

ESTRUCTURA Y DINÁMICA DE LA POBLACIÓN DE LA PALMA DE ASAÍ (*Euterpe
precatória*, Mart.) EN BOSQUES FRAGMENTADOS DEL PIEDEMONTE VECINOS
A LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO, META.



NOHORA MARCELA ATEHORTUA MÉNDEZ



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2020

ESTRUCTURA Y DINÁMICA DE LA POBLACIÓN DE LA PALMA DE ASAÍ (*Euterpe
precatória*, Mart.) EN BOSQUES FRAGMENTADOS DEL PIEDEMONTTE VECINOS A LA
CIUDAD DE VILLAVICENCIO, META.

NOHORA MARCELA ATEHORTUA MÉNDEZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental

Asesor

RODRIGO ISAAC VELOSA CAICEDO

M. Sc. Vida Silvestre

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2020

Autoridades Académicas

P. José Gabriel MESA ANGULO, O.P.

Rector General

P. Eduardo GONZÁLEZ GIL, O.P.

Vicerrector Académico General

P. José Antonio BALAGUERA CEPEDA, O.P.

Rector Sede Villavicencio

P. Rodrigo GARCÍA JARA, O.P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Mg. JULIETH ANDREA SIERRA TOBÓN

Secretaria de División Sede Villavicencio

YÉSSICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decano Facultad de Ingeniería Ambiental

Nota De Aceptación

JESSICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decano de Facultad de Ingeniería Ambiental

RODRIGO ISAAC VELOSA CAICEDO

Director Trabajo de Grado

NOMBRE COMPLETO

jurado

NOMBRE COMPLETO

jurado

Villavicencio, Abril de 2020

Contenido

	Pág.
Resumen	10
Introducción.....	14
1. Planteamiento del problema	16
1.1. Descripción del problema.....	16
1.2. Formulación en torno al problema.....	17
2. Objetivos	18
2.1. Objetivo general.....	18
2.2. Objetivos específicos	18
3. Justificación.....	19
4. Alcance del proyecto.....	21
5. Antecedentes.....	23
6. Marco de referencia	26
6.1. Marco teórico.....	26
6.1.1. Características generales de la especie <i>Euterpe precatoria</i>	26
6.1.2. Distribución geográfica.....	26
6.1.3. Usos.....	27
6.1.4. Estructura Poblacional	27
6.2. Marco conceptual.....	28
6.3. Marco legal.....	31
7. Metodología.....	34
El presente estudio de investigación se realizó en tres fases (Figura 4):.....	34
7.1. Fase 1. Identificación del área de estudio	34
7.2. Fase 2. Registro de atributos demográficos.....	34
7.3. Fase 3. Tabulación y análisis de datos	36
7.3.1. Caracterización morfométrica	36
7.3.2. Productividad.....	37
7.3.3. Estructura poblacional.....	37

7.3.4. Correlación de variables de estudio	38
8. Resultados.....	39
8.1. Caracterización morfométrica	41
8.2. Productividad según DAP de la palma Asaí.....	45
8.3. Estructura poblacional.....	48
9. Discusión de resultados y recomendaciones	52
10. Conclusiones	55
Referencias bibliográficas	56
Anexos.....	63

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Principales PFNM de América del Sur.....	30
Tabla 2. Clases diamétricas en rangos de 2.5 cm	35
Tabla 3. Clases de tamaño de la palma según su altura.....	35
Tabla 4. Coordenadas geográficas.	39
Tabla 5A. Número de racimos registrados en la población de Asaí de los fragmentos de Tamaño 1.....	46
Tabla 6. Potencial de producción de frutos de E. precatoria en bosques de tamaño 1 y 2.	47
Tabla 7. Número de individuos encontrados según su variedad, en cada tamaño de fragmento de bosque.	49

Lista de Figuras

Pág.

Figura 1. Localización general de los fragmentos de bosque en zonas del cinturón verde del Municipio de Villavicencio – Meta. (Fuente: Google Earth,2018).	22
Figura 2. Orden temporal de investigaciones y trabajos referentes a efectos de la fragmentación de bosque en poblaciones de palma E. precatória, por Atehortua N, 2019.	25
Figura 3. Densidad de E. precatória en bosques y áreas de tierra firme. (Fuente: Reis, 1995).	28
Figura 4. Diagrama metodológico para la toma y procesamiento de datos. Por Atehortua N, 2018.	34
Figura 5 A. Distribución de E. precatória en la zona 1 (Bosque fragmentado de Campus Aguas Claras). .(Fuente: Google Earth,2019).	40
Figura 6, Histograma de distribución de frecuencia del diámetro a la altura del pecho de los individuos de palma Asaí registrados en los fragmentos de Tamaño 1 y Tamaño 2.	42
Figura 7. Histograma de distribución de frecuencia de la altura de los individuos (m) de palma de Asaí registrados en los fragmentos de Tamaño 1 y Tamaño 2.	43
Figura 8. Relación del DAP y la altura en ndividuos de E. precatória en bosques de tamaño 1...44	
Figura 9. Relación DAP y altura de individuos de E. precatória en bosques de tamaño 2.	45
Figura 10. Producción de racimos/Ha en individuos de E. precatória en los fragmentos de Tamaño 1 (fragmentos de bosques de Campus Aguas Claras y de Campus Loma Linda) y Tamaño 2 (fragmentos de bosques de Jardín Botánico y de Reserva Vanguardia).....	47
Figura 11. Comparación de la densidad de individuos de E. precatória en dos tamaños de bosques fragmentados estudiados. Nota: Densidad promedio de individuos por hectárea. Tamaño 1 (fragmentos de bosques de Campus Aguas Claras y de Campus Loma Linda) y Tamaño 2 (fragmentos de bosques de Jardín Botánico y de Reserva Vanguardia).	48
Figura 12. Distribución por edades de los individuos de E. precatória en fragmentos de bosque de Tamaño 1 (fragmentos de bosques de Campus Aguas Claras y de Campus Loma Linda) y Tamaño 2(fragmentos de bosques de Jardín Botánico y de Reserva Vanguardia).....	50

Lista de anexos

Anexo 1. Árbol de Problema Alteración de la palma Euterpe precatoria por efecto de la fragmentación en áreas de piedemonte de Villavicencio, Meta.	63
Anexo 2. Principales normas vigentes que reglamentan aspectos claves de la gestión en biodiversidad.....	64
Anexo 3. Tabla base de datos recolectados en las zonas de estudio 1 y 2.	65
Anexo 4. Tabla base de datos recolectados en la zona de estudio 3.	69
Anexo 5. Tabla base de datos recolectados en la zona de estudio 4.	71

Lista de ecuaciones

Ecuación 1. Cálculo de DAP	36
Ecuación 2. Cálculo Densidad poblacional	37

Resumen

Este proyecto de investigación evalúa el efecto de la fragmentación sobre el tamaño poblacional y estructura demográfica de la población de la palma Asaí (*Euterpe precatória*, Mart.1842.), a partir de la relación entre el tamaño de diversos fragmentos de bosque de piedemonte vecinos a la ciudad de Villavicencio y los atributos de densidad y estructura poblacional de la palma. Asimismo, brinda conocimiento adicional sobre el impacto de la fragmentación en la abundancia y producción de racimos de la palma.

Para ello se estableció una metodología que permitió estimar la densidad, tasa reproductiva, productividad y estructura demográfica (proporción de plántulas, juveniles y adultos) en cuatro zonas de estudio ubicadas en la ciudad de Villavicencio – Meta (bosques de los campus Loma Linda y Aguas Claras de la universidad Santo Tomás, Jardín Botánico de Villavicencio y Reserva Forestal Protectora Vanguardia), y su variabilidad en función de los sitios y el tamaño de los fragmentos estudiados. Tales variables se correlacionaron para determinar la relación entre los tamaños de los fragmentos de bosque y la estructura poblacional de la palma.

En 15 parcelas de 0.1 ha se censaron todos los individuos de la especie. Se analizaron y compararon los resultados de aquellos fragmentos menores a 10 ha con los fragmentos de bosques mayores a 10 ha. La densidad poblacional promedio en los bosques de menor tamaño fue de 234 individuos/ha, encontrándose palmas de distintas categorías de edad (80 plántulas/ha, 48 juveniles I/ha, 36 juveniles II/ha, 40 juveniles III/ha y 30 adultos/ha) y una productividad de 92 racimos/ha, mientras que en los bosques mayores a 10 ha se encontraron 22 plántulas/ha, 42 juveniles I/ha, 58 juveniles II/ha, 67 juveniles III/ha y 44 adultos/ha, obteniendo así una densidad poblacional total de 233 individuos/ha con una productividad de 26 racimos/ha.

Los bosques menores a 10 hectáreas tuvieron mayor producción de racimos debido al gran número de adultos reproductivos en comparación con las zonas de tamaño mayor a 10 hectáreas.

La estructura poblacional de la palma Asaí en los fragmentos mayores a 10 ha, no presentó una distribución en forma de J invertida, mientras que los fragmentos de tamaño menor a 10 ha se asemejaron a este tipo de distribución al tener una alta proporción de individuos en las clases de altura pequeñas que indica altas tasas de establecimiento de plántulas de las cuales un número reducido alcanza clases de alturas mayores. Mediante la prueba U de Mann-Whitney se encontró que no existen diferencias entre las densidades poblacionales de los dos tamaños de fragmentos de

bosques, por lo cual se puede establecer que la fragmentación de hábitats en el territorio de Villavicencio no afecta significativamente la densidad poblacional de la palma de Asaí.

Esta investigación realiza un aporte al establecimiento de pautas de manejo de la población silvestre y permite estudios posteriores referentes a medidas de aprovechamiento y explotación de la palma con bajo impacto negativo en la disponibilidad futura del recurso en zonas fragmentadas.

Palabras Clave: Arecaceae, Estructura demográfica, características morfométricas, bosque fragmentado, palma Asaí.

Abstract

This research project evaluates the effect of fragmentation on the population size and demographic structure of the Açaí palm population (*Euterpe precatoria*, Mart.), based on the correlation between the size of different fragments of piedmont forest around the city of Villavicencio and the density attributes and population structure of the palm. It also provides additional knowledge about the impact of fragmentation on the abundance and palm fruit bunch production of the palm.

For this, a methodology was established that allowed to estimate the density, reproductive rate, productivity and demographic structure (proportion of seedlings, juveniles and adults) in four study areas located in the city of Villavicencio – Meta (Loma Linda and Aguas Claras campus forests of the Santo Tomás University, Villavicencio Botanical Garden and Vanguardia Protected Forest Reserve), and its variability according to the sites and the size of the fragments studied. These variables were correlated to determine the relation between the sizes of the forest fragments and the population structure of the palm.

In 15 plots of 0.1 hectares all individuals of the species were registered. The results of those fragments less than 10 ha were analyzed and compared with forest fragments bigger than 10 ha. The average population density in smaller forests was 234 individuals/ha, with palms of different age groups (80 seedlings/ha, 48 juveniles I/ha, 36 juveniles II/ha, 40 juveniles III/ha and 30 adults/ha) and a productivity of 92 bunches/ha, while in forests bigger than 10 ha were found 22 seedlings/ha, 42 juveniles I/ha, 58 juveniles II/ha, 67 juveniles III/ha and 44 adults/ha, thus obtaining an overall population density of 233 individuals/ha with a productivity of 26 bunches/ha.

Forests smaller than 10 hectares had higher bunch production due to the large number of reproductive adults compared to areas larger than 10 hectares.

The population structure of the Asai palm in the fragments larger than 10 ha did not show an inverted J-shaped distribution, while the fragments smaller than 10 ha resembled this type of distribution by having a high proportion of individuals in the small height classes indicating high rates of establishment of seedlings whereof a small number reach higher height classes.

Through the Mann-Whitney U test, it was found that there are no differences between the population densities of the two sizes of forest fragments, whereby it can be established that the fragmentation of habitats in the territory of Villavicencio does not significantly affect the population density of the Asai palm.

This research contributes to the establishment of guidelines for the management of the wild population and allows for further studies related to measures for the exploitation and use of the palm with low negative impact on the future availability of the resource in fragmented areas.

Key words: Arecaceae, Demographic structure, morphometric characteristics, forest fragmentation.

Introducción

En Colombia, las palmas (*Euterpe oleracea* y *Euterpe precatoria*) son aprovechadas como producto forestal no maderable PFNM en la región de la Amazonía y Orinoquía, lo cual brinda bienes comerciales que atienden las necesidades de alimento, bebida, medicina, construcción y material artesanal para pueblos indígenas y campesinos (Cymerys, Shanley, Vogt, Brondizio, & Ferreira, Palmeras y muchas otras especies: Açaí, 2012).

Además de beneficiar al ser humano, ya sea para subsistir o para generar ingresos económicos, también sirve como fuente alimenticia para la fauna silvestre, tales como aves y algunos mamíferos (Johnson, 1996); por lo tanto, contribuye en la conservación de la biodiversidad y en el comercio local de los productos derivados.

A pesar de que existe un mayor número de investigaciones relacionadas con la especie *E. oleracea* la cual generalmente es la más utilizada en la comercialización de sus frutos al ser reconocida en el mercado internacional y tener una presencia significativa en el Amazonas (Johnson, 1996), *E. precatoria* sigue siendo promisoría al ser la especie más abundante en dicha región (Steege, y otros, 2013) y al encontrarse igualmente en regiones como la Orinoquía.

No obstante, existen diversos factores por los cuales el aprovechamiento de la palma como PFNM no es muy frecuente. El desconocimiento del gran potencial de la palma por la ausencia de investigaciones de línea base y la percepción errónea de que la utilización de los recursos silvestres son una posible amenaza para la conservación de bosques (FAO, 1992), impiden el avance en la práctica de producción y comercialización de frutos de Asaí.

De igual manera, en la actualidad existen cultivos de palma de Asaí que no se centran en un manejo sostenible, sino que por el contrario recurren a estrategias que requieren de la tala del individuo para la cosecha de frutos o para obtener el palmito, lo cual lo transforma en una práctica destructiva e insostenible (Castaño, Cárdenas, & Rodríguez, 2007).

Es por ello que la formulación y aplicación de un plan de manejo y aprovechamiento de la población de *E. precatoria* para la producción de frutos, es vista como una herramienta prioritaria en el uso sostenible de recursos naturales y la conservación de la biodiversidad. Con la implementación de estrategias poco invasivas como técnicas de recolección y tiempos de rotación por temporada, es posible conseguir el aprovechamiento y conservación de bosques que se encuentran amenazados por la expansión urbana. Además el conocimiento de las estructura

demográfica de la población silvestre posibilita la comprensión de los factores de selección de la especie en su medio natural, información que sirve de base para la implementación de prácticas de manejo sostenible de la población.

Con base en lo anterior, a partir del análisis comparativo de bosques con diferentes tamaños, este estudio permitió generar un conocimiento de las características morfométricas y de fructificación de la palma en climas característicos de la región Orinoquía. Asimismo, estudia el nivel de afectación de la fragmentación de bosques sobre la población de palma Asaí en el territorio de Villavicencio – Meta y evalúa la producción de frutos, para así fomentar el aprovechamiento de materias primas en fragmentos de bosques urbanos y periurbanos implementando buenas prácticas de manejo de la especie.

1. Planteamiento del problema

1.1. Descripción del problema

Los bosques de la región de la Orinoquía se han visto amenazados por la intervención humana debido a actividades agropecuarias en suelos no aptos y con técnicas productivas las cuales no aseguran la preservación de los ecosistemas (IGAC, 2004).

Debido al interés por expandir cultivos agrícolas y praderas con fines ganaderos (IDEAM, 2018), en la Orinoquia se ha incrementado la deforestación en 2.120 hectáreas más en el año 2018 en comparación con el año 2017, obteniendo así una tasa de deforestación de 12.073 hectáreas, siendo el departamento del Meta, la zona con mayor aumento de deforestación con alrededor de 8.000 hectáreas. (IDEAM, 2019).

Algunos de los impactos que trae consigo la disminución de la cobertura vegetal son, cambios en el régimen hidrológico, aceleración de los procesos de erosión, pérdida de especies de flora y fauna silvestre (IGAC, 2004) y pérdida de la capacidad productiva del ecosistema (Di Stefano, 2004), es decir que, los efectos de deforestación influyen de manera negativa tanto en el ámbito ambiental como económico para los productores campesinos e indígenas, los cuales poseen un interés por los recursos forestales, ya sean maderables o no maderables.

Por ende, plantas con gran potencial productivo y que a su vez favorecen al mantenimiento de la composición, estructura y regeneración de los bosques, como lo es la palma *E. precatoria*, requieren de un aprovechamiento orientado al desarrollo sostenible que apoye su conservación, puesto que los efectos de la fragmentación y aislamiento de hábitats pueden conducir a la disminución de la población de esta palma en su medio natural (Laurance, y otros, 2011). Aunque la sobreexplotación no es un factor de amenaza común en la Orinoquía y en las áreas de piedemonte llanero, para la cosecha de frutos se talan los individuos fértiles (Isaza Aranguren, Galeano, & Bernal, 2014). Esta práctica sumada a los efectos de borde ocasionados por la fragmentación de los hábitats naturales puede tener efectos negativos sobre las poblaciones, en especial cuando esto implica la muerte del individuo, lo que puede ocasionar alteración de la estructura y ritmos de crecimiento poblacional, limitando la oferta del recurso.

Diferentes estudios han reportado que *E. precatória* presenta una distribución demográfica en forma de J invertida en su ambiente natural (Velarde V. & Moraes R, 2008) (Castaño Arboleda & Cárdenas López, 2007); esto es una estructura caracterizada por una gran cantidad de plántulas, seguida de juveniles y una fuerte reducción en el número de adultos. Es de suponer que esta estructura pueda ser afectada por el grado de fragmentación del sitio y por la extracción de individuos fértiles. Así, por ejemplo, tamaños grandes de fragmentos podrían mantener una estructura en forma de J invertida de la población, mientras que en tamaños pequeños de fragmento esta estructura puede variar. En este estudio se plantea la hipótesis de que a mayores tamaños de fragmento la estructura poblacional tiende a adoptar la forma de J invertida, mientras que en tamaños pequeños se altera esta forma de la estructura demográfica.

Hasta el momento son escasos los estudios relacionados con el efecto de la fragmentación sobre las poblaciones de esta especie de palma en Colombia. Con base en esta situación, es importante realizar estudios respecto a la dinámica de población de la palma *E. precatória* en bosques fragmentados con distintos tamaños, formas y grado de aislamiento de los fragmentos (ver anexo 1).

1.2. Formulación en torno al problema

El presente trabajo plantea como premisa la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la variación en la abundancia, características morfométricas, reproductivas y estructura demográfica de la especie de palma *E. precatória* en sitios con diferente tamaño de fragmento, en áreas de piedemonte cercanas a la ciudad de Villavicencio, Meta en un tiempo de 6 meses?

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la fragmentación sobre el tamaño poblacional y estructura demográfica de la población de la palma de Açai (*E. precatória*) mediante estimativos de densidad, tasa reproductiva y medición de parámetros demográficos (proporción de plántulas, juveniles y adultos) en áreas de piedemonte vecinas a la ciudad de Villavicencio, Meta como aporte a un plan de manejo de la especie.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar los estimativos de densidad poblacional mediante parcelas de muestreo en fragmentos de tres tamaños diferentes.
- Copilar y examinar las mediciones morfométricas y de las características mediante parcelas de muestreo en fragmentos de tres tamaños diferentes.
- Relacionar la densidad y estructura demográfica de la población con las tres categorías de tamaño de fragmento mediante empleo de pruebas estadísticas.

3. Justificación

Los bosques de Colombia tienen un gran potencial económico, no obstante, la utilización, extracción y comercio de los recursos naturales aún son vistos como una posible amenaza para la conservación y preservación del medio ambiente (Castaño Arboleda & Cárdenas López, 2007), debido a que el modelo clásico de desarrollo de sectores productivos ha perjudicado el equilibrio de los ecosistemas y disminuido los recursos al centrarse principalmente en la explotación intensiva de la naturaleza, mostrando un mal panorama a futuro en el uso de la biodiversidad (Cerón, Leal, & Nassar, 2008).

