



**unl**

Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Forestal

### Diversidad y almacenamiento de carbono del arbolado urbano en la ciudad de Loja, Ecuador

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal

**AUTOR:**

Bryan Javier Merino Galvez

**DIRECTORA:**

Ing. Alexandra del Cisne Jiménez Torres Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2024

## Certificación

Loja, 01 de septiembre de 2023

Ing. Alexandra del Cisne Jiménez Torres. Mg. Sc.

**DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **C E R T I F I C O:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Diversidad y almacenamiento de carbono del arbolado urbano en la ciudad de Loja, Ecuador**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Forestal**, de la autoría del estudiante **Bryan Javier Merino Galvez**, con cédula de identidad **Nro.1150191482**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Ing. Alexandra del Cisne Jiménez Torres. Mg. Sc.

**DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## Autoría

Yo, **Bryan Javier Merino Galvez**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma**



**Cedula de identidad:** 1150191482

**Fecha:** 16 de febrero del 2024

**Correo electrónico:** [bryan.merino@unl.edu.ec](mailto:bryan.merino@unl.edu.ec) / [merinobryan13@gmail.com](mailto:merinobryan13@gmail.com)

**Teléfono:** 0988887796

**Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.**

Yo, **Bryan Javier Merino Galvez**, declaro ser autor del trabajo de Trabajo de Titulación denominado: **Diversidad y almacenamiento de carbono del arbolado urbano en la ciudad de Loja, Ecuador**; como requisito para optar por el título de **Ingeniero Forestal**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los dieciséis días del mes de febrero del dos mil veinticuatro.

**Firma**



Firmado electrónicamente por:  
**BRYAN JAVIER MERINO  
GALVEZ**

**Autor:** Bryan Javier Merino Galvez

**Cédula:** 1150191482

**Dirección:** Catamayo-Calle Juan Pablo II

**Correo electrónico:** [bryan.merino@unl.edu.ec](mailto:bryan.merino@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0988887796

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Directora del Trabajo de Titulación:** Ing. Alexandra del Cisne Jiménez Torres Mg.Sc.

## **Dedicatoria**

Este trabajo de investigación está dedicado principalmente a Dios por abrirme muchas puertas, por guiarme y bendecirme en cada paso de mi vida y enseñarme a creer en mí, cada lágrima derramada en el transcurso del camino para llegar hasta donde quiero llegar.

A mis queridos padres Francisco Merino y Mirian Galvez, por el apoyo y sus valores enseñados, como son la humildad y sencillez, por creer en mí, tantos años de sacrificio y apoyo incondicional, por su inagotable cariño y amor, por ser mi fuente de inspiración y la razón de ser alguien en la vida. Su constante presencia y guía inquebrantable han sido el motor detrás de este logro que hoy celebro. Agradezco su fe en mí, por motivarme a dar lo mejor de mí y por ser mi mayor fuente de inspiración. Su legado de excelencia y perseverancia. Les dedico con profundo agradecimiento este logro, que también es de ustedes. A mis queridos padres por sus oraciones, cariño, consejos y amor que me ayudaron mucho en mi lucha para conseguir mis sueños con responsabilidad y constancia.

A mis hermanas Ginger y Domenica, por toda la ayuda brindada, por su confianza, su amor y cariño hacia mi persona. Por estar siempre presentes y creer en mí, por enseñarles que puedo con todo, lo que me proponga y que cada caída que tuve sirvió como lección, para crecer más como persona me supe levantar. Mi confianza en mis habilidades y mi fe en mi capacidad para alcanzar mis metas me han dado el impulso necesario para llegar hasta donde quiero llegar. Al igual que su influencia positiva en mi vida ha sido invaluable, y cada uno de mis éxitos está ligado directamente a la fuerza que ustedes me han brindado.

**Para ustedes, con cariño...**

***Bryan Javier Merino Galvez***

## **Agradecimiento**

En primer lugar, quiero agradecerle a Dios, por regalarme la vida, la capacidad, perseverancia y responsabilidad, por bendecirme y guiarme por el crecimiento personal para terminar con éxito mis estudios y este trabajo de investigación.

Agradezco a mis padres y hermanas, quienes me brindaron su apoyo incondicional en todo momento, por confiar y creer en cada una de mis decisiones por todo el apoyo recibido durante mis estudios y mi vida entera, gracias por confiar en mí.

A mis docentes de la carrera de Ingeniería Forestal por sus enseñanzas y motivaciones que me han brindado desde inicios de mi formación profesional, por brindarme sus conocimientos y apoyo durante toda mi formación profesional.

A mi directora del Trabajo de Titulación Ing. Alexandra Jiménez Torres M.Sc, por la asesoría y experiencia, conocimiento, motivación e infinita paciencia me oriento en todo momento, permitiendo así el desarrollo de esta investigación.

A mis docentes Zhofre Aguirre, Darío Veintimilla y Darwin Pucha quien de manera desinteresada supieron brindarme su ayuda para el desarrollo de la misma.

A mis compañeros de curso por su cariño y amistad brindada en el transcurso de toda la carrera, siempre los recordaré.

***Bryan Javier Merino Galvez***

## Índice de contenidos

Portada .....	i
Certificación.....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización.....	iv
Dedicatoria .....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenidos .....	vii
Índice de tablas .....	x
Índice de figuras .....	xi
Índice de anexos.....	xii
<b>1. Título .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Resumen .....</b>	<b>2</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Introducción.....</b>	<b>5</b>
<b>4. Marco teórico.....</b>	<b>7</b>
<b>4.1. Arbolado urbano.....</b>	<b>7</b>
4.1.1. <i>Definición del arbolado urbano .....</i>	<i>7</i>
4.1.2. <i>Importancia del arbolado urbano .....</i>	<i>7</i>
4.1.3. <i>Funciones de los árboles urbanos.....</i>	<i>7</i>
4.1.4. <i>Los árboles elementos arquitectónicos del paisaje urbano.....</i>	<i>8</i>
<b>4.2. Clasificación del arbolado urbano .....</b>	<b>9</b>
4.2.1. <i>Recinto Ambiental Urbano (RAU).....</i>	<i>9</i>
4.2.2. <i>Vecindario verde inclusivo (VVI).....</i>	<i>9</i>
<b>4.3. Silvicultura urbana.....</b>	<b>9</b>
<b>4.4. Reglas de silvicultores urbanos .....</b>	<b>9</b>
4.4.1. <i>Regla de Konijnendijk 3/30/300 .....</i>	<i>10</i>
4.4.2. <i>Regla de Santamour 10/20/30 .....</i>	<i>10</i>
<b>4.5. Origen biogeográfico .....</b>	<b>10</b>
<b>4.6. Composición florística y estructura .....</b>	<b>10</b>
4.6.1. <i>Composición y estructura en áreas urbanas .....</i>	<i>10</i>
4.6.2. <i>Métodos para caracterizar la composición florística .....</i>	<i>11</i>
<b>4.7. Biodiversidad urbana .....</b>	<b>11</b>

4.7.1.	<i>Biodiversidad del arbolado urbano</i> .....	11
<b>4.8.</b>	<b>Diversidad</b> .....	<b>12</b>
4.8.1.	<i>Diversidad del arbolado urbano</i> .....	12
4.8.2.	<i>Índice de Margalef (DMg)</i> .....	13
4.8.3.	<i>Índice de Simpson (<math>\delta</math>)</i> .....	13
4.8.4.	<i>Índice de Berger-Parker (d)</i> .....	14
4.8.5.	<i>Índice de Shannon (<math>H'</math>)</i> .....	14
<b>4.9.</b>	<b>Servicios Ecosistémicos</b> .....	<b>14</b>
4.9.1.	<i>Servicios de aprovisionamiento</i> .....	15
4.9.2.	<i>Servicios de regulación</i> .....	15
4.9.3.	<i>Servicios culturales</i> .....	15
4.9.4.	<i>Servicios de apoyo</i> .....	15
<b>4.10.</b>	<b>El Carbono</b> .....	<b>16</b>
4.10.1.	<i>Ciclo del carbono</i> .....	16
4.10.2.	<i>El carbono como servicio ecosistémico</i> .....	16
4.10.3.	<i>Captura de carbono</i> .....	16
<b>4.11.</b>	<b>Biomasa</b> .....	<b>17</b>
4.11.1.	<i>Relación biomasa y carbono</i> .....	17
4.11.2.	<i>Métodos para estimar biomasa vegetal</i> .....	17
4.11.3.	<i>Método directo o destructivo</i> .....	18
4.11.4.	<i>Método indirecto o no destructivo</i> .....	18
<b>4.12.</b>	<b>Estudios similares de diversidad y carbono almacenado del arbolado urbano</b> . 18	
<b>5.</b>	<b>Metodología</b> .....	<b>20</b>
<b>5.1.</b>	<b>Área de estudio</b> .....	<b>20</b>
<b>5.2.</b>	<b>Metodología para caracterizar la composición florística y diversidad</b> .....	<b>23</b>
5.2.1.	<i>Composición florística</i> .....	24
5.2.2.	<i>Caracterización estructural de la vegetación</i> .....	24
5.2.3.	<i>Estructura diamétrica</i> .....	24
5.2.4.	<i>Diversidad del arbolado urbano</i> .....	25
5.2.5.	<i>Índice de Margalef (DMg)</i> .....	25
5.2.6.	<i>Índice de Simpson (<math>\delta</math>)</i> .....	25
5.2.7.	<i>Índice de Berger-Parker (d)</i> .....	26
5.2.8.	<i>Índice de Shannon (<math>H'</math>)</i> .....	26
<b>5.3.</b>	<b>Metodología para estimar el almacenamiento de carbono de las especies</b> .....	<b>27</b>

5.3.1.	<i>Cálculo de biomasa aérea</i> .....	27
5.3.2.	<i>Almacenamiento de carbono de la biomasa</i> .....	31
<b>6.</b>	<b>Resultados</b> .....	<b>32</b>
<b>6.1.</b>	<b>Composición florística, estructura y diversidad del arbolado urbano</b> .....	<b>32</b>
6.1.1.	<i>Composición florística</i> .....	32
6.1.2.	<i>Estructura diamétrica</i> .....	34
6.1.3.	<i>Origen biogeográfico de las especies en los parques y avenidas</i> .....	34
6.1.4.	<i>Parámetros estructurales</i> .....	39
<b>6.2.</b>	<b>Diversidad del arbolado urbano</b> .....	<b>42</b>
6.2.1.	<i>Índice de Margalef (DMg)</i> .....	42
6.2.2.	<i>Índice de Simpson (<math>\delta</math>)</i> .....	43
6.2.3.	<i>Índice de Berger-Parker (d)</i> .....	44
6.2.4.	<i>Índice de Shannon (<math>H'</math>)</i> .....	45
<b>6.3.</b>	<b>Almacenamiento de carbono de las especies nativas y exóticas</b> .....	<b>46</b>
6.3.1.	<i>Carbono almacenado</i> .....	46
6.3.2.	<i>Especies con mayor abundancia, índice de valor de importancia</i> .....	47
6.3.3.	<i>Carbono almacenado por clase diamétricas</i> .....	51
<b>7.</b>	<b>Discusión</b> .....	<b>53</b>
<b>7.1.</b>	<b>Composición florística y diversidad del arbolado</b> .....	<b>53</b>
<b>7.2.</b>	<b>Almacenamiento de carbono de las especies nativas y exóticas</b> .....	<b>56</b>
<b>8.</b>	<b>Conclusiones</b> .....	<b>58</b>
<b>9.</b>	<b>Recomendaciones</b> .....	<b>59</b>
<b>10.</b>	<b>Bibliografía</b> .....	<b>60</b>
<b>11.</b>	<b>Anexos</b> .....	<b>74</b>

## Índice de tablas:

<b>Tabla 1.</b> Funciones de los árboles en ambientes urbanos.....	8
<b>Tabla 2.</b> Parques y avenidas donde se realizó el inventario forestal en la ciudad de Loja, Ecuador.....	20
<b>Tabla 3.</b> Hoja de campo para registro de los árboles.....	23
<b>Tabla 4.</b> Fórmulas para determinar los parámetros estructurales.....	24
<b>Tabla 5.</b> Matriz para organizar y calcular el índice de Simpson.....	26
<b>Tabla 6.</b> Interpretación de los rangos de diversidad de Simpson.....	26
<b>Tabla 7.</b> Matriz a utilizar para el cálculo de Shannon.....	27
<b>Tabla 8.</b> Interpretación de los rangos de diversidad de Shannon.....	27
<b>Tabla 9.</b> Lista de ecuaciones alométricas para estimar biomasa aérea.....	28
<b>Tabla 10.</b> Composición florística del arbolado urbano de la ciudad de Loja.....	32
<b>Tabla 11.</b> Lista de especies del arbolado urbano de la ciudad de Loja, Ecuador según origen biográfico: exótico y nativo.....	35
<b>Tabla 12.</b> Parámetros estructurales de las diez especies sobresalientes del arbolado urbano de la ciudad de Loja, Ecuador.....	39
<b>Tabla 13.</b> Parámetros estructurales de las diez especies sobresalientes en parques y avenidas del arbolado urbano de la ciudad de Loja, Ecuador.....	40
<b>Tabla 14.</b> Cálculo del índice de Margalef en los parques y avenidas de la ciudad de Loja....	42
<b>Tabla 15.</b> Cálculo del índice de Simpson en los parques y avenidas de la ciudad de Loja....	43
<b>Tabla 16.</b> Cálculo del índice de Berger-Parker en los parques y avenidas de la ciudad de Loja.....	44
<b>Tabla 17.</b> Cálculo del índice de Shannon en los parques y avenidas de la ciudad de Loja....	45
<b>Tabla 18.</b> Estimación de almacenamiento de carbono del arbolado urbano de la ciudad de Loja.....	46
<b>Tabla 19.</b> Diez especies sobresalientes que tienen mayor IVIs y carbono almacenado en el arbolado urbano de la ciudad de Loja, Ecuador.....	47
<b>Tabla 20.</b> Lista de especies que almacenan biomasa y carbono en el arbolado urbano de la ciudad de Loja, Ecuador.....	49

## Índice de figuras:

<b>Figura 1.</b> Índices de diversidad alfa. ....	12
<b>Figura 2.</b> Almacenamiento de carbono en las comunidades vegetales. ....	17
<b>Figura 3.</b> Área de estudio del arbolado urbano de la ciudad de Loja, Ecuador.....	20
<b>Figura 4.</b> Puntos de muestreo de las especies en los parques y avenidas de la ciudad de Loja. .....	22
<b>Figura 5.</b> Medición de variable dasométricas de los árboles urbanos.....	23
<b>Figura 6.</b> Especies más abundantes del arbolado urbano de la ciudad de Loja, Ecuador. ....	32
<b>Figura 7.</b> Área basal del arbolado urbano de la ciudad de Loja . ....	33
<b>Figura 8.</b> Las 10 familias más abundantes del arbolado urbano de la ciudad de Loja. ....	33
<b>Figura 9.</b> Clases diamétricas de los árboles urbanos de la ciudad de Loja. ....	34
<b>Figura 10.</b> Especies nativas y exóticas del arbolado urbano de la ciudad de Loja. ....	34
<b>Figura 11.</b> Especies nativas del arbolado urbano de la ciudad de Loja.....	38
<b>Figura 12.</b> Especies exóticas del arbolado urbano de la ciudad de Loja.....	39
<b>Figura 13.</b> Estimación de biomasa y carbono en especies exóticas y nativas en el arbolado urbano de la ciudad de Loja. ....	46
<b>Figura 14.</b> Carbono almacenado en los árboles, arbustos y palmas de la ciudad de Loja, Ecuador.....	47
<b>Figura 15.</b> Especies que almacenan mayor cantidad de carbono en el arbolado urbano de la ciudad de Loja. ....	48
<b>Figura 16.</b> Estimación de carbono por clase diamétrica del arbolado urbano de la ciudad de Loja.....	51
<b>Figura 17.</b> Diez especies entre exóticas y nativas que almacenan mayor cantidad de carbono por clase diamétrica.....	52

## **Índice de anexos:**

<b>Anexo 1.</b> Toma de datos de medición de las variables dasométricas (DAP y Alturas) del arbolado urbano de la ciudad de Loja, Ecuador. ....	74
<b>Anexo 2.</b> Verificación y depuración de variables dasométricas de la base de datos. ....	75
<b>Anexo 3.</b> Levantamiento fotogramétrico con dron en el arbolado urbano de la ciudad de Loja, Ecuador. Fotografías: Santiago Silva, (2023).....	76
<b>Anexo 4.</b> Distribución espacial de las especies del arbolado urbano Loja, Ecuador. ....	77
<b>Anexo 5.</b> Descripción de las especies más abundantes del arbolado urbano de la ciudad de Loja, Ecuador. ....	78
<b>Anexo 6.</b> Lista de especies del arbolado urbano de la ciudad de Loja, Ecuador según: origen biogeográfico exótico y nativo. ....	98
<b>Anexo 7.</b> Cálculo de índices de diversidad del total de las especies en el arbolado urbano de la ciudad de Loja.....	102
<b>Anexo 8.</b> Certificado de traducción del Resumen/abstract. ....	110

## **1. Título**

**Diversidad y almacenamiento de carbono del arbolado urbano en la ciudad de Loja,  
Ecuador**

## 2. Resumen

Los árboles urbanos proporcionan una serie de beneficios ambientales, sociales y económicos; sin embargo, el conocimiento actual sobre el arbolado urbano en Ecuador es limitado. El objetivo de esta investigación fue contribuir al conocimiento de la diversidad arbórea y el almacenamiento de carbono del arbolado urbano en la ciudad de Loja, Ecuador. Se utilizó la base de datos del inventario forestal de los parques y avenidas del casco urbano de la ciudad de Loja generada en el proyecto: Dinámica de crecimiento y servicios ecosistémicos del arbolado urbano de la ciudad de Loja. Para la caracterización florística y de estructura se consideró los individuos  $\geq$  a 5 cm de DAP. Se calculó la diversidad taxonómica, riqueza específica, para la estructura se analizó parámetros de: abundancia, dominancia específica, equitatividad y origen biogeográfico (nativas y exóticas). La diversidad fue evaluada mediante los índices de Margalef (DMg); Simpson ( $\delta$ ); Berger – Parker (d) y Shannon ( $h'$ ). Los índices se calcularon de forma separada en parques (Recinto Ambiental Urbano, RAU) y avenidas (Vecindario Verde Inclusivo, VVI). La estimación del almacenamiento de biomasa aérea se realizó mediante ecuaciones alométricas existentes en la literatura, y para obtener la acumulación de carbono se utilizó la fracción de 0,47 sugerida por IPCC. Se registraron 5 259 individuos de los cuales 5 084 fueron árboles, 27 arbustos y 148 palmeras, pertenecientes a 91 especies, 67 géneros y 35 familias botánicas. El 93% de las especies fueron latifoliadas y 7 % coníferas, de las cuales 67% de las especies presentes fueron exóticas y el 33 % nativas. Las familias botánicas con mayor diversidad en géneros fueron Fabaceae con 17 especies que representan el 18,7%, Myrtaceae con 11 representan el 12,1 %, Bignoniaceae, Moraceae, Rosaceae con cinco representan el 5,5 % y Arecaceae con tres representan el 3,3 %. Las especies con mayor abundancia en parques y avenidas fueron *Salix humboldtiana*, *Jacaranda mimosifolia*, *Alnus acuminata* y *Vachellia macracantha*. El índice de diversidad de Margalef fue de 9,95 y 6,66; índice de Simpson de 0,93 y 0,89; Berger-Parker de 0,19 y 0,25; índice de Shannon de 2,57 y 2,54, representan una equitatividad, especialmente en el Recinto Ambiental Urbano, RAU, donde la diversidad fue alta, en cuanto al Vecindario Verde Inclusivo, VVI, una diversidad media. El total de carbono almacenado en árboles urbanos de la ciudad de Loja fue de 1 963,49 tC, las especies exóticas almacenan mayor cantidad de carbono con 76,18% a diferencia de las nativas con el 23,82 %. Las especies que registraron la mayor cantidad de carbono almacenado fueron *Salix humboldtiana*, *Cupressus macrocarpa*, *Schinus molle* y *Jacaranda mimosifolia*.

**Palabras claves:** *árboles urbanos, diversidad, índices de diversidad, almacenamiento de carbono, Loja.*

## Abstract

Urban trees provide a number of environmental, social and economic benefits; however, current knowledge about urban trees in Ecuador is limited. The objective of this research was to contribute to the knowledge of tree diversity and carbon storage of urban trees in the city of Loja, Ecuador. The database of the forest inventory of the parks and avenues of the urban area of the city of Loja generated in the project: Dynamics of growth and ecosystem services of urban trees in the city of Loja was used. For the floristic and structural characterization, individuals  $\geq 5$  cm DAP were considered. Taxonomic diversity and specific richness were calculated, and for the structure, the following parameters were analyzed: abundance, specific dominance, equitability and biogeographic origin (native and exotic). Diversity was assessed using the Margalef (DMg); Simpson ( $\delta$ ); Berger - Parker (d) and Shannon (h') indices. The indices were calculated separately in parks (Recinto Ambiental Urbano, RAU) and avenues (Vecindario Verde Inclusivo, VVI). Estimation of aboveground biomass storage was performed using allometric equations available in the literature, and the fraction of 0,47 suggested by IPCC was used to obtain carbon accumulation. A total of 5,259 individuals were recorded, of which 5,084 were trees, 27 shrubs and 148 palms, belonging to 91 species, 67 genera and 35 botanical families. The botanical families with the greatest diversity in genera were Fabaceae with 17 species representing 18,7%, Myrtaceae with 11 representing 12,1%, Bignoniaceae, Moraceae, Rosaceae with five representing 5.5% and Arecaceae with three representing 3,3%. The species with the highest abundance in parks and avenues were *Salix humboldtiana*, *Jacaranda mimosifolia*, *Alnus acuminata* and *Vachellia macracantha*. The Margalef diversity index was 9,95 and 6,66; Simpson's index of 0,93 and 0,89; Berger-Parker of 0,19 and 0,25; Shannon's index of 2,57 and 2,54, representing a fairness, especially in the Urban Environmental Precinct, RAU, where diversity was high, and in the Inclusive Green Neighborhood, VVI, a medium diversity. The total amount of carbon stored in urban trees in the city of Loja was 1,963.49 tC, the exotic species stored more carbon with 76,18% as opposed to the native species with 23,82 %. The species that registered the highest amount of carbon stored were *Salix humboldtiana*, *Cupressus macrocarpa*, *Schinus molle* and *Jacaranda mimosifolia*.

**Key words:** *Urban trees, diversity, diversity indices, carbon storage, Loja.*

### 3. Introducción

El arbolado urbano es importante para el almacenamiento de carbono, los árboles absorben CO<sub>2</sub> de la atmósfera y lo almacenan en su biomasa (Jáuregui *et al.*, 2022). Los árboles plantados en las ciudades, al estar más dispersos, crecen más rápido por lo que almacenan con más rapidez carbono en su biomasa (Ordóñez-Sánchez, 2022). Los árboles urbanos son importantes para las personas y la avifauna silvestre, son considerados los pulmones de las ciudades (Moreira-Jiménez, 2017). La diversidad y la composición del arbolado urbano contribuye a proporcionar hábitat y alimento para la fauna urbana, aumentar la biodiversidad de otras especies y reducir los efectos negativos de la urbanización (Cordero *et al.*, 2015).

El crecimiento poblacional y el desarrollo urbano, ha ido incrementando a lo largo del tiempo, siendo los promotores de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), provocando la acumulación de gases y el consecuente del incremento de las temperaturas globales y locales (Organizaciones de Naciones Unidas [ONU], 2020). El informe del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), estima que durante los próximos veinte años habrá un aumento de la temperatura media global en 1,5 °C (Panel Intergubernamental del Cambio Climático [IPCC], 2022). Es probable que la temperatura mundial en las décadas esté en constante aumento 1,4 y 5,8 °C entre 1990 y 2100 (McMichael *et al.*, 2010).

A nivel mundial el 31 %, del carbono se almacenan en los bosques tropicales, templados y boreales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2001). El CO<sub>2</sub> se fija como carbono orgánico que se acumula en forma de biomasa, cuando el árbol es joven sirve como sumidero y cuando cumple una edad adulta solo almacena (Sandhya-Kinnary, 2011). En los últimos años, la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera ha aumentado aproximadamente un 30% por encima de los niveles naturales y seguirá aumentando en un futuro próximo (ONU, 2020).

El arbolado urbano históricamente juega un papel importante en las ciudades, contribuyen a mitigar los niveles de CO<sub>2</sub>, pueden ayudar a enfriar el aire entre 2 y 8 °C, proporcionando hábitat para la vida silvestre local, absorbiendo dióxido de carbono y otros contaminantes atmosféricos (ONU, 2019). Tener una amplia diversidad de árboles en los bordes de las carreteras urbanas puede proteger contra la posibilidad de devastación a gran escala por plagas de insectos y enfermedades tanto nativas como introducidas (Mutlu *et al.*, 2017). La

Organización Mundial de la Salud ha asegurado que se necesita al menos, un árbol por cada tres habitantes para respirar y un mínimo de entre 10 y 15 metros cuadrados de zona verde por habitante (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2017). Un árbol maduro puede almacenar hasta 150 kg de CO<sub>2</sub> al año (FAO, 2016). El arbolado urbano proporciona servicios ecosistémicos, como beneficios ambientales, sociales y ecológicos para el desarrollo sostenible de las ciudades (Alanís, 2005).

Actualmente el Ecuador emite aproximadamente 80 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq a la atmosfera lo que representa el 0,15 % de las emisiones en el mundo (Ministerio Ambiente Ecuador [MAE], 2017). En la ciudad de Loja, el incremento de la población ocupa la mayor parte en los espacios urbanos; el parque automotor emitió en el año 2017, un aproximado 208,920 toneladas de CO<sub>2</sub> (Rojas *et al.*, 2018). Las áreas verdes urbanas albergan la mayor parte de la población mundial y son las principales causantes de las emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente debido al uso de combustibles fósiles (Fernández, 2009). Entre los problemas del arbolado urbano de la ciudad de Loja, el conocimiento actual de los árboles; sin embargo, es limitado y existen pocos estudios enfocados al arbolado urbano.

La presente investigación se enfocó en caracterizar la composición florística, diversidad y estimar el almacenamiento de carbono del arbolado urbano de la ciudad de Loja, con la finalidad de aportar con información científica que será útil para la generación de conocimiento y la toma de decisiones de las autoridades para la mejora de los procesos de manejo y gestión de áreas verdes urbanas en la ciudad. Además, está investigación es parte del proyecto 17-DI-FARNR-2021: Dinámica de crecimiento y servicios ecosistémicos del arbolado urbano de la ciudad de Loja.

Para dar cumplimiento a la investigación se plantearon los siguientes objetivos:

### **Objetivo general**

- Contribuir al conocimiento de la diversidad arbórea y el almacenamiento de carbono para facilitar la planificación de estrategias de manejo en la ciudad de Loja.

### **Objetivos específicos**

- Caracterizar la composición florística y diversidad del arbolado urbano de la ciudad de Loja, con el fin de comprender su estado ecológico.
- Estimar el almacenamiento de carbono de las especies nativas y exóticas de la biomasa aérea sobre el suelo del arbolado urbano de la ciudad de Loja.

## **4. Marco teórico**

### **4.1. Arbolado urbano**

#### ***4.1.1. Definición del arbolado urbano***

El arbolado urbano, como su nombre indica, se compone principalmente de una colección de árboles urbanos que se encuentran en una ciudad, el arbolado urbano se define como el conjunto de árboles que crecen dentro de los límites de una población, ciudad o municipio y se plantan en un área y se transmiten de generación en generación (Eguilúz-Rente, 2000).

La definición del concepto de arbolado urbano se da, partiendo de su forma biológica, pero también teniendo en cuenta sus aspectos funcionales, culturales y sociales, haciendo referencia a los beneficios y valores que aporta un árbol y el uso que proporciona a la sociedad. Limitado al contexto específico de cada área urbana (López, 2008).

#### ***4.1.2. Importancia del arbolado urbano***

Los árboles urbanos pueden influir a la calidad del aire de las siguientes maneras (i) convirtiendo el dióxido de carbono en oxígeno mediante la fotosíntesis; (ii) interceptando las partículas contaminantes (polvo, ceniza, polen y humo) y absorbiendo los gases tóxicos como el ozono, el dióxido de azufre y el dióxido de nitrógeno, (iii) emitiendo diversos compuestos orgánicos volátiles que contribuyen a la formación de ozono en las ciudades (iv) reduciendo las temperaturas del aire local (v) reduciendo las temperaturas extremas de los edificios tanto en verano como en invierno y, por consiguiente, reduciendo las emisiones contaminantes de las instalaciones generadoras de energía (FAO, 2003).

Los árboles, especialmente los árboles grandes, pueden almacenar cantidades significativas de carbono los dos factores más influyentes para la absorción de carbono son la tasa de crecimiento y la densidad de la madera, con una gran variabilidad entre las propiedades (Rouquette-Holt, 2017).

#### ***4.1.3. Funciones de los árboles urbanos***

Los árboles urbanos en los parques son espacios para preservar la naturaleza en ambientes altamente modificados e influenciados por el hombre como las ciudades, forman

parte de la belleza escénica y contribuyen a la calidad de los componentes urbanos (Anaya, 2001), como puede observarse en la Tabla 1.

Tabla 1. Funciones de los árboles en ambientes urbanos.

	Valor	Funciones
Componentes del ambiente urbano	Ecológico	Recarga de acuíferos
		Control en la emisión de partículas
		Hábitat de flora y fauna
		Biodiversidad
		Absorben el ruido
		Microclima
	Paisaje Arquitectónico	Control vial
		Ruptura visual
		Reducen el brillo y reflejo del sol
		Elementos armonizantes y de transición
		Mejoran la fisonomía del lugar
		Desarrolla actividades recreativas
	Socioeconómico	Realización de actividades deportivas y culturales
		Permite realizar educación ambiental
		Brinda confort anímico
		Agradable en sus ratos de ocio (descanso)
		Moderan el estrés, ofrece salud física-mental

Fuente: Anaya (2001)

#### **4.1.4. Los árboles elementos arquitectónicos del paisaje urbano**

Los árboles tienen inherentemente un gran potencial para proporcionar una funcionalidad de calidad a los espacios abiertos públicos y privados. Las formas estructurales naturales de los árboles, a través de su altura y grosor, permiten la división y priorización del espacio, y también pueden crear paisajes urbanos únicos y organizaciones con valores naturales (Herrera, 2021). En conjunto, son elementos dinámicos que cambian constantemente a través de la fenología, brindándonos diferentes texturas, colores y densidades de hojas, la presencia de flores y frutos durante todo el año, cambiando la fisonomía de un mismo lugar de estación en estación (Moreira, 2017).

Independientemente las especies en el arbolado urbano la selección de especies debe ser adecuada a la localidad seguir principios básicos de forma, tamaño, color y textura, y estar en armonía con el medio ambiente (Moreira, 2017).

## **4.2. Clasificación del arbolado urbano**

La clasificación del arbolado urbano se divide en Recinto Ambiental Urbano (RAU) y Vecindario verde inclusivo (VVI), en base a esta clasificación se analizará los índices de diversidad con la totalidad de las especies presentes en el arbolado urbano de la ciudad, en cada uno de los sectores detallados a continuación (Hansen *et al.*, 2015; Buizer *et al.*, 2015; Escobar, 2012).

### **4.2.1. Recinto Ambiental Urbano (RAU)**

Espacio urbano libre de edificaciones, perceptible como una unidad espacial arquitectónica (parques, mega parques, plazas o plazoleta) en donde su conformación y principal caracterización es generada por la flora y fauna asociadas (Escobar, 2012).

### **4.2.2. Vecindario verde inclusivo (VVI)**

Arbolado de veredas, calles o áreas verdes inmediatas al vecino, promovido por decisión particular o cuidado del mismo y participación municipal para asegurar su mantenimiento adaptado de Buizer *et al.* (2015).

## **4.3. Silvicultura urbana**

La silvicultura urbana se basa en el concepto de ecosistemas o paisajes urbanos sostenibles, diseñados, gestionados y manejados con el fin de minimizar el impacto ambiental y maximizar los servicios ecosistémicos a largo plazo (Pherson, 2019). La silvicultura urbana es un enfoque moderno para el cuidado de los árboles en las ciudades que requiere una planificación a largo plazo (Kuchelmeister, 2020).

## **4.4. Reglas de silvicultores urbanos**

Los árboles urbanos son la verdadera columna vertebral de la infraestructura verde urbana y suburbana, y cada vez más ciudades y comunidades de todos los tamaños reconocen la importancia de la cubierta arbórea y la necesidad de desarrollar tales planes de gestión de recursos naturales (Benito-Palermo, 2021).

#### **4.4.1. Regla de Konijnendijk 3/30/300**

La regla 3-30-300, propuesta por el profesor holandés de silvicultura y ecologización urbana Cecil Konijnendijk, se basa en el hecho de que la vegetación reduce el calor, previene las inundaciones y mejora la salud de los residentes. Para mantener una buena salud mental, debe tener al menos 3 árboles visibles desde su ventana, vivir en un área con un 30 % de árboles y estar a menos de 300 metros de parques y bosques (Konijnendijk, 2022).

#### **4.4.2. Regla de Santamour 10/20/30**

El ecologista forestal urbano Frank Santamour sugiere la regla 10-20-30 para garantizar la diversidad de especies en los bosques urbanos. Los reglamentos establecen que los silvicultores urbanos y los arboricultores municipales en sus jurisdicciones deben usar las siguientes pautas de diversidad de árboles urbanos dentro de las ciudades : plantar no más del 10 % de cualquier especie, no más del 20 % de cualquier género y, no más del 30 % de cualquier familia (Santamour, 1990).

