



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Rol del arbolado urbano sobre la captura de monóxido de carbono mediante  
el Software i-Tree en el parque Santo Domingo, Carabayllo 2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Ambiental**

**AUTOR:**

**Malpartida Perez, Aldo Giovani (ORCID: 0000-0003-2002-9102)**

**ASESOR:**

**Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales (ORCID: 0000-0003-1504-2089)**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN :**

**Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático**

**LIMA – PERÚ**

**2021**

## **Dedicatoria**

Dedico esta  
investigación a mi familia

por siempre  
aconsejarme y  
alentándome

en todo sentido, así  
mismo a mis

Padres Rosario Perez y  
Javier Malpartida

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por darme la sabiduría y a mi familia que nunca dejó de alentarme para culminar mis estudios y lograr mis objetivos.

A mi asesor Dr. Elmer Benites por su tiempo brindado y confianza para el desarrollo de este proyecto.

Finalmente, agradecer a la Universidad César Vallejo por darme la mejor formación y de igual forma a la EP de Ingeniería Ambiental

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	i
Agradecimiento .....	ii
Índice de contenido.....	iii
índice de tablas .....	iv
índice de figuras.....	v
Índice de gráficos .....	vi
Resumen .....	viii
Abstract .....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	i
II. MARCO TEÓRICO .....	3
III. METODOLOGÍA .....	10
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	10
3.2. Variables y operacionalización .....	11
3.3. Población, muestra y muestreo .....	12
3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	13
3.5. Procedimiento .....	15
IV. RESULTADOS.....	27
V. DISCUSIÓN.....	52
VI. CONCLUSIONES.....	56
REFERENCIAS.....	58
ANEXO.....	63

## índice de tablas

<b>Tabla 1:</b> Clasificación de fuentes emisoras.....	9
<b>Tabla 2:</b> Parámetros necesarios para ejecutar el software i-Tree Eco .....	19
<b>Tabla 3:</b> Parámetros para realizar el inventario de Árboles .....	20
<b>Tabla 4:</b> Clasificación de los árboles de acuerdo con los lados por donde recibe luz solar .....	22
<b>Tabla 5:</b> Tasa de crecimiento arbóreo .....	23
<b>Tabla 6:</b> Elementos y Tipos de Infraestructura verde, según su escala.....	25
<b>Tabla 7:</b> Promedio anual de las concentraciones de CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), en la estación Ricardo Palma .....	30
<b>Tabla 8:</b> Valor y eliminación mensual de monóxido de carbono (CO), por parte de la estructura arbórea del parque Santo Domingo, año 2018 .....	38
<b>Tabla 9:</b> Almacenamiento de carbono, equivalente a dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> Eq), según especie.....	43
<b>Tabla 10:</b> Secuestro de carbono anual equivalente a dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> Eq), según especie.....	45
<b>Tabla 11:</b> Especies que producen la mayor cantidad de oxígeno dentro del parque .....	47
<b>Tabla 12:</b> Elementos de la infraestructura verde en el interior del distrito de Carabayllo .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## índice de figuras

<b>Figura 1:</b> Comportamiento de los gases de efecto invernadero en los últimos años.....	7
<b>Figura 2:</b> Funciones de la infraestructura verde, fuente: EEA, 2016 .....	10
<b>Figura 3:</b> Ubicación del Parque Santo Domingo, distrito de Carabayllo .....	12
<b>Figura 4:</b> Diagrama de procesos del arbolado urbano y la captura de CO.....	15
<b>Figura 5:</b> Ubicación de la estación de monitoreo.....	16
<b>Figura 6:</b> Inputs necesarios para el funcionamiento del software I-Tree .....	19
<b>Figura 7:</b> Ejemplo de muestreo del DAP para arboles Bifurcados o de varios tallos. Fuente: Manual de campo i-Tree Eco, 2017 .....	21
<b>Figura 8:</b> Ejemplo de muestreo del DAP según tipo de árbol. Fuente: Manual de campo i-Tree Eco, 2017 .....	21
<b>Figura 9:</b> Ejemplos para la toma de datos de altura total, altura de la base a la copa y el porcentaje de dosel faltante. Fuente: Manual de campo i-Tree Eco, 2017. ....	21
<b>Figura 10:</b> Especies que, en promedio, eliminan la mayor cantidad de CO, dentro del parque Santo Domingo. a) Araucaria heterophylla, b) Jacaranda mimosifolia c) Fraxinus excelsior, d) Schinus molle, e) Schinus terebinthifolia, f) Ficus benjamina. Fuente: Elaboraci.....	42

## Índice de gráficos

<b>Gráfico 1:</b> Valores promedios de contaminación por Monóxido de Carbono en semanas.....	27
<b>Gráfico 2:</b> Valores promedios de los días de la semana en el año 2018 en la estación Ricardo Palma.....	28
<b>Gráfico 3:</b> Valores promedios durante todas las horas en la estación Ricardo Palma para el año 2018 .....	29
<b>Gráfico 4:</b> Niveles promedio de concentración diaria del Monóxido de Carbono (CO), en la estación Ricardo Palma. ....	31
<b>Gráfico 5:</b> Niveles promedio de concentración horaria del Monóxido de Carbono (CO), en la estación Ricardo Palma .....	32
<b>Gráfico 6:</b> Niveles promedio de concentración diaria del Monóxido de Carbono (CO) y precipitación diaria acumulada (mm), distrito de Carabayllo, año 2018	32
<b>Gráfico 7:</b> Porcentaje de árboles totales, según especies al interior del parque Santo Domingo.....	33
<b>Gráfico 8:</b> Porcentaje de especies según su lugar de origen dentro del parque Santo Domingo, año 2021 .....	34
<b>Gráfico 9:</b> Número de especies totales según su origen, año 2021 .....	35
<b>Gráfico 10:</b> Porcentaje de distribución de los árboles según su DAP al interior del parque Santo Domingo.....	35
<b>Gráfico 11:</b> Porcentaje de distribución del DAP de las especies con mayor presencia al interior del parque .....	36
<b>Gráfico 12:</b> Variación mensual de la eliminación (Kg) de monóxido de carbono .....	39
<b>Gráfico 13:</b> Especies que en promedio anual eliminan la mayor cantidad de CO .....	40
<b>Gráfico 14:</b> Porcentaje de almacenamiento de carbono por dentro del parque Santo Domingo.....	44
<b>Gráfico 15:</b> Porcentaje de secuestro de carbono por especie al interior del parque Santo Domingo.....	46
<b>Gráfico 16:</b> Promedio anual de Secuestro de Carbono de cada árbol por su DAP (Kg/año).....	46

<b>Gráfico 17:</b> Especies que más contribuyen con la producción de oxígeno en el parque Santo Domingo.....	48
<b>Gráfico 18:</b> Especies que más contribuyen a la emisión de COVBs anual dentro del parque Santo Domingo.....	49
<b>Gráfico 19:</b> Especies que más contribuyen a la emisión de isoprenos anuales dentro del parque Santo Domingo.....	49
<b>Gráfico 20:</b> Especies que más contribuyen a la emisión de monoterpenos anuales dentro del parque Santo Domingo .....	50



## **Resumen**

Los árboles y bosques urbanos cumplen un rol fundamental en la disminución de la contaminación y la mitigación del cambio climático en las distintas ciudades, ya que aportan diversos beneficios ambientales, sociales y económicos. Por este motivo en esta investigación se empleó el software I-Tree impulsado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), donde se analizaron los efectos que brinda el arbolado urbano sobre la absorción de CO en el distrito de Carabayllo. Para la ejecución del software se tuvo que conseguir datos de calidad del aire, datos de precipitación y la estructura arbórea. El software nos permitió estimar la cantidad de contaminación atmosférica removida de forma anual por los árboles. En ese sentido la primera actividad fue analizar el reporte emitido por SENAMHI para el monóxido de carbono del año 2018, seguido a ello se identificó el parque Santo Domingo siendo este el más extenso del distrito y el que mayor especie arbórea presenta. Se realizó el inventario de árboles urbanos en su interior, siendo procesados en el software para la obtención de la eliminación total del CO, almacenamiento y secuestro de carbono y finalmente la emisión total de compuestos orgánicos volátiles biogénicos (COVBs) que disponen los árboles urbanos del parque. Como resultado se obtuvo que el parque eliminó 1,01 kg de monóxido de carbono en todo el año 2018; el almacenamiento de carbono fue de 892,3 toneladas de carbono y el secuestro bruto fue de 3,46 toneladas métricas por año, por último, todas las especies emitieron un total de 1,30 Kg de COVBs.

**Palabras claves:** calidad del aire; arbolado urbano; software I-Tree; Infraestructura verde

## **Abstract**

Urban trees and forests play a fundamental role in reducing pollution and mitigating climate change in different cities, as they provide various environmental, social, and economic benefits. For this reason, this study used the I-Tree software promoted by the United States Department of Agriculture (USDA), where the effects of urban trees on the absorption of CO in the Carabayllo district were analyzed. For the execution of the software, air quality data, precipitation data and tree structure had to be obtained. The software allowed us to estimate the amount of air pollution removed annually by trees. In this sense, the first activity was to analyze the report issued by SENAMHI for carbon monoxide in 2018, followed by the identification of the Santo Domingo Park, this being the largest in the district and the one with the largest tree species. An inventory of urban trees was carried out in their interior, these data were processed in the software to obtain the total elimination of CO, carbon storage and sequestration and finally the total emission of biogenic volatile organic compounds (COVBs) that the trees have urban park. As a result, it was obtained that the park eliminated 1.01 kg of carbon monoxide; carbon storage was 892.3 tons of carbon and gross sequestration was 3.46 metric tons per year, finally, all species emit a total of 1.30 kg of COVBs.

**Keywords:** air quality; urban trees; I-Tree software; Green infrastructure

## I. INTRODUCCIÓN

El deterioro de la calidad del aire sigue siendo el principal problema ambiental que genera impactos negativos en las urbes. Uno de los causantes de la alteración del clima, sigue siendo los gases de efecto invernadero (GEI), así como la concentración de aerosoles, y por lo tanto se los sigue considerando como los responsables del cambio climático (IPCC, 2016)

Así mismo Cofide (2018), hace énfasis en las de fuentes de emisión que generan mayor impacto negativo, como son el consumo de electricidad con un 40.01% (147.21 tCO<sub>2</sub>eq), seguido por las emisiones generadas por el desplazamiento del personal a su centro de trabajo con 25.87% (95.20 tCO<sub>2</sub>eq) y por último los viajes en avión con 13.67% (50.30 tCO<sub>2</sub>eq). Por otra parte, con una menor magnitud se tiene el consumo de papel con 7.76% (28.55 tCO<sub>2</sub>eq), transporte de vehículos terceros con 1.91% (7.04 tCO<sub>2</sub>eq), generación de residuos sólidos con 1.19% (4.37 tCO<sub>2</sub>eq) y el uso de equipos de aire acondicionado con 1.14% (4.18 tCO<sub>2</sub>eq).

El arbolado urbano es importante debido a que, nos permite la purificación del aire, reduciendo la contaminación de los diferentes tipos de contaminantes atmosféricos (CO<sub>2</sub>, MP, COVS) causado por actividades antrópicas que en su mayoría son las causantes de los problemas ambientales.

Según Romero (2017), la OMS recomienda que se tenga un estándar mínimo de 9 m<sup>2</sup> de área verde por habitante para así ostentar una buena calidad de vida; sin embargo, esta medida no es respetada por gran parte de las ciudades y sus autoridades debido al incremento poblacional y crecimiento de viviendas sin un orden territorial, así como desconocimiento sobre la importancia que tiene el arbolado urbano y las áreas verdes en beneficio del desarrollo del ser humano.

La contaminación del aire básicamente se relaciona con la urbanización, esto quiere decir que a mayor densidad poblacional, actividad industrial y grandes volúmenes de tráfico esto afecta y contribuyen en la mala calidad del aire en las áreas urbanas. (Fenger, 2008)

En la actualidad más de 3.500 millones de personas viven en ciudades, y se estima que esta cifra logre alcanzar los 6.500 millones para el 2050 (ONU, 2019). Esta rapidez del crecimiento urbano requerirá un mayor uso de estrategias para la mitigación y reducción del impacto generado en la calidad del aire, es por ello que ante esta problemática se tiene estrategias e investigaciones y una de ellas ha sido el usar a la vegetación urbana como filtro o barrera para mejorar la calidad del aire (Abhijith y Gokhale, 2015; Abhijith ad-Kumar, 2019; Beckett y col., 2000)

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. La norma aplica para un indicador de población que sea mayor a 5000 habitantes, considerando parques locales y comunales, con la finalidad de implantar una mayor cobertura, mayormente en áreas fijas, es decir en donde no hay presencia de población urbana. Por último, para la disposición de áreas verdes en lugares urbanos, la normativa se rige en base al estándar internacional de la UNESCO, que es de 9 m<sup>2</sup> de área verde por cada habitante. (MVCS, 2011)

El distrito de Carabayllo es el de mayor extensión en Lima metropolitana con 346,9 km<sup>2</sup>, sin embargo, es uno de los que menos área verde presenta con un porcentaje mínimo en parques y áreas de entretenimiento (Properatti portal, 2020). La falta del adecuado mantenimiento de las áreas verdes, tala inadecuada de árboles, carencia de educación ambiental y contaminación ambiental son los principales problemas que afectan al arbolado urbano.

Por otro parte, según INEI (2017), el distrito de Carabayllo registró niveles altos de contaminación del aire (109,3%). Esto ocurrió debido a las diferentes actividades productivas que se dan en los diferentes sectores del distrito, donde la calidad del aire y la salud de las personas se ven perjudicadas.

Ante la problemática expuesta y la necesidad de mejorar la calidad del aire, se presenta el **problema general**: ¿De qué manera el arbolado urbano permite la captura de CO<sub>2</sub> y mejora la calidad del aire en el parque Santo Domingo, en el distrito de Carabayllo 2021? así mismo se planteó los **problemas específicos**: ¿En qué medida la estructura del arbolado urbano permite la

captura de CO y el almacenamiento de carbono?, ¿De qué manera los datos de concentraciones atmosféricas se relacionan con el arbolado urbano en el distrito de Carabayllo? y por último ¿De qué manera el Software I-Tree Eco realiza la captura de contaminantes atmosféricos mediante el arbolado urbano en el parque Santo Domingo?.

Se justifica esta investigación por su potencial aporte: **en el ámbito social** cuenta con una mejora para la gestión del arbolado urbano y darle mejor calidad de vida a la población, así mismo genera cultura ambiental sobre su importancia y los diferentes beneficios que puede generar. **A nivel teórico** la investigación aplicó los conceptos y metodología sobre la importancia del arbolado urbano con el apoyo del Software I-Tree para la estimación del total de cobertura arbórea. En donde se permitió la adecuada gestión para su inventariado en otros estudios a realizar. **A nivel práctico** mediante el Software I-Tree Eco se obtiene datos mejores estimados para el inventario de árboles, siendo este un software libre, accesible y de uso no tan complejo. **A nivel ambiental** los contaminantes atmosféricos y los GEI siguen afectando la calidad del aire, agregado a que el manejo y gestión del arbolado no es tan eficiente a nivel distrital y se desconoce sobre los beneficios ambientales que nos dan.