Por lo tanto, una manera de asegurar que se utilicen estrategias con enfoque en el desarrollo sostenible para el uso y comercio de los recursos naturales es promover la formulación de herramientas como los planes de manejo y de buenas prácticas, orientados a organizaciones y comunidades (Castaño Arboleda & Cárdenas López, 2007), cuya adaptación e implementación asegure un desarrollo económico a largo plazo y no genere disminución de superficies boscosas.

Dado que las palmas son unas de las plantas que tienen la capacidad de brindar distintos usos y a su vez ser esenciales en el paisaje de los bosques tropicales y en particular en las áreas de piedemonte llanero, para avanzar en el desarrollo sostenible es de gran importancia conocer el estado actual de las poblaciones silvestres, en este caso de la especie de palma de Açaí (*E. precatoria*.) en el sistema productivo tropical; reconocer este recurso es indispensable para la elaboración de planes de manejo y conservación proyectados al mantenimiento de la especie en los ecosistemas con sus condiciones naturales y expresiones de viabilidad genética (Ocampo Durán, 1999).

La especie de palma de Açaí (*E. precatoria*.) es utilizada como producto forestal no maderable (PFNM), medicinal, ornamental, comestible e incluso tiene interés agroindustrial (Galeano & Bernal, 2010) (Acero Duarte, 2005). Las comunidades tropicales han basado buena parte de su sustento en la oferta natural de las palmas y su experiencia ancestral debería ser un elemento central en el desarrollo de las alternativas de producción sostenibles (Ocampo Durán, 1999). Ha sido aprovechada por los indígenas de la Amazonia, ya sea para bebidas, aceites y medicina natural (Ocampo Durán, 1999). Además, actualmente está en auge la popularidad del fruto por las propiedades nutricionales y estéticas que han sido avalados con estudios científicos (Kang, y otros,

2012) principalmente en países como Brasil y Bolivia donde exportan grandes cantidades del fruto a países como Estados Unidos y Reino Unido (Rocha, 2004).

En este caso, el estudio pretende aportar información relacionada a la abundancia y distribución de las poblaciones de la palma y sus características morfométricas y reproductivas, con el objetivo de evaluar el impacto de la fragmentación. Los resultados de la investigación podrían ser utilizados como herramienta que ayude a generar pautas pertinentes para el adecuado aprovechamiento de sus frutos y manejo de su hábitat, contribuyendo así a una planificación del recurso forestal que a su vez respalde competencias tanto de las comunidades como de las autoridades ambientales.

Finalmente, la evaluación de las características demográficas, morfométricas y reproductivas de *E. precatória* es fundamental para contribuir hacia su conservación, así como el hábitat donde se desarrolla, en base a un uso que permita que las poblaciones sean sostenibles en el tiempo. Para el planteamiento de los planes es fundamental conocer su ecología, y tener conocimiento de las características anteriormente mencionadas, ya que son indicadores de la dinámica natural de esta especie (Velarde, 2007).

4. Alcance del proyecto

El municipio de Villavicencio presenta una región montañosa al occidente y noroccidente debido a la Cordillera Oriental, y una planicie inclinada hacia el oriente, bordeada por el Río Guatiquía y Río Guayuriba (Alcaldía de Villavicencio, 2012). Presenta precipitaciones promedio de 4600 mm/año, con un régimen de distribución mono modal, donde el periodo de mayor lluvia corresponde a los meses de abril – julio, en los cuales se pueden alcanzar valores máximos de hasta 5200 mm/año y valores mínimos de 4000 mm/año para los meses de diciembre – marzo (IDEAM, CLIMATOLOGÍA AERONÁUTICA, 2013). Según la clasificación climática de Holdridge, las áreas de estudio corresponden al Bosque pluvial premontano (Bp-PM).

La ciudad se encuentra dividida territorialmente en 8 comunas, 7 corregimientos y 61 veredas; en ese caso, el proyecto se desarrolló en cuatro fragmentos de bosque ubicados en zonas urbanas y rurales de Villavicencio, separadas y caracterizadas de esta manera:

Zona 1: Es un bosque de 5,99 Ha el cual está reducido espacialmente por la construcción y expansión de obras de infraestructura y de vías; se encuentra rodeado por la comuna No. 5 y por instalaciones de la Universidad Santo Tomás campus Aguas Claras.

Zona 2: Este bosque fragmentado tiene un área de 8,23 Ha y es el área boscosa que forma parte del cinturón verde de la ciudad y se encuentra ubicada en el barrio Villa Lorena que, aunque se reconoce como área aislada y no se encuentra oficialmente dentro de alguna comuna, se encuentra cerca de la comuna 8 (Alcaldía de Villavicencio, 2012).

Zona 3: Es el bosque que forma parte del Jardín Botánico de Villavicencio, ubicado entre la comuna No. 2 y el corregimiento No. 2. Es un bosque húmedo muy tropical, el cual presenta una precipitación media anual de 4000 mm con humedad relativa de 75,16 % (Secretaría de Agricultura, 2012). Dicha zona tiene un área de 144,13 Ha.

Zona 4: Es una reserva forestal la cual se encuentra en las veredas San José Alto, Puente Amarillo y Vanguardia. Está conformada por un bosque húmedo de gran importancia ambiental al contribuir con el nacimiento del Caño Aguas Claras, Caño Pozo Azul y la Quebrada Vanguardiuno (Alcaldía de Villavicencio, 2012). Esta zona de estudio tiene un área de 573,75 Ha.

Los fragmentos se categorizaron en dos tamaños los cuales fueron: Tamaño 1 (menor o igual a 10 Ha) y Tamaño 2 (mayor que 10 Ha) (Figura 1).

El presente trabajo comprendió la evaluación del efecto del tamaño de los fragmentos en la estructura y dinámica de la población de *E. precatoria* en cuatro sitios distribuidos en diferentes lugares en la zona de cinturón verde incluida en el Plan de Ordenamiento Territorial POT del municipio, que desde el año 2000 está destinado a ser suelo de protección forestal y que fue actualizado el año 2015 (POT, 2015). Para llevar a cabo este proyecto se estipuló un tiempo de duración de 6 meses correspondientes al periodo académico 2019-1.

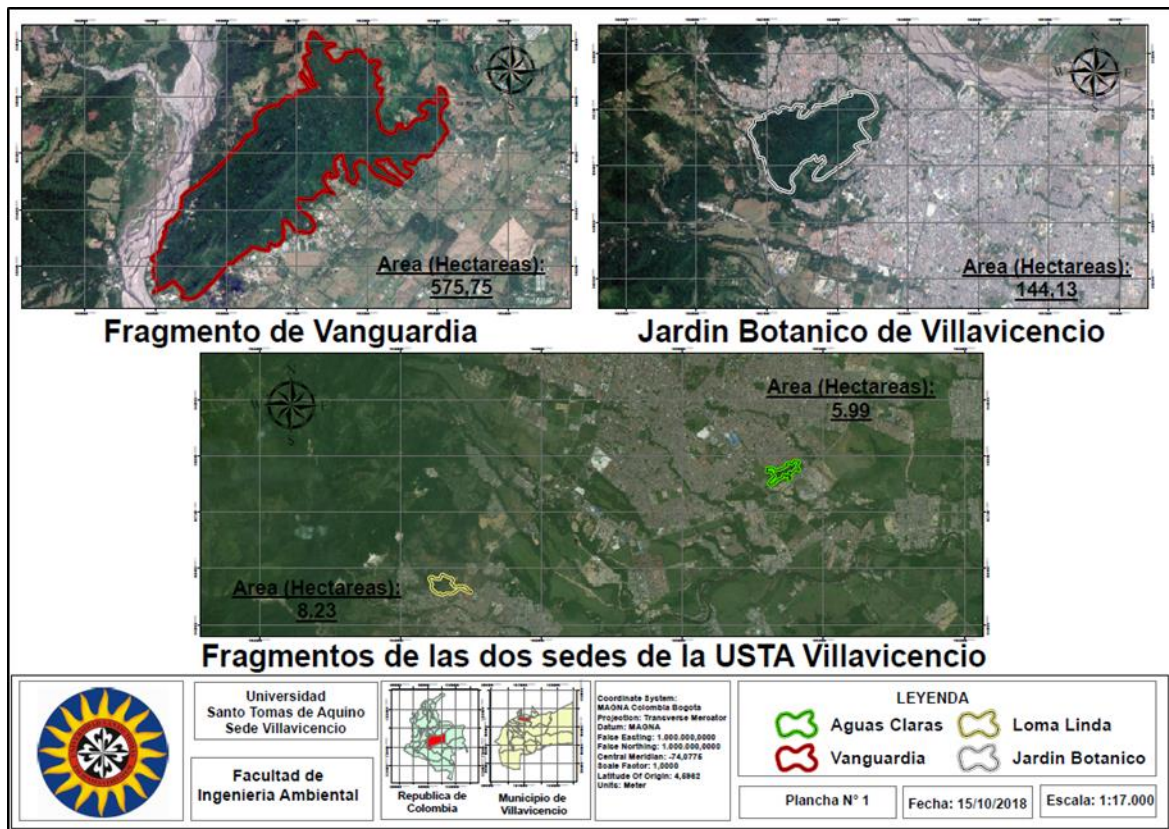


Figura 1. Localización general de los fragmentos de bosque en zonas del cinturón verde del Municipio de Villavicencio – Meta. Adaptado de: (Google Earth, 2018).

5. Antecedentes

En el departamento del Meta y en áreas fragmentadas de piedemonte llanero han sido pocos los estudios sobre el impacto de la fragmentación sobre las poblaciones silvestres y no se han realizado estudios sobre la relación entre la estructura poblacional de la especie *E. precatória* y el tamaño del fragmento de bosque ocupado.

Euterpe precatória fue descrita por primera vez por Mart (1842), quien la describió e ilustró junto a otras especies de palmas presentes en Bolivia (d'Orbigny, 1843). A partir de este momento se han realizado varios estudios para caracterizar los tipos de palmas presentes en Centroamérica y Suramérica. Una de las especies más extendidas en el género, es la *Euterpe precatória*, la cual fue dividida por Henderson (1995) en dos variedades, *Euterpe precatória* var. *longivaginata* (Mart.) A. J.Hend. y *Euterpe precatória* var. *precatória* (Henderson & Galeano, 1996).

En 1996, Richards evidenció su preocupación por la constante afectación en las tierras bajas tropicales por causa de diferentes actividades antrópicas que generan fragmentación, y que podrían llegar a ser tan extremas hasta llegar a la extinción de algunas poblaciones vegetales incluyendo palmas, (Richards, 1996) y por consiguiente alterar la dinámica del ecosistema natural, a partir de la disminución del tamaño de las poblaciones. Pocos años después, Ocampo (1999), investigador de la Universidad de los Llanos, en su estudio “Las Palmas, una Estrategia de Vida Tropical,” ayudó en la comprensión de la importancia de la diversidad de las palmas en ecosistemas tropicales y de cómo esta diversidad de especies se ve amenazada por la ganadería y la expansión urbana (Ocampo Durán, 1999). En ese mismo año, Scariot (1999) evaluó los efectos de la fragmentación sobre la diversidad florística en una comunidad de palmas localizadas en fragmentos de bosque en la Amazonía central; en este estudio se determinó que el tamaño de los fragmentos no afectó las medidas de diversidad según los índices de heterogeneidad de Shannon y de equidad. De igual manera se estableció que las áreas de tamaños idénticos fueron florísticamente más similares que las áreas de tamaños muy diferentes, como era lo esperado (Scariot, 1999).

En otras investigaciones sobre la producción de *E. precatória*, Velarde & Moraes (2008) determinaron que la media en la producción de la especie en bosque de várzea, era entre dos (2) y tres (3) infrutescencias/individuo en tierra firme; en una hectárea se producen infrutescencias de casi nueve veces más que en bosques de tierra firme, resaltando de esta manera las preferencias ecosistémicas o de hábitat de la especie (Velarde V. & Moraes R, 2008).

En el 2009 se continuó con el desarrollo de una propuesta de agroforestería a largo plazo que incluyó a *E. precatória*; este fue un proyecto macro, con la participación de Conservación Internacional Colombia CI, PNN Cahuinarí, PNN Río Puré, Instituto “SINCHI” y CORPOAMAZONIA, cuyo objetivo fue el enriquecimiento de bosques naturales intervenidos y su restauración participativa en el corregimiento de La Pedrera y en las veredas de Madroño y Villa Marcela del departamento del Amazonas (Castro Rodríguez, Barrera García, Carrillo Bautista, & Hernández Gómez, 2015).

Otros estudios como por ejemplo el realizado por Isaza & Bernal (2014), describen la producción de la palma de Asaí y a su vez, señalan que la estructura de las poblaciones presentes en bosques con diferente tipo de cosecha sigue un patrón de “J invertida”; esto es una mayor proporción de individuos en las clases de altura pequeñas (plántulas) en comparación con la proporción de individuos en las clases de altura mayores (adultos).

Los denominados efectos de borde según Vallejo *et al*(2014) han sido un impulsor dominante de la dinámica de fragmentos, afectando el microclima, la supervivencia/mortalidad de árboles, el almacenamiento de carbono, la fauna y otros aspectos de la ecología de las especies, contribuyendo a la disminución de la densidad poblacional de especies como *E. oleracea* (Vallejo, Galeano, Bernal, & Zuidema, 2014) que son frecuentes en ecosistemas similares a los ocupados por *E. precatória*, pero han sido menos los estudios realizados en la especie de la presente investigación.

El Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – Sinchi (2015) expone información detallada acerca de la dinámica y estructura de la palma *E. precatória*, entre los cuales se encuentra su cadena de valor y aspectos generales para la conservación de la especie. Se reporta también algunos estudios relacionados con la aplicación de metodologías para evaluar la densidad y estructura poblacional de especies vegetales específicas alteradas por las actividades antrópicas, entre ellos *E. edulis*, una especie cercana a *E. precatória*; en dicho estudio se evidencia que la distribución de frecuencia de las clases de altura difirió entre los parches de bosque comparados, destacándose un predominio de la clase de plántulas en los parches de bambú, en comparación con una distribución más equitativa de las diferentes clases de altura, en los parches que no son de bambú (Rother, Rodrigues, & Pizo, 2016).

Asimismo, Isaza *et al* (2017) definió métodos de cosecha no destructiva que permitirían una gestión sostenible de diferentes poblaciones de plantas incluyendo palmas, y que contribuyen a

satisfacer la demanda y a preservar las poblaciones silvestres; esta información es de gran utilidad para grupos de participación en procesos de conservación internacional y nacional.

La Figura 2 corresponde a una línea de tiempo sobre las principales investigaciones realizadas que involucran a diferentes especies de palmas incluyendo a *E. precatória*.

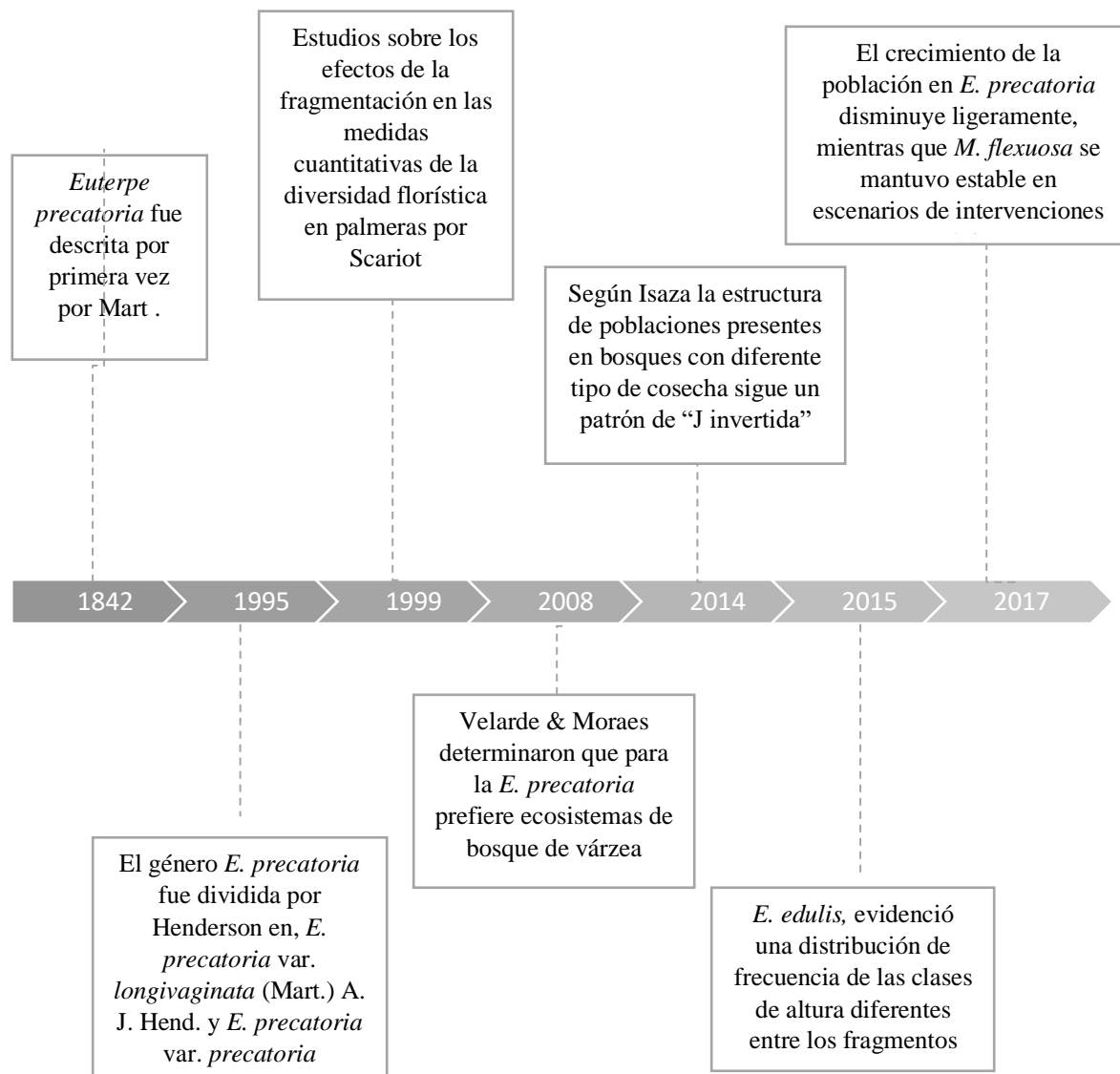


Figura 2. Orden temporal de investigaciones y trabajos referentes a efectos de la fragmentación de bosque en poblaciones de palma *E. precatória*, Por Atehortua N, 2019.

6. Marco de referencia

6.1. Marco teórico

6.1.1. Características generales de la especie *Euterpe precatória*

La palma *Euterpe precatória* es una especie perteneciente a la familia Arecaceae y se caracteriza principalmente por poseer un tallo solitario no muy grueso, alcanza una altura entre los 10-20 m y un diámetro entre 10-23 cm. La corona está compuesta por 6 a 20 hojas pinnadas de hasta 4.5 m de largo, con una vaina larga y cerrada que forma un capitel de color verde o amarillento, y hasta con 100 pinnas angostas a cada lado, regularmente dispuestas y colgantes. Las inflorescencias son infrafoliares, más o menos horizontales en flor y colgantes en fruto, con 70 a 150 raquilas de hasta 80 cm de largo. Los frutos son esféricos, negros violáceos cuando maduros, de 1 a 2 cm de diámetro, con mesocarpio delgado y jugoso, y semillas esféricas con endospermo homogéneo. (Henderson & Galeano, 1996).

Se han registrado dos variedades: *var. precatória* y *var. longevaginata*, con características morfológicas y distribución geográfica distintas (Castro Rodríguez, Barrera García, Carrillo Bautista, & Hernández Gómez, 2015).

