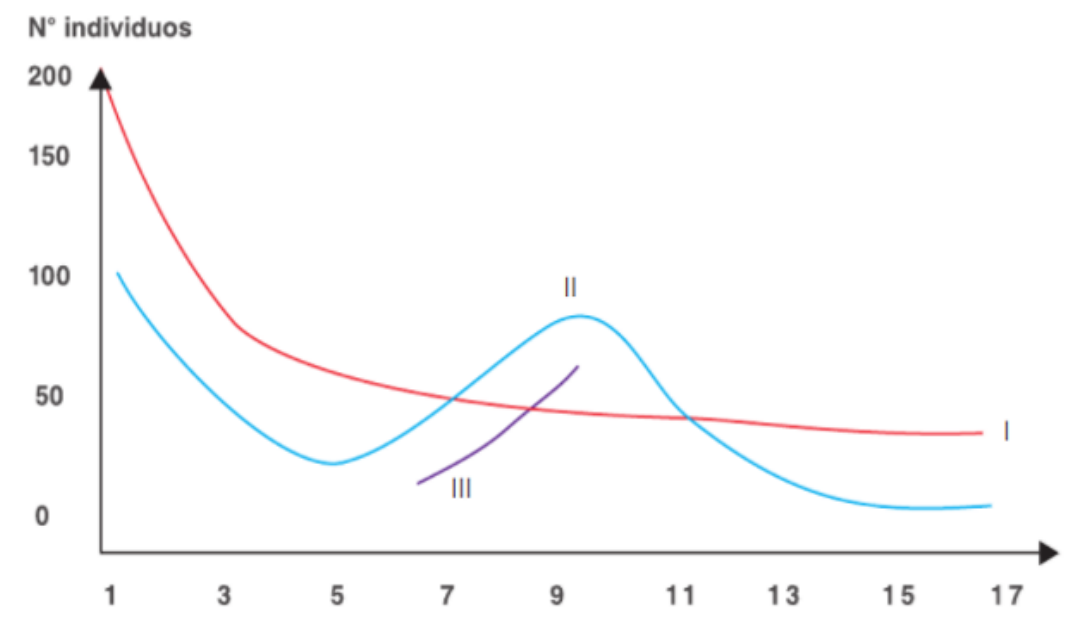
**Curva tipo I:** Muestra que a medida que los individuos van adquiriendo mayor tamaño, su frecuencia disminuye; esta es una curva en forma de "J" invertida y es característica de especies con niveles constantes de regeneración.

.

**Curva II:** Representa a especies con niveles discontinuos de regeneración, donde existe alteración de las plantas en sus primeros estadios de desarrollo.

.

**Curva III:** Es de especies cuyo nivel de regeneración se ve limitado. Estas tres curvas al encontrarse muy relacionadas con el estado de regeneración de las poblaciones, son sensibles frente a cambios en las condiciones ambientales; de manera que se pueda pasar fácilmente de curva tipo I al III ó al II



**Figura 2.** Curvas de distribución por categoría de edad en árboles tropicales (Peters 1996).

Para evaluar el estado poblacional, incluyendo la regeneración natural, se clasificó según las siguientes cinco categorías descritas en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Tamaño de las plantas clasificadas en categorías

Categoría	Tamaño de la vegetación
Plantines	< 0,30 cm altura
Brinzal	> 30 cm – 1,5 m altura
Latizal	>1,5 m altura <10 cm de diámetro
Fustal	≥ 10 y < 20 cm de diámetro
Árbol adulto	≥20 cm de DAP

El índice de regeneración permite calcular el número de individuos adultos sobre el número de plantines, dentro de una población, ya sea en plantaciones o en bosques naturales.

$$\text{Índice de regeneración} = \text{N}^{\circ} \text{ de individuos adultos} / \text{N}^{\circ} \text{ de individuos plántulas}$$

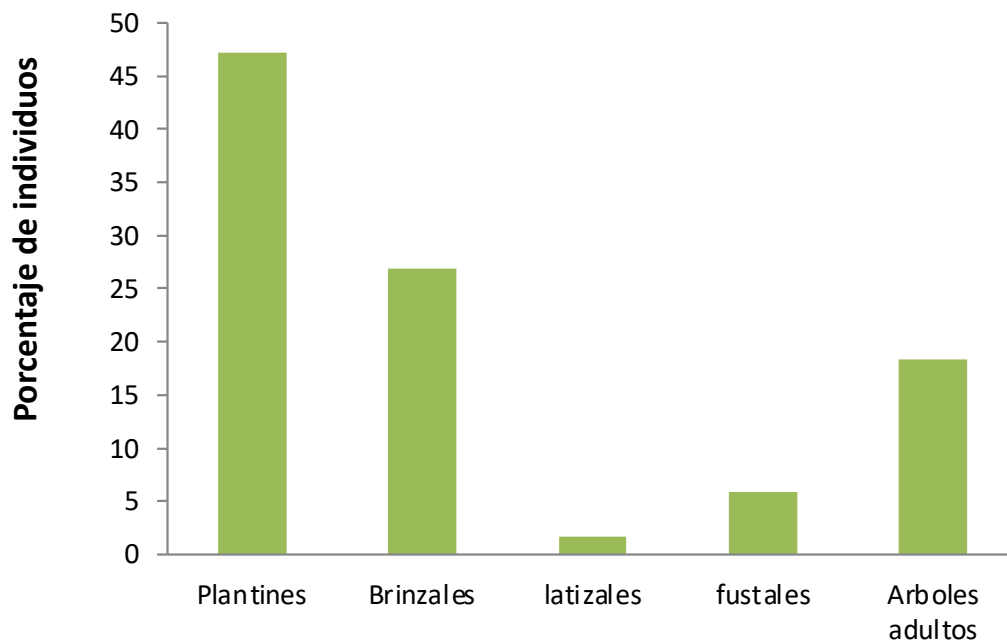
Para el análisis de la estructura horizontal el diámetro de los árboles se clasificó en 5 clases, cada 10 cm y para la estructura vertical la altura de los árboles adultos se clasificó en 3 estratos, siendo el bajo de 8 a 12 m, el medio de 12,1 a 16 m y el estrato alto mayor a 16 m. Todos los análisis de los datos obtenidos fueron realizados con el programa Excel. El mapa de distribución espacial de todos los individuos fue realizado con el programa ArcGIS 10.2.

## RESULTADOS

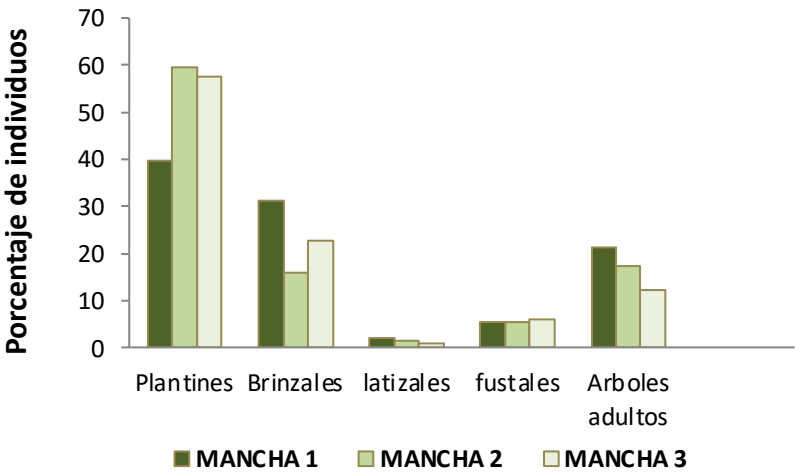
### Estructura poblacional de la población de mara

En total se registraron 1534 individuos vivos de mara en las tres manchas dentro del APM. Al considerar las categorías de tamaños se observa que los plantines obtuvieron más del 45% del total de individuos, en cambio los latizales no llegaron ni al 2%, volviendo a incrementar el porcentaje en la categoría adulta. A nivel general, tomando en cuenta toda la población de esta especie se observa la forma de J invertida (Figura 3).