En la investigación se plantea el **Objetivo general**: Evaluar el rol del arbolado urbano sobre la captura de CO y la mejora de la calidad del aire en el parque Santo Domingo, en el distrito de Carabayllo 2021. **Los Objetivos específicos**: Analizar si la estructura del arbolado urbano permite la captura de CO y almacenamiento de Carbono seguido de Analizar como la infraestructura verde realiza la captura de CO y mejora la calidad del aire en el parque Santo Domingo

La investigación plantea la siguiente **Hipótesis general**: El arbolado urbano nos permite la captura de CO y la mejora de la calidad del aire en el parque Santo Domingo, en el distrito de Carabayllo 2021. Acorde a ello se plantea las siguientes **Hipótesis específicas**: La estructura del arbolado urbano permite la captura de CO y almacenamiento de carbono sumado a los datos de concentraciones atmosféricas se relacionan con el arbolado urbano. Finalmente, El Software I-Tree Eco modela la captura de contaminantes atmosféricos.

## II. MARCO TEÓRICO

Tor-ngern y Leksungnoen (2020), realizaron la absorción de CO<sub>2</sub> del arbolado urbano mediante cambios estomáticos en condiciones atmosféricas variables, midieron la conductividad estomática en nueve especies de árboles dominantes en un parque de Bangkok, estimaron la absorción de CO<sub>2</sub> en base a ecuaciones de difusión. Los resultados mostraron que la absorción de CO<sub>2</sub> en las estaciones para la especie *Millingtonia hort-ensis* y *Afzelia xylocarpa* presentaron cambios cuadráticos con déficit de presión de vapor (VPD), mientras que las especies *Samanea Saman* y *Homalium tomentosum* no mostraron respuesta de absorción de CO<sub>2</sub> al VPD en ninguna estación.

Cimburova y Barton (2019), cuyo objetivo principal fue medir el potencial del análisis geoespacial y redes bayesianas para evaluarlo mediante el i-Tree Eco en el inventario de árboles existentes. El análisis con el i-Tree Eco fue visualizado mediante un mapa interactivo donde obtuvieron que el valor anual de secuestro de carbono fue 0,3 USD, 0,2 USD en el edificio de ahorro de energía, 1,0 USD de déficit de escorrentía y 22,3 USD en remoción de contaminantes.

Fares, Paoletti y Mikkelsen (2017), estudiaron el secuestro de carbono por árboles urbanos, donde determinaron que la concentración atmosférica seguirá aumentando a causa de las emisiones antropogénicas, analizaron dos mecanismos donde el primero fue que la biomasa forestal y los suelos de los ecosistemas terrestres podrían saturarse y esto reduciría la capacidad de secuestro de carbono, lo segundo es que el cambio climático en un futuro puedan afectar estos ecosistemas ya que los puede convertir en sumideros de CO<sub>2</sub> al reducirse la fotosíntesis y se estimularía la descomposición orgánica del suelo. Como resultado se daría una sequía y olas de calor.

Riondato, Pilla y Sarkar (2020), analizaron el efecto de los árboles en la calidad urbana mediante la medición de la calidad del aire y la modelización del i-Tree Eco en Dublín. Ingresaron los datos de los árboles de campo, donde el modelamiento lo ejecutaron tres veces utilizando datos meteorológicos y de calidad del aire, el i-Tree Eco estimó en promedio que el tipo de árbol Arces de Noruega elimina aproximadamente 3kg de PM<sub>2,5</sub> por año, así mismo utilizando los datos meteorológicos y de calidad del aire, i-Tree Eco estimó que el callejón

de árboles era responsable de aumento porcentual en la calidad del aire entre 33.36%-51.34%.

Así mismo Szkop (2020), en su investigación evaluó la sensibilidad del modelo de contaminación por parte del i-Tree Eco con diferentes entradas de datos de contaminación en Varsovia, Polonia. El modelado mediante el i-Tree Eco le demostró que en total el arbolado de las calles de Varsovia eliminó 5576-12513kg de NO<sub>2</sub>, 1455kg de SO<sub>2</sub> y 1398-2268 kg de PM<sub>2.5</sub> donde los valores inferior y superior basados en los datos de entrada de contaminación del aire y en donde estimó que en promedio un árbol de la calle de Varsovia absorbe 0.06-0.11 kg de los contaminantes mencionados.

i-Tree es un software de dominio público desarrollado por el USDA con la finalidad de analizar y evaluar los beneficios de la silvicultura urbana. I-Tree cuantifica la estructura del bosque urbano, efectos ambientales y valor para la comunidad a partir de datos de campo y de contaminación del aire, así como datos meteorológicos. (Nowak et. al 2009)

Por otra parte Lin y Kroll (2021), en su estudio donde su objetivo fue la evaluación de tres fuentes de incertidumbre (entrada, muestreo e incertidumbre del modelo) en 15 ciudades de Estados Unidos, realizó modelos empíricos de regresión alométrica, donde la incertidumbre se representa como un error de ajuste del modelo, este se derivó en base a la matriz de varianza-covarianza para los coeficientes de intersección y pendiente (V-C), donde  $\sigma^2$  es el error cuadrático medio (MSE) para cada ecuación de regresión. Como resultado obtuvo que los estimadores de carbono foliar respecto a la entrada e incertidumbres del modelo son bajas (<5%), por otra parte, el muestreo e incertidumbre total fueron moderadas (entre 5% y 20%). Para el isopreno, la incertidumbre en el modelado y muestreo fue alta (>20%) con una incertidumbre moderada.

Raum, Hand y Edwards (2019), analizaron el cambio climático, plaga de árboles, sus amenazas, enfermedades y la infraestructura verde, resaltaron el rol importante del proyecto i-Tree Eco para lineamientos generales sobre árboles y bosques. Asimismo, a través de una encuesta en línea promovieron la importancia del recurso arbóreo existente, un 25% respondieron que se

presentaron cambios relativos en base a la promoción del recurso arbóreo para la ejecución de un proyecto local en el Reino Unido. Otro 3% respondió que i-Tree Eco había provocado cambios en el mantenimiento más regular de los árboles. La última tercera parte restante indicó que no hubo cambio alguno.

Cook-Patton et al. (2020, p. 5), realizaron un mapeo de la acumulación de carbono a partir del recrecimiento global de los bosques naturales. En sus resultados indican que los bosques naturales sirven como estrategia de mitigación del clima, por realizar la captura de carbono. También 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), indicaron que la selección de las especies arbóreas secuestradoras de carbono en la biomasa es importante para el adecuado manejo forestal, de tal manera que se pueda conocer los efectos de las especies de árboles con el carbono encontrado en el suelo.

Godoy (2020, párr.6), aseveró que el uso de tecnologías nuevas en América Latina viene siendo un tema novedoso, que incluye la captura y almacenamiento de carbono, que se originan por los combustibles fósiles, lo cual implica, que se realice un análisis del CO<sub>2</sub> en yacimientos de aceite o en formaciones salinas, por lo tanto, se evitaría que se libere el gas generado por actividades antropogénicas.

Periferia (2020), realizaron la aplicación del iTree Canopy en el distrito de Independencia, donde estimaron que la cobertura arbórea secuestró hasta 547 tCO<sub>2</sub> al año y valorizando hasta 28000 USD. Determinaron que los árboles remueven cerca de 4000 kilos de partículas y gases al año.

Así mismo Domínguez (2016, p. 81) estimó la captura de CO<sub>2</sub> por parte de los árboles en parques. Obtuvo que la captura de CO<sub>2</sub> promedio en los parques muestreados fue de 1.57 kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>. *Eucalyptus globulus*, *Schinus terebinthifolius* y *Washingtonia robusta* fueron los árboles que mayor porcentaje de captura lograron

Maylle (2017, p. 50), determinó la cantidad de carbono almacenado y fijado según la especie en las áreas verdes. La cantidad de carbono promedio



que se almacenó fue de 38,42 t/ha, mientras que el carbono total almacenado fue de 115,26 t/ha, las especies que almacenaron y fijaron más carbono fueron: ponciana (1007,106 kg), mango (100 114 kg), ficus (99 450 kg), almendra (35 697 kg), cedro (13 016 kg) y en palmera africana (12 356 kg). Por otro lado, Aldana (2018, p. 81), realizó la proporción entre el CO<sub>2</sub> del ambiente y el capturado por las especies arbóreas ornamentales. El *Ficus benjamina* (259.06 kg) presentó un valor mayor de almacenamiento de carbono que el *Schinus molle* (156.41 kg). Es por ello que se concluyó que la cantidad de almacenamiento de CO<sub>2</sub> de las especies *Schinus Molle* y *Ficus benjamina* del suelo son mayores al CO<sub>2</sub> emitido al ambiente.

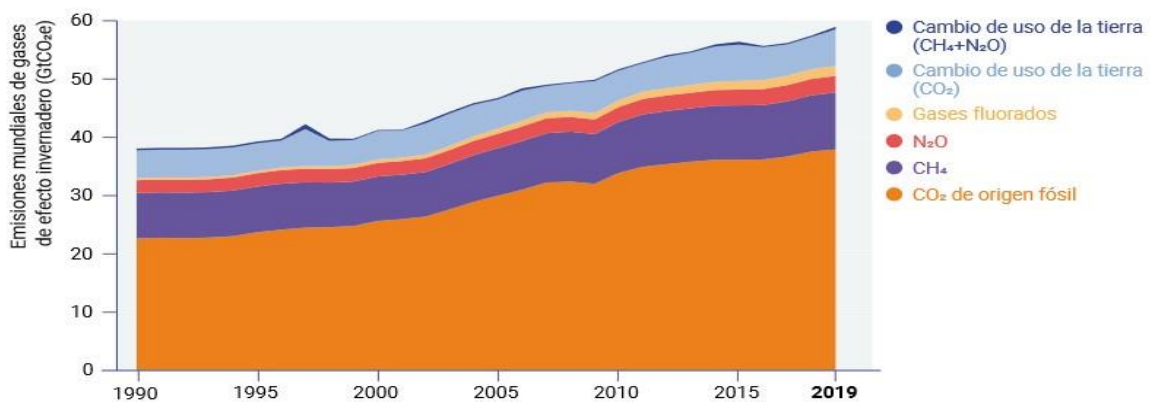
Tito (2012), tuvo como objetivo principal la determinación cuantitativa de la capacidad de almacenamiento de dióxido de carbono en plantaciones de olivo en Tacna, donde su tipo de investigación fue transeccional de tipo correlacional para determinar la relación alométrica entre la cantidad de carbono almacenado en los tejidos de los árboles de olivo en base a las características como la altura, DAP y cantidad de biomasa. Realizó el cálculo de la biomasa arbórea (t/ha), contenido de carbono (ton C/ha) y estimación de CO<sub>2</sub> capturado a través del método de pesos moleculares. Como resultado determinó que la biomasa total de los árboles de *O. europea* en Tacna fue de 562 051.3 t, la cantidad de carbono en la especie de tipo *O. europea* fue de 34,8 tC/10 000 m<sup>2</sup> y el total de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) capturado por parte de *Olea europea* fue de 1 031 364,319 ton de CO<sub>2</sub> atmosférico.

Domínguez (2016), realizó el estudio de la estimación de captura de los parques y emisión de CO<sub>2</sub> vehicular en Tijuana, donde sostiene que las áreas urbanas emiten gran cantidad de dióxido de carbono. En una muestra representativa en el parque midió el DAP, diámetro y realizaron el cálculo de la captura de CO<sub>2</sub> mediante el software i-Tree, como resultado obtuvieron que el parque tuvo un potencial de captura de CO<sub>2</sub>.

González (2019), en su investigación cuantificó el valor estructural de los árboles en el cerro Nutibara, en Colombia en base al modelo para la valoración del arbolado urbano desarrollado por la autoridad ambiental de la ciudad (AMVA, 2018). El cerro obtuvo un valor total de \$ 2.454.651.826 COP, este Valor lo obtuvo mediante la estimación del software i-Tree Eco

El efecto invernadero es el proceso natural que tiene un impacto significativo en la temperatura de la tierra. Desde el comienzo de la industrialización, la presencia de gases de efecto invernadero de duración larga han aumentado significativamente. El proceso comienza cuando la superficie de la tierra se calienta debido a la radiación solar, la superficie de la tierra refleja la radiación como radiación de calor de onda larga, esta es absorbida por gases de efecto invernadero luego esta radiación se refleja de regreso a la tierra calentando la superficie de la tierra y las capas atmosféricas. (FOEN, 2018)

El cambio climático se define como una gama amplia de fenómenos globales creados principalmente por la quema de combustibles fósiles, agregando gases que atrapan el calor a la atmosfera de la tierra. Como efecto estos gases hacen que se incremente la temperatura dándose el calentamiento global, pero también se dan cambios como el aumento del nivel del mar, pérdida de masa de hielo en los glaciares de todo el mundo, así como cambios en la floración de flores, plantas y eventos extremos (Nasa, 2020)



**Figura 1:** Comportamiento de los gases de efecto invernadero en los últimos años

La contaminación del aire sigue siendo uno de los problemas ambientales que enfrenta la humanidad. Diversos trabajos de investigación han concluido que la exposición al smog genera consecuencias negativas para la salud humana, principalmente en el sistema respiratorio y cardiovascular aumentando el riesgo de contraer cáncer (Bartman, 2020). En la situación actual (Covid-19), los primeros estudios informan que existe correlación positiva entre la

contaminación del aire y la propagación del virus Sars-cov-2 (Comunian et al. 2020). El aumento de PM2.5 aumenta la morbilidad al COVID-19, esto demuestra lo importante que es la calidad del aire para nuestra salud, la contaminación del aire además apela la salud y acorta la vida útil, también afecta la productividad económica (Pandey et al. 2021). Las enfermedades relacionadas con la contaminación del aire afectan negativamente la oferta laboral, reducen la productividad en la economía, mientras más personas padezcan enfermedades mayor es el costo de la atención médica (Chen y Chen, 2021)

Varios gases contribuyen al efecto invernadero que se encarga de fijar la temperatura de la tierra a lo largo del tiempo geológico, pequeños cambios en la concentración atmosférica de estos gases pueden provocar cambios en la temperatura. El dióxido de carbono se produce de forma natural y como resultado de las actividades humanas, siendo un subproducto de la combustión de combustibles fósiles, como carbón, gasolina y gas natural. El metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), ozono troposférico (O<sub>3</sub>), los clorofluorados y los COVBs son otros gases que aportan a la contaminación (NEEF, 2017).