La especie se distribuye en varias zonas del continente americano, desde Belice hasta Brasil y Bolivia, por debajo de los 2000 m de elevación, en gran variedad de bosques, aunque es más común y abundante en tierras bajas de bosques húmedos, usualmente a lo largo de las riberas, por debajo de 350 m de altitud. (Henderson & Galeano, 1996).

6.1.2. Distribución geográfica

La especie *Euterpe precatória* es endémica de la Cuenca Amazónica; en Colombia se encuentra en la Amazonia, en los Llanos Orientales, en tierras bajas del Catatumbo, en el Magdalena medio, en el Alto Sinú, en el Pacífico, los Andes y la Sierra Nevada de Santa Marta, desde el nivel del mar hasta los 2000 m.s.n.m. (Galeano & Bernal, 2010). En los Llanos Orientales se pueden encontrar las dos variedades que se conocen de esta especie. *Euterpe precatória* *var. precatória* crece específicamente en tierras bajas de la Amazonía, en bosques de galería de los Llanos

Orientales y las tierras bajas del Catatumbo, por otra parte, *Euterpe precatória* var. *longevaginata* se encuentra naturalmente en los Andes, en las tierras bajas del Pacífico y en el Valle del Magdalena (Rocha, 2004).

6.1.3. Usos

Esta palma tiene un potencial de aprovechamiento muy amplio; los frutos se usan para preparar bebidas y prostres, sus semillas son comunes en joyas y artesanías, el palmito o cogollo de la planta se utiliza comercialmente en ensaladas, el aceite para productos de belleza a nivel agroindustrial, las hojas y raíces son utilizadas por los indígenas para hacer distintos remedios (Cymerys, Shanley, Vogt, Brondizio, & Ferreira, Palmeras y muchas otras especies: Açai, 2012).

6.1.4. Estructura Poblacional

Se ha evidenciado que las poblaciones de *E. precatória* siguen una estructura poblacional en forma de “J invertida” tanto en bosques de tierra firme como en bosques estacionalmente inundables (Peña Claros & Zuidema, 2000). En condiciones de vida silvestre el número de individuos disminuye a medida que aumenta el tamaño de las palmas, puede ser debido a factores de mortalidad denso-dependiente o al proceso típico de mortalidad el cual permite el crecimiento y desarrollo de solo una pequeña parte de la población (Silva Matos, Freckleton, & Watkinson, 1999) (Peña Claros & Zuidema, 2000).

En *E. precatória* se ha reportado una densidad máxima de 168 palmeras / Ha para las tierras bajas de la Amazonia; otros registros incluyen una variación entre 0,001 - 280 palmeras/ Ha en bosques de tierra firme y de várzeas; en áreas de tierras bajas se reportan cifras de 9,6 a 23,1 palmeras / Ha, y en las áreas de tierra firme la densidad encontrada osciló entre 9 y 60 palmeras / Ha (Rocha y Viana, 2004) (Reis, 1995) (Figura 3).

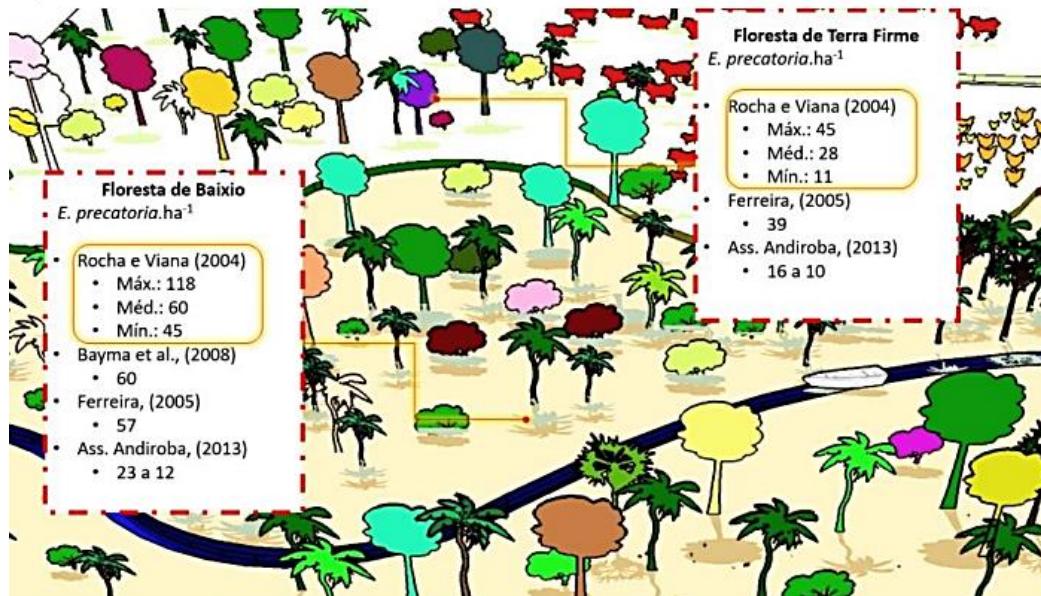


Figura 3. Densidad de *E. precatoria* en bosques y áreas de tierra firme. Adaptado de: (Reis, 1995).

La estructura poblacional de la *E. precatoria* se ve afectada cuando hay abundancia de otras especies arbóreas como es el caso de la subfamilia *Bambusoideae*.

6.2. Marco conceptual

Dentro del contexto de temáticas ambientales, la palabra **conservación** es definida como el proceso de gestión del cambio a un activo histórico en su entorno, de la manera que mejor sostenga sus valores patrimoniales, al tiempo que reconoce las oportunidades para revelar o reforzar esos valores para el presente y para las generaciones futuras (Palmeri, Barausse, & Jorgense, 2014).

La **pérdida y fragmentación de hábitats** es un efecto de los procesos antrópicos, principalmente de la ganadería y la expansión urbana. Afecta tanto la extensión del bosque como su distribución espacial; las áreas boscosas se dividen en parches más pequeños y se perforan o intercalan con cubiertas no forestales ocasionando aislamiento de especies y disminución en su densidad poblacional (Santos & Tellería, 2006).

Las **estructuras poblacionales o demográficas** son patrones de distribución de la población de una especie en una unidad de superficie (Prosdocimi, González Carman, Albareda, & Remis, 2012). Al estudiar la estructura demográfica de una población, se tiene en cuenta la edad de los individuos, es decir, si son neonatos o plántulas, juveniles o adultos y en qué proporciones, para así determinar la viabilidad de la población según la abundancia de individuos seniles y de

plántulas. Otro factor importante que influye en la estructura de una población es la reproducción, ya sea por medio de producción de flores, frutos o semillas (Elzinga, Salzer, Willoughby, & Gibbs, 2001); todos los componentes de la población afectan los procesos involucrados en el mantenimiento de la misma (Prosdocimi, González Carman, Albareda, & Remis, 2012).

Con el fin de evaluar el estado actual de una especie o varias, se realizan **estudios demográficos**. Esta área de la ecología se encarga de estudiar las dinámicas de poblaciones biológicas, entre las variables que más se tienen en cuenta son, los términos de nacimientos, muertes y transiciones entre diferentes estados, tamaños o edades (Samper K. & Vallejo, 2007).

La **densidad poblacional** es el número de habitantes por unidad de superficie existente en la unidad espacial de referencia, en el tiempo (Salazar Cardona & Riaño Umbarila, 2015). En conjunto con la distribución de población, describen de qué manera están distribuidos o propagados los individuos en su hábitat (Samper K. & Vallejo, 2007). Son características que poseen las poblaciones, obtenidas por medio de estudios demográficos.

Las **características morfométricas** son diferentes variables que son medidas, como por ejemplo la altura, el diámetro del tallo, largo de las hojas, entre otros, y son necesarias para dar un acercamiento más preciso de la información.

Los **productos forestales no maderables** PFNM son aquellas materias primas obtenidas de los bosques o áreas forestales para ser utilizadas como alimento (semillas, hongos, frutos, condimentos, aromatizantes), forraje, combustible, productos bioquímicos, farmacéuticos, o con fines cosméticos o culturales (FAO, 1992).

En América del sur, los principales productos no maderables obtenidos de cultivos y bosques que brindan ingresos económicos a las comunidades se registran en la Tabla 1, destacándose la producción de palmito a partir de diferentes especies de palmas.

Tabla 1. Principales PFNM de América del Sur.

Subregión	Principal PFNM	Datos estadísticos nacionales existentes que fueron seleccionados
América del Sur tropical (Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Paraguay, Perú, Venezuela)	Nueces del Brasil	Exportación mundial de nueces por 72 millones de dólares EE. UU. (Brasil exporta el 7,6 por ciento, Bolivia el 62,2 por ciento y Perú el 10,6 por ciento). 24 339 toneladas de nueces del Brasil con cáscara ingresaron en el mercado mundial en 2015.
	Caucho natural	<i>Bolivia:</i> 3 981 toneladas exportadas en 1983; disminución a 150 toneladas en 1995 y actualmente casi inexistente, debido a los precios bajos y a los sustitutos de caucho sintético. <i>Brasil:</i> producción de 60 000 toneladas en 2013. El área cultivada en 1994 era de 58 715 Ha <i>Perú:</i> el área estimada es de 1,4 millones de Ha. La extracción de caucho prácticamente ha desaparecido debido a la competitividad de las plantaciones de Malasia y a los sustitutos sintéticos.
	Palmito	<i>Brasil:</i> producción de 20 653 toneladas en 1995 <i>Bolivia:</i> exportaciones en 1997 por 12 355 420 millones de dólares EE.UU.
	Aceite comestible	<i>Brasil:</i> producción de 76 000 toneladas de aceite de babassu (<i>Orbignya phalerata</i>) en 1997
	Colorantes	<i>Perú:</i> exportación estimada de semillas de anoto/achiote fue de 4 00 toneladas a mediados de 1990 <i>Perú:</i> producción de 500 toneladas de cochinilla en 1993; la exportación de 77 toneladas de carmín por un valor de 6 700 000 millones de dólares EE.UU. en 1993
	Taninos	<i>Perú:</i> 2 900 toneladas de <i>Caesalpinia spinosa</i> en 1999 por un valor de 2,5 millones de dólares EE.UU.
	Resinas, Copaiba	<i>Venezuela:</i> la producción de 7000 toneladas de resina cruda de <i>P. Caribaea</i> a mediados de 1990 <i>Brasil:</i> a mediados de 1990, la producción aproximada fue de 60 000-65 000 toneladas. La mayoría de los productos se consumen localmente, pero cantidades significativas son exportadas. (Brasil exportó 13 500 toneladas de colofonia y 3 000 toneladas de aguarrás en 1993) <i>Brasil:</i> producción de 72 toneladas de aceite en copaiba 1995
	Plantas medicinales	<i>Peru:</i> <i>Uncaria tomentosa</i> (uña de gato) 535 ton. En 1999 <i>Chile:</i> Quillay (<i>Quillaja saponaria</i>) exportaciones de 872 ton. En 1997 por 3 700 de dólares EE.UU.

Tabla 1. Continuación

Subregión	Principal PFSM	Datos estadísticos nacionales existentes que fueron seleccionados
América del Sur tropical (Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Paraguay, Perú, Venezuela)	Plantas medicinales	<i>Ecuador</i> : Exportó sombreros de fibra <i>Carludovica palmata</i> por 4.6 millones de dólares EE.UU. en 1992. Hay 2 000 fábricas de sombreros de palma. <i>Chile</i> : exportación de 942 ton. De (<i>Salix viminalis</i>) en 1997 por un valor de 803 000 de dólares EE.UU.
	Forraje	<i>Ecuador</i> : exportaciones de 327 ton. De nueces de tagua (<i>Phytelphas spp.</i>) por 2 408 400 de dólares en 1992 <i>Perú</i> : 1 750 toneladas de frutos de <i>Prosopis pallida</i>
	Alimentos y bebidas	<i>Argentina</i> : producción de mate en 1998 por 80 millones de EE. UU y de 28 millones en 1998.
América del Sur no tropical (Argentina, Chile, Uruguay)		<i>Chile</i> : Exportación de hongos (todas las especies, secas, saladas y congeladas) por 7 millones de dólares en 1997
	Aceites esenciales	<i>Chile</i> : en 1997, 14 toneladas de aceite de eucalipto por 44 000 de dólares EE. UU. Exportaciones de avellana chilena (<i>Gevuina avellana</i>) en 1997: 5,7 ton. Por 92 000 de dólares de EE. UU. Exportaciones de <i>Rosa moschata</i> en 1997 83 toneladas por 1 millón de EE. UU.
	Resinas	<i>Argentina</i> : una producción de resina de pino de 19 904 toneladas, colofonia y derivados 256 840 ton. Y 2 985 ton. De aguarrás en 1996
	Plantas medicinales	<i>Chile</i> : exportaciones de 1 400 toneladas de hojas de boldo por un valor de 810 000 dólares EE.UU. en 1996
	Taninos	<i>Argentina</i> : Producción de 283 908 toneladas de quebracho colorado en 1996

NOTA: Datos de producción y cultivos de derivados de Productos forestales no madereros en los países sudamericanos, Adaptado de: (FAO, 2002).

Los mercados locales, nacionales e internacionales se han visto beneficiados en la región de la Amazonía por la producción de nueces del Brasil y palmito; los frutos y el palmito se extraen de cultivos de *Euterpe oleracea*, *Euterpe precatória* y *Bactris gasipaes* en países como Brasil, Bolivia y Colombia, los cuales también son reconocidos en producir productos de interés medicinal, como la corteza de quinina de la especie arbórea *Cinchona* (FAO, 2002).

6.3. Marco legal

Según el Artículo 79 de la constitución política de Colombia, todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano (Asamblea Nacional Constituyente, 1991). El desarrollo del presente

trabajo es fundamental para la conservación de los recursos naturales, y para llegar a esa meta, es necesario tener una base de información que permita tener un conocimiento sobre el estado actual de las especies, para así y en conjunto con otros estudios poder formular un plan de manejo de la especie.

En el Artículo 80 acentúa que, el Estado Colombiano deberá planificar de forma propicia el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, garantizando su conservación, restauración o sustitución, y por supuesto el desarrollo sostenible (Alcaldía de Bogotá, 1991). En el Anexo 2 se mencionan las principales normas que están en el marco del desarrollo de la conservación ecológica en Colombia.

De acuerdo a la ley 164 de 1994, aprobada y firmada por Colombia como Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, el territorio nacional tiene derecho al desarrollo sostenible y promover un sistema económico internacional que conduzca al aprovechamiento y manejo sostenible de recursos naturales renovables, por medio de programas de desarrollo sostenible que implementen medidas de protección del sistema climático contra alguna amenaza de alteración provocada por el ser humano. La presente ley en el artículo 4 busca promover y apoyar la gestión sostenible, a través del compromiso de cooperación (IDEAM, 2019).

Por medio de la ley 165 de 1994 se aprueba el Convenio de la Diversidad Biológica realizado en Río de Janeiro en 1992. Dicho convenio busca la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes. Según el artículo 6 referente a las medidas generales para la conservación y la utilización sostenible, se deben elaborar o adoptar estrategias, planes o programas nacionales para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad e integrarlos en políticas sectoriales o intersectoriales (Rudas Lleras, 2003)(República de Colombia, 1994).

Asimismo, la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos PNGIBSE, tiene como objetivo general *“promover la Gestión Integral para la Conservación de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos, de manera que se mantenga y mejore la resiliencia de los sistemas socioecológicos, a escalas nacional, regional y local, considerando escenarios de cambio y a través de la acción conjunta, coordinada y concertada del Estado, el sector productivo y la sociedad civil”* (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012). La meta propuesta por la presente Política de Estado se cumplirá por medio de la implementación de 6 ejes temáticos los cuales son:

Eje 1. Biodiversidad, conservación y cuidado de la naturaleza

Eje 2. Biodiversidad, gobernanza y creación de valor público

Eje 3. Biodiversidad, desarrollo económico, competitividad y calidad de vida

Eje 4. Biodiversidad, gestión del conocimiento, tecnología e información

Eje 5. Biodiversidad, gestión del riesgo y suministro de servicios ecosistémicos

Eje 6. Biodiversidad, corresponsabilidad y compromisos globales.

7. Metodología

El presente estudio de investigación se realizó en tres fases (Figura 4):

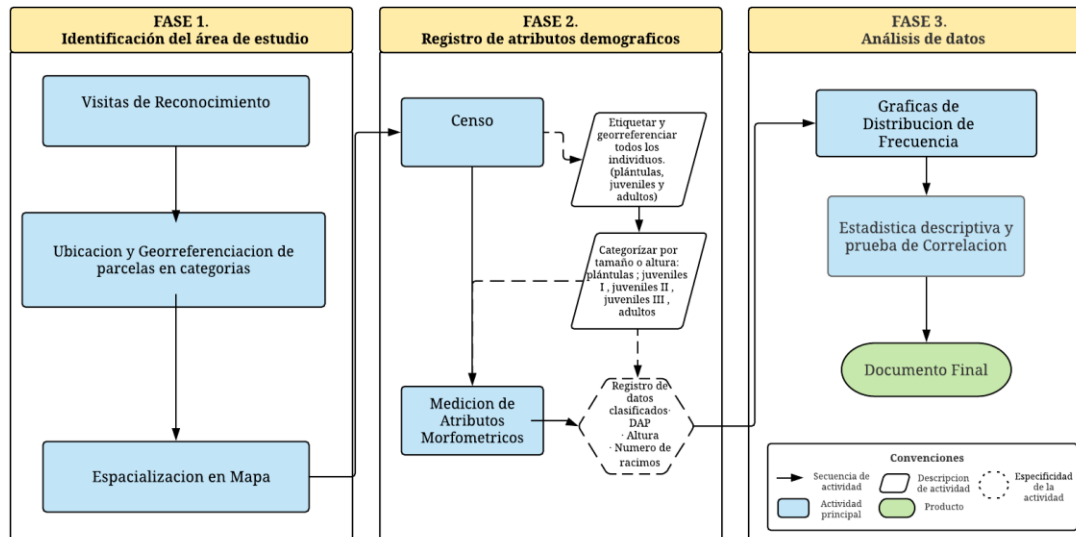


Figura 4. Diagrama metodológico para la toma y procesamiento de datos. Por Atehortua N, 2019.

7.1. Fase 1. Identificación del área de estudio

En esta etapa inicialmente se determinaron y georreferenciaron con un GPS Garmin eTrex 30X los puntos de ubicación de cada transecto. También se georreferenció cada planta censada dentro de las zonas de estudio y posteriormente, mediante el software ArcGIS 10.1 se realizó un mapa de distribución de *E. Precatoria var. precatoria* y *E. Precatoria var. longevaginata* registradas.

7.2. Fase 2. Registro de atributos demográficos.

En las zonas de estudio con áreas mayores a 10 hectáreas, como fueron las zonas 3 y 4, se ubicaron 5 transectos (parcelas de muestreo) en cada bosque, mientras que en la zona 1 se ubicaron 2 transectos y en la zona 2 se ubicaron 3 transectos al ser zonas con un área menor a 10 hectáreas. Cada parcela tuvo dimensiones de 10 m de ancho y 100 m de largo (0,1 Ha), por lo que el área total de muestreo fue de 1,5 Ha. Se realizó un muestreo aleatorio estratificado, con las unidades de evaluación (parcelas) ubicadas de manera aleatoria a lo largo de la línea altitudinal de distribución de la palma entre 400 y 700 m de altitud en la zona de piedemonte.

Todos los individuos registrados fueron clasificados según su variedad (var. *precatória* y var. *longevaginata*) y georreferenciados. Para la obtención de datos de la estructura poblacional, densidad poblacional, abundancia relativa y producción de racimos, se midió la altura de las plántulas, palmas juveniles y adultas, tomando en cuenta individuos desde mínimo 0,1 m de altura; igualmente se midió el DAP (diámetro a 1,3 metros de altura) de los individuos registrados y se clasificaron en las siguientes categorías de acuerdo con su dimensión:

Tabla 2. Clases diamétricas en rangos de 2.5 cm.