Los plantines fueron la categoría con más abundancia de individuos en todas las manchas, aunque las manchas 2 y 3 obtuvieron el mayor porcentaje con más del 50% del total. Asimismo, el patrón observado de manera general se repite en cada mancha, observándose que los latizales continúan siendo la categoría con menor abundancia, formando la J invertida, aunque en diferentes proporciones (Figura 4).



**Figura 3.** Porcentaje general de las diferentes categorías de tamaño de la población de mara



**Figura 4.** Porcentaje de individuos de mara para cada categoría de tamaño en las tres manchas del APM Curichi La Madre

El índice de regeneración, que toma en cuenta la relación entre adultos y plantines, fue de 0,38 a nivel general. En el caso grupal, la mancha 1 registró un índice de 0,53 siendo el mejor resultado de regeneración al comparar las tres manchas de mara (Tabla 2).

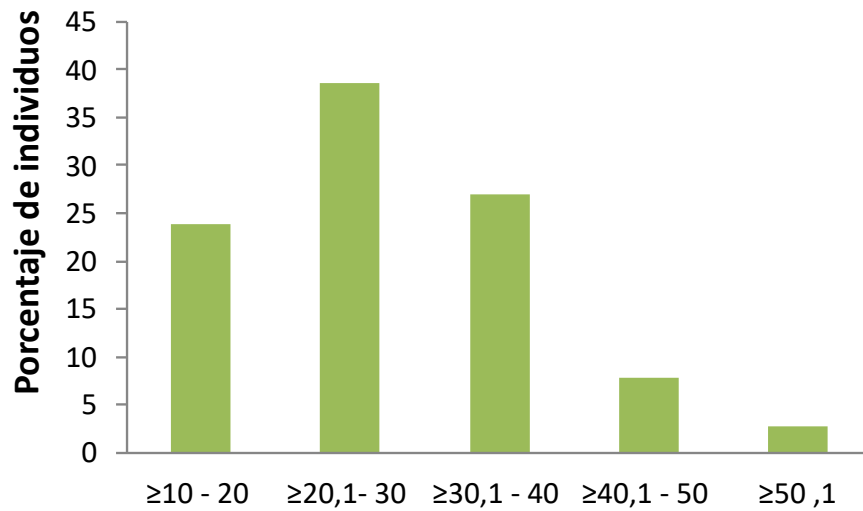
**Tabla 2.** Índice de regeneración a nivel general y por manchas de la mara en el Área Protegida Municipal Curichi La Madre.

General y por manchas	Nro adultos / Nro de plantines	Total
General	283 / 731	0,38
Mancha 1	190 / 355	0,53
Mancha 2	47 / 161	0,29
Mancha 3	46 / 215	0,21

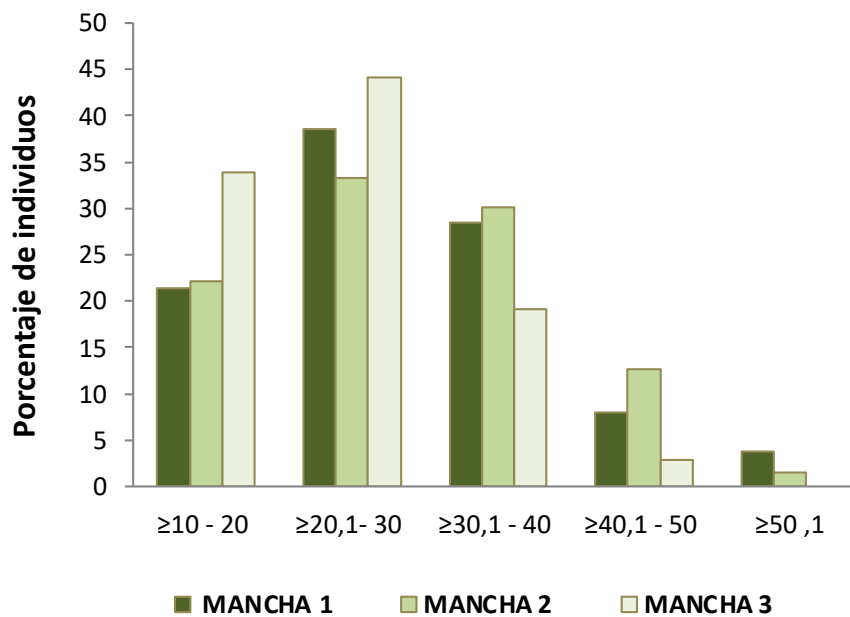
Estructura horizontal de la población de mara

Se definieron cinco clases diamétricas para la población con DAP  $\geq 10$  cm, donde los árboles entre 20,1 a 30 cm de diámetro fueron los más abundantes, registrándose pocos individuos con un diámetro mayor a 50 cm (Figura 5). Se observó también que la clase diamétrica  $\geq 20$ -30 registró el mayor porcentaje de individuos adultos en todas las manchas del APM. La mancha 3 registró el más alto porcentaje de individuos (44%), sin embargo, no registró ni un solo individuo en la clase mayor a 50 cm (Figura 6).





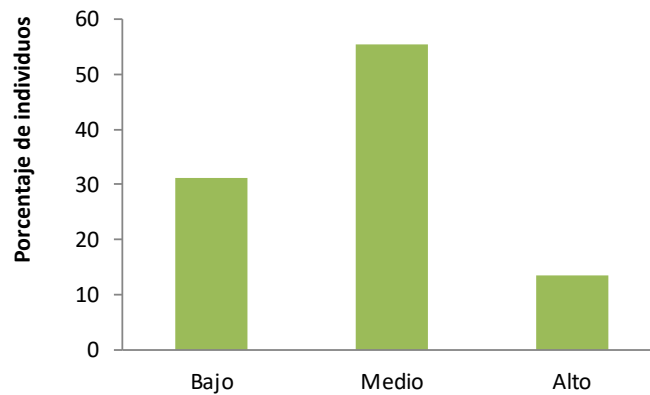
**Figura 5.** Porcentaje de individuos ( $\geq 10$  cm DAP) según clases diamétricas de mara a nivel general en el APM Curichi La Madre



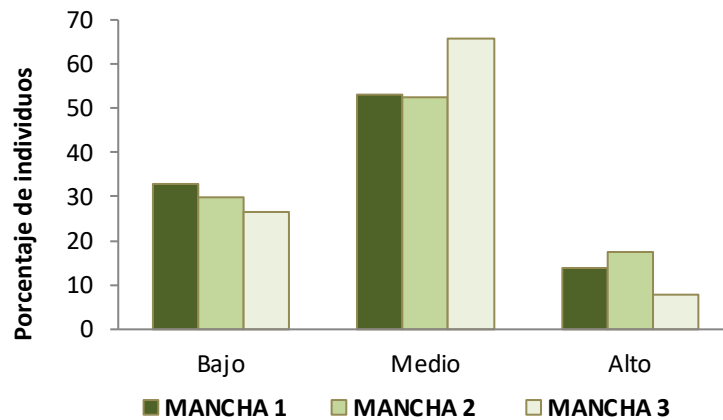
**Figura 6.** Porcentaje de individuos de mara con  $DAP \geq 10$  cm según las clases diamétricas, en las tres manchas del APM Curichi La Madre

