



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Captura de CO₂ de las especies arbóreas del “Paseo de las Aguas”
del distrito de Víctor Larco - Trujillo**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
Bachiller en Ingeniería Ambiental**

AUTORES:

Bacilio Corro, Vanesa Alejandra (ORCID: 0000-0002-4354-9023)

Inuma Alván, David (ORCID: 0000-0002-1240-5959)

ASESOR:

Dr. Cruz Monzón, José Alfredo (ORCID: 0000-0001-9146-7615)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático

TRUJILLO - PERÚ

2020

Índice de contenidos

Carátula	i
Índice de contenidos	ii
Índice de tablas	iii
Resumen	iv
Abstract.....	v
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA	14
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
IV. CONCLUSIONES	33
V. RECOMENDACIONES	34
REFERENCIAS	35
ANEXOS.....	40

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Especies arbóreas encontradas en el Paseo de las Aguas</i>	22
Tabla 2. <i>Densidad poblacional de los árboles Paseo de las Aguas, según el área en donde se encuentran</i>	23
Tabla 3. <i>Biomasa de las tres especies arbóreas representativas del Parque de las Aguas</i>	24
Tabla 4. <i>Captura de CO₂ de las tres especies arbóreas representativas del Parque de las Aguas</i>	24
Tabla 5. <i>Estadístico de la biomasa almacenada de la especie Delonix regia</i>	25
Tabla 6. <i>Estadístico de la biomasa almacenada de la especie Shinus terebinthifolius</i>	26
Tabla 7. <i>Estadístico de la biomasa almacenada de la especie Melia azedarach</i> .	27
Tabla 8. <i>Estadístico de la captura de CO₂ de la especie Delonix regia</i>	28
Tabla 9. <i>Análisis estadístico de la captura de CO₂ de la especie Shinus terebinthifolius</i>	29
Tabla 10. <i>Estadístico de la captura de CO₂ de la especie Melia azedarach</i>	30

Resumen

La investigación tuvo como objetivo general estimar la captura de CO₂ de las especies arbóreas más representativas del “Paseo de las Aguas” del distrito de Víctor Larco, Trujillo, 2019, mediante el uso de ecuaciones alométricas. El diseño de la investigación es no experimental y de tipo descriptivo-transversal. El estudio se realizó en una población de 265 árboles, de las cuales se determinó que las especies más representativas fueron: *Schinus terebinthifolius*, *Melia azedarach* y *Delonix regia*. La técnica aplicada fue la observación directa y el análisis documental, mientras que los instrumentos fueron el cuaderno de notas, la cámara fotográfica; y la ficha bibliográfica. Los resultados logrados fueron, que la Densidad poblacional obtenida fue de 0.02 árboles/m². Mediante el uso de ecuaciones alométricas, se determinó que la Biomasa Arbórea Aérea de *Delonix regia* fue 3123 kg, de *Melia azedarach*, 2602.04 kg de biomasa y de *Schinus terebinthifolius* 18653 kg de biomasa total, por otra parte, se determinó que *Delonix regia* capturó un total de 5726.39 kg CO₂, *Melia azedarach*, 4770.835 kg CO₂ y *Schinus terebinthifolius* capturó un total de 34200.52 kg CO₂; concluyendo que la especie con mejor captura de CO₂ fue la especie *Schinus terebinthifolius*.

Palabras clave: Captura de carbono, biomasa arbórea, efecto invernadero, áreas verdes, ecuaciones alométricas.

Abstract

The general objective of the research was to estimate the CO₂ capture of the most representative tree species of the “Parque de las Aguas” of the Víctor Larco district, Trujillo, 2019, through the use of allometric equations. The research design is non-experimental and descriptive-transversal. The study was carried out on a population of 265 trees, of which it was determined that the most representative species were: *Schinus terebinthifolius*, *Melia azedarach* and *Delonix regia*. The applied technique was direct observation and documentary analysis, while the instruments were the notebook, the camera; and the bibliographic file. The results achieved were that the population density obtained was 0.02 trees per square meter. Through the use of allometric equations, it was determined that the Aerial Tree Biomass of *Delonix regia* was 3123 kg, of *Melia azedarach*, 2602.04 kg of biomass and of *Schinus terebinthifolius* 18653 kg of total biomass, on the other hand, it was determined that *Delonix regia* captured a total of 5726.39 kg CO₂, *Melia azedarach*, 4770.835 kg CO₂ and *Schinus terebinthifolius* captured a total of 34200.52 kg CO₂; concluding that the species with the best CO₂ capture was the *Schinus terebinthifolius* species.

Keywords: Carbon capture, tree biomass, greenhouse effect, green areas, allometric equations.

I. INTRODUCCIÓN

El tema del cambio climático ha sido desde tiempos remotos un grave problema debido a que altera el bienestar de las personas y el medio ambiente, producidos por el incremento de los gases que ocasionan el efecto invernadero, en especial del CO₂. Estos gases son generados en mayor cantidad en las ciudades, debido al crecimiento poblacional y a la deficiente concientización ambiental, encontrándose en mayor riesgo por los altos niveles de CO₂ generados a diario.

En cuanto a las áreas verdes, en el Perú, la normativa señala que la distribución en la ciudad debe darse de tal manera, que la distancia desde una unidad de vivienda a un área de recreación pública, no debe ser mayor de 300 m. Esta norma sugiere un indicador de población mayor a 5000 habitantes, considerando parques locales y comunales, con el propósito de implantar una mayor cobertura, mayormente en áreas fijas, es decir en los que no hay población urbana. Por último, para la disposición de áreas verdes en lugares urbanos, esta normativa considera de base el estándar internacional de la UNESCO, que es de 9 m² de área verde por cada habitante (MVCS, 2011, p.21).

La ciudad de Trujillo se encuentra ubicado en el Departamento de La Libertad, en la zona norte peruana, abarca una extensión de 1 769 000 km² y una población de 970 016 habitantes (BCRP, 2018, p. 1).

Los problemas ambientales que predominan en Trujillo, son: la contaminación aérea, debido al sector vehicular y al sector industria, desgaste de los suelos por contaminación, degradación, salinización, aumento de la acumulación de agua subterránea; ineficiente conducción de los desechos sólidos y la carencia de terrenos verdes (Montes y Caminos, SEGAT, 2012, p. 4). Además, este problema ha ido creciendo no solo por las fábricas que se encuentran alrededor, sino sobre todo por los gases del parque automotor, cuyo aumento se debe también por la cantidad de vehículos con motores antiguos que circulan por las vías. La Municipalidad de Trujillo por medio del TMT, en un informe acerca del estado actual del transporte, señala que la provincia se encuentra en un estado preocupante, el cual está dado por el incremento constante de los autos que recorren la ciudad, es

así que en el 2015 se contaba con 23 309 unidades de transporte público formales, como, taxis, combis, colectivos, microbuses, movilidad escolar, servicios de transporte turístico, y que sólo en taxis exceden las 15 000 unidades (TMT, 2015, p. 3)

Con respecto a la contaminación de CO₂ equivalentes en la ciudad de Trujillo, en un estudio realizado en el año 2011 por la Municipalidad Provincial de Trujillo, con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo, la Ciudad de Trujillo registró en el transporte público 416.52 Tn CO₂ equivalente, y en el transporte privado 1473.279 Tn CO₂ equivalente, haciendo un total de 1889.799 Tn CO₂ equivalente (MPT, 2012). El parque automotor de la Ciudad de Trujillo está en constante crecimiento con una tasa de 6% anual (La República, 2017, párr. 1).

Víctor Larco se encuentra a 4 km de Trujillo, en el lado Sur Oeste, dentro de las coordenadas 08°06' a 08°09' latitud sur y 79°05' a 79°07' de longitud oeste del meridiano. El distrito presenta una topografía plana con pendiente uniforme y una altitud de 3 a 10 msnm, con una superficie de 18.02 km². Limita al Norte con Huanchaco, al Sur con Moche, al Este con Trujillo y por el Oeste con el mar; cuenta con una población de más de 65 000 habitantes, según la proyección del INEI. El clima en el distrito de Víctor Larco varía según las estaciones del año, el cual se ve favorecido por la corriente de Humboldt, presentando una temperatura ente los 15°C a 25°C, la vegetación en el distrito está representada por plantas ornamentales sembradas en las áreas verdes que se adaptan a las condiciones climáticas del distrito, entre ellas se tiene: Ponciana (*Delonix regia*), Flor de overo (*Cordia lutea*), Molle peruano (*Shinus molle*), Pino (*Pinnus spp*), Ciprés (*Cupressus spp*), Eucalipto (*Eucalyptus spp*), Geranio (*Pelargonium sp*), Bougainvillea (*Bougainvillea sp*), Cinamomo (*Melia azederach*), Ficus (*Ficus indica*), Crotos (*Codiaeum sp*), cucardas, grass común, grama salada, diente de león, etc. (MDVLH, 2018, p. 4).

El "Paseo de Aguas" es uno de los recursos turísticos culturales que caracterizan al distrito de Víctor Larco, está ubicado en el Parque "Las Flores", en la intersección de las avenidas Víctor Larco y Víctor Raúl Haya de la Torre, cerca de la UCV. (Ver

Anexo 3). El siguiente trabajo de investigación se sustenta en la problemática de acumulación de CO₂ en la ciudad de Trujillo.

Sobre la base de la realidad problemática presentada, los autores se plantearon el siguiente problema de investigación: ¿Qué cantidad de CO₂ capturan las especies arbóreas existentes en el “Paseo de las Aguas”?

El principal contaminante originado por los combustibles fósiles es el CO₂, que representa el 65% de los gases de efecto invernadero y si continúa sin ningún cambio, se pronostica que para el 2100 la temperatura media de la superficie terrestre incrementará de 3.7 °C a 4.8 °C (IPCC, 2014, p. 21), es por eso que la investigación se justifica por el hecho de que en la actualidad el cambio climático global, asociado al incremento potencial de la temperatura del planeta, representa uno de los problemas ambientales más importantes que la población mundial debe afrontar en la actualidad y en el futuro, ya que se viene acentuando de manera rápida el aumento en la emisión y concentración de Gases de Efecto Invernadero en la atmósfera, entre ellos el CO₂. Además, las plantas arbóreas siguen siendo una muestra representativa de la capacidad de absorción del CO₂, lo cual permite determinar su potencial de acumulación. Es necesario el estudio de la cantidad de carbono almacenada en los árboles, ya que ello contribuye a frenar los impactos de cambio climático (FAO, 2010, p. 101), por ende, uno de los criterios que se debería tener en cuenta, es saber la capacidad de captura de carbono que posee cada especie arbórea, además de la cantidad de CO₂ que se genera diariamente, por ende también se pretende valorar el nivel de captura CO₂ de los árboles presentes en el “Paseo de las Aguas” ya que contribuye también con una mejor condición de vida de los individuos que habitan próximos a él, además de ofrecer una belleza paisajística.

El objetivo general fue Estimar qué cantidad de CO₂ se capturan de las especies arbóreas más representativas del “Paseo de las Aguas” del distrito de Víctor Larco, mediante el uso de ecuaciones alométricas y los objetivos específicos fueron:

- Cuantificar las especies arbóreas existentes y determinar la densidad poblacional de árboles por área en el “Paseo de las Aguas”.

- Determinar la biomasa almacenada en los árboles de las tres especies más representativas (*Delonix, regia, Schinus terebinthifolius* y *Melia azedarach*), utilizando ecuaciones alométricas.
- Estimar la cantidad de CO₂ capturado en los árboles de las especies seleccionados como muestra.

La hipótesis propuesta para el siguiente trabajo fue:

Hi: Las especies arbóreas existentes en el “Paseo de las Aguas” estiman la cantidad de CO₂ capturados. (Ver Anexo 2).

A continuación, se presentan los antecedentes, tanto a nivel internacional como nacional, los cuales han servido como referencia para la sustentación de la investigación. Además, se describe la teoría relacionada a la misma, para dar un mejor entendimiento de la investigación.

Cook-Patton *et al* (2020, p. 5), en su investigación, realizaron un mapeo de la acumulación de carbono a partir del recrecimiento global de los bosques naturales. Como parte de sus resultados, mencionan que los bosques naturales representan una estrategia de mitigación del clima, debido a su potencial en la captura de carbono, además proporciona beneficios, como el hábitat para la biodiversidad. Además, descubrieron que las tasas actuales de incumplimiento del IPCC son en promedio un 32% menor que las que pronosticaron.

Peng *et al* (2020, p. 1), en su investigación, mencionan que la selección de las especies arbóreas secuestradoras de carbono en la biomasa es importante como estrategia de manejo forestal, así mismo, que es primordial conocer detalladamente los efectos de las especies de árboles con respecto al carbono encontrado en el suelo, para informar las estrategias de selección de las especies arbóreas a fin de realizar una correcta forestación u ordenación forestal.

Godoy (2020, párr. 6), en su investigación plantea que, América Latina está empezando a apostar por el uso de tecnologías nuevas, que incluyen la captura y almacenamiento de carbono, procedentes de combustibles fósiles, lo cual implica, que se realice una compresión, transportación e inyección del CO₂ en yacimientos

de aceite o en formaciones salinas, de esta manera, se evita que se libere el gas generado por actividades humanas, responsables del recalentamiento del planeta.

Amaya *et al* (2019, p. 9), su estudio tuvo como uno de sus objetivos documentar la importancia de los árboles urbanos en el almacenamiento de CO₂, además de calcular el potencial de almacenamiento de CO₂ de la cobertura arbórea. Sus conclusiones fueron, que los árboles urbanos, al estar dispuestos más distantes entre ellos, crecen más rápido, permitiendo adquirir mayor biomasa, por lo tanto, la captura de CO₂ es más significativa.