Clases dimensionales	Intervalo de clase	Altura	Rango
Clase I (brinzales)	Menor a 2,5 cm	Mayor igual a 0,3 m	2,5 cm
Clase II	2,5 cm – 4,9 cm	-	2,5 cm
Clase III	5 cm – 7,4 cm	-	2,5 cm
Clase IV	7,5 cm – 9,9 cm	-	2,5 cm
Clase V	10 cm – 12,4 cm	-	2,5 cm
Clase VI	12,5 cm – 14,9 cm	-	2,5 cm
Clase VII	15 cm – 17,4 cm	-	2,5 cm
Clase VIII	Mayor igual a 17,5 cm	-	2,5 cm

NOTA: Descripción de altura y su rango en intervalos de clase de las plántulas, palmas juveniles y adultas, Por Atehortua N, 2019.

Se registró el número de racimos y se contaron todos los individuos de palma *E. precatória* dentro de los 5 m de cada lado de cada transecto, para determinar el tamaño del grupo de plántulas, juveniles y adultos.

Siguiendo la clasificación establecida por Reis (1995) para *E. edulis*, los individuos fueron asignados a una de las siguientes categorías de tamaño o altura:

Tabla 3. Clases de tamaño de la palma según su altura.

Categoría de la palma	Intervalo de clase
Plántula	Menor igual a 0,3 m
Juvenil I	0,31 m – 1 m
Juvenil II	1,01 m – 2 m
Juvenil III	2,01 m – 6 m
Adulto	Mayor a 6,01 m o con señales reproductivas

NOTA: Tipos de palmas teniendo en cuenta su clase, Por Atehortua N, 2019.

La medición de la altura de la palma se realizó por medio de un medidor de distancia laser BOSCH GLM 40 y el diámetro (ecuación 1) con una cinta de diámetro.

$$DAP = \frac{C}{\pi}$$

Ecuación 1. Cálculo de DAP

DAP= Diámetro a la altura del pecho (cm)

C= Circunferencia del tronco a 1,3m de altura (cm)

$\pi = 3,14159226$

7.3. Fase 3. Tabulación y análisis de datos

Los datos se registraron y ordenaron por medio del software IBM SPSS Statistics y se procedió a utilizar los parámetros tradicionales de estadística descriptiva (máximos, mínimos, media, mediana, desviación estándar e intervalo de confianza con un nivel de confianza al 95%), para así definir las dimensiones morfométricas, la productividad y densidad poblacional de la especie según un tamaño de muestra en distintos fragmentos de bosque; luego se compararon las variables de diámetro, altura, abundancia, densidad y productividad entre las zonas de bosques de tamaño menor a 10 hectáreas y las de tamaño mayor a 10 hectáreas.

Luego, mediante el coeficiente de correlación Spearman y la prueba U de Mann-Whitney, se correlacionaron las variables de DAP, altura y productividad de la palma y se comparó la mediana de la variable de densidad poblacional.

7.3.1. Caracterización morfométrica

Dentro de los transectos establecidos se censaron todos los individuos de palma Asaí. Para aquellos individuos con altura igual o mayor a 0.3 metros, se midió el DAP (diámetro a 1.3 m de altura).

Mediante histogramas obtenidos por el software SPSS Statistics, se determinó qué rango de DAP presentó mayor frecuencia según los tamaños de los fragmentos.

Luego, se estudió la correlación mediante la prueba no paramétrica de Spearman para detectar la variabilidad en los datos de DAP y altura, en relación con los tamaños de los fragmentos; asimismo se evaluó la diferencia de frecuencias entre los bosques de Tamaño 1 y Tamaño 2.

7.3.2. Productividad

Con el fin de estimar la productividad de la especie, se contó el número de racimos obtenido por cada individuo para determinar el máximo de racimos que puede producir una palma en las distintas zonas de estudio; además se relacionó la cantidad de racimos con el DAP de la palma para determinar el rango de DAP en el que se encontrara la mayor productividad de la especie.

Se realizó la sumatoria de racimos dentro de cada transecto, se promedió dicha cantidad por cada tamaño de bosque, luego se proyectó desde un área de 0.1 Ha (área de los transectos) hasta 1 Ha.

Por último, se calculó el potencial de producción de frutos teniendo en cuenta información secundaria sobre la producción mínima y máxima de frutos por racimos con un peso del fruto de 1.7 g.

7.3.3. Estructura poblacional

La estructura poblacional de los fragmentos se analizó considerando la abundancia y densidad de individuos en cada etapa de desarrollo, puesto que además de definir la edad de la planta, proporciona información sobre el nivel de supervivencia, mortalidad y ritmo de crecimiento.

Una manera de determinar la estructura poblacional de un sitio es mediante la metodología establecida por Mostacedo & Fredericksen (2000) en el *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*, en el cual se tuvieron en cuenta las técnicas propuestas para el estudio de abundancia y densidad mediante transectos.

Las mediciones se hicieron teniendo en cuenta el número de plantas en cada transecto y su totalidad en cada fragmento para determinar la frecuencia y densidad (ecuación 2) de la palma.

$$D = \frac{N}{A}$$

Ecuación 2. Cálculo Densidad poblacional

D= Densidad de individuos en un área determinada

N= Número de individuos

A= Área

Igualmente, se analizó la distribución de los individuos de acuerdo con las clases de tamaño (plántula, juvenil I, juvenil II, juvenil III y adulto) en cada zona de estudio.

7.3.4. Correlación de variables de estudio

Se compararon y correlacionaron variables para así determinar si existe algún tipo de relación entre la producción de racimos y densidad de la palma *E. precatória* con los tamaños de los fragmentos.

Se promedió la productividad en cada transecto para obtener 15 datos como tamaño de muestra; después se correlacionó la productividad promedio obtenida en los bosques de tamaño 1 con la obtenida en los bosques de tamaño 2, con el fin de concluir si existe algún tipo de asociación entre la productividad y los tamaños de bosque, o si por el contrario, sin importar los tamaños de fragmentación de bosques, la producción de racimos/hectárea puede ser similar en bosques fragmentados con áreas menores o iguales a 10 hectáreas.

Para comparar las dos categorías de tamaños representadas por las zonas de estudio (tamaño 1 conformado por las zonas 1 y 2; tamaño 2 conformado por las zonas 3 y 4) respecto a la variable densidad poblacional, se utilizó la prueba no paramétrica U de Mann Whitney, con el propósito de comprobar si existen diferencias de densidad según los tamaños de los fragmentos.

8. Resultados

En la Tabla 4 se ilustran las coordenadas geográficas y altura m.s.n.m. de 15 transectos en 4 zonas de estudio.

Tabla 4. Coordenadas geográficas

ZONA	TRANSECTO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
Zona 1.	1	4° 7'21.54"N	73°36'54.20"W	401 m.s.n.m.
Fragmento				
Aguas Claras	2	4° 7'21.54"N	73°36'54.20"W	401 m.s.n.m.
Zona 2.	1	4° 6'38.42"N	73°39'29.32"W	495 m.s.n.m.
Fragmento	2	4° 6'34.02"N	73°39'35.57"W	497 m.s.n.m.
Vda. Loma Linda	3	4° 6'37.36"N	73°39'35.23"W	502 m.s.n.m.
Zona 3.	1	4° 9'12.19"N	73°39'19.54"W	651 m.s.n.m.
Jardín	2	4° 9'9.51"N	73°39'21.34"W	653 m.s.n.m.
Botánico de Villavicencio	3	4° 9'2.98"N	73°39'15.19"W	624 m.s.n.m.
	4	4° 9'1.27"N	73°39'13.26"W	629 m.s.n.m.
	5	4° 9'1.27"N	73°39'13.26"W	571 m.s.n.m.
Zona 4.	1	4°11'18,53"N	73°36'04,498"W	420 m.s.n.m.
Reserva	2	4°11'17,60"N	73°36'41,21"W	427 m.s.n.m.
Vanguardia	3	4°11'15,93"N	73°36'39,10"W	434 m.s.n.m.
	4	4°11'31,03"N	73°36'54,02"W	477 m.s.n.m.
	5	4°11'30,05"N	73°36'57,23"W	431 m.s.n.m.

NOTA: Coordenada de las zonas donde están los transectos ubicados en cada zona de estudio. Por Atehortua N, 2019.

En la figura 5 se ilustra la distribución del número de individuos registrados de *E. precatória* var. *precatória* y *E. precatória* var. *longevaginata* a lo largo de cada uno de los 15 transectos de estudio distribuidos en 4 zonas.

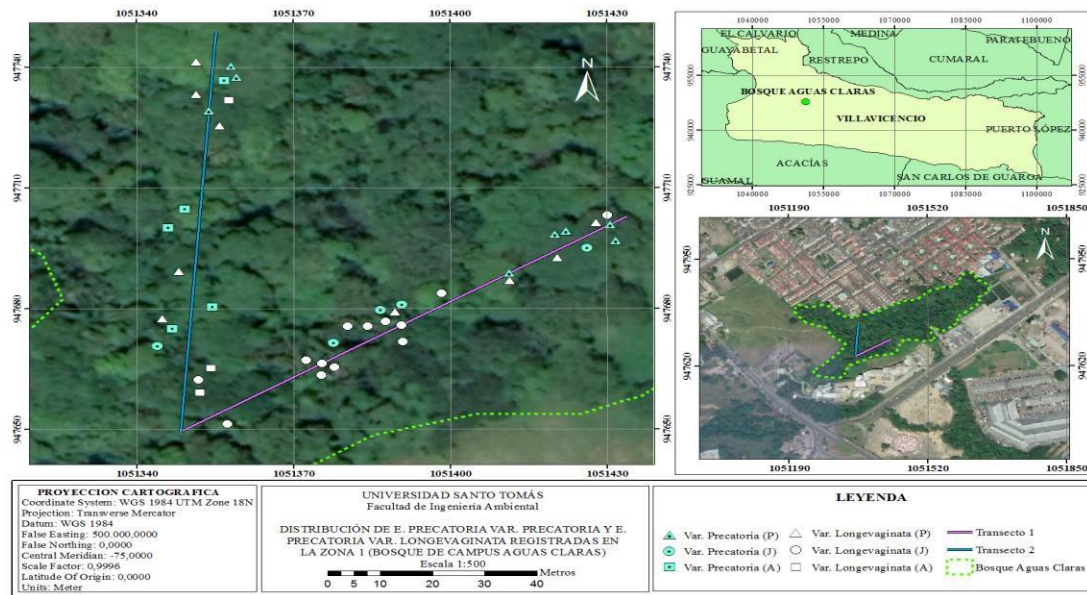


Figura 5 A. Distribución de *E. precatoria* en la zona 1 (Bosque fragmentado de Campus Aguas Claras). Adaptado de: (Google Earth, 2019).

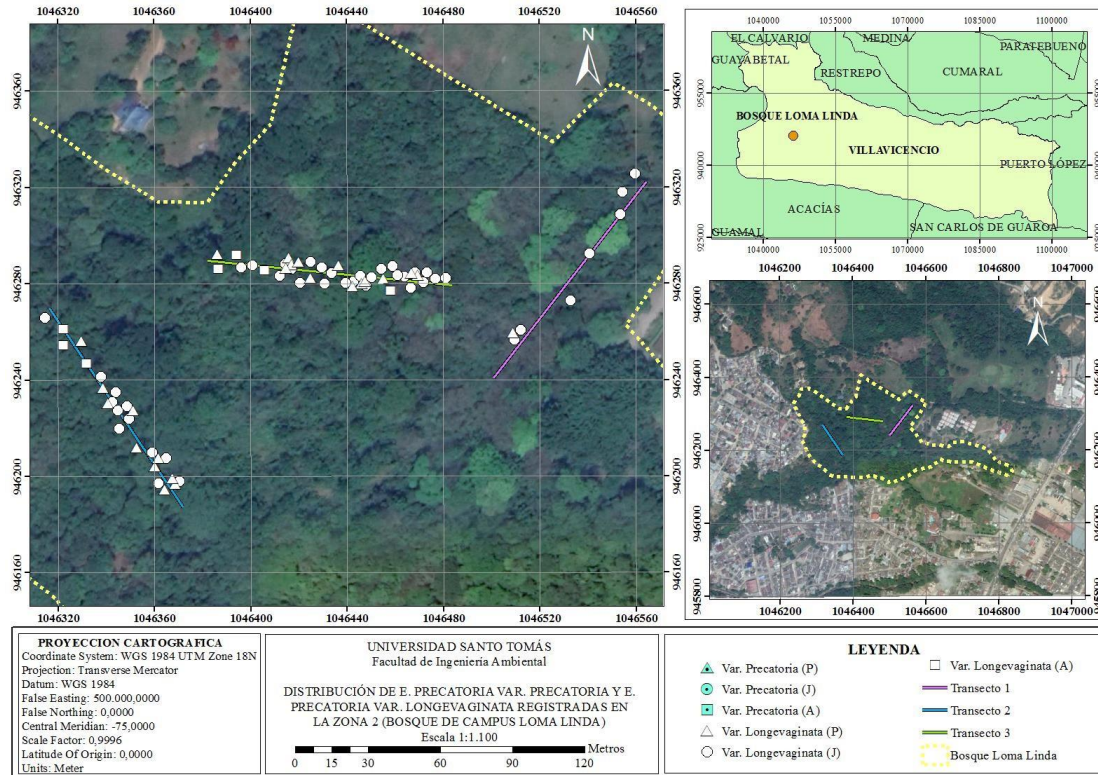


Figura 5 B. Distribución de *E. precatoria* en la zona 2 (Bosque fragmentado de Campus Loma Linda). Adaptado de: (Google Earth, 2019).

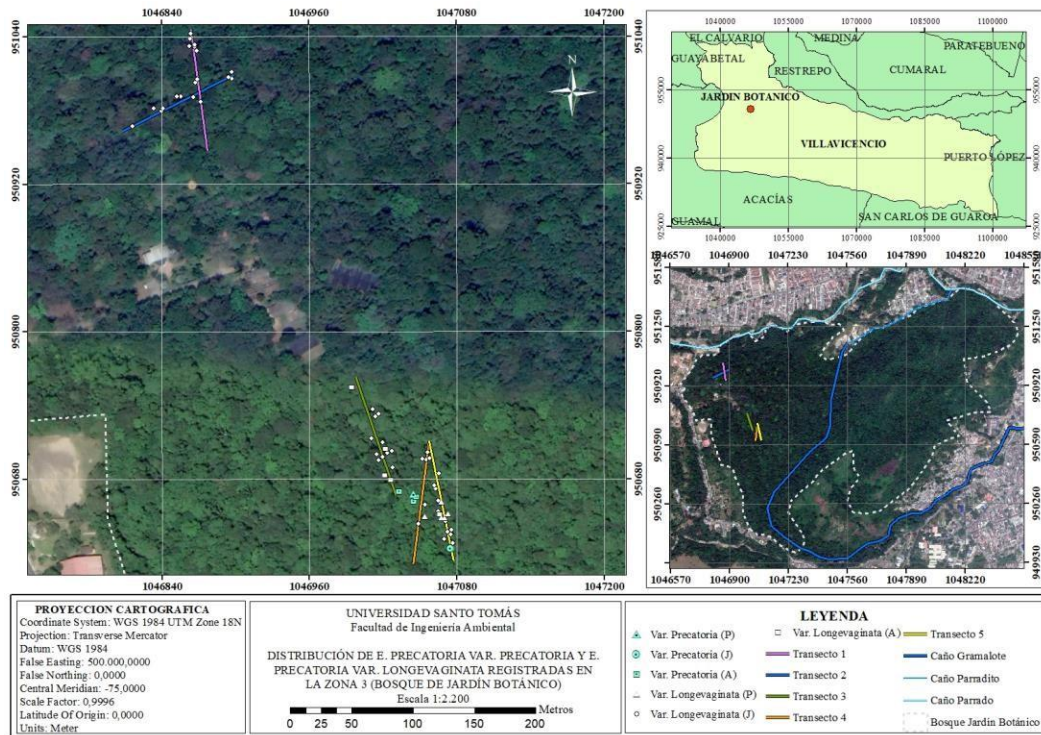


Figura 5 C. Distribución de *E. precatoria* en la zona 3 (Bosque fragmentado de Jardín Botánico). Adaptado de: (Google Earth,2019).

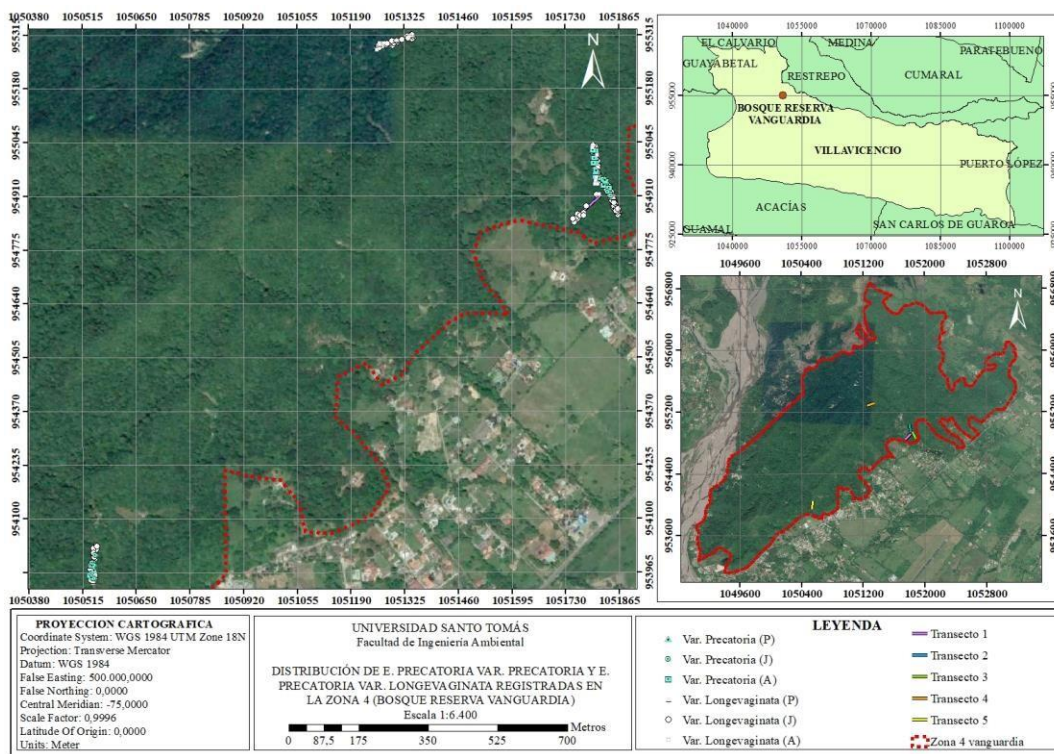


Figura 5 D. Distribución de *E. precatoria* en la zona 4 (Bosque fragmentado de Reserva Vanguardia). Adaptado de: (Google Earth,2019).

En la Figura 6 se ilustra la distribución de frecuencias de los diámetros a la altura del pecho (DAP) en las palmas registradas a lo largo de los transectos ubicados en cada zona de estudio.

En los bosques fragmentados de categoría Tamaño 1, la mayor frecuencia se obtuvo en los diámetros de clase I y II y se registraron individuos con máximo 14.3 cm de diámetro; mientras que, en los bosques de Tamaño 2 se encontraron individuos con DAP de hasta 17.8 cm y a su vez presentó mayor número de individuos de clase VI a diferencia de los bosques de menor tamaño. La distribución de los DAP en los dos tamaños de fragmento comparados presenta un patrón similar: predominancia de intervalos de DAP muy bajos (clases I y II en la Figura 6).

