

**DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y FRAGMENTACIÓN DEL BOSQUE SECO  
TROPICAL EN LA SUBREGIÓN BAJO SINÚ - CÓRDOBA, COLOMBIA**

**HEIDY PAOLA SAAB RAMOS**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA  
DIVISIÓN DE POSGRADO  
SISTEMA DE UNIVERSIDADES ESTATALES DEL CARIBE COLOMBIANO  
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**MONTERÍA-CÓRDOBA**

**2020**

**DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y FRAGMENTACIÓN DEL BOSQUE SECO  
TROPICAL EN LA SUBREGIÓN BAJO SINÚ - CÓRDOBA, COLOMBIA**

**HEIDY PAOLA SAAB RAMOS**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
Magister en Ciencias Ambientales**

**ROSALBA RUÍZ VEGA, Ph.D.**

**Directora**

**Grupo de Investigación Botánica (COL0018349)**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**

**DIVISIÓN DE POSGRADO**

**SISTEMA DE UNIVERSIDADES ESTATALES DEL CARIBE COLOMBIANO**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**MONTERÍA-CÓRDOBA**

**2020**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma de Jurado**

---

**Firma de Jurado**

**Montería, 2020**

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad de Córdoba, programa Maestría en Ciencias Ambientales, por ser parte de mi formación y crecimiento profesional, a la Vicerrectoría de Investigación por la financiación de este proyecto enmarcado en Grupo de Investigación Botánica.

A la doctora Rosalba Ruiz Vega, por la excelente dirección de este trabajo, por compartir sus experiencias, por cada una de sus enseñanzas, consejos y motivación para seguir creciendo profesionalmente. Por toda su dedicación, su compromiso, por cada sugerencia y corrección para mejorar el documento....Muchas gracias profe !!!!!

A docentes evaluadores, Dra. Karina Castellanos y Dr. Julio Acuña, por sus precisos comentarios, cuestionamientos y sugerencias para mejorar el documento.

A los estudiantes del programa de Biología por su valioso apoyo en la fase de campo y procesamiento de muestras en el Herbario de la Universidad de Córdoba – HUC.

A los propietarios de las fincas donde se encontraron las localidades de estudio, (Sr. Santiago Preciado en Los Gómez, Sr. Pablo en Momil, Sr. Juan en el Mohán) por creer en estas investigaciones y permitir el acceso a las zonas de estudio.

A toda mi familia, en especial a mi esposo Mauricio Martínez y mi hijo Alejandro, por su apoyo incondicional; a todos mis amigos por el acompañamiento en este proceso.

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	12
2. OBJETIVOS .....	14
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO .....	15
3.1 ANTECEDENTES .....	15
3.2 MARCO TEÓRICO .....	17
3.2.1. Bosque seco tropical.....	17
3.2.2. Distribución geográfica. ....	19
3.2.3. Información Florística.....	21
3.2.4. Estado de fragmentación. ....	22
4. METODOLOGÍA.....	24
4.1. ÁREA DE ESTUDIO .....	24
4.2. FASE DE CAMPO Y LABORATORIO .....	26
4.2.1. Diversidad florística.....	26
4.2.2 Estado de fragmentación .....	26
4.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	29
4.3.1. Diversidad florística.....	29
4.3.2. Relación del tamaño y área de fragmentos con la diversidad florística	31
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	32
5.1. RESULTADOS.....	32
5.1.1. Diversidad, composición y estructura florística .....	32
5.1.2. Fragmentación .....	40
5.1.2.1. Índice de forma de Patton.....	42
5.1.2.2. Grado de Fragmentación. ....	42
5.1.2.3. Índice de continuidad .....	43
5.1.3. Relación del tamaño y la forma del fragmento con la diversidad .....	43
5.2. DISCUSIÓN .....	45

<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>55</b>
<b>7. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>56</b>
<b>8. REFERENCIAS.....</b>	<b>57</b>
<b>9. ANEXOS .....</b>	<b>70</b>

## LISTAS DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Subregiones del Departamento de Córdoba.....	<b>21</b>
<b>Tabla 2.</b> Ubicación geográfica, área y forma de los fragmentos de bosque seco estudiados en el Bajo Sinú.....	<b>24</b>
<b>Tabla 3.</b> Riqueza para cada uno de los fragmentos visitados subregión Bajo Sinú. ....	<b>34</b>
<b>Tabla 4.</b> Abundancia para cada uno de los fragmentos visitados subregión Bajo Sinú. ....	<b>34</b>
<b>Tabla 5.</b> Índices de diversidad para los fragmentos de bosque en la subregión Bajo Sinú. ....	<b>36</b>
<b>Tabla 6.</b> Índice de Whittaker .....	<b>36</b>
<b>Tabla 7.</b> Índice de disimilaridad de Sørensen .....	<b>36</b>
<b>Tabla 8.</b> Especies con mayor Índice de Valor de Importancia .....	<b>38</b>
<b>Tabla 9.</b> Familias con mayor Índice de Valor de Importancia .....	<b>39</b>
<b>Tabla 10.</b> Ubicación geográfica de los polígonos seleccionados para la subregión Bajo Sinú. ....	<b>40</b>
<b>Tabla 11.</b> Correlación de Spearman (rho).....	<b>44</b>
<b>Tabla 12.</b> p-valor de las correlaciones obtenidas entre el tamaño e índices de diversidad. ....	<b>44</b>

## LISTAS DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Bosques secos originales en el cinturón árido pericaribeño.....	20
<b>Figura 2.</b> Bosque seco tropical actual en el cinturón.....	20
<b>Figura 3.</b> Cobertura de bosque seco tropical en las regiones de Colombia.....	30
<b>Figura 4.</b> Localidades de muestreo de bosque seco en el Bajo Sinú.....	25
<b>Figura 5.</b> Curva de acumulación de especies - Subregión Bajo Sinú.....	32
<b>Figura 6.</b> Familias con mayor riqueza de especies en la subregión Bajo Sinú.....	33
<b>Figura 7.</b> Distribución por clases altimétricas – Subregión Bajo Sinú.....	37
<b>Figura 8.</b> Distribución por clases diamétricas – Subregión Bajo Sinú.....	38
<b>Figura 9.</b> Mapa de fragmentos de bosque seco tropical evaluados en el Bajo Sinú.....	41
<b>Figura 10.</b> Relación porcentual de la forma de fragmentos de bosque seco del Bajo Sinú.....	42

## LISTAS DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Fragmento Los Gómez – Subregión Bajo Sinú. ....	<b>70</b>
<b>Anexo 2.</b> Fragmento Pueblecito – Subregión Bajo Sinú.....	<b>70</b>
<b>Anexo 3.</b> Fragmento El Mohán – Subregión Bajo Sinú .....	<b>71</b>
<b>Anexo 4.</b> Estimadores de la curva de acumulación de especies .....	<b>71</b>
<b>Anexo 5.</b> Listado de plantas del bosque seco en la subregión Bajo Sinú.....	<b>72</b>
<b>Anexo 6.</b> Test de normalidad de Lilliefors.....	<b>76</b>
<b>Anexo 7.</b> Test de homogeneidad de Levene .....	<b>77</b>
<b>Anexo 8.</b> Prueba de Welch para la abundancia de especies por localidades .....	<b>77</b>
<b>Anexo 9.</b> Prueba de Kruskal-Wallis para la riqueza por localidades.....	<b>77</b>
<b>Anexo 10.</b> Índice de diversidad de forma de Patton para fragmentos del Bajo Sinú.....	<b>78</b>
<b>Anexo 11.</b> Prueba Chi-cuadrado con simulación de monte-carlo (relación entre la forma de fragmento y la diversidad) .....	<b>78</b>

## RESUMEN

El bosque seco tropical (BST) se considera un ecosistema con prioridades de conservación; debido a su degradación, fragmentación, presiones antrópicas y desconocimiento, es uno de los ecosistemas más amenazados. Este estudio se realizó en tres fragmentos de bosque seco en la subregión del Bajo Sinú del Departamento de Córdoba, con el objetivo de determinar la diversidad, composición y estructura florística, estimar el estado de fragmentación del ecosistema y la relación de la forma y tamaño de los polígonos con variables florísticas. Se siguió la metodología de Parcelas de Muestreo Rápido de Vegetación - RAP modificada y métodos cartográficos para medidas del paisaje.

Se evidenció una alta diversidad y un alto número de especies. Se registró 2.178 individuos en total (59 familias, 151 géneros, 226 especies). Las familias en orden de riqueza fueron Fabaceae, Rubiaceae, Bignoniaceae y Sapindaceae; la mayor abundancia se presentó en Fabaceae, Capparaceae y Bignoniaceae, y en las especies *Astronium graveolens* Jacq. y *Capparidastrium frondosum* (Jacq.) Cornejo & Iltis. Los géneros *Machaerium*, *Trichilia* y *Randia*, representan el mayor número de especies. La distribución por clases diamétricas y altimétricas presentó un comportamiento de J invertida. Los arbustos representaron el hábito de crecimiento dominante.

El estado de fragmentación categoriza el bosque seco del Bajo Sinú como insularizado y discontinuo, con polígonos frecuentemente de formas redondeadas. El tamaño del fragmento presentó relación directamente proporcional con la diversidad.

Este trabajo logró consolidar información sobre el estado actual del bosque seco en Córdoba, que contribuyen a su valoración, conservación, manejo y gestión integral.

**Palabras clave:** bosque seco; Córdoba; diversidad; fragmentación.

## ABSTRACT

The tropical dry forest (TDF) is considered an ecosystem with conservation priorities; Due to its degradation, fragmentation, anthropic pressures and ignorance, it is one of the most threatened ecosystems. This study was carried out in three dry forest fragments in the Bajo Sinú subregion of the department of Córdoba, with the objective of determining the diversity, composition and floristic structure, estimating the state of fragmentation of the ecosystem and the relationship of the shape and size of polygons with floristic variables. The methodology of Rapid Vegetation Sampling Plots - modified RAP and cartographic methods for landscape measurements were followed.

High diversity and a high number of species were evidenced. A total of 2,178 individuals were registered (59 families, 151 genera, 226 species). The families in order of richness were Fabaceae, Rubiaceae, Bignoniaceae and Sapindaceae; the highest abundance was found in Fabaceae, Capparaceae and Bignoniaceae, and in the *Astronium graveolens* Jacq species. and *Capparidastrum frondosum* (Jacq.) Cornejo & Iltis. The genera *Machaerium*, *Trichilia* and *Randia* represent the largest number of species. The distribution by diameter and altimetric classes presented an inverted J behavior. Shrubs represented the dominant growth habit.

The state of fragmentation categorizes the Lower Sinú dry forest as insularized and discontinuous, with polygons frequently of rounded shapes. The size of the fragment showed a directly proportional relationship with diversity.

This project managed to consolidate information on the current state of the dry forest in Córdoba, which contributes to its assessment, conservation, management and comprehensive management.

**Key words:** Dry forest; Córdoba; diversity fragmentation

## 1. INTRODUCCIÓN

El Bosque seco Tropical representa el 42% de los bosques tropicales del mundo y actualmente se encuentra entre los ecosistemas más amenazados, quedando menos de 1% de su cobertura original (Murphy y Lugo 1986), es un ecosistema prioritario para la conservación y de gran importancia ecológica considerando los servicios ambientales que proporciona, tales como la regulación hídrica, la retención de suelos y la captura de carbono (Mass et al., 2005; Wall, González y Simmons, 2011); sin embargo, existen muchos vacíos de información y muy pocas iniciativas que garanticen su protección (García et al., 2014; Pennington, 2012).

En el caso de Colombia, la falta de visibilidad e integración de estos ecosistemas en los instrumentos de ordenamiento territorial ha contribuido a la reducción de grandes áreas de bosque seco (Pizano y García, 2014), actualmente se reúne tan solo el 8% de la cobertura original del bosque seco que se encontraba en el país, representada en aproximadamente 720.000 ha. de las cuales, 348416 (48.4 %) representan matrices de pastos, cultivos y espacios naturales y 332810 ha (46.2 %) corresponde a bosque seco natural con la mayor extensión en la región Caribe (202423 ha), de las cuales, para el departamento de Córdoba se visualizan 1673 ha (García et al., 2014) distribuidas hacia la parte norte donde se delimita la subregión Bajo Sinú.

El bosque seco de Córdoba distribuido en la subregión mencionada, mantiene la tendencia de la problemática global de este ecosistema, siendo necesario obtener información de su flora y estado de fragmentación como insumo clave para la visualización de estos fragmentos como figuras de protección ambiental en el departamento, garantizando su conservación y manejo adecuado a largo plazo, acorde a los programas y demás instrumentos nacionales de gestión de la biodiversidad en Colombia.

Aunque en los últimos años se ha incrementado el número de estudios enfocados en la flora del bosque seco de Colombia, el nivel de conocimiento es aún insuficiente (Kattan et al., 2019), actualmente no ha sido posible conocer en detalle la real distribución de la riqueza de especies que alberga este ecosistema, por tal razón, se resalta la necesidad de realizar estudios en diferentes grupos biológicos y consolidar datos a escala nacional para priorizar áreas de conservación (González et al., 2016).

En sentido de lo anterior, el objetivo del presente trabajo está dirigido a caracterizar la vegetación del bosque seco tropical, determinando su composición, estructura y diversidad en tres fragmentos distribuidos en la subregión del Bajo Sinú del departamento de Córdoba, además de determinar su estado de fragmentación y la relación entre el tamaño y la forma de los fragmentos con la riqueza, abundancia y diversidad florística, teniendo en cuenta que la fragmentación es una de las principales amenazas para la biodiversidad y sus atributos como el tamaño y la forma de los fragmentos pueden alterar la distribución, estructura, abundancia, número de especies y procesos ecológicos del ecosistema como dinámica de respuesta a las presiones de transformación del paisaje (Bustamante y Grez, 1995; Santos y Tellería, 2006; Pincheira et al., 2009).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar la diversidad florística y fragmentación del bosque seco tropical en la subregión Bajo Sinú del Departamento de Córdoba.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estimar la estructura y composición florística de los fragmentos de bosque seco tropical en el Bajo Sinú, departamento de Córdoba.
- Describir el estado de fragmentación del bosque seco tropical en el área de estudio.
- Relacionar la forma y tamaño de los fragmentos de bosque seco con la diversidad florística.

### 3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

#### 3.1 ANTECEDENTES

La organización de redes nacionales e internacionales ha surgido como una iniciativa para el avance en investigación y monitoreo del bosque seco, dentro de las internacionales se resalta DRYFLOR, una red creada con el propósito de avanzar en el conocimiento de la flora y promover la conservación del BST en Latinoamérica, incluyendo investigaciones en Brasil, Argentina, Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela y México; y Tropi-Dry que involucra investigaciones del bosque seco principalmente sobre aspectos ecológicos, sociales y espaciales del continente americano desde México hasta Bolivia (Pizano et al., 2017).

Las investigaciones realizadas a nivel mundial para entender la dinámica del bosque seco, reúnen información sobre la caracterización de la vegetación en términos de su diversidad, estructura y composición; en este orden, se resalta la investigación de Acosta et al. (2019), los cuales registraron para Honduras, 316 especies, resaltando la familia Fabaceae, como la más diversa.

En relación a lo anterior, otros estudios sobre composición florística han reportado igualmente esta familia como la más común en ecosistemas secos de México (Sánchez et al., 2003), Venezuela (Díaz, 2007), Bolivia (Quisbert y Macia, 2005), Ecuador (Aguirre et al., 2014), Brasil (de Assis et al., 2017), Costa Rica y Nicaragua (Gillespie et al., 2000).

Actualmente se ha priorizado en estudios de bosque seco tropical debido al grado de amenaza que enfrenta este ecosistema, sin embargo, la información es insuficiente y desigual para determinados grupos de organismos. En este sentido, es de mencionar que existen zonas de Colombia con muy poca investigación (Kattan et al., 2019; Pizano y García, 2014).

La información espacial ha sido consolidada en el mapa de bosque seco tropical para el país a escala 1:100.000 elaborado a partir de imágenes satelitales y datos climáticos (Ariza et al., 2014).

Para la región Caribe colombiana se han realizado estudios enfocados en la composición florística y aspectos de su estructura (Mendoza, 1999; Lowy, 2000; Flórez y Etter, 2003; Marulanda et al., 2003; Ruiz et al., 2005; Repizo y Devia, 2008; Linares y Orozco, 2009; Carbonó y García, 2010; García y Rivera, 2010; Rangel, 2012; Rangel et al., 2012; Rodríguez et al., 2012; Olascuaga et al., 2015; Villanueva et al., 2015; Mesa et al., 2016; Sanmartín et al., 2016; Herazo et al., 2017).

En localidades del valle del río Magdalena, valle del río Cauca, valle del río Patía y la zona seca del Norte de Santander, se cuenta con inventarios florísticos, caracterizaciones generales y estudios de composición florística (IAvH, 1998).

La información sobre la vegetación en el departamento de Córdoba se fundamenta en catálogos o listados de flora (Rivera, 2010; Estupiñán et al., 2011; Rangel et al., 2012; Rivera y Rangel, 2012;), estudios florísticos realizados en bosque húmedo para el sur del departamento, en los municipios de Valencia, Montelíbano y Tierralta (Avella y Rangel, 2012), además de los realizados en los bosques tanto húmedos y secos circundantes a las ciénagas de Córdoba (Rangel, 2012).

Para el conocimiento de la vegetación del BST, se destacan los trabajos de estructura y composición florística en cuatro localidades del departamento de Córdoba (Morelo, 2013) y en zonas de la cuenca del río Canalete y la cuenca baja del río San Jorge (López y Miranda, 2006).

Siguiendo un enfoque florístico, se han realizado estudios comparativos de la vegetación del bosque seco relacionados a paisajes de ganadería extensiva y convencional (Ballesteros et al., 2019) y proyectos que han centrado su objetivo en la recuperación del bosque seco de Córdoba (CVS, 2005).

Se han desarrollado investigaciones más específicas en patrones de distribución de epifitas vasculares en un fragmento de bosque seco tropical y áreas abiertas (Contreras, 2015), en diversidad funcional de especies características del bosque seco (Nuñez, 2017; Atehortúa, 2019); y estudios fenológicos de especies arbóreas nativas como *Caesalpinia ebano*, *Crateva tapia*, *Handroanthus ochraceus* y *Bursera simaruba* (López, 2016).

En cuanto a la fragmentación de los bosques en Colombia, se ha analizado por medio de la aplicación de métricas del paisaje para ecosistemas boscosos en una región de la cordillera central de los Andes colombianos (Gómez et al., 2005), en localidades de la región Orinoquía en el municipio de Yopal (Alarcón, 2017), el norte del departamento del Tolima (Lozano et al., 2011) y en la cuenca alta del río Cauca (Arcila et al., 2012).