### **4.5. Origen biogeográfico**

El origen biogeográfico es la procedencia de las especies (exótica o nativa). Una especie nativa o autóctona es una especie que crece en la misma zona que su origen, y una especie exótica es una especie que crece fuera de su área de distribución original (Martínez *et al.*, 2010).

### **4.6. Composición florística y estructura**

La composición florística se suele entender como el número de especies vegetales presentes en un lugar determinado, teniendo en cuenta la densidad, distribución (Vazquez *et al.*, 2009). La diversidad y la composición de las plantas son atributos del bioma que pueden entenderse y compararse. Al estudiar la composición de las plantas, se puede conocer las especies en la región geográfica, su distribución (Escobar, 2015). Esto permite que las especies descubiertas se reproduzcan y mantengan las condiciones ecológicas (Baquero *et al.*, 2011).

#### **4.6.1. Composición y estructura en áreas urbanas**

La composición en áreas urbanas se refiere a la organización y estructura de los elementos que conforman una ciudad, así como a las relaciones entre estas partes y las características espaciales del entorno urbano (Munizaga, 2016). La estructura urbana se refiere a la relación urbanística existente en el interior del espacio urbano entre las distintas partes que

componen la ciudad, mientras que la composición urbana se refiere a la organización y estructura de los elementos que conforman una ciudad y a las relaciones entre estas partes. La estructura urbana es la base sobre la cual se construye la composición urbana (Pimentel, 2018).

#### **4.6.2. Métodos para caracterizar la composición florística**

La composición florística está dada por la heterogeneidad de plantas que se logran identificar en una determinada categoría de vegetación, lo que equivale a demostrar la riqueza de especies vegetales de un determinado tipo de vegetación (Aguirre, 2019). La caracterización estructural de la vegetación se logra aplicando las fórmulas planteadas por Ellenberg y Mueller-Dombois (1974), Pielou (1975).

$$\text{Densidad relativa (\%)} DR = \frac{\text{Número de individuos por especie}}{\text{Número total de individuos}} * 100$$

$$\text{Dominancia relativa (\%)} DmR = \frac{\text{Área basal por especie}}{\text{Área basal total de individuos}} * 100$$

$$IVIs = (\text{Densidad relativa} + \text{Dominancia relativa})/2$$

Donde:

DR= Densidad relativa

DmR= Dominancia relativa

IVIs= Índice de valor de importancia simplificado

### **4.7. Biodiversidad urbana**

El concepto de biodiversidad urbana integra genes, especies y hábitats en interacciones relacionadas con los valores humanos, éticos, estéticos e incluso socioeconómicos de las ciudades, la investigación de la biodiversidad en las ciudades examina la interacción entre la sociedad humana y los sistemas ecológicos (Tzoulas-James, 2010). La biodiversidad urbana se refiere a todas las formas de vida que conviven con la gente y los paisajes que se adaptan a las condiciones de las ciudades (Buitrago *et al.*, 2019).

#### **4.7.1. Biodiversidad del arbolado urbano**

La diversidad de árboles urbanos se refiere a la abundancia de diversas especies de árboles que se encuentran en entornos urbanos, como ciudades y municipios (Kuchelmeister, 2020). Los árboles urbanos ayudan a restablecer el equilibrio ecológico y social de los barrios

y centros urbanos, creando las condiciones ambientales para el éxito económico y a menudo es más barato que las formas tradicionales de infraestructura (Priego, 2002).

#### 4.8. Diversidad

La diversidad puede referirse tanto a la variedad como la semejanza y puede manifestarse en diferentes ámbitos es esencial para el funcionamiento de los ecosistemas y proporciona una serie de servicios ecológicos que son fundamentales para la supervivencia y bienestar del ser humano (Pérez-Gardey, 2009).

##### 4.8.1. Diversidad del arbolado urbano

La diversidad del arbolado urbano, existe diferentes formas de medir los beneficios de los árboles urbanos, que van desde la valoración económica, el monitoreo de la calidad del aire, el análisis de la biodiversidad, hasta la diversidad de árboles, estas medidas pueden ayudar a comprender mejor la importancia de los árboles urbanos y su relación con la calidad de vida de los residentes de la ciudad (Palau, 2017). Los índices de diversidad definen cuáles de las especies están presentes en un área determinada y como contribuyen en el carácter y estructura presente en el ecosistema (Aguirre, 2019) . Los índice de riqueza específica (Margalef), índices de dominancia (Simpson y Berger-Parker) y el índice de equidad (Shannon) Moreno (2001).

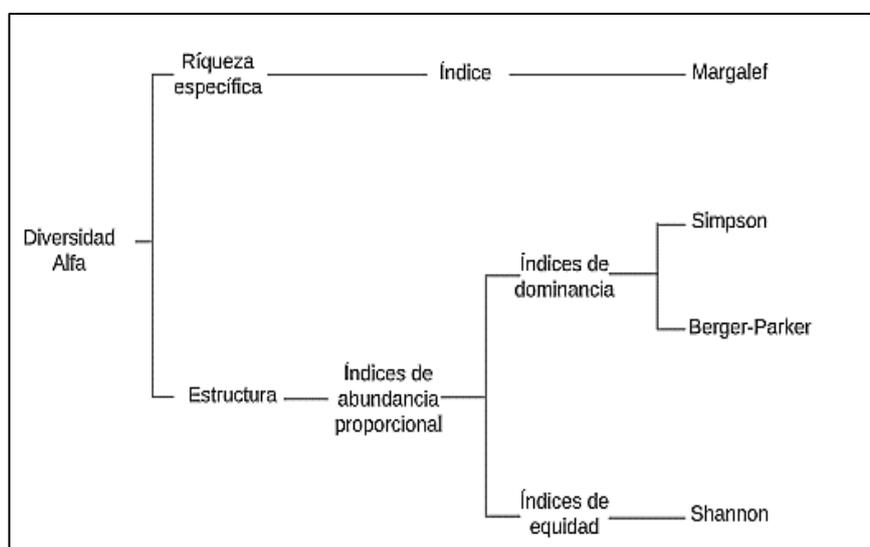


Figura 1. Índices de diversidad alfa.

#### 4.8.2. Índice de Margalef (DMg)

El Índice de Margalef es una medida que se utiliza en ecología que permite estimar la biodiversidad de una comunidad, a partir de la distribución numérica de individuos o diferentes especies en función del número de individuos de la muestra analizada (Magurran, 1988).

Propuesto por el biólogo y ecólogo catalán Ramón Margalef, planteada con la siguiente fórmula:

$$\text{Diversidad de especies } Mg = \frac{\text{Numero de especies presentes } S - 1}{\text{Logaritmo natural In Numero total de individuos } N}$$

**Donde:**

**Mg** = Diversidad de especies

**S** = Número de especies presentes

**In** = Logaritmo natural

**N** = Número total de individuos encontrados (pertenecientes a todas las especies)

Para su respectivo análisis de interpretación, los resultados por debajo de 2,0 se consideran áreas de baja biodiversidad, mientras que los valores por encima de 5,0 se consideran indicadores de alta biodiversidad (Magurran, 1988).

#### 4.8.3. Índice de Simpson ( $\delta$ )

El Índice de Simpson se define como una medida de dominancia en lugar. Se expresa con la fórmula:

$$\text{Índice de dominancia } \sigma = \sum(\text{Porción de individuos de una especie } Pi^2)$$

**Donde:**

**$\sigma$**  = Índice de dominancia

**Pi** = Proporción de individuos de una especie

**n** = Número de individuos de la especie

**N** = Número total de individuos de todas las especies

La probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar sean de la misma especie (Magurran, 1988).

#### 4.8.4. Índice de Berger-Parker (*d*)

El índice de Berger-Parker es un índice de dominancia se considera que mediante sus análisis su rango va de 0 a 1. Se expresa con la fórmula:

$$\text{Índice de dominancia } D = \frac{\text{Frecuencia de especies dominantes } N_{max}}{\text{Numero total de individuos } N}$$

**Donde:**

**N max**= Frecuencia de especies dominantes

**N**= Número total de individuos de todas las especies

Para su respectivo análisis de interpretación, los resultados cuanto más cerca de 1, existe mayor dominancia y menor la diversidad (Magurran, 1988).

#### 4.8.5. Índice de Shannon (*H'*)

El Índice de Shannon se expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra (Magurran, 1988; Peet, 1974; Baev y Penev, 1995). Se expresa con la fórmula:

$$\text{Índice de diversidad } H = \sum_{i=1}^S \text{Numero de especie } (Porción de la muestra Pi) (\text{Logaritmo } n \text{ } Log_n Pi)$$

**Donde:**

**H** = Índice de la diversidad de la especie

**S** = Número de especie

**Pi** = Proporción de la muestra que corresponde a la especie i

**Ln** = Logaritmo natural

Se toman valores entre 0 si existe una sola especie y entre los logaritmos de S si todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988). El índice de Shannon se utiliza para medir la biodiversidad específica y se utilizan en bosque tropicales mixtos, huertos caseros agro-bosques y sistemas agroforestales (Somarriba, 1999).

### 4.9. Servicios Ecosistémicos

Los servicios de los ecosistemas son los beneficios que los ecosistemas brindan a la humanidad y, el marco principal de la biodiversidad, a través del concepto de servicios

ecosistémicos que reflejan las interacciones individuales en el entorno físico para contribuir al bienestar humano en términos de alimentación, posesión, nutrición o seguridad la evaluación de los ecosistemas del milenio del año 2005, dividió los servicios de los ecosistemas en cuatro categorías (Nasi *et al.*, 2005).

#### **4.9.1. Servicios de aprovisionamiento**

Es la provisión de bienes que benefician directamente a las personas ya menudo tienen un valor monetario definido, como la madera de los bosques, las plantas medicinales, los peces del mar, los ríos y los lagos (Nasi *et al.*, 2005).

#### **4.9.2. Servicios de regulación**

Este es un conjunto de funciones realizadas por los ecosistemas, a menudo de alto valor, pero generalmente no proporciona valor monetario en los mercados tradicionales. Estos incluyen la regulación del clima a través del almacenamiento de carbono y el control local de las precipitaciones, la eliminación de contaminantes mediante el filtrado del aire y el agua, y la protección contra desastres como deslizamientos de tierra y tormentas costeras (Brack, 2002).

#### **4.9.3. Servicios culturales**

Proporcionan beneficios materiales directos, ayudan a amplificar las necesidades y los deseos de la sociedad, por lo tanto, motivan a las personas a pagar por su conservación. Estos incluyen los valores espirituales asociados con ciertos ecosistemas, como los bosques sagrados, y la belleza estética de los paisajes y formaciones costeras que atraen a los turistas (Nasi *et al.*, 2005).

#### **4.9.4. Servicios de apoyo**

Proporcionan espacios vitales porque son necesarios para el funcionamiento del ecosistema y por tanto indirectamente responsables del resto de los servicios. Algunos ejemplos son los procesos de formación del suelo y crecimiento de las plantas (Wilkinson *et al.*, 2013).

La diversidad biológica no se considera como un servicio del ecosistema, sino como un requisito previo subyacente para cada uno de estos servicios. La combinación exacta de diversidad y utilidad de los ecosistemas es compleja y es un área que la ciencia aún está explorando (Nasi *et al.*, 2005).

## **4.10. El Carbono**

### **4.10.1. Ciclo del carbono**

El carbono es un elemento químico con la nomenclatura atómico 6 y su símbolo C, es un sólido a temperatura ambiente, dependiendo de las condiciones de formación se pueden encontrar en la naturaleza (Nasi *et al.*, 2005). El ciclo del carbono es un sistema de cambios químicos compuestos de carbono, durante el intercambio entre la atmósfera, hidrosfera y la litosfera, en este ciclo biogeoquímico muy importante para la regulación del clima terrestre y con él están relacionadas las actividades básicas para el sostenimiento de la vida (Juambelz *et al.*, 2018).

### **4.10.2. El carbono como servicio ecosistémico**

El carbono en la evaluación de los ecosistemas del milenio está catalogado como servicio de regulación, como el filtrado de contaminantes urbanos, disminución de la temperatura del aire, aumento de la biodiversidad urbana, mejora de la salud física y mental (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos [USDA], 2005).

Comprender el papel de la biodiversidad en la función de secuestro de carbono para adaptarse y mitigar el cambio climático. A través de la adaptación y mitigación basadas en ecosistemas almacenamiento de carbono y la protección de un ecosistemas saludables, muchos servicios proporcionados y estabilizar el sistema climático (Daba-Dejene, 2018).

### **4.10.3. Captura de carbono**

Durante la fotosíntesis, las plantas convierten el dióxido de carbono y el agua en moléculas de azúcar y oxígeno para formar celulosa, que proporciona la estructura de la planta, en la fase de crecimiento representa un aumento potencial de la biomasa dependiente del crecimiento (Ugle *et al.*, 2010).

Los árboles urbanos también eliminan grandes cantidades de contaminantes del aire que, en consecuencia, mejoran la calidad del aire urbano (Brack, 2002). A continuación, se muestra los almacenes de carbono en los árboles como son: biomasa viva sobre el suelo, biomasa subterránea [raíces], biomasa muerta en pie, biomasa muerta en piso y mantillo y carbono en el suelo (Figura 2).

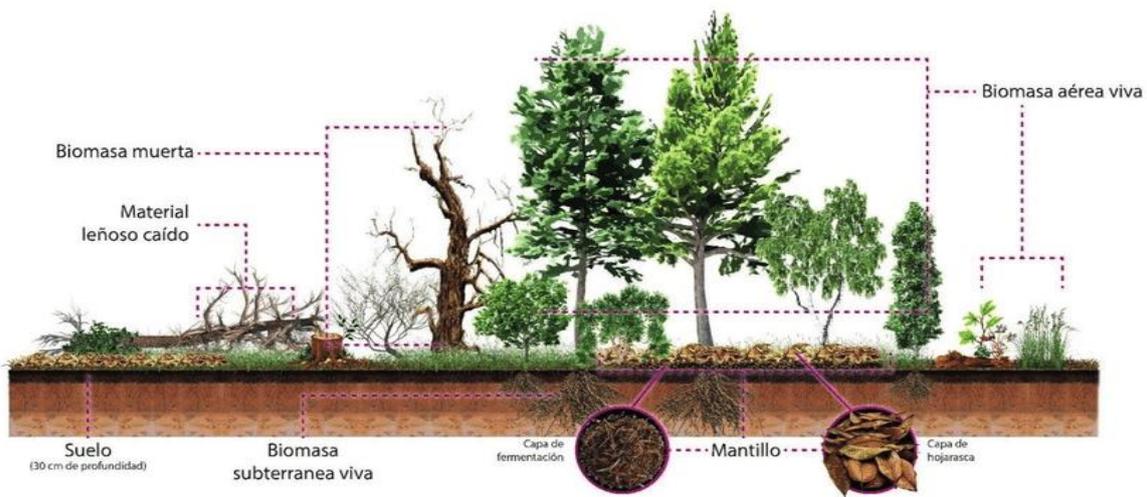


Figura 2. Almacenamiento de carbono en las comunidades vegetales.  
Fuente: Casiano *et al.* (2018).

#### 4.11. Biomasa

La biomasa es una fuente de energía heterogéneas de energía renovable que se obtiene de la materia de organismos recientemente vivos y se utiliza para la producción de bioenergía, la biomasa es una energía renovable basada en materia orgánica, puede ser de origen natural, residual o producida (Rodríguez, 2020).

La biomasa aérea es la cantidad de materia orgánica viva aérea en los árboles, expresada en toneladas secadas al horno por hectárea (Brown, 1997). Asimismo, el (IPCC, 1996) define la biomasa aérea como “toda la biomasa viva aérea, incluidos los tallos, tocones, ramas, cortezas, semillas y hojas de las plantas”. Por lo tanto, la acumulación de biomasa en los árboles es un indicador de la complejidad estructural, la productividad de los ecosistemas el carbono se acumula principalmente en la biomasa aérea de tallos, ramas y hojas mientras que la biomasa subterránea en las raíces, lo que la convierte en un reservorio de carbono muy importante (Carrillo *et al.*, 2014).

##### 4.11.1. Relación biomasa y carbono

Una tonelada de biomasa forestal contiene alrededor de 0,5 toneladas de carbono (Rügnitz *et al.*, 2009).

- 1 tonelada de biomasa =  $\pm$  0,5 toneladas de carbono.

##### 4.11.2. Métodos para estimar biomasa vegetal

Existen dos métodos para medir y estimar la biomasa de los árboles; el método directo y el indirecto (IPCC, 2013; Kobayashi *et al.*, 2012).

#### **4.11.3. Método directo o destructivo**

El método directo (de destrucción) extrae la planta seleccionada y se separa en partes individuales como son las hojas, tallos, raíces y frutos. Para ello se derriba los árboles, se pesa la biomasa y se determina el peso seco (Mendoza *et al.*, 2014).

#### **4.11.4. Método indirecto o no destructivo**

El método indirecto (no destrucción) se calcula utilizando ecuaciones alométricas o modelos matemáticos, mediante análisis de regresión entre variables de árboles como el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura del árbol comercial (Hc), la altura total (Ht) (Fonseca, 2017).

Las ecuaciones alométricas sirven para estimar la biomasa de los árboles, describen la relación entre la biomasa y el diámetro o la altura de la planta (Schmidt *et al.*, 2009). La mayoría de las ecuaciones de razón utilizan el diámetro a la altura del pecho (DAP) como la única variable independiente (Gower *et al.*, 1999 ; Návar, 2009). Y en algunas ecuaciones se utiliza la densidad, y la densidad se define como la cantidad de material por unidad de volumen, el valor se determina a partir de la relación entre el peso del material y el volumen (Suirezs-Berger, 2009). La densidad de la madera, es la relación entre la masa y el volumen a un contenido de humedad determinado. La madera se vuelve muy dura a altas densidades y blanda a bajas densidades (Medina-Andía, 2016).

#### **4.12. Estudios similares de diversidad y carbono almacenado del arbolado urbano**

El estudio de Ortiz-Luna (2019) sobre diversidad e indicadores de vegetación del arbolado urbano en la ciudad de Resistencia, Chaco-Argentina en la evaluación de análisis de los índices de diversidad, el índice de Margalef presentó 14,71 para recinto ambiental urbano ; y 10,55 para el vecindario verde inclusivo, el índice de Shannon 3,60 para RAU ; 3,15 para VVI. Por último, índice de Berger-Parker con 0,28 para RAU; y de 0,19 para VVI, existe mayor diversidad sobre todo en el recinto ambiental urbano. Por otro lado, un estudio de Leal *et al.* (2018) sobre estructura, composición y diversidad del arbolado urbano de Linares, Nuevo León, México en el análisis de diversidad el índice de Margalef presentó 5,24 y el índice de Shannon registró un valor 3,17. En otro estudio de Rodríguez *et al.* (2022) sobre la diversidad de espacios verdes Huarajois centrales, México, encontró el 63,20 %, de especies fueron introducidas y el 36,8 % son especies nativas, la familia más representativa fue Fabaceae.

Farinango-Carvajal (2020) determinaron el almacenamiento de carbono en el arbolado del cantón Ibarra, encontró que 1 002 árboles, almacenan 719,41 tC. Así también la investigación de Jáuregui *et al.* (2022) que estimaron el carbono almacenado del arbolado urbano de Guadalajara, Jalisco, México menciona que 3325 árboles, almacenan 679,06 tC. En el estudio de Muñoz-Vasquez (2020) potencial de captura de carbono en los parques urbanos en Cuenca, Ecuador, donde las especies exóticas presentaron mayor abundancia, por lo que almacenan mayor cantidad de carbono con 93,79 % y las nativas el 6,21 %. Por otro lado Hernández (2014) en su estudio almacenamiento de carbono del arbolado urbano de la Unidad Deportiva Sierra Hermosa, México, donde las especies que almacenan mayor cantidad de carbono fueron: *Schinus molle*, *Ligustrum lucidum*, *Cupressus lusitanica* y *Casuarina cunninghamiana*.

## 5. Metodología

### 5.1. Área de estudio

El estudio se realizó en los parques y avenidas de la ciudad de Loja (Figura 3). La ciudad de Loja se encuentra al sur del Ecuador, está conformada por seis parroquias urbanas: San Sebastián, El Valle, El Sagrario, Sucre, Carigan y Punzara (PDOT del GAD Municipal de Loja, 2021). La ciudad de Loja cuenta con una población de aproximada de 170 280 habitantes (INEC, 2018). Con una superficie de 285,86 km<sup>2</sup>, distribuida por un rango altitudinal de 2 100 a 2 700 m s.n.m, el clima de la ciudad de Loja es temperado-ecuatorial mesotérmico semi-húmedo, con una temperatura media que fluctúa 16 °C, la precipitación es de 900 mm/año (Cornejo-Zorrilla 2013; PDOT del GAD Municipal de Loja, 2021). La velocidad del viento promedio anual es de 3,0m/s (PDOT del GAD Municipal de Loja, 2021). Se encuentra geográficamente entre las coordenadas 9501249 y 9594638 de latitud Sur, y 661421 y 711075 de longitud Oeste (Paladines *et al.*, 2013).

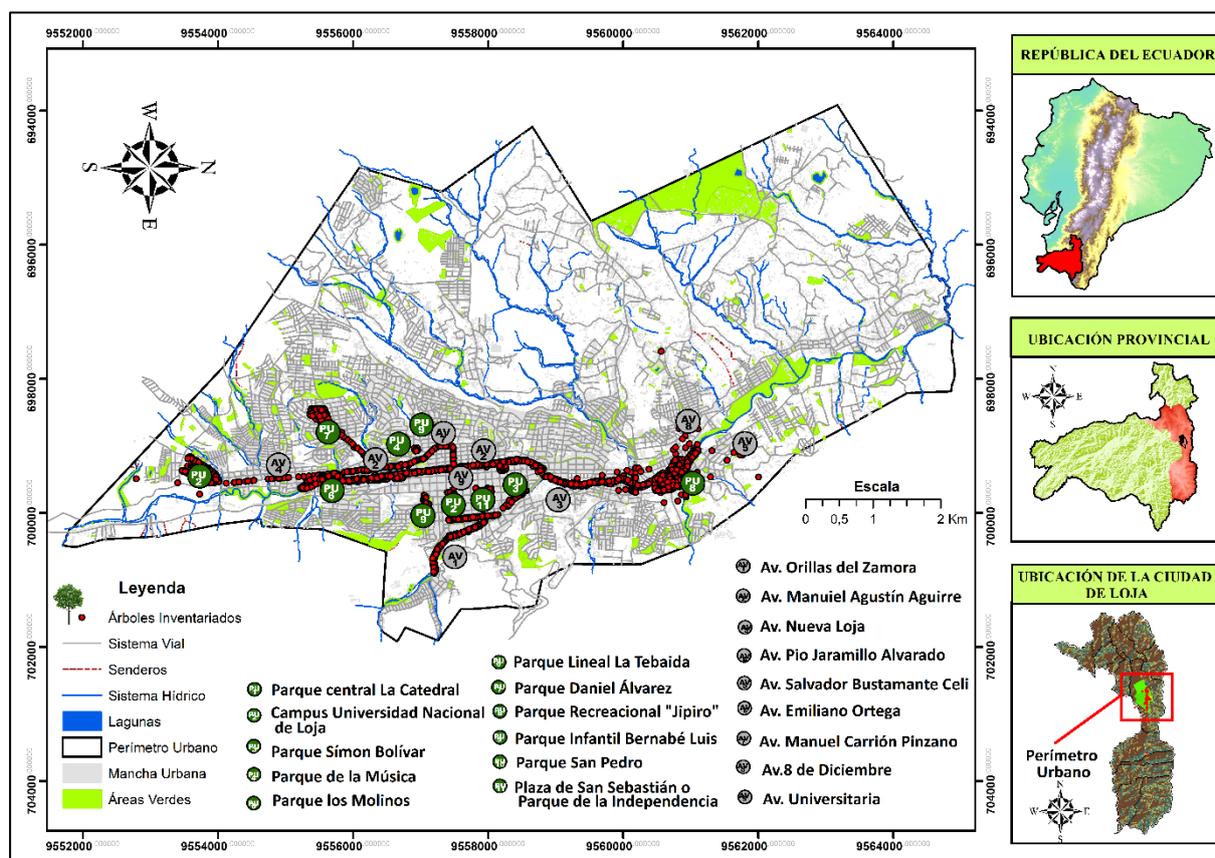


Figura 3. Área de estudio del arbolado urbano de la ciudad de Loja, Ecuador.

Para la investigación se utilizó la base de datos generada del proyecto: 17-DI-FARNR-2021 Dinámica de crecimiento y servicios ecosistémicos del arbolado urbano de la ciudad de

Loja. El inventario forestal, se realizó con los estudiantes de la carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja, como contribución de sus prácticas pre-profesionales. El inventario se ejecutó en los parques y avenidas de la ciudad de Loja que constan en la Tabla 2. Tabla 2. Parques y avenidas donde se realizó el inventario forestal en la ciudad de Loja, Ecuador.

<b>Parques</b>	<b>Avenidas</b>
Parque central La Catedral	Avenida Alonso de Mercadillo
Parque Daniel Álvarez	Avenida Orillas del Zamora
Parque de la Música	Avenida Universitaria
Parque Los Molinos	Avenida Manuel Agustín Aguirre
Parque ciudadela del Maestro	Avenida Emiliano Ortega
Parque de la Madre	Avenida Nueva Loja
Parque Benjamín Carrión	Avenida Cuxibamba
Parque las líneas que se cruzan	Avenida Pio Jaramillo Alvarado
Parque del Valle	Avenida Manuel Carrión Pinzano
Parque San Francisco o Plaza de la Fundación	Avenida 8 de Diciembre
Parque Santo Domingo o Plaza de la Confederación	Avenida Salvador Bustamante Celi
Parque Simón Bolívar	
Plaza de San Sebastián o Parque de la Independencia	
Parque El Pedestal	
Puerta de la Ciudad	
Parque Lineal La Tebaida	
Parque Infantil Bernabé Luis	
Parque Recreacional " Orillas del Zamora"	
Parque Recreacional "Jipiro"	
Campus de la Universidad Nacional de Loja	

Dentro del proyecto se realizó un levantamiento fotogramétrico con un dron para poder observar la distribución espacial de los árboles urbanos de la ciudad de Loja, se puede visualizar en el Anexo 3; así mismo sirvió para tener una noción en la elaboración del mapa mediante la distribución espacial de las especies del arbolado urbano de la ciudad de Loja (Figura4, Anexo 4).

En la Figura 4 se muestra la distribución de las especies producto del levantamiento del inventario forestal en los parques y avenidas de la ciudad de Loja.

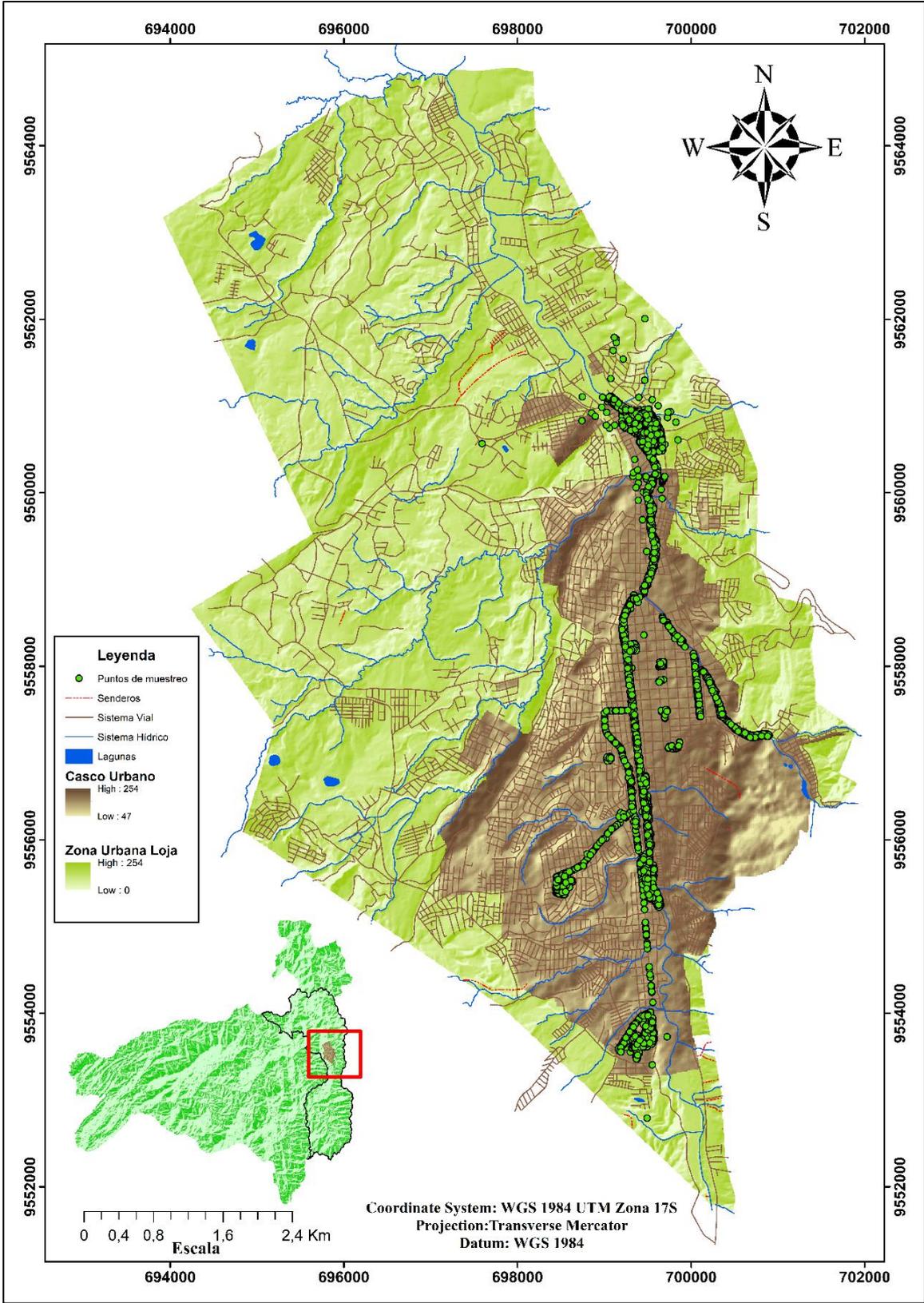


Figura 4. Puntos de muestreo de las especies en los parques y avenidas de la ciudad de Loja.

## 5.2. Metodología para caracterizar la composición florística y diversidad del arbolado urbano de la ciudad de Loja.

Para determinar la composición florística, estructura y diversidad se midieron las siguientes variables dasométricas: diámetro a la altura del pecho DAP (cm) y altura total de los árboles que se visualiza en el Anexo 1. Se utilizó la aplicación *android* denominada clinómetro forestal para medir las alturas. La base de datos completa del proyecto, fue verificada de todos los registros de las fichas en la oficina y luego se rectificó en campo las alturas, para corregir se utilizó el hipsómetro Suunto (Figura 5).

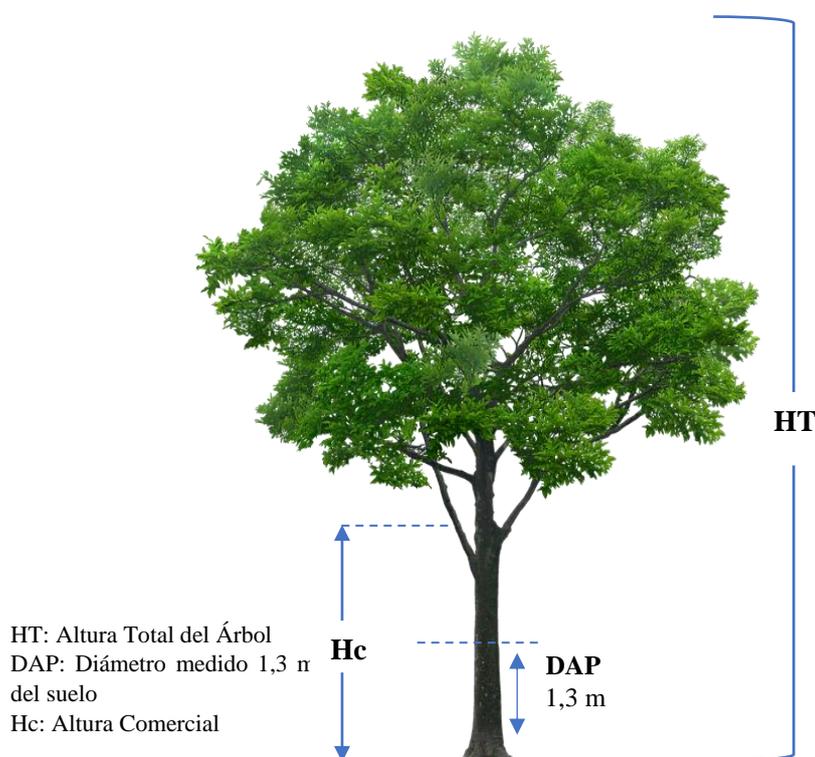


Figura 5. Medición de variable dasométricas de los árboles urbanos.

Adicionalmente, se recolectó características sobre Número de individuo, fecha y hora de colecta, nombre común, nombre científico, CAP (cm), DAP (cm), HT (m), coordenadas y observaciones (ver Tabla 3).

Tabla 3. Hoja de campo para registro de los árboles.

No.....	Fecha.....				
Altitud msnm...	Pendiente...				
Breve descripción del sitio...					
Nº de individuo	Nombre común	Nombre Científico	DAP (cm)	HT (m)	Observaciones

### 5.2.1. Composición florística

Para conocer las especies del arbolado urbano en las avenidas y parques de la ciudad de Loja se utilizó la base de datos generada del proyecto: 17-DI-FARNR-2021 Dinámica de crecimiento y servicios ecosistémicos del arbolado urbano de la ciudad de Loja. Se determinó la composición y estructura, el área basal, la densidad y el origen biogeográfico (exóticas-nativas), considerando todos los registros de las plantas  $\geq$  a 5 cm de DAP.