Vallejo, Ponce y Doll (2019, p. 8), en su trabajo de investigación plantean que la altura del árbol y el DAP se usan en la gestión de bosques, principalmente si la especie es endémica y corre peligro de extinción. La investigación tuvo como objetivo el ajuste de aquellas funciones que cuantifiquen tanto el área foliar total y la biomasa foliar total, en ejemplares de un bosque, en Chile. Para ello, midió el DAP y la altura de los árboles, en parcelas de 100 m², seleccionando 16 árboles. El área foliar lo determinó con 50 hojas tomadas de cada árbol seleccionado, obteniéndose una masa fresca y seca, utilizando el instrumento LI-COR LI-3100. Sus resultados de regresión estadística mostraron significancias en el área basal, en los que los coeficientes de determinación presentaron una variación en 63.80 % para el área foliar total y 93.27% para la biomasa foliar total. Por último, la estimación del índice del área foliar fue alrededor de 0.32 m².m⁻², y para la biomasa foliar fue de 2.1 ton.ha⁻¹.

Patiño *et al* (2018, p. 31), uno de los objetivos de su investigación fue estimar la biomasa total y el almacenamiento y fijación de carbono tanto en plantaciones forestales (PF) como en los sistemas agroforestales (SAF). Para ello, estimó el almacenamiento y fijación de carbono en la biomasa aérea (BA) y debajo del suelo (BAS), además midió la altura total, así como el DAP de los árboles. Para estimar la BA empleó modelos alométricos, mientras que para la estimación de la BAS se siguió de un modelo general que recomienda el IPCC. En sus resultados obtuvo que, las plantaciones forestales que tienen entre 5 y 25 años tuvieron un almacenamiento entre 18,6 y 64,4 mg C ha⁻¹; a su vez, los sistemas agroforestales presentaron una captura de 85 mg C ha⁻¹. Por otra parte, la tasa promedio de fijación de carbono promedio fue de 1,4 en las PF y 4,9 mg C ha⁻¹ año⁻¹ en los SAF.

Caicedo y Herrera (2015, p. 75), realizaron un estudio sobre la cantidad de CO₂ capturado por biotopos en un humedal, siendo uno de sus objetivos determinar la concentración de CO₂ y O₂ producido en cada biotopo, concluyendo que la concentración promedio de captura de CO₂ de los 4 biotopos analizados fue de 0,001718 mg/L y la producción de O₂ fue de 0,00125 mg/L.

Domínguez (2016, p. 81), en su investigación, tuvo como uno de sus objetivos, estimar la captura de CO₂ de los árboles en parques. Como parte de sus resultados, obtuvo que la captura promedio de CO₂ en los parques muestreados en el 2015 fue de 1.57 kg de CO₂/m² (considerando la superficie arbolada y no arbolada), además que los árboles que capturaron más CO₂ fueron el *Eucaliptus globulus*, *Schinus terebinthifolius* y *Washingtonia robusta*. Llegando a la conclusión que, la captura de CO₂ por parque varía dependiendo del número especies e individuos que cada una presente, su DAP, su estado o condición y la superficie arbolada del parque.

Angulo (2018, p. 119), realizó un estudio sobre la capacidad de adsorción de material particulado de la especie *Ficus benjamina* y tuvo como objetivo conocer la capacidad de adsorción por medio de análisis de laboratorio, y así contribuir a las medidas que se deben tomar para la minimización de la contaminación del aire. Sus resultados fueron que la especie *Ficus benjamina* tuvo una capacidad de adsorción de 405,472 mg/árbol/mes, para los de follaje real; por otro lado, los de follaje intermedio, tuvieron una capacidad de captura de 1'601,294 mg/árbol/mes y por último, 6'829,624 mg/árbol/mes en los árboles de follaje frondoso.

Maylle (2017, p. 50), en su investigación sobre la determinación de carbono secuestrado en áreas verdes, tuvo como uno de sus objetivos, determinar el carbono almacenado y fijado según la especie. Concluyendo que, la cantidad de carbono promedio almacenado fue de 38,42 t/ha, mientras que el carbono total almacenado fue de 115,26 t/ha, por otro lado, la cantidad de carbono almacenado y fijado en cada especie fue de: 107 106 kg en la ponciana, 100 114 kg en mango, 99 450 kg en el ficus, 35 697 kg en almendra, 13 016 kg en cedro y 12 356 kg en palmera africana.

Aldana (2018, p. 81), en su investigación sobre el equilibrio entre el CO₂ del ambiente y el capturado por las especies arbóreas ornamentales, tuvo como

resultados que el almacenamiento de carbono del *Ficus benjamina* es mayor comparándolo con el *Schinus molle*, con un promedio de captura de 259.06 kg y 156.41 kg respectivamente, por otra parte, la cantidad de almacenamiento de CO₂ de las especies *Schinus molle* y *Ficus benjamina* en el suelo son mayores al CO₂ emitido al ambiente.

A continuación, se describe la teoría relacionada a la investigación, es decir con la captura de CO₂, explicándose los conceptos de efecto invernadero, captura de carbono, fotosíntesis, biomasa arbórea, alometría, entre otros; además se describen las características de las plantas existentes en el lugar de estudio.

El efecto invernadero es el fenómeno por el cual, parte de las radiaciones provenientes del sol emitidas por la tierra, es retenida y devuelta a la tierra por los gases que son parte de la atmósfera terrestre y de esta manera impiden el constante enfriamiento normal que ocurre en la Tierra. Gracias al comportamiento de este fenómeno es posible la vida, ya que si no existiera este fenómeno la tierra produciría unas temperaturas extremadamente bajas. Entre los principales gases se encuentran el dióxido de carbono (CO₂), el cual es el más importantes ya que además de ser un gas de larga permanencia contribuye enormemente al cambio climático; así mismo están el SO₂, el NO y el CH₄. Sin embargo, el desarrollo industrial logrado ha supuesto el aumento en un 30% de los mismos, provocando un desequilibrio natural en el planeta (Carbajal *et al*, 2010, p.1).

La fotosíntesis es aquel proceso de anabolismo autótrofo que emplea la energía luminosa para luego biosintetizar los componentes de las células. En las plantas no sólo se produce la transformación de materia inorgánica a orgánica, sino también de energía luminosa a química. De esta manera, consta de dos fases: fase luminosa y fase oscura.

La captura de carbono es el proceso en el que el CO₂ es obtenido del ambiente y convertido en O₂, los agentes primarios encargados de la captura del carbono atmosférico son las plantas, a través de la fotosíntesis. Otro agente es el suelo que encierra el carbono, transformándolo en metano y después se libera por degeneración del suelo a través de las labores agrícolas y ganaderas. La captura de CO₂ por las plantas constituye un aporte significativo esencial en el balance total

de carbono de la tierra. A nivel global se estima que la biósfera adhiere alrededor de 2.000.000 ton/año de carbono (Caicedo y Herrera, 2015, p. 23).

El CO₂ secuestrado por las plantas es producto de la diferencia del CO₂ atmosférico absorbido en la fotosíntesis y el CO₂ emitido por la atmósfera en la respiración. Dicha diferencia es transformada en biomasa y oscila entre el 45-50 % del peso seco de la planta (Carvajal *et al*, 2011, p. 3).

Un sumidero de carbono es aquel proceso o sistema que consiste en la extracción de gases atmosféricos y se reserva. Las plantas se comportan así gracias a la fotosíntesis, ya que es su principal función vital. Actualmente el término sumidero es aplicado a bosques, para expresar su rol en la asimilación del CO₂ de la atmósfera y la disminución del efecto invernadero (Ministerio para la Transición ecológica España, 2019, p. 8).

La biomasa arbórea es una fuente al mismo tiempo que un sumidero natural de CO₂, ya que es posible estimar la cantidad de CO₂ que se encuentra fijado en los bosques y en otras áreas con cobertura arbórea, a partir de la biomasa arbórea. La determinación de la biomasa de los árboles representa un elemento importante para la evaluación de las condiciones en las que se encuentran recursos forestales de un país o zona; asimismo, para ayudar a detener los impactos del cambio climático, se deben estudiar las corrientes de carbono y la cantidad de carbono que se encuentra almacenado en los árboles y bosques, ya que cada árbol brinda beneficios locales con respecto a las emisiones de CO₂ (FAO, 2010, p. 101).

Para la estimación y medición de la biomasa arbórea encima del suelo, se pueden aplicar dos métodos: directo e indirecto. El método directo es destructivo, usado para construir las ecuaciones alométricas y los factores de expansión de biomasa, se basa en el corte de uno o varios árboles, la biomasa es determinada a través del peso directo de todos los componentes, por ejemplo, el fuste, las ramas y las hojas para luego realizar la extrapolación de los resultados para el área total. El método indirecto usa factores de expansión o ecuaciones permitiendo la relación de algunas dimensiones básicas obtenidas en campo, además son más fáciles de medir, con características de utilidad. Así, se puede hacer uso de una ecuación que permita el cálculo de la biomasa total de un árbol a través de la medida de su

diámetro. La biomasa área también es conocida por sus siglas en inglés AGB (Above Ground Biomass) (Rugnitz *et al*, 2009, p. 28, 55).

La alometría estudia las pautas en el crecimiento de los seres vivos, así como de proporciones de sus partes con respecto a los volúmenes totales. Las ecuaciones alométricas de biomasa son instrumentos matemáticos que proporcionan de manera sencilla la medida de biomasa de un árbol a través de la medida de otras variables. Dichas ecuaciones son originadas a través de la técnica estadística análisis de regresión., en las que hay un estudio de las relaciones entre la masa de los árboles y sus datos dimensionales como, por ejemplo, la altura o el diámetro. Según la cantidad de variables independientes, la ecuación puede ser una regresión lineal simple o múltiple. Según sean las circunstancias las ecuaciones podrían ser lineales o no lineales (Rugnitz *et al*, 2009, p. 51-52).

Arbusto es toda planta leñosa permanente con una altura que sobrepasa generalmente los 0,5 m, pero no alcanza los 5 m en su madurez y sin un solo vástago principal ni una copa definida (FAO, 2018, p. 27).

Árbol es toda especie leñosa permanente con un solo tronco principal o, en el caso del monte bajo con varios tallos, que tenga una copa más o menos definida. En su etapa de madurez, presenta una altura superior a los 6 m de altura, además, en cada año originan ramas secundarias, los que los hace diferenciarse de los arbustos (FAO, 2018, p. 27).

Las áreas verdes son extensiones importantes para nuestro bienestar contribuyendo a la mejora de la calidad de vida. En varias partes del mundo se han considerado lo fundamental que son las áreas verdes urbanas, para defender la existencia y los favores de estos espacios, asimismo de varias alternativas de mantenimiento y gobierno.

Farroñán (2017, p. 14), menciona que, en la Conferencia de las Naciones Unidas, sobre los Asentamientos Humanos: Hábitat II realizado en 1996, Estambul, Turquía, se estableció que el crecimiento urbano alrededor del mundo se está dando de manera acelerada, y sostuvo que la presencia de áreas verdes es una de las muchas variables que inciden en la tranquilidad de los habitantes. También,

menciona que la OMS propone un estándar promedio de 9 m²/h de áreas verdes. Por otro parte, la Unión Europea recalca lo conveniente que es alcanzar estándares de 10 a 20 m² por habitante.

Mediante observación se pudo determinar que las plantas arbóreas que comúnmente se encuentran en el Parque del “Paseo de las Aguas”, se caracterizan a continuación:

Citrus limon (Limón): Perteneciente a la Orden Sapinales, y Familia Rutaceae, es un árbol pequeño, cuyo fruto es el limón, un híbrido entre *C. medica* y *C. aurantium*, puede alcanzar los 6 m de alto. Con copa abierta muy ramificada. Las hojas miden hasta 10 cm de largo, tienen forma elíptica u ovalada y ligeramente dentadas en los bordes, de color verde oscuro y flores pequeñas. Florecen durante todo el año, pero comúnmente en primavera o verano. Crecen preferentemente a pleno sol, pero toleran un poco de sombra y no aguantan las heladas (Bioenciclopedia, 2015, párr. 2).

Delonix regia (Ponciana): Es de la familia de las fabáceas. Es un árbol nativo de Madagascar, con una altura entre 6 a 8 m. Presenta un follaje espeso y amplio. Es sensible al frío, necesita bastante sol y requiere climas cálidos para subsistir, aunque puede admitir épocas de escasez lluvias y la salinidad. Tiene uso ornamental, paisajístico y como alimento de ganado (SERPAR Lima, 2014).

Ficus benjamina (Ficus benjamina): En Sudamérica se le conoce como caucho benjamina, matapalo o simplemente ficus. Es el árbol oficial de Bangkok, Tailandia. Estas plantas crecen de manera rápida, alcanzando los 30 m de altura. Presenta unas ramas péndulas y hojas verde oscuras de 6 a 13 cm de largo. Necesita sitios muy luminosos, climas cálidos, precisa de riegos moderados y tiene una tolerancia máxima al frío de 5°C (Guía Verde, 2019, párr. 5).

Inga feuilleei (Guaba): Es un árbol familia de las leguminosas, endémica de Perú, Ecuador y Bolivia. Proporciona fertilidad al suelo, hábitat para controladores biológicos, la madera puede ser utilizada para combustible y la fabricación de herramientas. Las ramas y hojas representan un excelente forraje, así que es un

abono orgánico de gran valor. El árbol de guaba puede también utilizarse para crear una cortina corta de vientos (CÓNICA, 2016, párr. 2).