En relación a la región Caribe, es de mencionar que se han adelantado estudios en el complejo cenagoso de la Ciénaga Grande de Santa Marta (López, 2017) y en fragmentos de los Montes de María en Sucre (Galván et al., 2015), por medio de análisis de imágenes satelitales y el uso de sistemas de información cartográfica. Así como en el Departamento de Córdoba, en el cual se analizó la dinámica espacio temporal del bosque seco tropical desde el periodo 1985 – 2013, mostrando una considerable y progresiva pérdida de su cobertura y una ruptura espacial de los relictos de bosque seco que definen una marcada fragmentación, influenciada mayormente por la acción antrópica (Ospino y Ramos, 2014).

## **3.2 MARCO TEÓRICO**

**3.2.1. Bosque seco tropical.** Existen varias definiciones sobre bosque seco tropical y se torna complejo establecer un único concepto, ya que usualmente están asociados a gradientes altitudinales y climáticos, en los que también se pueden

encontrar ecosistemas de bosques húmedos, sabanas y desiertos (Miles et al., 2006).

Las definiciones más destacadas tienen en cuenta variables como temperatura y precipitación. Monney et al. (1995), definen el BST como un bioma forestal que se desarrolla en tierras bajas tropicales, donde se presenta una marcada estacionalidad de lluvias seguida de varios meses de sequía, lo que confiere como característica principal el déficit de agua.

De igual manera, Pennington et al. (2006) manifiestan que el BST es un tipo de vegetación con procesos ecológicos determinados por periodos de sequias de cinco o seis meses; lo cual difiere a lo planteado por Sanchez-Azofeifa et al. (2005) quienes lo definen como un tipo de vegetación donde sobresalen especies tolerantes a la sequía (caducifolias), las cuales se desarrollan en zonas con temperatura anual superior o igual a 25 °C, precipitación anual total en el rango de 700 a 2000 mm, y con mínimo tres meses de sequias al año (precipitaciones menores a 100 mm).

En relación a aspectos anteriormente mencionados, Dirzo et al. (2001), señalan como condición característica del BST, una evapotranspiración potencial que supera a la precipitación (250 a 2000 mm anual) y una temperatura anual promedio igual o mayor a 17°C.

De acuerdo a estas consideraciones, Pizano y García (2014), sintetizan las características típicas de los BST posicionadas por diferentes autores, resaltando las siguientes:

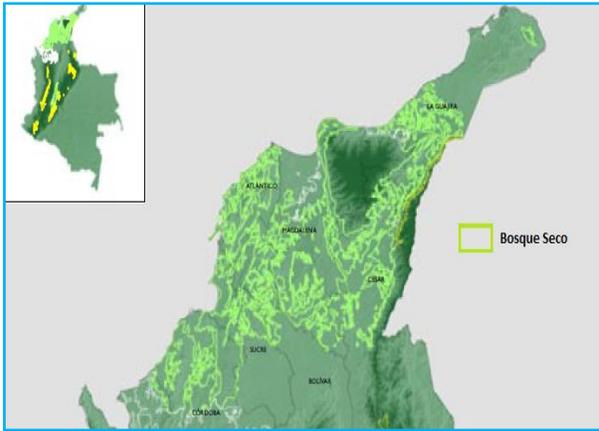
- Estacionalidad marcada de lluvias que incluye periodos de sequias (precipitación menor a 100 mm).

- Bioma que debido a la estacionalidad marcada de lluvias con varios meses de sequías, tiene menos productividad primaria y biodiversidad de plantas que bosques tropicales más húmedos.
- Bosques con procesos ecosistémicos determinados por adaptaciones morfológicas y fisiológicas debido a la estacionalidad.
- Acumulación de materia orgánica en el suelo en época de sequía (hojarasca seca) que previene la descomposición.
- Presencia de vegetación con espinas, pubescencias, aguijones, hojas compuestas y hojas rígidas, como estrategias adaptativas.

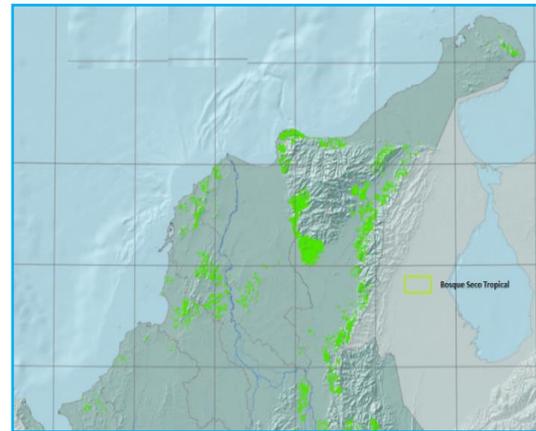
De manera resumida, Banda et al., (2016) indican que el bosque seco tropical (BST) se distribuye en tierras bajas (0-1000 msnm) con suelos fértiles y precipitación menor a 1800 mm por año, caracterizado principalmente por presentar una fuerte estacionalidad de lluvias con un periodo de tres a seis meses de sequía, en este tiempo la precipitación es menor a 100 mm por mes y la mayoría de la vegetación pierde su follaje.

**3.2.2. Distribución geográfica.** El bosque seco tropical presenta una amplia y fragmentada distribución, desde México hasta Argentina y en todo el Caribe (Banda et al., 2016), reúne el 50% de las áreas boscosas en Centroamérica y el 22% en Sudamérica (Murphy y Lugo, 1986).

En Colombia la extensión del bosque seco era de aproximadamente 9.000.000 ha, de las cuales 6.306.826 (71%) se encontraban en el cinturón árido precaribeño (Etter et al., 2008), en la actualidad queda sólo el 8% de la cobertura original (Figuras 1 y 2), (García et al., 2014).



**Figura 1.** Bosques secos originales en el cinturón árido precaribeño. **Fuente:** Etter *et al.*, (2008)



**Figura 2.** Bosque seco tropical actual en el cinturón árido precaribeño. **Fuente:** Pizano y García, (2014).

En Colombia, la distribución del bosque seco tropical abarca las regiones de la costa Caribe (La Guajira, Atlántico, Magdalena, Cesar, Córdoba, Sucre y Bolívar), el valle del río Cauca, el valle del río Magdalena, el valle del río Patía, y la zona Norandina (Santander y Norte de Santander) (González *et al.*, 2014).

Se han identificado aproximadamente 720.000 ha de BST, de las cuales, 332.810 corresponden a bosques naturales y 384.416 ha están presentes en matrices transformadas (Pizano y García, 2014) (Figura 3).

REGION / SUBREGION BST	NATURAL	TRANSFORMADAS	TOTAL GENERAL	PROPORCIÓN DE BOSQUE NATURAL
Caribe	202,423	165,338	367,761	55.0%
Noradino	37,298	41,502	78,800	47.3%
Valle del Cauca	21,892	92,930	114,823	19.1%
Alto Cauca	17,481	73,179	90,661	19.3%
Medio y Bajo Cauca	4,410	19,751	24,162	18.3%
Valle Magdalena	71,195	84,644	155,840	45.7%
Alto Magdalena	43,479	66,495	109,974	39.5%
Medio Magdalena	27,716	18,149	45,866	60.4%
<b>Total</b>	<b>332,810</b>	<b>384,416</b>	<b>717,226</b>	<b>46.4%</b>

**Figura 3.** Cobertura de bosque seco tropical en las regiones de Colombia. **Fuente:** Pizano y García (2014).

La Corporación Autónoma Regional de las Valles del Sinú y San Jorge – CVS, delimitó una subregionalización ambiental para el departamento de Córdoba, teniendo sus características físicas, la estructura político administrativa y el tipo de ecosistemas que se presentan en los distintos municipios (CVS, 2016) señalando que el Bosque seco tropical se distribuye en seis subregiones del departamento (Tabla 1).

**Tabla 1.** Subregiones del Departamento de Córdoba.

Subregión	Municipios	área (km <sup>2</sup> )
<b>Alto Sinú</b>	Tierralta, Valencia	5.696
<b>Sinú Medio</b>	Ciénaga de Oro, San Carlos, Cereté, San Pelayo, Montería	4.928
<b>Bajo Sinú – Ciénaga Grande</b>	Lorica, Purísima, Momil, Chimá, Cotorra	1.569
<b>Sabana</b>	Sahagún, Chinú, San Andrés de Sotavento, Tuchín	1.866
<b>San Jorge</b>	Planeta Rica, Ayapel, Montelíbano, La Apartada, Buenavista, Puerto Libertador, Pueblo Nuevo, San José de Uré	8.911
<b>Costanera</b>	San Antero, San Bernardo del Viento, Moñitos, Los Córdoba, Canalete, Puerto Escondido	1.920

Fuente: Adaptado de CVS, 2016.

**3.2.3. Información Florística.** El bosque seco sostiene una diversidad de plantas, adaptadas a condiciones de sequía (Pizano et al., 2016), contiene aproximadamente 2600 especies de plantas, de las cuales, 83 son especies endémicas (Pizano et al., 2014).

De acuerdo a la caracterización de la vegetación para la región Caribe, basada en aspectos de su estructura, composición florística, topografía y precipitación, se incluye entre otras formaciones vegetales, a los **Bosques secos estacionales con follaje caedizo**, caracterizados por estratos arbóreos dominados por *Handroanthus billbergii*, *Gyrocarpus americanus*, *Bursera graveolens*, *Coursetia caribaea* y *Pseudobombax septenatum*. L; y los **Bosques secos incluyendo vegetación ribereña de planicie**, distribuidos cerca de los cauces de ríos y quebradas, reúne

árboles con alturas hasta 25 m, destacándose las especies *Anacardium excelsum*, *Hura crepitans*, *Aspidosperma polyneuron*, *Toxicodendron striatum*, *Enterolobium cyclocarpum* y *Astronium graveolens* entre las más dominantes en los departamentos de Córdoba, Cesar y Magdalena (Rangel, 2015).

Para Colombia, en muestreos de 0.1 ha, la familia Fabaceae representa el mayor número de especie en el bosque seco tropical, seguida de Bignoniaceae, las familias Sapindaceae, Capparidaceae, Euphorbiaceae y Rubiaceae ocupan el tercer lugar. Para el Caribe y la región del norte del Tolima, el género *Capparis* (Capparaceae) es el que presenta mayor diversidad, seguido de *Trichilia* (Meliaceae) *Bauhinia*, *Machaerium*, (Fabaceae) *Coccoloba* (Polygonaceae), *Randia* (Rubiaceae), *Paullinia* (Sapindaceae) y *Tabebuia* (Bignoniaceae) (IAvH, 1998).

**3.2.4. Estado de fragmentación.** La fragmentación se puede definir como un proceso que resulta en la pérdida de continuidad de un determinado hábitat, transformándose en parches aislados de menor tamaño, en una matriz de hábitat diferentes al original (Arroyo y Mandujano, 2007).

La fragmentación abarca el análisis espacial de los cambios y/o pérdida de la cobertura vegetal resultado de procesos naturales y antrópicos; es un proceso a nivel de paisaje en el que un tipo de ecosistema se subdivide y se presenta una considerable reducción y aislamiento de hábitats (CVC, 2009). La fragmentación puede ser medida utilizando sistemas de información geográficos (SIG), con base en una caracterización previa de los ecosistemas, mediante el cálculo de índices de fragmentación.

La selección de los diversos índices o métricas del paisaje, depende del alcance de la investigación, generalmente se pueden dividir en los que cuantifican las características y abundancia del tipo de parches y los que describen la configuración espacial de los parches dentro del paisaje (Moizo, 2007). Dentro de los más usados, Alarcón (2017) describe los siguientes:

**Índice de área:** Calcula el área correspondiente a cada uno de los fragmentos y el área correspondiente al conjunto de fragmentos

**Índices de forma:** determina la forma de los fragmentos basada en la relación entre área y perímetro. Entre estos se destacan, Shape Index (complejidad de la forma de los fragmentos en comparación con una forma estándar), Landscape Shape Index (relación entre área y perímetro para el conjunto del paisaje), Dimensión fractal (grado de complejidad de cada fragmento a partir de la relación entre área y perímetro) y el Índice de diversidad de forma de Patton que agrupa los fragmentos en formas redondeadas o euclidianas e irregulares.

**Índice de compactación:** indica el grado de fragilidad o compactación del fragmento con relación a la matriz circundante.

**Índice de Fragmentación:** relaciona al área global de bosque y el área total fragmentada.

**Índice de Continuidad o Conectividad Espacial:** evalúa la continuidad espacial como indicador de fragmentación boscosa.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. ÁREA DE ESTUDIO

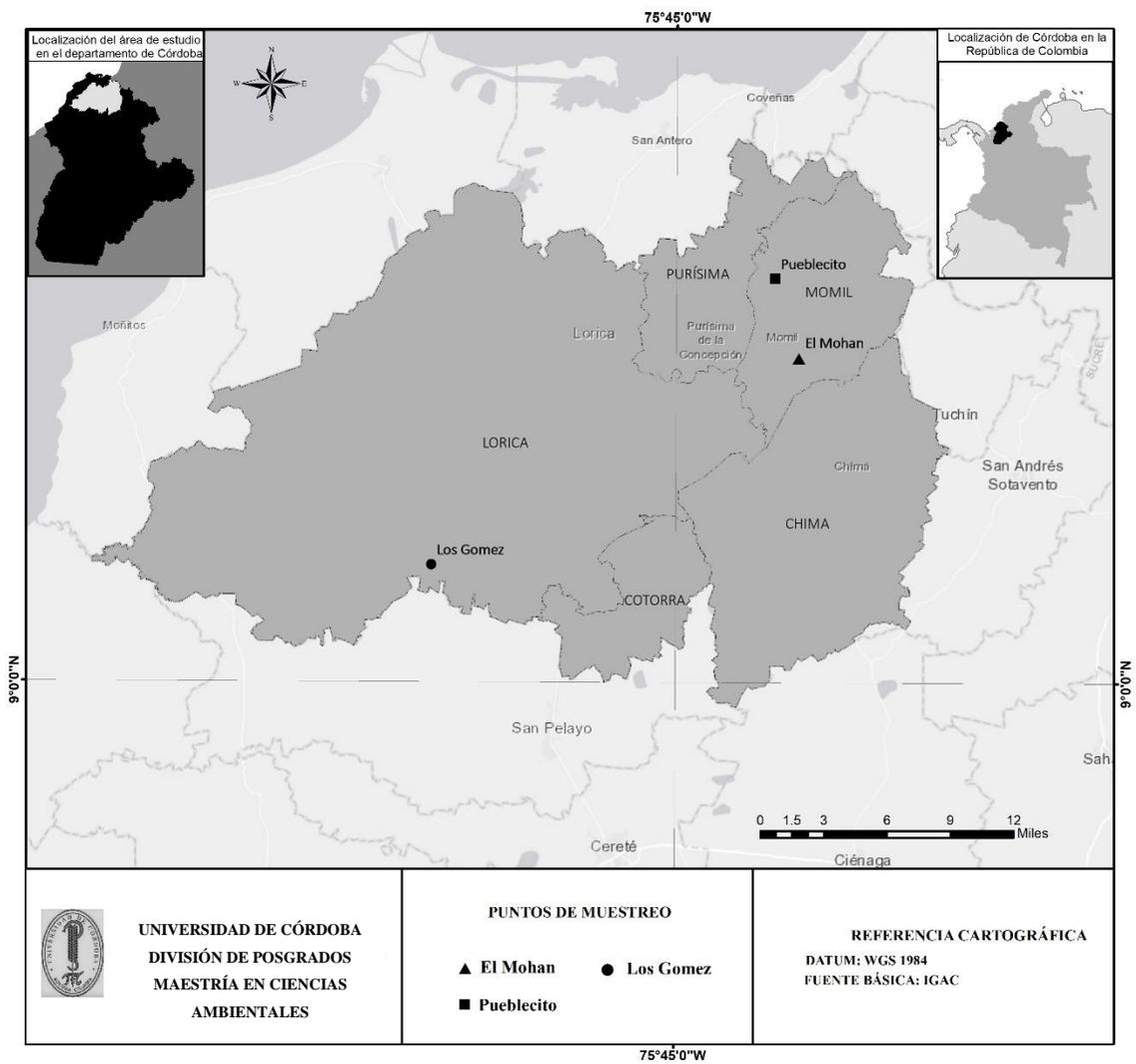
El Departamento de Córdoba se encuentra ubicado en la región Caribe, en el extremo noroccidental del país; localizado entre los 09°26'16" y 07°22'05" de latitud norte, y los 74°47'43" y 76°30'01" de longitud oeste; cuenta con una superficie de 25.020 km<sup>2</sup>.

El presente trabajo se desarrolló en tres fragmentos de bosque seco tropical, ubicados en la subregión del Bajo Sinú, seleccionados considerando aspectos como el tamaño, la accesibilidad y el orden público, en los municipios de Loricá (Los Gómez) y Momil (Cerro El Mohán, Finca Pueblecito) (Tabla 2, Figura 4).

Es de mencionar que esta zona presenta una precipitación promedio anual de 1.200 a 1.300 mm y temperatura promedio de 28°C, reúne bosques fuertemente intervenidos, los cuales representan el 0.10 % de cobertura boscosa respecto al departamento, mientras que los complejos lagunares ocupan el 23% de suelo de la subregión (Graciliano et al., 2006; CVS, 2017).

**Tabla 2.** Ubicación geográfica, área y forma de los fragmentos de bosque seco estudiados en el Bajo Sinú.

Subregión	Localidad	Coordenadas Geográficas	Altitud (m)	Área (ha)	Forma del fragmento	ANEXO
Bajo Sinú	Loricá-Los Gómez	09°03'54.4" N	44	31	Redonda	1
	Finca Providencia	75°55'31.0" W				
	Momil-Pueblecito	09°16'44.1" N	63	16	Redonda	2
	Finca La Gardenia	75°40'53.7" W				
Momil- Cerro El Mohán	09°13'25.2" N	76	14	Irregular	3	
	75°39'53.4" W					



**Figura 4.** Localidades de muestreo de bosque seco en el Bajo Sinú.

## **4.2. FASE DE CAMPO Y LABORATORIO**

**4.2.1. Diversidad florística.** Se siguió la metodología de Parcelas de Muestreo Rápido de Vegetación - RAP modificada por el Convenio ISA – JAUM (2004, citado por Ariza et al., 2009), mediante el establecimiento de parcelas rectangulares de 4 x 50 m donde se censaron y midieron todos los individuos con DAP  $\geq 2.5$  cm (tomado a 1.30 m del suelo).

La parcela se subdividió en dos subparcelas de 2 x 50 m, registrando en la primera (considerada como lado derecho), todas las especies que no alcanzan un DAP > 2.5 cm.

En relación a las muestras colectadas, estas se procesaron de acuerdo a técnicas convencionales de herborización; se realizó registro fotográfico, georreferenciación de los ejemplares, además se describieron aspectos básicos como el biotipo, altura y características morfológicas.

La colecta del material vegetal se realizó bajo el permiso marco de investigación otorgado a la Universidad de Córdoba por la Agencia Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, mediante resolución 00914 de 2017.