Las partículas en el aire pueden depositarse sobre la vegetación y los materiales artificiales conforme pasen cerca de su superficie, así a la tasa de deposición también se le conoce como velocidad de deposición, cuando las partículas se depositan en hojas y ramas se retiene de forma temporal y son lavados por la lluvia (Przybysz et al. 2015). La vegetación tiende a tener una mayor superficie por unidad de volumen en comparación con materiales artificiales, con tasas de deposición significativamente altas vistas en el césped en comparación con superficies de vidrio y cemento (Roupsard et al. 2014). Según (McDonald et. al, 2008) los árboles son considerados el tipo más eficaz de vegetación en filtrar aire, debido a su gran área foliar total, el tipo de especie afectará de diferente forma la velocidad de deposición y el aire filtrado.

Según (EPA, 2017) las principales fuentes de emisión de monóxido de carbono se producen en los motores de combustión interna de los vehículos, en menor escala está la actividad industrial (industria química, refinerías, industria de papel, fundiciones, entre otras) así como también se presencia en la calefacción habitacional y quema de residuos sólidos.

El monóxido de carbono (CO) es un gas tóxico, incoloro e inodoro que es producto de la combustión. El estar expuesto a este gas provoca dolor de cabeza, mareos, fatiga, vómitos y dolor de pecho, es peligroso porque es imperceptible con presencia sintomática inespecífica. (EPA, 2017)

A nivel local las fuentes emisoras se encuentran clasificadas de acuerdo marco regulatorio presentados en la **Tabla 1**

**Tabla 1:** Clasificación de fuentes emisoras

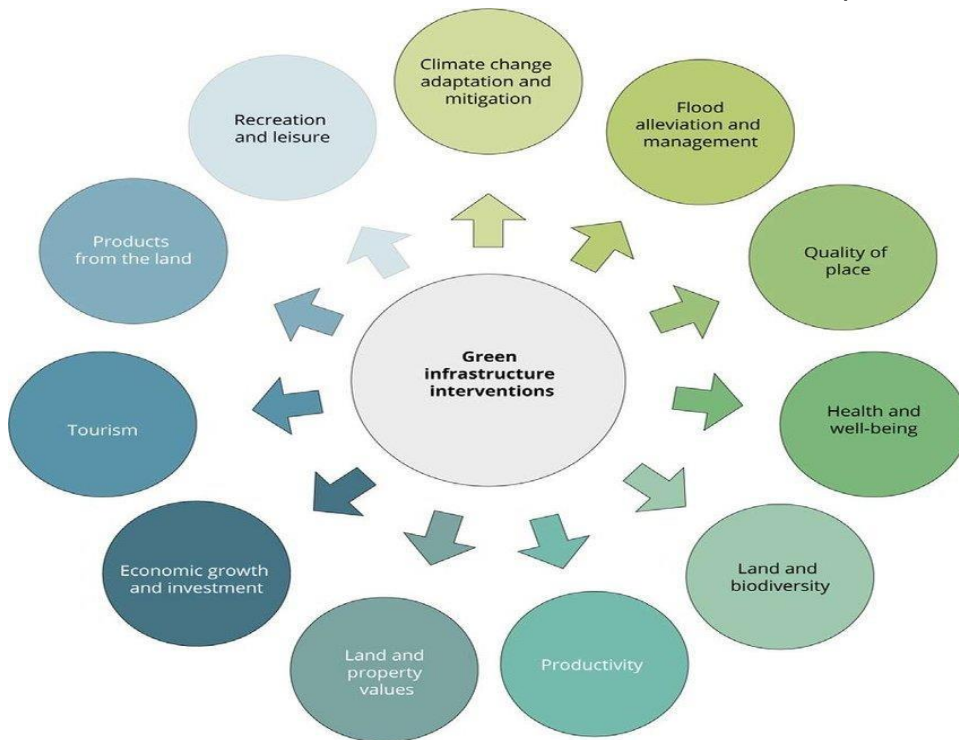
<b>Tipo</b>	<b>Contaminantes</b>	<b>Actividades</b>	<b>Ejemplos</b>
Fuentes fijas	CH4, SO2, CO2, CO, SOx, NOx, MP	Industrias	Hidrocarburos, Minería, Electricidad, Curtiembre, Pesquería
Fuentes móviles	CO, HC, NOx, PM10	Parque Automotor	Automóvil, taxis, combis, buses, camiones

El Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM establece los estándares nacionales para la calidad del aire, para el monóxido de carbono (CO) la normativa indica que en el periodo de 1 hora no debe exceder los 30000 ug/m<sup>3</sup>, mientras que para el tiempo de 8 horas la concentración no debe pasar de los 10000 ug/m<sup>3</sup>.

<b>Parámetro</b>	<b>Periodo</b>	<b>Valor (ug/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Criterio de evaluación</b>	<b>Método de análisis</b>
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	(Método automático)

La infraestructura verde es la red interconectada de espacios abiertos y naturales, áreas verdes, humedales, parques, reservas forestales, vegetación de plantas nativas. Así como también comprende una amplia variación de características ambientales que operan a diferentes escalas y forman parte de la red ecológica. Estas características no solo deben ser un simple espacio verde. Todas estas características pueden operar a diferentes escalas, desde la más mínima hasta ecosistemas funcionales completos. (EEA, 2020)

En la **figura 2** se aprecia todas las funciones de la infraestructura verde, los cuales beneficios sociales, así como de recreación a la población.



**Figura 2:** Funciones de la infraestructura verde, fuente: EEA, 2016

El arbolado urbano, son arboles públicos donde su administración y manejo rigen directamente de la Municipalidad, estos árboles aparte de brindar sombra, regulan la temperatura, eliminan la contaminación atmosférica, aumenta la salud respiratoria en las personas. (FAO, 2016)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

El **tipo de investigación** fue de tipo aplicado debido a que se usó los conocimientos ya existentes, con el fin de la recolecta de datos de los fenómenos acorde al contexto en el que se encontraron. (TOMAYO, 2008),

Según su **diseño de investigación** tuvo un diseño no experimental descriptivo: debido a que carece de manipulación intencional donde se analizan las acciones y datos del tiempo actual después de su ocasión.

Así mismo fue **Transversal**; ya que se pudo realizar investigaciones de estudios y proyectos de actualidad en donde se estiman y observan los fenómenos que se den en cualquier momento de un día determinado (CARRASCO, 2006),

y finalmente el **nivel de investigación** fue explicativo; debido a que se buscó identificar y explicar las características físicas de personas, comunidades, procesos o de los fenómenos con el cual se trabaja sus características fundamentales de tal manera que se obtuvo una interpretación correcta, correlacional, donde se relaciona las variables que proporcionan el conocimiento en la actualidad en una zona o un debido espacio. (TOMAYO, 2008)

### **3.2. Variables y operacionalización**

Según Carballo y Guelmes (2016) mencionan que una variable se usa con la finalidad de indicar ciertas características del objeto a estudiar en nuestra investigación. Para la investigación se trabajará con 2 variables, una independiente y otra dependiente. En el anexo 1 se muestra la operacionalización de variables.

#### **Variable independiente**

El **arbolado urbano**, sirven como agentes de regulación, adaptación y mitigación de los ambientes urbanos frente a los procesos de cambio climático actual (Escobedo et.al., 2017)

#### **Variable dependiente**

La **captura de CO** está directamente relacionada con la tasa de variación interanual de carbono almacenado en la biomasa. Esta dependerá principalmente de las tasas de crecimiento, edad, condición y la vida útil del árbol. (IPCC, 2015)

### 3.3. Población, muestra y muestreo

La **población** estuvo conformada por 288 especies arbóreas presentes en el interior del parque Santo Domingo.

La **muestra** será la misma cantidad de individuos identificados como población, en este caso 288 árboles.

En la figura 3 se muestra la ubicación del parque Santo Domingo cuyas coordenadas son (-11,883535 y -77,036160) ubicado en la urbanización Santo Domingo segunda etapa del distrito de Carabayllo



**Figura 3:** Ubicación del Parque Santo Domingo, distrito de Carabayllo

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

### 3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Para la recopilación de datos la técnica que se ejecutó fue la observación directa. Mediante esta se efectuó la identificación y cuantificación de las especies en el área de estudio. Posterior a ello se sistematizó la información con el Software I-Tree para su seguido desarrollo y procesamiento de datos.

Los instrumentos de recolección de datos son los siguientes:

- Libreta de campo
- Cámara fotográfica
- Ficha bibliográfica
- Ficha de datos
- Cinta métrica
- Laptop

La libreta de campo permitió cuantificar las especies arbóreas presentes en todo el interior del “Parque Santo Domingo”

La ficha de datos nos determinó obtener las mediciones efectuadas del tipo de especie, DAP, altura total, ancho de la copa para el arbolado urbano. Así mismo se obtuvo los datos de contaminantes, secuestro de carbono, eliminación de CO y su valor.

Estas fichas fueron validadas por jueces expertos según su confiabilidad, como se muestra a continuación.

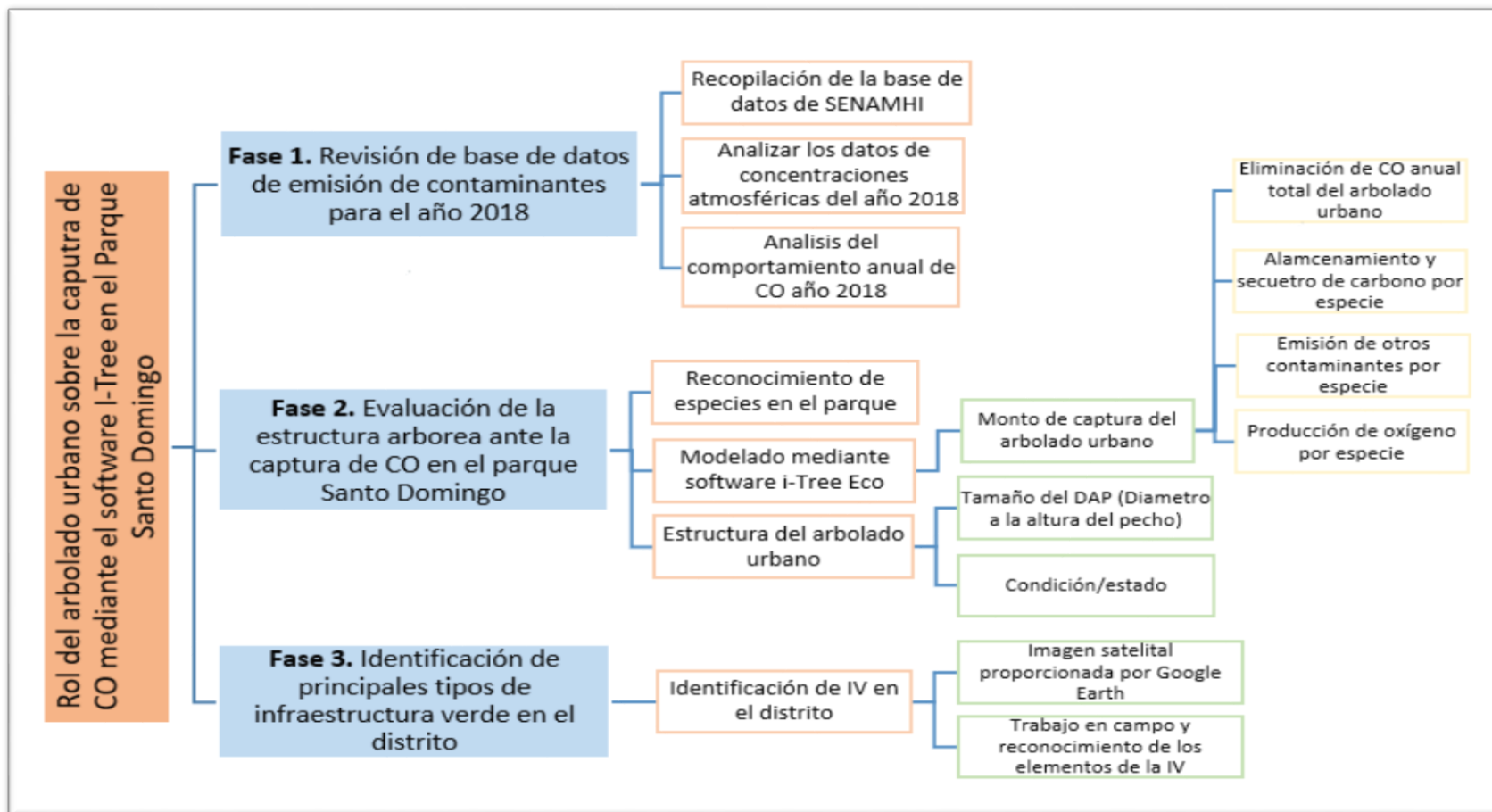
#### Promedio de validación

Jueces expertos	Profesión/Especialidad	Promedio de Validación
Dr. Carlos Cabrera Carranza	Asesor de Tesis	90%
Dr. Julio Ordoñez Galvez	Especialista en Recursos Hídricos y Cambio Climático	90%
Ing. Luis Holguin Aranda	Ingeniero Ambiental	85%
<b>Promedio de validación</b>		<b>88.3%</b>



### 3.5. Procedimiento

En la figura 4 se muestra las fases de los procedimientos que se realizaron en esta investigación



**Figura 4:** Diagrama de procesos del arbolado urbano y la captura de CO

## **Fase I – Revisión de la base de datos de concentraciones y emisiones de contaminantes atmosféricos del año 2018**

Dentro de esta etapa se realizó la recopilación de datos y se analizó los datos de contaminantes atmosféricos, seguido a ello se utilizó las bases de datos obtenidas del SENAMHI (ver Figura 4). Los datos que se utilizarán provienen de la estación meteorológica ( $36^{\circ} 45'S$ ,  $70^{\circ} 05'W$ , 80 m.s.n.m), que se encuentra ubicada en el distrito de Carabayllo dentro del estadio Ricardo Palma. Se escogió esta estación ya que es la única dentro del distrito y la más próxima al parque.

En la figura 5 se muestra la estación de monitoreo la cual se encuentra en la piscina municipal de Carabayllo con coordenadas -11,902123 y -77,033572.