### 5.2.2. Caracterización estructural de la vegetación

Para comparar variables estructurales en los parques y avenidas se calcularon los parámetros: densidad absoluta (número de individuos), Densidad Relativa (DR %), Dominancia Relativa (DmR %) e Índice de Valor de Importancia simplificado (IVIs). Los parámetros se calcularon utilizando la fórmulas propuestas por Ellenberg y Mueller-Dombois, (1974), Pielou, (1975), que se presenta en la Tabla 4. El índices de valor de importancia definen qué especies existentes contribuyen a las características y estructura del ecosistema (Cottam y Curtis, 1956). Este valor se deriva de la sumatoria de la frecuencia relativa, la densidad y la dominancia relativa. En este estudio se usó la densidad y dominancia de las especies para determinar el IVIs.

Tabla 4. Fórmulas para determinar los parámetros estructurales.

<b>Parámetros estructurales</b>	
Densidad relativa (%)	$D \% = \frac{\text{Número de individuos por especie}}{\text{Número total de individuos}} * 100$
Dominancia relativa (%)	$DmR \% = \frac{\text{Área basal de la especie}}{\text{Área basal de todas las especies}} * 100$
Índice de valor de importancia simplificado	$IVIs = (DR + DmR) / 2$

Fuente: Ellenberg y Mueller-Dombois (1974), Pielou (1975).

### 5.2.3. Estructura diamétrica

Para conocer los diámetros de los árboles de los parques y avenidas de la ciudad de Loja, se realizó una clasificación de ocho clases I, II, III, IV, V, VI, VII y VIII, considerando el total de número de individuos  $\geq$  5 cm DAP.

#### 5.2.4. *Diversidad del arbolado urbano*

Para evaluar la diversidad del arbolado urbano de la ciudad de Loja, se analizó de forma separada para Recinto Ambiental Urbano, (RAU) y Vecindario Verde Inclusivo, (VVI) y aplicó el índice de riqueza específica (Margalef), índices de dominancia (Simpson y Berger-Parker) y el índice de equidad (Shannon) (Magurran, 1988).

#### 5.2.5. *Índice de Margalef (DMg)*

El índice de Margalef se calculó con la fórmula expresada por Magurran (1988):

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N}$$

**Donde:**

**S** = número de especies

**N** = número total de individuos

Se transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos  $S=k N$  donde  $k$  es constante (Magurran, 1988). Usando  $S-1$ , en lugar de  $S$ , da  $DMg = 0$  cuando hay una sola especie.

#### 5.2.6. *Índice de Simpson ( $\delta$ )*

El índice de Simpson se calculó con la siguiente fórmula planteada por Magurran, (1988):

$$\sigma = \sum (Pi^2)$$

**Donde:**

**$\sigma$**  = Índice de dominancia

**Pi** = Proporción de individuos de una especie

**n** = Número de individuos de la especie

**N** = Número total de individuos de todas las especies

Entonces el índice de diversidad de Simpson es:

$$\lambda = 1 - \delta$$

**Donde:**

**$\lambda$**  = Índice de diversidad de Simpson

$\delta$  = Índice de dominancia

En la Tabla 5 se presenta la matriz para organizar y calcular el índice de Simpson.

Tabla 5. Matriz para organizar y calcular el índice de Simpson.

Especie	Número Individuos	Pi (n/N)	Pi <sup>2</sup>
	n		
	n		
Total	N		$-\sum Pi^2$

Los resultados se interpretan usando la siguiente escala de significancia entre 0 – 1 así, en la Tabla 6. Interpretación de los rangos de diversidad de Simpson.

Valores	Significancia
0 – 0,5	Diversidad baja
0,6 – 0,9	Diversidad media
1	Diversidad alta

Fuente: Magurran (1988).

### 5.2.7. Índice de Berger-Parker (d)

El índice de Berger-Parker se calculó con la fórmula expresada por Magurran (1988):

$$d = \frac{N_{max}}{N}$$

**Donde:**

**Nmax:** es el número de individuos en la especie más abundante. Un incremento en el valor de este índice se interpreta como un aumento en la equidad y una disminución de la dominancia (Magurran, 1988).

### 5.2.8. Índice de Shannon (H')

El índice de Shannon se calculó con la siguiente fórmula expresada por (Magurran, 1988):

$$H = \sum_{i=1}^S (Pi)(\text{Log}_n Pi)$$

**Donde:**

**H** = Índice de la diversidad de la especie

**S** = Número de especie

**Pi** = Proporción de la muestra que corresponde a la especie i

**Ln** = Logaritmo natural

En la Tabla 7 se muestra la matriz a utilizar para el cálculo de Shannon.

Tabla 7. Matriz a utilizar para el cálculo de Shannon.

<b>Especie</b>	<b>Número Individuos</b>	<b>Pi = n/N</b>	<b>Ln.Pi</b>	<b>Pi * Lnpi</b>
Especie	N			
Total especies	N			$-\sum Pi * LnPi$

La sumatoria de la columna Pi\*Lnpi es el resultado del índice. Para el cálculo final no olvidar el símbolo, así:  $H' = (-) - \sum Pi \ln Pi$ .

Donde pi es la proporción de individuos hallados en la i-esima especie y se estima como  $n_i/N$ , donde  $n_i$  es el número de individuos de cada especie y S es el número total de especies. Se basa en la riqueza proporcional de especies (Magurran, 1988).

Los resultados se interpretan usando la escala de significancia, así:

Tabla 8. Interpretación de los rangos de diversidad de Shannon.

<b>Rangos</b>	<b>Significado</b>
0-1,35	Diversidad baja
1,36 -3,5	Diversidad media
Mayor a 3,5	Diversidad alta

Fuente: Magurran (1988)

### **5.3. Metodología para estimar el almacenamiento de carbono de las especies nativas y exóticas de la biomasa aérea sobre el suelo del arbolado urbano de la ciudad de Loja**

Para estimar el almacenamiento de carbono de los árboles urbanos de la ciudad de Loja, se consideró todos los individuos  $\geq$  a 5 cm de DAP. Se analizó mediante el método indirecto o no destructivo. Para la estimación de la biomasa aérea, se utilizó ecuaciones alométricas, que corresponden a especies de ecosistemas naturales y plantaciones, al no existir específicamente para arboles urbanos.

#### **5.3.1. Cálculo de biomasa aérea**

Para la estimación de la biomasa aérea. Se recopiló información existente en la literatura de ecuaciones alométricas de cada especie y la densidad ( $kg/m^3$ ) de la madera. Para las densidades se utilizó la información proveniente de la base de datos globales *Global Wood*

*Density Database* (Zanne *et al.*, 2014), y del estudio de caracterización de la madera de 95 especies forestales del sur de Ecuador (Cartuche-Pucha, 2022), y para las especies que no se encontró información de densidades, se realizó un proceso de obtener el promedio de las especies, por el género de la misma especie, que se encuentra en la base de datos globales. Para la estimación de biomasa aérea se recolectó las ecuaciones de revistas científicas y la base de datos *GlobAllomeTree* (FAO y CIRAD, 2013). Las especies se agruparon considerando los siguientes criterios: se dividieron en coníferas, latifoliadas y palmeras, luego se agruparon por rangos de densidad básica dentro de cada subgrupo. Dentro del subgrupo se utilizó las fórmulas de las especies que tuvieron mayor abundancia, también se priorizaron las fórmulas que tuvieron las variables diámetro y altura. En el caso de las palmas se empleó la ecuación de Goodman *et al.* (2013). Las especies se agruparon en 22 subgrupos, los mismos que se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9. Lista de ecuaciones alométricas para estimar biomasa aérea.

Ecuaciones alométricas para estimar biomasa				
Coníferas				
Sub Grupo	Especies	Densidad básica (g/cm <sup>3</sup> )	Ecuación alométrica	Fuente
1	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw; <i>Sequoia sempervirens</i> (D.Don) Endl.	0,38; 0,39	Biomass=exp(1,768+(0,945*(log(((DBH)^2)*(H))))))	Sundriyal <i>et al.</i> (1994)
2	<i>Pinus radiata</i> D.Don.; <i>Podocarpus sprucei</i> Parl.; <i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.; <i>Araucaria columnaris</i> (G.Forst.) Hook.	0,42;0,45;0,50; 0,54	Biomass=exp(4,623+2,002*log((DBH))*1.04*10 <sup>(-3)</sup> )	Rubilar <i>et al.</i> (2010)
3	<i>Cupressus sempervirens</i> L.; <i>Podocarpus oleifolius</i> D.Don; <i>Casuarina equisetifolia</i> J.R. Forst. & G. Forst.	0,67;0,70; 0,72	(0,5266*(DBH) <sup>1,7712</sup> )	Vilgin (2010)
Latifoliadas				
Sub Grupo	Especies	Densidad básica (g/cm <sup>3</sup> )	Ecuación alométrica	Fuente

Sub Grupo	Especies	Densidad básica (g/cm <sup>3</sup> )	Ecuación alométrica	Fuente
4	<i>Castilla elastica</i> Cerv.; <i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.; <i>Erythrina edulis</i> Pos.-Arang.; <i>Ficus microcarpa</i> L. f.; <i>Heliocarpus americanus</i> L.; <i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.; <i>Muntingia calabura</i> L.; <i>Persea americana</i> Mill. ; <i>Erythrina smithiana</i> Krukoff; <i>Ficus</i> sp.; <i>Indigofera</i> sp.; <i>Yucca guatemalensis</i> Baker.	0,31;0,32;0,22;0,30;0,22;0,22;0,30;0,38;0,27;0,30;0,34;0,24	Biomass=(-0,0007)*(DBH) <sup>2</sup> +0,0562*(DBH)+0,0312	Sheikh-Kumar (2012)
5	<i>Alnus acuminata</i> Kunth. ; <i>Cedrela odorata</i> L.; <i>Euphorbia cotinifolia</i> L.; <i>Myrcia</i> sp.; <i>Spathodea campanulata</i> P.Beauv.; <i>Ficus benjamina</i> Willd.; <i>Callistemon salignus</i> (Sm.) Colv. ex Sweet; <i>Salix babylonica</i> L.; <i>Salix humboldtiana</i> Willd.; <i>Salix alba</i> L.	0,42;0,49;0,47;0,43;0,47;0,46;0,42;0,42;0,44	Biomasa=(0,1649*(DBH) <sup>2</sup> ,2755)	Acosta et al. (2011)
6	<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.; <i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth.	0,47;0,47	Biomass=0,0530*(((DBH) <sup>2</sup> ))*((H) <sup>0,7</sup> ) <sup>1,0072</sup>	Nogueira et al. (2008)
7	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don. <i>Juglans neotropica</i> Diels.; <i>Anacardium occidentale</i> L.; <i>Dovyalis hebecarpa</i> (Gardner) Warb.; <i>Platanus occidentalis</i> Hook. & Arn.	0,53;0,51;0,54;0,54;0,54	Biomass=-4,398+2,765*LOG((DBH))	Montero - Montagnini (2004)
8	<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch.; <i>Prunus salicifolia</i> Kunth.; <i>Prunus serotina</i> Ehrh.	0,54;0,55;0,55	Biomass=-3,40207-21,14376*(DBH)+8,09971*((DBH) <sup>2</sup> )	Wiant et al. (1977)
9	<i>Fraxinus americana</i> L.; <i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.	0,55;0,55	log Biomass=-2,4598+2,4882*LOG((DBH))	Bunce, (1968)
10	<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	0,55	log Biomass=-3,9336+2,9171*LOG((DBH))	Ribeiro et al. (2011)

Sub Grupo	Especies	Densidad básica (g/cm <sup>3</sup> )	Ecuación alométrica	Fuente
11	<i>Acacia dealbata</i> A. Cunn.; <i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.; <i>Gleditsia triacanthos</i> L.; <i>Grevillea robusta</i> A.Cunn. ex R.Br.; <i>Inga edulis</i> Mart.; <i>Inga insignis</i> Kunth.; <i>Morus alba</i> L.; <i>Senna canescens</i> (Humb. & Bonpl. ex. Willd.); <i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schltld.; <i>Styrax subargenteus</i> Sleumer.	0,57;0,57;0,57;0,6;0,59;0,62;0,57;0,59	$\exp(-3,569+0,970*\log(\text{DBH}^2*H))$	Monteith (1979)
12	<i>Populus nigra</i> L.	0,61	$\log \text{Biomass} = -4,23+0,024*(\text{DBH})+2,292*(\text{LOG}((\text{DBH})^{(1)}))$	Ruark-Jael (1988)
13	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.; <i>Myrcianthes hallii</i> (O.Berg) McVaugh.; <i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Kunth) McVaugh.; <i>Oreopanax ecuadorensis</i> Seem.; <i>Oreopanax rosei</i> Harms.; <i>Sambucus nigra</i> L.; <i>Sapindus saponaria</i> L.; <i>Schinus molle</i> L.	0,62;0,64;0,64;0,64;0,62;0,63;0,67;0,65	$\text{Biomass} = 0,0167*(\text{DBH})^{(2)} - 0,0533*(\text{DBH}) + 0,1272$	Sheikh-Kumar (2012)
14	<i>Acacia aulacophylla</i> R.S.Cowan & Maslin.; <i>Acacia baileyana</i> F. Muell.; <i>Acacia mearnsii</i> De Wild.; <i>Acacia retinoides</i> Schltr.; <i>Annona cherimola</i> Mill.; <i>Lafoensia acuminata</i> (Ruiz & Pav.) DC.; <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.; <i>Ocotea</i> sp.; <i>Psidium guajava</i> L.; <i>Syzygium paniculatum</i> Gaertn.	0,67;0,67;0,67;0,67;0,69;0,72;0,68;0,61;0,71;0,7	$\text{Biomass} = 3,1582+0,0337*(\text{DBH})^{(2)}*(H)$	Nogueira et al. (2008)
15	<i>Eucalyptus saligna</i> Sm.; <i>Eucalyptus</i> sp.; <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	0,74;0,74;1,06	$\text{Biomass} = 10,736+0,023*(\text{DBH})^{(2)}*(H)$	Toky et al. (2011)
16	<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (DC.) Lindl.; <i>Pouteria lucuma</i> (Ruiz & Pav.) Kuntze.; <i>Prosopis</i> sp.; <i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck.	0,75;0,77;0,75;0,78	$\text{Biomass} = 1,3114+0*(\text{DBH})+1,7102*(\log((\text{DBH})^{(1)}))$	Young et al. (1980)

Sub Grupo	Especies	Densidad básica (g/cm <sup>3</sup> )	Ecuación alométrica	Fuente
17	<i>Vachellia macracantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	0,81	Biomass=5,7696*10 <sup>9</sup> *((H) <sup>(3.914)</sup> )	Tietema (1993)
18	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston.; <i>Callistemon lanceolatus</i> (Sm.) Sweet.; <i>Chionanthus pubescens</i> Kunth.	0,85;0,86;0,86	Biomass=0,3429*(DBH) <sup>(2,3028)</sup> *((None)D) <sup>(1,2901)</sup>	Montero - Montagnini (2004)
19	<i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze.	0,88	Biomass=0,45+0,031*(DBH) <sup>(2)</sup> *((H))	Goel- Behl, (2005)
20	<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose.	0,88	Biomass=0,0530*(((DBH) <sup>(2)</sup> )*((H) <sup>(0,7))<sup>(1,0072)</sup>)</sup>	(Nogueira et al. 2008)
21	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	0,88	Biomass=20,48931-1,67602*(DBH)+1,07958*((DBH) <sup>(2)</sup> )	Wiant et al.(1977)
<b>Palmas</b>				
Sub Grupo	Especies	Densidad básica (g/cm <sup>3</sup> )	Ecuación alométrica	Fuente
22	<i>Parajubaea cocoides</i> Burret.; <i>Washingtonia robusta</i> H.Wendl.; <i>Phoenix canariensis</i> Chabaud.	0,55;0,55,0,59	AGB_palma=Exp(-3,3488+(2,7483 ×ln(D))	Goodman et al. (2013)

\*Ba: Biomasa por encima del suelo; DBH: Diámetro a la altura del pecho (cm); H: Altura total (m); g/cm<sup>3</sup>: densidad de madera; ln = Logaritmo natural.

### 5.3.2. Almacenamiento de carbono de la biomasa

Para el cálculo de carbono almacenado en la biomasa aérea, se utilizó la fracción de carbono de 0,47, la cual da una aproximación de las concentraciones de C en la mayoría de árboles. Para estimar el carbono almacenado se aplicó la ecuación (IPCC, 2013).

$$C = BA * 0,47$$

**Donde:**

**C** = Carbono

**BA** = Biomasa aérea

**0,47** = Fracción de carbono

## 6. Resultados

### 6.1. Composición florística, estructura y diversidad del arbolado urbano de la ciudad de Loja

#### 6.1.1. Composición florística

En el arbolado de la ciudad de Loja se registraron 5 259 individuos  $\geq$  a 5 cm DAP que corresponde a 91 especies, 67 géneros y 35 familias, de las cuales 5 084 fueron individuos de árboles, 27 arbustos y 148 palmeras (Tabla 10). Las 10 especies más abundantes fueron *Salix humboldtiana* Willd con 1 178 individuos, seguida de *Jacaranda mimosifolia* D.Don con 476 individuos, *Alnus acuminata* Kunth, *Vachellia macracantha* Humb. & Bonpl. ex Willd, *Fraxinus chinensis* Roxb, *Shinus molle* L, *Cupressus macrocarpa* Hartw, *Callistemon lanceolatus* (Sm.) Sweet, *Acacia melanoxylon* R. Br y *Washingtonia robusta* H. Wendl, que representan 76,23 % del total en las áreas verdes y las especies restantes el 23,77 %. (Figura 6). El 93 % son latifoliadas y 7 % coníferas.

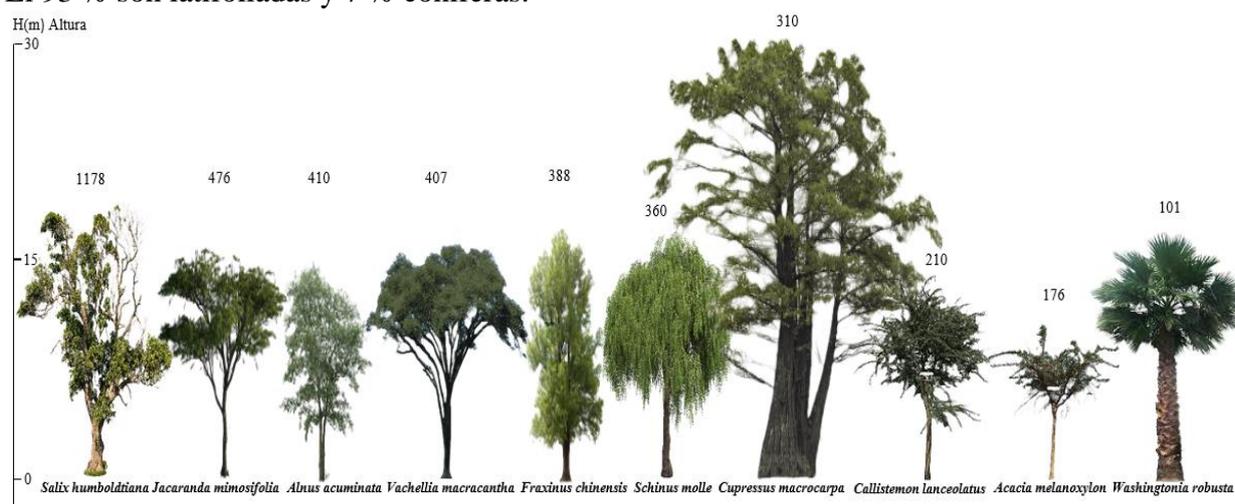


Figura 6. Especies más abundantes del arbolado urbano de la ciudad de Loja, Ecuador.

Tabla 10. Composición florística del arbolado urbano de la ciudad de Loja.

Escenarios	Hábito de crecimiento	Individuos	Especies	Género	Familias
Parques	Árbol	3283	77	56	31
	Arbusto	14	3	3	3
	Palma	133	2	3	1
	Subtotal	3430	82	62	35
Avenidas	Árbol	1801	47	39	25
	Arbusto	13	2	2	2
	Palma	15	2	2	1
	Subtotal	1829	51	43	27
Total	Total	5259	91	67	35

\* CF: Composición Florística; RAU: Recinto Ambiental Urbano; VVI: Vecindario verde inclusivo

Las especies con mayor área basal fueron: *Salix humboldtiana* Willd, *Schinus molle* L, *Cupressus macrocarpa* Hartw, *Jacaranda mimosifolia* D. Don, *Fraxinus chinensis* Roxb y *Vachellia macracantha* Humb. & Bonpl. ex Willd, estas especies suman 554,81 m<sup>2</sup> de área basal, el total de área basal del arbolado urbano de la ciudad de Loja es de 748,91 m<sup>2</sup> en los parques y avenidas (Figura 7).

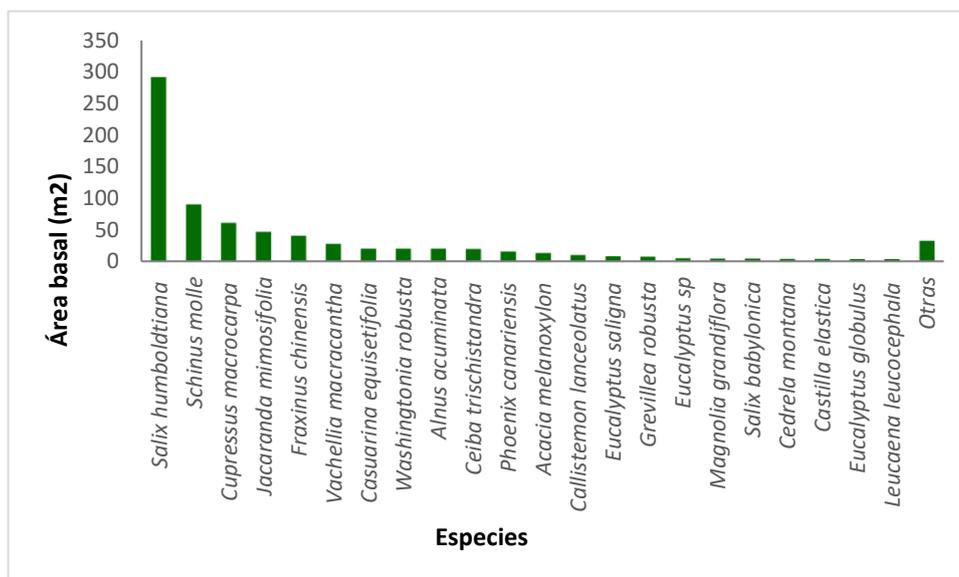


Figura 7. Área basal del arbolado urbano de la ciudad de Loja (b).

Las 10 familias con mayor abundancia del arbolado urbano de la ciudad de Loja fueron: Salicaceae, Fabaceae, Bignoniaceae, Oleaceae, Betulaceae, Anacardiaceae, Myrtaceae, Cupressaceae, Arecaceae y Meliaceae que representan el 89,45 % del total del arbolado urbano y las familias restantes el 10,55 % (Figura 8).

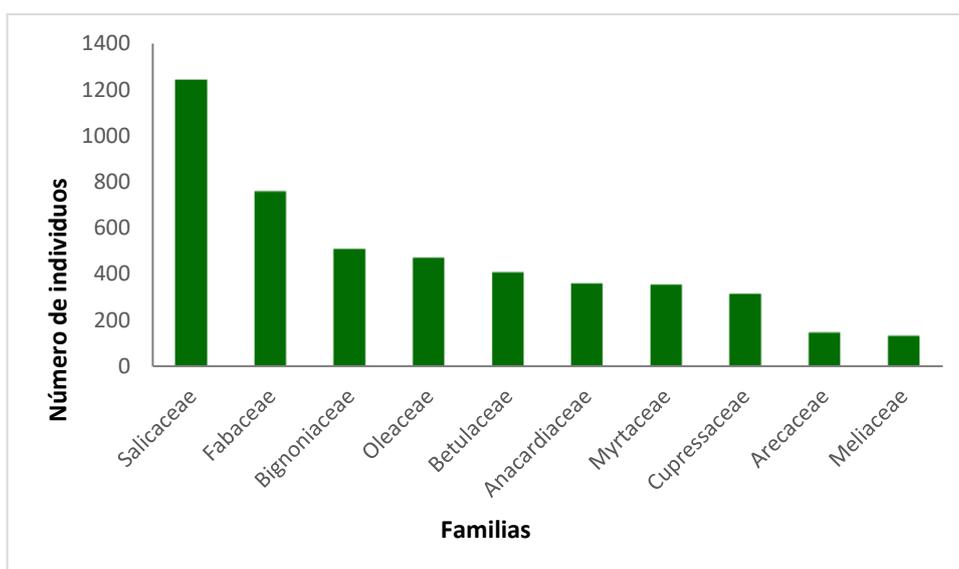


Figura 8. Las 10 familias más abundantes del arbolado urbano de la ciudad de Loja.

### 6.1.2. Estructura diamétrica

El mayor número de individuos se concentran en las clases diamétricas I, II, III, VI que representan el 72,69 % del total de las ocho clases, que comprenden individuos entre 5 a 45 cm de DAP. Mientras que las clases diamétricas superiores a 45 a > 75 cm de DAP con 1 436 individuos representan el 27,31 % (Figura 9).

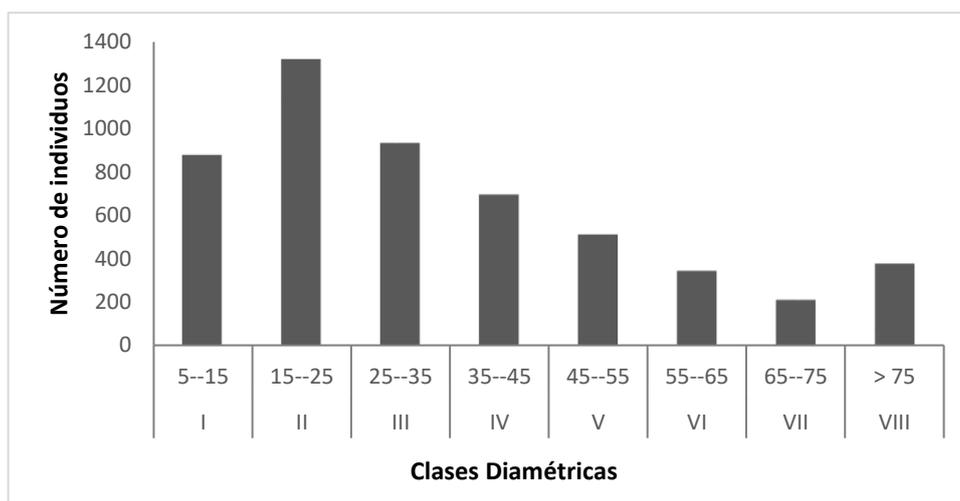


Figura 9. Clases diamétricas de los árboles urbanos de la ciudad de Loja.

### 6.1.3. Origen biogeográfico de las especies en los parques y avenidas, según su origen o procedencia

De las 91 especies que fueron identificadas en los parques y avenidas de la ciudad de Loja 59 especies que representan el 67 % fueron exóticas, mientras que 32 especies que son el 33 % que fueron nativas (Figura 10). Las familias con mayor riqueza relativa fueron la Fabaceae con 17 especies representan el (18,7 %), Myrtaceae con once (12,1 %), Bignonaceae, Moraceae, Rosaceae con cinco (5,5 %) y Arecaceae con tres (3,3 %) (Tabla 11).

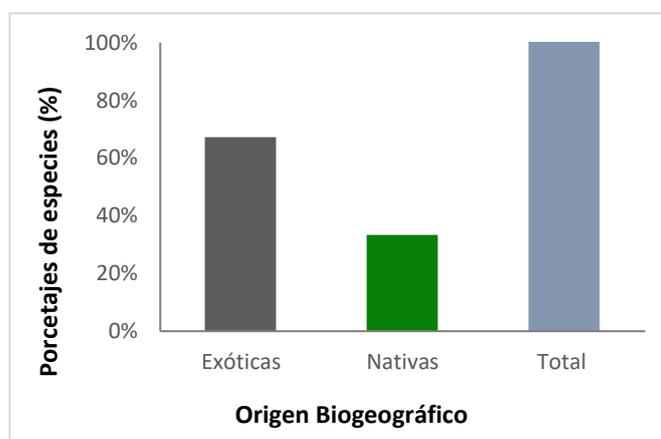


Figura 10. Especies nativas y exóticas del arbolado urbano de la ciudad de Loja.

Tabla 11. Lista de especies del arbolado urbano de la ciudad de Loja, Ecuador según origen biográfico: exótico y nativo.

Familia - nombre científico	Parques		Avenidas		Total Número de Individuos
	Exótico	Nativo	Exótico	Nativo	
Adoxaceae	7		24		31
<i>Sambucus nigra</i> L.	7		24		31
Anacardiaceae		78		283	361
<i>Anacardium occidentale</i> L.				1	1
<i>Schinus molle</i> L.		78		282	360
Annonaceae	2		5		7
<i>Annona cherimola</i> Mill.	2		5		7
Araliaceae				2	2
<i>Oreopanax ecuadorensis</i> Seem.				1	1
<i>Oreopanax rosei</i> Harms.				1	1
Araucariaceae			1		1
<i>Araucaria columnaris</i> (G.Forst.) Hook.			1		1
Arecaceae	15		133		148
<i>Parajubaea cocoides</i> Burret.			1		1
<i>Phoenix canariensis</i> Chabaud.	4		42		46
<i>Washingtonia robusta</i> H.Wendl.	11		90		101
Asparagaceae			7		7
<i>Yucca guatemalensis</i> Baker.			7		7
Betulaceae		113		297	410
<i>Alnus acuminata</i> Kunth.		113		297	410
Bignoniaceae	251	10	229	20	510
<i>Delostoma integrifolium</i> D.Don				5	5
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose.				7	7
<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don.	251		225		476
<i>Spathodea campanulata</i> P.Beauv.			4		4
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth		10		8	18
Casuarinaceae	35		18		53
<i>Casuarina equisetifolia</i> J.R. Forst. & G. Forst.	35		18		53
Cupressaceae	44		270		314
<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	44		266		310
<i>Cupressus sempervirens</i> L.			1		1
<i>Sequoia sempervirens</i> (D.Don) Endl.			1		1
Euphorbiaceae		3		5	8
<i>Euphorbia cotinifolia</i> L.		3		5	8
Fabaceae	215	18	492	36	761
<i>Acacia aulacophylla</i> R.S.Cowan & Maslin.			2		2
<i>Acacia baileyana</i> F. Muell.			5		5
<i>Acacia dealbata</i> A. Cunn.	10		18		28

Familia - nombre científico	Parques		Avenidas		Total Número de Individuos
	Exótico	Nativo	Exótico	Nativo	
<i>Acacia mearnsii</i> De Wild.	11				11
<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.	80		96		176
<i>Acacia retinoides</i> Schltr.			5		5
<i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze.				7	7
<i>Erythrina edulis</i> Pos.-Arang.		14		16	30
<i>Erythrina smithiana</i> Krukoff		4		1	5
<i>Gleditsia triacanthos</i> L.			2		2
<i>Indigofera</i> sp.			1		1
<i>Inga edulis</i> Mart.				11	11
<i>Inga insignis</i> Kunth.				1	1
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	6		59		65
<i>Prosopis</i> sp.			1		1
<i>Senna canescens</i> (L.) Roxb.	1		3		4
<i>Vachellia macracantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	107		300		407
Flacourtiaceae			3		3
<i>Dovyalis hebecarpa</i> (Gardner) Warb.			3		3
Juglandaceae				10	10
<i>Juglans neotropica</i> Diels.				10	10
Lauraceae		3	1	3	7
<i>Ocotea</i> sp.			1		1
<i>Persea americana</i> Mill.		3		3	6
Lythraceae		35		59	94
<i>Lafoensia acuminata</i> (Ruiz & Pav.) DC.		35		59	94
Magnoliaceae	1		27		28
<i>Magnolia grandiflora</i> L.	1		27		28
Malvaceae	8	5		21	34
<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.		5		21	26
<i>Heliocarpus americanus</i> L.	6				6
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.	2				2
Meliaceae		14		125	139
<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.		3		97	100
<i>Cedrela odorata</i> L.		11		28	39
Moraceae	21	1	7	40	69
<i>Castilla elastica</i> Cerv.	12				12
<i>Ficus benjamina</i> Willd.	9		5		14
<i>Ficus microcarpa</i> L. f.			1		1
<i>Ficus</i> sp.			1		1
<i>Morus alba</i> L.		1		40	41
Muntingiaceae	1		5		6

Familia - nombre científico	Parques		Avenidas		Total Número de Individuos
	Exótico	Nativo	Exótico	Nativo	
<i>Muntingia calabura</i> L.	1		5		6
Myrtaceae	25	1	308	23	357
<i>Callistemon lanceolatus</i> (Sm.) Sweet.	13		197		210
<i>Callistemon salignus</i> Sm.			8		8
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	1		45		46
<i>Eucalyptus saligna</i> Sm.			39		39
<i>Eucalyptus</i> sp.	11				11
<i>Myrcia</i> sp.			1		1
<i>Myrcianthes hallii</i> (O.Berg) McVaugh.		1		8	9
<i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Kunth) McVaugh.				3	3
<i>Psidium guajava</i> L.				10	10
<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston.			18		18
<i>Syzygium paniculatum</i> Gaertn.				2	2
Oleaceae	263	27	155	28	473
<i>Chionanthus pubescens</i> Kunth.		27		28	55
<i>Fraxinus americana</i> L.	7		23		30
<i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.	256		132		388
Pinaceae	2		21		23
<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	2		11		13
<i>Pinus radiata</i> D.Don.			10		10
Platanaceae	1		8		9
<i>Platanus occidentalis</i> Hook. & Arn.	1		8		9
Podocarpaceae				5	5
<i>Podocarpus oleifolius</i> D.Don.				4	4
<i>Podocarpus sprucei</i> Parl.				1	1
Proteaceae	14		17		31
<i>Grevillea robusta</i> A.Cunn. ex R.Br.	14		17		31
Rosaceae	4	10	31	15	60
<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	4		31		35
<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (DC.) Lindl.		2			2
<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch.				3	3
<i>Prunus salicifolia</i> Kunth.		5			5
<i>Prunus serotina</i> Ehrh.		3		12	15
Rutaceae			5		5
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck.			5		5
Salicaceae	585		656		1241
<i>Populus nigra</i> L.	31		5		36
<i>Salix alba</i> L.			1		1

Familia - nombre científico	Parques		Avenidas		Total Número de Individuos
	Exótico	Nativo	Exótico	Nativo	
<i>Salix babylonica</i> L.	1		25		26
<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	553		625		1178
Sapindaceae		2		10	12
<i>Sapindus saponaria</i> L.		2		10	12
Sapotaceae			17		17
<i>Pouteria locuma</i> (Ruiz & Pav.) Kuntze.			17		17
Solanaceae		11	4		15
<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schldt.		11			11
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.			4		4
Styracaceae	4		4		8
<i>Styrax subargenteus</i> Sleumer.	4		4		8
<b>TOTAL</b>	<b>1498</b>	<b>331</b>	<b>2448</b>	<b>982</b>	<b>5259</b>

De las 32 especies nativas las de mayor abundancia fueron: *Alnus acuminata* Kunth, *Schinus molle* L, *Cedrela montana* Moritz ex Turcz y *Lafoensia acuminata* (Ruiz & Pav.) DC que representan el 82,7 % (Figura 11). En cuanto a las 59 especies exóticas, con mayor abundancia fueron: *Salix humboldtiana* Willd, *Jacaranda mimosifolia* D. Don, *Vachellia macracantha* Humb. & Bonpl. ex Willd, *Fraxinus chinensis* Roxb, *Cupressus macrocarpa* Hartw y *Callistemon lanceolatus* (Sm.) Sweet, que representan 70,7 % del arbolado urbano de la ciudad de Loja (Figura 12).