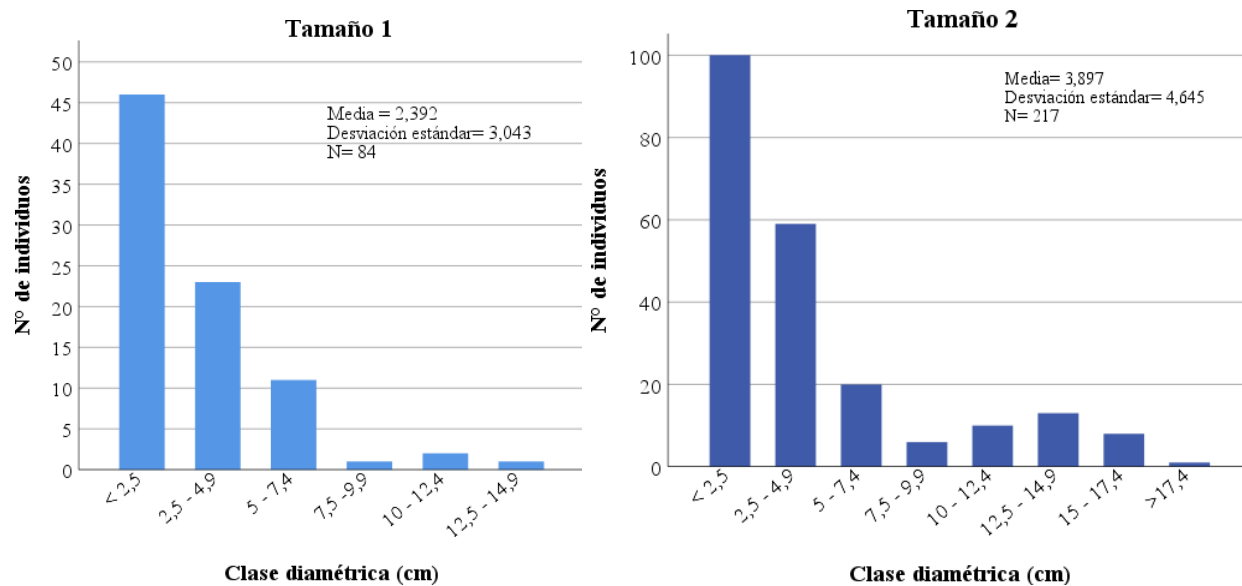


Figura 6, Histograma de distribución de frecuencia del diámetro a la altura del pecho de los individuos de palma Açaí registrados en los fragmentos de Tamaño 1 y Tamaño 2. Por Atehortua N, 2020.

Las zonas de Tamaño 1 y 2 presentaron una distribución unimodal y asimétrica positiva (asimetría de tamaño 1 = 1,391; asimetría de tamaño 2 = 1,337) al encontrarse los valores reunidos más en la parte izquierda de la media, que en la parte derecha (figura 6).

Se realizó la prueba de Rho Spearman con el fin de determinar si existen diferencias significativas de los datos de DAP entre los dos tamaños de fragmentos. Para esto se formularon las siguientes hipótesis:

H_0 = No existe correlación entre el DAP correspondiente a los fragmentos de tamaño 1 y el DAP correspondiente a los fragmentos de tamaño 2.

H_1 = Existe correlación entre el DAP correspondiente a los fragmentos de tamaño 1 y el DAP correspondiente a los fragmentos de tamaño 2.

Según los resultados de la prueba, se acepta la hipótesis nula al ser p-valor mayor al 0.05 (p-valor=0.063), es decir que no existe una correlación entre el DAP correspondiente a los fragmentos de tamaño 1 y el DAP correspondiente a los fragmentos de tamaño 2.

Respecto a la variable altura, la palma presentó mayor frecuencia en alturas menores o iguales a 2 m en las zonas de tamaño 1 y 2 (figura 7), no obstante, los bosques de tamaño 2 evidenciaron individuos de hasta 23 m a diferencia de las poblaciones de las demás zonas de Tamaño 1, las cuales obtuvieron individuos de hasta 19 m de altura.

De acuerdo con la Figura 7, en los bosques de Tamaño 1 predominaron las plántulas con un nivel de frecuencia de 45 individuos y los juveniles de categoría I con 25 individuos; en bosques de Tamaño 2, la mayor frecuencia se obtuvo en el rango de 1.01 a 2.9 m (juveniles de categoría II - II) y de igual manera, fueron las zonas de mayor registro de individuos juveniles de categoría III y adultos a diferencia de los bosques de Tamaño 1.

La distribución de las alturas (m) en los dos tamaños de fragmento comparados presentan un patrón similar (Figura 7): predominancia de clases de altura menores (clases 0, 1 y 2 en la Figura 7) y una baja frecuencia de clases de altura mayores. Lo anterior sugiere una distribución en forma de j invertida de la estructura demográfica de la población.

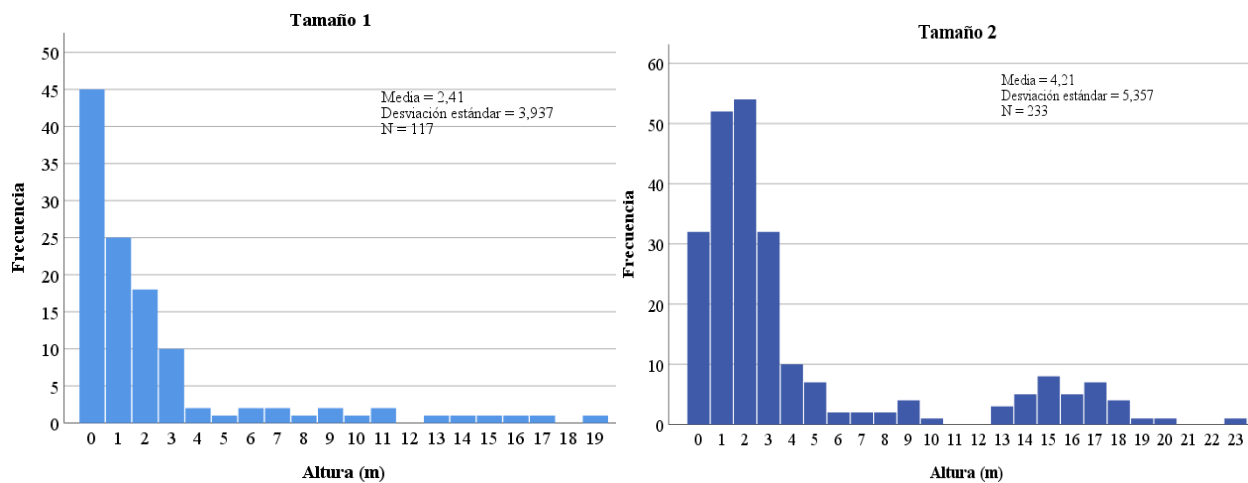


Figura 7. Histograma de distribución de frecuencia de la altura de los individuos (m) de palma de Asaí registrados en los fragmentos de Tamaño 1 y Tamaño 2. Por Atehortua N, 2020.

Se realizó la prueba de Rho Spearman para comprobar las siguientes hipótesis:

H_0 = No existe correlación entre la altura correspondiente a los fragmentos de tamaño 1 y la altura correspondiente a los fragmentos de tamaño 2.

H₁= Existe correlación entre la altura correspondiente a los fragmentos de tamaño 1 y la altura correspondiente a los fragmentos de tamaño 2.

De acuerdo con la prueba, se aceptó la hipótesis nula (p-valor=0.147) y se concluyó que no existe correlación entre la altura correspondiente a los fragmentos de tamaño 1 y la altura correspondiente a los fragmentos de tamaño 2. Según el valor de Rho calculado (0.393) la relación lineal entre las alturas de los dos tamaños de fragmentos es nula-escasa.

En la Figura 8 se ilustra la relación entre las variables de DAP y altura de los individuos de *E. precatória* en el área de estudio. Las poblaciones de Asaí registradas en las zonas 1 y 2 con bosques de tamaño 1, presentan una dispersión de individuos en la cual se concentran en palmas de menos de 5 metros de altura y menos de 7 cm de diámetro. Asimismo, se evidencia que en diámetros a la altura del pecho de 4 cm – 6 cm la palma presenta un rango amplio de altura de entre 2 m hasta 17. De acuerdo a los datos de los bosques de Tamaño 1 y 2, se registra una relación lineal positiva entre las variables de manera que a mayor DAP mayor altura de los individuos.

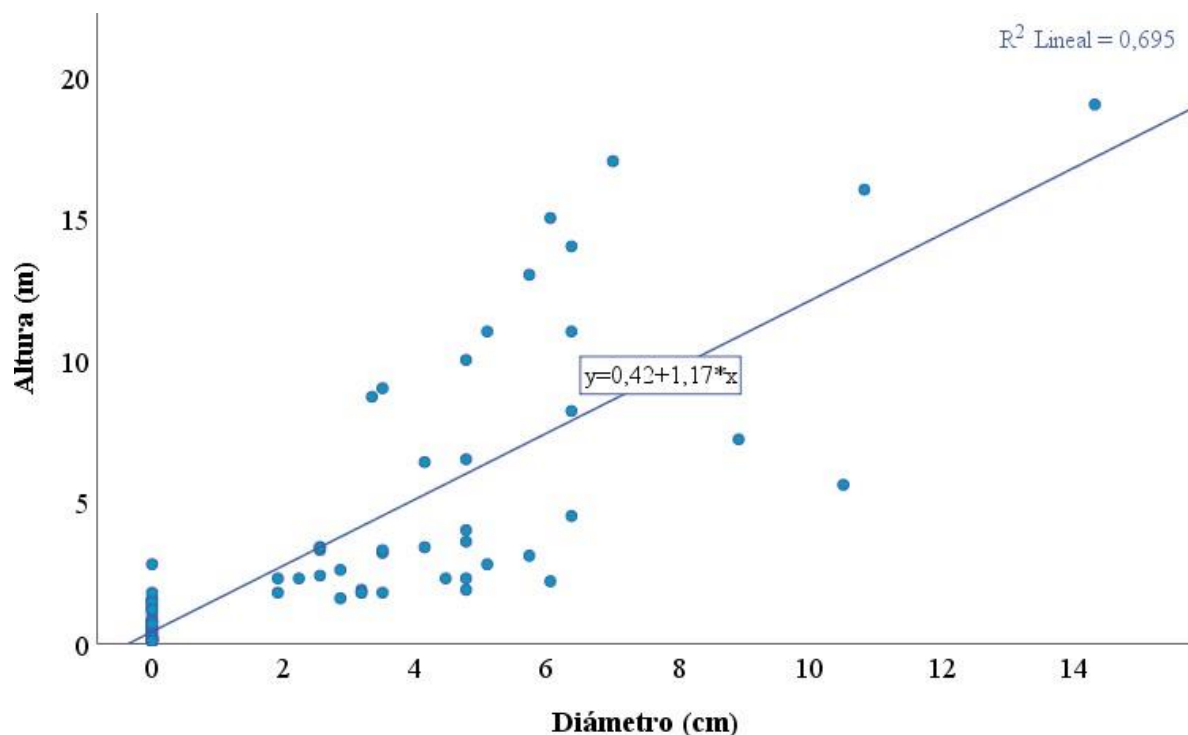


Figura 8. Relación del DAP y la altura en individuos de *E. precatória* en bosques de tamaño 1. Por Atehortua N, 2020.

En cuanto a la dispersión de individuos en las zonas de bosques con tamaño 2 (figura 9), los individuos se concentraron principalmente en alturas menores a 4 metros y diámetros menores a 8

cm. Asimismo, se encontró un conjunto de individuos concentrado en un rango de altura de 13 m – 19 m con valores de 10 cm – 16 cm de diámetro.

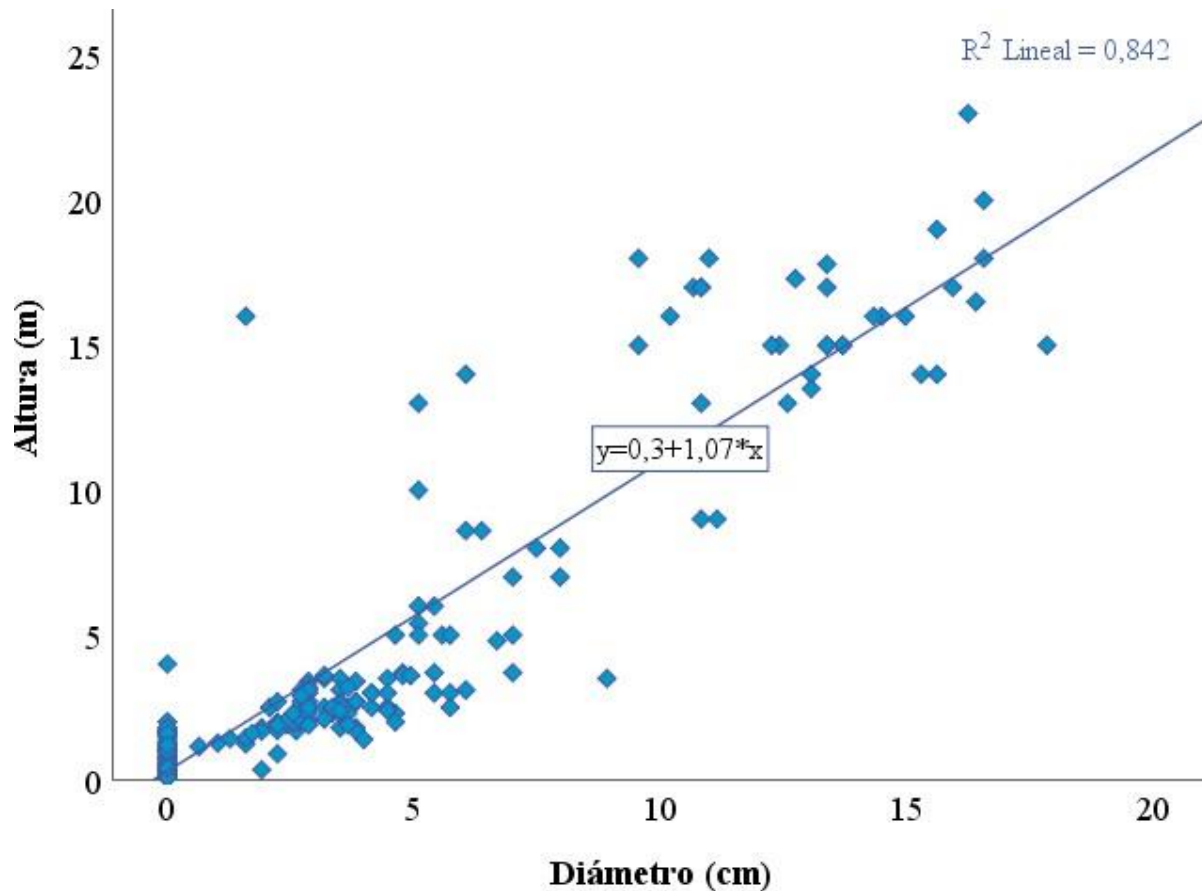


Figura 9. Relación DAP y altura de individuos de *E. precatória* en bosques de tamaño 2. Por Atehortua N, 2020.

8.1. Productividad según DAP de la palma Asaí

En la Tabla 5 se registra la variación en la producción de frutos de acuerdo con los intervalos de DAP registrados en los tamaños 1 y 2 de fragmentos de bosque.

Los bosques fragmentados de Tamaño 1 ubicados en la zona 1 y 2, presentaron una mayor producción de racimos en individuos con diámetro de 6 cm, obteniendo 3 a 4 racimos por palma, asimismo fueron más frecuentes las palmas de diferentes diámetros con 4 racimos (rango de 5 cm a 11 cm de DAP).

En las zonas de Tamaño 2 (tabla 5B) se presentó una mayor producción de racimos en individuos de 10 cm (2-3 racimos/ individuo) y 11 cm de DAP (producción de 1-2 racimos/ individuo).

Como se ha mostrado, la producción de frutos en la palma Asaí se evidenció en individuos con DAP desde 3 cm hasta 18 cm. Las zonas de bosque de la Reserva Vanguardia y del Jardín Botánico, no presentaron individuos que produjeran 4 racimos, mientras que en los fragmentos de bosque con menor área sí. Del mismo modo, en ambos tamaños de bosque se registraron igual cantidad de individuos con racimos (15 palmas). Nótese que la producción total de racimos en individuos de los dos tipos de fragmentos comparados es similar.

Tabla 5A. Número de racimos por ejemplar registrados en la población de Asaí de los fragmentos de Tamaño 1.

DAP (cm)	Numero de racimos					Total
	0	1	2	3	4	
3	2	0	1	0	0	3
4	5	0	2	0	0	7
5	5	0	1	0	2	8
6	3	0	0	3	2	8
7	0	0	1	0	0	1
9	0	0	0	0	1	1
11	0	0	0	0	1	1
14	0	0	0	1	0	1
Total	15	0	5	4	6	30

Nota: Número de racimos registrados por rangos de diámetro (DAP) en la población de Asaí en los fragmentos de Tamaño 1 (fragmentos de bosques de Campus Aguas Claras y de Campus Loma Linda), por Atehortua N, 2020.

Tabla 5B. Número de racimos registrados en la población de Asaí de los fragmentos de Tamaño 2.

DAP (cm)	Numero de racimos				Total
	0	1	2	3	
6	2	0	0	1	3
7	3	0	1	0	4
8	2	0	0	0	2
9	1	0	0	0	1
10	1	0	1	1	3
11	3	2	2	0	7
12	1	1	0	0	2
13	7	1	0	0	8
14	3	1	0	0	4
15	2	0	0	0	2
16	3	1	1	0	5
17	1	1	0	0	2
18	0	0	0	1	1
Total	29	7	5	3	31

Nota: Número de racimos registrados por rangos de diámetro (DAP) en la población de Asaí en los fragmentos de Tamaño 2 (fragmentos de bosques de Jardín Botánico y de Reserva Vanguardia), por Atehortua N, 2020.

De acuerdo con la Figura 10 relacionada con la producción de racimos, se evidencia que los bosques de Tamaño 1 tuvieron mayor producción (92 racimos/Ha) a diferencia de los bosques de Tamaño 2 los cuales obtuvieron un menor rendimiento con una producción promedio de 26 racimos/Ha.

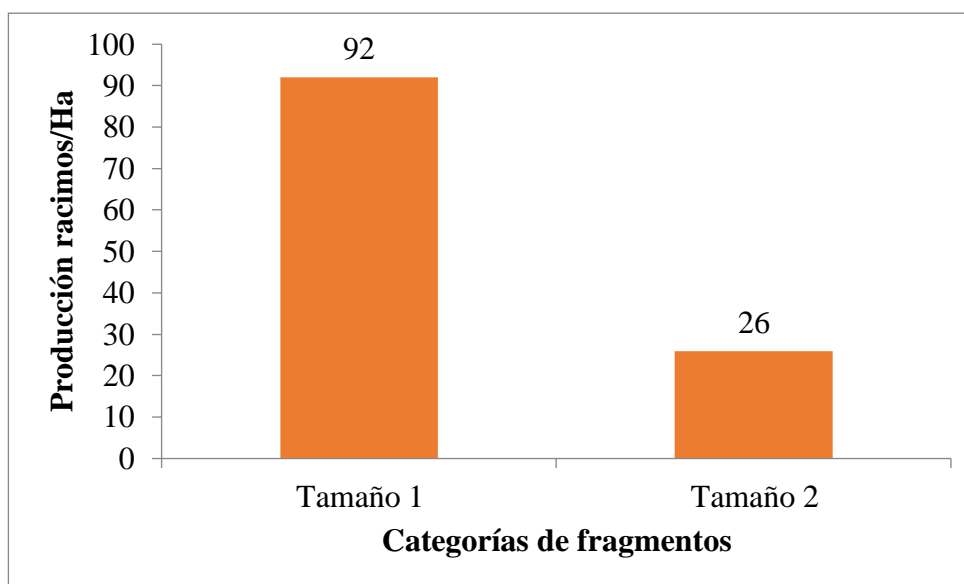


Figura 10. Producción de racimos/Ha en individuos de *E. precatoria* en los fragmentos de Tamaño 1 (fragmentos de bosques de Campus Aguas Claras y de Campus Loma Linda) y Tamaño 2 (fragmentos de bosques de Jardín Botánico y de Reserva Vanguardia). Por Atehortua N, 2020.