**Figura 5:** Ubicación de la estación de monitoreo

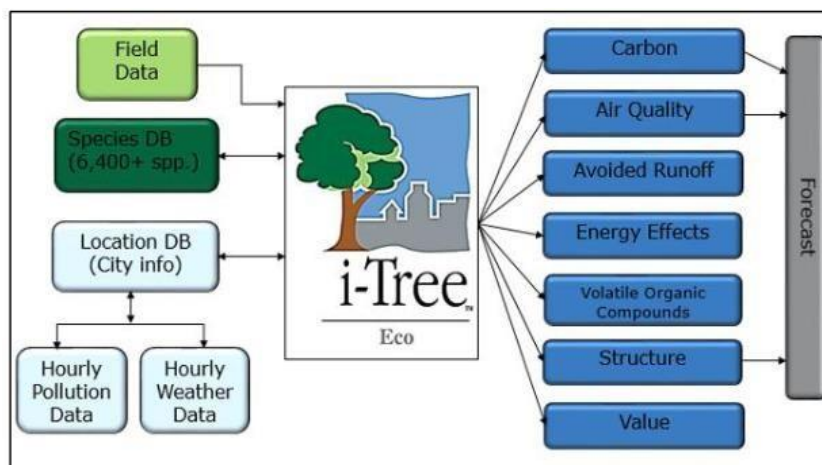
Los datos de la concentración del CO del boletín del SENAMHI fueron ordenados y sistematizados mediante el software MS Office Excel, que estuvieron distribuidos en semanas, días y horas. (Ver anexo 2)

## Fase II – Evaluación de la estructura arbórea ante la captura de los contaminantes atmosféricos en el parque Santo Domingo.

Se realizó el análisis de la estructura arbórea y en base a eso se estimó la cantidad capturada de contaminantes atmosféricos usando el software i-Tree Eco, este aportó mecanismos y herramientas para el análisis del comportamiento de la estructura arbórea ante cualquier caso de contaminación atmosférica dentro del distrito. (ver Figura 5)

El funcionamiento del software es en base al modelo UFORE (Urban Forest Effects), primero se consiguió los datos de campo para la estructura arbórea, luego datos meteorológicos y de contaminación (ver Figura 3), una vez obtenidos estos datos se estimó toda la cantidad de contaminación removida en el área de estudio. (Nowak & Crane, 2002). Por lo tanto, en un primer punto, el software i-Tree Eco estimó la cantidad de carbono secuestrado, así como también su almacenamiento en base a la cuantificación del área de la biomasa del arbolado urbano. Así mismo en base a las ecuaciones alométricas y datos recogidos de campo, en segundo punto, se procesó los datos de contaminación y meteorología, donde se obtuvo todos los servicios ecosistémicos y beneficios por parte del arbolado urbano. (Baro et al., 2014)

Para el modelado a través del software i-Tree Eco se requirieron algunos inputs esenciales de entrada (ver Figura 6), la ubicación de la zona a trabajar, datos de precipitación acumulada por hora durante el año 2018, datos de las concentraciones atmosféricas de los principales contaminantes, agregado del inventario de árboles en la zona.



**Figura 6:** Inputs necesarios para el funcionamiento del software I-Tree

**Tabla 2:** Parámetros necesarios para ejecutar el software i-Tree Eco

Parámetro de entrada	Descripción
Datos de precipitación	Se obtuvo a partir del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Tomando datos de la Estación en el estadio Ricardo Palma, distrito de Carabaylo (Año 2018)
Datos de calidad del aire	Se extrajo desde el Boletín del SENAMHI. (Datos CO) desde la estación en el estadio Ricardo Palma, Carabaylo (Año 2018)
Datos de Estructura arbórea	Se obtuvo del trabajo de campo que se realizó entre el mes de septiembre y noviembre en el Parque Santo Domingo, Carabaylo

**Fuente:** Elaboración propia

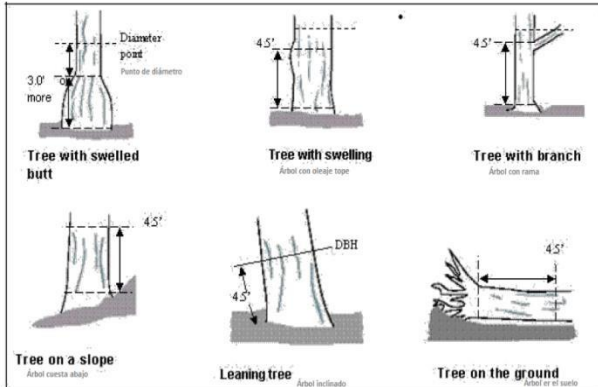
La estructura arbórea se refiere principalmente a las características de la vegetación, para este caso del arbolado urbano, el tipo, tamaño y diversidad de especies (Ugalde, 2014). Seguido a ello se realizó el inventariado de árboles al interior del parque Santo Domingo, para ello se dispuso de una ficha técnica, que proporciona el software i-Tree Eco. Esta ficha se adaptó de acuerdo con los objetivos propuestos y en ella se recopiló la información necesaria para la identificación del arbolado (Ver Instrumento 1)

En la Tabla 3. se detalla todos los parámetros considerados en esta investigación para realizar el inventario de árboles al interior del parque

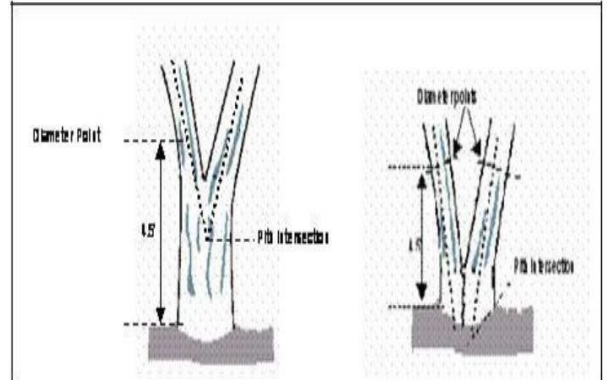
**Tabla 3:** Parámetros para realizar el inventario de Árboles

Parámetros	Descripción
ID Árbol	Numeración e identificación de cada árbol
Especie	Si es difícil de identificar la especie, para el caso de árboles muertos, se tomará las clases taxonómicas: <i>Magnoliopsida</i> , <i>Liliopsida</i> , <i>Filicopsida</i> , <i>Pinopsida</i> , <i>Ginkgoopsida</i>
Ubicación	Localización del árbol
Estado/Condición	Plantación, de semilla propia o desconocido
Uso de Suelo	Uso del suelo donde se encuentra localizado el árbol
DAP (cm)	Diámetro a la altura al pecho del árbol, 1,35 metros es la estimación sobre el nivel del suelo (Manual de campo i-Tree Eco, 2017)
Altura Total	Es la medición desde el suelo hasta la parte superior, ya sea para un árbol vivo o muerto.
Copa Altura Superior	Se obtendrá de medir la base del suelo hasta la copa viva del árbol
Copa Ancho N/S y E/O (m)	Este parámetro será medido en dos direcciones, Norte/Sur y Este/Oeste.
Coordenadas GPS	Coordenadas del árbol (latitud y longitud)

En la Figura 7 y 8 se muestra un ejemplo de la toma de datos del DAP para cierto tipo del tallo del árbol.

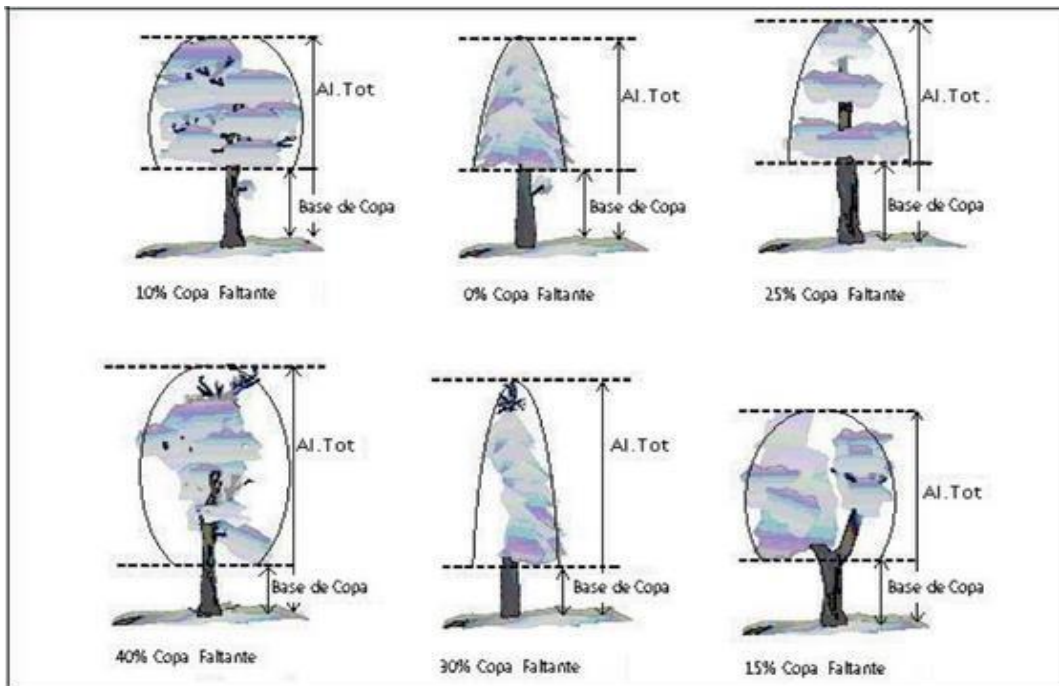


**Figura 8:** Ejemplo de muestreo del DAP según tipo de árbol. Fuente: Manual de campo i-Tree Eco, 2017



**Figura 7:** Ejemplo de muestreo del DAP para árboles Bifurcados o de varios tallos. Fuente: Manual de campo i-Tree Eco, 2017

En la figura 9 se tiene un ejemplo de como obtener la medida de la altura total, altura a la copa superior, el radio de copa (N/S y E/O) y el porcentaje de copa faltante.



**Figura 9:** Ejemplos para la toma de datos de altura total, altura de la base a la copa y el porcentaje de dosel faltante. Fuente: Manual de campo i-Tree Eco, 2017.

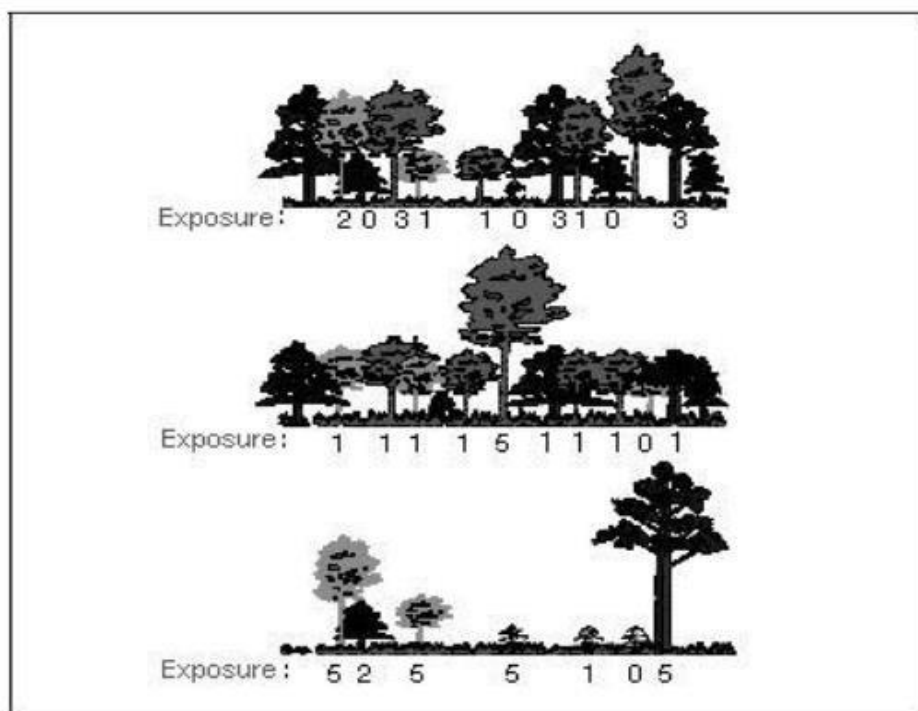
En la Tabla 4 se muestra cómo se medirá la exposición a luz solar por parte del arbolado.

**Tabla 4:** Clasificación de los árboles de acuerdo con los lados por donde recibe luz solar

Valor	Descripción
-1	Árbol muerto
0	El árbol no recibe luz porque otros árboles, edificios u otro lo cubren
1	El árbol recibe luz plena de la parte superior o uno lateral
2	El árbol recibe luz plena de la parte superior y uno lateral o solo dos lados laterales
3	El árbol recibe luz plena de la parte superior y de 2 laterales o 3 de lado
4	El árbol recibe luz plena de la parte superior y 3 laterales
5	El árbol recibe luz solar por todo su entorno

**Fuente:** Manual de campo i-Tree Eco, 2017

En la figura 9 se muestra ejemplo de muestreo de datos del árbol a la exposición a luz



Para el almacenamiento y secuestro de carbono ejecutado por el arbolado urbano, se realizó la matriz de datos de almacenamiento y secuestro de carbono para cada tipo de especie arbórea, el software realiza ecuaciones alométricas, que permitió estimar con precisión la biomasa de todo tipo de especie.

Una vez obtenida la estimación de la biomasa, esta se combinó con las tasas de crecimiento medio arbóreo, y así obtener el almacenamiento de carbono y el secuestro anual (Baro et al., 2014)

**Tabla 5:** Tasa de crecimiento arbóreo

<b>Condición</b>	<b>Factor de crecimiento</b>
Excelente/Bueno	1
Pobre	0,76
Crítico	0,42
Moribundo	0,15
Muerto	0

**Fuente:** Nowak & Crane (2002)

Entonces mientras más sea la muerte regresiva de la corona, la tasa de crecimiento será mucho más lenta, en ese sentido si el valor de la tasa de crecimiento era menos del 25%, tendrá un efecto limitado sobre la tasa de crecimiento del DAP. Por otro lado, la diferencia de almacenamiento de carbono para un año y el siguiente será la cantidad bruta de carbono secuestrado de forma anual (Nowak & Crane, 2002)

Ahora, cuando se produce la muerte de un árbol provoca la liberación final del carbono almacenado y por ende la cantidad neta de carbono secuestrado por el arbolado urbano.

Acorde a la eliminación de los contaminantes suspendidos en la atmósfera, el software i-Tree Eco realizó un modelo mediante los datos de la estación meteorológica cercana, básicamente con datos de precipitación, agregados a los datos de contaminación atmosférica.



De acuerdo con Baro et al., (2015), la cuantificación se realiza con una modelización de la deposición seca de los contaminantes atmosféricos ubicados en la superficie del arbolado urbano.

Por otra parte, Nowak et al., (2008) nos dice que el flujo de contaminante filtrado (F, en ug/m<sup>2</sup>h) es el producto de la velocidad de deposición (Vd, en m/h) con la concentración del contaminante (C, en ug/m<sup>3</sup>)

$$F = Vd \times C$$

Escobedo & Chacalo (2010) acotan que la obtención de la velocidad de deposición (Vd), se obtiene de la sumatoria de tres resistencias: aerodinámica (Ra), capa de contorno (límite), cuasilaminar (Rb) y de copa (Rc). Para la resistencia aerodinámica y capa de contorno sus valores se obtienen de los datos meteorológicos, y para la obtención de la resistencia de copa se usan el modelamiento de deposición de hoja grande y copa de múltiples capas.