Melia azederach (Melia): Árbol de tamaño mediano, de rápido crecimiento, llegando a alcanzar los 12 m de altura, su copa puede alcanzar entre los 3 a 6 m de diámetro. Presenta una copa frondosa, aparasolada y redondeada. Presenta hojas de color verde oscuro, aserradas, en invierno toman un color dorado. El tronco es generalmente corto y ramificado (SERPAR Lima, 2014, p. 134)

Nerium Oleander (Adelfa): Pertenece a la familia Apocynaceae. Crecen hasta alcanzar los 6 m de altura, su tronco de color pardo-ceniciento y ramillas verdosas o teñidas de pardo o rojizo. Requiere estar en lugar soleados, con climas suaves y sin heladas intensas, y crecer en terrenos fértiles y profundos (Flores y Plantas, 2019, párr. 3).

Persea americana. (Palta): Es la especie más conocida del género *Persea*. Es originaria de México y Centro América. Puede alcanzar una altura de hasta 15 m, tiene un tronco recto y reducido, su cubierta es parduzca, un poco rugosa, su copa es ancha y muy frondosa, sus hojas color verdosa tendiendo a oscuras, sus flores son pequeñas y verdes. Se considera un cultivo permanente, ya que se cultiva en todo el año (SERPAR Lima, 2014, 265).

Pinus teocote Schlecht. et Cham (Pino): Este árbol puede tener una altura entre 8 a 35 m y un diámetro de 30 cm a 60 cm. Su corteza es rugosa, y de color gris oscuro, pero cuando está maduro puede presentar una corteza rojiza. Las hojas son de color verde claro, delgadas y rígidas, de 5 a 18 cm de largo. Es una especie relevante por su distribución y abundancia porque tiene una madera dura, fuerte y muy apreciada por las industrias (De La Paz y Dávalos, 2016, p. 114).

Pouteria sapota (Mamey): Pertenece a la familia de las sapotáceas. Es un árbol ornamental, puede llegar a medir 20-25 m de alto; normalmente tiene una copa simétrica o irregular, sus ramas son gruesas y tiene denso follaje, las hojas ovaladas, los frutos son fusiformes, pudiendo llegar a pesar incluso 3 kg en su mayoría. La importancia ecológica radica en su altura, suelo, temperatura y la lluvia, debido a que podrían recortar el territorio para el cultivo y también podrían

considerarse como las causas más significantes para su crecimiento. (Morera, 1991, párr. 7).

Psidium guajava (Guayaba): Árbol pequeño, con una altura máxima de 10 m y 30 cm de diámetro, generalmente retorcido y muy ramificado, la amplitud de su copa es entre 7-14 m. Su madera es dura, su corteza es grisácea, descamación frecuente, presentando manchas. Las hojas pueden ser simples o elípticas, verdes variando de brillante a pardo. Se adaptan a gran variedad de suelos, con una tasa de crecimiento rápido, requiere mucha luz solar y su rango altitudinal está entre los 0 y 2000 msnm (UEIA, 2014).

Schinus molle (molle de sierra): Originario de Perú. Árbol mediano, llegando a medir aproximadamente 15 m de alto y con un grosor de 30 cm, su corteza externa es de color grisácea o café, sus hojas son alternas, frutos con forma globosa. Puede resistir el frío, pero prefiere condiciones climáticas tropicales y templadas con temperaturas aproximadas a 12,8°C y 16,4 °C. Es usado mayormente para arborizar ciudades, gracias a su belleza, bajo sostenimiento y la capacidad de resistir la escasez de agua. Se usan también para el repoblamiento de especies arbóreas de cuencas, proteger riberas de ríos, control de erosión de laderas, etc. (SERPAR Lima, 2014, p. 211).

Schinus terebinthifolius (Molle costeño): Árbol pequeño excelente para zonas costeras, con una altura entre 7 a 10 m de alto, de color verde oscuro, hojas con ramificaciones muy amplias, su copa es espesa y tronco resquebrajado. Opta por estar en lugares soleados, pero es muy tolerante a las fuertes sequías. Su adaptación a los tipos de suelo es positiva, resiste también a las plagas y a la elevada contaminación. Es usado como árbol de alineación y en jardines, también como planta medicinal (SERPAR Lima, 2014, 201).

Spathodea campanulata (Tulipán africano): Género monotípico de fanerógamas pertenecientes a la familia Bignoniaceae. Nativo monotípico de la zona intertropical africana. Es un árbol de 10 a 12 m de altura, y con diámetro de 60 cm., su copa es pequeña, redonda, con un grosor menor a los 4 m y con tronco elevado, tiene un follaje de color verde oscuro, posee flores que varían de anaranjadas a rojas de forma acampanada. Crece en suelos ácidos y alcalinos, en zonas secas y húmedas

y a un rango altitudinal entre 0 a 2000 msnm., su tasa de crecimiento es rápida y requiere mucha luminosidad. Se planta extensivamente como árbol ornamental en muchos países (SERPAR Lima, 2014, p. 338).

Washingtonia filifera (Árbol palma): Pertenece a la familia de las Arecáceas. En condiciones favorables pueden alcanzar los 20 m de altura, otras, incluso los 30 m y con la base ensanchada, presenta hojas palmadas y el tronco es mucho más delgado y alto, de unos 60-80 cm. Palmas de gran valor ornamental, distribuidas en todas las zonas de clima mediterráneo, donde prácticamente se han naturalizado. No tiene ninguna exigencia de cultivo, además de una posición a pleno sol, pero crece mejor en suelos alcalinos, incluso semi-áridos y pobres, y es bastante resistente a bajas temperaturas (Puccio, 2003, párr. 4).

II. METODOLOGÍA

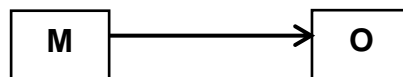
2.1 Tipo y diseño de investigación

2.1.1. Tipo de investigación.

El tipo de investigación es descriptivo, ya que la muestra fue caracterizada, a la cual se le tomaron los respectivos datos y se realizó una descripción de los resultados obtenidos; además es de enfoque transversal porque todos los datos se tomaron al mismo tiempo.

2.1.2. Diseño de investigación.

El diseño de la investigación es del tipo no experimental, transversal-descriptivo simple, puesto que no hubo manipulación de la variable, sino que se describió tal y como se encontró en su contexto natural. Su representación, es:



Dónde:

M: Representa los árboles que serán muestreados.

O: Representa la estimación de captura de CO₂ de la variable de estudio.

2.2 Variables y operacionalización

El tipo de variable, es cuantitativo, y de acuerdo al tipo de investigación, se determinó la siguiente variable: (Ver anexo 1 y 2).

Variable: Captura de CO₂ de los árboles.

2.3 Población, muestra y muestreo

2.3.1. Población.

La población estuvo conformada por las 14 especies arbóreas presentes en el "Paseo de las Aguas", conformada por 265 árboles, en una extensión de 1.3 km², dividida en 6 áreas verdes por cruces vehiculares, como se muestra en el Anexo 3.

2.3.2. Muestra.

De las 14 especies arbóreas encontradas, *Delonix regia* (22 unidades), *Melia azadarach* (26 unidades) y *Schinus terebinthifolius* (193 unidades) sobrepasan las 20 unidades de árboles en comparación con los demás restantes que son menores a 8 unidades de árboles. (Ver Anexo 4). Debido a ello se determinó una muestra representativa mediante fórmulas para las 3 especies arbóreas de mayor presencia y de las 11 especies restantes se tomó la cantidad tal como se encontró.

Cálculo del tamaño de muestra conociendo la población:

$$N = \frac{N * Z^2 p * q}{d^2(N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Dónde:

N = Población total.

Z = 1.96 (seguridad del 95 %)

p = (en este caso 5% = 0,05)

q = 1 – p (1 – 0,05 = 0,95)

d = precisión (5%)

❖ Muestra *Delonix regia*:

$$N = \frac{22 * (1.96)^2 * 0.05 * 0.95}{0.05^2(22 - 1) + 1.96^2 * 0.05 * 0.95}$$

$$N \approx 18$$

❖ Muestra *Melia azadarach*:

$$N = \frac{26 * (1.96)^2 * 0.05 * 0.95}{0.05^2(26 - 1) + 1.96^2 * 0.05 * 0.95}$$

$$N \approx 19$$

❖ Muestra *Schinus terebinthifolius*:

$$N = \frac{193 * (1.96)^2 * 0.05 * 0.95}{0.05^2(137 - 1) + 1.96^2 0.05 * 0.95}$$

$$N \approx 53$$

2.3.3. Muestreo.

El tipo de muestreo para la investigación es no probabilístico, por conveniencia estratificado.

2.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, Validez y Confiabilidad

2.4.1. Técnicas.

La técnica aplicada para la recabación de datos fue la observación directa. Dicha técnica se efectuó tras la identificación y cuantificación in situ de las especies el día 01 de noviembre del 2019. Posteriormente, se midió la circunferencia del tronco del árbol para el DAP además de su altura total el día 22 de noviembre del 2019. (Ver Anexo 3).

Otra técnica empleada fue el análisis documental.

2.4.2. Instrumentos de recolección de datos.

- Libreta de campo
- Cámara fotográfica
- Ficha bibliográfica
- Cinta métrica
- Ficha de datos
- Material bibliográfico
- Distanciómetro láser marca BOSCH GLM 50C
- Laptop

2.4.3. Validez y Confiabilidad

El distanciómetro láser marca BOSCH GLM 50C presenta múltiples funciones, como la medición de la longitud en tiempo real, área y volumen; ofrece, además, la transferencia rápida y eficiente de los datos a través de Bluetooth, un manejo más sencillo, pantalla a color; además de grandes funciones, como la de marcado, un sensor de inclinación de 306°, de esta manera se puedan realizar las mediciones de ángulos más fácilmente, y por último las aplicaciones de nivelación.

La libreta de campo sirvió para cuantificar las especies arbóreas presentes en toda la extensión del “Paseo de las Aguas”.

La ficha de datos sirvió para anotar las mediciones efectuadas del DAP y la Altura Total del árbol facilitando el procesamiento de los mismos como se muestra en el Anexo 7.

2.5 Procedimiento

2.5.1. Metodología para la determinación de captura de CO₂.

El procedimiento para la elaboración del proyecto se realizó en dos fases, utilizando métodos no destructivos.

Fase de campo

Para la determinación y cuantificación de las especies totales arbóreas, primero se identificó el área de estudio “Paseo de las Aguas”, el cual estaba conformada por seis parques, separados por una vía de tránsito de vehículos, como se muestra en el Anexo 3. Luego, se procedió a contabilizar las especies arbóreas de toda el área identificándolos por su nombre común; además se realizaron capturas fotográficas, con el fin de determinar el nombre científico de cada especie mediante el uso de internet.

La medición del DAP y de la Altura total del árbol sólo se realizó en aquellas especies representativas que más contribuyen a la cobertura del área del parque, que representan un mayor número de árboles y un dominio significativo de la flora arbórea, las especies son: *Schinus terebinthifolius*, *Delonix regia* y *Melia azedarach*.

Los árboles medidos fueron seleccionados por conveniencia sin dejar de ser una muestra representativa.

Mediante el uso de una cinta métrica se procedió a medir la circunferencia del tronco a la altura del pecho (1.40 m) con el fin de que luego se determine el DAP.

Para la medición de la Altura Total del árbol, se empleó un distanciómetro laser marca BOSH GLM 50C, se efectuaron 3 mediciones por árbol para luego obtener el promedio de la Altura Total. (Ver Anexo 3).

Fase de procesamiento de datos

Los datos recogidos fueron procesados en gabinete.

Para obtener la Densidad Poblacional (árbol/área), se empleó la siguiente fórmula según (MINAM, 2015, p. 33):

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

Donde:

N: Número de Árboles

A: Área en metros cuadrados

Según MINAM (2015, p. 33), para obtener DAP mediante la medida de la circunferencia del tronco a 1.40 m del suelo se empleó la siguiente fórmula del diámetro de una circunferencia:

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

Dónde:

DAP = Diámetro Altura Pecho

C = Circunferencia del Tronco a 1.40 m del suelo.

$\pi = pi$

Se calculó mediante el Excel el promedio de la Altura Total del árbol.

Se procedió a determinar la biomasa arbórea aérea viva de cada uno de las tres especies:

❖ ***Schinus terebinthifolius***

Para la determinación de la biomasa arbórea aérea se empleó la siguiente ecuación alométrica:

$$BAA = -0.325050 + 0.26115 * DAP^2$$

Dónde:

BAA = Biomasa Arbórea Aérea (kg)

DAP = Diámetro Altura del Pecho (cm)

At. = Altura total (m)

Adaptado al idioma español de (Inoue *et al*, 2015, p. 4).

❖ ***Delonix regia***

Para el cálculo de la biomasa arbórea aérea se empleó la siguiente ecuación alométrica:

$$BAA = 0.0612 * (DAP * At.)^{1.5811}$$

Dónde:

BAA = Biomasa Arbórea Aérea (kg)

DAP = Diámetro Altura del Pecho (cm)

At. = Altura total (m)

Adaptado al idioma español de (Kathik *et al*, 2015, p. 95).

❖ **Melia azedarach**

Para calcular la biomasa arbórea aérea se empleó la siguiente ecuación alométrica:

$$BAA = -0.066 + 0.139(DAP)^2$$

Dónde:

BAA = Biomasa Arbórea Aérea (kg)

DAP = Diámetro Altura del Pecho (cm)

At. = Altura total (m)

Tomado y adaptado al idioma español de (Ramah, 2017, p.6).