Los ejemplares botánicos se determinaron taxonómicamente y se depositaron en el Herbario de la Universidad de Córdoba – HUC, de acuerdo a los protocolos de manejo de la colección, se siguió el sistema de clasificación APG IV (2016). El (los) autor (es) y sinónimos de las especies se actualizaron con las bases de datos The Plant List, The Internacional Plant Names Index y W3-Tropicos.

### **4.2.2. Estado de fragmentación**

#### **- Selección de los fragmentos**

Para la selección y delimitación de fragmentos, se utilizó la información contenida en el shapefile correspondiente al mapa de coberturas a escala 1:25.000 en el

marco de la actualización del Plan General de Ordenación Forestal del Departamento de Córdoba (CVS, 2017). Como insumo base se siguió la información espacial de Coberturas de la tierra a escala 1:25.000, generada a través de la metodología Corine Land Cover (Ardila y García, 2010).

Para reunir todos los fragmentos de interés se analizaron los elementos espacializados incluidos dentro de la clasificación de Bosques y Áreas seminaturales, definida como “Grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales que son el resultado de procesos climáticos; también por aquellos territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos y arenosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos de degradación”.

En esta categoría se incluyen otras coberturas como resultado de un fuerte manejo antrópico que corresponde a las plantaciones forestales y la vegetación secundaria o en transición”. De manera resumida, este nivel de la leyenda Corine Land cover (Ardila y García, 2010) puede incluir 1) bosques, 2) áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva, y 3) Áreas abiertas sin o con poca vegetación.

La selección de fragmentos de bosque seco se centró en los polígonos correspondientes a las subcategorías bosque abierto, bosque denso, bosque fragmentado, bosque de galería y ripario, arbustal, vegetación secundaria y en transición, para obtener como producto intermedio un archivo shapefile. Para el procesamiento y espacialización de los datos se utilizó el software ArcGis 10.1.

Se utilizó el programa Google Earth (versión libre 7.1.2.2041), imagen correspondiente a 09 de 2018, para generar el mosaico de polígonos de bosque seco sobre la capa del área de estudio consolidada mediante el software ArcGis 10.1. Se seleccionaron 14 fragmentos inmersos en un área de 116,25 ha. calculando en cada caso su área y perímetro utilizando el software mencionado.

Se realizó validación de la información en campo a partir de fragmentos que presentaron mayor área. La georreferenciación de los fragmentos de bosque seco se realizó con dispositivo GPS marca Garmin configurado con los parámetros MAGNA-SIRGAS (Marco Geocéntrico Nacional-Sistema de Referencia Geodésico para las Américas).

Los índices de fragmentación (Grado de fragmentación e índice de diversidad de forma) se estimaron de acuerdo a lo indicado por Lozano et al. (2011), basados en sistemas de información geográfica.

**Grado de fragmentación:** considera la relación entre el área de bosque y el área total mediante la fórmula:

$$F = \text{área de bosque (ha)} / \text{área total (ha)}.$$

Los valores de F varían entre 0 y 1, de acuerdo al siguiente rango de interpretación:

Rango valor	Categorización del bosque
F = 1	Bosques sin fragmentación
1 > F ≥ 0,7	Fragmentación moderada
0,7 > F ≥ 0,5	Altamente fragmentado
0,5 > F	Insularizado

**Índice de diversidad de Forma de Patton.** Se utilizó para la evaluación de la forma de los fragmentos de bosque. Cuando el índice de diversidad es 1, la forma del fragmento se asemeja un círculo; a medida que este va en aumento, la forma se torna más compleja e incrementa el efecto de borde de las áreas circundantes o adyacentes. Se considera que índices de diversidad superiores a 2 reflejan formas amorfas.

$$DI = P/2*\sqrt{3.1416*a}$$

Donde: P: perímetro de cada fragmento; A: área de cada fragmento.

El índice de diversidad de forma se agrupa en cinco intervalos de la siguiente forma:

Rango valor	Categorización del bosque
< 1,25	Redondo
1,25 ≤ 1,50	oval-redondo
1,50 ≤ 1,75	oval-oblongo
1,76 ≤ 2	Rectangular
> 2	amorfo irregular

**Índice de Continuidad espacial (FCI):** la continuidad espacial es esencial para la supervivencia de especies vegetales y animales, asegurando de esta forma el intercambio continuo de genes. Se utilizó el Índice de continuidad de Vogelmann comparado dentro de la escala logarítmica natural. Los valores menores a 0 indican continuidad.

$$FCI = \ln (\sum A / \sum P)$$

Donde:

$\sum A$  = área total de parches de bosque del paisaje, en metros cuadrados (m<sup>2</sup>)

$\sum P$  = perímetro total de parches de bosque del paisaje en metros (m).

### 4.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

**4.3.1. Diversidad florística:** Se utilizó los paquetes estadísticos del programa R versión 4.0.0, Vegan y BiodiversityR. Para estimar la Diversidad Alfa se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Weiner, Simpson y Alpha de Fisher. Se realizó la curva de acumulación de especies para establecer la representatividad de los muestreos.

Se calculó la Diversidad Beta de acuerdo con el índice de Similitud de Sørensen (Ss) para comparar la composición de especies entre los fragmentos (Colwell y Coddington, 1994) y el índice de Whittaker, que la define como la magnitud de cambio en la composición de las especies a lo largo de un gradiente ambiental o entre diferentes comunidades en un paisaje, indicando esencialmente cuan diferente es la composición de especies (riqueza) entre las distintas unidades ambientales (Magurran, 2004), mediante la fórmula:

$$\beta_w = S/\alpha - 1$$

Donde S corresponde al número total de especies, y  $\alpha$  al número promedio de especies por sitio.

Para comprobar los supuestos de normalidad y homocedasticidad de los datos, se utilizó la prueba de normalidad de Lilliefors y la prueba de homogeneidad de Levene para comparar las varianzas.

Al no cumplirse los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se aplicaron pruebas no paramétricas, utilizando la prueba de Kruskal-Wallis para comprobar diferencias relevantes entre la riqueza por localidades y la prueba de Welch teniendo en cuenta que se presentaron datos atípicos, para determinar diferencias significativas entre las abundancias de las especies por localidad.

Para determinar la estructura florística se utilizaron los tipos de hábitos de crecimiento descritos por Mendoza (1999) y se organizaron clases diamétricas y altimétricas. Se calcularon los Índices de Valor de Importancia por especie (IVI) y por familia (IVIF) para reconocer las especies y familias con mayor peso ecológico dentro del ecosistema (Mostacedo y Fredericksen, 2000; Moreno, 2001).

#### **4.3.2. Relación del tamaño y área de fragmentos con la diversidad florística.**

Se evaluó la asociación de la riqueza, abundancia y los índices de diversidad con la forma y tamaño de cada fragmento mediante test de correlaciones y test de dependencia entre variables, se aplicó la prueba de Shapiro–Wilk y la prueba de homogeneidad de Levene para comprobar los supuestos de normalidad y homocedasticidad de los datos.

Se utilizó el Coeficiente de Correlación de Spearman ( $\rho$ ) para la asociación de la diversidad con el tamaño del fragmento, calculando el p-valor para comprobar la significancia de las correlaciones obtenidas y una prueba Chi-cuadrado con simulación de Monte Carlo para asociar la forma de los fragmentos a la diversidad.

#### **Hipótesis estadística:**

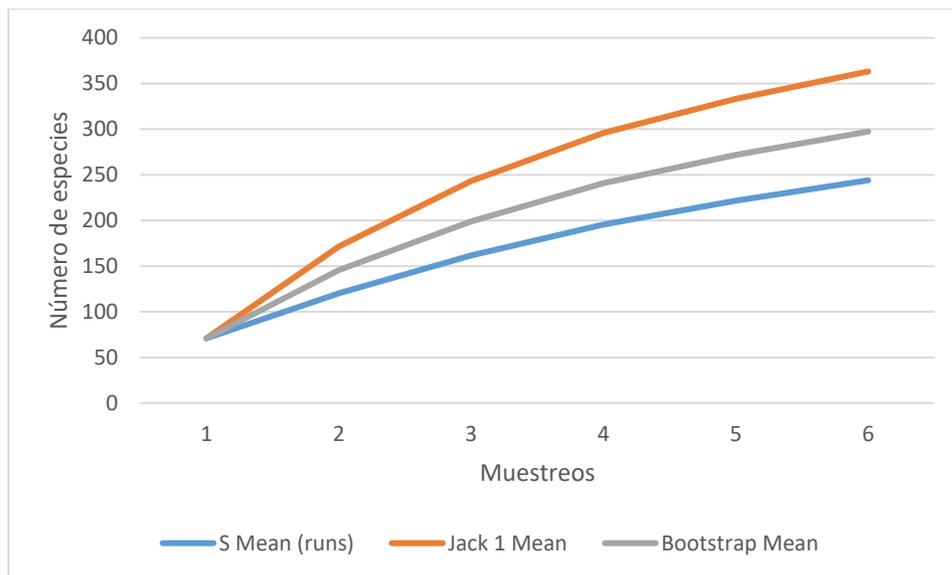
**H<sub>0</sub>:** La diversidad florística no difiere significativamente entre los fragmentos de bosque seco del Bajo Sinú, teniendo en cuenta la forma y área de los polígonos que lo conforman.

**H<sub>a</sub>:** La diversidad florística difiere significativamente entre los fragmentos de bosque seco del Bajo Sinú, teniendo en cuenta la forma y área de los polígonos que lo conforman.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. RESULTADOS

**5.1.1. Diversidad, composición y estructura florística.** La curva de acumulación especies, según los estimadores Jack 1 Mean y Bootstrap Mean, refleja un esfuerzo de muestreo del 84%, indicando que el muestreo fue representativo (Figura 5; Anexo 4).

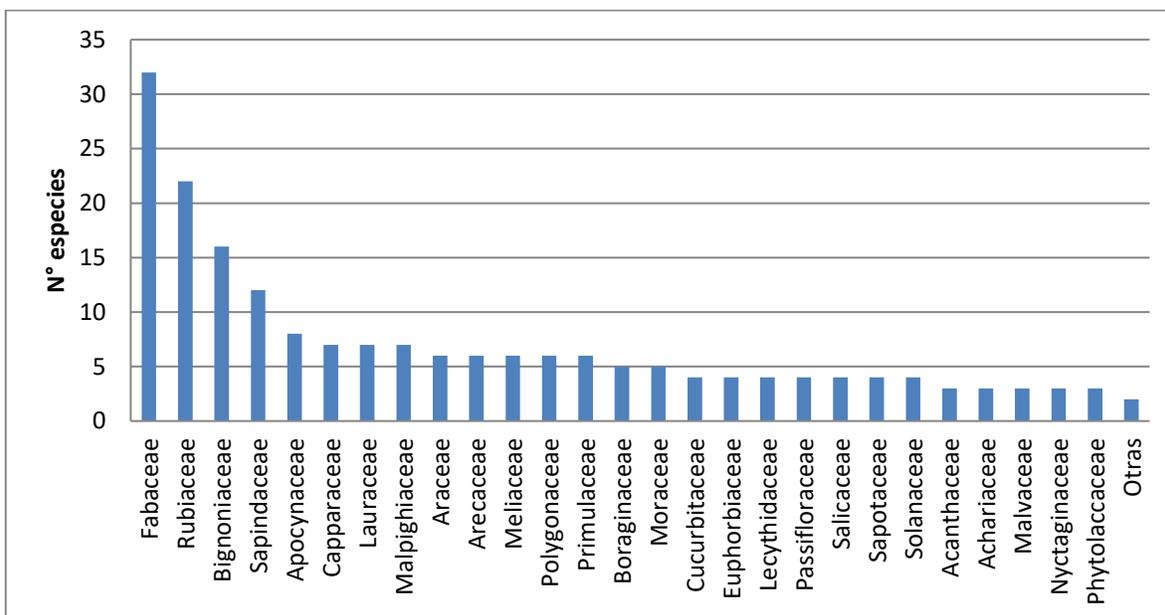


**Figura 5.** Curva de acumulación de especies - Subregión Bajo Sinú.

Se registró un total de 2.178 individuos distribuidos en 59 familias, 151 géneros y 226 especies (Anexo 5). Las familias con mayor abundancia fueron Fabaceae (339 individuos), Capparaceae (174), Bignoniaceae, Malpighiaceae, Anacardiaceae y Rubiaceae (122 - 128), mientras que a nivel de riqueza fueron relevantes Fabaceae (32 especies), Rubiaceae (23), Bignoniaceae (16), Sapindaceae (12), Apocynaceae (10), Lauraceae (8), Capparaceae y Malpighiaceae (7 cada una) (Figura 6).

La familia Fabaceae se presenta igualmente como la familia con mayor número de géneros (15 géneros, 32 especies), seguida de Rubiaceae (12 géneros), Bignoniaceae y Sapindaceae con nueve géneros cada una.

Los géneros *Machaerium*, *Trichilia*, *Casearia* y *Randia*, representan la mayor diversidad con cuatro especies, seguidos de *Albizia*, *Coccoloba* y *Sorocea* con tres especies.



**Figura 6.** Familias con mayor riqueza de especies en la subregión Bajo Sinú

Los fragmentos que presentaron la mayor diversidad en términos de riqueza fueron Los Gómez con 119 especies, distribuidas en 38 familias y 86 géneros, seguida de la localidad Pueblecito con 118 especies (44 familias, 79 géneros).

La especie con mayor abundancia registrada durante el estudio fue *Astronium graveolens*, seguida de las especies *Capparidastrum frondosum*, *Coursetia*

*ferruginea* y *Eugenia* sp 1. Los datos de riqueza y abundancia para cada fragmento se relacionan en las tablas 3 y 4.

**Tabla 3.** Riqueza para cada uno de los fragmentos visitados subregión Bajo Sinú.

Fragmento	N° Especies	N° Géneros	N° Familias	Familias con mayor N° de especies	Familias con mayor N° de géneros	Géneros con mayor N° de especies
El Mohán	69	57	29	Fabaceae (12) Bignoniaceae (10) Capparaceae (4) Arecaceae Euphorbiaceae, Malpighiaceae, Rubiaceae, Solanaceae (3)	Bignoniaceae – Fabaceae (7) Arecaceae, Capparaceae, Euphorbiaceae, Malpighiaceae, Rubiaceae, Solanaceae (3)	<i>Albizia</i> , <i>Frideria</i> (3) <i>Casearia</i> , <i>Coursetia</i> , <i>Cynophalla</i> , <i>Dolichandra</i> , <i>Machaerium</i> , <i>Passiflora</i> , <i>Pithecellobium</i> (2)
Los Gómez	119	87	38	Fabaceae (18), Rubiaceae (10), Sapindaceae (9), Capparaceae (6), Apocynaceae – Araceae (5),	Fabaceae (10), Rubiaceae (8), Sapindaceae (6), Apocynaceae - Capparaceae (5) Malpighiaceae (4)	<i>Paullinia</i> (4) <i>Bauhinia</i> , <i>Casearia</i> , <i>Coccoloba</i> , <i>Inga</i> , <i>Machaerium</i> , <i>Monstera</i> , <i>Randia</i> , <i>Trichilia</i> (3)
Pueblecito	118	78	44	Rubiaceae (14), Fabaceae (12), Bignoniaceae (8), Meliaceae (6), Apocynaceae, Arecaceae, Lauraceae, Polygonaceae, Sapotaceae (4)	Fabaceae (8), Rubiaceae (7), Bignoniaceae (5), Arecaceae- Lauraceae (4)	<i>Trichilia</i> (4) <i>Dolichandra</i> , <i>Inga</i> , <i>Pouteria</i> , <i>Casearia</i> , <i>Coccoloba</i> , <i>Randia</i> (3)

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 4.** Abundancia para cada uno de los fragmentos visitados subregión Bajo Sinú.

Fragmento	Total de individuos	Especies con mayor abundancia	Generos con mayor abundancia	Familias con mayor abundancia
El Mohán	741	<i>Astronium graveolens</i> (115) <i>Coursetia ferruginea</i> (68) <i>Dioscorea altissima</i> (63) <i>Gouania polígama</i> (53)	<i>Astronium</i> (115) <i>Coursetia</i> (71) <i>Dioscorea</i> (63) <i>Machaerium</i> (54) <i>Albizia</i> – <i>Gouania</i> (53)	Fabaceae (212) Anacardiaceae (115) Bignoniaceae (71) Dioscoreaceae (63) Euphorbiaceae (61)

<b>Los Gómez</b>	776	<i>Capparidastrum frondosum</i> (59) <i>Cardiospermum grandiflorum</i> – <i>Malpighia glabra</i> (42) <i>Trichilia acuminata</i> - <i>Capparis</i> <i>amplísima</i> (36)	<i>Trichilia</i> (80), <i>Capparidastrum</i> (59), <i>Cardiospermum</i> – <i>Malpighia</i> (42), <i>Capparis</i> (36)	Capparaceae (122) Fabaceae (84) Meliaceae – Sapindaceae (80) Malpighiaceae (76) Rubiaceae (74)
<b>Pueblocito</b>	661	<i>Eugenia</i> sp 1(68), <i>Bactris major</i> (47) <i>Capparidastrum frondosum</i> (42), <i>Coccoloba densifrons</i> (26)	<i>Eugenia</i> (69), <i>Bactris</i> (47), <i>Capparidastrum</i> (42), <i>Trichilia</i> (35) <i>Coccoloba</i> (33) <i>Pouteria</i> (27)	Arecaceae – Myrtaceae (69), Polygonaceae (46), Fabaceae – Capparaceae (43) Rubiaceae (39) Meliaceae (36)

Fuente: Elaboración propia.

Para el tratamiento estadístico, se aplicaron las pruebas de hipótesis y análisis de biodiversidad con intervalos de confianza del 95 %. De acuerdo a la prueba de normalidad de Lilliefors (Anexo 6) y la prueba de homogeneidad de Levene (Anexo 7), el p-valor obtenido es menor que alfa (0.05), por lo tanto, se rechazan las hipótesis de que los datos de la riqueza y abundancia siguen una distribución normal y que los datos presentan varianzas homogéneas.

Al no tener normalidad ni homocedasticidad para los datos, se utilizaron pruebas no paramétricas y estadística robusta para la variable con presencia de datos atípicos.

Los resultados de la prueba de Welch (Anexo 8), arrojó un p-valor mayor que alfa (0.05), por lo tanto, se rechaza de forma significativa que existe diferencias entre la abundancia de especies por localidades, de igual forma, la prueba de Kruskal-Wallis (Anexo 9), indicó que la riqueza por localidades no difiere significativamente.

En la tabla 5 se presenta los valores de los índices para estimar la diversidad calculados para cada uno de los fragmentos de la subregión Bajo Sinú.