Respecto a la oferta del recurso, se calculó el valor mínimo y máximo de producción de frutos teniendo en cuenta que cada racimo puede llegar a tener entre 573 (valor mínimo) a 3677 (valor máximo) frutos por racimo con un peso del fruto entre 1,44 g – 1,7 g (Castro Rodríguez, Barrera García, Carrillo Bautista, & Hernández Gómez, 2015).

En las zonas de tamaño 1 se produjeron en total 15 racimos a lo largo de 5 transectos, es decir, 0.5 hectareas, por lo tanto se puede inferir que la producción de frutos en bosques de tamaño 1 es de 29,2 – 187,5 kg/Ha, mientras que en bosques de tamaño 2 la productividad es de 14,6 – 93,8 kg/Ha (Tabla 6).

Tabla 6. Potencial de producción de frutos de *E. precatoria* en bosques de tamaño 1 y 2.

Fragmentos de bosques	suma área de parcelas	No. racimos	frutos por racimo	Frutos/ha	kg/ha	t/ha
Tamaño 1	0,5	15	573	17190	29,2	0,03
			3677	110310	187,5	0,19
Tamaño 2	1	15	573	8595	14,6	0,01
			3677	55155	93,8	0,09

Nota: Tamaño 1 (fragmentos de bosques de Campus Aguas Claras y de Campus Loma Linda); Tamaño 2 (fragmentos de bosques de Jardín Botánico y de Reserva Vanguardia) Por Atehortua N, 2020.

8.2. Estructura poblacional

Sin discriminar a los individuos de palma por su edad, los bosques de Tamaño 1 y Tamaño 2 obtuvieron una densidad poblacional similar (234 individuos por hectárea en zonas de Tamaño 1 y 233 individuos por hectárea en zonas de Tamaño 2) (figura 11); es decir que, las presiones generadas por la fragmentación de hábitats no han afectado la densidad poblacional de la palma Asaí en los bosques de la ciudad de Villavicencio – Meta.

Las zonas de bosque de Tamaño 1 obtuvieron la densidad más alta de plántulas juveniles de categoría I (80 plántulas/Ha y 48 juveniles tipo I/Ha), mientras que en las palmas juveniles II-III y adultas la densidad más alta se registró en las zonas de Tamaño 2, con un promedio de 58 individuos juveniles tipo II/Ha, 67 individuos juveniles tipo III/Ha y 44 individuos adultos/Ha (figura 11).

De acuerdo con la figura 11, a diferencia de las zonas de estudio de Tamaño 2 las cuales registraron una densidad alta de individuos juveniles, únicamente la población de las zonas de Tamaño 1 presentaron una distribución típica en la cual predominan los individuos de primeros estadios de desarrollo de la planta y a medida que la edad de la planta aumenta, la abundancia disminuye.

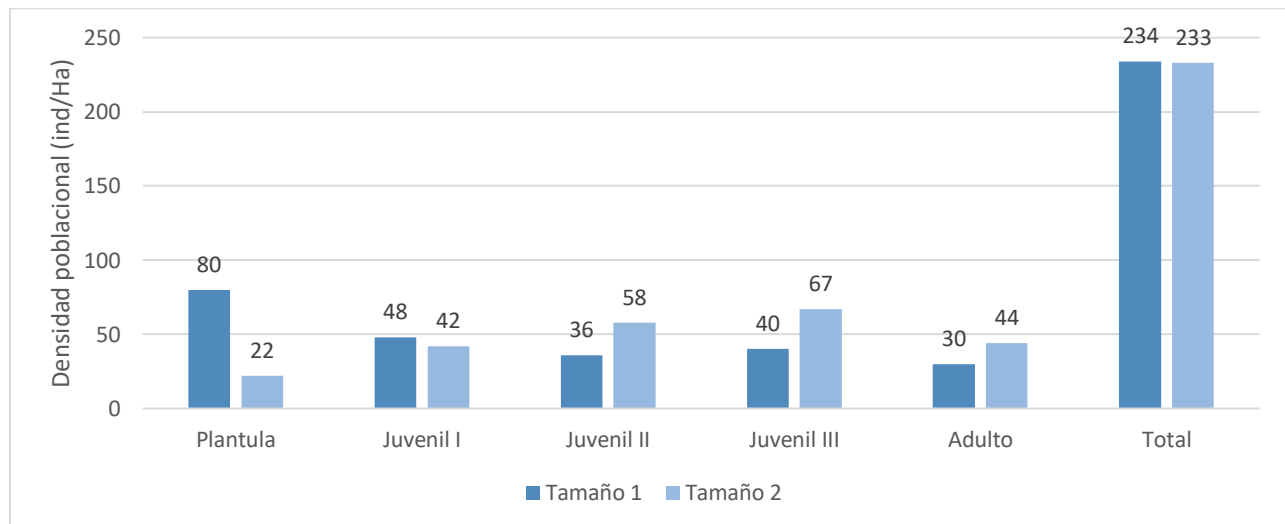


Figura 11. Comparación de la densidad de individuos de *E. precatória* en dos tamaños de bosques fragmentados estudiados. Nota: Densidad promedio de individuos por hectárea. Tamaño 1 (fragmentos de bosques de Campus Aguas Claras y de Campus Loma Linda) y Tamaño 2 (fragmentos de bosques de Jardín Botánico y de Reserva Vanguardia). Por Atehortua N, 2020.

De acuerdo con las variedades de *E. precatória* registradas dentro de las parcelas (Tabla 7), el mayor porcentaje de individuos se obtuvo en *E. precatória* var. *longevaginata* en los dos tamaños de bosques, con una abundancia del 84.6% en las zonas de Tamaño 1 y 85.4% en las zonas de Tamaño 2, mientras que *E. precatória* var. *precatória* obtuvo una cantidad menor de individuos, por lo tanto, la variedad *longevaginata* predominó tanto en bosques con área menor a 10 hectáreas, como aquellas mayores que 10 hectáreas.

Tabla 7. Número de individuos encontrados según su variedad, en cada tamaño de fragmento de bosque.

Variedades de palma de Asaí	Tamaño 1		Tamaño 3	
	A	AR	A	AR
<i>E. p. precatória</i>	18	15,4	34	14,6
<i>E. p. longevaginata</i>	99	84,6	199	85,4
Total	117	100	233	100

Nota: Abundancia (A); Abundancia relativa (AR) en unidades de porcentaje %; Tamaño 1 (fragmentos de bosques de Campus Aguas Claras y de Campus Loma Linda) y Tamaño 2 (fragmentos de bosques de Jardín Botánico y de Reserva Vanguardia). Por Atehortua N, 2020.

De acuerdo a las categorías por edad y teniendo en cuenta las 15 parcelas, tal como se muestra en la Figura 12, en los fragmentos de bosque Tamaño 1 se registraron 40 plántulas, 24 juveniles de grado I, 18 juveniles de grado II, 20 juveniles de grado III y 15 individuos de edad adulta, por consiguiente, los bosques fragmentados de menor área presentaron una distribución cercana a la típica en forma de J invertida ya que hay una mayor proporción de plántulas y se presenta una disminución gradual en las fases subsiguientes hasta la población adulta. Esta distribución se asemeja a una curva de supervivencia de Deevey tipo III en la cual hay una mortalidad concentrada en plántulas y una disminución en las clases subsiguientes (CIAT, 1986).

En cuanto a los fragmentos de Tamaño 2, se registró menor cantidad de plántulas y se observó una mayor acumulación y tendencia al incremento en el número de individuos juveniles de las categorías II y III. Estos bosques estuvieron conformados por 22 plántulas, 42 juveniles I, 57 juveniles II, 67 juveniles III y 42 palmas adultas, por lo tanto, presentan una distribución asimétrica negativa, alejándose de una típica distribución en forma de j invertida, aunque se reduzca el número de individuos de la clase adulta.

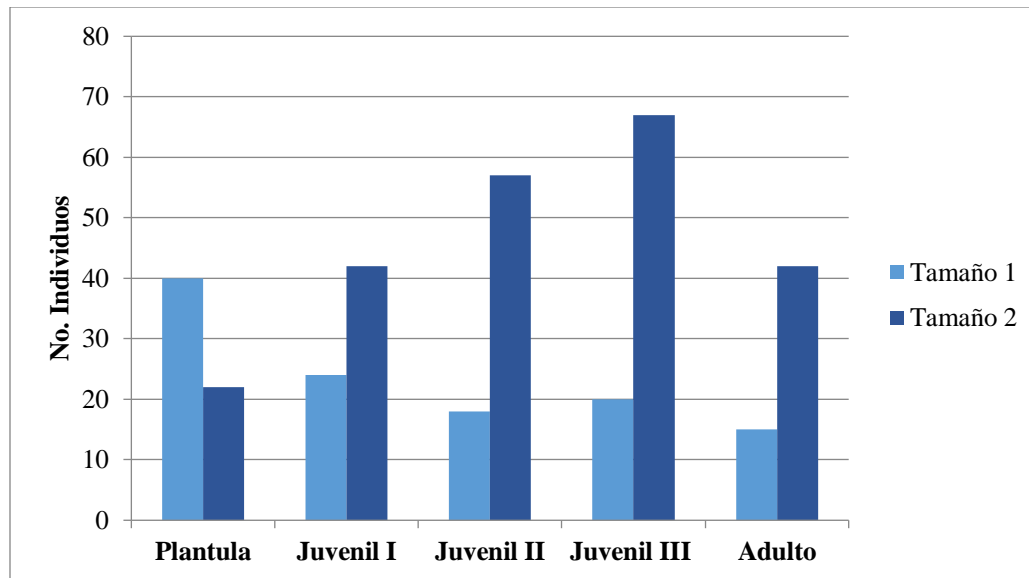


Figura 12. Distribución por edades de los individuos de *E. precatória* en fragmentos de bosque de Tamaño 1 (fragmentos de bosques de Campus Aguas Claras y de Campus Loma Linda) y Tamaño 2 (fragmentos de bosques de Jardín Botánico y de Reserva Vanguardia). Por Atehortua N, 2020.

Teniendo en cuenta las características y estructura poblacional que presentó cada zona de estudio, fue necesario realizar una correlación y comparación de la mediana de las variables con el fin de determinar el tamaño de fragmento que contribuyó de manera positiva en la producción de racimos y la densidad poblacional de la palma Asaí.

En cuanto a la correlación de los datos registrados respecto a la variable de productividad de la palma en bosques de tamaño 1 y productividad en bosques de tamaño 2, se realizó la prueba de Spearman y se plantearon las siguientes hipótesis:

H_0 = No existe correlación entre la productividad correspondiente a los fragmentos de tamaño 1 y la productividad correspondiente a los fragmentos de tamaño 2.

H_1 = Existe correlación entre la productividad correspondiente a los fragmentos de tamaño 1 y la productividad correspondiente a los fragmentos de tamaño 2.

Según los resultados de la prueba, se aceptó la hipótesis nula: “No existe correlación entre la productividad correspondiente a los fragmentos de tamaño 1 y la productividad correspondiente a los fragmentos de tamaño 2”, al haber obtenido un p-valor de 0.208 (mayor a 0.05) y un valor Rho de -0.345 el cual significa que tiene una correlación negativa fuerte o nula, al ser un valor menor a cero.

Para conocer si las densidades poblacionales variaban en relación con el tamaño del fragmento de los bosques, se realizó la prueba U de Mann Whitney debido a que existen dos muestras

independientes (la primera representaba a los fragmentos con menor área y la segunda muestra a los fragmentos con mayor área) y una variable cuantitativa (densidad poblacional de palma Asaí). Mediante la aceptación de una de las siguientes hipótesis se determinó si las medianas de dichas poblaciones diferían o no:

H_0 = No hay diferencias entre las medianas de la variable de densidad poblacional en fragmentos del Tamaño 1 y la variable de densidad poblacional de fragmentos del Tamaño 2.

H_1 = Hay diferencias entre las medianas de la variable de densidad poblacional en fragmentos del Tamaño 1 y la variable de densidad poblacional de fragmentos del Tamaño 2.

Debido a que p-valor fue de 0.854, es decir, mayor a 0.05, se aceptó la hipótesis nula de que “*no hay diferencias entre las medianas de la variable de densidad poblacional en fragmentos del Tamaño 1 y la variable de densidad poblacional de fragmentos del Tamaño 2*”, es decir que, no existe una diferencia significativa entre la densidad poblacional de los bosques menor tamaño y la densidad de los bosques de mayor tamaño.

9. Discusión de resultados y recomendaciones

El estudio demográfico de una población suministra información básica adecuada para entender el flujo numérico, estudiar las causas de selección, determinar los mecanismos que regulan una población, comprender los procesos que las afectan generalmente producto de la intervención humana y que pueden conducir al cambio ecológico y condicionar también el cambio evolutivo. Para poder conocer la dinámica de las poblaciones vegetales naturales es necesario conocer datos acerca de la densidad, la distribución por clases de edad o tamaño (estructura demográfica), lo mismo que información relacionada con las tasas de fecundidad y supervivencia y/o mortalidad de la población.

En los resultados obtenidos en esta investigación se evidencia que, el tipo de distribución de la palma Asaí en el municipio de Villavicencio corresponde a poblaciones que en su conjunto pueden superar los 233 - 234 individuos tanto en fragmentos de bosque menores a 10 hectáreas como en fragmentos mayores a 10 hectáreas. No obstante, aunque la densidad poblacional es similar en los dos tamaños de fragmentos, la estructura poblacional difiere entre ellos, ya que en los bosques con menor área se presentó una distribución de tipo decreciente en la que predominaron las plántulas (distribución en forma de J invertida), mientras que en bosques de mayor área predominaron las palmas jóvenes de categoría II-III. Es posible que en los bosques con mayor tamaño de fragmento la competencia por agua, luz, espacio y nutrientes pueda ser menor, lo cual permite tener un índice de mortalidad bajo y, por ende, la mayoría de las plántulas consiguen sobrevivir y desarrollarse exitosamente hasta alcanzar edades juveniles con un crecimiento rápido, superando así la densidad de plántulas. Por el contrario, en los bosques con menor tamaño de fragmento, los datos demográficos de *E. precatória* se ajustan a una curva poblacional tipo III (de descenso rápido en la abundancia según la categoría de edad o tamaño) (Peña Claros & Zuidema, 2000).

La densidad promedio de individuos adultos en el área de estudio fue de 37 individuos por hectárea, en la que los bosques de mayor tamaño de fragmento presentan una densidad más alta (44 ind/Ha) en comparación con las áreas de menor tamaño de fragmento (30 ind/Ha). Sin embargo, estos valores de densidad son inferiores a los registrados por Velarde y Moraes (2008) en Riberalta – Bolivia en un bosque de várzea (191 ind/Ha) y un bosque de tierra firme (68 ind/Ha). Castro- Rodríguez et al. (2015) reportan en el sur de la región amazónica una densidad de 104 ind/Ha y Rocha (2004) de 60 ind/Ha en Acre – Brasil en bosques inundables. No obstante, la

densidad reportada en este estudio es mayor a la densidad reportada en los bosques de tierra firme de Brasil (23 ind/Ha) y se acerca al promedio reportado por Ferreira et al. (2012) de 39 individuos por hectárea en bosques de tierra firme. Estas variaciones de densidad pueden ser debido a que las condiciones microclimáticas (luz, humedad y temperatura del aire y del suelo), fertilidad del suelo y condiciones genéticas varían en cada uno de los sitios (Denslow, 1980; Castro et al., 2015).

E. precatória es una especie que, en condiciones climáticas y medioambientales del territorio de Villavicencio, alcanza a registrar individuos de 14 cm de diámetro y 19 m de altura en fragmentos de bosques menores a 10 hectáreas, y 17.8 cm de diámetro y 23 m de altura en bosques mayores a 10 hectáreas. Estos valores se encuentran dentro de los rangos normales de variación (10-23 cm de diámetro y 10-25 m de altura) según datos previos reportados de las características morfométricas de la palma Asaí (Isaza et al., 2014; Castro et al., 2015).

Respecto al potencial de productividad, los valores de producción de frutos de los dos tamaños de bosques (17190 – 110310 frutos/ha en los de categoría Tamaño 1, y 8595 – 55155 frutos/ha en zonas de Tamaño 2) superan los reportados por Velarde & Moraes (2008) en Riberalta – Bolivia, donde se estimó que la producción potencial en un bosque de tierra firme en Bolivia es de 12707 frutos/ha, considerando que la producción promedio es de 3049 frutos/ha. No obstante, al compararse con la producción en bosques de varzea (120401 frutos/ha), la productividad de los bosques es menor.

La productividad de la palma varía de manera importante en los diferentes tamaños de bosques, siendo los fragmentos de menor tamaño los de mayor productividad (92 racimos/Ha) en comparación con los fragmentos de tamaño grande (26 racimos/Ha). Esta diferencia puede deberse a distintas razones, dado que, la época y la aptitud de fructificación dependen de la fenología, es decir, de las condiciones ambientales de la zona en la que se encuentra la palma, del clima, los aspectos bióticos, las características del suelo, los contenidos minerales del agua y la disponibilidad de nutrientes y luz. (Castro Rodríguez, Barrera García, Carrillo Bautista, & Hernández Gómez, 2015). No obstante, es importante señalar que los meses en los cuales se tomaron los datos no fueron los mismos en todas las zonas de estudio, ya que la primera etapa de recolección de información primaria se realizó en los meses de mayo y julio en las zonas de Tamaño 1, y en el mes de septiembre en las zonas de Tamaño 2.

A pesar de que la floración y la fructificación de la palma Asaí ocurre durante todo el año, hay meses en los que aún no se observa la formación del fruto; según el Instituto Amazónico de

Investigaciones Científicas SINCHI (2015), en los meses de octubre – febrero ocurre el fenómeno de floración, entre los meses de noviembre y mayo empieza la formación/desarrollo de racimos con frutos, y la maduración y caída de los frutos entre los meses de mayo y junio; por lo tanto se sugiere realizar estudios complementarios que impliquen el estudio de la floración y fructificación de la palma a lo largo de un año en fragmentos de bosques ubicados en el municipio de Villavicencio, para así conocer los meses en que existe mayor producción de racimos y determinar si difieren o no de acuerdo a los tamaños de los fragmentos de bosques.

Asimismo, para definir el grado de productividad de racimos de palma Asaí en bosques fragmentados, se hace necesario evaluar el número de individuos que presentaron racimos durante el mismo periodo/época en todas las zonas de estudio, para tener datos de mayor precisión, que sirvan como un registro de producción de racimos en bosques de distintos tamaños durante una época específica.

También se recomienda realizar estudios posteriores, abarcando fragmentos de bosque de tamaño intermedio (entre 11 y 50 hectáreas) con el fin de identificar si la estructura poblacional y productividad de la palma en este tamaño de fragmentos difieren de los demás o se asemejan a alguno de ellos.

Por otra parte, es necesario tener en cuenta esta investigación en la formulación de un plan de manejo y aprovechamiento de la palma Asaí en el territorio de Villavicencio, para promover la conservación de los recursos naturales renovables y el aprovechamiento de los bosques con un enfoque hacia la sostenibilidad, que asegure su rendimiento normal y permita su renovación. De esta manera los bosques que presentan pérdida y fragmentación de hábitats debido a la expansión urbana u otras actividades antrópicas podrán ser considerados como zonas protectoras-productoras. Siendo así, es necesario que se continúe investigando y se realicen evaluaciones de impacto ambiental respecto a las posibles actividades, etapas del proceso y métodos de recolección de racimos que se podrían implementar en el aprovechamiento de la palma.

10. Conclusiones

La densidad poblacional promedio de individuos de *E. precatória* en bosques con áreas mayores a 10 hectáreas es similar a los registrados en bosques menores a 10 hectáreas, no obstante, según las categorías de edad de la palma, la densidad de plántulas es significativamente mayor en fragmentos de menor área comparado con los de mayor área boscosa, mientras que las densidades de individuos juveniles, adultos reproductivos y no reproductivos son mayores en los fragmentos de bosque de tamaño 2.