Carbono Almacenado:

Estimación de la cantidad del carbono almacenado, se obtiene mediante la siguiente fórmula: (Cabudivo, 2017, p. 21).

$$CA = BAA \times Fc$$

Dónde:

CA = Carbono Almacenado (kg)

BAA = Biomasa Arbórea Aérea (kg)

Fc = 0.5

Captura CO₂:

En la determinación de la captura CO₂, se determina mediante la siguiente fórmula: (Cabudivo, 2017, p. 21; Aldana, 2017)

$$CO_2 = CA \times Fc$$

Dónde:

CO₂ = Dióxido de Carbono capturado

CA = Carbono Almacenado (kg)

F_c = Factor de conversión del CO₂ (44/12 = 3.667)

2.6 Método de análisis de datos

El procesamiento de los análisis obtenidos se realizó en Excel, en donde se aplicó la estadística descriptiva tanto de la masa almacenada, acumulada y la captura de CO₂ de las tres especies arbóreas representativas.

2.7 Aspectos éticos

La investigación respeta la autoría de las fuentes de información, ya que las citas se realizaron adecuadamente mediante el estilo ISO 690, asimismo, se cumplen con las indicaciones y protocolos de la UCV en la elaboración de proyecto, con el uso del Turnitin para no incurrir en el plagio, por otro lado, la información detallada en la investigación es verídica, ya que se utilizaron fuentes confiables de datos.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 RESULTADOS

A continuación, cumpliendo con los objetivos, se presentan los siguientes resultados:

Objetivo: Cuantificar las especies arbóreas existentes y determinar la densidad poblacional de árboles por área en el “Paseo de las Aguas”.

En la presente tabla se presenta la cantidad de especies arbóreas que se encuentran en el lugar de estudio.

Tabla 1. Cantidad de especies arbóreas encontradas en el “Paseo de las Aguas”

N°	Especies arbóreas	Cantidad	%
1	<i>Citrus limon</i>	1	0.38
2	<i>Delonix regia</i>	23	8.68
3	<i>Melia azedarach</i>	26	9.81
4	<i>Pinus teocote Schlecht. et Cham.</i>	8	3.02
5	<i>Spathodea campanulata</i>	4	1.51
6	<i>Ficus benjamina</i>	1	0.38
7	<i>Inga feuilleei</i>	1	0.38
8	<i>Nerium Oleander</i>	1	0.38
9	<i>Persea sp.</i>	2	0.75
10	<i>Pouteria sapota</i>	1	0.38
11	<i>Psidium guajava</i>	2	0.75
12	<i>Schinus terebinthifolius</i>	193	72.83
13	<i>Washingtonia filifera</i>	1	0.38
14	<i>Shinus molle</i>	1	0.38
Total		265	100.00

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: El número total de especies identificadas fueron 14, las cuales hicieron un total de 265 árboles, encontrándose en mayor cantidad la especie *Schinus terebinthifolius* con 193 árboles, seguido del *Melia azedarach*, con 26 árboles y finalmente el *Delonix regia*, con 23 árboles. Las cuales conforman las tres especies más representativas para la realización del muestreo.

En la siguiente tabla se muestran la cantidad de árboles por área, de las cuales se le calcularon la densidad poblacional.

Tabla 2. Densidad poblacional de los árboles del “Paseo de las Aguas”, según el área en donde se encuentran

Área del parque	N° árboles	Área (m ²)	Densidad poblacional por parque (árbol/m ²)
A	57	2670.84	0.02
B	35	1390.08	0.03
C	70	2997.93	0.02
D	15	1640.96	0.01
E	67	3199.57	0.02
F	21	1400.17	0.01
Total	265	13299.55	0.02

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La densidad poblacional total del Paseo de las Aguas fue de 0.02 árboles/m². Observándose que el área en que se tuvo mayor densidad fue el área B, con una densidad de 0.03 árboles/m².

Objetivo: Determinar la biomasa almacenada en los árboles de las tres especies más representativas (*Delonix regia*, *Schinus terebinthifolius* y *Melia azedarach*), utilizando ecuaciones alométricas.

En la siguiente tabla se presenta la biomasa acumulada de las tres especies arbóreas más representativas.

Tabla 3. *Biomasa de las tres especies arbóreas representativas del “Paseo de las Aguas”*

Especies arbóreas	Biomasa acumulada (kg)
<i>Shinus terebinthifolius</i>	18653.13
<i>Delonix regia</i>	3123.2
<i>Melia azedarach</i>	2602.04
Total de biomasa	24378.37

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La biomasa acumulada total es de 24378.37 kg. La especie que presenta mayor biomasa acumulada es *Shinus terebinthifolius*, con 18653.13 kg, mientras que la especie que presenta menor biomasa acumulada es *Melia azedarach*, con 2602.04 kg.

En la siguiente tabla se presenta la cantidad de CO₂ capturado por las tres especies arbóreas más representativas.

Tabla 4. *Captura de CO₂ de las tres especies arbóreas representativas del “Paseo de las Aguas”*

Especies arbóreas	Captura de CO₂ (kg)
<i>Shinus terebinthifolius</i>	34200.52
<i>Delonix regia</i>	5726.39
<i>Melia azedarach</i>	4770.84
Total de CO₂	44697.75

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La captura de CO₂ total es de 44697.75 kg. La especie que presenta mayor captura de CO₂ es *Shinus terebinthifolius*, con 34200.52 kg, mientras que la especie que presenta menor biomasa almacenada es *Melia azedarach*, menor captura de CO₂ con 4770.84 kg.

En la siguiente tabla se presenta la cantidad de Biomasa almacenada por la especie *Delonix regia*.

Tabla 5. Estadístico de la biomasa almacenada de la especie *Delonix regia*

Biomasa almacenada (kg)	
Media	183.72
Error típico	26.67
Mediana	177.46
Desviación estándar	109.97
Varianza de la muestra	12093.14
Coefficiente de asimetría	0.81
Rango	383.44
Mínimo	43.13
Máximo	426.56
Suma	3123.20263
Cuenta	17

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se observa que la media de biomasa acumulada de *Delonix regia* es de 183.72 kg, presenta una desviación estándar de 109.97 y el máximo y mínimo de biomasa almacenada tienen 426.56 kg y 43.13 kg respectivamente.

En la siguiente tabla se presenta la cantidad de Biomasa almacenada por la especie *Shinus terebinthifolius*.

Tabla 6. Estadístico de la biomasa almacenada de la especie *Shinus terebinthifolius*

Biomasa almacenada (kg)	
Media	351.95
Error típico	29.58
Mediana	319.85
Moda	419.76
Desviación estándar	215.35
Varianza de la muestra	46374.60
Coefficiente de asimetría	1.07
Rango	1026.91
Mínimo	-0.33
Máximo	1026.59
Suma	18653.13
Cuenta	53

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La media de biomasa almacenada de *Shinus terebinthifolius* es de 351.945883 kg, presenta una desviación estándar de 215.35 y el mínimo y máximo de biomasa acumulada tienen -0.33 kg y 1026.59 kg respectivamente, el resultado mínimo negativo se debe a que los datos de DAP y la altura no cumplen con los requisitos necesarios para la aplicación de la ecuación alométrica.

En la siguiente tabla se presenta la cantidad de Biomasa almacenada por la especie *Melia azedarach*.

Tabla 7. Estadístico de la biomasa almacenada de la especie *Melia azedarach*

Biomasa almacenada (kg)	
Media	136.95
Error típico	17.44
Mediana	124.38
Moda	143.60
Desviación estándar	76.02
Varianza de la muestra	5778.87
Coefficiente de asimetría	2.61
Rango	352.88
Mínimo	54.07
Máximo	406.95
Suma	2602.04
Cuenta	19

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La media de biomasa almacenada de *Melia azedarach* es de 136.95 kg, presenta una desviación estándar de 76.02 y el máximo y mínimo de biomasa acumulada tienen 406.95 kg y 54.07 kg respectivamente.

Objetivo: Estimar la cantidad de CO₂ capturado en los árboles de las especies seleccionados como muestra.

En la siguiente tabla se presenta la cantidad de captura de CO₂ de la especie *Delonix regia*.

Tabla 8. Estadístico de la captura de CO₂ de la especie *Delonix regia*

Captura de CO₂ (kg)	
Media	336.85
Error típico	48.90
Mediana	325.37
Desviación estándar	201.63
Varianza de la muestra	40653.79
Coefficiente de asimetría	0.81
Rango	703.03
Mínimo	79.07
Máximo	782.11
Suma	5726.39
Cuenta	17

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La media de captura de CO₂ de *Delonix regia* es de 136.95 kg, presenta una desviación estándar de 201.72 y el máximo y mínimo de biomasa acumulada tienen 782.1 kg y 79.07 kg respectivamente.

En la siguiente tabla se presenta la cantidad de captura de CO₂ de la especie *Shinus terebinthifolius*.

Tabla 9. Análisis estadístico de la captura de CO₂ de la especie *Shinus terebinthifolius*

Captura de CO₂ (kg)	
Media	645.29
Error típico	54.24
Mediana	586.44
Moda	769.64
Desviación estándar	394.84
Varianza de la muestra	155898.52
Curtosis	1.32
Coefficiente de asimetría	1.07
Rango	1882.84
Mínimo	-0.60
Máximo	1882.24
Suma	34200.52
Cuenta	53

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La media de captura de CO₂ de *Shinus terebinthifolius* es de 645.95 kg, presenta una desviación estándar de 394.84 y el máximo y mínimo de biomasa acumulada tienen 1882.24 kg y -0.60 kg respectivamente. El resultado negativo se debe a que los datos de DAP y la altura no cumplen con los requisitos necesarios para la aplicación de la ecuación alométrica.

En la siguiente tabla se presenta la cantidad de captura de CO₂ de la especie *Melia azedarach*.

Tabla 10. Estadístico de la captura de CO₂ de la especie *Melia azedarach*

Captura de CO₂ (kg)	
Media	251.1
Error típico	31.98
Mediana	228.04
Moda	263.30
Desviación estándar	139.38
Varianza de la muestra	19426.94
Coefficiente de asimetría	2.61
Rango	647.00
Mínimo	99.14
Máximo	746.15
Suma	4770.84
Cuenta	19

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La media de captura de CO₂ del *Melia azedarach* es de 251.1 kg, presenta una desviación estándar de 139.39 y el máximo y mínimo de biomasa acumulada tienen 746.15 kg y 99.14 kg respectivamente.

3.2 DISCUSIÓN

La investigación desarrollada tuvo como objetivo general estimar que cantidad de CO₂ que capturan las especies arbóreas más representativas del “Paseo de las Aguas” del distrito de Víctor Larco, mediante el uso de ecuaciones alométricas. De los resultados obtenidos de CO₂ capturado por especie, se tiene a *Delonix regia* con un total de 5726.39 kg de CO₂, de la especie *Melia azedarach* un total de captura de 4770.835 kg de CO₂ y en la especie *Schinus terebinthifolius* la captura total fue de 34200.52 kg de CO₂.

Domínguez (2016), menciona que para un DAP de 30 cm obtuvo como resultado 25.730 kg/año de CO₂ capturado en la especie *Schinus terebinthifolius* y en contraste en esta investigación para un DAP de 30 cm se obtuvo 494.31 kg y para el caso de la *Melia azedarach* para un DAP de 21 cm obtuvo 1.205 kg/año de CO₂ capturado y en esta investigación una cantidad de 133.742 kg de CO₂ capturado, es necesario considerar que los datos obtenidos por Domínguez (2016) está en función de kg/año, por lo que se debe tener en cuenta el tiempo de vida de la especie como dato. Rahmah (2017) menciona que conforme a la fórmula alométricas empleada en esta investigación en la especie *Melia azedarach*, obtuvo 7.720 mg.ha⁻¹ de CO₂ capturado que equivale a 7720 kg.árbol, en contraste a los 5726.39 kg de CO₂ determinados en esta investigación. En cuanto a la *Delonix regia*, Karthik (2015) divide los árboles en clases dimétricos, sin embargo, teniendo en cuenta los resultados de esta investigación, los datos obtenidos del DAP entre el rango de 20 cm a 45 cm obtuvo un promedio 300.89 kg de CO₂ capturado y en contraste en esta investigación, teniendo en cuenta este rango, se obtuvo un promedio de 336.85 kg de CO₂ capturado.

Es evidente la importancia que tienen las especies de plantas arbóreas en la lucha contra el cambio climático, están se encuentran formando parte de las áreas verdes dentro de las ciudades convirtiéndose en un importante pulmón para ellas, ante el aumento de la contaminación de CO₂.

En los resultados obtenidos por Maylle (2017) se observa que una de las especies que obtuvo mayor cantidad en la captura de carbono es la que comúnmente se conoce como Ponciana (*Melia azedarach*) con 107,106 kg de carbono capturado,

en esta investigación determino un promedio de captura 68.475 kg de carbono, dicho valor varía en cuenta a la altura del árbol, el DAP, entre otros factores propias de cada árbol. Los datos obtenidos solo toman en cuenta la biomasa área de cada especie, mientras que lo determinado por Maylle (2017) toma en cuenta toda la biomasa acumulada del árbol, entre ellos la raíces.

En cuanto a la especie *Shinus*, la cual tiene mayor presencia en el parque estudiado en esta investigación, se determinó un promedio de 179.36 kg de carbono capturado, Aldana (2018) obtuvo un resultado de 156.41 kg de carbono capturado en la misma especie en la ciudad de Lima, cabe recalcar que los resultados obtenidos solo tuvieron en cuenta la biomasa aérea y no la biomasa de las raíces.

El uso de las ecuaciones alométricas en la determinación de la biomasa acumulada, contribuye de forma significativa en la preservación del árbol ya que es una técnica no destructiva, útil para zonas donde no existe la posibilidad de extraer el árbol debido a los conflictos que se generaría, así como lo menciona Patiño et al (2018), quien realizó un estudio de determinación de la biomasa en árboles leñosos y frutales que no podrían ser cortados y utilizó las ecuaciones alométricas para dicho propósito, y Rüginitz et al (2009) quien sugiere la alternativa del uso de las ecuaciones alométricas dependiendo de la accesibilidad en que se presenta la investigación.