**Tabla 5.** Índices de diversidad para los fragmentos de bosque en la subregión Bajo Sinú.

Índice	Localidad	Media	SD
Shannon	Cerro El Mohán	2.914	0.255
	Los Gómez	3.437	0.263
	Pueblecito	3.478	0.186
Simpson	Cerro El Mohán	0.909	0.033
	Los Gómez	0.952	0.010
	Pueblecito	0.951	0.016
Alfa de Fisher	Cerro El Mohán	14.427	3.039
	Los Gómez	22.463	6.185
	Pueblecito	27.714	3.720

Fuente: Elaboración propia.

En las tablas 6 y 7 se presentan los índices de Diversidad Beta, indicando que la composición florística de los fragmentos estudiados es diferente, Pueblecito y Los Gómez comparten el mayor número de especies. El Cerro El Mohán y Pueblecito presentaron la más baja similitud.

**Tabla 6.** Índice de Whittaker

	El Mohán	Los Gómez	Pueblecito
El Mohán	0.00000000	0.81052632	<b>0.84126984</b>
Los Gómez	0.81052632	0.00000000	<b>0.69874477</b>
Pueblecito	<b>0.84126984</b>	<b>0.69874477</b>	0.00000000

Fuente: Elaboración propia.

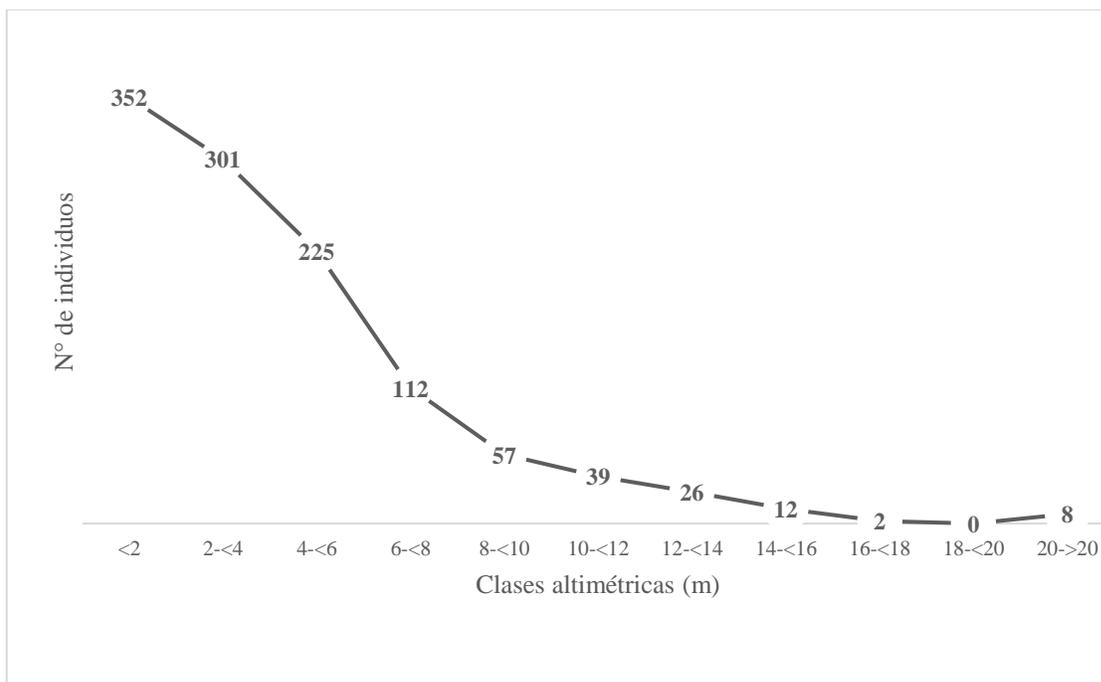
**Tabla 7.** Índice de disimilitud de Sørensen

	El Mohán	Los Gómez	Pueblecito
El Mohán	0.00000000	0.81914894	<b>0.85026738</b>
Los Gómez	0.81914894	0.00000000	<b>0.70464135</b>
Pueblecito	<b>0.85026738</b>	<b>0.70464135</b>	0.00000000

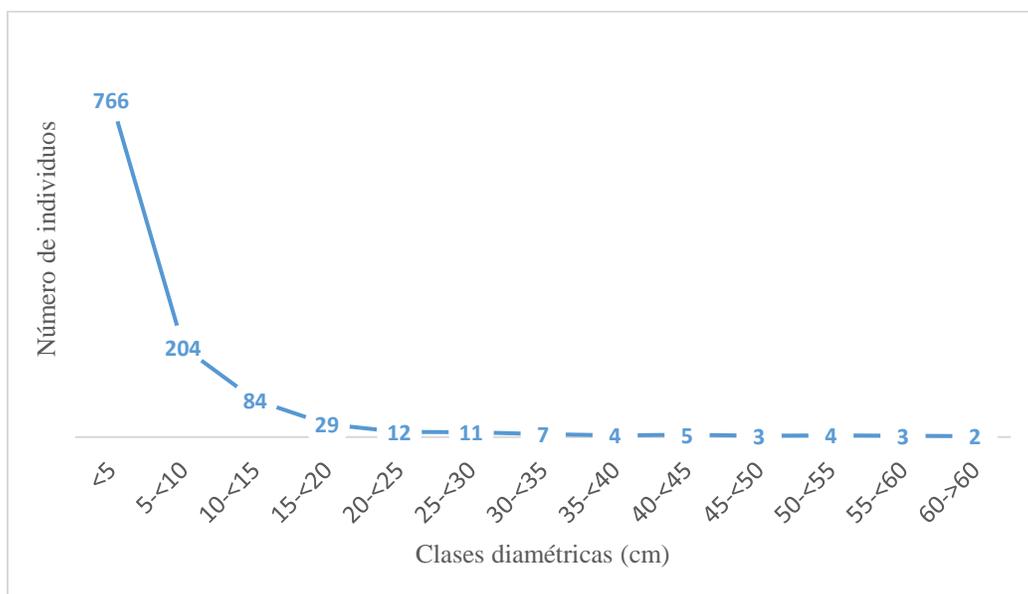
Fuente: Elaboración propia.

Para la estructura florística, de acuerdo con el hábito de crecimiento, los arbustos presentaron la cobertura dominante con 42%, seguidos por el 26% de lianas y 24.5 % de árboles. Las palmas estuvieron representadas por el 4.6%. Con respecto a la altura promedio, en su mayoría las especies no sobrepasaron los 4 m, siendo los taxones con mayor altura *Attalea butyracea* con 20 metros y *Trichilia pleeana* con 15 m.

En los fragmentos del Bajo Sinú, las distribuciones por clases altimétricas (Figura 7) y diamétricas (Figura 8) se presentaron en forma de J invertida, donde la mayoría de los individuos se ubica en los primeros rangos de altura no superando los 4 m y 5 cm de DAP. El número de individuos disminuye a medida que el DAP y la altura aumentan.



**Figura 7.** Distribución por clases altimétricas – Subregión Bajo Sinú. **Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 8.** Distribución por clases diamétricas – Subregión Bajo Sinú. **Fuente:** Elaboración propia.

### Índice de Valor de Importancia por especie – IVI.

Las especies con mayor importancia ecológica fueron *Attalea butyracea*, *Astronium graveolens*, *Coursetia ferruginea*, *Bactris major*, *Capparidastrum frondosum*, *Albizia niopoides*, *Machaerium sp1.*, *Eugenia sp1.*, *Guazuma ulmifolia* y *Trichilia pleeana* (Tabla 8).

**Tabla 8.** Especies con mayor Índice de Valor de Importancia– Subregión Bajo Sinú

ESPECIES	NI	DR	AB	DoR	FA	FR	IVI
<i>Attalea butyracea</i>	14	1,235	2,510	29,062	2	1,117	10,471
<i>Astronium graveolens</i>	118	10,406	0,888	10,276	2	1,117	7,266
<i>Coursetia ferruginea</i>	59	5,203	0,498	5,760	1	0,559	3,841
<i>Bactris major</i>	38	3,351	0,507	5,865	2	1,117	3,444
<i>Capparidastrum frondosum</i>	72	6,349	0,044	0,510	2	1,117	2,659
<i>Albizia niopoides</i>	25	2,205	0,310	3,588	2	1,117	2,303
<i>Machaerium sp1.</i>	42	3,704	0,209	2,416	1	0,559	2,226

<i>Eugenia sp1.</i>	57	5,026	0,042	0,489	1	0,559	2,025
<i>Guazuma ulmifolia</i>	3	0,265	0,336	3,885	2	1,117	1,756
<i>Trichilia pleeana</i>	32	2,822	0,104	1,206	2	1,117	1,715
<b>Sub Total</b>	<b>460,0</b>	<b>40,6</b>	<b>5,4</b>	<b>63,1</b>	<b>17,0</b>	<b>9,5</b>	<b>37,7</b>
<b>Especies restantes (136)</b>	674,0	59,4	3,2	36,9	162,0	90,5	62,3
<b>TOTAL</b>	<b>1134</b>	<b>100</b>	<b>8,63829</b>	<b>100</b>	<b>179</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Elaboración propia. NI: Número de individuos; DR: Densidad relativa (%); AB: Area Basal; DoR: Dominancia relativa (%); FA: Frecuencia absoluta; FR: Frecuencia relativa (%); IVI: Valor de Importancia por especie (%).

### Índice de Valor de Importancia por Familia - IVIF

Las familias Arecaceae, Fabaceae, Anacardiaceae, Capparaceae, Rubiaceae, Meliaceae, Polygonaceae, Myrtaceae, Malvaceae, Lauraceae, Malpighiaceae y Moraceae presentaron la mayor importancia ecológica. (Tabla 9).

**Tabla 9.** Familias con mayor Índice de Valor de Importancia – Subregión Bajo Sinú

FAMILIA	NI	DR	AB	DoR	DiA	DiR	IVIF
Fabaceae	223	19,665	1,571	18,185	23	15,541	17,797
Arecaceae	52	4,586	3,017	34,927	2	1,351	13,621
Rubiaceae	85	7,496	0,325	3,759	20	13,514	8,256
Anacardiaceae	119	10,494	0,991	11,473	2	1,351	7,773
Capparaceae	128	11,287	0,226	2,620	7	4,730	6,212
Meliaceae	89	7,848	0,168	1,946	5	3,378	4,391
Polygonaceae	48	4,233	0,348	4,030	5	3,378	3,880
Lauraceae	42	3,704	0,197	2,279	8	5,405	3,796
Malvaceae	17	1,499	0,397	4,590	4	2,703	2,931
Myrtaceae	60	5,291	0,081	0,932	2	1,351	2,525
<b>Sub Total</b>	<b>863</b>	<b>76,102</b>	<b>7,320</b>	<b>84,741</b>	<b>78</b>	<b>52,703</b>	<b>71,182</b>
Familias restantes (33)	271	23,898	1,318	15,259	70	47,297	28,818
<b>TOTAL</b>	<b>1134</b>	<b>100</b>	<b>8,638</b>	<b>100</b>	<b>148</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Elaboración propia. NI: Número de individuos; DR: Densidad relativa (%); AB: Area Basal; DoR: Dominancia relativa (%); DiA: Diversidad absoluta; DiR: Diversidad relativa (%); IVIF: Valor de Importancia por Familia (%).

**5.1.2. Fragmentación:** El análisis de fragmentación del bosque seco se basó en la evaluación de 14 polígonos seleccionados para el Bajo Sinú, que representan un área de 116,25 ha (Tabla 10, Figura 9).

**Tabla 10.** Ubicación geográfica de los polígonos seleccionados para la subregión Bajo Sinú.

Fragmentos Subregión Bajo Sinú								
Fragmento	Coordenadas		Fragmento	Coordenadas		Fragmento	Coordenadas	
	X	Y		X	Y		X	Y
1	1165243,44	1506850,31	6	1125833,17	1494370,78	11	1153399,15	1518099,78
2	1109033,61	1496793,03	7	1127233,10	1494398,35	12	1156353,43	1523097,87
3	1109703,29	1500408,19	8	1110887,39	1496219,95	13	1151233,28	1528257,31
4	1126705,87	1494239,44	9	1110884,32	1495596,17	14	1109854,79	1493732,25
5	1125528,84	1494068,04	10	1155358,74	1511839,10			

**Fuente:** Elaboración propia.

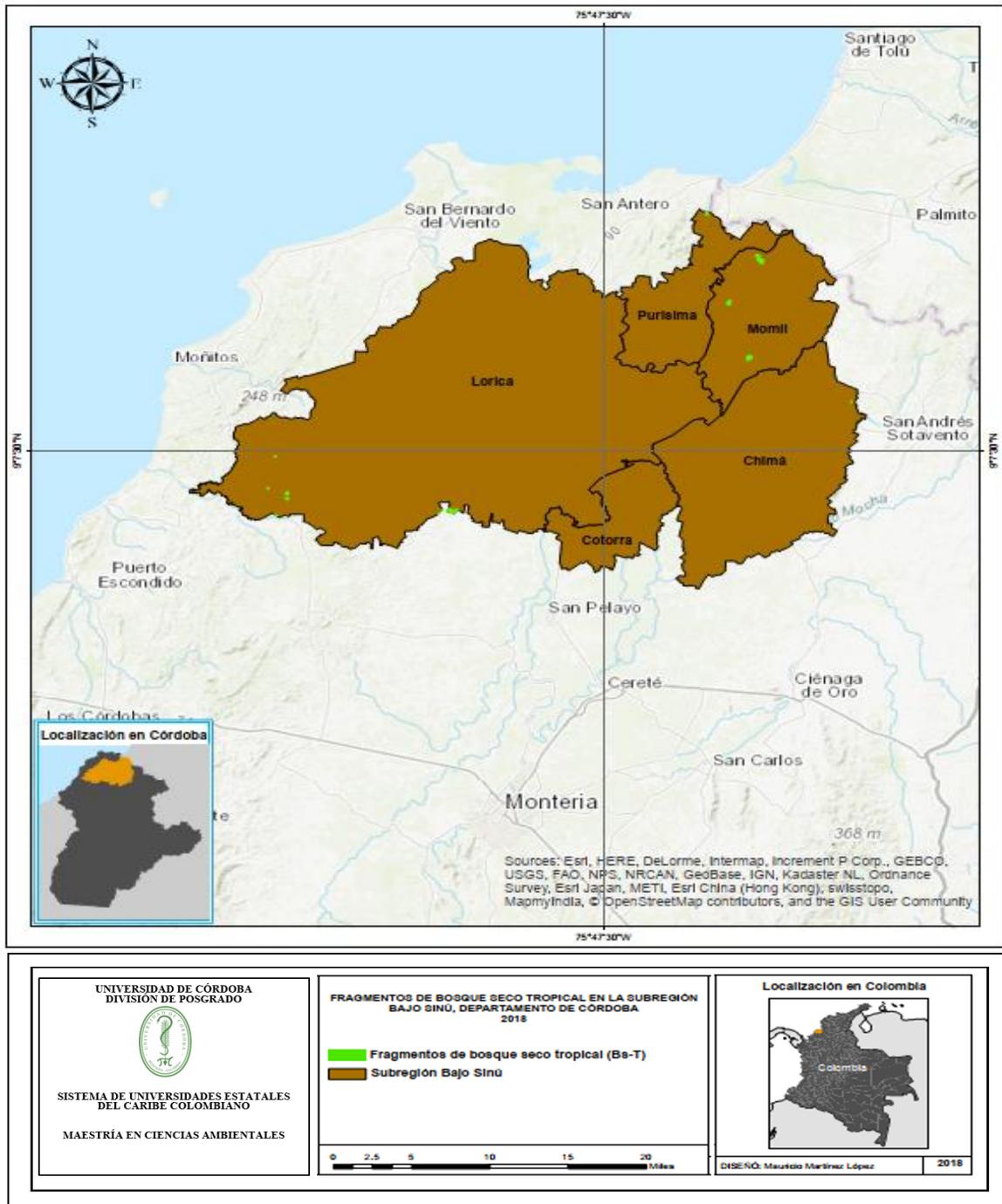
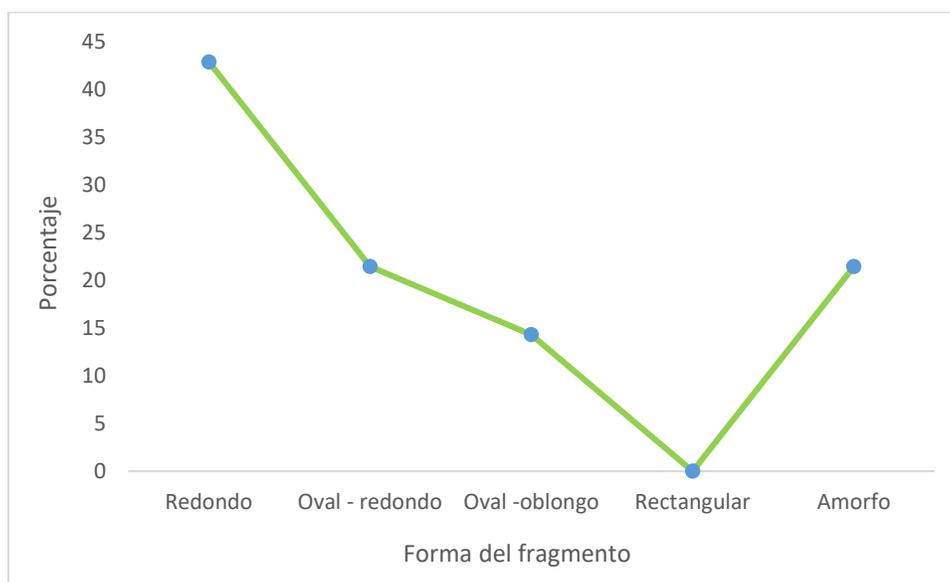


Figura 9. Mapa de fragmentos de bosque seco tropical evaluados en el Bajo Sinú.

**5.1.2.1. Índice de forma de Patton.** En la figura 10 se muestra la relación porcentual de las formas estimadas para cada fragmento, resultando una tendencia al predominio de las formas redondeadas, representadas en un 42.8 % para la subregión del Bajo Sinú, las formas irregulares alcanzaron una representación del 21.4 %, la forma rectangular no se presentó en ninguno de los fragmentos. Los resultados del índice de diversidad de forma de Patton para cada uno de los fragmentos evaluados a partir de su área y perímetro, se detallan en el Anexo 10.



**Figura 10.** Relación porcentual de la forma de fragmentos de bosque seco del Bajo Sinú.

**5.1.2.2. Grado de Fragmentación:** De acuerdo a la relación entre el área de bosque y el área total, el grado de fragmentación (F) presentó valores menores a 0,5; para el Bajo Sinú (116,25/149.176,77) se estimó un grado de fragmentación de 0,00078, indicando que las coberturas de bosque seco tropical se categorizan en el grado más crítico de fragmentación (insularizado).

SUB REGIÓN	Nº DE FRAGMENTOS	ÁREA TOTAL DE FRAGMENTOS (ha)	ÁREA TOTAL
Bajo Sinú	14	116,25	149.176,77

**5.1.2.3. Índice de continuidad:** se obtuvo un valor de 4,15, indicando que las coberturas de bosque seco en el Bajo Sinú, son discontinuas.