## Estructura vertical de la población de mara

La plantación de mara en el APM presentó individuos con alturas de hasta 21,5 m donde el estrato medio obtuvo el mayor porcentaje (55,39%) de la población (Figura 7). Al analizar los registros por manchas en el APM, se observó que el estrato medio obtuvo el mayor porcentaje en cada una de las tres manchas, siendo la mancha 3 la que obtuvo el mayor porcentaje de este estrato (65,63%), pero también el menor porcentaje de individuos en el estrato alto (7,81%) al igual que en las otras manchas (Figura 8).



**Figura 7.** Porcentaje general de individuos según los diferentes estratos de altura, de la mara, en el APM Curichi La Madre



**Figura 8.** Porcentaje de individuos en los diferentes estratos de altura de la mara, en las manchas en el APM Curichi La Madre

## DISCUSIÓN

### Estructura poblacional

La plantación forestal de mara estudiada, con más de 30 años de existencia, está distribuida en tres manchas separadas, cada una con superficie diferente y ubicadas a lo largo del camino principal del área protegida municipal. Dentro del APM no está permitido cortar árboles y es por esta razón que no se realizan aperturas de claros; lo cual podría resultar beneficioso para esta especie al ser pionera y requerir luz en sus fases iniciales. Pese a esto, la especie mara ha logrado desarrollar su regeneración natural y tiene individuos en todas las categorías de tamaños llegando a medir algunos individuos hasta 21 m de altura. Asimismo, la categoría menor (plantines), presentó una abundancia mayor comparada con las otras categorías de tamaños en las tres manchas evaluadas, sin embargo, el porcentaje fue disminuyendo conforme van creciendo y es así como la categoría latizal registró el porcentaje más bajo, aunque luego la abundancia de individuos volvió a incrementar hacia la categoría adulta.

Para esta especie se ha reportado una gran variabilidad en la estructura de tamaños (Brown *et al.* 2003, Synnott 2009). En muchos casos muestra una distribución irregular, resultante de una acumulación de individuos coetáneos, como es el caso de plantaciones forestales (Rodríguez *et al.* 1994). Por otra parte, Navarro (2015), menciona que las distribuciones de tamaño irregulares son comunes y pueden ser causadas por factores diversos, los cuales han sido atribuidos a la ocurrencia de disturbios periódicos por la necesidad de grandes aperturas del dosel para la regeneración de la especie.

En cuanto a la regeneración en el APM Curichi La Madre, la mancha 1 obtuvo el mejor resultado, con un índice de 0,53 a comparación de las otras manchas. Esto puede deberse también a que esta mancha registró un alto porcentaje de árboles entre 20-40 cm DAP, que son los árboles productivos en acción. En la mancha 1 la mayor cantidad de plantines estaba situada al sur de la plantación, favorecidos por los vientos que soplan en esa dirección en la época de producción de semillas. En la mancha 2 la concentración de plantines se situó en el centro y este de la plantación, esto se puede deducir porque había una laguna estacional en forma de meandro por la parte sur de la plantación, dificultando la germinación de las semillas en dichas áreas. Por otro lado, los plantines de la mancha 3 estaban en el interior de la plantación, sin ser dispersadas muy lejos de los semilleros, y a un lado del camino siendo un lugar con claros y con sotobosque bajo.

Según Günter (2001), existen indicios de que el factor que impulsa la regeneración natural de la mara en Bolivia, especialmente en los bosques del Bajo Paraguá y Guarayos, es la dinámica de claros naturales y el equilibrio hídrico, aunque en bosques secos la luz pierde su importancia como factor limitante a favor del factor sequía. Igualmente, Medina *et al.* (2003), afirman que la mara requiere de luz solar, aunque también puede germinar dentro del bosque sin depender totalmente de la luz solar, pero para la supervivencia como plántula y su crecimiento, necesita luz, la cual suele ser demasiado escasa en estratos inferiores densos. Otros estudios realizados en los bosques de Bolivia mencionan que para el éxito de la regeneración natural de la mara son necesarios grandes claros (Mostacedo y Fredericksen 2001).

En el análisis de las categorías de tamaños, donde se toma en cuenta altura y diámetro, la población total de mara formó una curva de "J" invertida, al igual que en los bosques naturales.

Esta situación se corrobora con un estudio sobre densidad poblacional y efecto del aprovechamiento forestal en la regeneración natural y el crecimiento diamétrico de la mara a nivel nacional, donde la población adulta (104 individuos  $\geq 20$  cm diámetro) presentó la distribución típica de una "J" invertida (Toledo *et al.* 2011). Al igual que Günter (2001), en un estudio realizado en tres concesiones forestales (La Chonta, Lago Rey y Mataracú) las poblaciones de mara mostraron una distribución diamétrica de "J" invertida, conforme van teniendo mayor diámetro menor es la cantidad de individuos, resultados similares a los encontradas por Gullison (1995), en el bosque Chimanés del Beni.

### Estructura horizontal y vertical

Al ser una plantación con más de 30 años de edad, la estructura horizontal y vertical es variable lo que se refleja en los resultados obtenidos con individuos de diámetros que van desde los 10 hasta los 57 cm. En un estudio realizado en plantaciones de *Schizolobium parahyba* y *Centrolobium tomentosum* en Bolivia, Sandoval (2008), ratifica que las plantaciones no siguen un patrón de desarrollo, sino que difieren grandemente en diámetro y altura a pesar de tener la misma edad, lo cual puede atribuirse a la calidad del sitio, al manejo forestal y la procedencia de la semilla, entre otros factores.

La estructura horizontal en el área protegida mostró altos porcentajes de individuos para la clase 20 a 30 cm, pero el porcentaje disminuye conforme va aumentando el diámetro en los individuos, similar al estudio realizado por Villegas *et al.* (2008), en los bosques del Bajo Paraguá donde el mayor porcentaje de individuos de mara se encontró en las clases diamétricas más pequeñas (10-20 cm). Asimismo, Vargas *et al.* (1994) confirma resultados similares en Guarayos, donde el 67% de individuos se encontró en la clase 10-20 cm y Cabrera (2000) encontró el 95% de los individuos de mara en los diámetros menores a 60 cm en el departamento del Beni. En el caso de la mara se afirma que, en todos los tipos de bosques en Bolivia, la cantidad de individuos tiende a disminuir conforme aumenta su diámetro (Villegas *et al.* 2008).

En cuanto a la estructura vertical se registraron individuos en tres estratos, con la mayor cantidad de individuos en el estrato medio (12-16 m) y el porcentaje bajó a medida que la altura aumentó. Resultado similar a un estudio de dos plantaciones mixtas de Costa Rica, en el cual los porcentajes más altos se encontraron en los estratos de menor tamaños y conforme aumentó la altura, el porcentaje de individuos disminuyó (Torrez 2007). La heterogeneidad en altura es atribuible al hecho de tener individuos con diferentes ritmos de crecimiento, que son afectados por las condiciones del sitio y la calidad del material plantado, también puede deberse a la competencia intraespecífica de los individuos coetáneos (Louman *et al.* 2001).