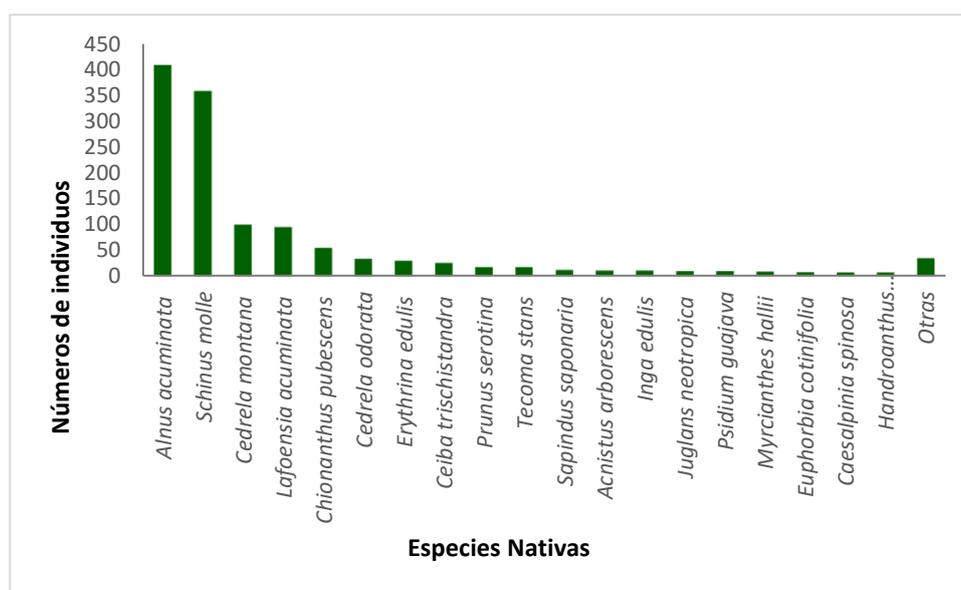


Figura 11. Especies nativas del arbolado urbano de la ciudad de Loja.

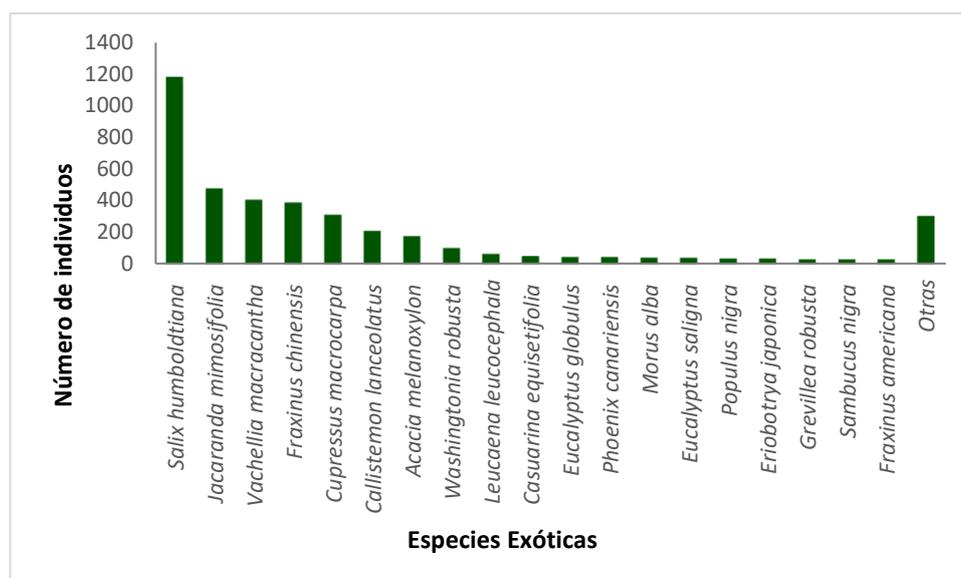


Figura 12. Especies exóticas del arbolado urbano de la ciudad de Loja.

#### 6.1.4. Parámetros estructurales

El índice de valor de importancia urbano de las diez principales especies del arbolado urbano evidencian que la mayor parte que cubren el arbolado urbano en la ciudad (con ocho especies exóticas y dos nativas). Las especies con mayor IVIs fueron: *Salix humboldtiana* Willd, las más dominante con el valor alto de (IVIs = 31,10), el seguido por *Schinus molle* L, (IVIs = 9,26) (Tabla 12).

Tabla 12. Parámetros estructurales de las diez especies sobresalientes del arbolado urbano de la ciudad de Loja, Ecuador.

N.	Familia	Especies	Origen biogeográfico	Abundancia (# ind.)	AB* (m <sup>2</sup> /ha)	DR* (%)	DmR* (%)	IVIs* (%)
1	Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Exótico	1178	313,04	22,40	39,80	31,10
2	Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i> L.	Nativo	360	91,85	6,85	11,68	9,26
3	Bignoniaceae	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don.	Exótico	476	46,74	9,05	5,94	7,50
4	Cupressaceae	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	Exótico	310	60,45	5,89	7,69	6,79
5	Oleaceae	<i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.	Exótico	388	43,73	7,38	5,56	6,47

N.	Familia	Especies	Origen biogeográfico	Abundancia (# ind.)	AB* (m <sup>2</sup> /ha)	DR* (%)	DmR* (%)	IVIs* (%)
6	Fabaceae	<i>Vachellia macracantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Exótico	407	27,72	7,74	3,52	5,63
7	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Nativo	410	19,96	7,80	2,54	5,17
8	Myrtaceae	<i>Callistemon lanceolatus</i> (Sm.) Sweet.	Exótico	210	9,94	3,99	1,26	2,63
9	Fabaceae	<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br	Exótico	176	12,84	3,35	1,63	2,49
10	Arecaceae	<i>Washingtonia robusta</i> H.Wendl.	Exótico	101	20,05	1,92	2,55	2,24
				4016	646,30	76,36	82,18	79,27
Otras especies				1243	140,14	23,64	17,82	20,73
<b>Total</b>				<b>5259</b>	<b>786,44</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

\*AB: Área Basal; Aa: Abundancia; DR: Densidad Relativa; DmR: Dominancia Relativa; IVI: Índice de Valor de Importancia.

En las parques y avenidas del arbolado urbano de la ciudad de Loja, sigue como dominante *Salix humboldtiana* Willd, con el valor más alto (IVIs = 26,36), debido al mayor IVIs fue *Salix humboldtiana* Willd, con el valor más alto (IVIs = 38,65) (Tabla 13).

Tabla 13. Parámetros estructurales de las diez especies sobresalientes en parques y avenidas del arbolado urbano de la ciudad de Loja, Ecuador.

Parques							
Familia	Especies	Origen biogeográfico	Abundancia (# ind.)	AB (m <sup>2</sup> /ha)	DR (%)	DmR (%)	IVIs (%)
Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Exótico	625	156,7	18,22	34,49	26,36
Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i> L.	Nativo	282	58,83	8,22	12,95	10,59
Cupressaceae	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	Exótico	266	53,81	7,76	11,84	9,8
Fabaceae	<i>Vachellia macracantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Exótico	300	17,64	8,75	3,88	6,31

Familia	Especies	Origen biogeográfico	Abundancia (# ind.)	AB (m <sup>2</sup> /ha)	DR (%)	DmR (%)	IVIs (%)
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Nativo	297	11,84	8,66	2,61	5,63
Bignoniaceae	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don.	Exótico	225	20,57	6,56	4,53	5,54
Myrtaceae	<i>Callistemon lanceolatus</i> (Sm.) Sweet.	Exótico	197	9,59	5,74	2,11	3,93
Oleaceae	<i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.	Exótico	132	11,19	3,85	2,46	3,16
Arecaceae	<i>Washingtonia robusta</i> H.Wendl.	Exótico	90	15,61	2,62	3,44	3,03
Fabaceae	<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.	Exótico	96	8,73	2,8	1,92	2,36
Otras especies			2510	364,53	73,18	80,24	76,71
			920	89,79	26,82	19,76	23,29
		<b>Total</b>	<b>3430</b>	<b>454,32</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

#### Avenidas

N.	Familia	Especies	Origen biogeográfico	Abundancia (# ind.)	AB (m <sup>2</sup> /ha)	DR (%)	DmR (%)	IVI (%)
		<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Exótico	553	156,33	30,24	47,07	38,65
		<i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.	Exótico	256	32,54	14	9,8	11,9
		<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don.	Exótico	251	26,17	13,72	7,88	10,8
		<i>Schinus molle</i> L.	Nativo	78	33,02	4,26	9,94	7,1
		<i>Vachellia macracantha</i> Casuarina	Exótico	107	10,08	5,85	3,03	4,44
		<i>equisetifolia</i> J.R. Forst. & G. Forst.	Exótico	35	15,5	1,91	4,67	3,29
		<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.	Exótico	80	4,1	4,37	1,24	2,8
		<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	Exótico	44	6,63	2,41	2	2,2
		<i>Castilla elastica</i> Cerv.	Exótico	12	6,09	0,66	1,83	1,24
Otras especies				1529	298,57	83,6	89,9	86,75
				300	33,55	16,4	10,1	13,25
		<b>Total</b>		<b>1829</b>	<b>332,12</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

\*AB: Área Basal; Aa: Abundancia; DR: Densidad Relativa; DmR: Dominancia Relativa; IVIs: Índice de Valor de Importancia.

## 6.2. Diversidad del arbolado urbano

### 6.2.1. Índice de Margalef (DMg)

El índice de Margalef en el arbolado urbano de la ciudad de Loja del Recinto Ambiental Urbano presenta un índice de 9,95 mientras que en Vecindario Verde Exclusivo es de 6,66, de acuerdo a este índice la diversidad es alta (Tabla 14).

Tabla 14. Cálculo del índice de Margalef en los parques y avenidas de la ciudad de Loja.

<b>Índice de Margalef (DMg)</b>	
<b>Parques (Recinto Ambiental Urbano)</b>	
Parque central La Catedral	8,94
Parque Daniel Álvarez	12,02
Parque de la Música	9,96
Parque Los Molinos	8,93
Parque ciudadela del Maestro	9,97
Parque de la Madre	9,87
Parque Benjamín Carrión	8,91
Parque las líneas que se cruzan	9,87
Parque del Valle	9,02
Parque San Francisco o Plaza de la Fundación	8,87
Parque Santo Domingo o Plaza de la Confederación	9,77
Parque Simón Bolívar	9,48
Plaza de San Sebastián o Parque de la Independencia	9,78
Parque El Pedestal	8,52
Puerta de la Ciudad	5,46
Parque Lineal La Tebaida	13,52
Parque Infantil Bernabé Luis	10,92
Parque Recreacional " Orillas del Zamora"	9,54
Parque Recreacional "Jipiro"	14,76
Campus de la Universidad Nacional de Loja	10,98
<b>Total</b>	<b>9,95</b>
<b>Avenidas (Vecindario Verde Exclusivo)</b>	
Avenida Alonso de Mercadillo	5,68
Avenida Orillas del Zamora	8,79
Avenida Universitaria	6,76
Avenida Manuel Agustín Aguirre	6,85
Avenida Emiliano Ortega	6,04
Avenida Nueva Loja	5,66
Avenida Cuxibamba	6,24
Avenida Pio Jaramillo Alvarado	6,72
Avenida Manuel Carrión Pinzano	6,83
Avenida 8 de Diciembre	6,77
Avenida Salvador Bustamante Celi	6,94
<b>Total</b>	<b>6,66</b>

### 6.2.2. Índice de Simpson ( $\delta$ )

El índice de Simpson, en el Recinto Ambiental Urbano presenta un valor de 0,93 es decir, de acuerdo a este índice contiene una alta diversidad, en cuanto al Vecindario Verde Exclusivo 0,86 contiene una diversidad media, influenciadas por las especies dominantes: *Salix humboldtiana* Willd, *Alnus acuminata* Kunth, *Vachellia macracantha* Humb. & Bonpl. ex Willd, *Schinus molle* L, *Cupressus macrocarpa* Hartw y *Jacaranda mimosifolia* D. Don (Tabla 15).

Tabla 15. Cálculo del índice de Simpson en los parques y avenidas de la ciudad de Loja.

<b>Índice de Simpson (<math>\delta</math>)</b>	
<b>Parques (Recinto Ambiental Urbano)</b>	
Parque central La Catedral	0,88
Parque Daniel Álvarez	1,02
Parque de la Música	0,87
Parque Los Molinos	0,89
Parque ciudadela del Maestro	0,87
Parque de la Madre	0,95
Parque Benjamín Carrión	0,91
Parque las líneas que se cruzan	0,86
Parque del Valle	0,92
Parque San Francisco o Plaza de la Fundación	0,81
Parque Santo Domingo o Plaza de la Confederación	0,84
Parque Simón Bolívar	0,89
Plaza de San Sebastián o Parque de la Independencia	0,89
Parque El Pedestal	0,91
Puerta de la Ciudad	0,71
Parque Lineal La Tebaida	1,06
Parque Infantil Bernabé Luis	0,98
Parque Recreacional " Orillas del Zamora"	0,96
Parque Recreacional "Jipiro"	1,24
Campus de la Universidad Nacional de Loja	1,13
<b>Total</b>	<b>0,93</b>
<b>Avenidas (Vecindario Verde Exclusivo)</b>	
Avenida Alonso de Mercadillo	0,83
Avenida Orillas del Zamora	0,95
Avenida Universitaria	0,84
Avenida Manuel Agustín Aguirre	0,87
Avenida Emiliano Ortega	0,91
Avenida Nueva Loja	0,83
Avenida Cuxibamba	0,79
Avenida Pio Jaramillo Alvarado	0,81
Avenida Manuel Carrión Pinzano	0,85
Avenida 8 de Diciembre	0,86
Avenida Salvador Bustamante Celi	0,87
<b>Total</b>	<b>0,86</b>

### 6.2.3. Índice de Berger-Parker (d)

El índice de Berger-Parker, del Recinto Ambiental Urbano es de 0,18 lo que refleja una alta diversidad, mientras que el Vecindario Verde Exclusivo fue mayor a 0,30 es decir, indica una diversidad media (Tabla 16).

Tabla 16. Cálculo del índice de Berger-Parker en los parques y avenidas de la ciudad de Loja.

<b>Índice de Berger-Parker (d)</b>	
<b>Parques (Recinto Ambiental Urbano)</b>	
Parque central La Catedral	0,24
Parque Daniel Álvarez	0,11
Parque de la Música	0,26
Parque Los Molinos	0,22
Parque ciudadela del Maestro	0,19
Parque de la Madre	0,18
Parque Benjamín Carrión	0,29
Parque las líneas que se cruzan	0,22
Parque del Valle	0,18
Parque San Francisco o Plaza de la Fundación	0,18
Parque Santo Domingo o Plaza de la Confederación	0,17
Parque Simón Bolívar	0,19
Plaza de San Sebastián o Parque de la Independencia	0,27
Parque El Pedestal	0,18
Puerta de la Ciudad	0,25
Parque Lineal La Tebaida	0,12
Parque Infantil Bernabé Luis	0,14
Parque Recreacional " Orillas del Zamora"	0,16
Parque Recreacional "Jipiro"	0,05
Campus de la Universidad Nacional de Loja	0,06
<b>Total</b>	<b>0,18</b>
<b>Avenidas (Vecindario Verde Exclusivo)</b>	
Avenida Alonso de Mercadillo	0,50
Avenida Orillas del Zamora	0,18
Avenida Universitaria	0,24
Avenida Manuel Agustín Aguirre	0,22
Avenida Emiliano Ortega	0,34
Avenida Nueva Loja	0,37
Avenida Cuxibamba	0,33
Avenida Pio Jaramillo Alvarado	0,21
Avenida Manuel Carrión Pinzano	0,28
Avenida 8 de Diciembre	0,33
Avenida Salvador Bustamante Celi	0,32
<b>Total</b>	<b>0,30</b>

#### 6.2.4. Índice de Shannon (H')

El índice de Shannon en el Recinto Ambiental Urbano fue de 2,57 es decir, de acuerdo a este índice contiene una diversidad media, en cuanto al Vecindario Verde Exclusivo es de 2,54 que es una diversidad media (Tabla 17).

Tabla 17. Cálculo del índice de Shannon en los parques y avenidas de la ciudad de Loja.

<b>Índice de Shannon (H')</b>	
<b>Parques (Recinto Ambiental Urbano)</b>	
Parque central La Catedral	1,89
Parque Daniel Álvarez	3,82
Parque de la Música	2,05
Parque Los Molinos	1,95
Parque ciudadela del Maestro	1,03
Parque de la Madre	1,97
Parque Benjamín Carrión	2,44
Parque las líneas que se cruzan	3,04
Parque del Valle	2,92
Parque San Francisco o Plaza de la Fundación	2,65
Parque Santo Domingo o Plaza de la Confederación	2,01
Parque Simón Bolívar	2,03
Plaza de San Sebastián o Parque de la Independencia	1,95
Parque El Pedestal	2,87
Puerta de la Ciudad	1,01
Parque Lineal La Tebaida	3,75
Parque Infantil Bernabé Luis	3,04
Parque Recreacional "Orillas del Zamora"	3,12
Parque Recreacional "Jipiro"	3,96
Campus de la Universidad Nacional de Loja	3,88
<b>Total</b>	<b>2,57</b>
<b>Avenidas (Vecindario Verde Exclusivo)</b>	
Avenida Alonso de Mercadillo	2,23
Avenida Orillas del Zamora	2,97
Avenida Universitaria	2,78
Avenida Manuel Agustín Aguirre	2,75
Avenida Emiliano Ortega	2,29
Avenida Nueva Loja	2,68
Avenida Cuxibamba	2,44
Avenida Pio Jaramillo Alvarado	2,55
Avenida Manuel Carrión Pinzano	2,03
Avenida 8 de Diciembre	2,43
Avenida Salvador Bustamante Celi	2,79
<b>Total</b>	<b>2,54</b>

### 6.3. Almacenamiento de carbono de las especies nativas y exóticas de la biomasa aérea sobre el suelo del arbolado urbano de la ciudad de Loja

#### 6.3.1. Carbono almacenado

En el arbolado de la ciudad de Loja de los 5 259 individuos, presentó un total de 4 177,64 toneladas de biomasa; de las cuales las especies exóticas tienen mayor cantidad de biomasa con 76,18 % y las nativas el 23,82 % (Figura 13). En cuanto al carbono almacenado en los parques almacena fue de 1 209,13 t/C representa 61,58 % y las avenidas fue de 754,36 t/C representa 38,42 % (Tabla 18).

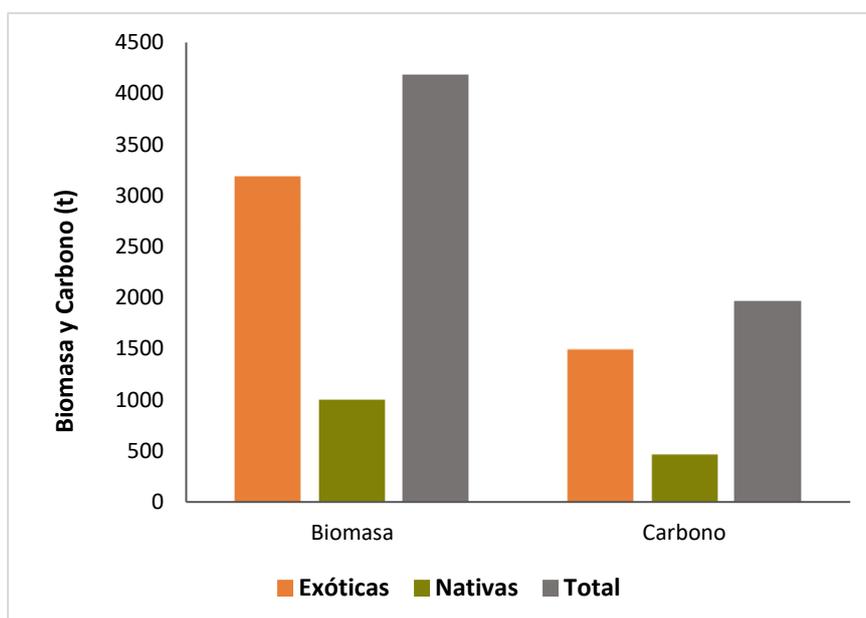


Figura 13. Estimación de biomasa y carbono en especies exóticas y nativas en el arbolado urbano de la ciudad de Loja.

Tabla 18. Estimación de almacenamiento de carbono del arbolado urbano de la ciudad de Loja.

Escenarios	Hábito de crecimiento	Individuos	B(t)	C(t)
RAU Parques	Árbol	3283	2463,98	1158,07
	Arbusto	14	0,49	0,23
	Palma	133	108,13	50,82
	<b>Total</b>	<b>3430</b>	<b>2572,61</b>	<b>1209,13</b>
VVI Avenidas	Árbol	1801	1585,82	745,34
	Arbusto	13	0,21	0,10
	Palma	15	19,00	8,93
	<b>Total</b>	<b>1829</b>	<b>1605,03</b>	<b>754,36</b>
<b>Total</b>	<b>Total</b>	<b>5259</b>	<b>4177,64</b>	<b>1963,49</b>

\* C: Almacenamiento de Carbono; B: Biomasa en toneladas; C: Carbono en toneladas.

En lo referente al carbono almacenado en toda el área es de 1 963,49tC en el arbolado urbano de la ciudad de Loja que son 5 259 individuos, en los 5 084 fueron árboles que almacenan 96,94 % de toneladas de carbono, en los 27 arbustos con el 0,02 % de tC y 148 palmas que representan el 3,04 % de tC (Figura 14).

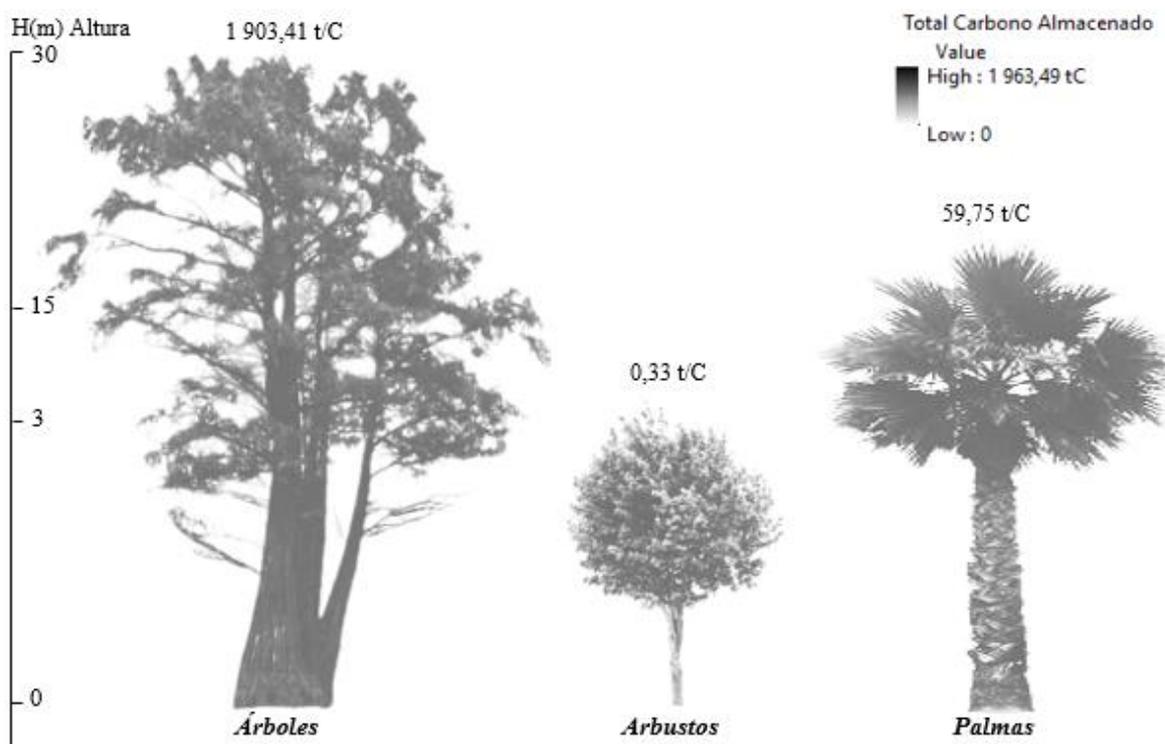


Figura 14. Carbono almacenado en los árboles, arbustos y palmas de la ciudad de Loja, Ecuador.

### 6.3.2. Especies con mayor abundancia, índice de valor de importancia y carbono almacenado

La especie con mayor IVIs fueron *Salix humboldtiana* Willd, con valor de 31,10, almacena 733,66 toneladas de carbono, seguido de *Schinus molle* L, (IVIs = 9,26) que almacena 246,65 tC. En la Tabla 19 se muestran las 10 especies representativas en capturar mayor C.

Tabla 19. Diez especies sobresalientes que tienen mayor IVIs y carbono almacenado en el arbolado urbano de la ciudad de Loja, Ecuador.

N.	Familia	Especies	Origen biogeográfico	Abundancia (# ind.)	DmR *(%)	IVIs* (%)	C(t)
1	Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Exótico	1178	39,8	31,1	733,66
2	Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i> L.	Nativo	360	11,68	9,26	246,65
3	Bignoniaceae	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don.	Exótico	476	5,94	7,5	225,52

N.	Familia	Especies	Origen biogeográfico	Abundancia (# ind.)	DmR *(%)	IVIs* (%)	C(t)
4	Cupressaceae	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	Exótico	310	7,69	6,79	121,81
5	Oleaceae	<i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.	Exótico	388	5,56	6,47	100,76
6	Fabaceae	<i>Vachellia macracantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Exótico	407	3,52	5,63	75,55
7	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Nativo	410	2,54	5,17	49,94
8	Myrtaceae	<i>Callistemon lanceolatus</i> (Sm.) Sweet.	Exótico	210	1,26	2,63	49,17
9	Fabaceae	<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br	Exótico	176	1,63	2,49	44,53
10	Areaceae	<i>Washingtonia robusta</i> H.Wendl.	Exótico	101	2,55	2,24	34,59
				4016	82,18	79,27	1682,18
		Otras especies		1243	17,82	20,73	281,31
<b>Total</b>				<b>5259</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>1963,49</b>

\* C: Almacenamiento de Carbono; DmR: Dominancia Relativa; IVIs: Índice de Valor de Importancia; C: Carbono en toneladas.

De las 91 especies inventariadas, las cinco especies que registraron la mayor cantidad de carbono almacenado fueron: *Salix humboldtiana* Willd., *Cupressus macrocarpa* Hartw., *Schinus molle* L., *Jacaranda mimosifolia* D. Don. y *Fraxinus chinensis* Roxb., con 733,66; 246,65; 225,52; 121,81 y 100,76 toneladas respectivamente; estas especies representan el 72,7 % del total de carbono almacenado y las especies restantes el 27,3 % (Figura 15). En la Tabla 20 se presenta las especies con sus respectivas cantidades de biomasa y C acumulado.

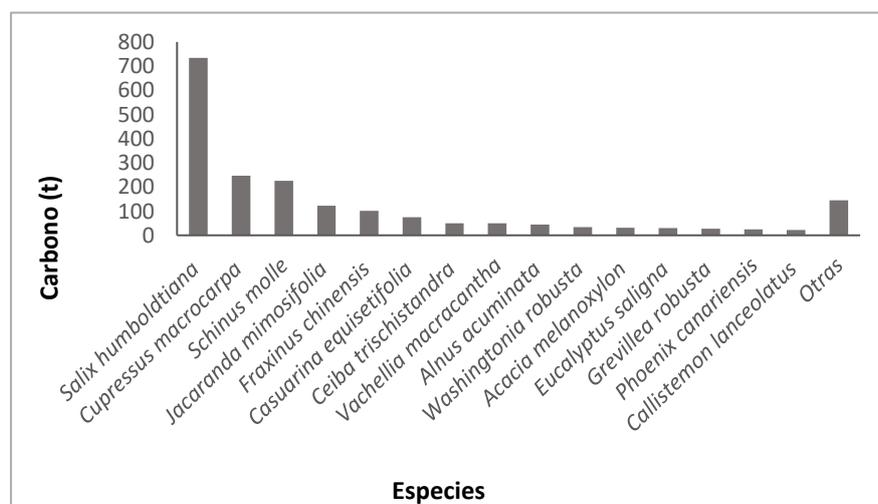


Figura 15. Especies que almacenan mayor cantidad de carbono en el arbolado urbano de la ciudad de Loja.

Tabla 20. Lista de especies que almacenan biomasa y carbono en el arbolado urbano de la ciudad de Loja, Ecuador.