Las áreas verdes presentes en las zonas urbanas, conformada en su mayoría por especies de plantas arbóreas, son la mejor forma de contribuir a la lucha del cambio climático en la reducción del CO₂. Mediante este estudio se ha comprobado que las especies arbóreas, además de proveer de muchos beneficios ambientales como la regulación de la temperatura ambiental, belleza paisajística, refugio para aves e insectos, entre otros, son muy buenos aliados en la captura de CO₂ y provisión de oxígeno, beneficios que como Godoy (2020) menciona, no se encuentran en las máquinas industriales de captura de CO₂ que se están proponiendo como alternativa en la actualidad, éstas máquinas sugieren el gasto de energía para su funcionamiento, además de estructuras para su almacenamiento.

IV. CONCLUSIONES

- Se logró conocer y cuantificar las especies arbóreas existentes en el “Paseo de las Aguas”, de las cuales se obtuvieron un total de 265 árboles, de 14 especies presentes. Las 3 especies con mayor presencia fueron: *Delonix regia*, *Melia azedarach* y *Schinus terebinthifolius*. La Densidad Poblacional obtenida de toda la extensión del área del Paseo de las Aguas es de 0.02 árboles/m².
- La Biomasa Arbórea Aérea (BAA) de cada una de las 3 especies representativas del “Paseo de las Aguas” mediante el uso de ecuaciones alométricas fue el siguiente: la especie *Delonix regia*, reportó una biomasa aproximada de 3123 kg, la especie *Melia azedarach* reportó 2602.04 kg de biomasa y la especie *Schinus terebinthifolius* reportó 18653 kg de biomasa total.
- La captura alcanzada de CO₂, fue la siguiente: la especie *Delonix regia* un total de 5726.39 kg de CO₂, la especie *Melia azedarach* un total de captura de 4770.835 kg de CO₂ y la especie *Schinus terebinthifolius* la captura fue de un total de 34200.52 kg de CO₂.

V. RECOMENDACIONES

- Utilizar instrumentos precisos para la correcta toma de datos.
- Realizar la toma de datos de manera repetitiva para asegurar la confiabilidad de los resultados.
- Utilizar fórmulas alométricas teniendo en cuenta la especie de árbol y las condiciones en las que se encuentre. Estas fórmulas deben considerar los aspectos físicos del lugar en donde se aplicará.
- Es necesario realizar un estudio sobre las emisiones de CO₂ equivalente con el propósito de hacer un balance sobre el aporte ambiental de los árboles de la ciudad.

REFERENCIAS

AGUARON, Elena y MCPHERSON, George. Comparison of Methods for Estimating Carbon Dioxide Storage by Sacramento's Urban Forest [en línea]. Ney York: United States Departament of Agriculture, 2012. Disponible en: <https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/40519>

ALDANA, Rossybeth. Equilibrio entre el CO₂ del ambiente y CO₂ capturado por biomasa de especies forestales ornamentales y en el suelo en la Av. Trapiche, Comas 2017. Tesis (Ingeniera Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2018. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/13053>

AMAYA, Carlos [et al]. Identificación de la Variación de Captura de Carbono por el Aprovechamiento Forestal en la Mega Obra el Tercer Carril en la Ciudad de Bucaramanga. Bucaramanga: Universidad Tecnológica de Santander. [Fecha de consulta: 3 de octubre de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/1644>

ISSN: 2414-6390

ANGULO, Carlos, Capacidad de adsorción de material particulado de la especie arbórea *ficus benjamina* en el parque zonal "Mayta Cápac", San Martín de Porres. Tesis (Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Nacional Federico Villareal, 2018. Disponible en: <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2309>

ARBOLAPP CANARIAS, Árboles Silvestres. [en línea]. Gran Canaria: Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), 2019. [fecha de consulta: 6 de noviembre de 2019]. Disponible en: <http://www.arbolappcanarias.es/especies/ficha/cupressus-macrocarpa/>

BIOENCICLOPEDIA, Limonero. [en línea]. México: 2015. [fecha de consulta: 06 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://www.bioenciclopedia.com/limonero/>

CABUDIVO, Kelvin. Secuestro de CO₂ y producción de oxígeno en árboles urbanos de la Av. Abelardo Quiñones – Distrito de San Juan Bautista, Loreto – Perú, 2016. Tesis (Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales). Iquitos: Universidad Nacional

de la Amazonía Peruana, 2016. Disponible en: http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4694/Kelvin_Tesis_Titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CAICEDO, Silvia y HERRERA, Laura. Determinación de la cantidad de CO₂ capturado y O₂ producido por los diferentes biotopos en el humedal Santa María del Lago. Tesis (Ingeniero Ambiental). Bogotá: Universidad Santo Tomas, 2015. en: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/2887>

CARVAJAL, Micaela, [et al]. Investigación sobre la absorción de CO₂ por los cultivos más representativos. [en línea]. España: Consejo Superior de Investigación Científica. CSIC 2011. [Consultado del 03 de octubre del 2019]. Disponible en: http://www.lessco2.es/pdfs/noticias/ponencia_cisc_espanol.pdf

COOK-PATTON, S.C. [et al]. Mapping carbon accumulation potential from global natural forest regrowth. Nature [en línea]. Septiembre 2020, Vol 585. [Fecha de consulta: 06 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41586-020-2686-x>

CÓNICA [en línea]. Ica, 2016. [Fecha de consulta: 06 de noviembre de 2019]. Disponible en: <http://www.conservamosica.org/conica/colio/acacia-macracantha-leguminosae-2/>

COSVALENTE, Iván, [et al]. Caracterización del Departamento de La Libertad [en línea]. Perú: Banco Central Reserva del Perú, 2018. [Fecha de consulta: 3 de octubre de 2019]. Disponible en: <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Trujillo/la-libertad-caracterizacion.pdf>

DE LA PAZ, Carmen, DÁVALOS-SOTELO, Raymundo. Anatomía de la madera de seis especies de Pinus (Pinaceae) del estado de Durango. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, México [en línea]. 2016, vol. 22, núm. 3, pp. 113-132. [Fecha de consulta: 6 de noviembre de 2019]. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61749747010>

ISSN 1405-0471

DOMÍNGUEZ, Ana. Estimaciones de captura de los parques y emisiones de CO₂ vehicular en Tijuana, B.C. Tesis (Magister en Administración Integral del Ambiente). Tijuana: Colegio de la Frontera del Norte, 2016. Disponible en: <http://colef.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1014/198>

FAO, Inventario Forestal Nacional Nicaragua [en línea]. Nicaragua: Instituto Nacional Forestal, 2010. [Fecha de consulta: 16 de octubre de 2019]. Capítulo 6. Biomasa y captura de carbono. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=L7FCM8nQ8g8C&pg=RA2-PR26&dq=biomasa+arborea+importancia&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjy45z9uKbIAhXSzIkKHaWnAIYQ6AEILzAB#v=onepage&q&f=false>

ISBN: 9789992408469.

FAO. Términos y Definiciones FRA 2020 [en línea]. Roma: Evaluación de los Recursos Forestales, 2018, n°188. Disponible en: <http://www.fao.org/3/l8661ES/i8661es.pdf>

FARROÑAN, Fanny. Valoración económica de escasas áreas verdes urbanas en el Distrito de La Victoria-Chiclayo. Tesis (Economista). Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2017. Disponible en: <http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12423/854>

GODOY, E., 2020. América Latina Ante Futuro Energético De Captura De CO₂ e Hidrógeno. New York: octubre 2020, ProQuest Central. Disponible en: <https://search.proquest.com/docview/2452238030/9E4A586312104801PQ/1?accountid=37408>

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Cambio Climático 2014 [en línea]. Suiza, 2015. [Fecha de consulta: 19 de octubre de 2019]. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf

INOUE, Mateus, [et al.]. Equações de Biomassa para Aroeira-Pimenteira (*Schinus terebinthifolius* RADDI) [En línea]. Curitiba: Enciclopedia Biósfera, 2015. [Fecha de consulta: 03 de diciembre del 2019]. Disponible en:

<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015c/agrarias/equacoes%20da%20biomassa.pdf>

Inventario de gases de efecto invernadero (GEI), línea base y opciones de mitigación. [en línea]. SEGAT, setiembre, 2012. Disponible en: <http://sial.segat.gob.pe/documentos/inventario-gases-efecto-invernadero-gei-linea-base-opciones>

KARTHIK, Vivin, y EBRAHIM, Mohamed. Estimation of above Ground Biomass of Trees in BITS-PILANI, Dubai Campus. Volume 85. Dubai: 4th International Conference on Environmental, Energy and Biotechnology, 2015. Disponible en: http://www.ipcbee.com/vol85/rp017_ICEEB2015-S3034.pdf

La realidad del transporte actual en Trujillo. Transporte Metropolitano de Trujillo. [en línea]. Trujillo: Boletín Institucional. Fecha de publicación: julio de 2015. [Fecha de consulta: 19 de octubre de 2019]. Disponible en: <https://www.tmt.gob.pe/descargar.php?cod=a04f76b201ea9419ff314242d8ccf12a&BOL=BOL&file=79f205e480e37225c0f3BoletinTMT07-201504.pdf>

LATIF, M.A. y ZAHIRUL, S.M. Growth, Yield, Volume, and Biomass Equation and Tables for Important Trees in Bangladesh. [en línea]. Bangladesh: Forest Research Institute, Chittagong, 2014. Disponible en: http://bfri.portal.gov.bd/sites/default/files/files/bfri.portal.gov.bd/page/1ce7c39b_76bd_424d_b656_f2fa52e0677c/Growth%20and%20Yield%20model.pdf

MAHMOOD, Hossain. [et al.]. A critical review and database of biomass and volume allometric equation for trees and shrubs of Bangladesh. Bangladesh: International Conference on Water Resource and Environment. [en línea]. Setiembre, 2016. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/307900900_A_critical_review_and_data_base_of_biomass_and_volume_allometric_equation_for_trees_and_shrubs_of_Bangladesh

MAYLLE, Enith, Determinación de cantidades de carbono secuestrado por las áreas verdes del distrito de Callería, provincia de Coronel Portillo, Ucayali 2015. Tesis (Magister en Medio Ambiente, Gestión Sostenible y Responsabilidad Social.

Pucallpa: Universidad Nacional de Ucayali, 2017. Disponible en: <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3875>

MCPHERSON, George, [et al]. Urban tree database and allometric equations. EE.UU: United States Department of Agriculture [en línea]. Octubre 2016. Disponible en: <https://www.fs.usda.gov/treeearch/pubs/all/52933>

Ministerio para la Transición Ecológica, Guía para la estimación de absorciones de dióxido de carbono [en línea]. Madrid, mayo, 2019. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guiapa_tcm30-479094.pdf

MORERA, J. A. La agricultura en Mesoamérica. Unidad de Recursos Genéticos, CATIE/GTZ [en línea]. Turrialba, 1991. [fecha de consulta: 6 de noviembre de 2019]. Disponible en: http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/pr odveg/cdrom/contenido/libro09/Cap2_7.htm#auto

MOSQUERA, Ricardo. Determinación de las Reservas Totales de Carbono en el Bosque de *Polylepis spp.* Quebrada de Llaca – Parque Nacional Huascarán, 2014 Tesis (Magister en Ciencias e Ingeniería Mención en Gestión Ambiental). Huaraz: Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”, 2018. Disponible en: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2149?show=full>

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VÍCTOR LARCO HERRERA. Plan Local de Seguridad ciudadana. 31 de enero de 2018. [Fecha de consulta: 3 octubre de 2019]. Disponible en: <http://munivictorlarco.gob.pe/portal/descargas/Transparencia/Codisec/Plan%20de%20Seguridad%20Ciudadana/Planseg2018.pdf>

MUNICIPALIDAD METROPOLITANA DE LIMA. [en línea]. Lima: SERPAR Parques de Lima, Guía virtual árboles en Lima. Abril, 2014. [Fecha de consulta: 3 octubre de 2019]. Disponible en: https://es.slideshare.net/USB_DIPLOMADO/guia-de-arboles-en-la-ciudad-de-lima

OCAMPO, Natalia. Fotosíntesis [en línea]. México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. [Fecha de consulta: 3 octubre de 2019]. Disponible en: https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Lectura/bachillerato/documentos/2014/LEC_T110.pdf

Parque automotor de Trujillo es uno de los más dinámicos en el país [en línea]. Diario La República. Febrero 2017. [Fecha de consulta: 3 octubre de 2019]. Disponible en: <https://larepublica.pe/economia/850776-parque-automotor-de-trujillo-es-uno-de-los-mas-dinamicos-en-el-pais/>

PATIÑO, S., et al 2018. Captura de carbono en biomasa en plantaciones forestales y sistemas agroforestales en Armero-Guayabal, Tolima, Colombia. *Revista De Investigación Agraria y Ambiental*, vol. 9, no. 2, pp. 121 ProQuest Central. Disponible en: <https://search.proquest.com/docview/2161030069/8AB73D97C03141EEPQ/10?accountid=37408>

ISSN 21456097

PENG, Y. [et al]. Tree species effects on topsoil carbon stock and concentration are mediated by tree species type, mycorrhizal association, and N-fixing ability at the global scale. Volume 478, 15 December 2020 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112720312792?via%3Dihub>
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118510>

PEREZ, Sandra [et al]. El aguacatero (*Persea americana* Mill). *cultrop* [en línea]. 2015, vol.36, n.2 [fecha de consulta: 6 de noviembre de 2019]. pp.111-123. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000200016

ISSN 0258-5936.