### CONCLUSIONES

Se puede considerar que la población de mara (*Swietenia macrophylla*) en el Área Protegida Municipal Curichi La Madre se encuentra en buen estado, ya que se registraron individuos en todas las categorías de tamaños, siendo los plantines la categoría con mayor porcentaje de individuos. A lo largo del tiempo, los individuos de esta población han logrado mantenerse, imitando su desarrollo a la de un bosque natural, lo cual es importante desde el punto de vista ecológico y sostenible. De manera que, resulta evidente la importancia de valorizar el área como un patrimonio natural municipal, procurando la conservación de la misma.

En las tres manchas de mara, la estructura vertical de la plantación, expresada por la distribución altimétrica, presentó el mismo patrón de desarrollo que la estructura horizontal o diamétrica, donde el mayor porcentaje de individuos presentaron diámetros entre 20-30 cm y un gran porcentaje de la población se registró en el estrato medio (12-16 m), porcentajes que disminuyeron conforme se aumentó el diámetro y la altura. Estos resultados nos indican que la plantación de mara tiene un buen porcentaje de individuos adultos con el potencial de ser reproductivos y garantizar así la continuidad de la población.

Para lograr esta continuidad, se podrían establecer algunas prácticas silviculturales, como un tratamiento de limpieza, principalmente para la regeneración que está afectada por la vegetación competitiva, esto con el fin de promover el crecimiento y la sobrevivencia en las primeras etapas del ciclo de vida de la especie, ya que son las más vulnerables. Así también, es importante continuar con la investigación, dando atención a los factores biológicos y ambientales considerando el suelo, la humedad o la depredación por la fauna, factores que pueden afectar la producción de frutos, germinación o crecimiento de las nuevas plántulas de mara, así como a procesos ecológicos (fenología, dispersión). Finalmente, es importante elaborar un plan de manejo, que tome en cuenta la ecología y silvicultura de esta especie, para mejorar sus condiciones específicas, así como realizar un monitoreo con la línea base obtenida en este estudio, para contar con mayor información sobre los cambios del estado poblacional, incluyendo tasas de crecimiento, reclutamiento y mortalidad de la mara.

## AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a la Secretaria Municipal de Medio Ambiente del Gobierno Autónomo Municipal de Santa Cruz de la Sierra y al personal del Área Protegida Municipal Parque Urbano Curichi La Madre, por la autorización para realizar y difundir esta investigación, así como el apoyo brindado durante su ejecución. Un sincero agradecimiento al Dr. Daniel Villarroel por las sugerencias en el análisis de datos. Así mismo, gracias a Zenón García, Fabiola Moreno y Nelson Gutiérrez por su valioso apoyo en el trabajo de campo. Esta investigación es parte de la tesis de grado de la primera autora presentada a la carrera de Biología-UAGRM.

## LITERATURA CITADA

- Barahona, Z. y Quintanilla, M. 2015. Siete razones para conservar el Área Protegida Municipal Curichi la Madre. Boletín Informativo INFOFAN. 4: 10-11.
- Brown, N.; Jennings, S. Y Clements, T. 2003. The ecology, silviculture, and biogeography of mahogany (*Swietenia macrophylla*): a critical review of the evidence. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics. 6: 37-49.
- Cabrera, O. L. T. 2000. Impacto del aprovechamiento forestal en un bosque húmedo subtropical del Bajo Paraguará en el departamento del Beni. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno, Santa Cruz, Bolivia.
- Clima-Data.org. 2018. Clima: Santa Cruz de la Sierra. Consultado el 10/03/2018. Disponible en <https://es.climate-data.org/location/4439/>
- Contreras, F.; Leaños, C.; Licona, J. C.; Dauber, E.; Gunnar, L.; Hager, N. y Caba, C. 1999. Guía para la instalación y evaluación de parcelas permanentes de muestreo (PPMs). BOLFOP. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 51 p.

- Dauber, E., Fredericksen, T.; Peña-Claros, M.; Leaños, C.; Licona, J. C. y Contreras, F. 2003. Tasas de incremento diamétrico, mortalidad y reclutamiento con base en las parcelas permanentes instaladas en diferentes regiones de Bolivia. Proyecto BOLFORD, Santa Cruz, Bolivia.
- Figuerola, C. J. 1994. An assessment of the distribution and status of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King). Puerto Rico. Conservation Foundation and International Institute of Tropical Forestry. 40 p.
- Fredericksen, T. S. 1998. Limitaciones del aprovechamiento selectivo de baja intensidad para el manejo forestal sostenible en el trópico. Documento técnico 68. BOLFORD, Santa Cruz, Bolivia.
- Fredericksen, T. S. y Mostacedo, B. 2000. Diagnósticos rápidos de la regeneración forestal. Proyecto BOLFORD. Santa Cruz. Bolivia. 33 p.
- García, Y.; Ramos, J. M. y Becerra, J. 2011. Semillas forestales nativas para la restauración ecológica. CONABIO. Biodiversidad. 94: 12-15.
- Gullison, R.E. 1995. Conservation of Tropical Forests through the Sustainable Production of Forest Products: the Case of Mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the Chimanos forest, Beni, Bolivia. Tesis Doctoral, Departamento de Ecología y Biología Evolutiva. Universidad de Princeton. 172 p.
- Gullison, R. E. y Hubbell, S. P. 1992. Regeneración natural de la mara (*Swietenia macrophylla*) en el Bosque Chamanes, Bolivia. Ecología en Bolivia 19:43-56.
- Günter, S. 2001. Impacto de los factores ecológicos en la regeneración de la mara (*Swietenia macrophylla* King) en Bosques Naturales de Bolivia. Pp. 99-118. En: Mostacedo, B. & T. S. Fredericksen (Eds). Regeneración y silvicultura de bosques tropicales en Bolivia. Edit. El País. Santa Cruz, Bolivia.
- Hayashida-Oliver, Y.; Boot, R. G. y Poorter, L. 2001. Influencia de la disponibilidad de agua y luz en el crecimiento y la morfología de plantines de *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata* y *Bertholletia excelsa*. Ecología en Bolivia 35: 51-60.
- Jiménez-Saa, H.; Alpizar, E.; Ledezma, J.; Tosi, J.; Bolanos, R.; Solórzano, R.; Echeverría- Onoro P.; Castillo, M. y Mancilla, R. 1996. Estudio sobre el estado de regeneración natural de *Swietenia macrophylla* King, en Santa Cruz, Bolivia. CCT/WWF/BMZ. 98 p.
- Louman, B.; Quirós, D. y Nilsson, M. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 265 p.
- Malky-Harb, A. 2005. Sector Forestal en Bolivia. Diagnósticos Sectoriales. Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas. Documento técnico. 49 p.
- Medina, E. H.; Wang, H.; Lugo, A. Y Popper, N. 2003. Growth, water and nutrient related plasticity in hybrid mahogany leaf development under contrasting light regimes. Pp. 146-168. In: Lugo A. J. C. & M. Alayón (Eds.). Big-leaf mahogany. Genetics, ecology and management. New York. E.E.U.U.
- Melgar, M. L. 2008. Diagnóstico florístico realizado en el Área Protegida Municipal - Parque Urbano Curichi "La Madre". Fundación Noel Kempff M. Santa Cruz, Bolivia. 70 p.
- Mostacedo, C. B. y Fredericksen. T. S. 2000. Estado de regeneración de especies forestales importantes en Bolivia: evaluación y recomendaciones. Santa Cruz, Bolivia. Documento Técnico 88. Proyecto BOLFORD, Santa Cruz, Bolivia.
- Mostacedo, C. B. y Fredericksen. T. S. 2001. Regeneración y silvicultura de bosques tropicales en Bolivia. El País. Santa Cruz, Bolivia. 221 p.
- Mostacedo, C. B.; Justiniano, J.; Toledo, M. y Fredericksen, T. S. 2003. Guía dendrológica de especies forestales de Bolivia. Vol. 1. 2<sup>da</sup> edición. Proyecto BOLFORD, Santa Cruz, Bolivia. 215 p.