N.º	Nombre científico	Aa	B/t	C/t
1	<i>Acacia aulacophylla</i> R.S.Cowan & Maslin.	2	0,23	0,11
2	<i>Acacia baileyana</i> F. Muell.	5	0,73	0,34
3	<i>Acacia dealbata</i> A. Cunn.	27	8,49	3,99
4	<i>Acacia mearnsii</i> De Wild.	11	3,55	1,67
5	<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.	176	65,68	30,87
6	<i>Acacia retinoides</i> Schltr.	5	0,28	0,13
7	<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schldtl.	11	0,18	0,09
8	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	410	94,74	44,53
9	<i>Anacardium occidentale</i> L.	1	0,01	0,00
10	<i>Annona cherimola</i> Mill.	12	0,21	0,10
11	<i>Araucaria columnaris</i> (G.Forst.) Hook.	1	0,06	0,03
12	<i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze.	7	0,17	0,08
13	<i>Callistemon lanceolatus</i> (Sm.) Sweet.	209	48,10	22,61
14	<i>Callistemon salignus</i> Sm.	8	0,31	0,14
15	<i>Castilla elastica</i> Cerv.	12	16,05	7,54
16	<i>Casuarina equisetifolia</i> J.R. Forst. & G. Forst.	52	160,74	75,55
17	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	100	18,65	8,76
18	<i>Cedrela odorata</i> L.	34	2,95	1,39
19	<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	26	106,25	49,94
20	<i>Chionanthus pubescens</i> Kunth.	55	3,30	1,55
21	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck.	6	0,08	0,04
22	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	310	524,78	246,65
23	<i>Cupressus sempervirens</i> L.	5	0,12	0,06
24	<i>Delostoma integrifolium</i> D.Don.	5	1,01	0,47
25	<i>Dovyalis hebecarpa</i> (Gardner) Warb.	3	0,08	0,04
26	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	35	3,53	1,66
27	<i>Erythrina edulis</i> Pos.-Arang.	30	6,17	2,90
28	<i>Erythrina smithiana</i> Krukoff.	5	0,64	0,30
29	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	46	33,69	15,84
30	<i>Eucalyptus saligna</i> Sm.	39	64,73	30,42
31	<i>Eucalyptus</i> sp.	11	33,50	15,74
32	<i>Euphorbia cotinifolia</i> L.	8	0,29	0,14
33	<i>Ficus benjamina</i> Willd.	13	2,52	1,18
34	<i>Ficus microcarpa</i> L. f.	1	1,02	0,48
35	<i>Ficus</i> sp.	1	0,08	0,04
36	<i>Fraxinus americana</i> L.	30	12,18	5,72
37	<i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.	388	214,38	100,76
38	<i>Gleditsia triacanthos</i> L.	2	0,05	0,02
39	<i>Grevillea robusta</i> A.Cunn. ex R.Br.	31	59,48	27,96
40	<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose.	7	0,37	0,18
41	<i>Heliocarpus americanus</i> L.	6	2,06	0,97
42	<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (DC.) Lindl.	2	0,18	0,09
43	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.	2	0,03	0,01

N.º	Nombre científico	Aa	B/t	C/t
44	<i>Indigofera</i> sp.	1	0,07	0,03
45	<i>Inga edulis</i> Mart.	11	2,18	1,03
46	<i>Inga insignis</i> Kunth.	1	0,33	0,15
47	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don.	476	259,18	121,81
48	<i>Juglans neotropica</i> Diels.	10	5,94	2,79
49	<i>Lafoensia acuminata</i> (Ruiz & Pav.) DC.	95	5,45	2,56
50	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	65	16,08	7,56
51	<i>Magnolia grandiflora</i> L.	26	26,49	12,45
52	<i>Morus alba</i> L.	41	7,21	3,39
53	<i>Muntingia calabura</i> L.	6	5,72	2,69
54	<i>Myrcia</i> sp.	1	0,02	0,01
55	<i>Myrcianthes hallii</i> (O.Berg) McVaugh.	9	0,75	0,35
56	<i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Kunth) McVaugh.	3	0,10	0,05
57	<i>Ocotea</i> sp.	1	0,25	0,12
58	<i>Oreopanax ecuadorensis</i> Seem.	1	0,17	0,08
59	<i>Oreopanax rosei</i> Harms.	1	0,13	0,06
60	<i>Parajubaea cocoides</i> Burret.	1	0,38	0,18
61	<i>Persea americana</i> Mill.	6	0,77	0,36
62	<i>Phoenix canariensis</i> Chabaud.	46	53,15	24,98
63	<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	13	21,30	10,01
64	<i>Pinus radiata</i> D.Don.	10	21,52	10,11
65	<i>Platanus occidentalis</i> Hook. & Arn.	9	2,71	1,27
66	<i>Podocarpus oleifolius</i> D.Don.	4	0,15	0,07
67	<i>Podocarpus sprucei</i> Parl.	1	0,14	0,07
68	<i>Populus nigra</i> L.	36	3,78	1,78
69	<i>Pouteria lucuma</i> (Ruiz & Pav.) Kuntze.	18	2,96	1,39
70	<i>Prosopis</i> sp.	1	1,87	0,88
71	<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch.	3	0,09	0,04
72	<i>Prunus salicifolia</i> Kunth.	5	0,56	0,26
73	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	18	1,42	0,67
74	<i>Psidium guajava</i> L.	10	0,18	0,09
75	<i>Salix alba</i> L.	1	0,15	0,07
76	<i>Salix babylonica</i> L.	26	12,79	6,01
77	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	1178	1560,98	733,66
78	<i>Sambucus nigra</i> L.	31	5,07	2,38
79	<i>Sapindus saponaria</i> L.	12	0,78	0,36
80	<i>Schinus molle</i> L.	360	479,83	225,52
81	<i>Senna canescens</i> (L.) Roxb.	4	0,41	0,19
82	<i>Sequoia sempervirens</i> (D.Don) Endl.	1	1,75	0,82
83	<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	4	0,06	0,03
84	<i>Spathodea campanulata</i> P.Beauv.	4	0,15	0,07
85	<i>Styrax subargenteus</i> Sleumer.	7	1,24	0,58
86	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston.	17	1,07	0,50
87	<i>Syzygium paniculatum</i> Gaertn.	2	0,11	0,05
88	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth.	18	2,02	0,95

N.º	Nombre científico	Aa	B/t	C/t
89	<i>Vachellia macracantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	407	104,61	49,17
90	<i>Washingtonia robusta</i> H.Wendl.	101	73,60	34,59
91	<i>Yucca guatemalensis</i> Baker.	7	0,34	0,16
<b>Total</b>		<b>5259</b>	<b>4177,64</b>	<b>1963,49</b>

\*C: Carbono almacenado; Aa: Abundancia de individuos; B/t: Biomasa en toneladas; C/t: Carbono en toneladas.

### 6.3.3. Carbono almacenado por clase diamétricas

La mayor concentración de carbono almacenado en el arbolado urbano de la ciudad de Loja fue en la clase diamétrica VIII, que son individuos > 75 DAP, 376 árboles y palmas almacenan 759,89 toneladas de carbono representa el 38,71 %, estos fueron individuos adultos, que al transcurso de los años han almacenado grandes cantidades de carbono (Figura 16).

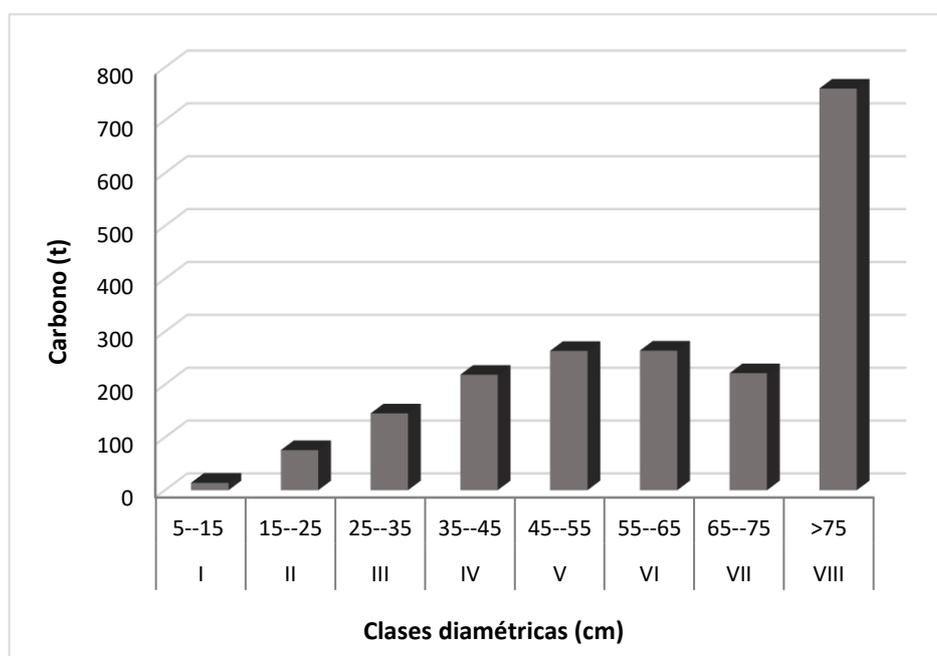


Figura 16. Estimación de carbono por clase diamétrica del arbolado urbano de la ciudad de Loja.

En las ocho clases diamétricas, las especies exóticas que registraron mayor cantidad de carbono almacenado fueron: *Salix humboldtiana* Willd, *Cupressus macrocarpa* Hartw, *Jacaranda mimosifolia* D. Don y *Fraxinus chinensis* Roxb, mientras que las nativas fueron: *Schinus molle* L y *Alnus acuminata* Kunth (Figura 17).

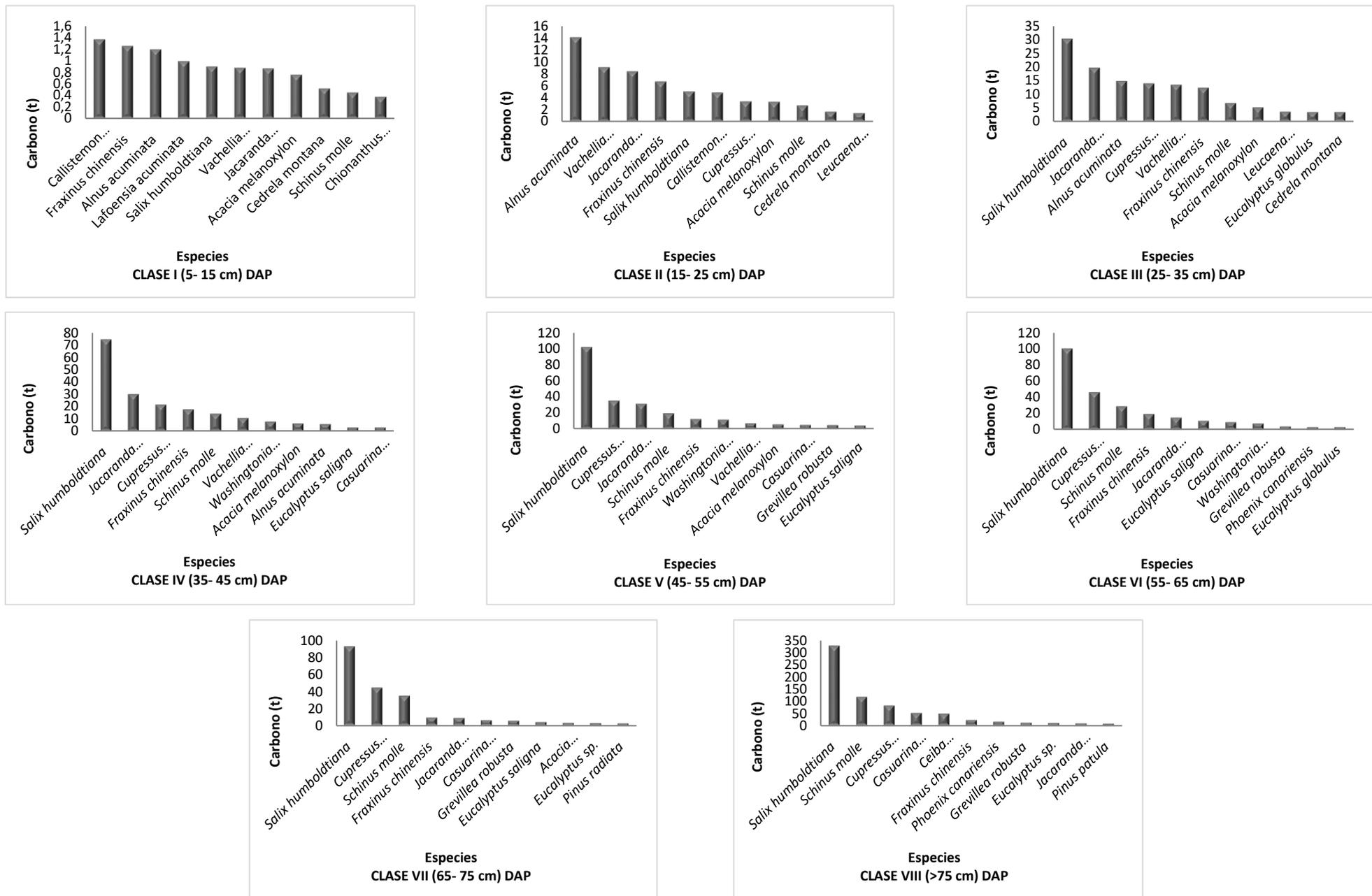


Figura 17. Diez especies entre exóticas y nativas que almacenan mayor cantidad de carbono por clase diamétrica

## 7. Discusión

### 7.1. Composición florística y diversidad del arbolado urbano de la ciudad de Loja.

En los parques y avenidas de la ciudad de Loja se encontró 5 259 individuos,  $\geq$  a 5 cm de DAP, que corresponde a 91 especies, 67 géneros, 35 familias; estos resultados son diferentes comparando con lo reportado por Fuentes-Torres (2016) en su estudio en el arbolado urbano en el Cantón Quevedo donde se identificaron 83 especies, 75 géneros y 35 familias. La familia Fabaceae 17 géneros fue la más diversa identificada en el arbolado urbano de la ciudad de Loja, estos datos se asemejan a los de Cabrera-Castillo (2022) en su estudio de áreas verdes de la zona urbana del ciudad de Manta siendo la más representativa la familia Fabaceae con 14 géneros. Se observaron coincidencias en el estudio de Vasquez (2018) de composición florística de árboles y arbustos de diez parques urbanos de la ciudad de Guayaquil, donde la familia Fabaceae es la más representativa.

La familia con mayor diversidad de géneros en el arbolado de la ciudad de Loja, es la Fabaceae con diecisiete especies (doce exóticas y cinco nativas). Según León *et al.* (2019) afirma que la familia Fabaceae es la cuarta familia más diversa de la flora ecuatoriana, por tener diversos patrones de distribución y abundancia, 541 especies son nativas, 56 de las cuales son endémicas. Para Azani *et al.* (2017) la familia de las Fabaceae es considerada una de las familias más diversas debido a la alta diversidad morfológica, fisiológica y ecológica de sus especies constituyentes. Mientras que Stevens (2001) señala que la familia Fabaceae es considerada claramente monofilética en análisis tanto moleculares como morfológicos

En relación origen al biogeográfico de las especies evaluadas, el 67 % fueron exóticas y 33 % nativas, datos que coinciden con los registros de Aguirre y Yaguana (2013) en su estudio de árboles y arbustos de parques y avenidas de Loja donde la mayoría de las especies evaluadas son exóticas, así mismo, fueron semejantes a los resultados de Farinango-Carvajal (2020) en su investigación del arbolado de las avenidas de cuatro parroquias urbanas del cantón Ibarra donde se obtuvo que el 64,29 % del total de la población muestreada corresponde a especies exóticas y el 35,71 % a especies nativas. También coinciden con la investigación de Garrido *et al.* (2023) en el diagnóstico del arbolado urbano en la ciudad de Ibarra, donde predominan las especies exóticas. En el arbolado urbano de la ciudad de Loja el 67 % son especies exóticas; sin embargo, Tello (2016) entre los efectos de la presencia de especies exóticas se puede evidenciar el ataque de plagas y enfermedades. Uribe (1998) argumenta que el uso de especies nativas plantadas en

áreas urbanas brinda ventajas como: i) permite una implementación más rápida, menor mantenimiento y asegura mejor la integración del árbol al medio; (ii) son más fáciles de mantener que las especies exóticas porque requieren menos riego y fertilización y, en general, son más resistentes a los ataques de plagas; y (iii) se adaptan mejor a las condiciones ambientales de la región. Así mismo Acosta (2014) estas consideraciones mencionadas por Uribe (1998) ayudarán a reducir los costos para la ciudad en el cuidado y el manejo de los árboles de las ciudades.

Las especies con mayor abundancia en el arbolado urbano de la en la ciudad de Loja fueron: *Salix humboldtiana* Willd, *Jacaranda mimosifolia* D. Don, *Alnus acuminata* Kunth y *Vachellia macracantha* Humb. & Bonpl. ex Willd; datos que coinciden a los registros de Torres *et al.* (2019) , en su estudio de sistema verde urbano de la ciudad de Loja, en el cual las especies vegetales abundantes fueron: *Acacia macracantha* Willd., *Salix humboldtiana* Willd., *Jacaranda mimosifolia* D. Don y *Phoenix canariensis* Chabaud. Y tiene similitud con el estudio de Tello-Vicuña (2016) en el inventario y evaluación de la vegetación en las riberas del río Zamora de la ciudad de Loja, donde *Salix humboldtiana* Willd, *Alnus acuminata* Kunth y *Jacaranda mimosifolia* D. Don. Según Willdenow (1994) menciona que *Salix humboldtiana* Willd es una especie que crece rápidamente y alcanza su diámetro máximo en los primeros cuatro años de vida, se caracterizan por su fácil adaptación a diferentes condiciones.

Las especies que presentaron mayor dominancia fueron: *Salix humboldtiana* Willd, *Schinus molle* L, *Cupressus macrocarpa* Hartw, *Jacaranda mimosifolia* D.Don, *Fraxinus chinensis* Roxb y *Vachellia macracantha* Humb. & Bonpl. ex Willd, estas especies en conjunto suman 554,81 m<sup>2</sup> de área basal en los árboles urbanos de la ciudad de Loja; esto difiere con los datos de Graciano *et al.* (2017) en su estudio de caracterización estructural del arbolado en un ejido forestal del noroeste de México las especies con mayor área basal fueron *Pinus durangensis* con 46,77 %, *Quercus sideroxila* con 20 %, *Pinus cooperi* con 8,27 %, y *Pinus teocote* con 8%, sumando 83,04 % del total. Según Benavides-Fernández (2010) los árboles con mayor área basal también tienen mayor capacidad de reducción del calor, ya que proporcionan más sombra y disminuyen la temperatura del aire circundante, cumplan un rol importante en las ciudades.

Se encontró una alta frecuencia de árboles, arbustos y palmas con diámetros en las clases diamétricas I, II y III que representan el 59,48 % del total, que corresponden los árboles entre

5 y 35 cm de DAP. Al comparar los resultados observados con los de Leal *et al.* (2018) en su estudio de estructura, composición y diversidad del arbolado urbano de Linares, Nuevo León, la mayoría de los individuos evaluados se concentran en la clase diamétrica II que corresponden a árboles que van de (14.5 – 29 cm). Para Ajbilou *et al.* (2003) el análisis de la distribución de clases diamétricas para diferentes especies arbóreas permite evaluar y conocer su estado de conservación. Los árboles de gran tamaño en la ciudad significa una mejora en la calidad de vida de los habitantes, almacenan grandes cantidades de carbono y mayor biodiversidad urbana (ONU, 2019).

### **Índice de valor de importancia de las especies (IVIs)**

Las especies más importantes de la ciudad de Loja son *Salix humboldtiana*, *Schinus molle* y *Jacaranda mimosifolia* de acuerdo con los resultados del índice de valor de importancia (IVI). Los parámetros estructurales las diez principales especies del arbolado urbano esta representada en (8 son exóticas y 2 nativas), con mayor IVIs fueron: *Salix humboldtiana* Willd con el valor más alto (IVIs = 31,10), seguido de *Schinus molle* L (IVIs = 9,26) y *Jacaranda mimosifolia* D. Don (IVIs = 7,50) sin embargo, los resultados obtenidos en esta investigación son diferentes comparando a los de Cabrera-Castillo (2022) el análisis del arbolado y áreas verdes de la zona urbana del cantón Manta no presenta similitud en valores del índice de valor de importancia ecológica, ya que mostró que *Azadirachta indica* tiene mayor representatividad ecológica y abundancia (IVIs = 25,45). Sin embargo, el estudio de Saavedra *et al.* (2019) de diversidad, estructura arbórea e índice de valor de importancia en un bosque urbano de la ciudad de México los parámetros estructurales son distintos ahí se reporta *Casuarina equisetifolia* con el valor más alto (IVIs = 31,98), seguido de *Eucalyptus camaldulensis* (IVIs = 19,96). Es importante destacar según Campo y Duval (2014) el índice de valor de importancia se utiliza para clasificar la importancia de cada una de las especie presente en un sitio de estudio y que contribuyen al carácter y la estructura de un ecosistema.

### **Índices de diversidad**

La diversidad determinada en los parques fue alta y en las avenidas media, estos resultados coinciden con el estudio de Ortiz-Luna (2019) diversidad e indicadores de vegetación del arbolado urbano en la ciudad de Resistencia, Chaco-Argentina, donde existe una mayor diversidad en los parques (Recinto Ambiental Urbano, RAU) El índice de Margalef fue de 14,71 y 10,55; índice de Berger-Parker 0,28 y 0,19; y el índice de Shannon de 3,60 y 3,15;

en cuanto al estudio de Cabrera-Castillo (2022) de análisis del arbolado y áreas verdes de la zona urbana del cantón Manta, Ecuador, presentó en el índice de Margalef 6,89; índice de Simpson 0,90 y Shannon 4,05 con una riqueza específica con alta diversidad. Según Priego-González (2002) afirma que la diversidad del arbolado urbano es importante porque aporta una serie de beneficios como la mejora de la calidad del aire, la reducción del efecto isla de calor urbano, el aumento de la biodiversidad y la mejora de la salud física y mental. Mientras que Nowak (2021) menciona que los índices de diversidad de especies de árboles proporcionan una indicación de la diversidad de la población de árboles solamente, no representan la biodiversidad total. En cuanto a Cariñanos *et al.* (2018) las áreas urbanas pueden incluir biodiversidad relativamente alta, relacionado con eso las ciudades están adoptando herramientas para la resiliencia frente al cambio climático.

## **7.2. Almacenamiento de carbono de las especies nativas y exóticas de la biomasa aérea sobre el suelo del arbolado urbano de la ciudad de Loja.**

El almacenamiento de carbono en el arbolado urbano puede variar dependiendo de factores como la especie de árbol, la diversidad, la abundancia, la densidad del arbolado y las condiciones ambientales locales (Orellana-Grau, 2022). Según Garrett (2023) no todos los árboles son igual de eco-eficientes, la capacidad de almacenamiento de carbono de un mismo árbol puede variar en función de varios criterios: la especie la edad, el tamaño, el clima y el suelo. Los resultados obtenidos demostraron que los árboles de los parques de la ciudad de Loja fijan más carbono que en las avenidas principalmente por la diversidad y abundancia, así mismo, se observó que aquellos individuos que tuvieron mayor altura y área basal, pertenecieron a especies *Salix humboldtiana* Willd, *Jacaranda mimosifolia* D. Don, *Cupressus macrocarpa* Hartw, *Schinus molle* L y *Fraxinus chinensis* Roxb. Además, tuvieron grandes diámetros que van de 5 a > 75cm DAP, alturas promedio de 30 m, en el caso del género *Cupressus* y abundancia en las demás especies. Según Tolkien (2021) la cantidad de carbono que almacena un árbol puede variar, dependiendo de varios factores como características de la especie, el entorno en que se encuentra, diámetros, densidad, altura y abundancia. La especie que almacena mayor cantidad de carbono en el arbolado de la ciudad de Loja fue *Salix humboldtiana* Willd, es la especie más abundante y tiene mayor área basal, 1177 individuos que almacena 37,4 % t de carbono.

Las especies exóticas almacenan mayor cantidad de carbono con 1 617,66 t de carbono con el 76,18 % y las nativas 345,83 tC con el 23,82 %. De las ocho clases diamétricas, entre las

especies nativas e exóticas; las especies exóticas registraron mayor cantidad de carbono así: *Salix humboldtiana* Willd, *Cupressus macrocarpa* Hartw, y *Fraxinus chinensis* Roxb, mientras que las nativas *Jacaranda mimosifolia* D. Don y *Schinus molle* L datos que coinciden con los de Muñoz-Vasquez (2020) potencial de almacenamiento de carbono en los parques urbanos en Cuenca, Ecuador, donde las especies exóticas presentaron mayor abundancia por lo que almacenan mayor cantidad de carbono con 93,79 % y las nativas el 6,21 %, y coinciden con la información presentada por Chamorro-Falconi (2019) en el estudio del potencial de almacenamiento de carbono en los árboles en los parques urbanos de los Distritos del Perú, donde las especies exóticas almacenaron mayor cantidad de carbono con 106,92 tC y las especies nativas con 18,92 tC. La capacidad de almacenamiento de carbono de los árboles urbanos ayuda a contribuir a la mitigación del cambio climático. Así mismo Hurtado (2023) menciona que los árboles urbanos desempeñan un papel crucial en el almacenamiento de carbono y la mitigación del cambio climático, su capacidad para capturar y almacenar dióxido de carbono atmosférico en sus tejidos ayuda a reducir las emisiones de gases de efecto.

En el arbolado urbano de la ciudad de Loja almacenan un total de 1 963,49 tC, las especies registraron la mayor cantidad de carbono almacenado; *Salix humboldtiana* Willd. *Cupressus macrocarpa* Hartw., *Schinus molle* L., *Jacaranda mimosifolia* D. Don. y *Fraxinus chinensis* Roxb. Resultados que se asemejan a los de Farinango-Carvajal (2020) en la determinación de la relación de emisión y captura de carbono en el arbolado de las avenidas de cuatro parroquias urbanas del Cantón Ibarra, cinco especies registraron la mayor cantidad de carbono almacenado; *Schinus molle* L., *Fraxinus excelsior* L., *Spathodea campanulata* P.Beauv, *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam.) Urb., *Jacaranda mimosifolia* D. Don, con 175,87; 124,49; 92,57; 79,82 y 67,35 tC. Estas especies representan el 75,07 % del total de carbono almacenado y las especies restantes el 24,93 %. Así también Jáuregui *et al.* (2022) la estimación del carbono almacenado en el arbolado urbano de Guadalajara, Jalisco, México donde 3325 individuos, almacenaron 679,06 toneladas de carbono.

## 8. Conclusiones

La riqueza florística del arbolado urbano está reflejada en 91 especies dentro de, 67 géneros y 35 familias botánicas. El 67 % de las especies en los parques y avenidas de la ciudad de Loja son exóticas.

En la ciudad de Loja, en el Recinto Ambiental Urbano, RAU, existe diversidad alta, en comparación al Vecindario Verde Inclusivo que tiene diversidad media, la familia con mayor diversidad en géneros es la Fabaceae.

El arbolado urbano de la ciudad de Loja tiene un total de carbono almacenado de 1 963,04 tC. Las especies exóticas almacenan 1 617,66 tC en cuanto a las nativas 345,83 tC, las especies que registran mayor cantidad de carbono almacenado son: *Salix humboldtiana* Willd, *Cupressus macrocarpa* Hartw, *Schinus molle* L y *Jacaranda mimosifolia* D. Don, esto evidencia la importancia de los árboles en la ciudad, que proveen servicios ecosistémicos importantes para los seres humanos.

Se encontró una alta frecuencia de árboles de 5 a 45 cm DAP, dentro de las mismas se encontraron 3823 individuos, es importante recalcar que con el tiempo se podría aumentar la capacidad de carbono almacenado y algunos de estos individuos conformarían una reserva de biomasa a futuro, se podría sustituir individuos enfermos, muertos o en proceso de declinación.

## **9. Recomendaciones**

Es recomendable generar ecuaciones alométricas específicamente para árboles urbanos y realizar estudios de plagas y enfermedades en los parques y avenidas de las especies de la ciudad de Loja.

La planificación de nuevas áreas verdes con especies a plantar en la ciudad incrementar con especies nativas y se debería trabajar en equipo multidisciplinarios, que se encarguen proyectar y diseñar los espacios urbanos.

El Gobierno Autónomo Descentralizado de la ciudad de Loja siga algunos lineamientos, para que declare algunas especies, como árboles patrimoniales, que sean considerados como emblemáticos, para a su vez fomentar el cuidado del arbolado urbano y el patrimonio natural.

Finalmente, los datos obtenidos en esta investigación del arbolado urbano en la ciudad de Loja pueden ser utilizados para toma de decisiones de las autoridades de informar y guiar la planificación urbana, mediante un buen manejo a través de la silvicultura urbana, promoviendo la conservación como una estrategia efectiva para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

## 10. Bibliografía

- Acosta, C (2014). Especies recomendadas para la arborización urbana de Montería, Colombia. *Revista Nodo N°*, 16(16), 109–117.
- Acosta, M., Carrillo, F., & Gómez, R (2011). *Biomass and carbon assessment in two tree species in a cloudy forest*.
- Aguilera, M (2001). *Descripción Washingtonia robusta*.  
[http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/1015Washingtonia robusta.pdf](http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/1015Washingtonia%20robusta.pdf)
- Aguirre, Z (2019). Métodos para medir la biodiversidad. In *Primera Edición. Universidad Nacional de Loja*.
- Aguirre, Z., & Yaguana, C (2013). *Árboles y arbustos de parques y avenidas de Loja*.  
<https://doi.org/978-9942-13-612-1>
- Ajbilou, R., Marañón, T., & Arroyo, J (2003). Distribución de clases diamétricas y conservación de bosques en el norte de Marruecos. *Agrar.: Sist. Recur. For*, 12(2), 111–123.
- Alanís, G (2005). El arbolado urbano en el área metropolitana de Monterrey. *Ciencia UANL*, 7(1), 20–32.
- Anaya, M (2001). Los parques urbanos y su panorama en la zona metropolitana de Guadalajara. *Revista de Vinculación y Ciencia*, 9, 7.
- Azani, N., Babineau, M., Bailey, C. D., Banks, H., Barbosa, A. R., Pinto, R. B., Boatwright, J. S., Borges, L. M., Brown, G. K., Bruneau, A., Candido, E., Cardoso, D., Chung, K. F., Clark, R. P., Conceição, A. D. S., Crisp, M., Cubas, P., Delgado-Salinas, A., Dexter, K. G., ... Zimmerman, E (2017). A new subfamily classification of the leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. *Taxon*, 66(1), 44–77.  
<https://doi.org/10.12705/661.3>
- Baquero, J., Duque, J., & Gómez, G (2011). *Composición florística en la sonadora, Calarcá, Quindío. Armenia: Centro de Estudios e Investigaciones en Biodiversidad y Biotecnología - CIBUQ, Universidad del Quindío*.
- Benavides, H., & Fernández, D (2010). Estructura del arbolado y caracterización dasométrica de la segunda sección del bosque de Chapultepec. *Madera y Bosques*, 16(2448–7597), 75–

97. <https://ecuadorforestal.org/actualidad-forestal/ecuador-continua-con-la-exportacion-de-teca-hacia-la-india/>
- Benito, G., & Palermo, M (2021). *El árbol en la ciudad. Manual de Arboricultura Urbana*.
- Bisby, F., Roskov, Y., Culham, A., Orrell, T., Nicolson, D., Paglinawan, L., Bailly, N., Appeltans, W., Kirk, P., Bourgoin, T., Baillargeon, G., & Ouvrard;Dare (2012). *Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2012 Annual Checklist*.
- Brack, C. L (2002). Pollution mitigation and carbon sequestration by an urban forest. *Environmental Pollution*, S195–S200. [www.elsevier.com/locate/envpol](http://www.elsevier.com/locate/envpol)
- Brown, S (1997). *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: A primer*. Ed. reimpr. Rome, Italy. Food & Agriculture Org.
- Buitrago, H., Echeverri, A., & Ubago, A (2019). *¿Biodiversidad urbana? Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*. Investigación En Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos Para La Toma de Decisiones. <http://www.humboldt.org.co/es/actualidad/item/762-bio-urbana>
- Buizer, M., Hansen, R., Rall, Y., DeBellis, B., Elands, K., & Wiersum, P (2015). *Report of case study city portraits: Appendix Green Surge study on urban green infrastructure planning and governance in 20 European case studies Utrecht. Países Bajos Informe Técnico. Bruselas, Unión Europea* (p. 272 p). EU. <https://research.wur.nl/en/publications/report-of-case-study-city-portraits-appendix-green-surge-study-on>
- Bunce, R (1968). Biomass and production of trees in a mixed deciduous woodland: i. girth and height as parameters for the estimation of tree dry weight. *Journal of Ecology*, Vol. 56, N, 759–775.
- Burnie, G., Cardozo, A., Hernández, L., Lapp, M., Rodríguez, H., Ruiz;Thirza;, & Torrecilla, P (2006). *Botánica, guía ilustrada de plantas. Más de 10.000 especies de la A a la Z y cómo cultivarlas*.
- Cabrera, C., & Castillo, G (2022). Análisis del arbolado y áreas verdes de la zona urbana del cantón Manta. In *Braz Dent J*.
- Campo, A. ;, & Duval, V (2014). Diversidad y valor de importancia para la conservación de la

- vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina). *Anales de Geografía de La Universidad Complutense*, 34(2), 25–42. [https://doi.org/10.5209/rev\\_AGUC.2014.v34.n2.47071](https://doi.org/10.5209/rev_AGUC.2014.v34.n2.47071)
- Cariñanos, P., Calaza, J., Hiemstra, D., Pearlmutter, O., & Vilhar, U (2018). El papel de los bosques urbanos y periurbanos para reducir riesgos y gestionar desastres. *Unasylya*, 69(1), 11–21. [www.fao.org/forestry/unasylya](http://www.fao.org/forestry/unasylya).
- Carrillo, F., Acosta, M., Flores, E., Juárez, J. ;, & Bonilla, E (2014). Estimación de biomasa y carbono en dos especies arbóreas en La Sierra Nevada, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(5), 779–793.
- Cartuche, K., & Pucha, D (2022). *Caracterización de la madera de 95 especies forestales del sur de Ecuador con base a sus propiedades físicas, organolépticas y anatómicas*. Universidad Nacional de Loja.
- Casiano, M., Paz, F., Rojo, M., Covalada, S., & Aryal, D (2018). El carbono de la biomasa aérea medido en cronosecuencias: primera estimación en México. *Madera y Bosques*, 24(SPE). <https://doi.org/10.21829/MYB.2018.2401894>
- Chacalo, J., & Corona, E (2009). *Callistemon citrinus (Curtis) Skeels*. Callistemon Citrinus (Curtis) Skeels. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/220984/Callistemon\\_citrinus.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/220984/Callistemon_citrinus.pdf)
- Chamorro, M., & Falconi, S (2019). Potencial de secuestro de carbono por los árboles en los parques urbanos de los Distritos de El Tambo, Huancayo y Chilca. In *Universidad Nacional del Centro del Perú*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Cordero, P., Vanegas, S., & Hermida, M (2015). La biodiversidad urbana como síntoma de una ciudad sostenible. Estudio de la zona del Yanuncay en Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 6(1), 107–130. <https://doi.org/10.18537/mskn.06.01.09>
- Cornejo, D. ;, & Zorrilla, M (2013). *Análisis de vulnerabilidad del cantón Loja*.
- Cottam, G., & Curtis, J (1956). The Use of Distance Measurements in Phytosociological Sampling. *Ecology*, 451–460. <https://doi.org/10.2307/1930167>
- Daba, M., & Dejene, S (2018). The Role of Biodiversity and Ecosystem Services in Carbon Sequestration and its Implication for Climate Change Mitigation.

*Juniperpublishers, International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources.*

<https://doi.org/10.19080/IJESNR.2018.10.555810>

Eguilúz, T., & Rente, J (2000). Manual técnico para la poda, derribo y trasplante de árboles y arbustos de la Ciudad de México. In *México*.  
[http://centro.paot.org.mx/documentos/sma/manual\\_tecnico\\_arboles.pdf](http://centro.paot.org.mx/documentos/sma/manual_tecnico_arboles.pdf)

Ellenberg, H., & Mueller-Dombois, D (1974). Aims and Methods of Vegetation Ecology. *Geographical Review*, 66(1), 114. <https://doi.org/10.2307/213332>

Escobar, G (2012). *Manual de silvicultura urbana– Naturalizando a Cali - (Arborización y Zonas Verdes) Acuerdo No. 016/12* (p. 79 p).