### **Fase III - Identificación de los elementos de la infraestructura verde en el distrito de Carabaylo**

La identificación de los elementos de la infraestructura verde (IV) del distrito de Carabaylo se obtendrá a través del levantamiento de especies verdes del MINAM durante el año 2017, agregado de datos en terreno y fotointerpretación de imágenes satelitales usando el Google Earth (Ver Figura 7)

Se utilizó la clasificación propuesta por la agencia europea del medio ambiente (European Environment Agency, EEA) para la identificación de la IV del año 2011, donde se identificarán los diferentes tipos de infraestructura verde en su respectiva escala, ya sea a nivel regional, ciudad o vecinal (Tabla 5).

**Tabla 6:** Elementos y Tipos de Infraestructura verde, según su escala

Escala a nivel regional	Escala a nivel ciudad	Escala a nivel local/vecinal
Parques regionales	Parques intercomunales	Árboles de calles
Ríos y llanuras de inundación	Canales urbanos	Techos y paredes verdes
Costas	Espacios urbanos	Plazas de bolsillo
Senderos estratégicos y de larga distancia	Comunes	Jardines privados
Grandes bosques	Parques naturales	Plazas urbanas
Embalses	Frentes de agua continuos	Espacios verdes comunes
Redes viales y espacios verdes estratégicos	Plazas municipales	Derechos locales de caminos
Tierras agrícolas	Lagos	Rutas peatonales y ciclistas
Parques nacionales	Grandes espacios recreativos	Cementerios
Cordones montañosos	Ríos y llanuras aluviales	Espacios abiertos institucionales
Canales	Terrenos abandonados	Estanques arroyos
Tierras comunes	Bosques comunitarios	Pequeños bosques
Campo abierto	Sitios de formación y extracción de minerales	Áreas de juego
Acueductos y gaseoductos	Tierras agrícolas	Reservas naturales locales
Fallas geológicas	Vertederos	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Áreas de escuela</li> <li>✓ Canchas deportivas</li> <li>✓ Zanjas</li> <li>✓ Jardines comunitarios</li> <li>✓ Áreas abandonadas</li> </ul>
--	--	--

**Fuente:** European Environment Agency (EEA,2011), traducido por Riveros et al., (2016)

### 3.1 Método de análisis de datos

Para el procesamiento de datos se aplicó el método estadístico descriptivo, ya que nos ayudará a resumir y procesar los datos recogidos mediante los instrumentos. Una vez obtenidos los datos posteriormente se ingresarán al software I-Tree. A la vez se usará como herramienta el software Microsoft Excel y SPSS. Para obtención de resultados y realizar los gráficos correspondientes

### 3.2 Aspectos éticos

La investigación realizada presentó datos y resultados veraces, cumpliendo con las normas éticas y el reglamento de investigación establecido por la Universidad Cesar Vallejo, que se encuentra libre en la Relación de Consejo Universitario N°126-2017/UCV, así mismo en la resolución Rectoral N°0089-2019/UCV, donde indican la manera en la que se deberá desarrollar la investigación. Agregado a ello se respetará la estructura dispuesta en la Guía de Elaboración del Trabajo de Investigación y tesis del presente año.

La verificación, autenticidad y originalidad de la investigación se realizó mediante la plataforma Turnitin que analizó el contenido del trabajo y nos reportó un porcentaje de similitud de esta. Finalmente se respetó la correcta citación de todos los autores, según norma ISO

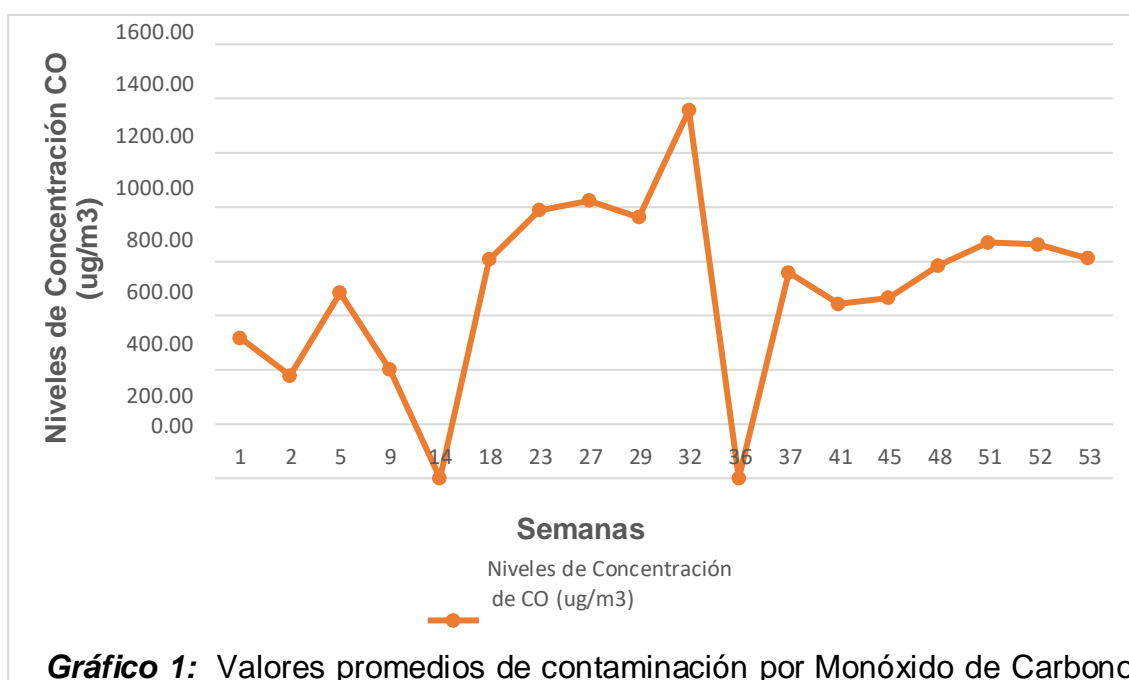
#### IV. RESULTADOS

Los resultados obtenidos se enfocan en un análisis descriptivo realizado de acuerdo con los objetivos específicos planteados, y sustentados en las etapas metodológicas descritas en el capítulo III.

##### 4.1 Datos de las concentraciones atmosféricas en el distrito de Carabaylo

Lo primero a realizar fue la evaluación de las características espaciales y temporales que posee la estación de monitoreo.

En el gráfico 1 se detallan los valores promedios observados en la estación de monitoreo de la calidad del aire para el monóxido de carbono (CO) durante todas las semanas en la estación Ricardo Palma para el año 2018.

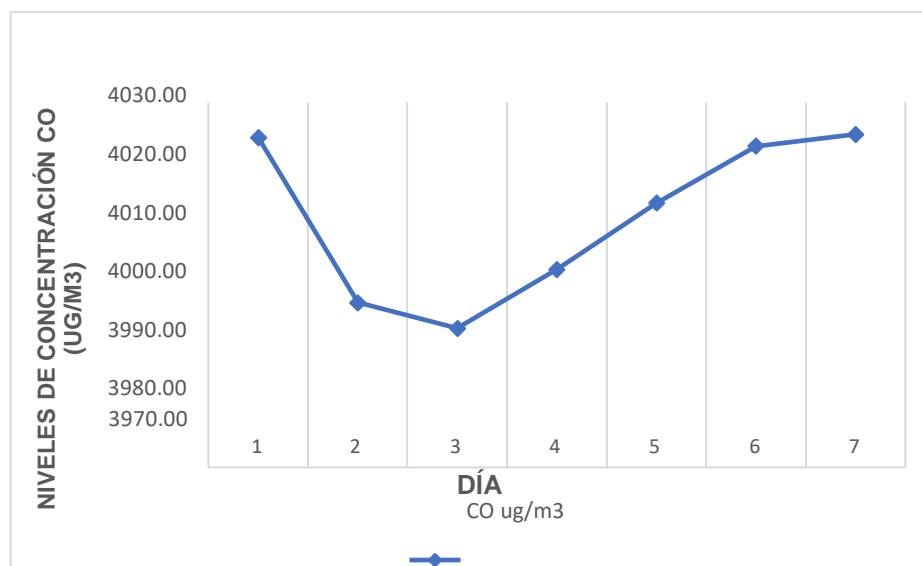


**Gráfico 1:** Valores promedios de contaminación por Monóxido de Carbono en semanas.

De acuerdo con el Gráfico 1 se observa que de las 53 semanas que tuvo el año 2018, en la semana 29 correspondiente al mes de julio, se registra el aumento de la concentración del CO, este coincide con el inicio de la temporada de invierno donde la temperatura comienza a disminuir y llegando a su pico más alto en la semana 32 superando los 1350 ug/m3. Por otra parte, en la semana

14 y 36 el valor es cero debido a que no se encontraron ningún dato como para poder estimar un valor.

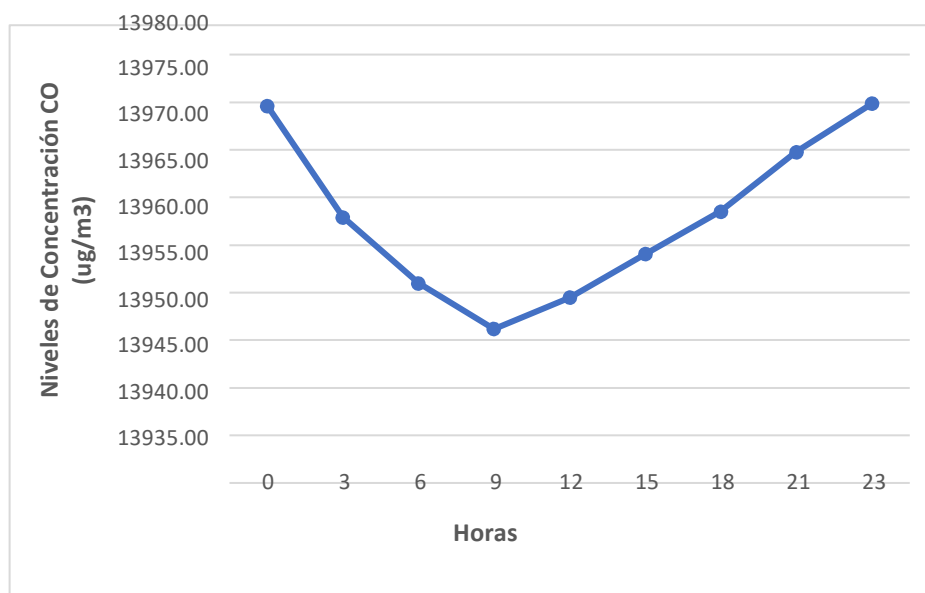
En el gráfico 2 se muestran los valores promedio de los días de la semana para el monóxido de carbono durante el año 2018 en la estación Ricardo Palma



**Gráfico 2:** Valores promedio de los días de la semana en el año 2018 en la estación Ricardo Palma

Acorde al Gráfico 2 se observa que el día 1, día 6 y día 7 son los días de la semana del año 2018 donde el nivel de concentración fue mayor en promedio de acuerdo con el cálculo de los valores proporcionados por la estación Ricardo Palma de SENAMHI.

En el gráfico 3 se muestran los valores promedio para el monóxido de carbono durante todas las horas del año 2018 en la estación Ricardo Palma



**Gráfico 3:** Valores promedio durante todas las horas en la estación Ricardo Palma para el año 2018

A partir del Gráfico 3 se observa que la hora promedio durante el año 2018, donde se presentó el nivel de concentración mas alto fue a la 01:00 horas y 23:00 horas, así mismo se detalla que durante las 09:00 horas de promedio el nivel de concentración desciende. En las horas donde hay mayor tránsito vehicular que sería desde las 17:00 hasta 19:00 horas el valor de del contaminante tiende a elevarse.

#### **4.1.1. Análisis del comportamiento del Monóxido de Carbono (CO), en la estación Ricardo Palma, durante el año 2018.**

A partir de los datos del boletín del SENAMHI y el modelo de imputación de datos SDEM, se pudo analizar el comportamiento general del CO en la estación meteorológica, durante el año 2018.

El promedio anual durante el año 2018 fue de 13709,67 ug/m<sup>3</sup>, quedando bajo la normativa anual. así mismo los meses donde los promedios de contaminación fueron más altos se encontraron en los meses de mayo (22530,08 ug/m<sup>3</sup>), junio (23211,77 ug/m<sup>3</sup>), julio (16876,94 ug/m<sup>3</sup>) y noviembre (16308,37 ug/m<sup>3</sup>), por otra parte, en los meses de enero (2490,36 ug/m<sup>3</sup>), febrero (7812,95 ug/m<sup>3</sup>) y

marzo (9432.50 ug/m<sup>3</sup>) los valores disminuyeron, llegando a su valor mínimo en el mes de enero (Tabla 11)

En la Tabla 7 se describen los promedios mensuales del monóxido de carbono durante el año 2018

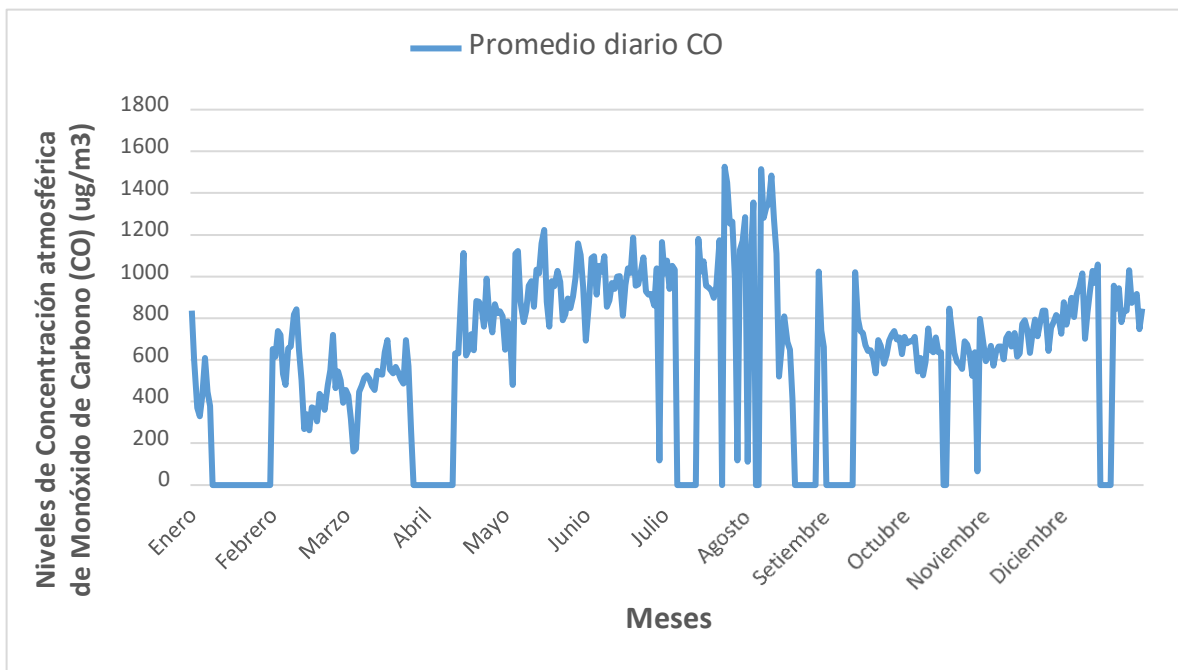
**Tabla 7:** Promedio anual de las concentraciones de CO (µg/m<sup>3</sup>), en la estación Ricardo Palma

<b>MESES</b>	<b>CO (µg/m<sup>3</sup>)</b>
Enero	2940.36
Febrero	7812.95
Marzo	9432.50
Abril	11738.97
Mayo	22530.08
Junio	23211.77
Julio	16876.94
Agosto	13459.32
Setiembre	10111.37
Octubre	13902.79
Noviembre	16308.37
Diciembre	16190.63
Promedio Anual	13709.67

De acuerdo con la Tabla 7 se observa que el promedio anual de monóxido de carbono fue de 13709,67 ug/m<sup>3</sup>, teniendo al mes de enero, mayo y junio como los de mayor concentración.