Respecto a las características y dimensiones de altura y diámetro a la altura del pecho, el tamaño de bosque con mayor número de individuos registrados con el menor DAP es el tamaño 2 (100 individuos con DAP menor a 2.5 cm) el cual, a pesar de ello, alcanza a registrar individuos de hasta 17.8 cm de diámetro, mientras que en los fragmentos de tamaño 1 se alcanzan a encontrar palmas adultas de máximo 14.3 cm de diámetro. De igual manera, en ambos tamaños de fragmento es frecuente encontrar palmas menores o iguales a 2 m de altura, es decir, plántulas y palmas juveniles de categorías I y II.

Es por esto por lo que, la estructura poblacional de la palma Asaí en los fragmentos de tamaño 2, no presentó una distribución en forma de J invertida, mientras que los fragmentos de tamaño 1 se asemejaron a este tipo de distribución al tener una forma decreciente, aunque no muy prominente, ya que para ser una población con una curva de supervivencia de Deevey tipo III (J invertida) la mortalidad de plántulas y palmas juveniles es mayor.

Por último se concluye que la fragmentación de bosques en el territorio de Villavicencio, no afecta significativamente la densidad poblacional de la palma Asaí *E. precatória*, puesto que no disminuye la cantidad de individuos presentes en los bosques de tamaño 1, sin embargo, la fructificación difiere en gran manera entre los 2 tamaños de bosques, ya que el potencial productivo de racimos por hectárea es mayor en bosques con tamaños menores a 10 hectáreas en los meses de mayo y junio, debido al gran número de adultos reproductivos, en comparación a los registrados en los fragmentos de tamaño 2.

Referencias bibliográficas

- A. Cerón, M. Leal y F. Nassar "(2008). ¿Hay futuro para la economía colombiana en la biodiversidad?," *EAN*, no. 62, pp. 107 – 124, <https://journal.universidadean.edu.co/index.php/Revista/article/view/432>
- A. D. d'Orbigny, (1843). *Excerpt from Voyage dans l'Amérique Méridionale (le Brésil, la République Orientale de l'Uruguay, la République Argentine, la Patagonie, la République du Chili, la République de Bolivia, la République du Pérou, vol. 5*, París - Forgotten Books.
- A. Henderson y G. Galeano, (1996). "Euterpe, Prestoea, and Neonicholsonia (Palmae)," *Flora Neotropica*, vol. 72, pp. 1-89, <https://www.jstor.org/stable/pdf/4393873.pdf?seq=1>
- A. Ocampo Durán, (1999). Las Palmas, una Estrategia de Vida Tropical," *Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica*, vol.143. Roma: FAO, cap. 5, pp. 61-75. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CO20030007917>
- A. Reis, (1995). Dispersão de sementes de *Euterpe edulis* Martius - (Palmae) em uma floresta ombrofila densa montana da encosta Atlântica em Blumenau," Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/76277>
- A. Scariot, (1999). Forest fragmentation effects on palm diversity in central Amazonia," *J. Ecol.*, vol. 87, no. 1, pp. 66–76, <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2745.1999.00332.x>
- B. Mostacedo, T. S. Fredericksen, and Bolfor, (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*, Daniel Nas. Santa Cruz, Bolivia: Editora El País, <http://www.bio-nica.info/biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf>
- C. CIAT (1986). Supervivencia y mortalidad, Evaluación de pasturas con animales. Alternativas metodológicas. Memorias de una reunión de trabajo celebrada en Perú 1-5 octubre 1984. Cali, Colombia: CIAT, 1986, pp. 169-172. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_CIAT/evaluacion_pasturas_03.pdf

- D. A. Salazar Cardona y E. Riaño Umbarila, (2015). *Perfiles urbanos en la Amazonia colombiana*. Bogotá, Colombia: Sinchi, <https://sinchi.org.co/perfiles-urbanos-en-la-amazonia-colombiana-2015>
- C. Isaza, R. Bernal, G. Galeano, and C. Martorell, (2017). “Demography of *Euterpe precatória* and *Mauritia flexuosa* in the Amazon: application of integral projection models for their harvest,” *Biotropica*, vol. 49, no. 5, pp. 653–664, 2017. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/btp.12424>
- C. A. Isaza, G. Galeano, and R. Bernal, (2014). “manejo actual del asaí (*Euterpe precatória* Mart.) Para la producción de frutos en el sur de la amazonia colombiana,” *Colombia Forestal*, vol. 17, no. 1, pp. 77-99, Ene., 2014. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/colfor/article/view/5027>
- C. L. Elzinga, D. W. Salzer, J. W. Willoughby y J. P. Gibbs, (2001). *Monitoring Plant and Animal Populations: A Handbook for Field Biologists*. London: Wiley-Blackwell, <https://www.wiley.com/en-us/Monitoring+Plant+and+Animal+Populations%3A+A+Handbook+for+Field+Biologists-p-9781444313109>
- C. Samper K. y M. I. Vallejo, (2007) “Estructura y dinámica de poblaciones de plantas en un bosque andino,” *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, vol. 31, no. 118, pp. 57-68, <http://www.infobosques.com/descargas/biblioteca/196.pdf>
- D. C. Rother, R. R. Rodrigues, and M. A. Pizo, (2016). “Bamboo thickets alter the demographic structure of *Euterpe edulis* population: A keystone, threatened palm species of the Atlantic forest,” *Acta Oecologica*, vol. 70, pp. 96–102, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1146609X15300497>
- D. M. Silva Matos, R. P. Freckleton y A. R. Watkinson, (1999). «The role of density dependence in the population dynamics of a tropical palm,» *Ecology*, vol. 80, no. 8, pp. 2635-2650, https://www.researchgate.net/publication/228819632_The_Role_of_Density_Dependence_in_the_Population_Dynamics_of_a_Tropical_Palm

- D. V. Johnson, (1996). “Manejo Sostenible de Asaí (*Euterpe precatoria*) para la Producción de Palmito en la Concesión Forestal de Tarumá, Provincia Velasco, Santa Cruz - Bolivia”, Trabajo de investigación, BOLFOR. Tarumá, Santa Cruz, Bolivia, pp 1-21.
<file:///C:/Users/Londres/Downloads/dt31.pdf>
- M. Cymerys, P. Shanley, N. Vogt, E. Brondizio, y E. Ferreira, (2012) “Palmeras y muchas otras especies : Açaí”, “*Frutales y plantas útiles en la vida amazónica (Productos forestales no madereros)*”, 2^a ed. Roma, Italia: FAO, pp. 157-174.
<http://www.fao.org/3/i2360s/i2360s.pdf>
- H. T. Steege *et al.*, (2013). “Hyperdominance in the Amazonian Tree Flora”, *Science*, Vol. 342, no. 6156, pp. 325- 342, <https://science.sciencemag.org/content/342/6156/1243092>
- FAO, (1992). *Productos forestales no madereros; posibilidades futuras*, vol. 97. Roma: FAO, Cap. 2, pp. 7-12.
<http://www.fao.org/3/t0431s/t0431s.pdf>
- N. Castaño Arboleda, D. Cárdenas López, (2006). *Ecología, aprovechamiento y manejo sostenible de nueve especies de plantas del departamento del Amazonas, generadoras de productos maderables y no maderables*. <https://sinchi.org.co/ecologia-aprovechamiento-y-manejo-sostenible-de-nueve-especies-de-plantas-del-departamento-del-amazonas-generadoras-de-productos-maderables-y-no-maderables>
- IGAC, (2004). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras. Cartografía de suelos*. Bogotá, Colombia: IGAC,. <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/consulta-catastral>
- IDEAM, (2018). “Boletín No. 17 de Detección Temprana de Deforestación. Cuarto trimestre. Octubre - Diciembre” Bogotá, Cundinamarca, Rep. Téc. no. 17.
http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023856/17_BoletinAT-D.pdf.
- IDEAM, (2019). "Resultados de Monitoreo de Deforestacion 2018" Bogotá, Cundinamarca, Colombia, Rep. téc. <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/publicaciones-ideam>

- J. F. di Stefano and L. A. Fournier, (2004). “Establecimiento y crecimiento inicial de varias especies forestales en pastizales degradados en la cuenca del río Picagres, Puriscal,” *SIRECO*, no. SUPPL. 1, pp. 33–50, <https://www.semanticscholar.org/paper/Regeneraci%C3%B3n-natural-de-plantas-le%C3%B1osas-en-una-de-y-Stefano-Fournier/9bf56dbc16e89c80f7203e74cf9842167d621bb2>
- W. F. Laurance *et al.*, (2011). “The fate of Amazonian forest fragments: A 32-year investigation,” *Biol. Conserv.*, vol. 144, no. 1, pp. 56–67, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320710004209>
- M. J. Velarde V. and M. Moraes R., (2008). “Densidad de individuos adultos y producción de frutos del asaí (*Euterpe precatória*, *Arecaceae*) en Riberalta, Bolivia,” *Ecol. en Bolív.*, vol. 43, no. 2, pp. 99–110, <http://www.scielo.org.bo/pdf/reb/v43n2/v43n2a3.pdf>
- G. Galeano and R. Bernal, (2010). *Palmas de Colombia. Guía de campo.*, Editorial. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de ciencias-Universidad Nacional de Colombia, <http://www.corpoamazonia.gov.co/index.php/noticias/221-publicada-guia-de-campo-de-las-palmas-de-colombia>
- L. E. Acero Duarte, (2005). *Plantas útiles de la cuenca del Orinoco*, 2ª ed. Bogotá: IDEAM, pp. 1- 605. <https://catalogo.unillanos.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=17077>
- J. Kang *et al.*, (2012). “Bioactivities of açaí (*Euterpe precatória* Mart.) fruit pulp, superior antioxidant and anti-inflammatory properties to *Euterpe oleracea* Mart.,” *Food Chem.*, vol. 133, no. 3, pp. 671–677, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814612000817>
- E. Rocha, (2004). “Potencial ecológico para o manejo de frutos de açaizeiro (*Euterpe precatória* Mart.) em áreas extrativistas no Acre, Brasil,” *Acta Amaz.*, vol. 34, no. 2, pp. 237–250, https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672004000200012

- M. J. Velarde,(2007). “Evaluación de la densidad y producción de frutos de *Euterpe precatória* Mart.(Asaí) en la localidad de Riberalta (Beni-Bolivia),” Trabajo de grado, Prog. Biología, Univ. Mayor de San Andrés., La Paz, Bolivia, https://www.researchgate.net/publication/318726056_EVALUACION_DE_LA_DENSIDAD_Y_PRODUCION_DE_FRUTOS_DE_Euterpe_precatoria_MartASAI_EN_LA_LOCALIDAD_DE_RIBERALTA_Beni-Bolivia
- IDEAM, (2013). “*Climatología Aeronáutica: Aeródromo Vanguardia SKVV Villavicencio,*” Bogotá, Cundinamarca, Colombia, Rep. Téc. <http://www.ideam.gov.co/documents/290086/75945771/SKVV/f58df908-45a5-4397-a56d-589f07926058>
- Alcaldía de Villavicencio. (2015). *Componente general del Plan de Ordenamiento Territorial. Documento Técnico de soporte - POT.* Villavicencio, Colombia. http://villavicencio.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionControl/POT_2015_Componente%20General%20POT.pdf
- P. W. Richards, (1996). *The Tropical Rain Forest: An Ecological Study, 2a ed.* Cambridge, NY, USA: Cambridge University,
- S. Castro, J. Barrera, M. Carrillo, and M. Hernández, (2015). *Asaí (Euterpe precatória) Cadena de valor en el sur de la región amazónica,* vol. 1. <https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/asaipubli.pdf>
- M. I. Vallejo, G. Galeano, R. Bernal, and P. A. Zuidema, (2014). “The fate of populations of *Euterpe oleracea* harvested for palm heart in Colombia,” *For. Ecol. Manage.*, vol. 318, pp. 274–284, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112714000437>
- S. Y. Castro Rodríguez , J. A. Barrera García, M. P. Carrillo Bautista y M. S. Hernández Gómez, (2015). *Asaí (Euterpe precatória) Cadena de valor en el sur de la región amazónica.* Bogotá, Colombia: Sinchi, <https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/asaipubli.pdf>

- E. B. Margaret Cymerys, Patricia Shanley, Nathan Vogt, (2003). “Palmeras y muchas otras especies,” *Frutales y plantas utiles en la vida Amaz.*, p. 76, <http://www.fao.org/3/i2360s/i2360s00.htm>
- M. Peña Claros y P. Zuidema, (2000). “Limitaciones demográficas para el aprovechamiento sostenible de *Euterpe precatoria* para producción de palmito en dos tipos de bosque de Bolivia,” *Ecología en Bolivia*, vol. 34, pp. 7-25, https://www.researchgate.net/publication/46594296_Limitaciones_demograficas_para_el_aprovechamiento_sostenible_de_Euterpe_precatoria_para_produccion_de_palmito_en_dos_tipos_de_bosque_de_Bolivia
- L. Palmeri, A. Barausee, and S. E. Jorgensen, “Conservation Principles,” (2014). *Ecol. Process. Handb.*, no. January, pp. 17–22, <https://cadw.gov.wales/advice-support/conservation-principles/conservation-principles>
- T. Santos and J. L. Telleria, (2006). “Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies,” *Ecosistemas.*, Madrid. https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-33471/2006_Ecosistemas_2_3.pdf
- L. Prosdocimi, V. G. Carman, D. Albareda, and R. MI, (2012). “Origin of green turtle (*Chelonia mydas*) feeding aggregations in the Southwest Atlantic Ocean,” *J. Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 412, pp. 37-45, https://www.researchgate.net/publication/226330779_Origins_of_green_turtle_Chelonia_myda_feeding_aggregations_around_Barbados_West_Indies
- FAO, (2002). “Productos forestales no madereros,” *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2000 - Informe Principal*, vol. 140. Roma, Italia: FAO, <http://www.fao.org/3/y1997s/y1997s00.htm>
- G. Rudas Lleras, (2003). “Propuesta de un sistema de indicadores de seguimiento del convenio sobre la diversidad biológica en la cuenca del orinoco,” Inst. Invest. Alexander Von Humboldt, Bogotá, Cund., Colombia. Rep. tèc. 06, <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31166/09-09-020-0272PS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ley 165 (1994). Convenio sobre la Diversidad Biológica - Río de Janeiro.

<https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>

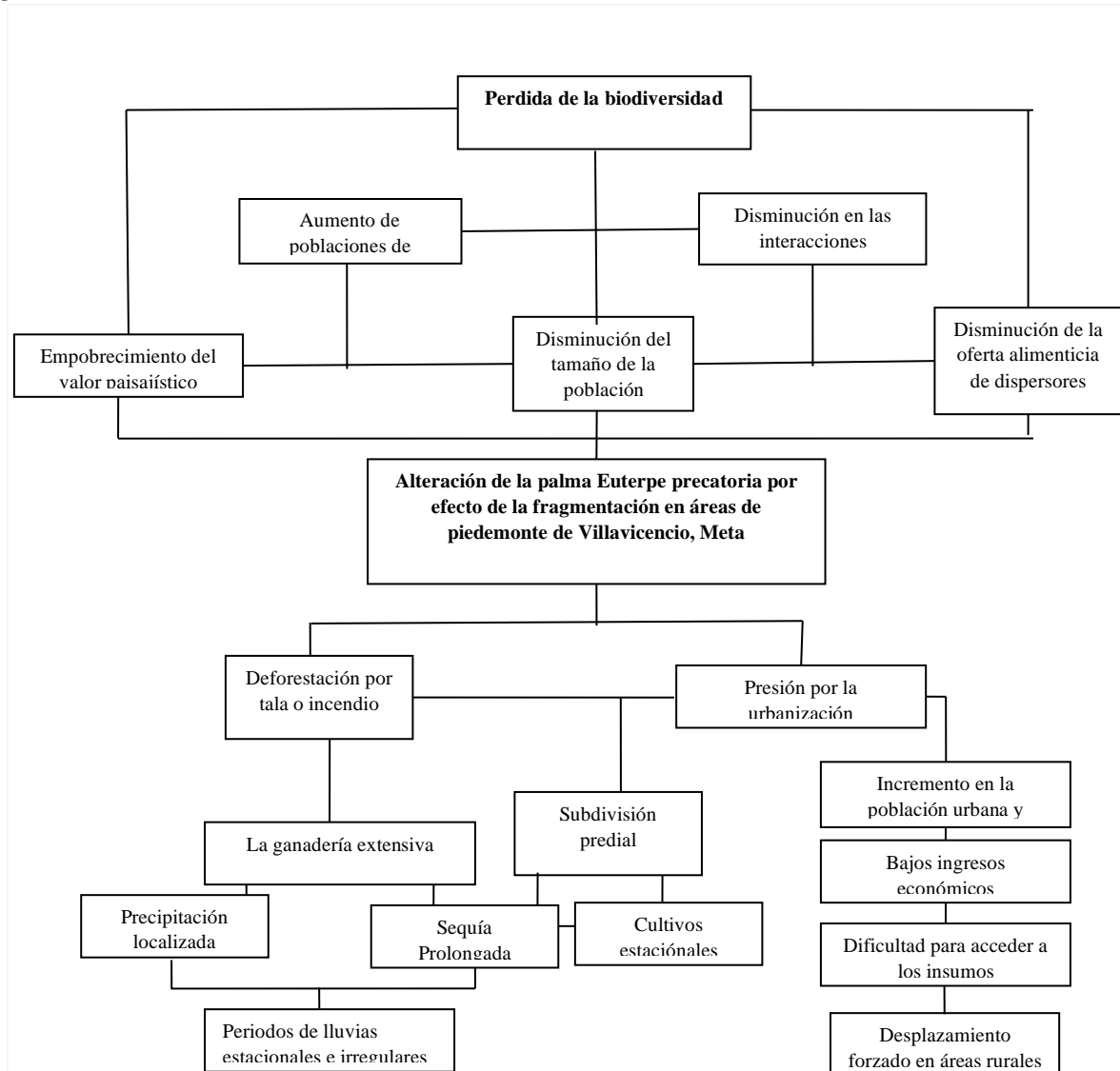
Departamento nacional de planeación, (2018). Plan nacional de desarrollo, Pacto por Colombia,

pacto por la equidad” <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Resumen-PND2018-2022-final.pdf>

J. S. Denslow, (1980). "Gap Partitioning among Tropical Rainforest Trees," *Biotropica*, vol. 12, no. 2, pp. 47-55, <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US19820744459>

Anexos

Anexo 1. *Árbol de Problema Alteración de la palma Euterpe precatoria por efecto de la fragmentación en áreas de piedemonte de Villavicencio, Meta. Por Atehortua N, 2019*



Anexo 2. Principales normas vigentes que reglamentan aspectos claves de la gestión en biodiversidad. Por Atehortua N, 2019.

Norma	Descripción
Ley 2 de 1959	Sobre economía forestal de la Nación y conservación de recursos naturales renovables (Ministerio de Medio Ambiente, 2000).
Ley 1289 de 2009	Por la cual se dicta disposiciones para el fomento de la investigación científica y el desarrollo tecnológico y dispone que corresponde al Estado promover y orientar el adelanto científico (Ministerio de Medio Ambiente, 2000).
Ley 165 de 1994	Por la cual se aprueba el Convenio sobre Diversidad Biológica, los Estados Parte deben promover y fomentar la investigación que contribuya a la conservación y a la utilización sostenible de la diversidad biológica (Ministerio de Medio Ambiente, 2000).
Ley 299 de 1996	Por la cual se protege la flora colombiana, se reglamentan los jardines botánicos y se dictan otras disposiciones (Ministerio de Medio Ambiente, 2000).
Decreto ley 2811 de 1974	Código Nacional de los recursos naturales renovables y no renovables y de protección al medio ambiente (Ministerio de Medio Ambiente, 2000).
Decreto 2372 de 2010	Por el cual se reglamenta el Decreto-ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto-ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones
Decreto 1996 de 1999	Por medio del cual se reglamentan los artículos 109 y 110 de la Ley 99 de 1993 sobre Reservas Naturales de la Sociedad Civil. (Ministerio de Medio Ambiente, 1993)
Acuerdo no. 34 de 1984 del INDERENA	Declaratoria de Reserva forestal protectora “Caño Vanguardia u quebrada Vanguardino” (Cormacarena, Alcaldía de Villavicencio & Gobernación del Meta, 2007)

Anexo 3. Tabla base de datos recolectados en las zonas de estudio 1 y 2. Por Atehortua N, 2020.