Escobar, N (2015). Diagnóstico de la composición florística asociada a actividades agropecuarias en el cerro Quinini (Colombia). *Ciencias Agropecuarias*, 1(1), 14–22. <https://doi.org/10.36436/24223484.181>

FAO (2001). *Forests and Climate Change, Carbon and the greenhouse effect, The role of forests in climate change*. <https://www.fao.org/3/ac836e/AC836E02.htm#TopOfPage>

FAO (2003). *Regulating services | Ecosystem Services & Biodiversity (ESB) | Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <https://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/background/regulating-services/en/>

FAO (2013). *GlobAllomeTree is an international web platform to share data for assessing volume, biomass and carbon stock of trees and forests, (Allometric Equations)*. <http://www.globallometree.org/>

FAO (2016). *Beneficios de plantar árboles en centros urbanos y tener ciudades más verdes | Indap*. <http://www.indap.gob.cl/noticias/fao-destaca-beneficios-de-plantar-arboles-en-centros-urbanos-y-tener-ciudades-mas-verdes>

Farinango, J., & Carvajal, J (2020). *Determinación de la relación de emisión y captura de carbono en el arbolado de las avenidas de cuatro parroquias urbanas del cantón Ibarra*.

Fernández, F (2009). *Ciudad y cambio climático: aspectos generales y aplicación al área metropolitana de Madrid*. 49, 173–195. <http://www.ipcc.ch>

Fonseca, W (2017). Revisión de métodos para el monitoreo de biomasa y carbono vegetal en ecosistemas forestales tropicales. *Revista de Ciencias Ambientales*, 51(2), 91.

<https://doi.org/10.15359/rca.51-2.5>

- Fuentes, W., & Torres, E (2016). *Estructura y composición florística del arbolado urbano e índice verde urbano en el cantón Quevedo*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Garrett, C (2023). *El árbol, un sumidero de carbono, la capacidad de absorción de CO2 de un árbol*. Carbon Consultant & Content Officer. <https://climate.selectra.com/es/actualidad/co2-arbol>
- Garrido, L., Valencia, X., Cuarán, M., Carvajal, J., & Varela, E (2023). Diagnóstico del arbolado urbano en la ciudad de Ibarra, como base para una gestión de arbolado más humano. *CienciaLatina Revista Científica Multidisciplinar*, 7, 5613-5632 pp.
- Goel, V., & Behl, H (2005). Growth and productivity assessment of *Casuarina glauca* Sieb. ex. Spreng on sodic soil sites. *Bioresource Technology*, 399–404.
- Goodman, R. ;, Phillips, O. ;, Castillo, D., Freitas, L., Cortese, S., Monteagudo, A., & Baker, T (2013). Amazon palm biomass and allometry. *Forest Ecology and Management*, 310, 994–1004. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.09.045>
- Gower, S., Kucharik, C., & Norman, J (1999). Direct and Indirect Estimation of Leaf Area Index, fAPAR, and Net Primary Production of Terrestrial Ecosystems. *Remote Sensing of Environment*, 70(1), 29–51. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(99\)00056-5](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(99)00056-5)
- Graciano, G., Alanís, E., Aguirre, Ó. ;, González, M., Treviño, E., & Mora, A (2017). Caracterización estructural del arbolado en un ejido forestal del noroeste de México. *Madera Bosques*, 23(3), 137–146. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331480>
- Granda, V., & Guamán, S (2006). Composición florística, estructura, endemismo y etnobotánica de los bosques secos “Algodonal” y “La Ceiba” en los cantones Macará y Zapotillo de la provincia de Loja. In *Tesis de grado*. Universidad Nacional de Loja.
- Hansen, R., Buizer, M., Havik, G., Bellis, Y., Spanó, M., Sanesi, G., Laforteza, R., Santos, A., & Nastran, M (2015). Report of case study portraits - Appendix - Green Surge study on urban green infrastructure planning and governance in 20 European case studies. *Green Surge, January*.
- Hauenstein, E., Peña, F., González, M., & Schlatter, R (2005). Nuevos límites para la distribución de *Salix humboldtiana* Willd., Salicaceae, en Chile. *Gayana - Botánica*, 62(1),

- 44–46. <https://doi.org/10.4067/S0717-66432005000100007>
- Hernández, P (2014). *Captura de carbono del arbolado urbano de la Unidad Deportiva Sierra Hermosa, Tecámac, Edo. De México*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Herrera, J (2021). *Anteproyecto de ordenanza de gestión y protección del arbolado urbano, ayuntamiento municipal de Baní*. <https://doi.org/10130145>
- Hoffmann, A (1983). *El árbol urbano en Chile*. Santiago, Chile: Fundación Claudio Gay.
- Hurtado, A (2023). Almacenamiento de carbono de árboles urbanos y el crecimiento poblacional de la ciudad de huánuco. In *Repositorio Institucional*. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- IPCC (2013). *IPCC 5th Assessment Report “Climate Change 2013: The Physical Science Basis”*; IPCC: Stockholm, Sweden, 2013. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.015>
- IPCC (2022). *El tercer informe sobre cambio climático del IPCC 2022*. <https://climate.selectra.com/es/actualidad/informe-ipcc-2022>
- IPCC, P. I. de C. C (1996). *IPCC. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Workbook and Reference Manual Revised Versión 1996*. UNEP, WMO. Módulo (1, 4, 5).
- Jáuregui, R. ;, Gallegos, A., Hernández, E. ;, Guzmán, C., Sube, J. ;, & Godoy, A (2022). Estimación del carbono almacenado del arbolado urbano de Guadalajara, Jalisco, México, mediante modelos Biométricos. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 5(1), 224–240. <https://doi.org/10.34188/bjaerv5n1-018>
- Jorgensen, P., & León, Y (1999). *Catalogue of the Vascular Plants of northwest South America*. The University Press Of Chicago.
- Juambelz, L., Sosa, J., Fidel, H., Juan, A., Moyano, C., Maceiras, R., Torres, M., & Avila, E (2018). *El ciclo biológico del Carbono*. <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/qcasis/com64cbiol.pdf>
- Konijnendijk, C (2022). Evidence-based guidelines for greener, healthier, more resilient neighbourhoods: Introducing the 3–30–300 rule. *Journal of Forestry Research*, 34(3), 821–830. <https://doi.org/10.1007/s11676-022-01523-z>

- Kuchelmeister, G (2020). *Silvicultura urbana: introducción a la silvicultura urbana, árboles para las ciudades*. <http://www.arbolesymedioambiente.es/introduccion.html>
- Leal, C., Leal, N., Alanís, E., Pequeño, M., Mora, A., & Buendía, E (2018). Estructura, composición y diversidad del arbolado urbano de Linares, Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9, 252–270.
- León, S., Valencia, N., Pitmam, L., Endara, C., Ulloa, U., & Navarrete;Hasu (2019). *Libro Rojo de Plantas Endémicas del Ecuador. Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito*. <https://bioweb.bio/floraweb/librorojo>
- List, P (2010). *The Plant List (TPL) was a working list of all known plant species produced by the botanical community Global Strategy for Plant Conservation (GSPC)*. <http://www.theplantlist.org/>
- Loja, P. G (2021). *Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Loja*. [https://www.loja.gob.ec/files/image/LOTAIP/2020/plan\\_de\\_desarrollo\\_y\\_ordenamiento\\_territorial\\_del\\_canton\\_loja\\_-\\_sociabilizacion\\_del\\_documento.pdf](https://www.loja.gob.ec/files/image/LOTAIP/2020/plan_de_desarrollo_y_ordenamiento_territorial_del_canton_loja_-_sociabilizacion_del_documento.pdf)
- López, I (2008). *Arbolado urbano en Mérida, Yucatán y su relación con aspectos socioeconómicos, culturales y de la estructura urbana de la ciudad*. Centro de investigación y de estudios avanzados del instituto politécnico nacional unidad Mérida.
- MAE. (2017). *Tercera Comunicación Nacional del Ecuador*. 630.
- Magurran, A (1988). Ecological Diversity and Its Measurement. In *Ecological Diversity and Its Measurement*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-015-7358-0>
- Martínez, R., Irschick, C., Bernio, J., Bancalani, P., & Fank, D (2010). *Listado de especies arbóreas, arbustivas y otras nativas, sugeridas para el arbolado público de la Ciudad de Puerto Rico, Misiones. Asociación Civil Nativos. Puerto Rico, Misiones*. <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-nacional-de-asuncion/historia-de-la-arquitectura-3/nativos-listado-de-especies-nativas-aptas-para-arbolado-urbano-2010/15460373>
- Mcmichael, A. J., Campbell-Lendrum, D., Kovats, S., Edwards, S., Wilkinson, P., Wilson, T., Nicholls, R., Hales, S., Tanser, F., Le Sueur, D., Schlesinger, M., & Andronova, N (2010). *Global climate change*. <https://www.who.int/docs/default-source/climate-change/publication---global-climate-change-comparative-analysis.pdf>

- Medina, A., & Andía, I (2016). Valiosa colección de maderas de valor didáctico y científico, Xilotecas. *Desde La Patagonía Difundiendo Saberes*, 13(21), 22–26.
- Mena, V., Andrade, H., & Torres, J (2019). Composición florística, estructura y diversidad del bosque pluvial tropical de la subcuenca del río Munguidó, Quibdó, Chocó, Colombia. *Ciencias Agrícolas*, 16, 204–215.
- Mendoza, C., Ramírez, C., Ojeda, W., Flores, J., Flores, H., & Sifuentes, E (2014). Comparación de dos métodos para medir el índice de área foliar de chile poblano en invernadero. *Campo Experimental Valle Del Fuerte, Volumen 1*.
- Montero, M., & Montagnini, F (2004). Modelos alométricos para la estimación de biomasa de diez especies nativas en plantaciones en la región Atlántica de Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente*, 45, 112–119.
- Moreira, M (2017). *Estructura y caracterización dasométrica del arbolado en las parroquias urbanas del cantón Quevedo* (Vol. 5).
- Moreira, M., & Jiménez, E (2017). *Estructura y caracterización dasométrica del arbolado en las parroquias urbanas del cantón Quevedo*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo Facultad de Ciencias Ambientales Carrera de Ingeniería Forestal.
- Moreno, C (2001). *Métodos para medir la biodiversidad, M&T–Manuales y Tesis SEA* (Vol. 1). Zaragoza.
- Motto, P (2005). *Plan de uso y de reforestación del bosque seco Cantón Zapotillo y Macara. Loja Ecuador*.
- Munizaga, G (2016). *Composición Urbana. Reflexiones sobre la Investigación de la ciudad*. <http://composicionurbana.blogspot.com/2016/12/composicion-urbana-reflexiones-sobre-la.html?m=1>
- Muñoz, M., & Vasquez, E (2020). *Estimación del potencial de captura de carbono en los parques urbanos y emisiones de Co2 vehicular en Cuenca, Ecuador*. Universidad Politécnica Salesiana-Sede Cuenca.
- Mutlu, S., Selim, C., & Gülçin, Ü (2017). *Plant Biodiversity of Urban Roadside Trees in Antalya, Turkey*.
- Nasi, R., Wunder, S., & Campos, J (2005). Servicios de los ecosistemas forestales. *Serie*

*Técnica–Informe* Técnico, 1–15.  
[http://intranet.catie.ac.cr/intranet/posgrado/recursos\\_naturales/Respaldo\\_2010/Clase\\_8/Lecturas/Servicios ambientales y deforestacion Nasi et al.pdf](http://intranet.catie.ac.cr/intranet/posgrado/recursos_naturales/Respaldo_2010/Clase_8/Lecturas/Servicios_ambientales_y_deforestacion_Nasi_et_al.pdf)

Návar, J (2009). Allometric equations for tree species and carbon stocks for forests of northwestern Mexico. *Forest Ecology and Management*, 257(2), 427–434.  
<https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2008.09.028>

Nogueira, E., Fearnside, P., Nelson, B., Barbosa, R., & Keizer, E (2008). Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: New allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories. *Forest Ecology and Management*, 256, 1853–1867.

Nowak, D (2021). Understanding i-Tree: 2021 summary of programs and methods. *General Technical Report NRS-200-2021*. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station. 100 P., 200(December), 1–100.  
<https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/>

OMS (2017). *¿Cuántos árboles por habitante hacen falta en las ciudades? | Seres Urbanos | Planeta Futuro | EL PAÍS*.  
[https://elpais.com/elpais/2018/05/07/seres\\_urbanos/1525688899\\_487227.html](https://elpais.com/elpais/2018/05/07/seres_urbanos/1525688899_487227.html)

ONU (2019). *Siete grandes beneficios de los árboles urbanos*.  
<https://onuhabitat.org.mx/index.php/siete-grandes-beneficios-de-los-arboles-urbanos>

ONU (2020). *Las emisiones de CO2 rompen otro récord: un calentamiento global catastrófico amenaza el planeta*. <https://news.un.org/es/story/2020/12/1485312>

Ordóñez, K. ;, & Sánchez, L (2022). Almacenamiento de biomasa y carbono en huertas urbanas de Yantaló, Perú. *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 1(2), 352.  
<https://doi.org/10.51252/reacae.v1i2.352>

Orellana, G., & Grau, M (2022). *Los servicios ecosistémicos del arbolado urbano: caso de estudio Barcelona*. Universidad Politécnica de Catalunya Barcelona.

Ortiz, N., & Luna, C (2019). Diversidad e indicadores de vegetación del arbolado urbano en la ciudad de resistencia, Chaco-Argentina. *Agronomía y Ambiente. Facultad de Agronomía UBA.*, 39(2), 54–68.

Paladines, S., Gahona, J., Valverde, D., Ronero, J., Tambo, W., Valarezo, M., Castro, K.,

- Herrera, V., Vicuña, D., Pizarro, W., Sánchez, Y., Ordoñez, K., Huanca, E., & Morocho, E (2013). *Vulnerabilidad a nivel municipal del cantón Loja*.
- Palau, N (2017). *9 beneficios de los árboles urbanos*. Geophysical Research Letters; John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1029/2006GL025734>
- Perea, E (2008). *Selección de especies adecuadas para forestar y reforestar la ciudad arequipa. Arequipa: Municipalidad provincial de Arequipa*.
- Pérez, J., & Gardey, A (2009). *Diversidad - Qué es, importancia, definición y concepto*. <https://doi.org/10.5821/siiu.5995>
- Pherson, G (2019). *La silvicultura sostenible urbana y comunitaria*. <https://www.arborday.org/programs/ucf/spanish/ch1.pdf>
- Pielou, E (1975). *Ecological diversity*. Wiley, New York. <https://doi.org/10.54753/blc.v13i2.1886>
- Pimentel, V (2018). *Urbanismo: estructura urbana*. [https://www.academia.edu/6876229/URBANISMO\\_II\\_ESTRUCTURA\\_URBANA](https://www.academia.edu/6876229/URBANISMO_II_ESTRUCTURA_URBANA)
- Priego, C (2002). Beneficios del arbolado urbano. In *Universidad de Concepción en Chile*. [http://digital.csic.es/bitstream/10261/24578/1/Beneficios del arbolado urbano.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/24578/1/Beneficios%20del%20arbolado%20urbano.pdf)
- Priego, C., & González, C (2002). *Beneficios del Arbolado Urbano*. [https://digital.csic.es/bitstream/10261/24578/1/Beneficios del arbolado urbano.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/24578/1/Beneficios%20del%20arbolado%20urbano.pdf)
- Ribeiro, S. ;, Fehrmann, L., Soares, C. ;, Jacovine, L. ;, Kleinn, C., & Gaspar, R (2011). Above- and belowground biomass in a Brazilian Cerrado. *Forest Ecology and Management*, 262(3), 491–499. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.04.017>
- Rodríguez, A. (2020). *¿Qué es la Biomasa y cómo funciona?* <https://www.caloryfrio.com/energias-renovables/biomasa/que-es-la-biomasa-y-como-funciona.html#tipos-de-biomasa-biocombustible>
- Rodríguez, E., Mora, A., Molina, V., Gárate, H., & Sigala, J (2022). Caracterización del arbolado urbano del centro de Hualahuises, Nuevo León, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(73), 29–49. <https://doi.org/10.29298/RMCF.V13I73.1271>
- Rojas, M., Caraballo, M., Álvarez, O., & Vivanco, S (2018). Emisión de dióxido de carbono de

- vehículos automotores en la ciudad de Loja, Ecuador. *Cedamaz*, 08, 23–29.
- Rondón, R., Barp, E. ; Bampi, G. ; Bueno, G., Zanardi, I., Becker, J., & Miranda, J (2021). *Schinus molle l. como Fitorremediador en la Bioacumulación de Plomo* (pp. 2-86 pp).
- Rouquette, J., & Holt, A (2017). *The benefits to people of trees outside woods (TOWs). Report for the Woodland Trust. Natural Capital Solutions.* [www.naturalcapitalsolutions.co.uk](http://www.naturalcapitalsolutions.co.uk)
- Ruark, G., & Jael, B (1988). Biomass; net primary production; and nutrient distribution for an age sequence of *Populus tremuloides* ecosystem. *Canadian Journal of Forest Research*, 18, 435–443.
- Rubilar, R. ; Allen, L., Alvarez, J. ; Albaugh, T. ; Fox, T. ; & Stape, J (2010). Silvicultural manipulation and site effect on above and belowground biomass equations for young *Pinus radiata*. *Biomass and Bioenergy*, 34(12), 1825–1837. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.07.015>
- Rügnitz, M., Chacón, M., & Porro, R (2009). Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales. In *Consortio Iniciativa Amazónica (IA) y Centro Mundial Agroforestal (ICRAF)*.
- Saavedra, L., Hernández, P., Daniel, A., Martínez, T., & Villa, J (2019). Diversidad, estructura arbórea e índice de valor de importancia en un bosque urbano de la Ciudad de México. *Polibotánica*, 1405–2768, 1–19.
- Salazar, R., Soihet, C., & Mendez, J (2000). *Manejo de semillas de 100 especies de América Latina* (p. 220). [https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2959/Manejo\\_de\\_semillas\\_de\\_100\\_especies.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2959/Manejo_de_semillas_de_100_especies.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Sánchez, L., Amado, M., Criollo, P., Carvajal, T., Roa, J., Cuesta, A., Conde, A., Umaña, A., Bernal, L., & Barreto, L (2010). *El aliso (Alnus acuminata H.B.K.) como alternativa silvopastoril en el manejo sostenible de praderas en el trópico alto colombiano.* <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13489>
- Sandhya, K., & Kinnary, S (2011). Carbon sequestration by urban trees on roadsides of Vadodara city. *Article in International Journal of Engineering Science and Technology.* <https://www.researchgate.net/publication/267771547>

- Santamour, F (1990). Trees for urban planning: Diversity, uniformity, and common sense. Proceedings of the seventh conference of The Metropolitan Tree Improvement Alliance. *The Morton Arboretum*, 57-76 p.
- Schmidt, A., Poulain, M., Klein, D., Krause, K., Peña, K., Peña-Rojas, P., Schmidt, H., Schulte, A., & Schmidt, A (2009). Allometric above-belowground biomass equations for *Nothofagus pumilio* (Poepp. & Endl.) natural regeneration in the Chilean Patagonia. *Ann. For. Sci*, 66, 513. <https://doi.org/10.1051/forest/2009030>
- Sheikh, M., & Kumar, M (2012). Carbon stocks in Indias forest ,changes in carbon stocks in Indian forests: a historical overview. *Indian Forester*, 138, 682–688.
- Somarriba, E (1999). Diversidad de shannon. In *Agroforestería en las Américas: Vol. 6(23)* (pp. 72–74). [https://www.researchgate.net/publication/324164467\\_Diversidad\\_Shannon](https://www.researchgate.net/publication/324164467_Diversidad_Shannon)
- Stevens, P (2001). *Angiosperm Phylogeny Website*. <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>.
- Suirezs, M., & Berger, G (2009). *Descripciones de las propiedades físicas y mecánicas de la madera*.
- Sundriyal, R., Sharma, E., Rai, L., & Rai, S (1994). Tree structure, regeneration and woody biomass removal in a sub-tropical forest of Mamlay watershed in the Sikkim Himalaya. *Vegetatio*, 1, 53–63.
- Tello, J (2016). *Inventario y evaluación de la vegetación de las riberas del río Zamora de la ciudad de Loja*. Universidad Técnica Particular de Loja.
- Tello, J., & Vicuña, R (2016). *Inventario y evaluación de la vegetación en las riberas del río Zamora de la ciudad Loja*. Universidad Nacional de Loja.
- Tietema, T (1993). Biomass determination of fuelwood trees and bushes of Botswana, Southern Africa. *Forest Ecology and Management*, 60, 257–269.
- Toky, O., Riddell, B., Harris, P., Vasudevan, P., & Davies, A (2011). Biomass production in short rotation effluent-irrigated plantations in North-West India. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 70, 601–609.
- Tolkien, J (2021). *Trees Are Climate Change, Carbon Storage Heroes*. Forest Products Laboratory. <https://www.fs.usda.gov/features/trees-are-climate-change-carbon-storage->

heroes

- Torres, M., González, C., Segarra, G., Cabrera, O., Cisneros, R., Cuadrado, P., Cumbicus, N., Ordóñez, L., Imaicela, F., Apolo, J., & Cuenca, P (2019). *Sistema verde urbano de Loja*.
- Tzoulas, K., & James, P (2010). Making biodiversity measures accesible to non-specialists: an innovative method for rapid assessment of urban biodiversity. *Urban Ecosystems*, 13, 113–127. <https://doi.org/10.1007/s11252-009-0107-x>
- Ugle, P., Rao, S., & Ramachandra, T. V (2010). Carbon Sequestration Potential of Urban Trees. *Biodiversity and Climate Change*, 22.
- Uribe, E (1998). Enverdecimiento urbano en Colombia. *Áreas Verdes En Latinoamérica y El Caribe*, 253–304.
- USDA (2005). *Ecosystem Services / Climate Change Resource Center*. <https://www.fs.usda.gov/ccrc/topics/ecosystem-services>
- Vasquez, V (2018). *Composición florística de árboles y arbustos de diez parques urbanos de la ciudad de Guayaquil*.
- Vazquéz, C., Batis, A., Alconcer, M., Gual, M., & Sánchez;Cristina (2009). Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. *Revista Colombia Forestal*, 12, 63–80.
- Vilgin, N (2010). *Estimación de biomasa y contenido de carbono en Cupressus lindleyi Klotzsch ex Endl. en el campo forestal experimental “Las Cruces”, Texcoco, México. Universidad Autónoma Chapingo*. <https://doi.org/10.29312/remexca.v5i5.901>
- Wallander, E (2008). Systematics of Fraxinus (Oleaceae) and evolution of dioecy. *Plant Systematics and Evolution*, 273(1–2), 25–49. <https://doi.org/10.1007/S00606-008-0005-3>
- Wiant, H., Sheetz, C., Colaninno, A., Moss, J., & Castaneda, F (1977). Tables and procedures for estimating weights of some Appalachian hardwoods. *Agricultural and Forestry Experiment Station*. <https://doi.org/10.3390/f14061071>
- Wilkinson, C., Sendstad, M., Parnell, S., & Schewenius, M (2013). Urban governance of biodiversity and ecosystem services. *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities: A Global Assessment*, 539–587. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-7088-1\\_27](https://doi.org/10.1007/978-94-007-7088-1_27)

- Willdenow, C (1994). *Salix humboldtiana*. 4(1805), 236–238.  
[http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/63-salic1m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/63-salic1m.pdf)
- Young, H. ;, Ribe, J. ;, & Wainwright, K (1980). *Weight tables for tree and shrub species in Maine. Misc. Rep. 230. Orono, ME: University of Maine, Life Sciences and Agriculture Experiment Station.* <https://doi.org/10.1080/20964129.2019.1585208>
- Zanne, A., Lopez, G., Coomes, D., Ilic, J., Jansen, S., Lewis, S., Miller, R., Swenson, N., Wiemann, M., & Chave, J (2014). *Global Wood Density Database ,data from: towards a worldwide wood economics spectrum.* <https://opendata.eol.org/es/dataset/global-wood-density-database/resource/d1e2b018-a7ce-444b-ac8a-ac43b2355cc9>

## 11. Anexos

**Anexo 1.** Toma de datos de medición de las variables dasométricas (DAP y Alturas) del arbolado urbano de la ciudad de Loja, Ecuador.



Medición del DAP 1,30m



Medición de alturas



Medición del DAP 1,30m



Toma de datos en campo

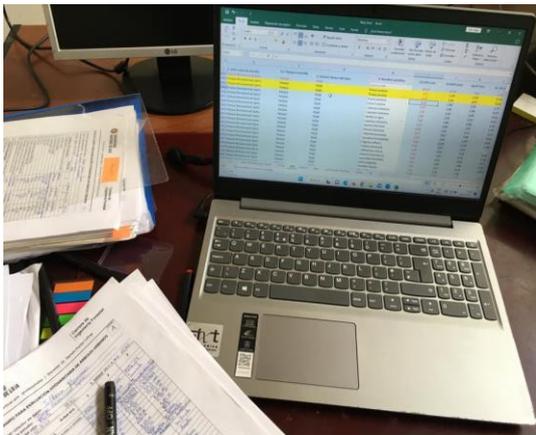


Medición del DAP 1,30m

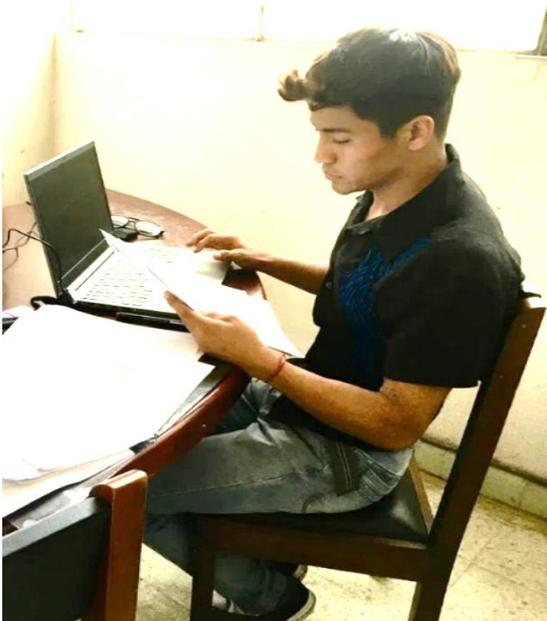
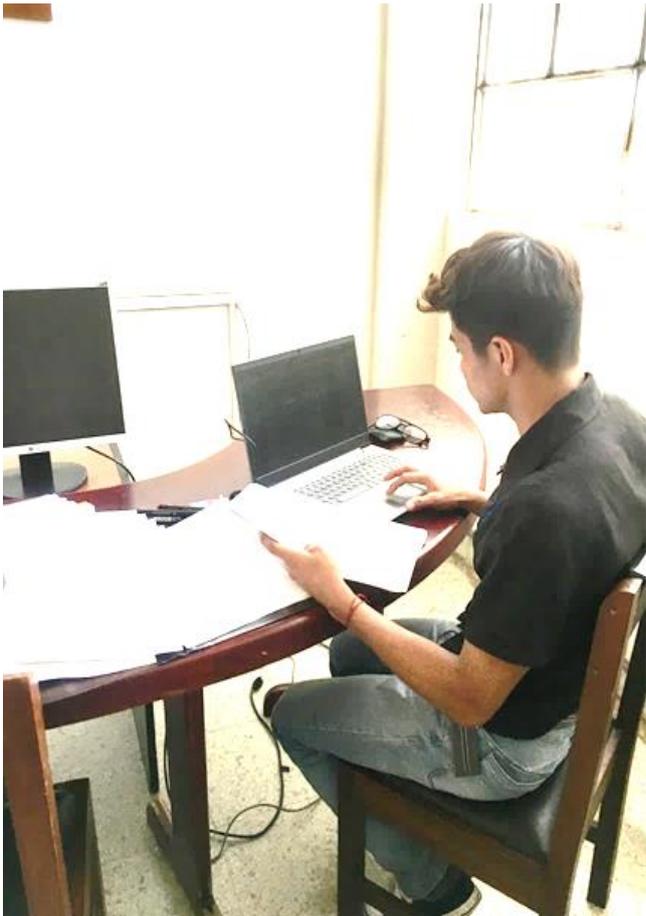
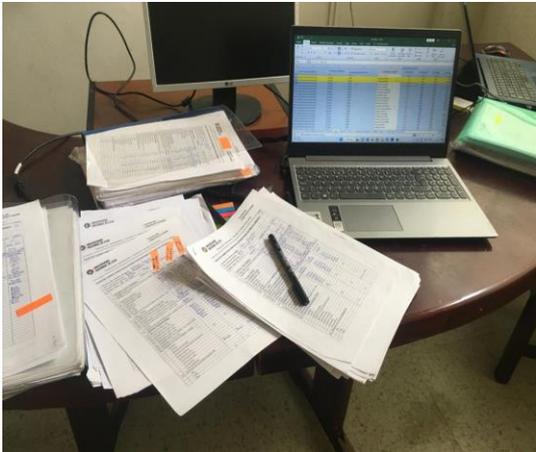


La medición de los árboles urbanos de la ciudad de Loja, se realizó con los estudiantes de la carrera de Ingeniería Forestal de la UNL por su contribución en la toma de datos en campo a través de sus prácticas pre-profesionales, se midió el DAP a 1,30 m y alturas.

**Anexo 2.** Verificación y depuración de variables dasométricas de la base de datos.



Verificación de datos



Se realizó una verificación de la base de datos del proyecto: Dinámica de crecimiento y servicios ecosistémicos del arbolado urbano de la ciudad de Loja en oficina y en campo por lo consiguiente se depuración de los datos.

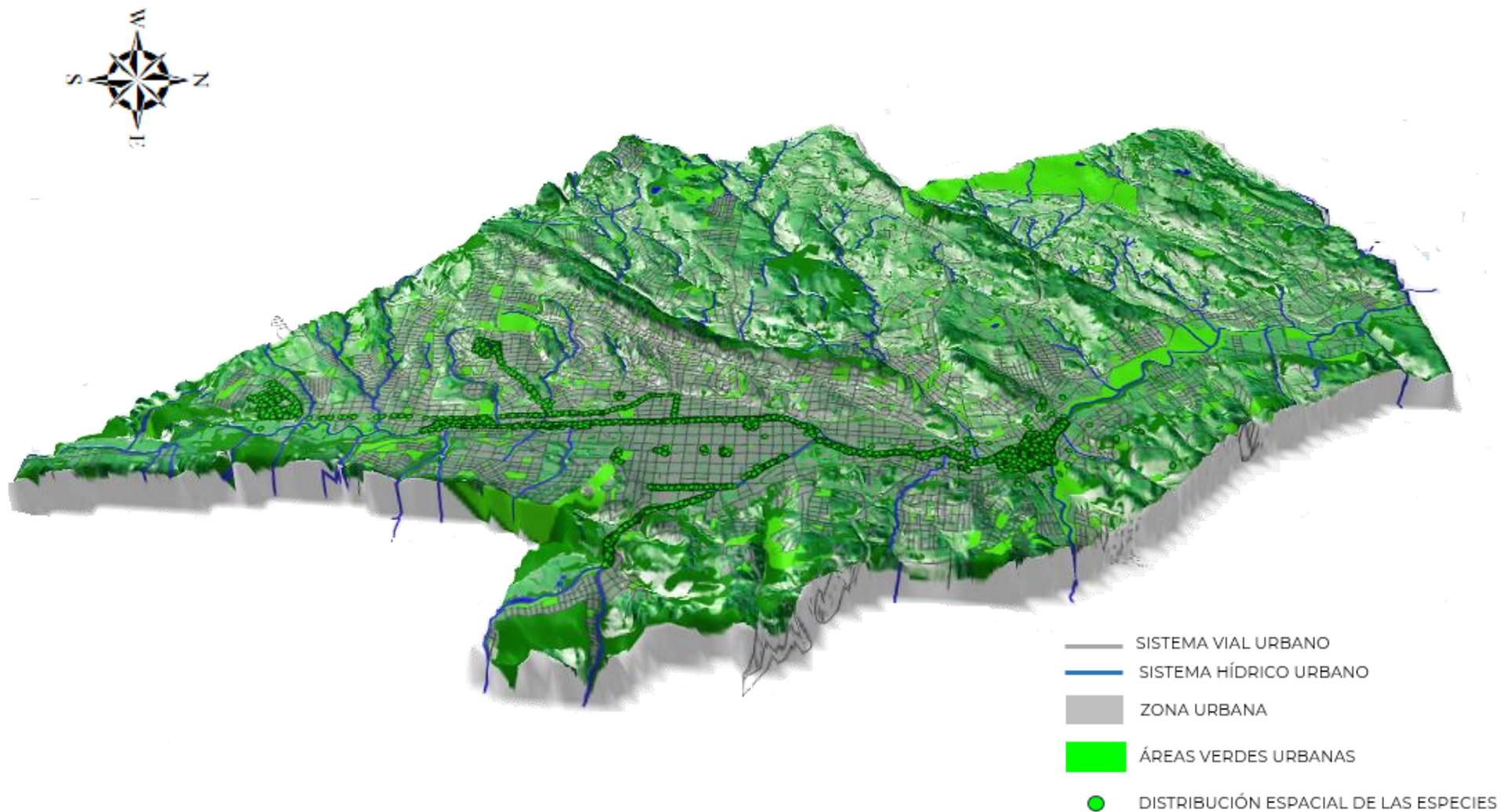
**Anexo 3.** Levantamiento fotogramétrico con dron en el arbolado urbano de la ciudad de Loja, Ecuador. Fotografías: Santiago Silva, (2023).