A escala diaria, los valores más altos observados durante el año 2018 le corresponden a los meses de mayo y Junio (temporada de otoño)

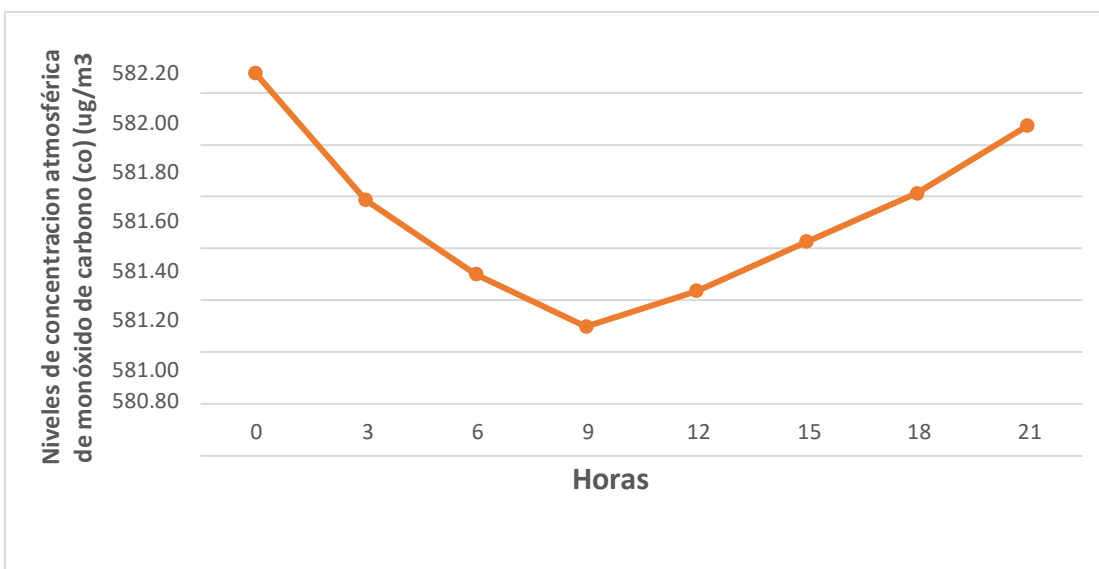
En el Gráfico 4 se detalla el nivel promedio de concentración del monóxido de carbono durante todo el año 2018.



**Gráfico 4:** Niveles promedio de concentración diaria del Monóxido de Carbono (CO), en la estación Ricardo Palma.

Acorde al gráfico 4 donde se refleja el nivel promedio de la concentración del monóxido de carbono, siendo el mes de agosto donde se produce su creciente teniendo valores de 1450 ug/m3 y 1438 ug/m3, por otra parte, en fechas festivas como diciembre el valor del nivel es de 1074 ug/m3.

En el Gráfico 5 se muestra el nivel promedio de concentración horaria del monóxido de carbono en todo el año 2018

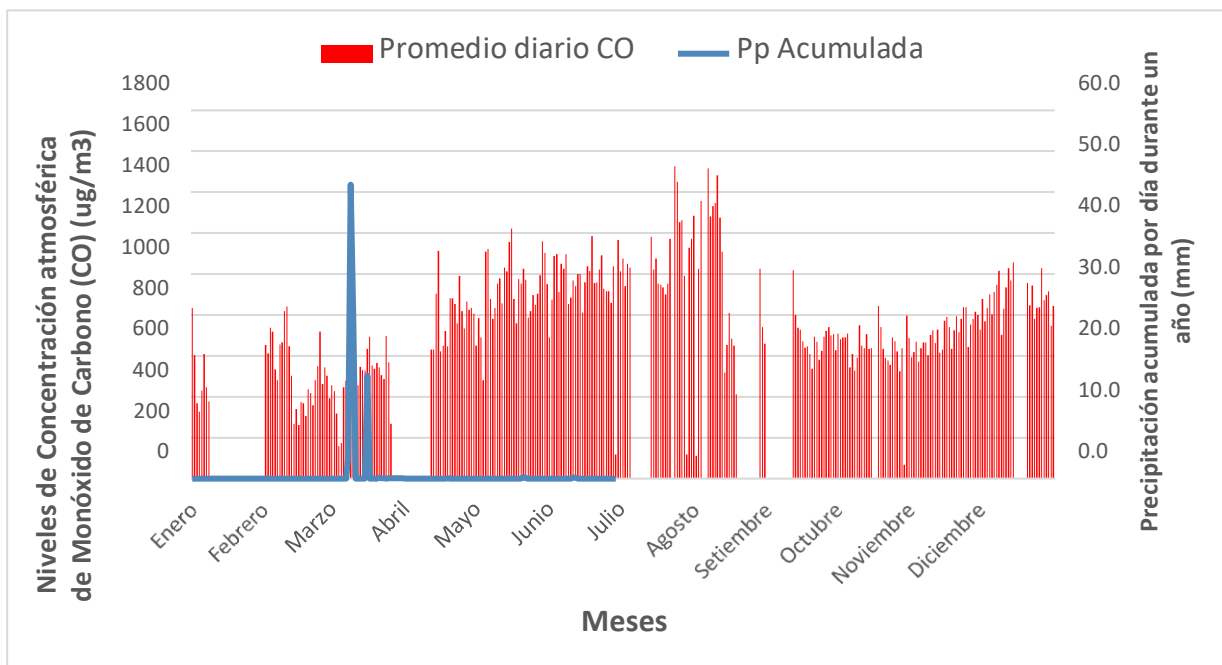




**Gráfico 5:** Niveles promedio de concentración horaria del Monóxido de Carbono (CO), en la estación Ricardo Palma

A partir del Gráfico 5 se observa que el comportamiento de la concentración del monóxido de carbono disminuye a partir de las 1:00 horas, teniendo su punto más bajo a las 9:00 horas (581.32 ug/m<sup>3</sup>) y luego ascendiendo hasta llegar a los 582.10 ug/m<sup>3</sup> en las 23:00 horas.

En el Gráfico 6 se muestra el nivel promedio de concentración diaria del monóxido de carbono y la precipitación diaria acumulada durante todo el año 2018.



**Gráfico 6:** Niveles promedio de concentración diaria del Monóxido de Carbono (CO) y precipitación diaria acumulada (mm), distrito de Carabayllo, año 2018

En el Gráfico 6 se aprecia el promedio para el monóxido de carbono, teniendo como meses de mayor concentración en agosto y setiembre, por otro lado, se tiene a la precipitación donde no presenta mucha variación ya que durante todo el año no hubo frecuencias de lluvias, sien embargo en el mes de abril hubo días donde se tuvo flujo de lluvia.

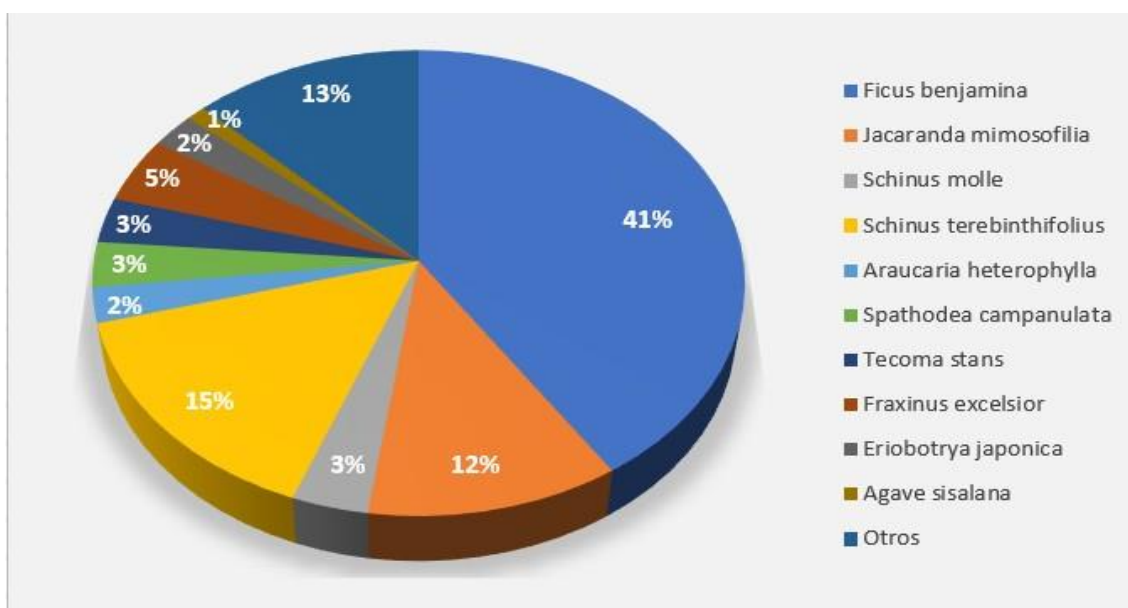
### 4.3. Análisis de la estructura del arbolado urbano presente en el “Parque Santo Domingo”

El análisis en este punto fue elaborado del trabajo de campo realizado durante los meses de agosto a noviembre del año 2021 y estos fueron modelados por el software i-Tree Eco, detallada en la parte metodológica (ver punto 3.5), de ella se obtuvieron los siguientes resultados.

#### 4.3.1. Riqueza de especies arbóreas en el Parque

En base al inventario de árboles realizado en campo, se reconocieron 288 árboles urbanos en el interior del parque Santo Domingo, de los cuales se ubicaron un total de 25 especies predominando mayormente las especies exóticas.

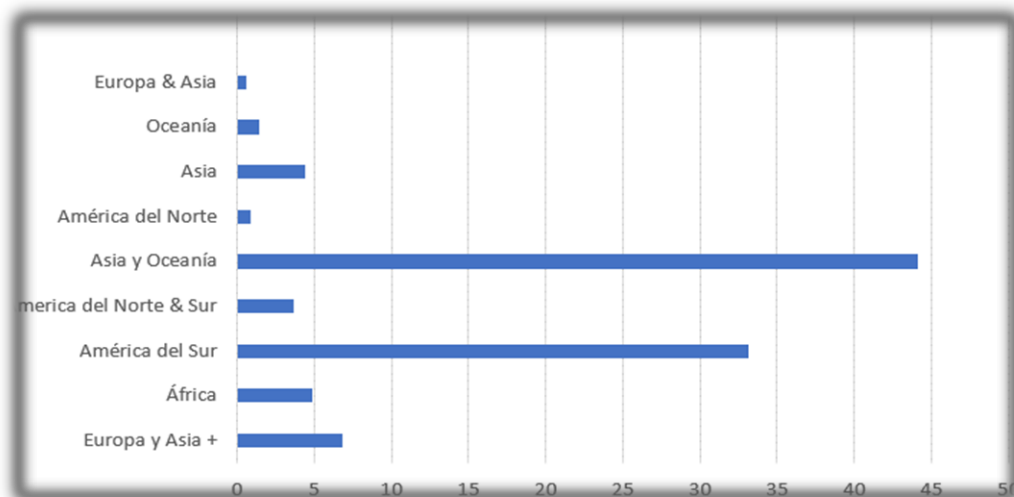
En el Gráfico 7 se detalla el porcentaje de árboles totales según su especie al interior del parque Santo Domingo



**Gráfico 7:** Porcentaje de árboles totales, según especies al interior del parque Santo Domingo

De acuerdo con el gráfico 7 se observó que, de todos los árboles totales en el interior del parque, los que más comunes son *Ficus benjamina* (41,1%), *Schinus terebinthifolius* (15,0%) y *Jacaranda mimosifolia* (12,2%)

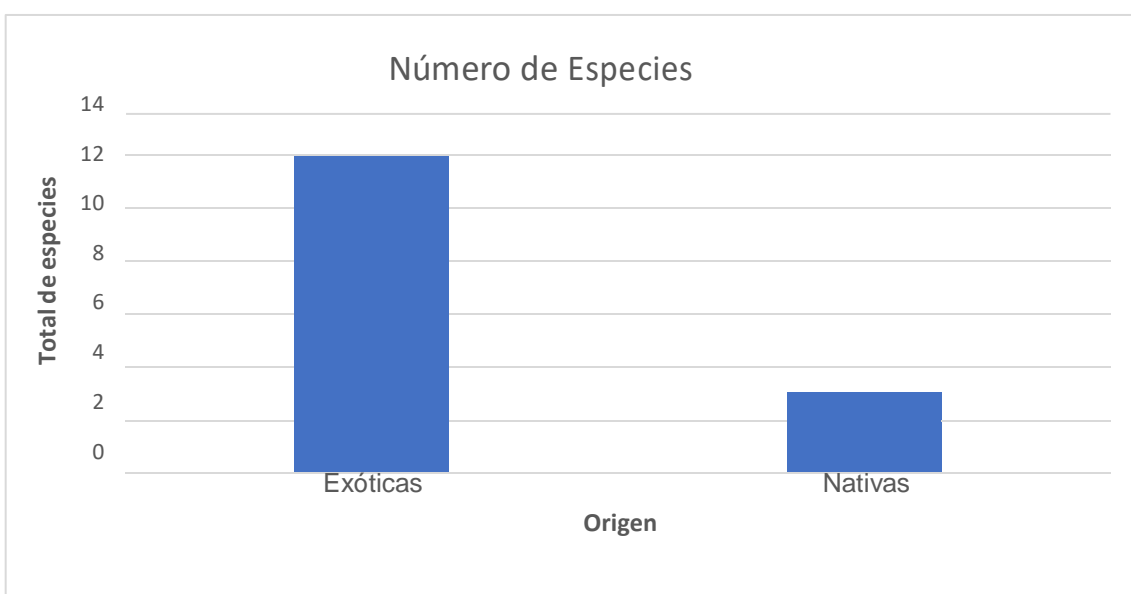
En el Gráfico 8 se observa el porcentaje de especies según su lugar de origen al interior del parque Santo Domingo



**Gráfico 8:** Porcentaje de especies según su lugar de origen dentro del parque Santo Domingo, año 2021

Acorde al Gráfico 8 se observó que de las 25 especies en total que se evidenció en el parque, principalmente la mayoría provienen del continente de Asia y Oceanía, así como de América del Sur.