Lugar	Transecto	Coordenadas Inicio	Coordenadas fin	m.s.n.m	Variedad	DAP sin calculo (cm)	Altura total (m)	Edad					N° Racimos	DAP (cm)
								Plántula	Juveniles I	Juveniles II	Juveniles III	Planta Adulta		
Predio Universidad Santo Tomas Sede Loma Linda	1	4° 6'38.42"N 73°39'29.32"W	4° 6'37.02"N 73°39'30.40"W	497	Longevaginata	8	3,4				x		0	2,5
				497	Longevaginata		0,4		x				0	0,0
				496	Longevaginata		0,9		x				0	0,0
				498	Longevaginata		0,3	x					0	0,0
				497	Longevaginata		1,5			x			0	0,0
				489	Longevaginata	6	1,8			x			0	1,9
				497	Longevaginata		0,7		x				0	0,0
				493	Longevaginata	7	2,3					x	0	2,2
				484	Longevaginata		0,2	x					0	0,0
				482	Longevaginata		0,5		x				0	0,0
Predio Universidad Santo Tomas Sede Loma Linda	2	4° 6'34.02"N 73°39'35.57"W	4° 6'36.72"N 73°39'37.37"W	485	Longevaginata	14	2,3				x		0	4,5
				484	Longevaginata		0,1	x				0	0,0	
				484	Longevaginata	8	3,3				x	0	2,5	
				490	Longevaginata		0,1	x				0	0,0	
				489	Longevaginata		0,1	x				0	0,0	
				493	Longevaginata		0,4		x			0	0,0	
				495	Longevaginata	16	11					x	4	5,1
				494	Longevaginata		0,6		x			0	0,0	
				496	Longevaginata		0,4		x			0	0,0	
				501	Longevaginata		0,5		x			0	0,0	
				505	Longevaginata	45	19					x	3	14,3
				504	Longevaginata		0,8		x			0	0,0	
				505	Longevaginata		0,3	x				0	0,0	
				506	Longevaginata	34	16					x	4	10,8
503	Longevaginata		0,3	x				0	0,0					
504	Longevaginata		0,2	x				0	0,0					
506	Longevaginata		0,5		x			0	0,0					

				506	Longevaginata	11	3,2			x	0	3,5	
				503	Longevaginata		0,6		x		0	0,0	
				505	Longevaginata		0,2	x			0	0,0	
				507	Longevaginata		0,1	x			0	0,0	
				506	Longevaginata	15	4			x	0	4,8	
				507	Longevaginata		0,2	x			0	0,0	
				502	Longevaginata		1,5			x	0	0,0	
				503	Longevaginata	10	1,8			x	0	3,2	
				502	Longevaginata		1,3			x	0	0,0	
				502	Longevaginata	15	1,9			x	0	4,8	
				504	Longevaginata	11	1,8			x	0	3,5	
				503	Longevaginata	19	2,2			x	0	6,0	
				505	Longevaginata		0,3	x			0	0,0	
				501	Longevaginata		0,1	x			0	0,0	
				503	Longevaginata		0,2	x			0	0,0	
				505	Longevaginata		0,8		x		0	0,0	
				504	Longevaginata		0,5		x		0	0,0	
				506	Longevaginata		0,1	x			0	0,0	
				503	Longevaginata		0,2	x			0	0,0	
				502	Longevaginata		1,1			x	0	0,0	
				503	Longevaginata	15	3,6			x	0	4,8	
				505	Longevaginata	28	7,2				x	4	8,9
				502	Longevaginata	8	3,4			x	0	2,5	
				504	Longevaginata	13	6,4				x	2	4,1
				504	Longevaginata		0,2	x			0	0,0	
				503	Longevaginata		0,5		x		0	0,0	
				501	Longevaginata		0,8		x		0	0,0	
				502	Longevaginata	10	1,9			x	0	3,2	
				501	Longevaginata		0,3	x			0	0,0	
				505	Longevaginata		0,2	x			0	0,0	
				504	Longevaginata		0,6		x		0	0,0	

**Predio
Universidad
Santo
Tomas Sede
Loma Linda**

3

4° 6'37.36"N 4° 6'37.02"N
73°39'35.23"W 73°39'31.94"W

				403	Precatoria	13	3,4			x		0	4,1
				401	Precatoria		0,2	x				0	0,0
				400	Longevaginata		1,5			x		0	0,0
				404	Longevaginata		2,8			x		0	0,0
				403	Longevaginata		0,1	x				0	0,0
				402	Precatoria	6	2,3			x		0	1,9
				401	Precatoria		0,2	x				0	0,0
				402	Precatoria		0,1	x				0	0,0
				401	Longevaginata	9	2,6			x		0	2,9
				401	Longevaginata	8	2,4			x		0	2,5
				403	Longevaginata		0,1	x				0	0,0
				401	Longevaginata		0,3	x				0	0,0
				401	Precatoria	20	11				x	3	6,4
				401	Precatoria	22	17				x	2	7,0
				401	Longevaginata		0,2	x				0	0,0
				401	Longevaginata		1,2			x		0	0,0
				401	Precatoria		1,8			x		0	0,0
				401	Precatoria	19	15				x	4	6,0
				401	Precatoria	11	9				x	2	3,5
				401	Longevaginata		0,1	x				0	0,0
				401	Longevaginata	18	13				x	3	5,7
				401	Precatoria		0,2	x				0	0,0
				401	Precatoria		0,1	x				0	0,0
				401	Precatoria	10,5	8,7				x	2	3,3
				401	Precatoria		0,2	x				0	0,0
				401	Longevaginata		0,1	x				0	0,0
				401	Longevaginata	15	10				x	2	4,8
				401	Longevaginata		0,1	x				0	0,0
				401	Longevaginata	20	14				x	4	6,4

**Predio
Universidad
Santo
Tomas Sede
Aguas
Claras**

5

4° 7'21.54"N
73°36'54.20"W

4° 7'21.54"N
73°36'54.20"W

Anexo 4. Tabla base de datos recolectados en la zona de estudio 3.

Fecha	Lugar	Transecto	Coordenadas Inicio	Coordenadas fin	m.s.n.m.	Variedad	DAP sin cálculo (cm)	Altura total (m)	Edad					N° Racimos	DAP (cm)
									Plántula	Juveniles I	Juveniles II	Juveniles III	Planta adulta		
11-oct-19	Jardín Botánico	1	4° 9'12.19"N 73°39'19.54"W	4° 9'9.60"N 73°39'19.19"W	655	Longevaginata	11,5	2,5				x		0	3,7
					657	Longevaginata	12	2,7				x		0	3,8
					654	Longevaginata	6	1,8			x			0	1,9
					652	Longevaginata		1,7			x			0	0,0
					649	Longevaginata		1			x			0	0,0
					646	Longevaginata		1,7				x		0	0,0
					650	Longevaginata	7	1,8				x		0	2,2
					651	Longevaginata		1,6				x		0	0,0
					653	Longevaginata		1,6				x		0	0,0
11-oct-19	Jardin Botanico	2	4° 9'9.51"N 73°39'21.34"W	4° 9'10.64"N 73°39'19.12"W	654	Longevaginata	16	5,4				x		0	5,1
					654	Longevaginata	9	3,4				x		0	2,9
					653	Longevaginata		1			x			0	0,0
					653	Longevaginata		0,6			x			0	0,0
					653	Longevaginata		0,5			x			0	0,0
					652	Longevaginata		0,5			x			0	0,0
					652	Longevaginata		0,4			x			0	0,0
					652	Longevaginata		0,8			x			0	0,0
					655	Longevaginata		0,7			x			0	0,0
15-oct-19	Jardin Botanico	3	4° 9'2.98"N 73°39'15.19"W	4° 9'0.25"N 73°39'14.27"W	626	Precatoria	34	9					x	0	10,8
					632	Longevaginata	8,5	2,3				x		0	2,7
					625	Longevaginata	28	3,5					x	0	8,9
					625	Longevaginata	22	3,7					x	0	7,0
					624	Longevaginata	17	3					x	0	5,4
					624	Longevaginata	22	7						x	0

					624	Longevaginata	25	7			x	0	8,0
					624	Longevaginata	17,5	5			x	0	5,6
					624	Longevaginata		1,3		x		0	0,0
					624	Longevaginata	16	6			x	0	5,1
					626	Longevaginata	9	2		x		0	2,9
					626	Longevaginata	14,5	2,3			x	0	4,6
					621	Longevaginata	25	8			x	0	8,0
					621	Longevaginata	18	3			x	0	5,7
					621	Longevaginata	14	2,5			x	0	4,5
					621	Longevaginata	35	9			x	0	11,1
					630	Longevaginata		1,7		x		0	0,0
					632	Longevaginata	18	2,5			x	0	5,7
					632	Longevaginata		0,7		x		0	0,0
					629	Longevaginata		0,3	x			0	0,0
15-oct-19	Jardin Botánico	4	4° 9'1.27"N 73°39'13.26"W	4° 8'58.01"N 73°39'13.69"W	629	Longevaginata	13	2,5			x	0	4,1
					628	Precatoria	42	17,8			x	0	13,4
					628	Precatoria	43	15			x	0	13,7
					628	Precatoria		0,1	x			0	0,0
					630	Longevaginata	13	3			x	0	4,1
					629	Longevaginata	19	3,1			x	0	6,0
					598	Longevaginata	14	2,5			x	0	4,5
					598	Precatoria	22	5			x	0	7,0
					588	Longevaginata	15	3,7			x	0	4,8
					580	Longevaginata	12	1,8		x		0	3,8
15-oct-19	Jardin Botánico	5	4° 9'1.27"N 73°39'13.26"W	4° 8'50.25"N 73°39'11.04"W	578	Longevaginata		1,7		x		0	0,0
					578	Longevaginata		0,4		x		0	0,0
					570	Longevaginata		0,3	x			0	0,0
					565	Longevaginata		0,2	x			0	0,0
					565	Longevaginata	18	5			x	0	5,7
					566	Longevaginata	23,5	8			x	2	7,5

563	Longevaginata		1,6		x		0	0,0
557	Longevaginata	14	2,4			x	0	4,5
566	Longevaginata		0,5		x		0	0,0
566	Longevaginata		0,7		x		0	0,0
558	Longevaginata		0,3		x		0	0,0
558	Longevaginata		0,1		x		0	0,0
558	Longevaginata	11	1,8			x	0	3,5

Anexo 5. Tabla base de datos recolectados en la zona de estudio 4.

Fecha	Lugar	Transecto	Coordenadas Inicio	Coordenadas fin	m.s.n.m	Variedad	DAP sin calculo (cm)	Altura total (m)	Edad				N° Racimos	DAP (cm)
									Plántula	Juv I	Juv II	Juv III		
01/10/2019	Reserva Forestal Vanguardia	1	4°11'18,539" N 73°36'04,498" W	4°11'19,221" N 73°36'41,776" W	435	Longevaginata	5	1,2			x		0	1,6
						Longevaginata	7	0,9		x		0	2,2	
						Longevaginata	6	0,4		x		0	1,9	
						Longevaginata	2	1,2			x	0	0,6	
						Longevaginata	5	1,5			x	0	1,6	
						Longevaginata	3,2	1,3			x	0	1,0	
						Longevaginata	30	18,0				x	3	9,5
						Longevaginata	6	1,7			x	0	1,9	
						Longevaginata	4	1,4			x	0	1,3	
						Longevaginata	8,2	1,7			x	0	2,6	
	Longevaginata	5,4	1,6			x	0	1,7						
13/10/2019	Reserva Forestal Vanguardia	2	4°11'17,60"N 73°36'41,21" W	4°11'21,05"N 73°36'42,03" W	420	Longevaginata	6,5	2,5				x	0	2,1
					420	Longevaginata		1,0		x		0	0,0	
					420	Longevaginata		1,1			x	0	0,0	
					420	Longevaginata		1,6			x	0	0,0	
					420	Longevaginata	9	2,7				x	0	2,9

420	Longevaginata		0,2	x			0	0,0	
425	Longevaginata	8	2,0		x		0	2,5	
420	Longevaginata	8,5	2,7			x	0	2,7	
420	Longevaginata	7,6	1,9		x		0	2,4	
420	Longevaginata	14	3,5			x	0	4,5	
424	Longevaginata	15	3,6			x	0	4,8	
424	Longevaginata	8,4	2,0			x	0	2,7	
424	Longevaginata	8,5	2,4			x	0	2,7	
424	Longevaginata	10	3,5			x	0	3,2	
424	Longevaginata	10	3,6			x	0	3,2	
429	Longevaginata	8	2,0		x		0	2,5	
429	Longevaginata	7	2,0		x		0	2,2	
429	Longevaginata	8,5	2,1			x	0	2,7	
430	Longevaginata		1,0		x		0	0,0	
430	Longevaginata	8,9	2,3			x	0	2,8	
430	Longevaginata	42	17,0				x	0	13,4
430	Longevaginata	7,5	2,0		x		0	2,4	
430	Longevaginata	7	1,9		x		0	2,2	
430	Longevaginata		1,5		x		0	0,0	
430	Longevaginata	42	15,0				x	1	13,4
430	Longevaginata	7	1,7		x		0	2,2	
430	Longevaginata	19	8,6				x	0	6,0
430	Longevaginata	20	8,6				x	0	6,4
430	Longevaginata	11	3,5			x	0	3,5	
430	Precatoria	56	15,0				x	3	17,8
430	Precatoria	47	16,0				x	0	15,0
437	Precatoria	45,5	16,0				x	1	14,5
434	Longevaginata	7	1,9		x		0	2,2	
429	Precatoria	52	18,0				x	1	16,6
426	Longevaginata	9	2,5			x	0	2,9	

431	Longevaginata	11	2,7		x	0	3,5	
432	Precatoria		0,1	x		0	0,0	
432	Longevaginata		1,1		x	0	0,0	
429	Longevaginata	10,5	2,3		x	0	3,3	
430	Longevaginata	11	2,6		x	0	3,5	
432	Longevaginata		1,0	x		0	0,0	
432	Longevaginata	10	2,1		x	0	3,2	
432	Longevaginata	11	2,3		x	0	3,5	
432	Longevaginata	12	2,7		x	0	3,8	
433	Longevaginata		1,6		x	0	0,0	
434	Precatoria	8,5	3,1		x	0	2,7	
434	Longevaginata	9	3,2		x	0	2,9	
434	Longevaginata		2,0		x	0	0,0	
438	Longevaginata		0,2	x		0	0,0	
438	Longevaginata	10,5	2,5		x	0	3,3	
436	Longevaginata		1,0	x		0	0,0	
438	Longevaginata		0,4	x		0	0,0	
438	Longevaginata		1,6		x	0	0,0	
438	Longevaginata	9	3,1		x	0	2,9	
438	Longevaginata	8,5	2,9		x	0	2,7	
438	Longevaginata		1,2		x	0	0,0	
438	Longevaginata		1,0	x		0	0,0	
438	Longevaginata	17	6,0		x	0	5,4	
442	Precatoria	52	20,0			x	0	16,6
442	Longevaginata	41	13,5			x	0	13,1
442	Longevaginata		1,0	x		0	0,0	
442	Longevaginata		1,0	x		0	0,0	
442	Longevaginata		1,2		x	0	0,0	
442	Longevaginata		0,2	x		0	0,0	
437	Longevaginata		0,8	x		0	0,0	

					437	Longevaginata		2,0		x		0	0,0	
					470	Longevaginata		1,6		x		0	0,0	
					470	Longevaginata	11,5	2,3			x	0	3,7	
					472	Longevaginata	39,5	13,0				x	0	12,6
					472	Longevaginata		0,7		x		0	0,0	
					472	Longevaginata	7	2,7			x	0	2,2	
					475	Longevaginata		0,1	x			0	0,0	
					475	Longevaginata		0,1	x			0	0,0	
					475	Longevaginata		0,2	x			0	0,0	
					479	Longevaginata	21	4,8			x	0	6,7	
					479	Longevaginata		1,3		x		0	0,0	
					478	Longevaginata		1,8		x		0	0,0	
					479	Longevaginata	30	15,0				x	2	9,5
					484	Longevaginata		1,2		x		0	0,0	
					484	Longevaginata		1,3		x		0	0,0	
08/10/ 2019	Reserva Forestal Vanguardia	4	4°11'31,03"N 73°36'54,02" W	4°11'30,05"N 73°36'57,23" W	484	Longevaginata	33,5	17,0				x	2	10,7
					484	Longevaginata	32	16,0				x	0	10,2
					483	Longevaginata	34,5	18,0				x	1	11,0
					483	Longevaginata	14,5	5,0			x	0	4,6	
					481	Longevaginata	9	1,9		x		0	2,9	
					481	Longevaginata	14,5	2,0		x		0	4,6	
					481	Longevaginata	12	1,7		x		0	3,8	
					478	Longevaginata	11	2,4			x	0	3,5	
					478	Longevaginata	34	17,0				x	1	10,8
					478	Longevaginata	38,5	15,0				x	0	12,3
					477	Longevaginata		1,5		x		0	0,0	
					477	Longevaginata		1,3		x		0	0,0	
					477	Longevaginata		1,6		x		0	0,0	
					477	Longevaginata		1,1		x		0	0,0	
					478	Longevaginata	14	3,0			x	0	4,5	

					475	Longevaginata	13	3,0		x		0	4,1
					476	Longevaginata		0,8		x		0	0,0
					476	Longevaginata		0,8		x		0	0,0
					476	Longevaginata	11,5	3,2			x	0	3,7
					475	Longevaginata		0,7		x		0	0,0
					428	Longevaginata	34	13,0			x	0	10,8
					428	Longevaginata	15,5	3,6			x	0	4,9
					428	Longevaginata		0,6		x		0	0,0
					428	Longevaginata		0,5		x		0	0,0
					426	Longevaginata		0,7		x		0	0,0
					426	Longevaginata		0,3	x			0	0,0
					428	Longevaginata		0,1	x			0	0,0
					428	Longevaginata	19	14,0			x	3	6,0
					429	Longevaginata		0,4		x		0	0,0
					429	Longevaginata		0,4		x		0	0,0
					429	Longevaginata		0,4		x		0	0,0
					429	Longevaginata		0,3	x			0	0,0
					435	Longevaginata		0,3	x			0	0,0
					435	Longevaginata	34	17,0			x	2	10,8
					435	Longevaginata		0,6		x		0	0,0
					432	Longevaginata	12,5	1,4			x	0	4,0
					432	Longevaginata	11,5	1,9			x	0	3,7
					431	Longevaginata		0,2	x			0	0,0
					432	Longevaginata		0,4		x		0	0,0
					433	Precatoria	49	19,0			x	2	15,6
					433	Precatoria	51	23,0			x	0	16,2
					433	Precatoria		0,4		x		0	0,0
					438	Precatoria		0,2	x			0	0,0
					437	Precatoria		0,1	x			0	0,0
					437	Precatoria		0,1	x			0	0,0

08/10/
2019Reserva
Forestal
Vanguardia

5

4°11'31,03"N
73°36'54,02"
W4°11'30,05"N
73°36'57,23"
W

437	Precatoria		0,5	x		0	0,0
437	Precatoria		0,4	x		0	0,0
435	Precatoria	16	10,0		x	0	5,1
435	Precatoria		1,0	x		0	0,0
435	Precatoria		1,2		x	0	0,0