- Mostacedo, C. B.; Villegas, Z.; Licona, J. C.; Alarcón, A.; Villarroel, D.; Peña-Claros, M. y Fredericksen, T. S. 2009. Ecología y silvicultura de los principales bosques tropicales de Bolivia. IBIF. Santa Cruz, Bolivia.
- Navarro, M. A. 2015. Diagnóstico del estado actual de *Swietenia macrophylla* King (caoba) en los bosques manejados de Quintana Roo, México: perspectivas para su manejo. Tesis de doctorado en Ecología Tropical, Universidad Veracruzana. Veracruz, México. 132 p.
- Navarro, C. 1999. Silvicultura-Genética: Diagnóstico de la caoba (*Swietenia macrophylla* King) en Mesoamérica. Centro Científico Tropical PROARCA/CAPAS. 25 p.
- Navarro, G. y Maldonado, M. 2002. Geografía ecológica de Bolivia: Vegetación y ambientes acuáticos. Centro de ecología Simón I Patiño -Departamento de difusión. Cochabamba, Bolivia. 713 p.
- Pereira, M. M. y Fredericksen, T. S. 2002. Regeneración por semilla de especies maderables en áreas de aprovechamiento forestal en un bosque húmedo tropical en Bolivia. Documento Técnico 110. BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Peters, C. 1996. The ecology and management of non-timber forest resources. World Bank. Technical Paper Number 322:1-157.
- Rodríguez, S.B.; Chavelas, P. J. y García, C. X. 1994. Dispersión de semillas y establecimiento de caoba (*Swietenia macrophylla*) después de un tratamiento mecánico del sitio. Pp. 81-90. En: Snook L. K. & A. Barrera (Eds.). Memorias del taller Madera, chicle, caza y milpa. Contribuciones al Manejo Integral de las Selvas de Quintana Roo, México.
- Sandoval, E. 2008. El potencial económico de las plantaciones forestales en el Trópico de Bolivia. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias de la Vida, Universidad de Copenhagen Dinamarca. 113 p.
- Saravia, P. y Leaños, C. 1999. Muestreo diagnostico en tres sitios del bosque Chimanes. Documento Técnico 75. BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Synnott, T.J. 2009. La caoba en la península de Yucatán: ecología y regeneración. CBM- México. CONABIO, México. 154 p.
- Terán, J.; Flores, G.; Zapata, J. y Conchari, V. 2005. Política de plantaciones forestales. Ministerio de Desarrollo Sostenible. VRNMA-DGDF. Bolivia.
- Toledo, M.; Villegas, Z.; Licona, J. C.; Alarcón, A.; Soriano, M.; Bustamante, Y. y Vroomans, V. 2011. Densidad poblacional y efecto del aprovechamiento forestal en la regeneración natural y el crecimiento diamétrico de la mara (*Swietenia macrophylla* King). Documento Técnico. No publicado. IBIF. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- Toledo, M.; Cruz, M.; Pariona, W. y Mostacedo, B. 2005. Plántulas de 60 especies forestales de Bolivia: Guía ilustrada. WWF/ IBIF/CIFOR. 72 p.
- Torrez, M. 2007. Evaluación de plantaciones forestales mixtas en Santa Cecilia, La Cruz, Guanacaste. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. 51 p.
- Vargas, I. G., Centurión, T. R. y Saldias, M. 1994. Parcelas permanentes de investigación en la reserva de vida silvestre Rio Blanco y Negro. Revista de la Sociedad Boliviana de Botánica 1: 9-32
- Villegas, Z.; Mostacedo, B.; Toledo, M.; Leaños, C.; Licona, J. C.; Alarcón, A.; Vroomans, V. y Peña-Claros, M. 2008. Ecología y manejo de los bosques de producción forestal del Bajo Paraguará, Bolivia. IBIF. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 159 p.

Weather Spark. 2018. El clima promedio en Santa Cruz de la Sierra Bolivia. Consultado en 10/03/2018. Disponible en: <https://es.weatherspark.com/y/28372/Clima-promedio-en-Santa-Cruz-de-la-Sierra-Bolivia-durante-todo-el-a%C3%B1o>.

**Anexo 1.** Individuos de mara en sus diferentes estadios o categorías en el Área Protegida Municipal Curichi La Madre. © Fotos: Yolanda García.



Plantín de mara censado, con flaging



Brinjal de mara en la Mancha 2



Árbol de mara censado en la Mancha 1



Árbol de mara censado en la Mancha 3



## GUIA DE AUTORES PARA LA REVISTA FORESTAL TROPICAL

La **Revista Forestal Tropical** publica artículos y notas originales e inéditos de alta calidad, de ciencia y tecnología en el ámbito forestal, en español, portugués e inglés; en áreas que incluyen temas sobre ecología (poblaciones y comunidades) y ecosistemas forestales; fisiología vegetal y ecofisiología forestal; botánica y taxonomía de especies forestales; dendrocronología y anatomía de la madera.

También publica artículos y notas sobre viveros, plantaciones, genética y mejoramiento forestal; fitopatología; manejo de vida silvestre; etnobotánica y botánica económica; productos forestales no maderables, productos maderables, tecnología e industria forestal; preceptos o cánones de manejo forestal; y análisis de la legislación forestal, agraria y ambiental. La **Revista Forestal Tropical** también da importante relevancia a investigaciones relacionadas a la seguridad alimentaria, agroecología, políticas de desarrollo y cambio climático.

Así mismo, la Revista recibe trabajos de investigadores para desarrollar determinados temas, tal como semblanzas biográficas, opiniones, revisiones bibliográficas y legislativas, ayudas didácticas, eventos científicos, y adicionalmente números especiales sobre ciencias forestales como estudios de ecología, manejo forestal, tecnología de madera, silvicultura de plantaciones forestales, entre otros.

Los interesados en enviar trabajos para publicar en la Revista Forestal Tropical, deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) **Artículos científicos:** incluye aquellos manuscritos resultantes de investigaciones originales.
- b) **Ensayos o revisiones:** considera manuscritos que se dedican al examen y reflexión técnico-científico de carácter crítico sobre temas relacionados con los contenidos temáticos que pretende difundir y promover basado en bibliografía.
- c) **Notas técnicas:** incluye manuscritos cortos que reporten innovaciones, análisis coyunturales o investigaciones originales o novedades que no deberían incluirse en formato de artículo.
- d) **Documentos Técnicos:** Son manuscritos resultado de estudios técnicos específicos de investigación, reflexión o la búsqueda de evidencias de un fenómeno relacionado al sector forestal y que su análisis e interpretación resulte en elementos importantes para contribuir a la reactivación del sector forestal.