PUCCIO, Pietro. Monaco Nature Encyclopedia. Discover the biodiversity [en línea]. Italia: 2003. [fecha de consulta: 06 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://www.monaconatureencyclopedia.com/washingtonia-filifera/?lang=es>

REVISTA española Flores y Plantas [en línea]. Valencia, 2019. [fecha de consulta: 6 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://www.floresyplantas.net/nerium-oleander/>

RAHMAH, Alin. Potensi Simpanan Karbon Pada Agroforestri Mindi (Melia azedarach L.) DAN KEDELAI (Glycine max (L.) Merr.) [En línea]. Bogor: Institut Pertanian Bogor, 2017. [Fecha de consulta: 03 de diciembre de 2019]. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/b6f5/57e066c17592744950b006331e7dc0ce2355.pdf>

REVISTA de la Asociación Española de Centros de Jardinería [en línea]. Valencia: Guía Verde, 2014. [fecha de consulta: 6 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://www.guiaverde.com/guia-de-plantas/ficus-benjamina-677/>

RÜGNITZ, Marcos [et al]. Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales [en línea]. Manual Técnico 11. Perú, 2009. [Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/259176045_Guia_para_la_determinacion_de_carbono_en_pequeñas_propiedades_rurales

ISBN: 9789290592549

SISTEMA Nacional de Estándares de Urbanismo. Perú: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Febrero de 2011. Disponible en: <http://eudora.vivienda.gob.pe/OBSERVATORIO/Documentos/Normativa/NormasPropuestas/EstandaresUrbanismo/CAPITULOII.pdf>

TELLO, Guianella, VARGAS, Miqueas. Determinación de captura de carbono aplicando ecuaciones alométricas en especies forestales de *Schinus latifolius*, *Eucalyptus globulos*, *Vachellia macracantha* y *Pouteria lucuma* en la Universidad Peruana Unión, Lima – Perú, 2019. Tesis (Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Peruana Unión, 2019. Disponible en: https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/1774/Sandy_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

VALLEJOS-BARRA, Ó., PONCE-DONOSO, M., HEINRICH, P. and DOLL, U., 2019. Área y Biomasa Foliar Total De *Nothofagus Glauca* (Phil.) Krasser En Zona Andina, Región Del Maule, Chile. *Colombia Forestal*, Jul, vol. 22, no. 2, pp. 5-14 ProQuest Central. ISSN 01200739. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.14483/2256201x.14312>

ANEXOS

Anexo 1. Cuadro de Componentes de la variable

Hi: Las especies arbóreas existentes en el Paseo de las Aguas estiman la cantidad de CO₂ capturados.

Componentes metodológicos			Componentes referenciales	
Variable	Unidad de análisis	Conectores lógicos	Espacio	Tiempo
Captura de CO ₂	Cada especie de arbórea	Estiman la cantidad de	Paseo de las Aguas	2019

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2. Cuadro de Operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Captura de CO ₂ de los árboles	Es la capacidad máxima que posee una especie arbórea de captar del ambiente. (FAO, 2010, p. 101).	Se realizará a partir de la observación para la determinación de las especies de árboles y la cantidad. Aplicación de ecuaciones alométricas para cada tipo de especie.	Especie de árbol.	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre de la Especie. - Diámetro de Altura de Pecho (DAP). - Altura del árbol. 	<ul style="list-style-type: none"> Cualitativa de nominal. Cuantitativa de razón. Cuantitativa de razón.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Registro fotográfico



Imagen del "Paseo de las Aguas", el lugar de estudio

Fuente: Elaboración propia



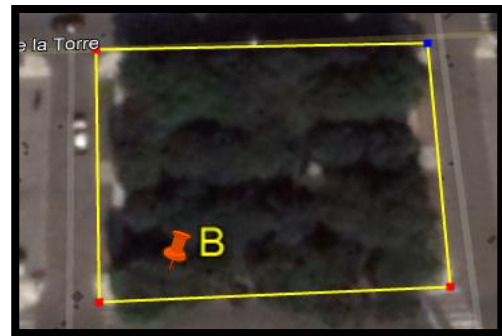
Imagen panorámica del lugar de estudio "Paseo de las Aguas"

Fuente: Google

ÁREA A



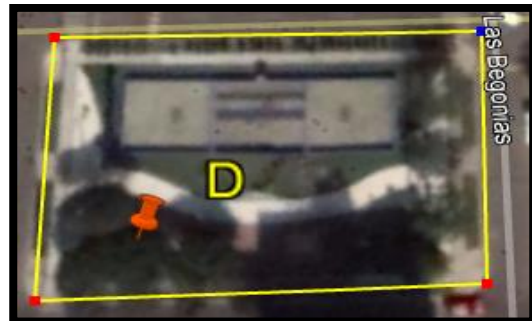
ÁREA B



ÁREA C



ÁREA D



ÁREA E



ÁREA F



Imágenes de cada área que conforma el lugar de estudio

Fuente: Google Earth



Imágenes de la identificación de las especies arbóreas

Fuente: Elaboración propia

Schinus terebinthifolius



Delonix regia

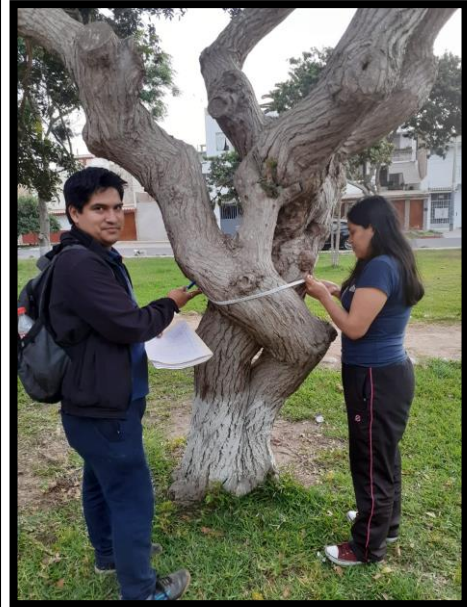


Melia azedarach



Especies representativas del Paseo de las Aguas

Fuente: Elaboración propia



Toma de datos del DAP de las especies representativas del Paseo de las Aguas

Fuente: Elaboración propia



Toma de datos de la altura de las especies representativas del Paseo de las Aguas

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Número de especies arbóreas del Paseo de las Aguas

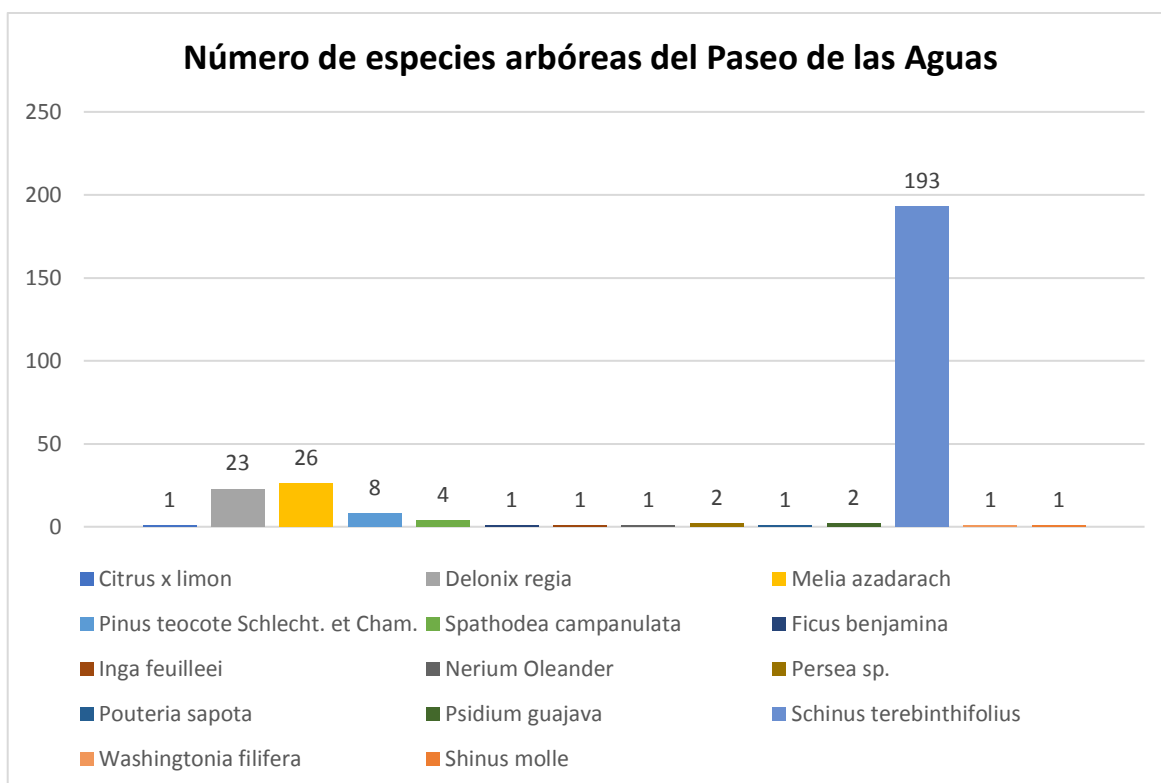


Gráfico del número de especies arbóreas encontradas en el Paseo de las Aguas

Fuente: Elaboración propia

Área	Nombre científico	Nombre común	N° especies
A	<i>Delonix regia</i>	Ponciana	8
	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Molle costeño	49
B	<i>Delonix regia</i>	Ponciana	2
	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Molle costeño	33
C	<i>Delonix regia</i>	Ponciana	7
	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Molle costeño	63
D	<i>Delonix regia</i>	Ponciana	3
	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Molle costeño	10
	<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	1

	<i>Melia azedarach</i>	Árbol del paraíso	1
	<i>Delonix regia</i>	Ponciana	1
	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Molle costeño	35
	<i>Melia azedarach</i>	Árbol del paraíso	14
	<i>Nerium Oleander</i>	Laurel blanco	1
	<i>Persea sp.</i>	Palta	2
E	<i>Citrus x limon</i>	Limón	1
	<i>Pouteria sapota</i>	Mamey	1
	<i>Pinus teocote Schlecht. et Cham.</i>	Pino	8
	<i>Spathodea campanulata</i>	Tulipán africano	2
	<i>Ficus benjamina</i>	Ficus	1
	<i>Shinus molle</i>	Molle	1
	<i>Delonix regia</i>	Ponciana	2
	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Molle costeño	3
	<i>Melia azedarach</i>	Árbol del paraíso	11
F	<i>Inga feuilleei</i>	Guaba	1
	<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	1
	<i>Washingtonia filifera</i>	Árbol Palma	1
	<i>Spathodea campanulata</i>	Tulipán africano	2
	Total de árboles		265

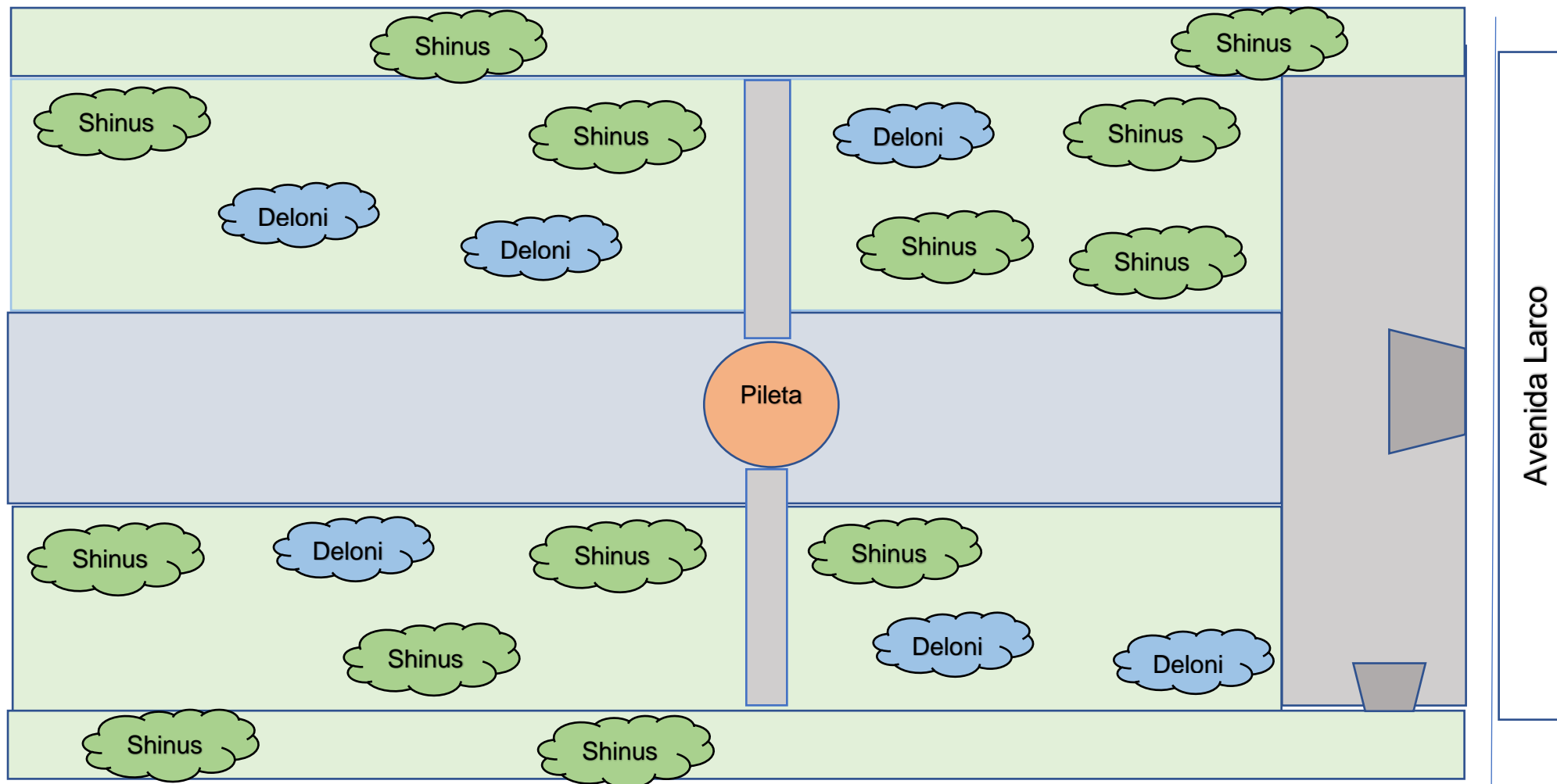
Identificación de tipos de especies arbóreas y cantidad según el área, encontradas en el Paseo de las Aguas