SUB REGIÓN	Área total (m) de parches de bosque	Perímetro total (m) de parches de bosque	Índice de continuidad
BAJO SINÚ	1162549,86	18255,16	4,15

**5.1.3. Relación del tamaño y la forma del fragmento con la diversidad.** Se evaluó la normalidad y homocedasticidad de los índices con las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, mostrando que el índice de Simpson no sigue una distribución normal, por lo tanto, se aplicó una Correlación de Spearman ( $\rho$ ) para asociar el tamaño del fragmento con la riqueza, abundancia e índices de diversidad, los resultados muestran una relación directamente proporcional entre el tamaño del fragmento con todos los índices, exceptuando sólo la abundancia, que presentó una relación inversa (Tabla 11).

Al calcular el p-valor, se pudo comprobar que los índices de Shannon, y Simpson, presentaron una correlación significativa con el tamaño del fragmento (Tabla 12).

**Tabla 11.** Correlación de Spearman ( $\rho$ )

	abundance	richness	Shannon	Simpson	Logalpha	tamaño.frag
Abundance	1.00000000	0.42456402	0.32167832	0.29370629	-0.10489510	-0.02956562
Richness	0.42456402	1.00000000	0.96491822	0.82105769	0.80000492	0.53405175
Shannon	0.32167832	0.96491822	1.00000000	0.87412587	0.84615385	0.65044364
Simpson	0.29370629	0.82105769	0.87412587	1.00000000	0.63636364	0.62087802
Logalpha	-0.10489510	0.80000492	0.84615385	0.63636364	1.00000000	0.44348430
tamaño.frag	<b>-0.02956562</b>	<b>0.53405175</b>	<b>0.65044364</b>	<b>0.62087802</b>	<b>0.44348430</b>	1.00000000

**Tabla 12.** p-valor de las correlaciones obtenidas entre el tamaño e índices de diversidad.

	abundance	richness	Shannon	Simpson	Logalpha	tamaño.frag
<b>abundance</b>	NA	0.16892368	0.30790988	0.35414764	0.74560948	0.92732559
<b>Richness</b>	0.16892368	NA	0.00000039	0.00106096	0.00178164	0.07369002
<b>Shannon</b>	0.30790988	0.00000039	NA	0.00020071	0.00052113	0.02200856
<b>Simpson</b>	0.35414764	0.00106096	0.00020071	NA	0.02609689	0.03119897
<b>Logalpha</b>	0.74560948	0.00178164	0.00052113	0.02609689	NA	0.14871813
<b>tamaño.frag</b>	0.92732559	0.07369002	<b>0.02200856</b>	<b>0.03119897</b>	0.14871813	NA

Los resultados de la prueba Chi-cuadrado no mostraron ninguna relación entre la forma del fragmento y la diversidad, dado que en todos los caso, el p.valor obtenido fue mayor a 0.05 (Anexo 11).

## 5.2. DISCUSIÓN

Uno de los grupos biológicos mejor estudiados en los bosques secos de Colombia, son las plantas, lo que ha permitido definir especies características de mayor frecuencia y grupos de plantas adaptados a las condiciones de este ecosistema (Pizano et al., 2014). De acuerdo a las afinidades florísticas se han identificado tres núcleos: el Caribe costero, los valles interandinos de los ríos Cauca y Magdalena y los afloramientos rocosos de la región de los Llanos – Orinoquía (Linares-Palomino et al., 2011), que combinan elementos de la región del norte del Caribe y Mesoamérica, de los Andes y del sur de Suramérica y Brasil.

Lo señalado anteriormente, puede explicar las variaciones en la composición florística del bosque seco en las diferentes regiones del país donde se encuentra distribuido. Aunque cada región presenta sus particularidades florísticas, se tiene de manera global, que la familia Fabaceae alcanza la mayor representación en diversidad de especies con un poco más del 17% de las reportadas para el bosque seco en Colombia, seguido de la familia Rubiaceae (Pizano et al., 2014).

Los fragmentos estudiados en la subregión Bajo Sinú del Departamento de Córdoba, mantienen la composición florística que caracteriza generalmente los bosques secos en Colombia, comparten el 45% de las especies encontradas por Mendoza (1999) para las regiones del Caribe y el Valle del río Magdalena, en muestreos de 0.1 ha. Así mismo, mantiene el registro de especies como *Bursera simaruba*, *Cecropia peltata*, *Gliricidia sepium*, *Pithecellobium lanceolatum*, *Spondias mombin*, *Chomelia spinosa*, *Cissus verticillata*, *Randia armata*, *Astronium graveolens* y *Rivina humilis* reconocidas por Pizano et al. (2014) entre las más frecuentes para la región Caribe.

Igualmente comparte los géneros *Acalypha*, *Cecropia*, *Inga*, *Cisus*, *Piper* y *Solanum* con la región de los valles interandinos; así como *Cordia*, *Casearia*, *Nectandra*, *Guazuma*, *Cecropia*, *Senna*, *Tripalris*, *Platymiscium*, *Ceiba*, *Spondias*, *Astronium*, *Bixa*, *Inga*, *Copaifera*, *Isertia*, *Dioclea*, *Monstera* y *Aphelandra* con la región de los llanos.

El predominio de la familia Fabaceae al reunir el mayor reporte en número de especies con aproximadamente el 14% del total encontradas, es constante para este ecosistema, donde se considera este grupo como el más importante, con amplia distribución y diversidad en los trópicos (Gentry, 1995; Mendoza, 1999; IAvH, 1998). Las especies de la familia Fabaceae se caracterizan por sus adaptaciones al déficit de agua, como la presencia de hojas compuestas con folíolos pequeños, espinas o aguijones y varios tipos de hábitos de crecimiento incluyendo hierbas, lianas, arbustos y árboles (Ceroni, 2003).

En este trabajo se registran especies de Fabaceae que son claves en la recuperación de suelos y áreas degradadas por actividades agropecuarias, tales como, *Albizia guachapele*, *Albizia niopoides*, *Gliricidia sepium*, *Machaerium biovulatum*, *Myrospermum frutescens*, *Inga edulis*, *Platymiscium pinnatum* y *Pithecellobium lanceolatum*, las cuales presentan resistencia a épocas de sequía y se observan comúnmente como cercas vivas, delimitación de linderos y árboles dispersos en potreros para sombra y refugio del ganado.

El establecimiento de las especies anteriormente mencionadas, se ve favorecido en la subregión del Bajo Sinú, donde los suelos se caracterizan por una textura franco arcillosa, con variaciones del pH desde 6.13 para el fragmento de Pueblecito y 7.8 para el Cerro El Mohán (Universidad de Córdoba, 2018). Para el bosque seco tropical, Pizano y García (2014) reconocen la funcionalidad de esta familia en procesos de restauración, debido a su capacidad de colonización, fácil propagación, altas tasas de crecimiento y alta capacidad de fijar nitrógeno.

A nivel de género, *Machaerium*, *Trichilia* y *Randia*, presentaron el mayor número de especies, resultados que se ajustan a lo reportado por Marulanda et al., (2003) e IAvH (1998) para los bosques secos del Caribe, donde *Trichilia* se ubica en el segundo lugar más importante en términos de riqueza después de *Capparis* en muestreos de 0.1 ha. seguidos de los géneros *Bauhinia*, *Machaerium*, *Coccoloba*, *Randia*, *Paullinia* y *Tabebuia*; de igual manera, Mendoza (1999) reporta los géneros *Capparis*, *Trichilia*, *Machaerium*, *Casearia*, *Bauhinia*, *Coccoloba*, *Aspidosperma*, *Eugenia* y *Randia* como los más importantes para bosque secos en orden de riqueza para la región Caribe y el valle del río Magdalena.

Las especies del género *Machaerium* logran desarrollarse en ecosistemas intervenidos y presentan mecanismo de dispersión de semillas por anemocoria, relacionada a la morfología de sus frutos tipo legumbre samaróide (Melendez, 2009), favoreciendo su propagación en ambientes secos característicos de la zona de estudio, donde se utilizan en la recuperación y enriquecimiento de suelos por ser especies fijadoras de nitrógeno, algunas de las especies encontradas para este género coincide con las reportadas por Mendoza (1999) para el Valle seco del río Magdalena y algunas localidades del Caribe y por Carrillo et al. (2007) en el Cerro Tasajero en el municipio de Cúcuta, donde se presentan las especies *M. arboreum*, *M. biovulatum* y *M. microphyllum* en común con esta localidad.

La mayor abundancia de la especie *Astronium graveolens* concuerda con lo reportado para fragmentos de bosque seco en localidades del Departamento de Sucre (Olascuaga et al., 2015) y Bolívar (Mendoza, 1999).

En el área de estudio, la mayor abundancia de esta especie se encontró en el Cerro El Mohán, que se caracteriza entre los fragmentos por presentar la mayor altitud (76 m) y suelos con contenido de arcilla del 35 % (Universidad de Córdoba, 2018), condiciones ambientales que favorecen el crecimiento de esta especie, ya que no se desarrollan en sitios inundables y requieren de suelos bien drenados con porcentajes de arcilla menor del 40% y un pH de 7.

Una de las principales características que se resaltan para *A. graveolens* es su capacidad de tolerar hasta seis meses de sequía al año (UICN, 2015), son árboles resistentes al déficit de agua típico del bosque seco, además, presentan un crecimiento rápido, siendo considerada como especie pionera (Maldonado et al., 2009). Es un árbol utilizado en procesos de restauración, cercas vivas y sombra para cultivos, actividades que favorecen su propagación por los habitantes de la zona, dedicados principalmente a actividades agropecuarias.

La abundancia de la familia Capparidaceae cumple una función como iniciadores de procesos de restauración, presentando resistencia al déficit hídrico en ecosistemas secos (Cornejo y Iltis, 2012), es un taxón perennifolio que puede proveer sombra para grupos menos tolerantes en los biomas secos (Gentry, 1995), se ubica entre las principales familias por importancia florística en bosques secos de algunos países Neotropicales (Aguirre y Ruiz, 2017; Gentry, 1995). *Capparidastrum frondossum* fue la segunda especie más abundante, son arbustos que crecen en bosques intervenidos (Rodríguez et al., 2012).

Los índices de diversidad mostraron comportamientos similares. Los fragmentos de Pueblecito y Los Gómez presentaron una mayor diversidad, con poca diferencia, Los menores valores de diversidad del fragmento el Mohán se debe posiblemente a que especies como *Astronium graveolens* presentaron una abundancia marcada dentro del bosque, además, puede estar relacionado con el menor tamaño que presentó este fragmento con forma irregular.

En general, se encontró una alta diversidad a pesar del estado crítico de fragmentación, valores similares han sido reportados por Ballesteros et al. (2019) para otras localidades de bosque seco del Departamento de Córdoba, lo cual puede estar relacionado a la alta fertilidad de los suelos registrada por González et al. (2018) para la Región Caribe colombiana, indicando que los altos valores de pH del suelo ( $\text{pH} > 6.3$ ), son un factor asociado probablemente a la composición florística de los bosques secos de esta región; estos resultados de diversidad también se

pueden relacionar con el número de especies exclusivas de cada localidad (Anexo 5) o poco frecuentes y/o que presentaron pocos individuos, de acuerdo a lo planteado por Norden et al. (2018) la alta diversidad en los trópicos se debe al gran número de especies raras, señalando que el 87% de las especies leñosas del bosque seco en Colombia corresponde a esta condición.

Otro aspecto que posiblemente puede explicar este resultado es el tipo de muestreo utilizado, que permitió incluir individuos con un DAP menor a 2.5 cm, generando un mayor registro de especies en el sotobosque, principalmente plantas herbáceas, aunque en este trabajo así como en la mayoría de los estudios realizados para el bosque seco este grupo no se ubica dentro de los más frecuentes, Pizano et al., (2014) registran para Colombia un significativo número de hierbas, identificándolas como la segunda forma de crecimiento más frecuente después de los árboles.

La distribución por clases diamétricas en forma de J invertida que se presentó en los fragmentos, indican que son bosques secundarios en recuperación (Lamprecht, 1990), sometidos a los efectos de la agricultura y la ganadería que predominan en el área; este mismo patrón de comportamiento se presentó para las clases altimétricas, confirmando el estado sucesional del bosque, la mayoría de individuos se agrupó en la clase de altura menor a 2 m, lo cual puede corresponder a las perturbaciones por tala selectiva y entresaca de especies leñosas para uso maderable, combustible y de construcción, a manera de suplir las necesidades de acuerdo a las preferencias de la comunidad por actividades agropecuarias, utilizando árboles como maderas para establos o estacones para delimitar potreros y cultivos en la zona.

El hábito de crecimiento arbustivo fue el más frecuente, posiblemente porque algunos árboles tienden a ser de copas reducidas, como respuesta al déficit de agua (Pizano y Garcia, 2014), facilitando la entrada de luz en los estratos inferiores y el desarrollo de individuos del sotobosque (Pennington, et al., 2000). Aunque el estrato arbóreo predomina en los bosques secos de la costa Caribe y el Tolima, Carrillo et

al. (2007) y Herazo et al., (2017) reportan igualmente el hábito arbustivo como predominante en fragmentos de bosque seco tropical para el Cerro Tasajero – Cucuta y los Montes de María – Sucre respectivamente.

La familia Fabaceae mantiene la tendencia de ser el grupo más dominante con el mayor peso ecológico; se destacan los mayores valores de importancia ecológica registrados para la especie *Attalea butyracea* y para la familia Arecaceae como la segunda más importante. *A. butyracea* es una palma de amplia distribución y frecuente en todas las zonas secas del Caribe colombiano, siendo característica de áreas perturbadas y potreros, con frutos dispersados por el ganado vacuno (Galeano y Olivares, 2013). El establecimiento de esta especie puede ser producto de las condiciones de luminosidad del bosque y la matriz de pastos circundante, siendo la disponibilidad de luz una condición fundamental para su crecimiento (Olivares y Galeano, 2013).

La localidad de Pueblecito registró el mayor número de individuos de esta especie, en el cual, crecen en sitios abiertos con alta intensidad lumínica, sometidos a quemados para establecimiento de pastos. Las poblaciones aledañas aprovechan la palma utilizándola como ornamental, comestible, en actividades culturales y de construcción. Este resultado concuerda con lo reportado por Sanmartín et al. (2016) para bosques secos en el Departamento de Sucre donde *A. butyracea* se ubica como la especie más importante y Arecaceae corresponde a la tercera familia con mayor valor de importancia ecológica.

La composición de especies encontrada en los bosques, indican que los fragmentos tienen muy poca similitud, se encontraron 42 especies exclusivas para el Cerro El Mohán, 71 en Los Gómez y 73 en Pueblecito, lo cual puede estar relacionado con el aislamiento geográfico de los sitios estudiados, la falta de corredores biológicos que limitan la conectividad entre los fragmentos y el flujo genético de las especies, así como las condiciones microclimáticas debido a la topografía de los sitios y la

intervención humana como factores determinantes en el estado actual de la vegetación (Peralta, 1995).

Los fragmentos comparten pocas especies, siendo *Casearia aculeata*, *Dolichandra uncata*, *Pithecellobium hymenaeafolium* y *Randia armata* fueron las únicas comunes en los tres fragmentos, resultados que se ajustan a lo analizado por Norden et al. (2018) para los bosques secos de Colombia, señalando que las especies comunes representa tan sólo el 3% de las plantas leñosas que caracterizan este ecosistema en Colombia.

Estos resultados de similitud florística confirman la particularidad de cada fragmento de bosque seco en Colombia debido a la gran heterogeneidad ambiental que presenta este ecosistema (González et al., 2018), reflejada en una alta diversidad beta que se puede evidenciar en las variaciones significativas de la composición florística a través de gradientes ambientales incluso a pequeña escala (Pizano et al., 2014).

La categorización del bosque seco del bajo Sinú como insularizado y discontinuo, es considerada como la más crítica relacionada a la pérdida de hábitat, la cual es una de las causas principales de la crisis de biodiversidad (Santos y Tellería, 2006).

El estado de fragmentación que presenta el bosque seco en el departamento de Córdoba, es resultado de la disminución y aislamiento de los fragmentos que lo conforman, donde su dinámica espacio temporal muestra una considerable pérdida de su cobertura vegetal analizada para el periodo comprendido entre los años 1985 – 2013 (Ospino y Ramos, 2014), reflejada en la tendencia por el uso del suelo encontrada en los fragmentos estudiados, mayormente agropecuario con intensificación de cultivos, lo cual genera una posible disminución en la conectividad entre los parches, aumentando la probabilidad de extinción local de especies de animales y plantas (Echeverry y Rodríguez, 2006).

De acuerdo a lo planteado por Lozano et al. (2011), la forma de los fragmentos puede afectar directamente la dinámica del ecosistema, teniendo en cuenta que formas compactas o redondeadas son más resilientes a los efectos negativos de una matriz, mientras que las formas amorfas o irregulares, pueden tener un perímetro más largo por unidad de área y ser significativamente sensibles a los efectos de borde.

El índice de diversidad de forma de Patton ubicó la forma redonda con la mayor frecuencia, seguido de la oval-redonda y oval-oblonga, indicando que los fragmentos presentan una tendencia a las formas compactas, como resultado de la dinámica espacial del bosque seco a lo largo de los años en el departamento y la sustracción de coberturas vegetales para el establecimiento de cultivos. En este tipo de formas, el interior o núcleo de los fragmentos serán menos afectados por la matriz circundante presentando menor riesgo de establecimiento de especies exóticas (Linera, 1990), lo cual es identificado en este estudio por las plantas reportadas, que de acuerdo a su origen, son todas especies nativas.

Los atributos de la fragmentación pueden afectar tanto las condiciones abióticas de los parches de bosque, como la composición, abundancia y distribución de las especies, tales efectos sobre la flora nativa dependerán de sus características biológicas como por ejemplo los mecanismos de dispersión (Bustamante y Grez, 1995) lo cual se pudo evidenciar en este trabajo al no presentarse afectaciones a la flora relacionada con la forma de los fragmentos debido probablemente al registro de especies generalistas, especies pioneras de rápido crecimiento y fácil propagación (*Guazuma ulmifolia*, *Astronium graveolens*, *Eugenia* sp., *Capparidastrium frondossum*, *Allphylus* sp., entre otras), además de que en el bosque seco se ve favorecida la dispersión de semillas por el viento, mecanismo que se presenta con mucha frecuencia en las especies de este ecosistema.

Para el bosque seco en Colombia, se ha determinado que predominan los fragmentos con formas irregulares y tamaños pequeños (González et al., 2018),

como por ejemplo, los bosques del norte del Tolima (Lozano et al., 2011) y en los Montes de María, Sucre (Galván et al., 2015) presentan mayormente polígonos irregulares a diferencia de los bosques estudiados en el Bajo Sinú, que presentaron una mayor frecuencia de formas redondeadas. Sin embargo, esta variable no presentó ninguna asociación con la abundancia, riqueza o diversidad del bosque, a diferencia del tamaño del fragmento que presentó relaciones directamente proporcionales y significativas con la diversidad, los fragmentos de mayor área conservan una mayor diversidad de especies en el bosque seco de Córdoba.