### Conflictos de interés

La **Revista Forestal Tropical** recomienda a los autores prevenir cualquier conflicto de interés y comunicar al Editor en Jefe sobre la ausencia o presencia de conflicto de interés, por ejemplo entre autores y cualquier entidad pública o privada, que pudiera derivarse en algún potencial conflicto de intereses. En caso de existir conflicto de interés, la revista recomienda abstenerse o no realizar el envío de su manuscrito. No obstante, la revista aplica mecanismos internos de resguardo y cautela para evitar conflictos de interés que afecten a la objetividad en todo el proceso editorial y que involucren al Comité Editorial y a los revisores anónimos invitados en el proceso de revisión o arbitraje.

## FORMATO GENERAL

### Texto

El manuscrito completo debe ser escrito en letra tamaño 12 y utilizando estilo Times New Román, hoja tamaño carta (21 x 28 cm), interlineado 1,5, y todo el texto debe estar justificado (alineado) a la izquierda. El manuscrito debe ser referido en función al Sistema Intencional de Unidades (SI), tanto en las unidades base, derivadas y suplementarias. Es decir, para la indicación de medidas o distancias se debe utilizar el sistema métrico: milímetros (mm, 0,001 m), centímetros (cm, 0,01 m), metros (m), kilómetros (1000 m). Las unidades de masa deben redactarse en el sistema internacional: miligramos (mg, 0.001 o  $10^{-3}$ ), gramos (g), kilogramos (kg, 1000g), megagramos o toneladas (Mg,  $10^6$ ), gigagramos (Gg,  $10^9$ ), teragramos (Tg,  $10^{12}$ ), pentagramos (Pg,  $10^{15}$ ), exagramos (Eg,  $10^{18}$ ), zettagramos (Zg,  $10^{21}$ ), yottagramos (Yg,  $10^{24}$ ). No obstante, puede considerarse como válido, el uso de la caja y/o barrica en el caso de castaña, siempre y cuando este acompañado con un anexo de equivalencia en el sistema internacional.

Para las unidades de volumen se debe utilizar el sistema internacional. No obstante, para fines prácticos y de utilidad nacional, se puede considerar el uso del pie tablar (pt). Asimismo, debe estar acompañado con un anexo de equivalencia en el sistema internacional.

Para escribir los valores numéricos, se deben utilizar los números arábigos. Los valores o número con decimales deben ser separados por coma (ej. 25,6), no utilice puntos para separar enteros de decimales. Los valores numéricos que solo contienen parte decimal deben escribirse con un cero, que es indicativo de que no tienen parte entera; a continuación se escribe la coma (marcador decimal) y enseguida la parte decimal. No debe suprimirse el cero y no debe indicarse la parte decimal colocando solamente la coma a la izquierda del valor numérico. Para facilitar la lectura de los valores numéricos, se recomienda escribirlos separados en grupos de tres cifras contados a partir de la coma decimal hacia la izquierda y derecha, separados mediante un espacio en blanco. Este puede omitirse si la parte entera o decimal del valor numérico no tiene más de cuatro cifras o cuando se expresan años como parte de una fecha o no.

Cuando se escriban valores numéricos en columnas, la coma decimal debe estar alineada en una sola columna. Asimismo, cuando se escriben valores numéricos en serie, estos deben separarse entre sí con punto y coma, seguido de un espacio.

El valor numérico siempre precede a la unidad de medida (m, m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>; g, kg, Mg) y está separado de ella por un espacio, a excepción de los grados, minutos y segundos de los ángulos planos, en que no se deja espacio. El sistema de coordenadas debe ser el sistema geográfico (Ej: 62°25'16"S, 15°03'18"O). No obstante, en algunos casos por su aplicabilidad se acepta el sistema transversal de mercator (UTM). Designe el tiempo de reloj en el sistema 24 horas y escríbalo como 06:30 Hrs. o 20:00 Hrs.

En el caso de listados de especies, todos los nombres científicos deberán ser resaltados (itálica o negrilla) siempre y escritos con sus respectivos autores, por lo menos la primera vez que se escriba en el texto, y se deberá citar el sistema de clasificación taxonómica utilizado (ej. APG III).

## Cuadros y Figuras

Las leyendas de cuadros y figuras deben escribirse al final del manuscrito, en una página separada indicando como título: Lista de Figuras, y Lista de Cuadros. Cada cuadro y figura deberá ser numerada en números arábigos. No se debe utilizar abreviaciones para citar las figuras y cuadros en el texto. Los archivos de ilustraciones, gráficos, mapas y fotografías deben ser enviados en formato JPG, PNG o TIFF con una resolución superior a 300 dpi, cada uno con su nombre correspondiente (Ej. Figura 1). En el caso de cuadros, estos deberán ser enviados en formato Excel. Se entiende por Figuras a cualquier representación gráfica: figuras con síntesis de resultados, fotos, mapas, dibujos, esquemas, etc.

## Idioma

La revista acepta trabajos redactados en español, inglés y portugués. Manuscritos en inglés deberán incluir resúmenes en español. Manuscritos en español o portugués deberán incluir resumen en inglés.

## CONTENIDO DE LOS TIPOS DE DOCUMENTOS

A continuación indicamos el contenido para los principales tipos de trabajos que la revista acepta para su publicación:

### 1. Artículos científicos

Los manuscritos para artículos científicos, no deben exceder las 30 páginas incluyendo cuadros y figuras y deben contener las siguientes partes:

#### Título

Deberá ser conciso y suficientemente descriptivo del trabajo desarrollado. Es decir, específico, ni corto ni largo, evitando palabras superfluas "Estudios sobre", "Investigaciones sobre", "Observaciones acerca de". Debe presentarse en forma de etiqueta, no como una oración gramatical. Además, se recomienda evitar las abreviaturas, las fórmulas químicas y los nombres patentados. El título debe estar en español y en inglés. Manuscritos en portugués, deberán incluir el título también en español e inglés.

#### Autor(es) e institución(es)

A continuación del título se escribirá el nombre del/los autores, haciendo uso de superíndices numéricos para los datos respectivos. Posteriormente, se deberá colocar la dirección institucional de cada uno del/los autores. Así también, se debe hacer referencia al correo electrónico del autor de correspondencia, si el autor de correspondencia no es el primero de la lista, denote a este precediendo su nombre con un asterisco.

Alejandro Araujo-Murakami<sup>1</sup>

Alejandro Araujo-Murakami<sup>1</sup> y Eduardo Sandoval<sup>2</sup>

Alejandro Araujo-Murakami<sup>1</sup>, Eduardo Sandoval<sup>2</sup> y Edgar Ponce<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado, Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno, Av. Irala 565, Casilla 2489, Santa Cruz, Bolivia, Email: [araujomurakami@yahoo.com](mailto:araujomurakami@yahoo.com)

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno, Campus Universitario El Vallecito, Av. C. Redentor Km 8, Santa Cruz, Bolivia.