En el gráfico 9 se da a conocer el número de especies (nativas o exóticas) al interior del parque



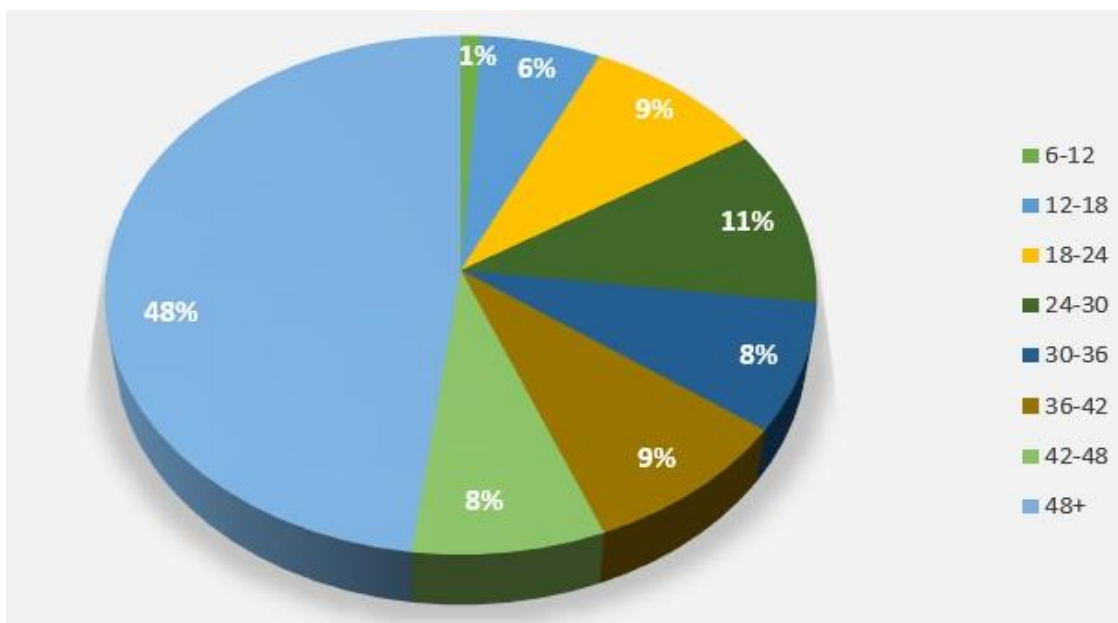
**Gráfico 9:** Número de especies totales según su origen, año 2021

A partir del Gráfico 9 se observa la cantidad de especies según su origen, de las 25 especies en total, 23 son exóticas y solo dos son propias de acá *Schinus molle* (Molle serrano) y *Schinus terebinthifolius* (Molle costeño).

Por otra parte, las áreas verdes del distrito de carabayllo, por lo general se encuentra dominadas por algunas especies nativas, tales como, *Tara spinosa* (Tara), *Jacarandá mimosofilia* (Jacaranda), *Schinus molle* (Molle serrano), *Schinus terebinthifolia* (Molle costeño), *Tecoma stans* (Huaranhuay).

**4.3.2. Árboles por DAP (Diámetro a la altura del pecho)**

En el Gráfico 10. se observa que los árboles de mayor presencia son aquellos que poseen un DAP mayor a 48 cm (48%). Por otra parte, solo el 1% del arbolado poseen un DAP en el rango de (6-12cm).

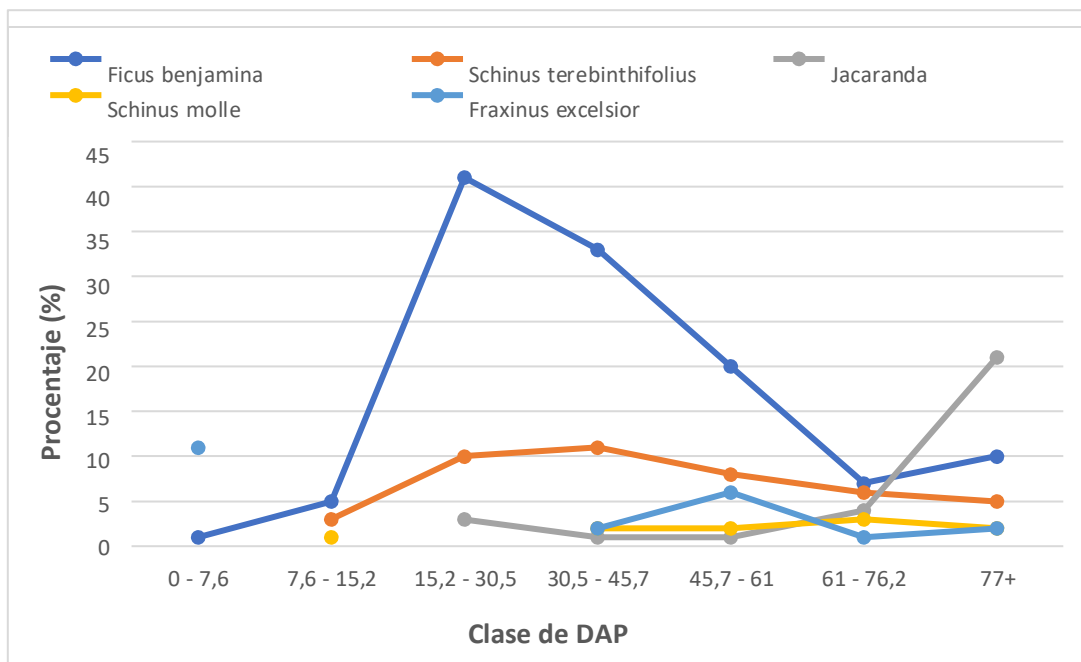


**Gráfico 10:** Porcentaje de distribución de los árboles según su DAP al interior del parque Santo Domingo

Así mismo los árboles más frecuentes dentro del parque (*Ficus benjamina*, *Schinus terebinthifolia*, *Jacaranda mimosifolia*), por lo general presentan una variedad en su distribución según su DAP.

Para la especie *Jacaranda mimosifolia* (*Jacaranda*), el (82%) de los árboles muestreados presenta un DAP superior a los 70 cm, seguido de un (9%) para los individuos con DAP entre 45-60 cm y 15-30 cm. A la vez para la especie *Ficus benjamina* (*Ficus*) un (11%) presenta un DAP mayor a 70 cm, el mayor número de individuos (51%) posee un DAP entre 30-65 cm, finalmente un (35%) poseen un DAP entre 15-30 cm. Por último, para la especie *Schinus terebinthifolia* (*Molle costeño*) el cual tiene valores de DAP entre 20-45 cm con un (42%), un 26% se encuentra en el rango de 45-70 cm y por último un 18% se encuentra con un DAP mayor a 70 cm.

En el Gráfico 11 se muestra el porcentaje de distribución del DAP de las especies que mas predominan en el parque



**Gráfico 11:** Porcentaje de distribución del DAP de las especies con mayor presencia al interior del parque

En base al Gráfico 11 se tiene que las especies con mayor presencia en el parque según su DAP fueron: *Ficus benjamina* (40%) para un DAP entre 15,2-30,5, seguido de la *Jacaranda* (22%) para los mayores de 77cm en base a la modelación hecha por el i-Tree Eco.

#### **4.4. Monto de captura y eliminación de contaminantes atmosféricos que posee el arbolado urbano del “Parque Santo Domingo”**

La simulación y modelamiento por parte del software i-Tree Eco se basa en los datos de la estructura arbórea del parque (ver 4.3) y de contaminación (ver 4.1), así mismo la incorporación de datos de precipitación local, de acuerdo a esto es que modela la captura para luego obtener la eliminación de contaminante atmosféricos que ejecuta el arbolado urbano, por otra parte para el almacenamiento y secuestro de carbono que presenta la estructura arbórea del parque, su cálculo se obtiene del CO<sub>2</sub> equivalente que estos genera hacia la atmosfera. Por último, los valores de COVBs son simulados por el software a través de datos de estructura arbórea y como se da su comportamiento.

##### **4.4.1. Eliminación total anual de Monóxido de Carbono por parte del arbolado urbano del parque Santo Domingo**

La contaminación total eliminada durante el año 2018 por el arbolado urbano en el parque Santo Domingo fue de 1,01kg de CO. En la Tabla 14 se aprecia el comportamiento mensual por parte de la estructura arbórea del parque, ante la eliminación de Monóxido de carbono (CO), adicionalmente se obtuvo el valor monetario realizado por el software por medio de los valores europeos de externalidades promedio (van Essen et al., 2011), seguidamente estos valores se convirtieron a Nuevos Soles.

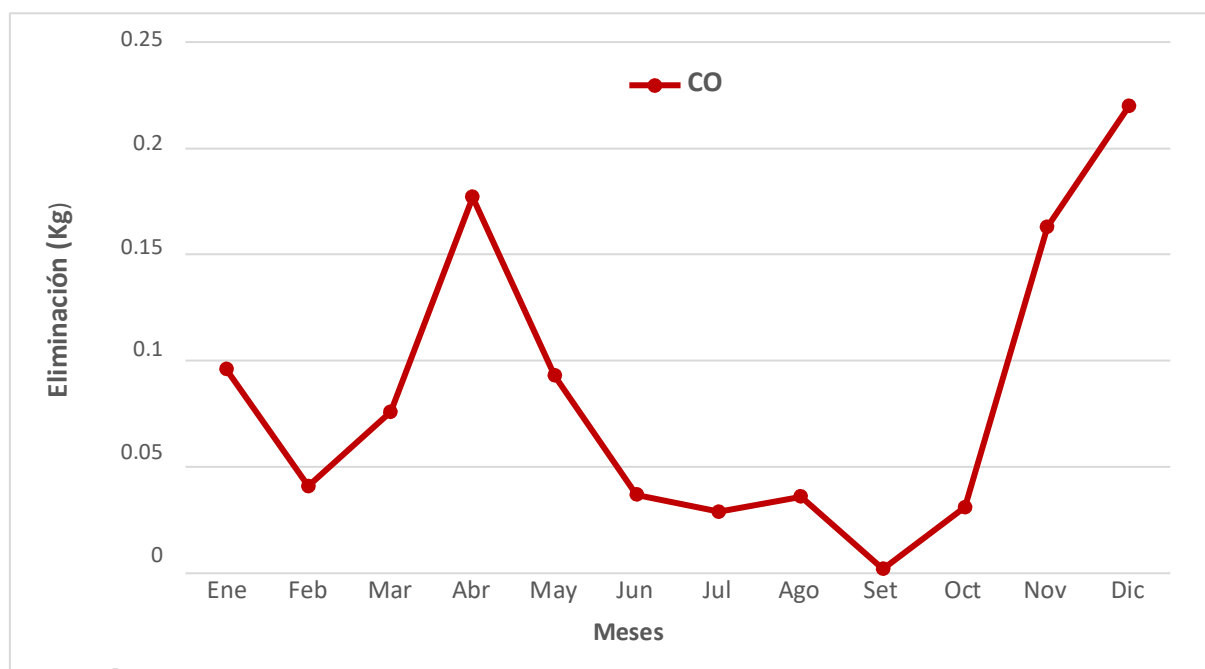
En la Tabla 8 se presenta el resultado de la eliminación mensual del monóxido de carbono por parte de la estructura arbórea del parque Santo Domingo

**Tabla 8:** Valor y eliminación mensual de monóxido de carbono (CO), por parte de la estructura arbórea del parque Santo Domingo, año 2018

Mes	Monóxido de Carbono (CO)	
	Eliminación (kg) (media)	Valor (S/.) (media)
Enero	0,096	0,62
Febrero	0,041	0,27
Marzo	0,076	0,49
Abril	0,177	1,14
Mayo	0,093	0,60
Junio	0,037	0,24
Julio	0,029	0,18
Agosto	0,036	0,23
Setiembre	0,002	0,02
Octubre	0,031	0,20
Noviembre	0,163	1,05
Diciembre	0,220	1,42
Anual	<b>1,001</b>	<b>6,45</b>

A partir de la Tabla 8 se observa que el mes donde mayor eliminación de monóxido de carbono hubo fue en Diciembre (0,220 kg) seguido del mes de noviembre (0,163 kg), así mismo el mes donde hubo menor eliminación fue en setiembre (0,002 kg), por lo tanto, haciendo el cálculo de la media anual se obtiene un valor positivo de 1,001 kg de eliminación de CO por parte del arbolado urbano.

En el Gráfico 12 se muestra la variación mensual de la eliminación (Kg) del monóxido de carbono por parte de la estructura arbórea del parque Santo Domingo



**Gráfico 12:** Variación mensual de la eliminación (Kg) de monóxido de carbono

A partir del Gráfico 12 se aprecia el comportamiento de forma mensual de la eliminación del monóxido de carbono, donde a comienzo de año el valor de la eliminación de (0,96 kg), por otro lado, el pico más alto fue en abril (0.017 Kg) diciembre (0,022 kg) en periodos de escasa precipitación.