Pincheria et al. (2009) señalan que a pesar de la relación existente entre la forma y el área de un fragmento, estas variables pueden afectar de manera distinta la diversidad de especies en términos de riqueza, debido probablemente a la heterogeneidad ambiental y las particularidades del bosque seco en las diferentes regiones del país (González et al., 2018).

Las investigaciones que relacionan los atributos de fragmentación con las características de la vegetación son pocos y generalmente han sido realizadas en zonas altas o templadas, algunos autores (Ochoa et al., 2004) demostraron que el tamaño no afecta significativamente la riqueza de especies en bosques de Chiapas, México a más de 1.500 m de altitud, a diferencia de otros estudios en bosque tropical lluvioso de la región Los Tuxtlas en México donde no encontraron relaciones significativas entre las variables de vegetación y la forma de los fragmentos, pero sí con el tamaño de éstos (Arroyo y Mandujano, 2007).

Estudios recientes realizados en bosques de la costa noroeste de la península de Yucatán (Arellano et al., 2020) indican incluso que el tamaño del fragmento tiene un efecto positivo en la diversidad filogenética de las plantas, siendo ésta considerada como una predicción efectiva de la diversidad taxonómica y funcional.

En Colombia, Tinoco (2014) señala que no hay una relación significativa entre el tamaño de los fragmentos con el número de especies e individuos registrados en bosques de la cuenca media del Rionegro, Cudinamarca, ubicados en altitudes

entre los 1.400 – 1850 m, además de no encontrar diferencias significativas para los valores de los índices de alfa diversidad entre fragmentos, en contraste con investigaciones realizadas en el altiplano del oriente antioqueño al evaluar el impacto de la fragmentación en la diversidad de plantas vasculares entre los 1800 y 2800 m de altitud, donde Duque et al. (2013) encontraron que la riqueza de especies presentó una mayor correlación con el área de los fragmentos.

Es relevante la necesidad de realizar investigaciones sobre los efectos de la fragmentación en la diversidad vegetal de bosques de tierras bajas, este trabajo representa el primer aporte sobre la relación entre características de la fragmentación con la vegetación de bosques secos en Colombia. Con estos resultados, se evidencia la necesidad de integrar el bosque seco en la gestión ambiental, planificación y ordenamiento territorial en el departamento, además de participar en agendas y redes nacionales de cooperación para la investigación y monitoreo del bosque seco en Colombia, declarado como un ecosistema estratégico por el Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (2016).

Se resalta el registro de 11 especies distribuidas en el Bajo Sinú que por su situación de amenaza se consideran plantas priorizadas para conservación en la región Caribe colombiana (IAvH et al., 2013), *Astronium graveolens*, *Astrocaryum standleyanum*, *Sabal mauritiiformis*, *Bactris guineensis*, *Copaifera canime*, *Gyrocarpus americanus*, *Gustavia superba*, *Ampelocera macphersonii*, *Bulnesia arborea*, *Melicoccus oliviformis* y *Lecythis minor*.

## 6. CONCLUSIONES

Los bosques de la subregión Bajo Sinú en el departamento de Córdoba presentaron una alta diversidad florística y están relacionados por su composición con los bosques secos de Colombia, manteniendo la tendencia de las familias Fabaceae, Rubiaceae, Sapindaceae, Capparaceae y Bignoniaceae como los grupos de mayor riqueza florística, al igual que los géneros *Machaerium*, *Trichilia* y *Randia*.

Los fragmentos analizados corresponden a bosques secundarios en recuperación, el número de individuos disminuye progresivamente a medida que el DAP y la altura aumentan y el hábito de crecimiento arbustivo fue el más frecuente, presentan intervención antrópica principalmente por actividades relacionadas a la ganadería y agricultura.

El estado de fragmentación categoriza el bosque seco del Bajo Sinú como insularizado y discontinuo, considerado como el grado más crítico. Los polígonos que lo conforman, presentan una tendencia a las formas redondeadas, siendo los fragmentos de Pueblecito y Los Gómez los más conservados.

La forma de los fragmentos es una variable que no se relaciona con la riqueza, abundancia y diversidad del bosque seco tropical en el Bajo Sinú, mientras que el tamaño del fragmento presenta relación significativa con la diversidad del bosque, considerándose como un factor importante para la conservación de áreas de bosque seco.

La información consolidada en esta investigación, aporta herramientas para la gestión integral del bosque seco en el Departamento de Córdoba.

## 7. RECOMENDACIONES

Se recomienda consolidar e integrar información para el bosque seco distribuido en todas las subregiones del Departamento de Córdoba y tener una visión integral del estado de su flora, incluyendo en la medida de lo posible, información sobre la fenología, rasgos funcionales, mecanismos de dispersión, aspectos sobre biología floral y polinización de las especies que caracterizan este ecosistema en el Departamento.

Es recomendable incluir áreas de BST en figuras regionales de protección ambiental y en instrumentos de ordenamiento territorial, como medida a la valoración y efectiva conservación de este ecosistema.

Es importante establecer parcelas permanentes de vegetación y garantizar el monitoreo de los fragmentos del bosque abarcando una temporalidad para realizar investigación en diferentes grupos biológicos, procesos ecológicos, y dinámica del BST a mediano y largo plazo.

Se recomienda realizar análisis de conectividad entre los parches de bosque como medida a mejorar su funcionalidad, especialmente en áreas pequeñas, así como establecer estudios que permitan definir estrategias para la regeneración y restauración del bosque seco en Córdoba.

Es importante reconocer y rescatar el conocimiento y uso tradicional de especies vegetales mediante actividades y proyectos ambientales involucrando la participación comunitaria como un actor esencial para el desarrollo sustentable, aprovechamiento y valoración de los recursos del bosque seco en Córdoba.

## 8. REFERENCIAS

- Acosta, L., Cruz, S., Mejía, T., Rodríguez, F., Escoto, D., Sarmiento, E., Larkin, J. 2019. Composición, estructura y diversidad florística del bosque seco en el Valle de Agalta, Honduras. *Madera bosques*. 25(2): 1-15.
- Aguirre, A., Ruiz, T. 2017. Capparaceae Juss. del departamento del Atlántico, Colombia. *Ciencia en Desarrollo*. 8(1): 51-69.
- Aguirre, Z., Buri, D., Betancourt, Y., Geada López, G. 2014. Composición florística, estructura y endemismo en una parcela permanente de bosque seco en Zapotillo, provincia de Loja, Ecuador. *Arnaldoa*. 21(1): 165-178.
- Alarcón, L. 2017. Análisis de fragmentación y conectividad ecológica entre relictos de cobertura vegetal asociada al área de influencia del río Cravo sur en el municipio de Yopal - Casanare- Colombia. Trabajo de pregrado. Escuela de Ciencias Agraria, Pecuarias y del Medio Ambiente, Programa Ingeniería Agroforestal Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogotá, Colombia.
- Angiosperm Phylogeny Group - APG. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 181: 1-20.
- Arcila, A., Valderrama, C., Chacón, P. 2012. Estado de fragmentación del bosque seco de la cuenca alta del río Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*. 13(2): 86 – 101.
- Ardila, N., García, U. 2010. Leyenda nacional de Coberturas de la Tierra: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, Escala 1:100.000. IDEAM. Bogotá.
- Arellano-Rivas, A., Munguía-Rosas, M., De-Nova, J. A., Montiel, S. 2020. Effects of Spatial Patch Characteristics and Landscape Context on Plant Phylogenetic Diversity in a Naturally Fragmented Forest. *Tropical Conservation Science*. 10(1): 1-11.
- Ariza, A., Isaacs, P., González-M., R. 2014. Memoria técnica para la validación del mapa de coberturas de bosque seco tropical en Colombia (escala 1:100.000,

- 2.0v). Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt – Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá.
- Ariza, W., Toro, J., Medina, A. 2009. Análisis florístico y estructural de los bosques premontanos en el municipio de Amalfi (Antioquia, Colombia). *Revista Colombia Forestal*. 12: 81-102.
- Arroyo, R., Mandujano, S. 2007. Efectos de la fragmentación sobre la composición y la estructura de un bosque tropical lluvioso mexicano, in: Harvey, C., Sáenz J. (Eds.). *Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica*, INBio, México, pp. 179-196.
- Atehortúa, M.J. 2019. Rasgos funcionales en árboles del bosque seco tropical (BST) en la subregión del Sinú Medio, Córdoba – Colombia. Trabajo de pregrado. Departamento de Biología, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia.
- Avella-M., A., Rangel-Ch., J.O. 2012. Composición florística y aspectos de la estructura de la vegetación boscosa del sur del departamento de Córdoba, in: Rangel-Ch., O. (Ed.), *Colombia Diversidad Biótica XII: La región Caribe de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, pp. 477-537.
- Ballesteros, J., Morelo, L., Pérez, J. 2019. Composición y estructura vegetal de fragmentos de bosque seco tropical en paisajes de ganadería extensiva bajo manejo silvopastoril y convencional en Córdoba, Colombia. *Caldasia*. 41(1): 224-234.
- Banda., K., Delgado, A., Dexter, K., Linares, R., Oliveira, A., Prado, D., Pullan, M., Quintana, C., Riina, R., Rodríguez, M., Weintritt, J., Acevedo, P. Adarve, J., Álvarez, E., Aranguren, B., Arteaga, J., Aymard, G., Castaño, A., Ceballos, N., Cogollo, A., Cuadros, H., Delgado, F., Devia, W., Dueñas, H., Fajardo, L., Fernández, A., Fernández, M., Franklin, J., Freid, E., Galetti, L., Gonto, R., González, M., Graveson, R., Helmer, E., Idárraga, A., López, R., Marcano-Vega, H., Martínez, O., Maturo, H., McDonald, M., McLaren, K., Melo, O., Mijares, F., Mogni, V., Molina, D., Moreno, N., Nassar, J., Neves, D., Oakley, L., Oatham, M., Olvera, A., Pezzini, F., Dominguez, O., Ríos, M., Rivera, O., Rodríguez, N., Rojas, A., Särkinen, T., Sánchez, R., Smith, M.,

- Vargas, C., Villanueva B., Pennington, R. 2016. Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications. *Science*, 353: 1383-1387.
- Bustamante, R., Grez., A. 1995. Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos. *Revista Ambiente y Desarrollo*. 20(1): 58-63.
- Carbonó, E., García, H. 2010. La vegetación terrestre en la ensenada de Neguanje, Parque Nacional Natural Tayrona (Magdalena, Colombia). *Caldasia*. 32: 235-256.
- Carrillo, M., Rivera, O., Sánchez, R. 2007. Caracterización florística y estructural del Bosque seco Tropical del Cerro Tasajero, San José de Cúcuta (Norte de Santander), Colombia. *Actualidades Biológicas*. 29(86): 55-73.
- Ceroni A. 2003. Distribución de las Leguminosas de la parte alta de la Cuenca La Gallega. Morropón. Piura. *Ecología Aplicada*. 2: 9-13.
- Colwell, R., Coddington, J. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. 345: 101-118.
- Contreras, J. (2015). Patrones de distribución de las epifitas vasculares en un fragmento de bosque seco tropical BST y áreas abiertas en Jaraquiel - Montería – Colombia. Trabajo de pregrado. Departamento de Biología, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia.
- Cornejo, X., Iltis, H. 2012. Flora de Jalisco y áreas colindantes: Capparaceae. Orgánica Editores, Guadalajara, México.
- Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge – CVS. 2005. Recuperación de la vegetación relictual de áreas prioritarias de la zona de vida BST en el departamento de Córdoba. CVS, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Informe final. Montería.
- Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge – CVS. 2016. Plan de Desarrollo Departamental. 2016 – 2019. Documento final. Montería.
- Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge – CVS. 2017. Plan General de Ordenación Forestal del Departamento de Córdoba. Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge –

- CVS, Fundación para el Desarrollo Sostenible de las Regiones Colombianas – FUNSOSTENIBLE. Informe Final. Montería.
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC, Grupo Sistema de Información Ambiental, Grupo de Biodiversidad. 2009. Guía rápida temática para el usuario sig corporativo Fragmentación. Informe final. Cali.
- De Assis, R., Wittmann, F., Garcia, B. Haugaasenb, T. 2017. Patterns of floristic diversity and composition in floodplain forests across four Southern Amazon river tributaries, Brazil. *Flora*. 229: 124-140.
- Díaz, P. 2007. Composición florística y estructura de bosques en los asentamientos campesinos Las Delicias, el Guamo y Lechozal, Estado Bolívar, Venezuela. *Ernstia*. 17(1): 1-24.
- Dirzo, R., Young, H. S., Mooney, H. A., Ceballos, G. 2001. *Seasonally Dry Tropical Forest, Ecology and conservation*. Island Press, Washington, USA.
- Duque, A., Álvarez, E., Rodríguez, W., Lema, A. 2013. Impacto de la fragmentación en la diversidad de plantas vasculares en bosques andinos del nororiente de Colombia. *Colombia Forestal*. 16(2): 115-137.
- Echeverry, M. A., Rodríguez, J.M. 2006. Análisis de un paisaje fragmentado como herramienta para la conservación de la biodiversidad en áreas de bosque seco y subhúmedo tropical en el municipio de Pereira, Risaralda Colombia. *Scientia Et Technica*. 12(30): 405-410.
- Estupiñán-G. A.C., Jiménez-E., N, Avella-M., A, Rangel-CH. O. (2011). Estructura y composición florística de los bosques inundables del Parque Nacional Natural Paramillo (Córdoba, Colombia), in: Rangel-Ch., O. (Ed.), *Colombia Diversidad Biótica XI, Patrones de la estructura y de la riqueza de la vegetación en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, pp. 269-294.
- Etter, A., McAlpine, C., Possingham, H. 2008. Historical Patterns and Drivers of Landscape change in Colombia since 1500: A regionalized spatial approach. *Annals of the Association of American Geographers*. 98(1): 2-23.

- Flórez, C.A., Etter, A. 2003. Caracterización ecológica de las islas Múcura y Tintipán, archipiélago de San Bernardo, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 27(104): 343-356.
- Galeano, G., Olivares, I. 2013. Palma de vino (*Attalea butyracea*), in: Bernal, R., Galeano, G. (Eds.), *Cosechar sin destruir - Aprovechamiento sostenible de palmas colombianas*. Panamericana Formas e Impresos S.A., Bogotá, pp. 166-174.
- Galván, S., Ballut, G., De La Ossa, J. 2015. Determinación de la fragmentación del bosque seco del arroyo Pechelín, Montes de María, Caribe, Colombia. *Biota Colombiana*. 16 (2): 149 – 157.
- García, H., Corzo, G., Isaacs, P., Etter, A. 2014. Distribución y estado actual de los remanentes del bioma de bosque seco tropical en Colombia: insumos para su gestión, In: Pizano, C., García, H. (Eds.), *El bosque seco tropical en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, pp. 228-251.
- García, J.D., Rivera, O. 2010. Composición florística del bosque de Aguil (Aguachica, Cesar) con anotaciones sobre su estructura, in: Rangel-Ch., O. (Ed.), *Colombia Diversidad Biótica VIII: Media y baja montaña de la serranía de Perijá*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, pp. 575-601.
- Gentry, A. 1995. Diversity and floristic composition of neotropical dry forests, in: Bullock, S., Mooney, H., Medina, E. (Eds.), *Seasonally Dry Tropical Forests*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 146-194.
- Gillespie, T., Grijalva, A., Farris, C. 2000. Diversity, composition, and structure of tropical dry forests in Central America. *Plant Ecology*. 147: 37-47.
- Gómez-M., A., Anaya, J., Álvarez-D., E. 2005. Análisis de fragmentación de los ecosistemas boscosos en una región de la Cordillera Central de los Andes colombianos. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*. 4(7): 413-27.
- González-M R, García H, Isaacs P, Cuadros H, López-Camacho R, Rodríguez N, Pérez K, Mijares F, Castaño-Naranjo A, Jurado R, Idárraga-Piedrahíta Á, Rojas A, Vergara H., Pizano C. 2018. Disentangling the environmental

- heterogeneity, floristic distinctiveness and current threats of tropical dry forests in Colombia. *Environmental Research Letters*. 13: 1-12.
- González-M., R. Isaacs, P., García, H., Pizano, C. 2014. Memoria técnica para la verificación en campo del mapa de bosque seco tropical en Colombia. Escala 1:100.000. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá.
- González -M R., Thomas E., Vásquez A., Pizano C., Medina C. A., González F.A., Acosta A. R., García H. 2016. Registro de la biodiversidad del bosque seco tropical colombiano, in: Gómez, M.F., Moreno, L.A., Andrade, G.I., Rueda, C. (Eds.), *Biodiversidad 2015, Estado y Tendencias de la Biodiversidad Continental de Colombia*. Instituto Alexander von Humboldt, Bogotá, pp. 108.
- Graciliano, P., Teobaldis, M., Combat, E. 2006. Estudio Agroclimático del Departamento de Córdoba. Fondo Editorial Universidad de Córdoba, Montería, Colombia.
- Herazo, F., Mercado, J., Mendoza, H. 2017. Estructura y Composición Florística del Bosque Seco Tropical en los Montes de María (Sucre - Colombia). *Ciencia en Desarrollo*. 8(1): 71-82.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2013. Lista de Especies Vegetales Priorizadas en el Caribe colombiano. Instituto Alexander von Humboldt, Red Nacional de Jardines Botánicos de Colombia, Jardín Botánico de la Quinta de San Pedro Alejandrino. Bogotá.
- Instituto de Investigación Alexander von Humboldt - IAvH. 1998. El bosque seco tropical en Colombia, in: Chávez, M.E.; Arango, N. (Eds.), *Diversidad Biológica*. Tomo I. Instituto Alexander von Humboldt, Bogotá, pp. 56-71.
- Kattan GH, Sánchez CE, Vélez C, Ramírez L, Celis M. 2019. Beta diversity and knowledge gaps of Colombia's dry forests: implications for their conservation. *Caldasia*. 41(1):1–11.
- Lamprecht, H. 1990. *Silvicultura en los trópicos: Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbórea. Posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido*. GTZ GMBH, Eschborn, Alemania.