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. Número de especies representativas por especie y área

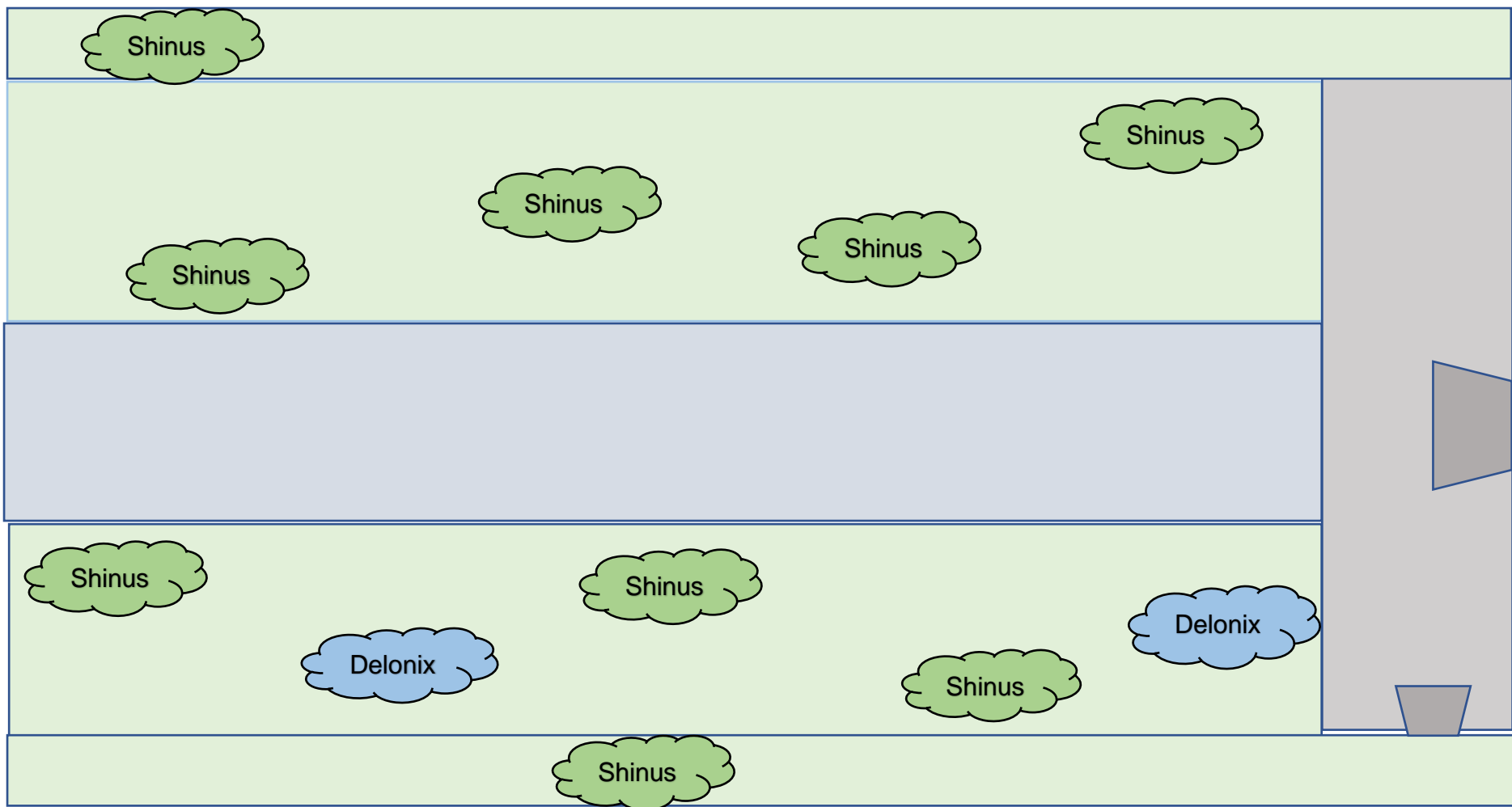
Especie	<i>Delonix Regia</i>	<i>Shinus terebinthifolius</i>	<i>Melia azadarach</i>
área A	6	13	0
área B	2	9	0
área C	5	17	0
área D	2	3	1
área E	1	10	10
área F	1	1	8
Total	17	53	19

Fuente: Elaboración propia



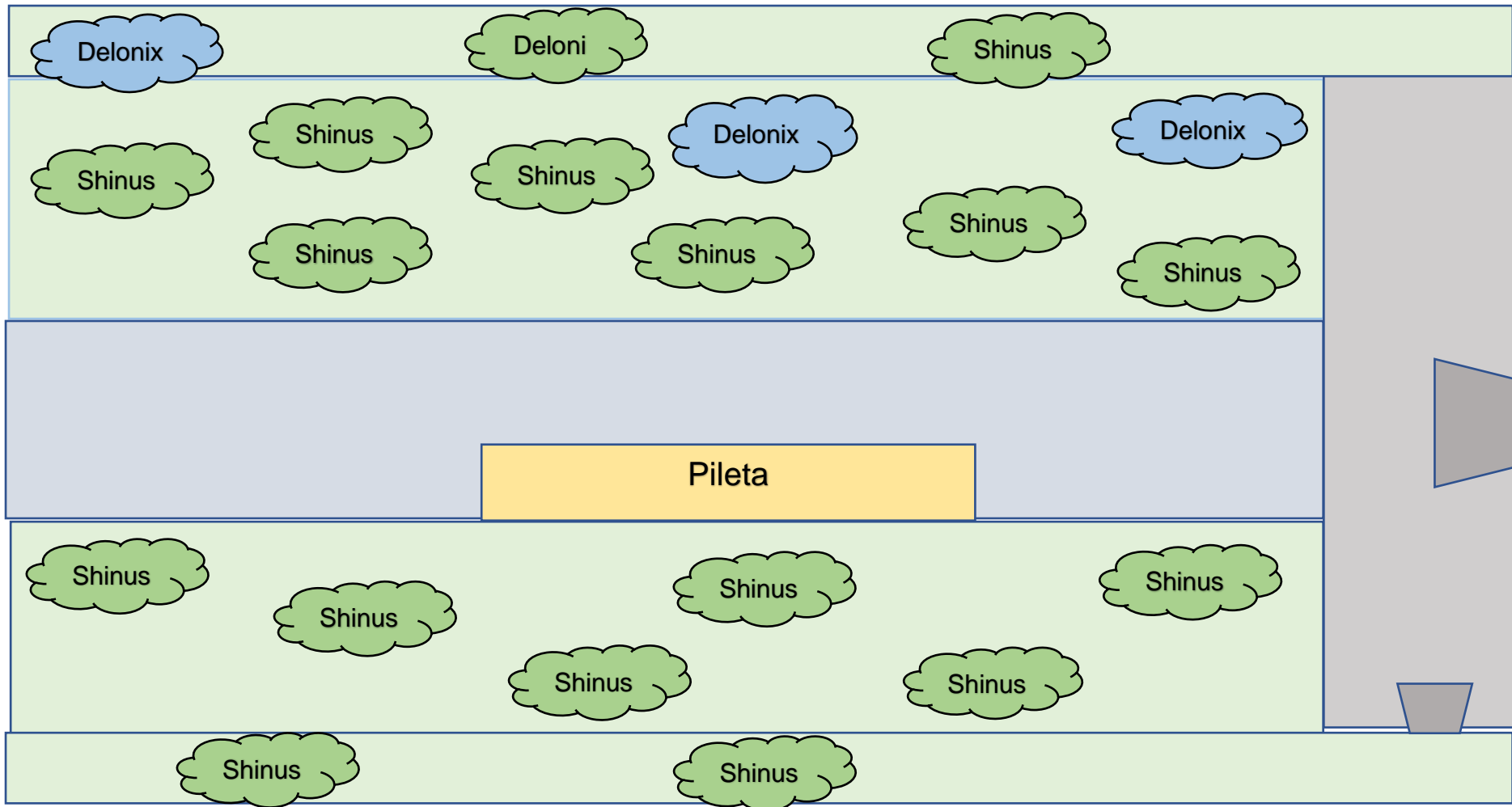
Plano de Selección de muestras de las especies representativas del Paseo de las Aguas, Área A

Fuente: Elaboración propia



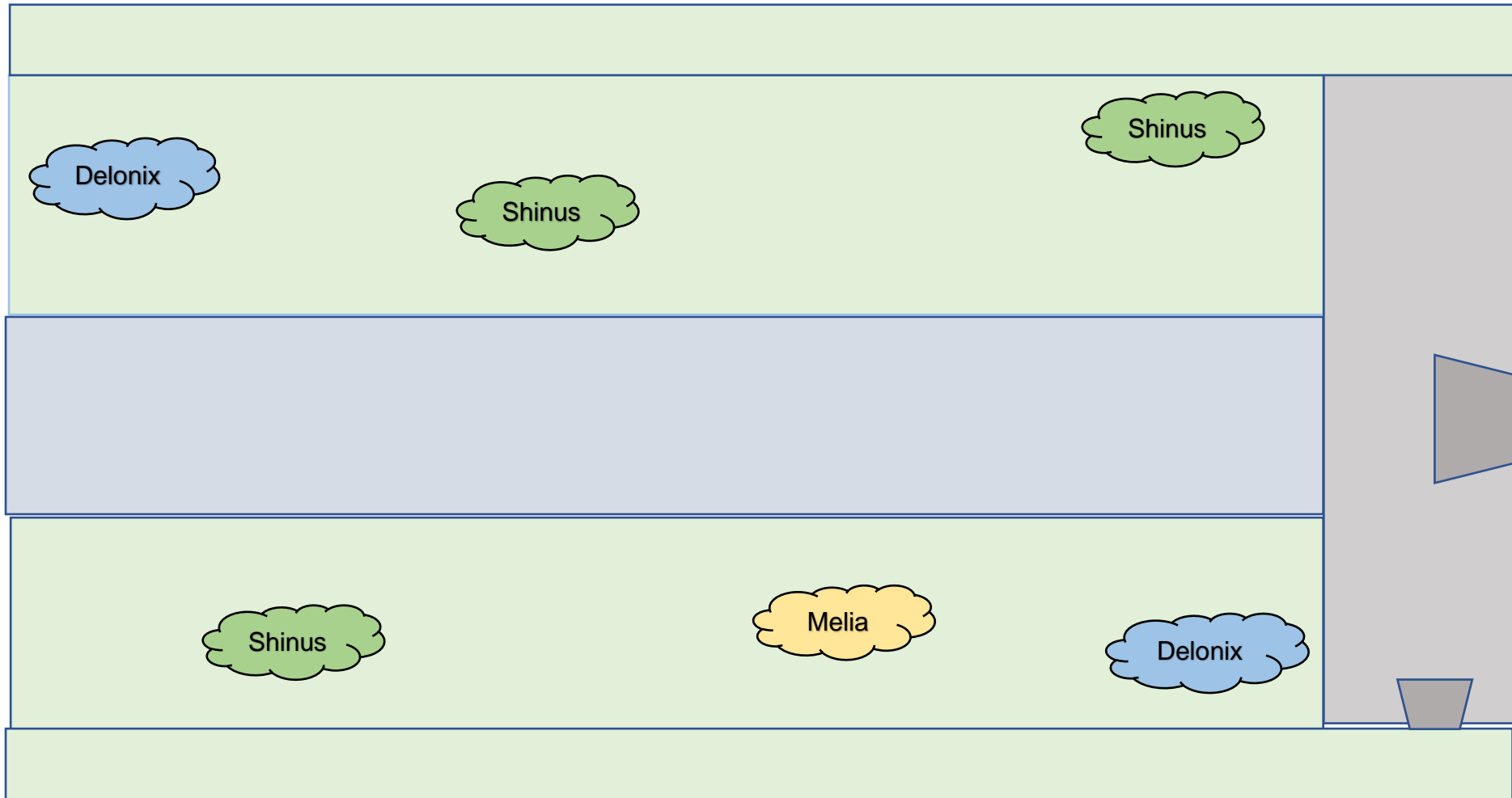
Plano de Selección de muestras de las especies representativas del Paseo de las Aguas, Área B