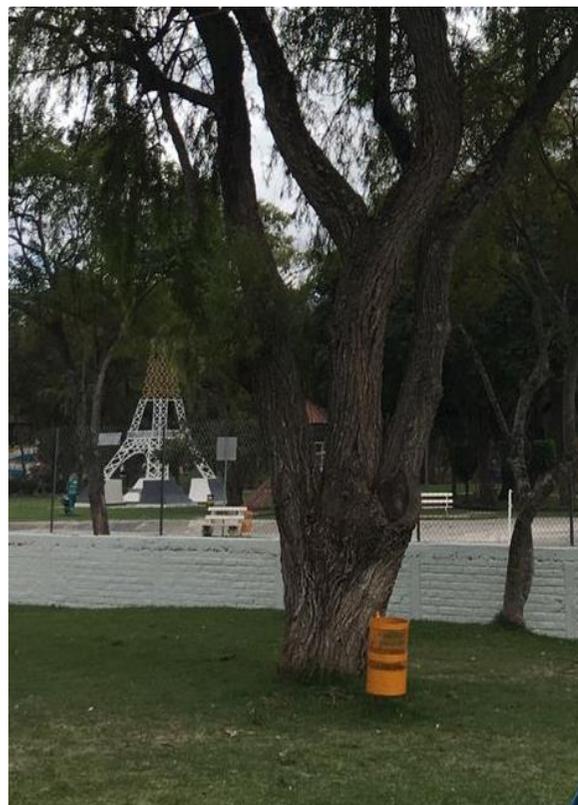
Dentro del proyecto 17-DI-FARNR-2021 “Dinámica de crecimiento y servicios ecosistémicos del arbolado urbano de la ciudad de Loja”, se realizó un levantamiento fotogramétrico con dron para observar la distribución especial de los árboles de la ciudad.

**Anexo 4.** Distribución espacial de las especies del arbolado urbano Loja, Ecuador.

Fuente: Elaboración propia a partir de cartografía Municipio de Loja.



**Anexo 5.** Descripción de las especies más abundantes del arbolado urbano de la ciudad de Loja, Ecuador.



**EXÓTICO**

***Salix humboldtiana* Willd.**

(Sauce criollo, sauce colorado, sauce amargo)

# *Salix humboldtiana* Willd.

(Sauce criollo, sauce colorado, sauce amargo)

**Taxonomía** (The Plant List, 2010; Tropicos, 2016; Catálogo Biodiversidad, 2016)

Clase: Equisetopsida

Subclase: Magnoliidae

Superorden: Rosanae

Orden: Malpighiales

Familia: Salicaceae

Género: Salix

**Breve descripción botánica Distribución:** <https://www.tropicos.org/name/28300168>

Árbol caducifolio dioico, alcanzando hasta 25 metros de altura. Su follaje caduco es verde claro, con ramillas colgantes. Las hojas son simples, alternas, linear lanceoladas, aserradas, glabras, de ápice agudo, base cuneada de 6 a 12 cm de largo. Posee una copa irregular, con una corteza gruesa, muy rugosa, Sus Ramas principales ascendentes, erectas o inclinadas en la vertical. Sus flores aperiartadas, están en amentos; masculinos de 7 cm de largo, amarillentos; femeninos verdes, de 3 a 4 cm de largo. Su fruto es una cápsula marrón claro, con muchas semillas algodonosas en su interior (Hauenstein *et al.*, 2005).

## **Distribución**

Sudamérica y en Chile se distribuye desde la región de Arica y Parinacota hasta la región de La Araucanía, específicamente hasta la provincia de Malleco

## **Usos comunes**

Ornamental en calles y parques, La madera se usa localmente para leña y carbón. Corteza se emplea en medicina casera para combatir las fiebres y el reumatismo contienen salicilatos que son la base para la preparación de las aspirinas y los disolventes del ácido úrico (Vazquez *et al.*, 2009).

## **Rasgos de resistencia al cambio climático**

Es una especie intolerante a la sombra, de rápido crecimiento, que resiste ambientes con inundaciones y sedimentación (Hauenstein *et al.*, 2005).





**EXÓTICO**  
*Jacaranda mimosifolia* D. Don.

(Jacaranda)

# *Jacaranda mimosifolia* D. Don.

(Jacaranda)

**Taxonomía** (The Plant List, 2010; Tropicos, 2016; Catálogo Biodiversidad, 2016)

Clase: Equisetopsida

Subclase: Magnoliidae

Superorden: Asteranae

Orden: Lamiales

Familia: Bignoniaceae

Género: Jacaranda



**Breve descripción botánica Distribución:** <https://www.tropicos.org/name/3700578>

Árbol caducifolio de 8 a 10 m de altura y entre 40 a 70 cm de diámetro, con copa ancha, con ramas largas y fuste recto y cilíndrico. La corteza externa es de color castaño claro, semi-áspera, que se desprende en escamas rectangulares mientras que la interna es delgada y de un color dorado amarillento. Las hojas son compuestas, bipinnadas, de 50 a 60 cm de largo. Las flores son azules o lila, de 5 cm de largo, en racimos al extremo de las ramas, hasta de 25 cm de largo y cubren todo el árbol. El fruto es una cápsula leñosa, pardo oscuro, de 6 cm, dehiscente, plano, en forma de castañuela, con gran cantidad de semillas pequeñas (Salazar *et al.*, 2000).

## **Distribución**

Noreste de Argentina, Bolivia y Paraguay. Introducida en América tropical y subtropical como árbol ornamental

## **Usos comunes**

Ornamental, desparasitante.

## **Rasgos de resistencia al cambio climático**

Es moderadamente resistente a las sequías (Salazar *et al.*, 2000).



**NATIVO**  
*Alnus acuminata* Kunth.

(Aliso, aliso andino)

# *Alnus acuminata* Kunth.

(Aliso, aliso andino)

**Taxonomía** (The Plant List, 2010; Tropicos, 2016; Catálogo Biodiversidad, 2016)

Clase: Equisetopsida

Subclase: Magnoliidae

Superorden: Rosanae

Orden: Fagales

Familia: Betulaceae

Género: *Alnus*



**Breve descripción botánica Distribución:** <https://www.tropicos.org/name/3600081>

Árbol que puede llegar a medir hasta 30 m de altura, corteza gris con presencia de lenticelas, raíces con nódulo. Hojas simples, alternas y con presencia de estípulas, venación craspedódroma y margen aserrado. Inflorescencias femeninas en pequeños amentos, las masculinas son de mayor tamaño, flores de color cremoso o café. Frutos dehiscentes agrupados en infrutescencias tipo estróbilo. Madera de color castaño considerada como liviana. Puede ser considerada como una especie promisoriosa debido a la cantidad de usos que tiene, dentro de los cuales se destaca su potencial para ser implementada en proyectos de restauración de suelos y sistemas silvopastoriles (Sánchez *et al.*, 2010).

## **Distribución**

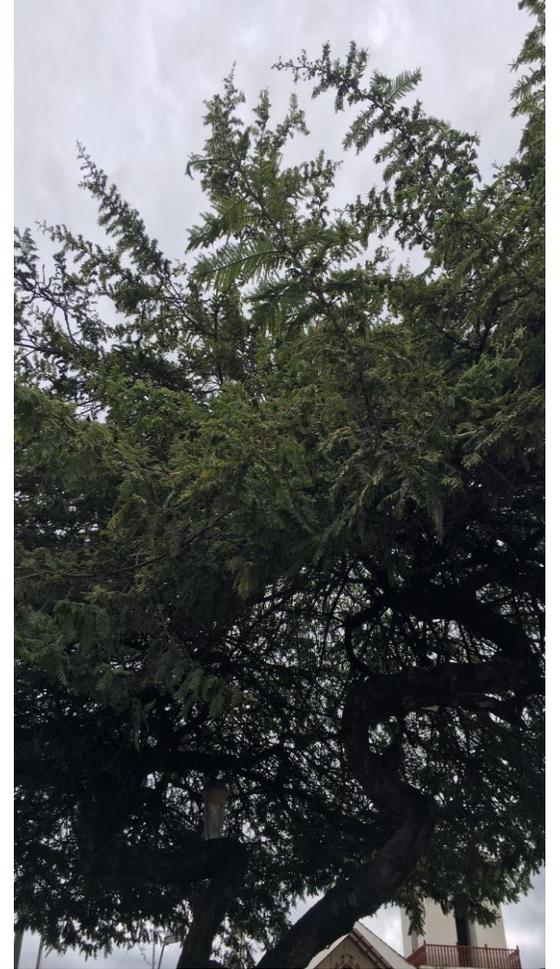
Centroamérica y Sudamérica desde México, hasta Argentina, a nivel nacional crece entre los 1500 a 2800 msnm en departamentos como Boyacá, Cauca, Cundinamarca, Santander, Nariño, Quindío, entre otros.

## **Usos comunes**

Madera, Restauración de suelos, Medicinal (fiebre, hemorragia y reumatismo).

## **Rasgos de resistencia al cambio climático**

En su desarrollo inicial es muy susceptible a daños por vientos, esta especie no tolera suelos pesados, pantanosos o que presenten inundaciones parciales (Sánchez *et al.*, 2010).



**EXÓTICO**  
*Vachellia macracantha* Willd.

(Faique)

# *Vachellia macracantha* Willd.

(Faique)

**Taxonomía** (The Plant List, 2010; Tropicos, 2016; Catálogo Biodiversidad, 2016)

Clase: Equisetopsida

Subclase: Magnoliidae

Superorden: Rosanae

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: Acacia



**Breve descripción botánica Distribución:** <https://www.tropicos.org/name/13004152>

Árbol de entre 6-12 m de altura y 20 cm de DAP. Fuste delgado, muy ramificado, tortuoso, ocasionalmente recto. Copa horizontal, aparasolada, con las ramas y ramitas espinosas. Corteza marrón con manchas blancas irregulares. Hojas compuestas, alternas, bipinnadas hasta 15 cm de longitud, foliolos sésiles de forma oblonga, dispuestas helicoidalmente y con estípulas. Flores amarillo dorado, fragantes, filetes de estambres coloreados a manera de borla reunidos en capítulos densos y globosos, se insertan de uno a cinco en la base de las hojas. Fruto una legumbre aplanada un tanto curva, mide de 5-6 cm de longitud por 1 cm de ancho, café-rojizo (madura). Semillas café oscuro (Granda & Guamán, 2006).

## **Distribución**

Especie de amplia distribución, en las provincias de Loja, Azuay, Chimborazo, Cotopaxi, Pichincha, El Oro, Guayas y Manabí (Jorgensen & León, 1999).

## **Usos comunes**

La madera fabricar parquet, carbón, leña, postes. Las flores se toman en infusión para afecciones cardiacas, hepáticos y en lavados para cicatrizar heridas. Frutos sirven de alimento para el ganado caprino y vacuno. Especie excelente para SAF (Granda & Guamán, 2006).

## **Rasgos de resistencia al cambio climático**

Es moderadamente resistente a las sequías (Perea, 2008).



**EXÓTICO**  
*Fraxinus chinensis* Roxb.

(Fresno, urapán)

# *Fraxinus chinensis* Roxb.

(Fresno, urapán)

**Taxonomía** (The Plant List, 2010; Tropicos, 2016; Catálogo Biodiversidad, 2016)

Clase: Equisetopsida

Subclase: Magnoliidae

Superorden: Asteranae

Orden: Lamiales

Familia: Oleaceae

Género: *Fraxinus*

**Breve descripción botánica Distribución:** <https://www.tropicos.org/name/23000263>

Árbol 20 metros de altura de crecimiento rápido. Es una especie dióica, follaje caducifolio, denso, de color verde claro. Distribución uniforme, de copa ovoide, con hojas compuestas, opuestas, peninervadas, coriáceas, borde entero, sin pubescencia y estípulas. Raíz superficial a profunda, con estructura pivotante, muy abundante y fuerte. Su tronco es cilíndrico, corteza exterior estriada y grisásea, Su sistema radicular por ser tan fuerte y superficial afecta mucho los andenes y las vías. Distancia mínima de siembra a construcciones civiles es de 15 a 20 metros (Wallander, 2008).

## **Distribución**

Es una especie que tiene origen en el continente asiático, donde se distribuye ampliamente al oriente del mismo (Bisby *et al.*, 2012).

## **Usos comunes**

Con la madera se elaboran cabos de herramientas y diversas artesanías. También es usada en carpintería, como leña o como planta ornamental, plantada en parques, jardines y avenidas.

## **Rasgos de resistencia al cambio climático**

Resiste moderadamente bien a la contaminación en las ciudades resistencia al dióxido de azufre, el humo y el polvo (Wallander, 2008)





**NATIVO**  
*Schinus molle L.*

(Molle, falso pimientero, aguaribai, aymera)

# *Schinus molle* L.

(Molle, falso pimentero, aguaribai, aymera)

**Taxonomía** (The Plant List, 2010; Tropicos, 2016; Catálogo Biodiversidad, 2016)

Clase: Equisetopsida

Subclase: Magnoliidae

Superorden: Rosanae

Orden: Sapindales

Familia: Anacardiaceae

Género: Schinus



**Breve descripción botánica Distribución:** <https://www.tropicos.org/name/1300267>

Árbol de 8-10 m de altura y 15 cm de DAP. Fuste muy retorcido. Corteza muy fisurada, café-oscuro, con presencia de bultos resinosos. Copa regular oblonga. Hojas compuestas, alternas, folíolos alargados lustrosos y carnosos. Flores vistosas, tienen tres etapas: muy jóvenes son verdes, juveniles son blanquecinas y viejas son rosado claro; están agrupadas en un racimo terminal. Fruto es una drupa carnosa, rojizo a púrpura, agrupadas en infrutescencias grandes de hasta 30 cm, cada fruto contiene una sola semilla negra similar a la pimienta (Motto, 2005).

## **Distribución**

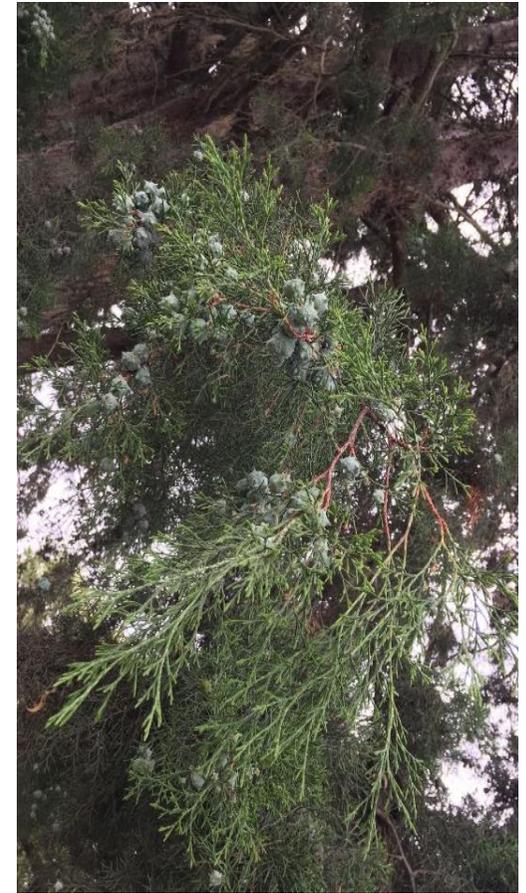
Especie que crece entre 0-3 000 msnm, en bosque natural o intervenido; en las provincias de Loja, Azuay, Chimborazo, Tungurahua, Cotopaxi, Pichincha (Jorgensen & León, 1999).

## **Usos comunes**

La madera es utilizada para leña, postes, construcciones y cercas muertas. Las hojas, flores y frutos son forrajeras. Las hojas y cogollos en infusión combate el resfriado y reumatismo, las hojas se machacan y se usa como emplastos en hinchazones, fracturas y golpes (Motto, 2005)

## **Rasgos de resistencia al cambio climático**

Desarrollan una variedad de mecanismos de resistencia y tolerar la toxicidad de los metales pesados en los suelos (Rondón *et al.*, 2021).



**EXÓTICO**

*Cupressus macrocarpa* Hartw.

(Ciprés Monterrey, Ciprés de California)

# *Cupressus macrocarpa* Hartw.

(Ciprés Monterrey, Ciprés de California)

**Taxonomía** (The Plant List, 2010; Tropicos, 2016; Catálogo Biodiversidad, 2016)

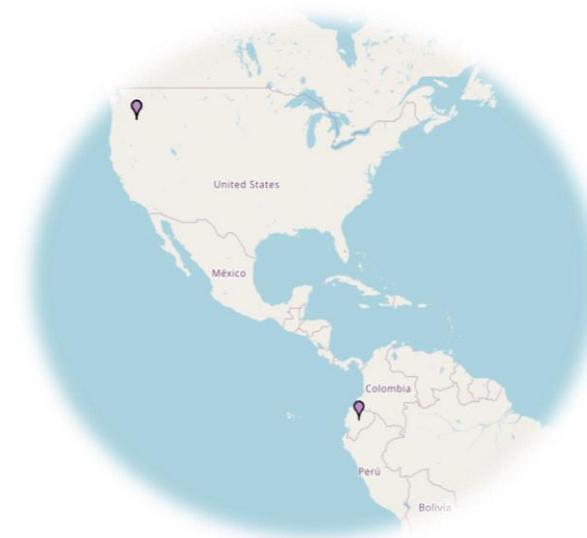
Clase: Pinopsida

Subclase: Pinidae.

Orden: Cupressales

Familia: Cupressaceae

Género: Cupressus



**Breve descripción botánica Distribución:** <https://www.tropicos.org/name/9400259>

Árbol convertirse en uno de los cipreses más grandes, alcanzando 36 m de alto, con un diámetro de tronco de 2.4 m. Cuando se siembra en una arboleda forma un tronco alto y recto, pero en lugar abierto con buena tierra se ramifica desde abajo con enormes ramas extendidas formando una copa ancha y densa de un verde oscuro con una silleta más bien puntiaguda. De cerca el follaje es bastante áspero y tiene un olor algo acre cuando se estruja. Las piñas son grandes y arrugadas (Burnie *et al.*, 2006).

## **Distribución**

Originario de la costa de California (Estados Unidos) (Burnie *et al.*, 2006). Esta especie crece en Norte América, República Dominicana, Puerto Rico, Bolivia, Colombia, Ecuador, Francia, Gran Bretaña e Italia (Tropicos 2008).

## **Usos comunes**

Esta especie es ornamental, usos medicinales, madera (Burnie *et al.*, 2006).

## **Rasgos de resistencia al cambio climático**

Necesita agua promedio, agua regularmente pero sin acumulación de agua (Perea, 2008).



**EXÓTICO**  
*Callistemon lanceolatus* Sweet.

(Cepillo chino, escobillón rojo)

# *Callistemon lanceolatus* Sweet.

(Cepillo chino, escobillón rojo)

**Taxonomía** (The Plant List, 2010; Tropicos, 2016; Catálogo Biodiversidad, 2016)

Clase: Equisetopsida

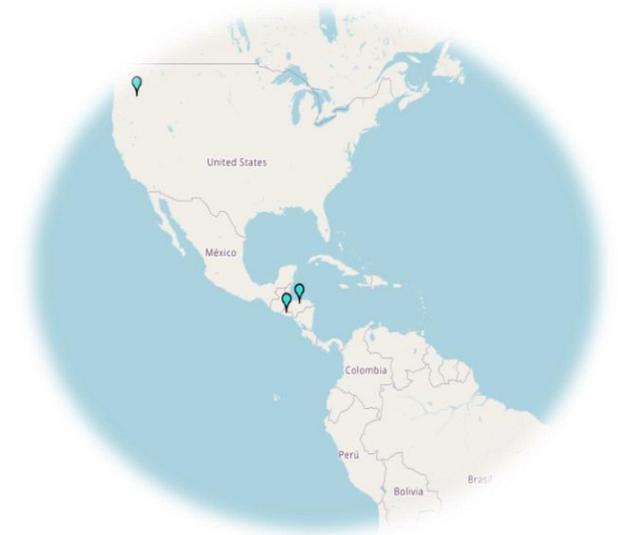
Subclase: Magnoliidae

Superorden: Rosanae

Orden: Myrtales

Familia: Myrtaceae

Género: Callistemon



**Breve descripción botánica Distribución:** <https://www.tropicos.org/name/22101800>

Árbol porte erguido que alcanza los 10-15 m de altura en su hábitat nativo. Suele cultivarse como espécimen o seto en climas sin heladas. Las flores presentan numerosos estambres tupidos de color rojo brillante en espigas redondeadas o cilíndricas (de hasta 10 cm de largo) que recuerdan a los arbustos de botella. Las flores florecen de forma intermitente a lo largo del año en zonas sin heladas, pero más típicamente en verano en climas más fríos como el de San Luis. Las flores son atractivas para las abejas. Las hojas, de forma lanceolada a elípticas estrechas (hasta 7,5 cm de largo), son de color cobrizo antes de madurar a verde medio. Las hojas tienen un aroma a limón cuando se machacan (Chacalo y Corona, 2009).

## **Distribución**

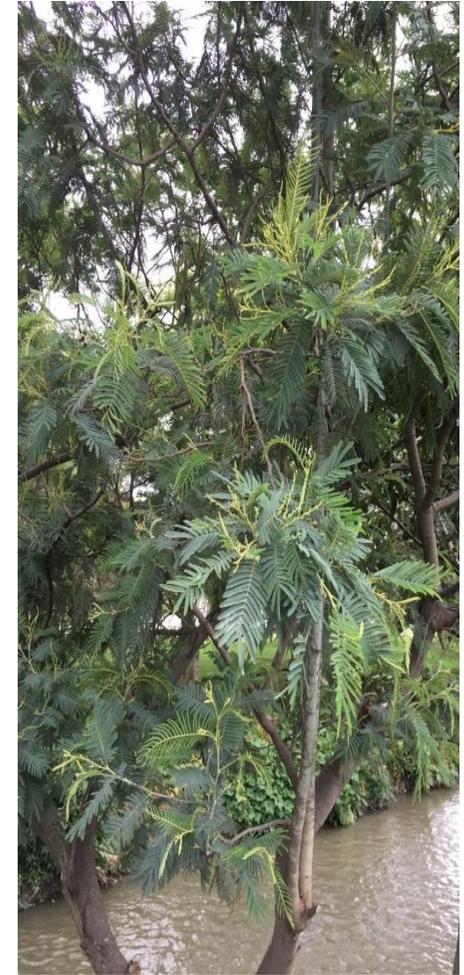
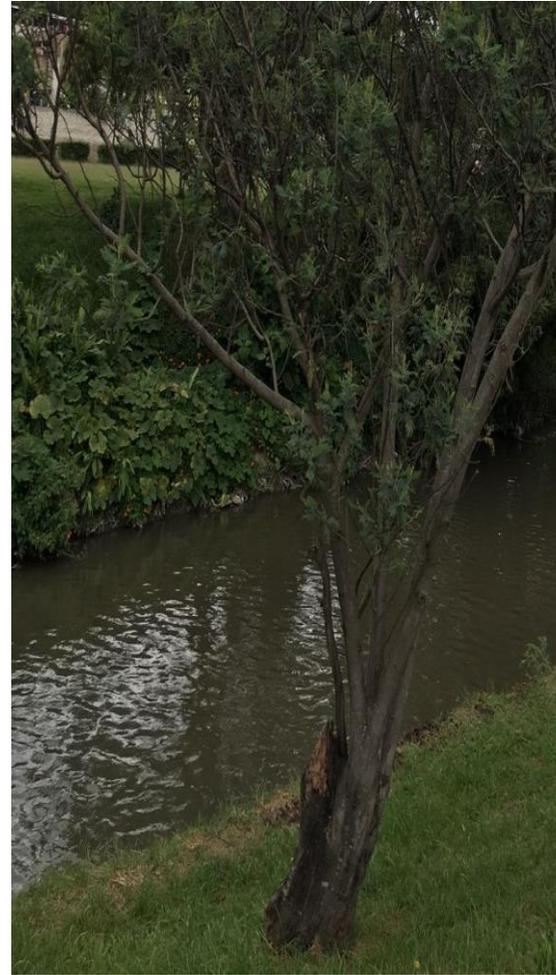
Especie originaria del sureste de Australia, ha logrado introducirse en India y Estados Unidos (Puerto Rico y Louisiana).

## **Usos comunes**

Es una especie medicinal y antibacterial o como ornamental; A trae a diversos polinizadores, especialmente al colibrí (Chacalo y Corona, 2009; PIER, 2005).

## **Rasgos de resistencia al cambio climático**

Es muy tolerante a la sequía una vez establecido, tolera cualquier tipo de suelo (Perea, 2008).



**EXÓTICO**

***Acacia melanoxylon* R. Br.**

(Acacia negra, acacia de filodios, acacia de leño negro)

# *Acacia melanoxylon* R. Br.

(Acacia negra, acacia de filodios, acacia de leño negro)

**Taxonomía** (The Plant List, 2010; Tropicos, 2016; Catálogo Biodiversidad, 2016)

Clase: Equisetopsida

Subclase: Magnoliidae

Superorden: Rosanae

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: Acacia



**Breve descripción botánica Distribución:** <https://www.tropicos.org/name/13024220>

Árbol de tronco derecho y copa globosa, que alcanza 20 m de altura. El aroma australiano tiene dos tipos de hojas. Las de ramas nuevas son compuestas, de folíolos pequeños. Luego son reemplazadas por filodios lanceolados, simples, enteros, con un borde recto, y el opuesto algo curvo, de 6-9 cm de largo, coriáceos, con varios nervios longitudinales paralelos. Flores globosas, de tono amarillo pálido, reunidas en racimos cortos, de 3-5 cabezuelas pedunculadas. Frutos legumbres alargadas y angostas, torcidas y retorcidas, de color café-rojizo, que al abrirse muestra pequeñas semillas de color negro brillante, rodeadas por una base seminal de tono rosado fuerte (Hoffmann, 1983).

## **Distribución**

Originaria de Australia que ha sido introducida en diferentes zonas de Colombia.

## **Usos comunes**

Se destacan sus usos como ornamental, cerca viva, recuperación de suelos, construcción y carpintería (Hoffmann, 1983).

## **Rasgos de resistencia al cambio climático**

Es moderadamente resistente a las sequías (Perea, 2008).



**EXÓTICO**  
*Washingtonia robusta* H.Wendl.

(Palma abanico)

# *Washingtonia robusta* H.Wendl.

(Palma abanico)

**Taxonomía** (The Plant List, 2010; Tropicos, 2016; Catálogo Biodiversidad, 2016)

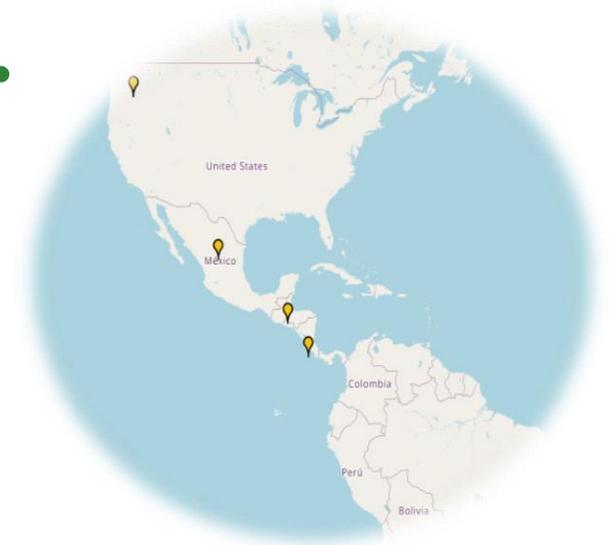
Clase: Equisetopsida

Subclase: Magnoliidae

Orden: Arecales

Familia: Arecaceae

Género: *Washingtonia*



**Breve descripción botánica Distribución:** <https://www.tropicos.org/name/2400869>

Es una palmera con tronco robusto, esbelto y simple de hasta 35 metros de altura, engrosado en la base, revestido por los restos de las hojas ya secas que forman una característica “corteza” que desaparece con el tiempo. Presenta hojas en abanico, con hilos blancos y largos, con pecíolos largos de bordes espinosos. Inflorescencia en la base de las hojas inferiores, ramificada y pendiente. Frutos esféricos, numerosos, de color negro de 0.5 cm de diámetro (Mena et al., 2019).

## **Distribución**

Originaria del sur de la península de Baja California, México, en donde crece en abundancia en cañadas y cañones con agua corriente, aunque de manera esporádica se encuentra también en la mitad de la misma península y algunos sitios de Sonora (Mena et al., 2019).

## **Usos comunes**

Se cultiva normalmente como palmera ornamental en parques y jardines (Aguilera, 2001).

## **Rasgos de resistencia al cambio climático**

Tolera muy bien el trasplante y la falta de agua, así como suelos pobres (Aguilera, 2001).

**Anexo 6.** Lista de especies del arbolado urbano de la ciudad de Loja, Ecuador según: origen biogeográfico exótico y nativo.