### Resumen/Abstract

Todos los manuscritos deben tener un resumen/abstract de no más de 350 palabras (español - inglés; portugués - español). Debe redactarse en pretérito y funcionar de manera autónoma. No debe tener puntos aparte. Asimismo, no debe contener citas ni referencias bibliográficas. Además, no debe incluirse información o conclusión que no está en el artículo. De manera resumida se debe escribir la introducción, los objetivos, métodos, resultados y conclusiones principales del estudio y su incidencia o contribución hacia algún tema o asunto más general.

### Palabras Clave/Key Words

Esta sección debe tener no más de 5 palabras clave, y deberán ser escritos en español e inglés. Las palabras utilizadas deberán ser diferentes a las utilizadas en el título del trabajo y deberán ser ordenadas alfabéticamente. Las palabras claves van en orden de importancia de lo más específico hacia lo más general

### Introducción

El objetivo de esta sección es motivar al lector para que lea todo el trabajo. Por lo tanto, la introducción debe responder a la pregunta del porqué se ha realizado el trabajo? Describir el interés que el artículo tiene en el contexto científico del momento, los trabajos previos que se han hecho sobre el tema y qué aspectos son controversiales. Debe demostrar claramente el vacío que estará llenando con el manuscrito. La introducción generalmente debe terminar con la presentación de la pregunta de investigación, la hipótesis y/o los objetivos. Es decir, en esta sección debe incluir los antecedentes y la importancia del tema central del estudio; la problemática, los objetivos, las preguntas y/o las hipótesis de la investigación. En cualquier caso, se recomienda que la introducción sea breve, concisa y escrita en presente en lo que respecta al problema planteado, y antepresente indicativo para los hechos repetidos o proseguídos desde el pasado al presente; de preferencia No debe tener más de 600 palabras.

### Métodos

La metodología debe ser reproducible, de ahí la importancia de la claridad con que se exponga. Si el método es conocido sólo mencione y refiera (cita bibliográfica). Si es nuevo o si es un método conocido que ha modificado, explique detalladamente. Esta sección debe ser escrita en pretérito o pasado, e incluir como partes principales: El área de estudio, diseño de estudio, toma de datos y análisis de datos.

- El área de estudio se debe indicar explícitamente y/o describir el lugar del estudio. Si amerita, se debe incluir los siguientes: La ubicación geográfica y la altitud de los sitios de estudio, si es oportuno se debe incluir un mapa de ubicación. También, se debe caracterizar el sitio, comunidad, especie, población y/u objeto de estudio, según corresponda.
- En el diseño de estudio, se debe explicar el diseño de muestreo utilizado, el tipo de muestra, los factores tomados en cuenta y sus réplicas, de tal manera que muestre su representatividad.

- En la toma de datos, se debe explicar las variables, tomadas en cuenta en el estudio; también, es importante detallar las técnicas, las unidades, los aparatos y la tecnología utilizada.
- En análisis de datos, se debe explicar los tipos de análisis realizados, sean estos descriptivos, de inferencia o de relación. Las formulas deben ser colocadas o referidas en esta sección. En caso de haberse usado software no convencionales, estos deben ser mencionados.

### Resultados

En esta sección se debe reportar los hallazgos y/o nuevos conocimientos, en concreto los resultados, de forma directa y concisa. Se recomienda evitar la verborrea y no describir los métodos de nuevo, ni trate de justificar y discutir nada. Aunque esta sección es la más importante, generalmente es la más corta. Generalmente, los resultados se describen o redactan en tiempo pasado o pretérito. En los resultados generalmente se incluyen las tablas y figuras que, por sí solas, deben poder expresar claramente los resultados del estudio. Todas las tablas, figuras y anexos se deben citar en el texto del artículo, comentando los datos más relevantes, de manera que sea posible comprender lo más importante de los resultados, sin que sea imprescindible consultarlo y evitando la redundancia.

### Discusión

En esta sección es donde se debe demostrar el sentido de los datos o resultados encontrados. Ya sea contrastando, comparando o relacionándolo con la teoría, datos e información conocida y exponiendo las consecuencias teóricas de su trabajo; y/o exponiendo las posibles aplicaciones prácticas de su trabajo. Escribir la discusión en tiempo presente (estos datos indican que.....), porque los hallazgos del trabajo se consideran ya evidencia científica. Cuando sea necesario redacte en antepresente indicativo.

Se recomienda no repetir la presentación de resultados en forma general. Sacar a la luz y comentar claramente, en lugar de ocultarlos, los resultados anómalos, dándoles una explicación lo más coherente posible o simplemente diciendo que esto es lo que se ha encontrado, aunque por el momento no se vea explicación.

En esta sección se debe hacer una interpretación de los resultados. También se puede hacer una comparación de los resultados encontrados con resultados encontrados por otros autores, o analizando las causas probables de porqué su resultado fue de esa manera. La discusión también puede ser comparando resultados encontrados en el mismo estudio. También, se puede discutir o identificar errores o aciertos metodológicos.

### Conclusiones

La conclusión debe estar en directa relación con algo que se admitió, propuso o evidenció anteriormente en la introducción y el desarrollo del texto. Así, en la conclusión se reitera la idea que se abordó en el trabajo; se da respuesta a las preguntas iniciales o se llega al cumplimiento de los objetivos presentados a la luz de lo elaborado en el desarrollo del tema. De preferencia, esta sección debe ser corta y concisa. Se debe dar énfasis a la interpretación de sus resultados y la importancia y alcances de su investigación. Se concluye brevemente las implicaciones de

resultados claves hacia grandes paradigmas forestales y/o también a temas actuales globales como por ejemplo cambio climático, economía forestal etc.

#### Agradecimientos

Los agradecimientos deben ser breves. Estos pueden ser para agradecer a los financiadores, a revisores del manuscrito previo a la presentación a la revista, o a los responsables de los sitios de estudio. Es importante también colocar en agradecimientos el apoyo de algún colega experto externo quien apoyó por ejemplo en la identificación de especies o análisis estadístico.

#### Literatura Citada

La literatura citada debe escribir según el protocolo establecido en esta guía, la cual se encuentra en la parte inferior de este documento.

## **2. Notas técnicas**

Las notas técnicas o comunicaciones cortas no incluyen resúmenes, tampoco siguen la estructura formal de un artículo científico. El tamaño no debe exceder de 2.000 palabras (fuera de figuras y cuadros), de lo contrario se requerirá que el trabajo sea estructurado como artículo científico. Su organización debe estar compuesta por:

- Título,
- Autor(es) y dirección(es),
- Palabras clave,
- Cuerpo de la nota o comunicación,
- Conclusiones
- Agradecimientos.
- Literatura Citada

Ejemplos para este tipo de trabajos pueden ser preceptos silviculturales, preceptos legales, descripciones de especies económicamente importantes, reporte de la presencia de especies invasoras, descripciones tecnológicas, reportes de usos maderables y no maderables, reportes tecnológicos novedosos, reportes biogeográficos novedosos, revisiones nomenclaturales en el uso literal de nombres científicos, etc. El trabajo no debe exceder a las 2.000 palabras, de lo contrario se requerirá que el trabajo sea estructurado como artículo científico.