Fuente: Elaboración propia



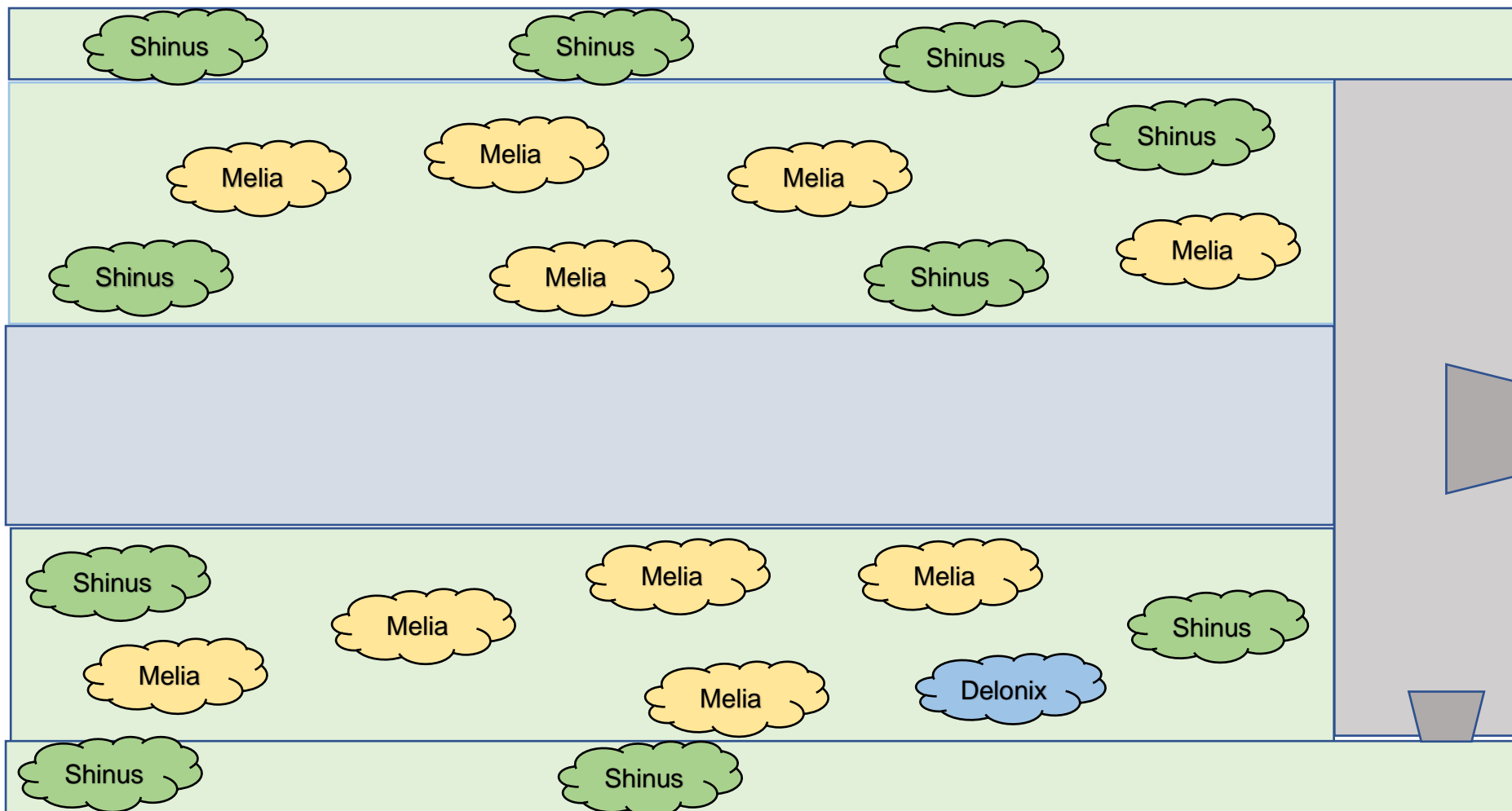
Plano de Selección de muestras de las especies representativas del Paseo de las Aguas, Área C

Fuente: Elaboración propia



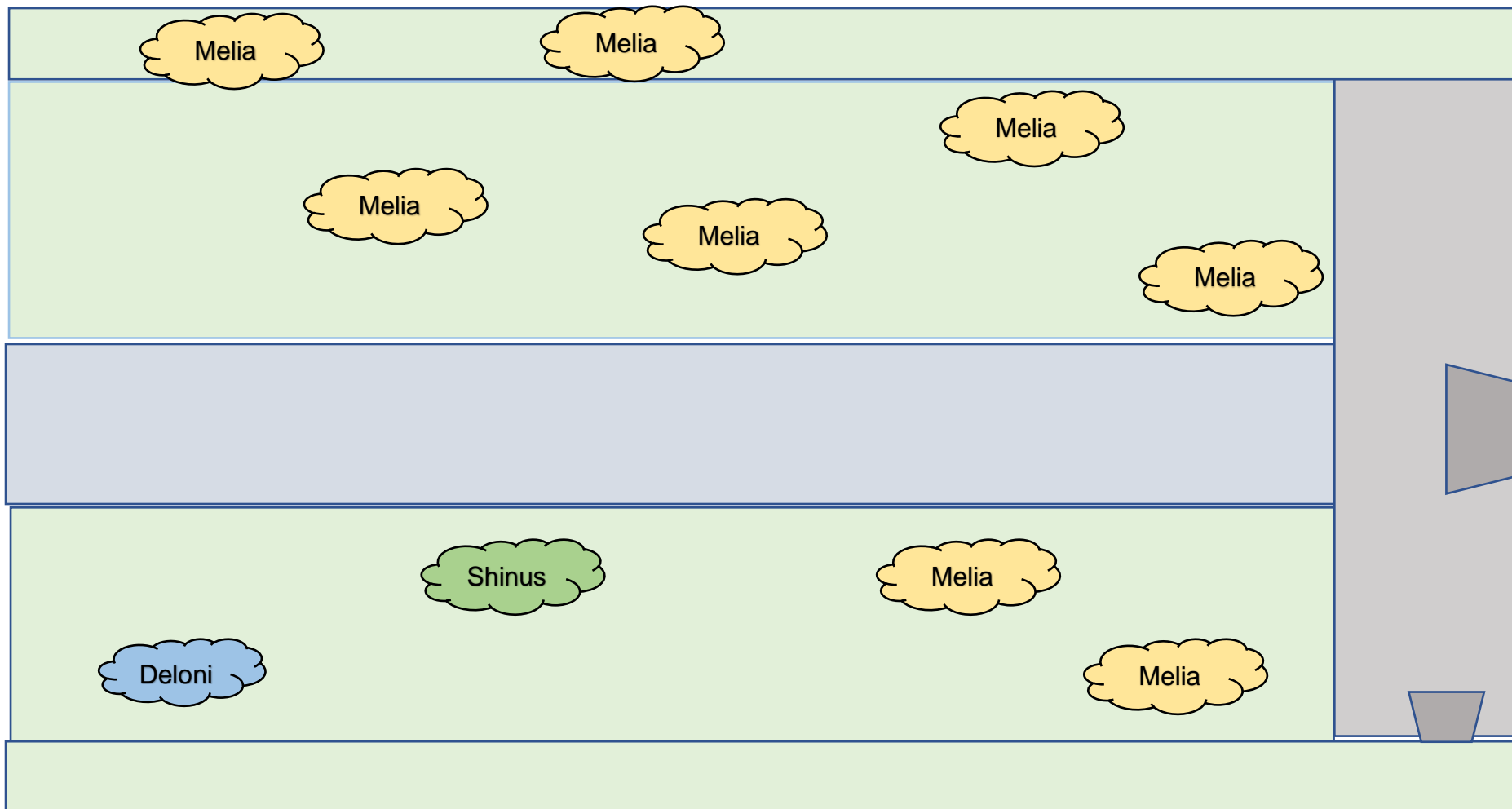
Plano de Selección de muestras de las especies representativas del Paseo de las Aguas, Área D

Fuente: Elaboración propia



Plano de Selección de muestras de las especies representativas del Paseo de las Aguas, Área E

Fuente: Elaboración propia



Plano de Selección de muestras de las especies representativas del Paseo de las Aguas, Área A

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6. Ficha de toma de datos

Área:	Especie:	
N° planta	Altura (m)	DAP (circunferencia)

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7. Determinación de la biomasa almacenada y captura de carbono de cada especie de árbol

Determinación de la biomasa almacenada y captura de carbono de cada árbol, según el área en el que se encuentran, de la especie *Delonix regia*

Especie		<i>Delonix regia</i>				
Área	N° planta	Altura promedio (m)	DAP (cm)	Biomasa almacenada (kg)	Carbono acumulado (kg)	Captura de CO ₂ (kg)
A	1	5.23	29.60	177.46	88.73	325.37
	2	4.33	15.92	49.35	24.68	90.49
	3	4.80	30.24	160.25	80.12	293.82
	4	4.98	21.33	97.79	48.90	179.30
	5	7.67	20.69	184.52	92.26	338.33
	6	5.00	28.33	154.18	77.09	282.69
B	7	7.49	33.74	385.09	192.54	706.06
	8	7.56	27.06	275.64	137.82	505.39
C	9	6.07	27.69	202.11	101.05	370.56
	10	4.85	21.01	91.58	45.79	167.92
	11	5.68	11.14	43.13	21.56	79.07
	12	6.13	26.10	186.94	93.47	342.75
	13	4.58	16.87	59.14	29.57	108.43

D	14	5.81	34.38	265.46	132.73	486.71
	15	7.00	38.52	426.56	213.28	782.11
E	16	5.74	21.01	119.54	59.77	219.17
F	17	4.69	40.43	244.47	122.23	448.23
Total				3123.20	1561.60	5726.39

Fuente: Elaboración propia

Determinación de la biomasa almacenada y captura de carbono de cada árbol, según el área en el que se encuentran, de la especie *Shinus terebinthifolius*

Especie		<i>Shinus terebinthifolius</i>				
Área	N° planta	Altura promedio (m)	DAP (cm)	Biomasa acumulada (kg)	Carbono acumulado (kg)	Captura de CO₂ (kg)
A	1	6.65	45.84	291.40	145.70	534.29
	2	4.98	33.42	419.76	209.88	769.64
	3	5.12	40.11	419.76	209.88	769.64
	4	7.13	40.11	885.82	442.91	1624.14
	5	5.93	58.25	1026.59	513.29	1882.24
	6	7.64	62.71	223.64	111.82	410.04

	7	4.67	29.28	361.89	180.95	663.53
	8	7.68	37.24	169.02	84.51	309.90
	9	5.71	25.46	53.26	26.63	97.65
	10	4.33	14.32	148.52	74.26	272.30
	11	6.82	23.87	467.74	233.87	857.60
	12	6.97	42.34	177.60	88.80	325.62
	13	6.41	26.10	218.80	109.40	401.16
	14	5.21	28.97	426.46	213.23	781.91
	15	6.74	40.43	133.06	66.53	243.97
	16	5.38	22.60	773.41	386.71	1418.05
	17	8	54.43	74.00	37.00	135.68
B	18	5.66	16.87	773.41	386.71	1418.05
	19	9.1	54.43	694.11	347.05	1272.65
	20	8.39	51.57	400.00	200.00	733.40
	21	6.82	39.15	518.30	259.15	950.31
	22	7.84	44.56	223.64	111.82	410.04
	23	6.5	29.28	319.85	159.92	586.44
C	24	4.31	35.01	233.48	116.74	428.09
	25	6.83	29.92	177.60	88.80	325.62

	26	8.12	26.10	264.28	132.14	484.56
	27	5.37	31.83	400.00	200.00	733.40
	28	5.93	39.15	337.55	168.78	618.90
	29	7.1	35.97	413.12	206.56	757.46
	30	5.45	39.79	374.38	187.19	686.43
	31	4.56	37.88	440.01	220.00	806.75
	32	6.32	41.06	269.60	134.80	494.31
	33	5.73	32.15	285.87	142.94	524.15
	34	6.02	33.10	253.80	126.90	465.35
	35	5.52	31.19	308.31	154.16	565.29
	36	6.21	34.38	243.54	121.77	446.52
	37	6.5	30.56	269.60	134.80	494.31
	38	6.02	32.15	374.38	187.19	686.43
	39	6.19	37.88	556.01	278.00	1019.44
	40	7.49	46.15	525.74	262.87	963.94
D	41	7.1	44.88	169.02	84.51	309.90
	42	5.41	25.46	190.85	95.43	349.93
	43	5.06	27.06	129.33	64.67	237.13
E	44	4.45	22.28	361.89	180.95	663.53

	45	6.33	37.24	737.64	368.82	1352.45
	46	8.68	53.16	387.09	193.54	709.72
	47	7.37	38.52	579.27	289.63	1062.09
	48	5.87	47.11	380.71	190.35	698.03
	49	7.87	38.20	325.70	162.85	597.16
	50	6.55	35.33	148.52	74.26	272.30
	51	5.3	23.87	285.87	142.94	524.15
	52	6.16	33.10	30.26	15.13	55.49
F	53	2.77	10.82	-0.33	-0.16	-0.60
	Total			18653.13	9326.57	34200.52

Fuente: Elaboración propia

Determinación de la biomasa almacenada y captura de carbono de cada árbol, según el área en el que se encuentran, de la especie *Melia azedarach*

Especie		<i>Melia azedarach</i>				
Área	N° planta	Altura promedio (m)	DAP (cm)	Biomasa almacenada (kg)	Carbono acumulado (kg)	Captura de CO₂ (kg)
D	1	9.1	32.149	143.601	71.801	263.293
	2	6.5	27.693	106.533	53.267	195.328
	3	7.27	19.735	54.072	27.036	99.140
	4	7.58	23.237	74.986	37.493	137.486
	5	9	36.924	189.444	94.722	347.345
	6	8.92	25.783	92.337	46.168	169.300
	7	5.9	34.059	161.178	80.589	295.519
	8	10.21	33.104	152.263	76.131	279.174
	9	6.82	54.113	406.951	203.476	746.145
	10	9.6	25.465	90.069	45.035	165.142
	11	9.56	33.741	158.178	79.089	290.019
F	12	8.55	29.921	124.377	62.189	228.045

13	7.54	22.918	72.944	36.472	133.742
14	7.43	36.606	186.190	93.095	341.380
15	8.25	24.192	81.281	40.641	149.029
16	9.47	27.056	101.688	50.844	186.446
17	8.78	31.513	137.968	68.984	252.964
18	8.43	32.149	143.601	71.801	263.293
19	9.26	29.921	124.377	62.189	228.045
Total			2602.037	1301.019	4770.835

Fuente: Elaboración propia