N	Nombre científico	Nombre común	Familia	Origen biogeográfico	Hábito de crecimiento	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Fuente
1	<i>Acacia aulacophylla</i> R.S.Cowan & Maslin.	Acacia	Fabaceae	Exótico	Árbol	0,67	Global Wood Density
2	<i>Acacia baileyana</i> F. Muell.	Acacia morada	Fabaceae	Exótico	Árbol	0,67	Global Wood Density
3	<i>Acacia dealbata</i> A. Cunn.	Acacia blanca	Fabaceae	Exótico	Árbol	0,57	Global Wood Density
4	<i>Acacia mearnsii</i> De Wild.	Acacia australiana	Fabaceae	Exótico	Árbol	0,67	Global Wood Density
5	<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.	Acacia negra	Fabaceae	Exótico	Árbol	0,57	Global Wood Density
6	<i>Acacia retinoides</i> Schltr.	Acacia verde	Fabaceae	Exótico	Árbol	0,67	Global Wood Density
7	<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schltldl.	Tomate de árbol	Solanaceae	Nativo	Arbusto	0,57	Global Wood Density
8	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	Betulaceae	Nativo	Árbol	0,42	Cartuche,K.2022.
9	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardo	Anacardiaceae	Nativo	Árbol	0,54	Global Wood Density
10	<i>Annona cherimola</i> Mill.	Chirimoya	Annonaceae	Nativo	Árbol	0,69	Cartuche,K.2022.
11	<i>Araucaria columnaris</i> (G.Forst.) Hook.	Araucaria	Araucariaceae	Exótico	Árbol	0,54	Global Wood Density
12	<i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze.	Guarango	Fabaceae	Nativo	Árbol	0,88	Global Wood Density
13	<i>Callistemon lanceolatus</i> (Sm.) Sweet.	Cepillo chino	Myrtaceae	Exótico	Árbol	0,80	Global Wood Density
14	<i>Callistemon salignus</i> (Sm.) Colv. ex Sweet	Brazalete	Myrtaceae	Exótico	Árbol	0,42	Global Wood Density
15	<i>Castilla elastica</i> Cerv.	Caucho ornamental	Moraceae	Exótico	Árbol	0,31	Global Wood Density
16	<i>Casuarina equisetifolia</i> J.R. Forst. & G. Forst.	Casuarina	Casuarinaceae	Exótico	Árbol	0,91	Global Wood Density
17	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	Cedro blanco	Meliaceae	Nativo	Árbol	0,48	Cartuche,K.2022.
18	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro colorado	Meliaceae	Nativo	Árbol	0,49	Cartuche,K.2022.
19	<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	Ceibo	Malvaceae	Nativo	Árbol	0,32	Global Wood Density
20	<i>Chionanthus pubescens</i> Kunth.	Arupo	Oleaceae	Nativo	Árbol	0,86	Global Wood Density
21	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck.	Naranja	Rutaceae	Exótico	Árbol	0,78	Global Wood Density
22	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	Ciprés Monterrey	Cupressaceae	Exótico	Árbol	0,39	Global Wood Density
23	<i>Cupressus sempervirens</i> L.	Ciprés	Cupressaceae	Exótico	Árbol	0,67	Global Wood Density
24	<i>Delostoma integrifolium</i> D.Don	Guaylo	Bignoniaceae	Exótico	Árbol	0,50	Global Wood Density
25	<i>Dovyalis hebecarpa</i> (Gardner) Warb.	Quetembila	Flacourtiaceae	Exótico	Arbusto	0,54	Global Wood Density
26	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	Níspero	Rosaceae	Exótico	Árbol	0,88	Global Wood Density

N	Nombre científico	Nombre común	Familia	Origen biogeográfico	Hábito de crecimiento	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Fuente
27	<i>Erythrina edulis</i> Pos.-Arang.	Guato	Fabaceae	Nativo	Árbol	0,22	Global Wood Density
28	<i>Erythrina smithiana</i> Krukoff.	Porotillo	Fabaceae	Nativo	Árbol	0,27	Global Wood Density
29	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto blanco	Myrtaceae	Exótico	Árbol	1,06	Cartuche,K.2022.
30	<i>Eucalyptus saligna</i> Sm.	Eucalipto	Myrtaceae	Exótico	Árbol	0,74	Global Wood Density
31	<i>Eucalyptus</i> sp.	Eucalipto	Myrtaceae	Exótico	Árbol	0,74	Global Wood Density
32	<i>Euphorbia cotinifolia</i> L.	Lechero	Euphorbiaceae	Nativo	Árbol	0,47	Global Wood Density
33	<i>Ficus benjamina</i> Willd.	Ficus	Moraceae	Exótico	Árbol	0,46	Global Wood Density
34	<i>Ficus microcarpa</i> L. f.	Laurel de indias	Moraceae	Exótico	Árbol	0,30	Global Wood Density
35	<i>Ficus</i> sp.	Ficus	Moraceae	Exótico	Árbol	0,30	Global Wood Density
36	<i>Fraxinus americana</i> L.	Fresno blanco	Oleaceae	Exótico	Árbol	0,55	Global Wood Density
37	<i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.	Fresno Acacia de tres	Oleaceae	Exótico	Árbol	0,55	Global Wood Density
38	<i>Gleditsia triacanthos</i> L.	espinas	Fabaceae	Exótico	Árbol	0,57	Global Wood Density
39	<i>Grevillea robusta</i> A.Cunn. ex R.Br.	Grevillea	Proteaceae	Exótico	Árbol	0,60	Global Wood Density
40	<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose.	Guayacán	Bignoniaceae	Nativo	Árbol	0,88	Cartuche,K.2022.
41	<i>Heliocarpus americanus</i> L.	Balsilla	Malvaceae	Exótico	Árbol	0,22	Global Wood Density
42	<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (DC.) Lindl.	Quique	Rosaceae	Nativo	Árbol	0,75	Global Wood Density
43	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.	Flor de rey	Malvaceae	Exótico	Arbusto	0,22	Global Wood Density
44	<i>Indigofera</i> sp.	Indigo	Fabaceae	Exótico	Árbol	0,34	Global Wood Density
45	<i>Inga edulis</i> Mart.	Guaba	Fabaceae	Nativo	Árbol	0,59	Global Wood Density
46	<i>Inga insignis</i> Kunth.	Guabo	Fabaceae	Nativo	Árbol	0,59	Global Wood Density
47	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don.	Arabisco	Bignoniaceae	Nativo	Árbol	0,53	Cartuche,K.2022.
48	<i>Juglans neotropica</i> Diels.	Nogal	Juglandaceae	Nativo	Árbol	0,51	Cartuche,K.2022.
49	<i>Lafoensia acuminata</i> (Ruiz & Pav.) DC.	Guararo	Lythraceae	Nativo	Árbol	0,72	Global Wood Density
50	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	Leucaena	Fabaceae	Exótico	Árbol	0,68	Global Wood Density
51	<i>Magnolia grandiflora</i> L.	Magnolia	Magnoliaceae	Exótico	Árbol	0,43	Global Wood Density
52	<i>Morus alba</i> L.	Morera	Moraceae	Exótico	Árbol	0,60	Global Wood Density

N	Nombre científico	Nombre común	Familia	Origen biogeográfico	Hábito de crecimiento	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Fuente
53	<i>Muntingia calabura</i> L.	Capuli	Muntingiaceae	Exótico	Árbol	0,30	Global Wood Density
54	<i>Myrcia</i> sp.	Jabuticaba	Myrtaceae	Exótico	Árbol	0,43	Global Wood Density
55	<i>Myrcianthes hallii</i> (O.Berg) McVaugh.	Arrayán	Myrtaceae	Nativo	Árbol	0,64	Global Wood Density
56	<i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Kunth) McVaugh.	Arrayán negro	Myrtaceae	Nativo	Árbol	0,64	Global Wood Density
57	<i>Ocotea</i> sp.	Ocotea	Lauraceae	Exótico	Árbol	0,61	Global Wood Density
58	<i>Oreopanax ecuadorensis</i> Seem.	Pumamaqui	Araliaceae	Nativo	Árbol	0,64	Global Wood Density
59	<i>Oreopanax rosei</i> Harms.	Oreopanax	Araliaceae	Nativo	Árbol	0,62	Global Wood Density
60	<i>Parajubaea cocoides</i> Burret.	Coco negro	Arecaceae	Exótico	Palma	0,55	Global Wood Density
61	<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate	Lauraceae	Exótico	Árbol	0,38	Cartuche,K.2022.
62	<i>Phoenix canariensis</i> Chabaud.	Palma fénix	Arecaceae	Exótico	Palma	0,59	Global Wood Density
63	<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	Pino pátula	Pinaceae	Exótico	Árbol	0,50	Cartuche,K.2022.
64	<i>Pinus radiata</i> D.Don.	Pino	Pinaceae	Exótico	Árbol	0,42	Global Wood Density
65	<i>Platanus occidentalis</i> Hook. & Arn.	Sicomoro	Platanaceae	Exótico	Árbol	0,54	Global Wood Density
66	<i>Podocarpus oleifolius</i> D.Don.	Romerillo	Podocarpaceae	Nativo	Árbol	0,70	Global Wood Density
67	<i>Podocarpus sprucei</i> Parl.	Podocarpus	Podocarpaceae	Nativo	Árbol	0,45	Global Wood Density
68	<i>Populus nigra</i> L.	Álamo negro	Salicaceae	Exótico	Árbol	0,61	Global Wood Density
69	<i>Pouteria lucuma</i> (Ruiz & Pav.) Kuntze.	Luma	Sapotaceae	Exótico	Árbol	0,77	Global Wood Density
70	<i>Prosopis</i> sp.	Prosopis	Fabaceae	Exótico	Árbol	0,75	Global Wood Density
71	<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch.	Durazno	Rosaceae	Nativo	Árbol	0,54	Global Wood Density
72	<i>Prunus salicifolia</i> Kunth.	Capulín	Rosaceae	Nativo	Árbol	0,55	Global Wood Density
73	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	Cerezo criollo	Rosaceae	Nativo	Árbol	0,83	Cartuche,K.2022.
74	<i>Psidium guajava</i> L.	Guayaba	Myrtaceae	Nativo	Árbol	0,71	Global Wood Density
75	<i>Salix alba</i> L.	Sauce blanco	Salicaceae	Exótico	Árbol	0,44	Global Wood Density
76	<i>Salix babylonica</i> L.	Sauce llorón	Salicaceae	Exótico	Árbol	0,42	Cartuche,K.2022.
77	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Sauce común	Salicaceae	Exótico	Árbol	0,42	Cartuche,K.2022.
78	<i>Sambucus nigra</i> L.	Sauco	Adoxaceae	Exótico	Árbol	0,63	Global Wood Density
79	<i>Sapindus saponaria</i> L.	Chereco	Sapindaceae	Nativo	Árbol	0,67	Global Wood Density

N	Nombre científico	Nombre común	Familia	Origen biogeográfico	Hábito de crecimiento	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Fuente
80	<i>Schinus molle</i> L.	Molle	Anacardiaceae	Nativo	Árbol	0,65	Global Wood Density
81	<i>Senna canescens</i> (Humb. & Bonpl. ex. Willd.)	Llin-Llin	Fabaceae	Exótico	Arbusto	0,62	Global Wood Density
82	<i>Sequoia sempervirens</i> (D.Don) Endl.	Secuoya	Cupressaceae	Exótico	Árbol	0,38	Global Wood Density
83	<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	Fona de porca	Solanaceae	Exótico	Arbusto	0,50	Global Wood Density
84	<i>Spathodea campanulata</i> P.Beauv.	Tulipán	Bignoniaceae	Exótico	Árbol	0,47	Global Wood Density
85	<i>Styrax subargenteus</i> Sleumer.	Sanguilamo	Styracaceae	Exótico	Árbol	0,59	Cartuche,K.2022.
86	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston.	Poma rosa	Myrtaceae	Exótico	Árbol	0,85	Global Wood Density
87	<i>Syzygium paniculatum</i> Gaertn.	Cereza Magenta	Myrtaceae	Nativo	Árbol	0,70	Global Wood Density
88	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth. <i>Vachellia macracantha</i> Humb. & Bonpl. ex	Lame negro	Bignoniaceae	Nativo	Árbol	0,47	Global Wood Density
89	Willd.	Faique	Fabaceae	Exótico	Árbol	0,81	Cartuche,K.2022.
90	<i>Washingtonia robusta</i> H.Wendl.	Palma abanico	Arecaceae	Exótico	Palma	0,55	Global Wood Density
91	<i>Yucca guatemalensis</i> Baker.	Flor de novia	Asparagaceae	Exótico	Arbusto	0,24	Global Wood Density

**Anexo 7.** Cálculo de índices de diversidad del total de las especies en el arbolado urbano de la ciudad de Loja.

**Índice de Margalef (DMg)**

<b>Índice de Margalef (DMg)</b>	
<b>Parques (Recinto Ambiental Urbano)</b>	
Número total de especies	82
Menos 1	-1
Subtotal	81
Ln del total de individuos	8,14
Subtotal/ Ln del total de individuos	9,95
<b>Avenidas (Vecindario Verde Exclusivo)</b>	
Número total de especies	51
Menos 1	-1
Subtotal	50
Ln del total de individuos	7,50
Subtotal/ Ln del total de individuos	6,66

\*IM: Índice de Margalef (DMg); RAU: Recinto Ambiental Urbano; VVI: Vecindario verde inclusivo.

**Índice de Simpson ( $\delta$ )**

<b>Índice de Simpson (<math>\delta</math>)</b>				
<b>Parques (Recinto Ambiental Urbano)</b>				
N.º	Nombre Científico	Aa	Ar	Ar2
1	<i>Acacia baileyana</i> F. Muell.	5	0,00145	0,0000021
2	<i>Acacia dealbata</i> A. Cunn.	18	0,00523	0,0000274
3	<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.	96	0,02791	0,0007788
4	<i>Acacia retinoides</i> Schltr.	5	0,00145	0,0000021
5	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	297	0,08634	0,0074541
6	<i>Anacardium occidentale</i> L.	1	0,00029	0,0000001
7	<i>Annona cherimola</i> Mill.	10	0,00291	0,0000085
8	<i>Araucaria columnaris</i> (G.Forst.) Hook.	1	0,00029	0,0000001
9	<i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze.	7	0,00203	0,0000041
10	<i>Callistemon lanceolatus</i> (Sm.) Sweet.	196	0,05698	0,0032463
11	<i>Callistemon salignus</i> Sm.	8	0,00233	0,0000054
12	<i>Casuarina equisetifolia</i> J.R. Forst. & G. Forst.	18	0,00523	0,0000274
13	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	98	0,02849	0,0008116
14	<i>Cedrela odorata</i> L.	23	0,00669	0,0000447
15	<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	21	0,00610	0,0000373
16	<i>Chionanthus pubescens</i> Kunth.	28	0,00814	0,0000663
17	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck.	6	0,00174	0,0000030
18	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	266	0,07733	0,0059792
19	<i>Cupressus sempervirens</i> L.	5	0,00145	0,0000021

N.º	Nombre Científico	Aa	Ar	Ar2
20	<i>Delostoma integrifolium</i> D.Don.	5	0,00145	0,0000021
21	<i>Dovyalis hebecarpa</i> (Gardner) Warb.	3	0,00087	0,0000008
22	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	31	0,00901	0,0000812
23	<i>Erythrina edulis</i> Pos.-Arang.	16	0,00465	0,0000216
24	<i>Erythrina smithiana</i> Krukoff.	1	0,00029	0,0000001
25	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	45	0,01308	0,0001711
26	<i>Eucalyptus saligna</i> Sm.	39	0,01134	0,0001285
27	<i>Euphorbia cotinifolia</i> L.	5	0,00145	0,0000021
28	<i>Ficus benjamina</i> Willd.	5	0,00145	0,0000021
29	<i>Ficus microcarpa</i> L. f.	1	0,00029	0,0000001
30	<i>Ficus</i> sp.	1	0,00029	0,0000001
31	<i>Fraxinus americana</i> L.	23	0,00669	0,0000447
32	<i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.	132	0,03837	0,0014724
33	<i>Gleditsia triacanthos</i> L.	2	0,00058	0,0000003
34	<i>Grevillea robusta</i> A.Cunn. ex R.Br.	18	0,00523	0,0000274
35	<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose.	7	0,00203	0,0000041
36	<i>Indigofera</i> sp.	1	0,00029	0,0000001
37	<i>Inga edulis</i> Mart.	11	0,00320	0,0000102
38	<i>Inga insignis</i> Kunth.	1	0,00029	0,0000001
39	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don.	225	0,06541	0,0042781
40	<i>Juglans neotropica</i> Diels.	10	0,00291	0,0000085
41	<i>Lafoensia acuminata</i> (Ruiz & Pav.) DC.	60	0,01744	0,0003042
42	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	59	0,01715	0,0002942
43	<i>Magnolia grandiflora</i> L.	27	0,00785	0,0000616
44	<i>Morus alba</i> L.	40	0,01163	0,0001352
45	<i>Muntingia calabura</i> L.	5	0,00145	0,0000021
46	<i>Myrcia</i> sp.	1	0,00029	0,0000001
47	<i>Myrcianthes hallii</i> (O.Berg) McVaugh.	8	0,00233	0,0000054
48	<i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Kunth) McVaugh.	3	0,00087	0,0000008
49	<i>Ocotea</i> sp.	1	0,00029	0,0000001
50	<i>Oreopanax ecuadorensis</i> Seem.	1	0,00029	0,0000001
51	<i>Oreopanax rosei</i> Harms.	1	0,00029	0,0000001
52	<i>Parajubaea cocoides</i> Burret.	1	0,00029	0,0000001
53	<i>Persea americana</i> Mill.	3	0,00087	0,0000008
54	<i>Phoenix canariensis</i> Chabaud.	42	0,01221	0,0001491
55	<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	11	0,00320	0,0000102
56	<i>Pinus radiata</i> D.Don.	10	0,00291	0,0000085
57	<i>Platanus occidentalis</i> Hook. & Arn.	8	0,00233	0,0000054
58	<i>Podocarpus oleifolius</i> D.Don.	4	0,00116	0,0000014
59	<i>Podocarpus sprucei</i> Parl.	1	0,00029	0,0000001
60	<i>Populus nigra</i> L.	5	0,00145	0,0000021
61	<i>Pouteria lucuma</i> (Ruiz & Pav.) Kuntze.	18	0,00523	0,0000274
62	<i>Prosopis</i> sp.	1	0,00029	0,0000001
63	<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch.	3	0,00087	0,0000008
64	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	15	0,00436	0,0000190

N.º	Nombre Científico	Aa	Ar	Ar2
65	<i>Psidium guajava</i> L.	10	0,00291	0,0000085
66	<i>Salix alba</i> L.	1	0,00029	0,0000001
67	<i>Salix babylonica</i> L.	25	0,00727	0,0000528
68	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	626	0,18198	0,0331155
69	<i>Sambucus nigra</i> L.	27	0,00785	0,0000616
70	<i>Sapindus saponaria</i> L.	10	0,00291	0,0000085
71	<i>Schinus molle</i> L.	282	0,08198	0,0067202
72	<i>Senna canescens</i> (L.) Roxb.	3	0,00087	0,0000008
73	<i>Sequoia sempervirens</i> (D.Don) Endl.	1	0,00029	0,0000001
74	<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	4	0,00116	0,0000014
75	<i>Spathodea campanulata</i> P.Beauv.	4	0,00116	0,0000014
76	<i>Styrax subargenteus</i> Sleumer.	4	0,00116	0,0000014
77	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston.	18	0,00523	0,0000274
78	<i>Syzygium paniculatum</i> Gaertn.	2	0,00058	0,0000003
79	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth.	8	0,00233	0,0000054
80	<i>Vachellia macracantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	299	0,08692	0,0075548
81	<i>Washingtonia robusta</i> H.Wendl.	90	0,02616	0,0006845
82	<i>Yucca guatemalensis</i> Baker.	7	0,00203	0,0000041
		3440	1	0,07
			Dominancia	0,07
			<b>Diversidad (1-λ)</b>	<b>0,93</b>

#### Parques (Recinto Ambiental Urbano)

N.º	Nombre Científico	Aa	Ar	Ar2
1	<i>Acacia dealbata</i> A. Cunn.	10	0,00550	0,00003
2	<i>Acacia mearnsii</i> De Wild.	11	0,00605	0,00004
3	<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.	80	0,04403	0,00194
4	<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schlttdl.	11	0,00605	0,00004
5	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	112	0,06164	0,00380
6	<i>Annona cherimola</i> Mill.	2	0,00110	0,00000
7	<i>Callistemon lanceolatus</i> (Sm.) Sweet.	13	0,00715	0,00005
8	<i>Castilla elastica</i> Cerv.	12	0,00660	0,00004
9	<i>Casuarina equisetifolia</i> J.R. Forst. & G. Forst.	34	0,01871	0,00035
10	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	2	0,00110	0,00000
11	<i>Cedrela odorata</i> L.	11	0,00605	0,00004
12	<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	5	0,00275	0,00001
13	<i>Chionanthus pubescens</i> Kunth.	27	0,01486	0,00022
14	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	44	0,02422	0,00059
15	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	4	0,00220	0,00000
16	<i>Erythrina edulis</i> Pos.-Arang.	14	0,00771	0,00006
17	<i>Erythrina smithiana</i> Krukoff.	4	0,00220	0,00000
18	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	1	0,00055	0,00000
19	<i>Eucalyptus</i> sp.	11	0,00605	0,00004
20	<i>Euphorbia cotinifolia</i> L.	3	0,00165	0,00000
21	<i>Ficus benjamina</i> Willd.	9	0,00495	0,00002
22	<i>Fraxinus americana</i> L.	7	0,00385	0,00001

N.º	Nombre Científico	Aa	Ar	Ar2
23	<i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.	255	0,14034	0,01970
24	<i>Grevillea robusta</i> A.Cunn. ex R.Br.	13	0,00715	0,00005
25	<i>Heliocarpus americanus</i> L.	6	0,00330	0,00001
26	<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (DC.) Lindl.	2	0,00110	0,00000
27	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.	2	0,00110	0,00000
28	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don.	251	0,13814	0,01908
29	<i>Lafoensia acuminata</i> (Ruiz & Pav.) DC.	35	0,01926	0,00037
30	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	6	0,00330	0,00001
31	<i>Magnolia grandiflora</i> L.	1	0,00055	0,00000
32	<i>Morus alba</i> L.	1	0,00055	0,00000
33	<i>Muntingia calabura</i> L.	1	0,00055	0,00000
34	<i>Myrcianthes hallii</i> (O.Berg) McVaugh.	1	0,00055	0,00000
35	<i>Persea americana</i> Mill.	3	0,00165	0,00000
36	<i>Phoenix canariensis</i> Chabaud.	4	0,00220	0,00000
37	<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	2	0,00110	0,00000
38	<i>Platanus occidentalis</i> Hook. & Arn.	1	0,00055	0,00000
39	<i>Populus nigra</i> L.	31	0,01706	0,00029
40	<i>Prunus salicifolia</i> Kunth.	5	0,00275	0,00001
41	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	3	0,00165	0,00000
42	<i>Salix babylonica</i> L.	1	0,00055	0,00000
43	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	551	0,30325	0,09196
44	<i>Sambucus nigra</i> L.	4	0,00220	0,00000
45	<i>Sapindus saponaria</i> L.	2	0,00110	0,00000
46	<i>Schinus molle</i> L.	77	0,04238	0,00180
47	<i>Senna canescens</i> (L.) Roxb.	1	0,00055	0,00000
48	<i>Styrax subargenteus</i> Sleumer.	4	0,00220	0,00000
49	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth.	10	0,00550	0,00003
50	<i>Vachellia macracantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	106	0,05834	0,00340
51	<i>Washingtonia robusta</i> H.Wendl.	11	0,00605	0,00004
		1829	1	0,14
			Dominancia	0,14
			<b>Diversidad (1-λ)</b>	<b>0,86</b>

\*IS: Índice de Simpson δ; RAU: Recinto Ambiental Urbano; VVI: Vecindario verde inclusivo.

### Índice de Berger-Parker (d)

Índice de Berger-Parker (d)	
Parques (Recinto Ambiental Urbano)	
Número total de especies	82
Nmax	626
N	3430
Subtotal Nmax/N del total de individuos	0,18
Avenidas (Vecindario Verde Exclusivo)	
Número total de especies	51

Nmax	551
N	1829
Subtotal Nmax/N del total de individuos	0,30

\*IBP: Índice de Berger-Parker (d); RAU: Recinto Ambiental Urbano; VVI: Vecindario verde inclusivo.

### Índice de Shannon (H')

Índice de Shannon (H')					
Parques (Recinto Ambiental Urbano)					
N.º	Nombre Científico	Ind/sp	AR PI	LN2 PI	PI*LN2 (PI)*-1
1	<i>Acacia baileyana</i> F. Muell.	5	0,001453	-6,533789	0,009497
2	<i>Acacia dealbata</i> A. Cunn.	18	0,005233	-5,252855	0,027486
3	<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.	96	0,027907	-3,578879	0,099876
4	<i>Acacia retinoides</i> Schltr.	5	0,001453	-6,533789	0,009497
5	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	297	0,086337	-2,449495	0,211483
6	<i>Anacardium occidentale</i> L.	1	0,000291	-8,143227	0,002367
7	<i>Annona cherimola</i> Mill.	10	0,002907	-5,840642	0,016979
8	<i>Araucaria columnaris</i> (G.Forst.) Hook.	1	0,000291	-8,143227	0,002367
9	<i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze.	7	0,002035	-6,197317	0,012611
10	<i>Callistemon lanceolatus</i> (Sm.) Sweet.	196	0,056977	-2,865112	0,163245
11	<i>Callistemon salignus</i> Sm.	8	0,002326	-6,063785	0,014102
12	<i>Casuarina equisetifolia</i> J.R. Forst. & G. Forst.	18	0,005233	-5,252855	0,027486
13	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	98	0,028488	-3,558259	0,101369
14	<i>Cedrela odorata</i> L.	23	0,006686	-5,007733	0,033482
15	<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	21	0,006105	-5,098704	0,031126
16	<i>Chionanthus pubescens</i> Kunth.	28	0,008140	-4,811022	0,039159
17	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck.	6	0,001744	-6,351467	0,011078
18	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	266	0,077326	-2,559730	0,197933
19	<i>Cupressus sempervirens</i> L.	5	0,001453	-6,533789	0,009497
20	<i>Delostoma integrifolium</i> D.Don.	5	0,001453	-6,533789	0,009497
21	<i>Dovyalis hebecarpa</i> (Gardner) Warb.	3	0,000872	-7,044614	0,006144
22	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	31	0,009012	-4,709240	0,042438
23	<i>Erythrina edulis</i> Pos.-Arang.	16	0,004651	-5,370638	0,024980
24	<i>Erythrina smithiana</i> Krukoff.	1	0,000291	-8,143227	0,002367
25	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	45	0,013081	-4,336564	0,056728
26	<i>Eucalyptus saligna</i> Sm.	39	0,011337	-4,479665	0,050787
27	<i>Euphorbia cotinifolia</i> L.	5	0,001453	-6,533789	0,009497
28	<i>Ficus benjamina</i> Willd.	5	0,001453	-6,533789	0,009497
29	<i>Ficus microcarpa</i> L. f.	1	0,000291	-8,143227	0,002367
30	<i>Ficus</i> sp.	1	0,000291	-8,143227	0,002367
31	<i>Fraxinus americana</i> L.	23	0,006686	-5,007733	0,033482
32	<i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.	132	0,038372	-3,260425	0,125109
33	<i>Gleditsia triacanthos</i> L.	2	0,000581	-7,450080	0,004331
34	<i>Grevillea robusta</i> A.Cunn. ex R.Br.	18	0,005233	-5,252855	0,027486
35	<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose.	7	0,002035	-6,197317	0,012611

N.º	Nombre Científico	Ind/sp	AR PI	LN2 PI	PI*LN2 (PI)*-1
36	<i>Indigofera</i> sp.	1	0,000291	-8,143227	0,002367
37	<i>Inga edulis</i> Mart.	11	0,003198	-5,745331	0,018372
38	<i>Inga insignis</i> Kunth.	1	0,000291	-8,143227	0,002367
39	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don.	225	0,065407	-2,727126	0,178373
40	<i>Juglans neotropica</i> Diels.	10	0,002907	-5,840642	0,016979
41	<i>Lafoensia acuminata</i> (Ruiz & Pav.) DC.	60	0,017442	-4,048882	0,070620
42	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	59	0,017151	-4,065689	0,069731
43	<i>Magnolia grandiflora</i> L.	27	0,007849	-4,847390	0,038046
44	<i>Morus alba</i> L.	40	0,011628	-4,454347	0,051795
45	<i>Muntingia calabura</i> L.	5	0,001453	-6,533789	0,009497
46	<i>Myrcia</i> sp.	1	0,000291	-8,143227	0,002367
47	<i>Myrcianthes hallii</i> (O.Berg) McVaugh.	8	0,002326	-6,063785	0,014102
48	<i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Kunth) McVaugh.	3	0,000872	-7,044614	0,006144
49	<i>Ocotea</i> sp.	1	0,000291	-8,143227	0,002367
50	<i>Oreopanax ecuadorensis</i> Seem.	1	0,000291	-8,143227	0,002367
51	<i>Oreopanax rosei</i> Harms.	1	0,000291	-8,143227	0,002367
52	<i>Parajubaea cocoides</i> Burret.	1	0,000291	-8,143227	0,002367
53	<i>Persea americana</i> Mill.	3	0,000872	-7,044614	0,006144
54	<i>Phoenix canariensis</i> Chabaud.	42	0,012209	-4,405557	0,053789
55	<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	11	0,003198	-5,745331	0,018372
56	<i>Pinus radiata</i> D.Don.	10	0,002907	-5,840642	0,016979
57	<i>Platanus occidentalis</i> Hook. & Arn.	8	0,002326	-6,063785	0,014102
58	<i>Podocarpus oleifolius</i> D.Don.	4	0,001163	-6,756932	0,007857
59	<i>Podocarpus sprucei</i> Parl.	1	0,000291	-8,143227	0,002367
60	<i>Populus nigra</i> L.	5	0,001453	-6,533789	0,009497
61	<i>Pouteria lucuma</i> (Ruiz & Pav.) Kuntze.	18	0,005233	-5,252855	0,027486
62	<i>Prosopis</i> sp.	1	0,000291	-8,143227	0,002367
63	<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch.	3	0,000872	-7,044614	0,006144
64	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	15	0,004360	-5,435177	0,023700
65	<i>Psidium guajava</i> L.	10	0,002907	-5,840642	0,016979
66	<i>Salix alba</i> L.	1	0,000291	-8,143227	0,002367
67	<i>Salix babylonica</i> L.	25	0,007267	-4,924351	0,035787
68	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	626	0,181977	-1,703876	0,310066
69	<i>Sambucus nigra</i> L.	27	0,007849	-4,847390	0,038046
70	<i>Sapindus saponaria</i> L.	10	0,002907	-5,840642	0,016979
71	<i>Schinus molle</i> L.	282	0,081977	-2,501320	0,205050
72	<i>Senna canescens</i> (L.) Roxb.	3	0,000872	-7,044614	0,006144
73	<i>Sequoia sempervirens</i> (D.Don) Endl.	1	0,000291	-8,143227	0,002367
74	<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	4	0,001163	-6,756932	0,007857
75	<i>Spathodea campanulata</i> P.Beauv.	4	0,001163	-6,756932	0,007857
76	<i>Styrax subargenteus</i> Sleumer.	4	0,001163	-6,756932	0,007857
77	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston.	18	0,005233	-5,252855	0,027486
78	<i>Syzygium paniculatum</i> Gaertn.	2	0,000581	-7,450080	0,004331
79	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth.	8	0,002326	-6,063785	0,014102

N.º	Nombre Científico	Ind/sp	AR PI	LN2 PI	PI*LN2 (PI)*-1
80	<i>Vachellia macracantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	299	0,086919	-2,442783	0,212323
81	<i>Washingtonia robusta</i> H.Wendl.	90	0,026163	-3,643417	0,095322
82	<i>Yucca guatemalensis</i> Baker.	7	0,002035	-6,197317	0,012611
<b>Total</b>		<b>3440</b>	<b>1</b>		<b>2,57</b>

**Avenidas (Vecindario Verde Exclusivo)**

N.º	Nombre Científico	Ind/sp	AR PI	LN2 PI	PI*LN2 (PI)*-1
1	<i>Acacia dealbata</i> A. Cunn.	10	0,00550	-5,202357	0,028632
2	<i>Acacia mearnsii</i> De Wild.	11	0,00605	-5,107047	0,030918
3	<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.	80	0,04403	-3,122915	0,137498
4	<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schltdl.	11	0,00605	-5,107047	0,030918
5	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	112	0,06164	-2,786443	0,171757
6	<i>Annona cherimola</i> Mill.	2	0,00110	-6,811795	0,007498
7	<i>Callistemon lanceolatus</i> (Sm.) Sweet.	13	0,00715	-4,939993	0,035344
8	<i>Castilla elastica</i> Cerv.	12	0,00660	-5,020035	0,033154
9	<i>Casuarina equisetifolia</i> J.R. Forst. & G. Forst.	34	0,01871	-3,978582	0,074448
10	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	2	0,00110	-6,811795	0,007498
11	<i>Cedrela odorata</i> L.	11	0,00605	-5,107047	0,030918
12	<i>Ceiba trischistandra</i> (A.Gray) Bakh.	5	0,00275	-5,895504	0,016223
13	<i>Chionanthus pubescens</i> Kunth.	27	0,01486	-4,209105	0,062546
14	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	44	0,02422	-3,720752	0,090101
15	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	4	0,00220	-6,118648	0,013470
16	<i>Erythrina edulis</i> Pos.-Arang.	14	0,00771	-4,865885	0,037492
17	<i>Erythrina smithiana</i> Krukoff.	4	0,00220	-6,118648	0,013470
18	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	1	0,00055	-7,504942	0,004130
19	<i>Eucalyptus</i> sp.	11	0,00605	-5,107047	0,030918
20	<i>Euphorbia cotinifolia</i> L.	3	0,00165	-6,406330	0,010577
21	<i>Ficus benjamina</i> Willd.	9	0,00495	-5,307717	0,026290
22	<i>Fraxinus americana</i> L.	7	0,00385	-5,559032	0,021416
23	<i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.	255	0,14034	-1,963679	0,275585
24	<i>Grevillea robusta</i> A.Cunn. ex R.Br.	13	0,00715	-4,939993	0,035344
25	<i>Heliocarpus americanus</i> L.	6	0,00330	-5,713183	0,018866
26	<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (DC.) Lindl.	2	0,00110	-6,811795	0,007498
27	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.	2	0,00110	-6,811795	0,007498
28	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D.Don.	251	0,13814	-1,979489	0,273446
29	<i>Lafoensia acuminata</i> (Ruiz & Pav.) DC.	35	0,01926	-3,949594	0,076079
30	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	6	0,00330	-5,713183	0,018866
31	<i>Magnolia grandiflora</i> L.	1	0,00055	-7,504942	0,004130
32	<i>Morus alba</i> L.	1	0,00055	-7,504942	0,004130
33	<i>Muntingia calabura</i> L.	1	0,00055	-7,504942	0,004130
34	<i>Myrcianthes hallii</i> (O.Berg) McVaugh.	1	0,00055	-7,504942	0,004130
35	<i>Persea americana</i> Mill.	3	0,00165	-6,406330	0,010577
36	<i>Phoenix canariensis</i> Chabaud.	4	0,00220	-6,118648	0,013470
37	<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	2	0,00110	-6,811795	0,007498

N.º	Nombre Científico	Ind/sp	AR PI	LN2 PI	PI*LN2 (PI)*-1
38	<i>Platanus occidentalis</i> Hook. & Arn.	1	0,00055	-7,504942	0,004130
39	<i>Populus nigra</i> L.	31	0,01706	-4,070955	0,069455
40	<i>Prunus salicifolia</i> Kunth.	5	0,00275	-5,895504	0,016223
41	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	3	0,00165	-6,406330	0,010577
42	<i>Salix babylonica</i> L.	1	0,00055	-7,504942	0,004130
43	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	551	0,30325	-1,193207	0,361837
44	<i>Sambucus nigra</i> L.	4	0,00220	-6,118648	0,013470
45	<i>Sapindus saponaria</i> L.	2	0,00110	-6,811795	0,007498
46	<i>Schinus molle</i> L.	77	0,04238	-3,161137	0,133961
47	<i>Senna canescens</i> (L.) Roxb.	1	0,00055	-7,504942	0,004130
48	<i>Styrax subargenteus</i> Sleumer.	4	0,00220	-6,118648	0,013470
49	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth.	10	0,00550	-5,202357	0,028632
50	<i>Vachellia macracantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	106	0,05834	-2,841503	0,165767
51	<i>Washingtonia robusta</i> H.Wendl.	11	0,00605	-5,107047	0,030918
<b>Total</b>		<b>1829</b>	<b>1</b>		<b>2,54</b>

\*IS: Índice de Shannon ( $h'$ ) RAU: Recinto Ambiental Urbano; VVI: Vecindario verde inclusivo.

**Anexo 8.** Certificado de traducción del Resumen/abstract.

Lic. Jordy Christian Granda F., Mgs.  
0967352473  
[Chris-gra1993@hotmail.com](mailto:Chris-gra1993@hotmail.com)  
Loja – Ecuador

Loja, 05 de Febrero de 2024

*El suscrito, Lic. Jordy Christian Granda Feijoo, Mgs., **DOCENTE EDUCACIÓN SUPERIOR DEL ÁREA DE INGLÉS - CIS DEL INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO SUDAMERICANO LOJA**, a petición de la parte interesada y en forma legal,*

**C E R T I F I C A:**

*Que, la traducción del documento adjunto solicitado por el Sr. **Bryan Javier Merino Galvez**, con cedula de ciudadanía No. **1150191482**, cuyo tema de investigación se titula: **Diversidad y almacenamiento de carbono del arbolado urbano en la ciudad de Loja, Ecuador**, ha sido realizado y aprobado por mi persona, docente de Educación Superior en la enseñanza del inglés como lengua extranjera. El apartado del Abstract es una traducción textual del Resumen aprobado en español.*

*Particular que comunico en honor a la verdad para los fines académicos, facultando al portador del presente documento, hacer el uso legal pertinente.*

***English is a piece of cake!***



Lic. Jordy Christian Granda Feijoo, Mgs.  
**ENGLISH PROFESSOR**