## **3. Ensayos o Revisiones**

Los ensayos son estudios basados en la bibliografía sobre un tema en particular. El tamaño no debe exceder las 5.000 palabras. La estructura debe ser como sigue:

- Título
- Resumen
- Palabras clave
- Introducción (tal como se especifica para los artículos científicos, que debe incluir objetivos del ensayo o revisión)
- Cuerpo del ensayo o revisión.- En esta sección se debe colocar todo el análisis de la bibliografía, el cual puede estar dividido con subtítulos, dependiendo de la amplitud del análisis
- Conclusiones

- Literatura Citada

#### 4. Documentos Técnicos

Los Documentos Técnicos son trabajos que contienen información extensa sobre temas relevantes al sector forestal-ambiental, ya sea en lo académico, institucional, político, social o productivo. Se dará particular prioridad a aquellos manuscritos técnicos que proporcionen información y datos relevantes a las discusiones actuales para reactivar el sector forestal en Bolivia. Aquí pueden ser publicados trabajos procedentes de proyectos, consultorías, organizaciones públicas, u otras, que deseen publicar dicha información con la autoría institucional según corresponda. Los trabajos no deben exceder las 100 páginas, incluyendo figuras y cuadros. Su organización debe estar compuesta por:

- Título,
- Autor(es) y dirección(es),
- Afiliaciones, nombre de institución ejecutora, nombre de financiadores
- Palabras clave,
- Resumen Ejecutivo (1-3 páginas)
- Un recuadro de máximo 300 palabras interpretando las implicaciones de los resultados que contribuyan a la reactivación del sector forestal
- Cuerpo del documento estructurado según criterio del autor o autores
- Agradecimientos
- Literatura citada

Los Documentos Técnicos serán publicados como otra serie de la revista, conteniendo exclusivamente este tipo de documentos.

#### CITAS BIBLIOGRÁFICAS

Para las citas en el texto, al final de una oración se debe escribir el nombre del autor y luego el año (Flores 2001). Para citas del Autor dentro de la oración, el año debe estar entre paréntesis: Flores (2001) indica que. Para trabajos de dos autores, ambos deben ser incluidos: (Flores y Díaz 2001). Para trabajos de más de dos autores escriba el primer autor seguido de *et al.* (Flores *et al.*, 2001) o Flores *et al.* (2001), según corresponda. Cuando deban citarse numerosos autores al final de un párrafo ordene las citas en orden cronológico de la siguiente manera: (Archer 1976, Reig *et al.* 1987, Springer *et al.* 1994, Kirsch *et al.* 1995, Patton *et al.* 1996, Jansa y Voss 2000).

Si las citas son parte de la oración, entonces debería ser así: Archer (1976), Reig *et al.* (1987), Springer *et al.* (1994), Kirsch *et al.* (1995), Patton *et al.* (1996) y Jansa y Voss (2000), indican que ...

#### LITERATURA CITADA

En la sección de literatura citada se debe escribir las referencias tomando en cuenta los tipos de documentos:

##### Artículo científico

*Autor (es). Año. Título del artículo. Nombre de la revista científica Volumen (número): intervalo de páginas.*

Araujo-Murakami, A. 2019. Barbasco y curare en Bolivia. *Kempffiana* 15: 3-13.

Araujo-Murakami, A.; Villarroel, D.; Pardo, G.; Vos, V.A.; Parada, G.A.; Arroyo, L. y Killeen, T.J. 2015. Diversidad arbórea de los bosques de tierra firme de la Amazonía boliviana. *Kempffiana* 11(1): 1-28.

#### Artículo científico online y con DOI (Digital Object Identifier)

*Autor(es). Año. Título del artículo. Nombre de la revista científica. Volumen. Código de página. DOI.*

Soriano, M.; Mohren, F.; Ascarrunz, N.; Dressler, W. Y Peña-Claros, M. 2017. Socio-ecological costs of Amazon nut and timber production at community household forests in the Bolivian Amazon. *PLoS ONE* 12, e0170594. doi:0170510.0171371/journal.pone.0170594.

#### Libro

*Autor(es). Año. Título del libro. N° de edición (en caso que sea más de la segunda edición). Editorial. Ciudad, País. Número total de páginas.*

Araujo-Murakami, A. 2012. Manual de campo para inventarios florísticos y colectas botánicas de plantas vasculares. Editorial Académica Española. Saarbrücken, Alemania, 68 pp.

Hanley, N.; Shogren, J.F. y White, B. 1997. Environmental economics in theory and practice. Oxford University Press. New York. USA. 464 pp.

#### Libro editado

*Editor(es). Año. Título del libro editado. Editorial. Ciudad, País. Número total de páginas.*

Moraes, R. M.; Øllgaard, B.; Kvist L. P.; Borchsenius, F. y Balslev, H. (Eds.). 2006. Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés, Plural Editores, La Paz, Bolivia. 557 pp.

Sano, S. M.; Almeida, S. P. y Ribeiro, J.F. (Eds.). 2008. Cerrado: Ecología e Flora. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF, Brasil. 1279 pp.

#### Capítulo en libro editado

*Autor(es) del capítulo. Año. Título del capítulo. Intervalo de páginas. En: Editor(es). Título del libro editado. Editorial. Ciudad, País.*

Araujo-Murakami, A. y Zenteno, F. S. 2006. Bosques de los Andes orientales de Bolivia y sus especies útiles. P. 188-204. *En: Moraes, R.M., Øllgaard, B.; Kvist, L.P.; Borchsenius, F. y Balslev, H. (Eds.). Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés, Plural Editores, La Paz, Bolivia.*

Ribeiro, J. F y Walter, B. M. T. 2008. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. Pp. 150-211. *En: Sano, S.M.; Almeida, S.P. y Ribeiro, J.F. (Eds.). Cerrado: Ecología e Flora. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF, Brasil.*

#### Tesis

*Autor. Año. Título de la tesis. Tipo de tesis. Universidad. Ciudad, País. Número total de páginas.*

Bascopé, F. 2004. Estructura y composición de la flora en parcelas permanentes de un bosque montano húmedo en el Parque Nacional Madidi, La Paz-Bolivia. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Forestal. Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno. Santa Cruz, Bolivia. 59 pp.

Villarroel, D. 2011. Aportes ao conhecimento da flora e diversidade do bioma Cerrado do Brasil e da Bolívia. Tesis de Maestría en Botánica. Universidade de Brasília. Brasília, DF, Brasil. 100 pp.

#### Documento técnico



*Autor(es). Año. Título del informe técnico. Número de documento técnico. Ciudad, País. Número total de páginas.*

Balcázar, J. y Montero, J.C. 2002. Estructura y composición florística de los bosques en el sector de Pando-Informe II. Documento técnico Nro. 108/2002. BOLFOR, Santa Cruz. 42 pp.

#### Comunicaciones personales

En caso de comunicaciones personales, se debe escribirse entre paréntesis (Comunicación personal)<sup>1</sup> y a pie de página debe indicarse el nombre completo y cargo del informante.

#### Otras publicaciones

Para otro tipo de publicaciones que no se describen en estas instrucciones, deben ser escritos según lo establecido en las normas APA última edición.

### **ENVÍO DE MANUSCRITOS**

Los manuscritos, solamente en versión electrónica, deben ser enviados al Editor en Jefe, al siguiente correo electrónico: [rtf@uagrm.edu.bo](mailto:rtf@uagrm.edu.bo). El Editor en Jefe acusará recibo inmediatamente recibido el archivo y en un plazo de siete días, comunicará oficialmente si el documento califica o no para revisión y posterior publicación en la Revista. Los trabajos que no sigan estrictamente las instrucciones para autores serán rechazados en la primera fase por el Editor en Jefe, antes de iniciar el proceso de revisión.