- Linares, J.R., Orozco, M. 2009. Estado del bosque seco tropical e importancia relativa de su flora leñosa, islas de la Vieja providencia y Santa Catalina, Colombia, Caribe suroccidental. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*. 33: 5-16.
- Linera, G. 1990. Vegetation structure and environmental conditions of forest edges in Panamá. *Journal of Ecology*. 78(2): 356-373.
- Linares-Palomino, R., Oliveira-Filho, A., Pennington, R. T. 2011. Neotropical seasonally dry forests: Diversity, endemism, and biogeography of Woody plants, in Dirzo, R., Young, H. S., Mooney, H. A., Ceballos, G. (Eds.), *Seasonally Dry Tropical Forests: Ecology and Conservation*. Island Press, Washington, pp. 3-21.
- López, A., Miranda, A. 2006. Estructura de la vegetación arbórea y composición florística del bosque seco tropical en la cuenca del río Canalete y la parte baja del río San Jorge. Trabajo de pregrado. Departamento de Biología, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia.
- López, F. 2017. Análisis de Conectividad Espacial y Fragmentación de la Ecorregión Ciénaga Grande de Santa Marta. Trabajo de grado, Especialización en Geomática, Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.
- López, I. 2016. Comportamiento fenológico de las especies arbóreas nativas *Caesalpinia ebano* H. Karst, *Crateva tapia* L., *Handroanthus ochraceus* (Cham) Mattos y *Bursera simaruba* (L.) Sarg. de Bosque seco tropical en el Departamento de Córdoba – Colombia. Trabajo de pregrado. Departamento de Biología, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia.
- Lowy, P. 2000. Flora vascular terrestre del archipiélago de San Andrés y Providencia. *Biota Colombiana*. 1(1): 109-124.
- Lozano, L., Gómez, F., Valderrama, S. 2011. Estado de fragmentación de los bosques naturales en el norte del departamento del Tolima-Colombia. *Revista Tumbaga*. 6: 125-140.

- Magurran, A. (2004). *Measuring biological diversity*. Blackwell Science Ltd, Oxford, United Kingdom.
- Maldonado, M., Rodríguez, D. H., Guízar, E., Velásquez, J., Nañez, S. 2009. Reducción en riqueza de especies arbóreas por incendios en la Reserva Selva El Ocote, Chiapas. *Ciencia forestal en México*. 34(106): 127-148.
- Marulanda, L.O., Uribe, A., Velásquez, P., Montoya, M.A., Idárraga, A., López, M.C., López, J.M. 2003. Estructura y composición de la vegetación de un fragmento de bosque seco en San Sebastián, Magdalena (Colombia) I. Composición de plantas vasculares. *Actualidades Biológicas*, 25:17-30.
- Mass, M., Balvanera, P., Castillo, A., Daily, G. C., Mooney, H. A., Ehrlich, P., Quesada, M., Miranda, A., Jaramillo, V.J., García-Oliva, F., Martínez-Yrizar, A., Cotler, H., López-Blanco, J., Pérez-Jiménez, A., Búrquez, A., Tinoco, C., Ceballos, G., Barraza, L., Ayala, R., Sarukhán, J. 2005. Ecosystem services of tropical dry forests: insights from long-term ecological and social research on the Pacific coast of Mexico. *Ecology and Society*.10(1): 1-24.
- Meléndez-G., P. 2009. Synopsis of the genus *Machaerium* Pers. (Leguminosae-Papilionoideae-Dalbergieae) in Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*. 32(2): 363-416.
- Mendoza-C, H. 1999. Estructura y riqueza florística del bosque seco tropical en la región Caribe y el valle del río Magdalena, Colombia. *Caldasia*. 21(1): 70-94.
- Mesa, L., Santamaría, M., García, H., Aguilar, J. 2016. Catálogo de biodiversidad de la región Caribe. Volumen 3. Serie Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en áreas operativas de Ecopetrol. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- Miles, L., Newton, A.C., DeFries, R.S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., Kapos, V., Gordon, J.E. 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography*. 33: 491-505.
- Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2016. Informe de Gestión Año 2015. Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá.

- Moizo, P. 2007. Patrón espacial de la integridad ecológica de mosaico paisajístico en el Departamento de Canelones – Uruguay. Tesis de doctorado. Universidad de la República. Montevideo, Uruguay.
- Monney, H.A., Bullock, S.H., Medina, E. 1995. Seasonally dry tropical forest. Cambridge University Press. Londres, Inglaterra.
- Morelo, L. 2013. Estructura y Composición florística en fragmentos de bosque seco tropical (BST) ubicados en cuatro localidades del departamento de Córdoba – Colombia. Trabajo de pregrado. Departamento de Biología, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia.
- Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M & T-Manuales y Tesis, volumen I. SEA, Zaragoza, España.
- Mostacedo, B., Fredericksen, T. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible. BOLFOR, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- Murphy, P.G., Lugo, A.E. 1986. Ecology of tropical dry forest. *Annals Review of Ecology and Systematics*. 17: 67-68.
- Norden, N., González, R., Avella, A., Castaño, A., Castellanos-Castro, C., Cuadrado, B., Franke, R., Hernández, E., Idárraga, A., López, R., Naranjo, D., Pizano, C., Rodríguez, S., Salgado-Negret, B., Umaña, M., García, H. 2018. Las plantas raras del bosque seco. Patrones de abundancia y distribución de las especies e implicaciones para su gestión en Colombia, in: Moreno, L. A., Andrade, G. I., Ruiz-Contreras, L. F. (Eds.), *Biodiversidad 2018. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, pp. 202.
- Núñez, C. D. 2017. Variación de rasgos funcionales de *Pithecellobium lanceolatum* (Kunth) Benth, *Trichilia acuminata* (Humb. & Bonpl. ex Schult.) C.DC. y *Albizia carbonaria* Britton en tres fragmentos de bosque seco tropical en Córdoba-Colombia. Trabajo de pregrado. Departamento de Biología, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia.

- Ochoa, S., González, M., Meave, J., Sorani-Dal, V. 2004. Effect of forest fragmentation on the woody flora of the highlands of Chiapas, Mexico. *Biodiversity and Conservation*. 13(5): 867-884.
- Olascuaga, D., Mercado, J., Sánchez, L. 2015. Análisis de la vegetación sucesional en un fragmento de bosque seco tropical en Toluviejo-Sucre (Colombia). *Revista Colombia Forestal*. 19(1): 23-40.
- Olivares, I., Galeano, G. 2013. Leaf and inflorescence production of the wine palm (*Attalea butyracea*) in the dry Magdalena river valley, Colombia. *Caldasia*. 35(1): 37-48.
- Ospino, J.C., Ramos, A. 2014. Análisis geográfico de la pérdida y/o fragmentación del bosque seco tropical en Córdoba mediante imágenes landsat para el periodo 1985-2013. Trabajo de pregrado, Departamento de Geografía, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia.
- Pennington, T. 2012. Especial Bosque seco en Colombia. *Biota Colombiana*. 13(2): 3-4.
- Pennington, T., Gwilyn, P., Ratter, J. 2006. An Overview of the plant diversity, biogeography and conservation of neotropical savannas and seasonally dry forest, in: Pennington, T., Gwilyn, P., Ratter, J. (Eds.), *Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests. Plant Diversity, Biogeography and Conservation*. CRC Press, Florida, Estados Unidos, pp. 1-29.
- Pennington, T., Prado, D.E., Pendry, C.A. 2000. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography*. 27(2):261-273.
- Peralta, S. 1995. El Cañón del Zopilote, in: D. Pérez N., Fonseca, R. (Eds.), *Estudios Florísticos en Guerrero*. Las Prensas de Ciencias, México, pp. 37.
- Pincheira-Ulbrich, J., Rau, J.R., Peña-Cortés, F. 2009. Tamaño y forma de fragmentos de bosque y su relación con la riqueza de especies de árboles y arbustos. *Revista Internacional de Botánica Experimental*. 78:121-128.
- Pizano, C., García, H. 2014. *El Bosque Seco Tropical en Colombia*. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.

- Pizano, C., González, R., González, M. F., Castro-Lima, F. López, R., Rodríguez, N., Idárraga-Piedrahíta, A., Vargas, W., Vergara-Varela, H., Castaño-Naranjo, A., Devia, W., Rojas, A., Cuadros, H., Toro, J. L. 2014. Las plantas de los bosques secos de Colombia, in: Pizano, C., García, H. (Eds.), El Bosque Seco Tropical en Colombia. Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, pp. 48–93.
- Pizano, C., González, R., López R., Jurado R. D., Cuadros H., Castaño-Naranjo A., Rojas A., Pérez K., Vergara-Varela H., Idárraga A., Isaacs P., García H. 2016. El Bosque Seco Tropical en Colombia, in: Gómez, M.F., Moreno, L.A., Andrade, G.I., Rueda, C. (Eds.), Biodiversidad 2015, Estado y Tendencias de la Biodiversidad Continental de Colombia. Instituto Alexander von Humboldt, Bogotá, pp. 202.
- Pizano, C., González, R., Hernandez A., García, H. 2017. Agenda de investigación y monitoreo en bosques secos tropicales de Colombia (2013-2015): fortaleciendo redes de trabajo para la gestión integral del territorio. Biodiversidad en la práctica. 2(1): 48-86.
- Quisbert, J., Macía, M. J. 2005. Estudio comparativo de la composición florística y estructura del bosque de tierra firme en dos sitios de tierras bajas de Madidi. Ecología en Bolivia. 40(3): 339-364.
- Rangel-Ch., O. 2012. La vegetación de la región Caribe de Colombia: composición florística y aspectos de la estructura, in: Rangel-Ch., O. (Ed.), Colombia Diversidad Biótica XII: La región Caribe de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. pp. 365-476.
- Rangel-Ch., O. 2015. La biodiversidad de Colombia: significado y distribución regional. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. 39(151):176-200.
- Rangel-Ch., O., Cortés, D., Carvajal-C. J.E. 2012. La biodiversidad de municipios de la región Caribe de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

- Rivera-D., O. 2010. Flora, in: Rangel-Ch., O. (Ed.), Colombia Diversidad Biótica IX: Ciénagas de Córdoba: Biodiversidad, Ecología y manejo ambiental. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, pp. 207-323.
- Rivera-D., O., Rangel-CH., O. 2012. Diversidad de espermatofitos de la región Caribe colombiana, in: Rangel-Ch., O. (Ed.), Colombia Diversidad Biótica XII. La región Caribe de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, pp. 199-317.
- Repizo, A., Devia, C. 2008. Árboles y arbustos del valle seco del río Magdalena y de la región caribe colombiana: su ecología y usos. Pontificia Universidad Javeriana, Corporación Autónoma regional del Canal del Dique (Cardique). Guía de campo. Bogotá.
- Rodríguez, G., Banda, K., Reyes, S., Estupiñan, A. 2012. Lista comentada de las plantas vasculares de bosques secos prioritarios para la conservación en los departamentos de Atlántico y Bolívar (Caribe colombiano). Biota Colombiana. 13(2): 7-39.
- Ruiz, J., Fandiño, M., Chazdon, R. 2005. Vegetation structure, composition and species richness across a 56 year chronosequence of dry tropical forest on Provincia Island, Colombia. Biotropica. 37: 397-407.
- Sánchez-Azofeifa, G.A., Quesada, M., Rodriguez, J.P., Nassar, J.M., Stoner, K.E., Castillo, A., Garvin, T., Zent, E.L., Calvo-Alvarado, J.C., Kalacska, M.E.R., Fajardo, L., Gamon, J.A., Cuevas-Reyes, P. 2005. Research priorities for neotropical dry forests. Biotropica. 37: 477-485.
- Sánchez, E., López, L., García, E., Guzmán, R. 2003. Estructura, composición florística y diversidad de especies leñosas de un bosque mesófilo de montaña en la Sierra de Manantlán, Jalisco. Botanical Sciences. 73(1): 17-34.
- Sanmartín-S., D., Angarita-H., D, Mercado-G., J. 2016. Estructura y composición florística del bosque seco tropical de Sanguaré-Sucre (Colombia). Ciencia en Desarrollo, 7(2): 43-56.

- Santos, T., Tellería, J.L. 2006. Pérdida y fragmentación del hábitat: efectos sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas*. 15(2): 3-12.
- Tinoco, F. 2014. Influencia de la fragmentación en la estructura, composición y diversidad de bosques premontanos de la cuenca media del Rionegro-Cundinamarca. Trabajo de grado de Maestría, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza - UICN. 2015. Especies para Restauración. <http://www.especiesrestauracion-uicn.org/index.php>. Consultado: septiembre de 2019.
- Vargas, W., Ramírez, W. 2014. Lineamientos generales para la restauración del bosque seco tropical en Colombia, in Pizano, C., García, H. (Eds.), *El Bosque Seco Tropical en Colombia*. Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, pp. 253–291.
- Villanueva, B., Melo, O., Rincón, M. 2015. Estado del conocimiento y aportes a la flora vascular del bosque seco del Tolima. *Revista Colombia Forestal*. 18(1): 9-23.
- Wall, D. H., González, G., Simmons, B. L. 2011. Seasonally dry tropical forest soil diversity and functioning, in: Dirzo, R., Young, H. S., Mooney, H. A., Ceballos, G. (Eds.), *Seasonally Dry Tropical Forests*. Island Press, Washington, pp. 61–70.

## 9. ANEXOS

### Anexo 1. Fragmento Los Gómez – Subregión Bajo Sinú.



### Anexo 2. Fragmento Pueblecito – Subregión Bajo Sinú



### Anexo 3. Fragmento El Mohán – Subregión Bajo Sinú



### Anexo 4. Estimadores de la curva de acumulación de especies.

Samples	S Mean (runs)	Jack 1 Mean	Bootstrap Mean
1	70,92	70,92	70,92
2	120,09	171,37	145,73
3	161,59	243,3	199,1
4	195,48	296	240,74
5	221,71	333,15	271,69
6	244	363,17	297,35

**Anexo 5.** Listado de plantas del bosque seco en la subregión Bajo Sinú. Departamento de Córdoba. Localidad: Pueblecito (PB), El Mohán (MH), Los Gómez (LG).

Familia	Nombre científico	Localidad		
		PB	MH	LG
<b>Acanthaceae</b>	<i>Aphelandra pulcherrima</i> (Jacq.) Kunth	*		
<b>Acanthaceae</b>	<i>Mendoncia lindavii</i> Rusby			*
<b>Acanthaceae</b>	<i>Trichanthera gigantea</i> (Humb. & Bonpl.) Nees	*		
<b>Achariaceae</b>	<i>Lindackeria laurina</i> C. Presl	*		
<b>Achariaceae</b>	<i>Mayna grandifolia</i> (H. Karst.) Warb.	*		
<b>Achariaceae</b>	<i>Mayna odorata</i> Aubl.	*		*
<b>Achatocarpaceae</b>	<i>Achatocarpus nigricans</i> Triana	*		*
<b>Amaranthaceae</b>	<i>Achyranthes aspera</i> L.		*	
<b>Amaranthaceae</b>	<i>Pleuropetalum pleiogynum</i> (Kuntze) Standl.			*
<b>Anacardiaceae</b>	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.		*	*
<b>Anacardiaceae</b>	<i>Spondias mombin</i> L.			*
<b>Annonaceae</b>	<i>Annona hayesii</i> Saff.	*		
<b>Annonaceae</b>	<i>Duguetia vallicosa</i> J.F.Macbr.	*		
<b>Apocynaceae</b>	<i>Aniseia martinicensis</i> (Jacq.) Choisy			*
<b>Apocynaceae</b>	<i>Gonolobus aristolochioides</i> Kunth		*	
<b>Apocynaceae</b>	<i>Mandevilla villosa</i> (Miers) Woodson			*
<b>Apocynaceae</b>	<i>Mesechites trifidus</i> (Jacq.) Müll.Arg.			*
<b>Apocynaceae</b>	<i>Rauvolfia tetraphylla</i> L.			*
<b>Apocynaceae</b>	<i>Tabernaemontana amygdalifolia</i> Jacq.		*	
<b>Apocynaceae</b>	<i>Tabernaemontana cymosa</i> Jacq.	*		*
<b>Apocynaceae</b>	<i>Tabernaemontana grandiflora</i> Jacq.	*		
<b>Apocynaceae</b>	<i>Thevetia ahouai</i> (L.) A.DC.	*		
<b>Araceae</b>	<i>Dieffenbachia longispatha</i> Engl. & K.Krause	*		
<b>Araceae</b>	<i>Monstera adansonii</i> Schott			*
<b>Araceae</b>	<i>Monstera dubia</i> (Kunth) Engl. & K.Krause			*
<b>Araceae</b>	<i>Monstera obliqua</i> Miq.	*		*
<b>Araceae</b>	<i>Philodendron hederaceum</i> (Jacq.) Schott	*		*
<b>Araceae</b>	<i>Philodendron</i> sp.			*
<b>Arecaceae</b>	<i>Astrocaryum standleyanum</i> L.H.Bailey	*	*	
<b>Arecaceae</b>	<i>Attalea butyracea</i> (Mutis ex L.f.) Wess.Boer	*		
<b>Arecaceae</b>	<i>Bactris guineensis</i> (L.) H.E.Moore		*	
<b>Arecaceae</b>	<i>Bactris major</i> Jacq.	*		
<b>Arecaceae</b>	<i>Desmoncus orthacanthos</i> Mart.			*
<b>Arecaceae</b>	<i>Sabal mauritiformis</i> (H.Karst.) Griseb. & H.Wendl.	*		*
<b>Aristolochiaceae</b>	<i>Aristolochia pilosa</i> Kunth		*	
<b>Asteraceae</b>	<i>Verbesina turbacensis</i> Kunth	*	*	
<b>Bignoniaceae</b>	<i>Adenocalymma inundatum</i> Mart. ex DC.	*	*	
<b>Bignoniaceae</b>	<i>Bignonia hyacinthina</i> (Standl.) L.G.Lohmann		*	
<b>Bignoniaceae</b>	<i>Dolichandra</i> cf. <i>quadrivalvis</i> (Jacq.) L.G.Lohmann	*		*
<b>Bignoniaceae</b>	<i>Dolichandra uncata</i> (Andrews) L.G.Lohmann	*	*	*
<b>Bignoniaceae</b>	<i>Dolichandra unguis-cati</i> (L.) L.G.Lohmann		*	

<b>Bignoniaceae</b>	<i>Fridericia conjugata</i> (Vell.) L.G.Lohmann	*	*	
<b>Bignoniaceae</b>	<i>Fridericia mollissima</i> (Kunth) L.G.Lohmann		*	
<b>Bignoniaceae</b>	<i>Fridericia</i> sp.		*	
<b>Bignoniaceae</b>	<i>Martinella obovata</i> (Kunth) Bureau & K.Schum.		*	
<b>Bignoniaceae</b>	<i>Pleonotoma</i> cf. <i>variabilis</i> (Jacq.) Miers	*		
<b>Bignoniaceae</b>	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC.	*		
<b>Bignoniaceae</b>	<i>Tabebuia</i> sp.			*
<b>Bignoniaceae</b>	<i>Tanaecium tetragonolobum</i> (Jacq.) L.G.Lohmann		*	
<b>Bignoniaceae</b>	<i>Xylophragma seemannianum</i> (Kuntze) Sandwith			*
<b>Bixaceae</b>	<i>Bixa orellana</i> L.	*		
<b>Boraginaceae</b>	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken		*	
<b>Boraginaceae</b>	<i>Cordia collococca</i> L.			*
<b>Boraginaceae</b>	<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray		*	
<b>Boraginaceae</b>	<i>Tournefortia angustiflora</i> Ruiz & Pav.			*
<b>Boraginaceae</b>	<i>Tournefortia hirsutissima</i> L.			*
<b>Burseraceae</b>	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.			*
<b>Capparaceae</b>	<i>Capparidastrium frondosum</i> (Jacq.) Cornejo & Ittis	*		*
<b>Capparaceae</b>	<i>Capparis amplissima</i> Lam.			*
<b>Capparaceae</b>	<i>Capparis</i> sp.	*	*	
<b>Capparaceae</b>	<i>Crateva tapia</i> L.			*
<b>Capparaceae</b>	<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J.Presl		*	*
<b>Capparaceae</b>	<i>Cynophalla verrucosa</i> (Jacq.) J.Presl		*	*
<b>Capparaceae</b>	<i>Quadrella odoratissima</i> (Jacq.) Hutch.		*	*
<b>Celastraceae</b>	<i>Hippocratea volubilis</i> L.		*	
<b>Celastraceae</b>	<i>Maytenus longipes</i> Briq.	*		
<b>Combretaceae</b>	<i>Combretum</i> cf. <i>fruticosum</i> (Loefl.) Stuntz	*		
<b>Combretaceae</b>	<i>Terminalia oblonga</i> (Ruiz & Pav.) Steud.			*
<b>Convolvulaceae</b>	<i>Aniseia martinicensis</i> (Jacq.) Choisy			*
<b>Convolvulaceae</b>	<i>Maripa nicaraguensis</i> Hemsl.	*		
<b>Cucurbitaceae</b>	<i>Cucumis anguria</i> L.		*	*
<b>Cucurbitaceae</b>	<i>Gurania</i> sp.	*		
<b>Cucurbitaceae</b>	<i>Melothria</i> cf. <i>pendula</i> L.		*	
<b>Cucurbitaceae</b>	<i>Psiguria</i> cf. <i>triphylla</i> (Miq.) C.Jeffrey			*
<b>Cyclanthaceae</b>	<i>Asplundia alata</i> Harling		*	
<b>Dioscoreaceae</b>	<i>Dioscorea altissima</i> Lam.		*	
<b>Dioscoreaceae</b>	<i>Dioscorea polygonoides</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.			*
<b>Ebenaceae</b>	<i>Diospyros inconstans</i> Jacq.	*		
<b>Ebenaceae</b>	<i>Diospyros nigra</i> (J.F.Gmel.) Perrier	*		
<b>Euphorbiaceae</b>	<i>Acalypha villosa</i> Jacq.		*	
<b>Euphorbiaceae</b>	<i>Cnidoscolus urens</i> (L.) Arthur		*	
<b>Euphorbiaceae</b>	<i>Croton</i> cf. <i>fragrans</i> Kunth	*		
<b>Euphorbiaceae</b>	<i>Dalechampia scandens</i> L.		*	
<b>Fabaceae</b>	<i>Acacia</i> sp.			*
<b>Fabaceae</b>	<i>Albizia guachapele</i> (Kunth) Dugand		*	
<b>Fabaceae</b>	<i>Albizia lebbek</i> (L.) Benth.		*	*
<b>Fabaceae</b>	<i>Albizia niopoides</i> (Benth.) Burkart		*	*
<b>Fabaceae</b>	<i>Bauhinia glabra</i> Jacq.	*		*
<b>Fabaceae</b>	<i>Bauhinia hymenaeifolia</i> Hemsl.			*

<b>Fabaceae</b>	<i>Bauhinia</i> sp.			*
<b>Fabaceae</b>	<i>Copaifera canime</i> Harms	*		
<b>Fabaceae</b>	<i>Coursetia caribaea</i> (Jacq.) Lavin		*	
<b>Fabaceae</b>	<i>Coursetia ferruginea</i> (Kunth) Lavin		*	
<b>Fabaceae</b>	<i>Dalbergia</i> sp.	*		
<b>Fabaceae</b>	<i>Dioclea virgata</i> (Rich.) Amshoff			*
<b>Fabaceae</b>	<i>Dioclea</i> sp.		*	
<b>Fabaceae</b>	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.		*	
<b>Fabaceae</b>	<i>Inga edulis</i> Mart.	*		*
<b>Fabaceae</b>	<i>Inga</i> sp1.	*		*
<b>Fabaceae</b>	<i>Inga</i> sp2.	*		
<b>Fabaceae</b>	<i>Machaerium arboreum</i> (Jacq.) Vogel			*
<b>Fabaceae</b>	<i>Machaerium</i> cf. <i>biovulatum</i> Micheli		*	
<b>Fabaceae</b>	<i>Machaerium microphyllum</i> (E.Mey.) Standl.		*	*
<b>Fabaceae</b>	<i>Machaerium</i> sp1.		*	
<b>Fabaceae</b>	<i>Myrospermum frutescens</i> Jacq.			*
<b>Fabaceae</b>	<i>Pithecellobium hymenaeafolium</i> (Willd.) Benth.	*	*	*
<b>Fabaceae</b>	<i>Pithecellobium lanceolatum</i> (Willd.) Benth.			*
<b>Fabaceae</b>	<i>Pithecellobium</i> sp.		*	
<b>Fabaceae</b>	<i>Platymiscium pinnatum</i> (Jacq.) Dugand			*
<b>Fabaceae</b>	<i>Senna bacillaris</i> (L.f.) H.S.Irwin & Barneby	*	*	
<b>Fabaceae</b>	<i>Swartzia simplex</i> (Sw.) Spreng.	*		*
<b>Fabaceae</b>	<i>Swartzia</i> sp.	*		
<b>Heliconiaceae</b>	<i>Heliconia brachyantha</i> L.Andersson	*		
<b>Hernandiaceae</b>	<i>Gyrocarpus americanus</i> Jacq.			*
<b>Lacistemataceae</b>	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J.Bergius) Rusby	*		
<b>Lamiaceae</b>	<i>Aegiphila</i> sp.		*	
<b>Lauraceae</b>	<i>Aniba panurensis</i> (Meisn.) Mez			*
<b>Lauraceae</b>	<i>Aniba puchury-minor</i> (Mart.) Mez			*
<b>Lauraceae</b>	<i>Licaria triandra</i> (Sw.) Kosterm.	*		
<b>Lauraceae</b>	<i>Nectandra martinicensis</i> Mez			*
<b>Lauraceae</b>	<i>Ocotea cernua</i> (Nees) Mez	*		
<b>Lauraceae</b>	<i>Ocotea myriantha</i> (Meisn.) Mez			*
<b>Lauraceae</b>	<i>Ouratea insularis</i> (Meisn.) Mez	*		
<b>Lecythidaceae</b>	<i>Couratari guianensis</i> Aubl.	*		*
<b>Lecythidaceae</b>	<i>Gustavia superba</i> (Kunth) O.Berg	*		*
<b>Lecythidaceae</b>	<i>Gustavia</i> sp.	*		
<b>Lecythidaceae</b>	<i>Lecythis minor</i> Jacq.		*	
<b>Loganiaceae</b>	<i>Strychnos panamensis</i> Seem.	*		
<b>Loganiaceae</b>	<i>Strychnos peckii</i> B.L.Rob.	*		
<b>Malpighiaceae</b>	<i>Banisteriopsis</i> cf. <i>muricata</i> (Cav.) Cuatrec.			*
<b>Malpighiaceae</b>	<i>Hiraea fagifolia</i> (DC.) A.Juss.	*		
<b>Malpighiaceae</b>	<i>Hiraea reclinata</i> Jacq.			*
<b>Malpighiaceae</b>	<i>Malpighia glabra</i> L.		*	*
<b>Malpighiaceae</b>	<i>Mascagnia divaricata</i> (Kunth) Nied.		*	
<b>Malpighiaceae</b>	<i>Mascagnia macradena</i> (DC.) Nied.	*		*
<b>Malpighiaceae</b>	<i>Stigmaphyllon</i> cf. <i>angustilobum</i> A. Juss.		*	
<b>Malvaceae</b>	<i>Byttneria divaricata</i> Benth.			*
<b>Malvaceae</b>	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.		*	
<b>Malvaceae</b>	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.		*	*
<b>Meliaceae</b>	<i>Guarea glabra</i> Vahl	*		

Meliaceae	<i>Trichilia acuminata</i> (Humb. & Bonpl. ex Schult.) C.DC.	*		*
Meliaceae	<i>Trichilia martiana</i> C.DC.	*		
Meliaceae	<i>Trichilia pleeana</i> (A.Juss.) C.DC.	*		*
Meliaceae	<i>Trichilia poeppigii</i> C. DC.	*		
Meliaceae	<i>Trichilia quadrijuga</i> (Miq.) Kunth	*		*
Moraceae	<i>Ficus nymphaeifolia</i> Mill.	*		
Moraceae	<i>Sorocea pubivena</i> Hemsl.			*
Moraceae	<i>Sorocea sprucei</i> (Baill.) J.F.Macbr.		*	*
Moraceae	<i>Sorocea trophoides</i> W.C.Burger	*		
Myrtaceae	<i>Eugenia</i> sp1.	*		
Myrtaceae	<i>Eugenia</i> sp2.			*
Nyctaginaceae	<i>Guapira costaricana</i> (Standl.) Woodson			*
Nyctaginaceae	<i>Neea</i> cf. <i>delicatula</i> Standl.	*		*
Nyctaginaceae	<i>Pisonia aculeata</i> L.		*	*
Ochnaceae	<i>Ouratea nitida</i> (Sw.) Engl.	*		
Passifloraceae	<i>Passiflora biflora</i> Lam.		*	*
Passifloraceae	<i>Passiflora suberosa</i> L.		*	
Phytolaccaceae	<i>Margaritaria nobilis</i> L.f.			*
Phytolaccaceae	<i>Rivina humilis</i> L.			*
Phytolaccaceae	<i>Seguiera americana</i> L.			*
Phytolaccaceae	<i>Seguiera macrophylla</i> Benth.	*		
Piperaceae	<i>Piper amalago</i> L.	*		
Polygonaceae	<i>Coccoloba caracasana</i> Meisn.			*
Polygonaceae	<i>Coccoloba coronata</i> Jacq.			*
Polygonaceae	<i>Coccoloba densifrons</i> Mart. ex Meisn.	*		*
Polygonaceae	<i>Triplaris americana</i> L.	*		*
Primulaceae	<i>Ardisia bartlettii</i> Lundell			*
Primulaceae	<i>Ardisia foetida</i> Willd. ex Roem. & Schult.			*
Primulaceae	<i>Clavija ornata</i> D.Don	*		*
Primulaceae	<i>Clavija spinosa</i> (Vell.) Mez	*		
Primulaceae	<i>Cybianthus larensis</i> (Steypm.) G.Agostini			*
Primulaceae	<i>Cybianthus occigranatensis</i> (Cuatrec.) G.Agostini	*		*
Pteridaceae	<i>Adiantum lucidum</i> (Cav.) Sw.	*		
Rhamnaceae	<i>Gouania polygama</i> (Jacq.) Urb.		*	
Rubiaceae	<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A.Rich. ex DC.	*		
Rubiaceae	<i>Alibertia</i> sp.	*		
Rubiaceae	<i>Amaioua corymbosa</i> Kunth			*
Rubiaceae	<i>Calycophyllum candidissimum</i> (Vahl) DC.			*
Rubiaceae	<i>Chomelia spinosa</i> Jacq.		*	
Rubiaceae	<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K.Schum.		*	*
Rubiaceae	<i>Faramea capillipes</i> Müll.Arg.	*		
Rubiaceae	<i>Faramea occidentalis</i> (L.) A.Rich.	*		
Rubiaceae	<i>Isertia</i> sp1.			*
Rubiaceae	<i>Isertia</i> sp2.	*		
Rubiaceae	<i>Palicourea guianensis</i> Aubl.			*
Rubiaceae	<i>Posoqueria latifolia</i> (Rudge) Schult.	*		
Rubiaceae	<i>Psychotria horizontalis</i> Sw.	*		
Rubiaceae	<i>Psychotria</i> sp1.	*		
Rubiaceae	<i>Psychotria</i> sp2.			*
Rubiaceae	<i>Randia aculeata</i> L.	*		
Rubiaceae	<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	*	*	*

<b>Rubiaceae</b>	<i>Randia grandifolia</i> (Donn.Sm.) Standl.			*
<b>Rubiaceae</b>	<i>Randia hondensis</i> H.Karst.			*
<b>Rubiaceae</b>	Indeterminado	*		
<b>Salicaceae</b>	<i>Casearia aculeata</i> Jacq.	*	*	*
<b>Salicaceae</b>	<i>Casearia arguta</i> Kunth			*
<b>Salicaceae</b>	<i>Casearia corymbosa</i> Kunth	*		*
<b>Salicaceae</b>	<i>Casearia praecox</i> Griseb.	*	*	
<b>Sapindaceae</b>	<i>Allophylus racemosus</i> Sw.			*
<b>Sapindaceae</b>	<i>Cardiospermum grandiflorum</i> Sw.			*
<b>Sapindaceae</b>	<i>Dilodendron costaricense</i> (Radlk.) A.H.Gentry & Steyerm.	*		
<b>Sapindaceae</b>	<i>Matayba elegans</i> Radlk.			*
<b>Sapindaceae</b>	<i>Melicoccus oliviformis</i> Kunth	*	*	
<b>Sapindaceae</b>	<i>Paullinia alata</i> (Ruiz & Pav.) G.Don			*
<b>Sapindaceae</b>	<i>Paullinia</i> sp1.	*		*
<b>Sapindaceae</b>	<i>Paullinia</i> sp2.			*
<b>Sapindaceae</b>	<i>Serjania rhombea</i> Radlk.			*
<b>Sapindaceae</b>	<i>Thinouia myriantha</i> Triana & Planch.			*
<b>Sapindaceae</b>	<i>Urvillea ulmacea</i> Kunth		*	
<b>Sapotaceae</b>	<i>Pouteria durlandii</i> (Standl.) Baehni	*		
<b>Sapotaceae</b>	<i>Pouteria glomerata</i> (Miq.) Radlk.	*		*
<b>Sapotaceae</b>	<i>Pouteria</i> sp1.	*		
<b>Simaroubaceae</b>	<i>Quassia amara</i> L.	*		
<b>Smilacaceae</b>	<i>Smilax</i> sp1.			*
<b>Smilacaceae</b>	<i>Smilax</i> sp2.		*	
<b>Solanaceae</b>	<i>Capsicum</i> sp.		*	
<b>Solanaceae</b>	<i>Solanum adhaerens</i> Willd. ex Roem. & Schult.			*
<b>Solanaceae</b>	<i>Solanum allophyllum</i> (Miers) Standl.		*	
<b>Ulmaceae</b>	<i>Ampelocera macphersonii</i> Todzia	*		
<b>Urticaceae</b>	<i>Cecropia peltata</i>	*		
<b>Verbenaceae</b>	<i>Priva lappulacea</i> (L.) Pers.		*	
<b>Violaceae</b>	<i>Hybanthus prunifolius</i> (Humb. & Bonpl. ex Schult.) Schulze-Menz	*		*
<b>Violaceae</b>	Indeterminado			*
<b>Vitaceae</b>	<i>Cissus verticillata</i> (L.) Nicolson & C.E.Jarvis	*		
<b>Vitaceae</b>	<i>Cissus</i> sp1.	*		
<b>Zygophyllaceae</b>	<i>Bulnesia arborea</i>	*		

## Anexo 6. Test de normalidad de Lilliefors

Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test

data: riqueza\$abundancia

D = 0.31234, p-value < 2.2e-16

### Anexo 7. Test de homogeneidad de Levene

	Df	F value	Pr(>F)
Group	2	4.30835	0.0142896
	303	NA	NA

### Anexo 8. Prueba de Welch para la abundancia de especies por localidades

```
Welch's Heteroscedastic F Test (alpha = 0.05)
```

```
-----  
data : abundacia and Localidad
```

```
statistic : 2.138194  
num df    : 2  
denom df  : 150.3036  
p.value   : 0.1214392
```

```
Result    : Difference is not statistically significant.  
-----
```

### Anexo 9. Prueba de Kruskal-Wallis para la riqueza por localidades

```
Kruskal-Wallis rank sum test
```

```
data: riqueza2$riqueza by riqueza2$Localidad  
Kruskal-Wallis chi-squared = 4.5607, df = 2, p-value = 0.1022
```

## Anexo 10. Índice de diversidad de forma de Patton para fragmentos del Bajo Sinú

Subregión Bajo Sinú					
Nº FRAGMENTO	AREA (Hectáreas)	Área (m <sup>2</sup> )	PERIMETRO	DI	FORMA
1	2,08	20830,60	635,31	1,24	Redondo
2	2,47	24687,00	669,95	1,20	Redondo
3	2,70	27018,20	698,27	1,20	Redondo
4	20,40	203978,00	2257,10	1,41	Oval – redondo
5	0,57	5678,19	713,70	2,67	Amorfo irregular
6	0,28	2764,67	318,53	1,71	Oval – oblongo
7	2,15	21546,50	1286,37	2,47	Amorfo irregular
8	7,58	75798,80	1079,58	1,11	Redondo
9	5,89	58886,40	997,37	1,16	Redondo
10	14,10	141001,00	2729,12	2,05	Amorfo irregular
11	15,73	157302,00	1814,90	1,29	Oval – redondo
12	34,16	341633,00	3415,11	1,65	Oval – oblongo
13	6,55	65452,90	990,57	1,09	Redondo
14	1,60	15972,60	649,28	1,45	Oval – redondo

## Anexo 11. Prueba Chi-cuadrado con simulación de monte-carlo (relación entre la forma de fragmento y la diversidad)

### 11.1. Abundancia

Pearson's Chi-squared test with simulated p-value (based on 2000 replicates)

```
data: indices$abundance and indices$forma.frag
X-squared = 12, df = NA, p-value = 1
```

## 11.2. Riqueza

Pearson's Chi-squared test with simulated p-value (based on 2000 replicates)

```
data: indices$richness and indices$forma.frag  
X-squared = 9.75, df = NA, p-value = 0.76362
```

## 11.3. Índice de Shannon

Pearson's Chi-squared test with simulated p-value (based on 2000 replicates)

```
data: indices$Shannon and indices$forma.frag  
X-squared = 12, df = NA, p-value = 1
```

## 11.4. Índice de Simpson

Pearson's Chi-squared test with simulated p-value (based on 2000 replicates)

```
data: indices$Simpson and indices$forma.frag  
X-squared = 12, df = NA, p-value = 1
```

## 11.5. Índice de Diversidad Alfa de Fisher

Pearson's Chi-squared test with simulated p-value (based on 2000 replicates)

```
data: indices$Logalpha and indices$forma.frag  
X-squared = 12, df = NA, p-value = 1
```