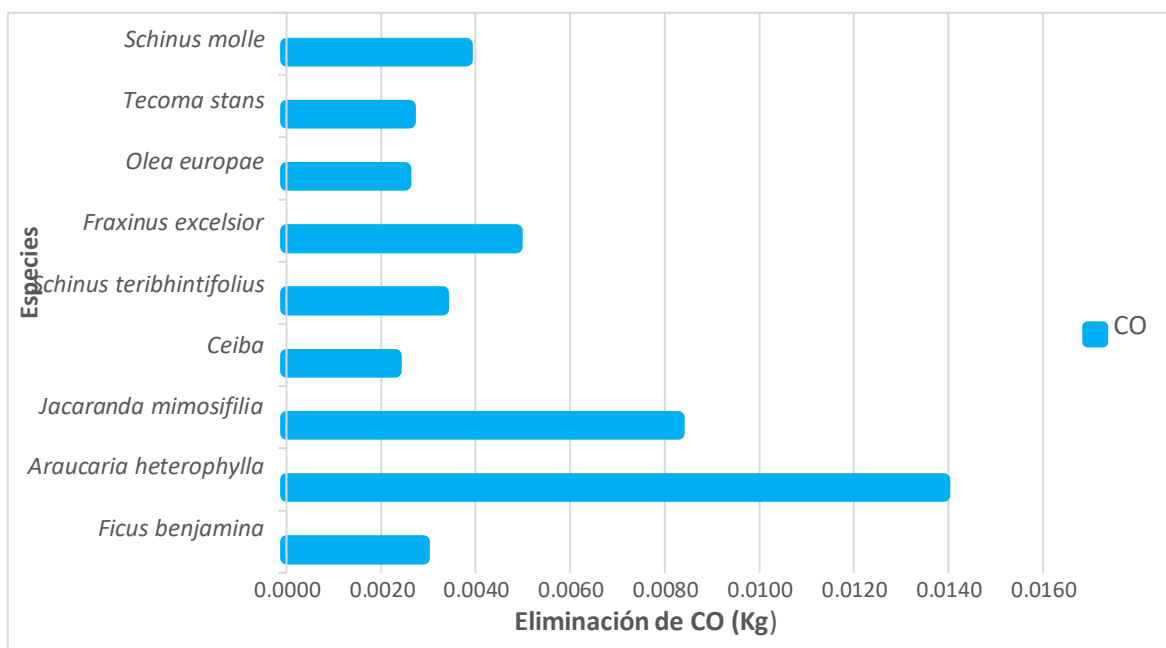
#### **4.4.2. Eliminación de contaminantes por especie del parque Santo Domingo.**

En este punto se enfoca en los resultados de eliminación de contaminantes que presentan las especies inventariadas dentro del parque, el cálculo fue total, así como su promedio establecido. Por lo tanto, acá se tienen a las especies con mejor rendimiento frente a la eliminación de los contaminantes. En el (anexo 5) se presenta el promedio de todas las especies estudiadas, y para observar el total de eliminación que alcanzan, (ver anexo 6). Los resultados fueron en base al procedimiento propuesto a través del análisis del software i-Tree Eco (ver diagrama de procedimiento (3.5))

##### **4.4.2.1. Especies que en promedio eliminan la mayor cantidad de contaminantes.**



En el Gráfico 13 se observa las especies que en promedio anual eliminan la mayor cantidad de monóxido de carbono en el parque Santo Domingo



**Gráfico 13:** Especies que en promedio anual eliminan la mayor cantidad de CO

En base al Gráfico 13 se observa que las especies que más eliminaron el monóxido de carbono de manera anual son la *Araucaria heterophylla* (0,0140 Kg) seguido de *Jacaranda mimosifolia* (0,0081 Kg) y *Fraxinus excelsior* (0,0045 Kg), mientras que la especie que menos monóxido de carbono eliminó fue la *Ceiba* (0,0021 Kg). En ese sentido se determina que las especies exóticas son las que presentan una mayor tasa de eliminación de CO, el *Schinus molle* (Molle serrano) especie nativa se encuentra en el cuarto lugar con 0,0038 kg anuales de tasa de eliminación. Las especies exóticas de buen tamaño y follaje realizan una mejor eliminación que las especies pequeñas, a causa de que tienen mayor capacidad de interceptación y captación del CO

Por lo tanto, los árboles que tienen una tasa de captación alta y eliminación de contaminantes corresponden al grupo de las coníferas y bignoniaceae: *Araucaria heterophylla* (Araucaria) y *Jacaranda mimosifolia* (Jacarandá) (Figura 10), Por lo general estos árboles poseen gran tamaño, copa amplia y hoja perenne, estas características son favorables para la captación y eliminación de contaminantes atmosféricos (Nowak, 2017)

En la Figura 10 se muestra las especies que en promedio eliminan la mayor cantidad de CO.





**Figura 10:** Especies que, en promedio, eliminan la mayor cantidad de CO, dentro del parque Santo Domingo. a) *Araucaria heterophylla*, b) *Jacaranda mimosifolia* c) *Fraxinus excelsior*, d) *Schinus molle*, e) *Schinus terebinthifolia*, f) *Ficus benjamina*. Fuente: Elaboraci

Para verificar los árboles en base a su almacenamiento de carbono revisar el (anexo 7), así mismo para su secuestro (ver anexo 8).

En la Tabla 8 se muestra el resultado del almacenamiento de carbono (tonelada métrica) y su equivalente (CO<sub>2</sub>) en base al modelamiento del software I-Tree Eco

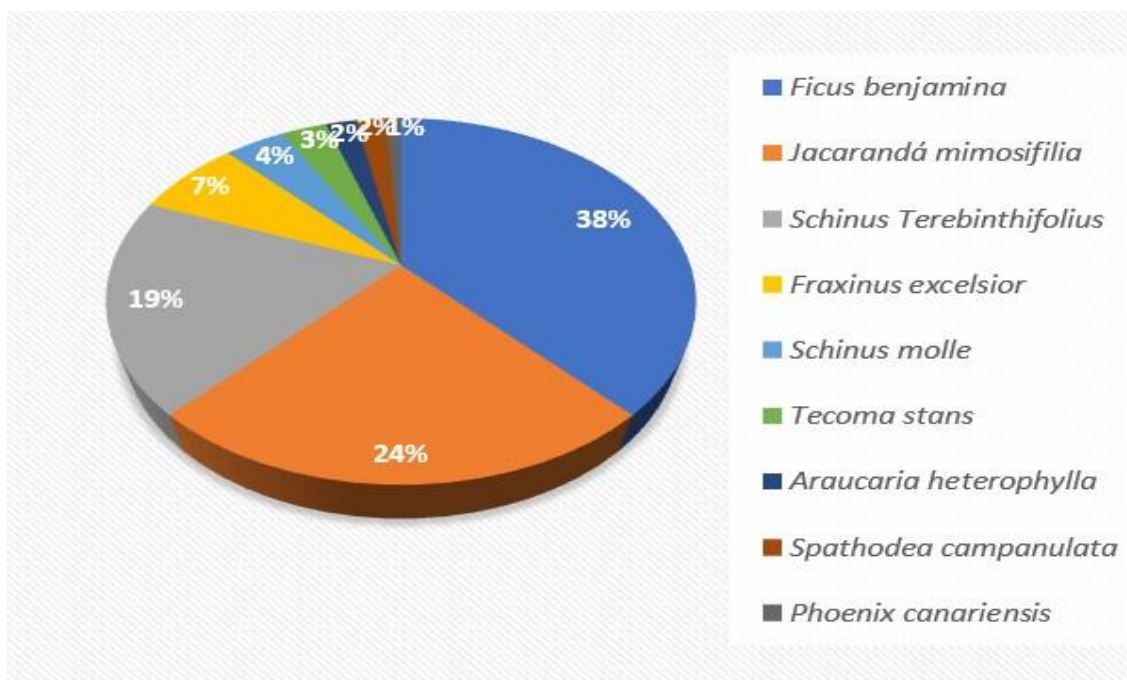
**Tabla 9:** Almacenamiento de carbono, equivalente a dióxido de carbono (CO2 Eq), según especie

<b>Especie</b>	<b>Almacenamiento de Carbono (tonelada métrica)</b>	<b>CO2 Equivalente (tonelada métrica)</b>
<i>Ficus benjamina</i>	341,6	1252,8
<i>Jacarandá mimosifolia</i>	213,7	783,7
<i>Schinus Terebinthifolius</i>	172,9	634,1
<i>Fraxinus excelsior</i>	61,4	225,2
<i>Schinus molle</i>	37,9	138,8
<i>Tecoma stans</i>	21	77
<i>Araucaria heterophylla</i>	15	55
<i>Spathodea campanulata</i>	15	54,9
<i>Phoenix canariensis</i>	13,8	50,6
Total	892,3	3272,1

De acuerdo con la Tabla 9 se detalla *Ficus benjamina* (341,6 Ton. métrica), *Jacaranda mimosifolia* (213,7 Ton. métrica) y *Schinus terebinthifolia* (172,9 Ton. métrica) son las especies que más carbono almacenan, mientras que *Phoenix canariensis* (13,8 Ton. Métrica) es la especie que menos carbono almacena.

Así mismo el almacenamiento total de la estructura arbórea fue de 892,3 toneladas métricas de carbono, mientras que se tuvo 3272,1 toneladas métricas de CO2 equivalente (CO2Eq)

En el Gráfico 14 se muestra el resultado en porcentaje del almacenamiento de carbono en el interior del parque Santo Domingo



**Gráfico 14:** Porcentaje de almacenamiento de carbono por dentro del parque Santo Domingo

A partir del Gráfico 14 se observa el almacenamiento de carbono a nivel de porcentaje teniendo a *Ficus benjamina* (38%), *Jacaranda mimosifolia* (24%) y *Schinus terebinthifolius* (19%) como las especies con mejor tasa de almacenamiento de carbono, las especies *Tecoma stans* (Huaranhuay) y *Araucaria heterophylla* (Araucaria) también son árboles que almacenan carbono dentro del parque, pero con porcentaje menor.

En la Tabla 10 se muestra el resultado de las especies que más secuestro bruto (tonelada métrica) realizan y su equivalente (CO<sub>2</sub>) en el interior del parque

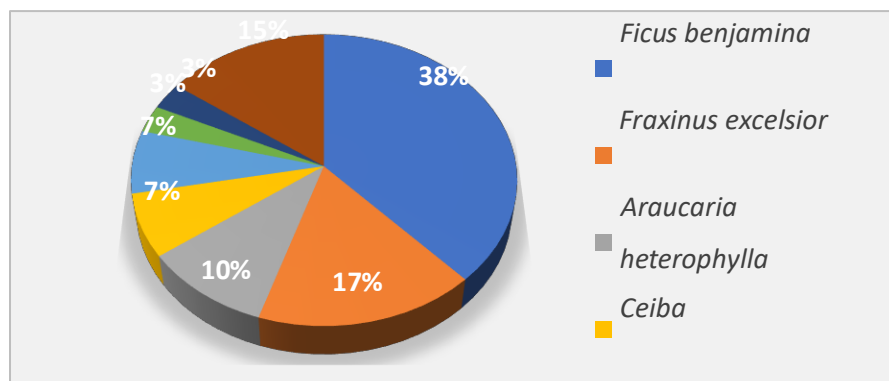
**Tabla 10:** Secuestro de carbono anual equivalente a dióxido de carbono (CO<sub>2</sub> Eq), según especie

<b>Especies</b>	<b>Secuestro bruto de carbono (tonelada métrica)</b>	<b>CO<sub>2</sub> Equivalente (tonelada métrica/año)</b>
<i>Ficus benjamina</i>	1,33	4,87
<i>Fraxinus excelsior</i>	0,58	2,14
<i>Araucaria heterophylla</i>	0,34	1,26
<i>Ceiba</i>	0,25	0,93
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	0,22	0,80
<i>Mangifera indica</i>	0,11	0,41
<i>Olea europaea</i>	0,10	0,38
Otro	0,53	1,91
<b>Total</b>	<b>3,46</b>	<b>12,70</b>

A partir de la Tabla 10 se aprecia que la capacidad de secuestro anual de carbono por parte de la estructura arbórea del parque dio como valor 3,46 toneladas métricas, que equivale a 12,70 toneladas métricas de CO<sub>2</sub>. *Ficus benjamina* (1,33 ton. métrica) y *Fraxinus excelsior* (0,58 ton. métrica) fueron las especies que más secuestro realizaron. El secuestro del carbono atmosférico se da por medio de sus tejidos (Abdollahi et al., 2000).

El secuestro de carbono atmosférico (CO<sub>2</sub>) por parte del arbolado urbano se da en sus tejidos y almacenan en su estructura mitigando en parte las emisiones de dióxido de carbono. La cantidad del secuestro aumenta siempre y cuando la salud y el tamaño de los árboles sean óptimos, esto quiere decir que si su estado es más sano y voluminoso su secuestro y siguiente almacenamiento será mucho mayor. (Nowak 2008).

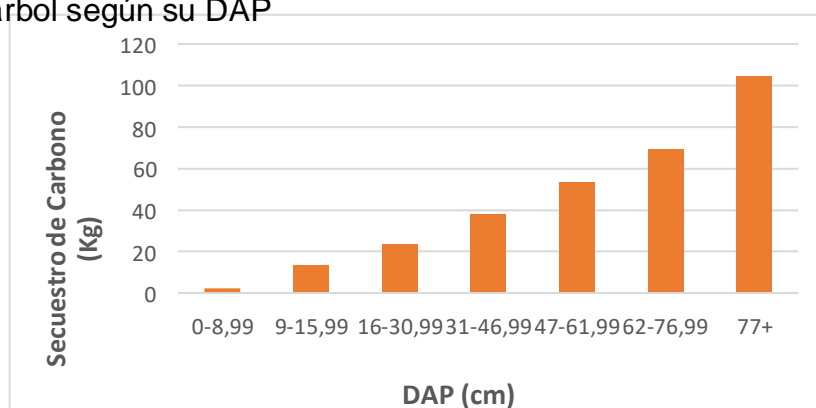
En el Gráfico 15 se detalla a las especies que más secuestran carbono (porcentaje) al interior del parque Santo Domingo



**Gráfico 15:** Porcentaje de secuestro de carbono por especie al interior del parque Santo Domingo

En el Gráfico 15 se aprecia las especies que más contribuyen con el proceso de secuestro de carbono dentro del parque Santo Domingo: *Ficus benjamina* (Ficus) (38%), *Fraxinus excelsior* (Fresno común) (17%), *Araucaria heterophylla* (Araucaria) (10%) y *Ceiba* (7%), así como el almacenamiento, todas estas especies son las que proporcionan y dan un secuestro mayor en el parque, esto debido a su DAP alto que el de las demás especies. El secuestro anual de carbono se ve reflejado en el incremento anual del radio en las especies (Nowak, 1994)

En el Gráfico 16 se muestra el promedio anual del secuestro de carbono por cada árbol según su DAP



**Gráfico 16:** Promedio anual de Secuestro de Carbono de cada árbol por su DAP (Kg/año)

A partir del Gráfico 16 se observa que los árboles con un DAP que supera los (77 cm) son los que presentan un mejor comportamiento ante los árboles pequeños para el secuestro de carbono (Gráfico 16), Su secuestro anual fue 102 kg, por otra parte, los árboles pequeños (8,99 cm) tuvieron un secuestro anual menor a 10 kg.

#### 4.4.3. Producción de Oxígeno.

Según Percy y LeVan (2006), una persona logra consumir en promedio 0,84 kg de oxígeno por día. En ese sentido la capacidad de producción de oxígeno por parte de las especies arbóreas en el parque Santo Domingo fue de 9,2 toneladas métricas.

En la Tabla 11 se muestra el resultado de las especies que más oxígeno producen dentro del parque Santo Domingo

**Tabla 11:** Especies que producen la mayor cantidad de oxígeno dentro del parque

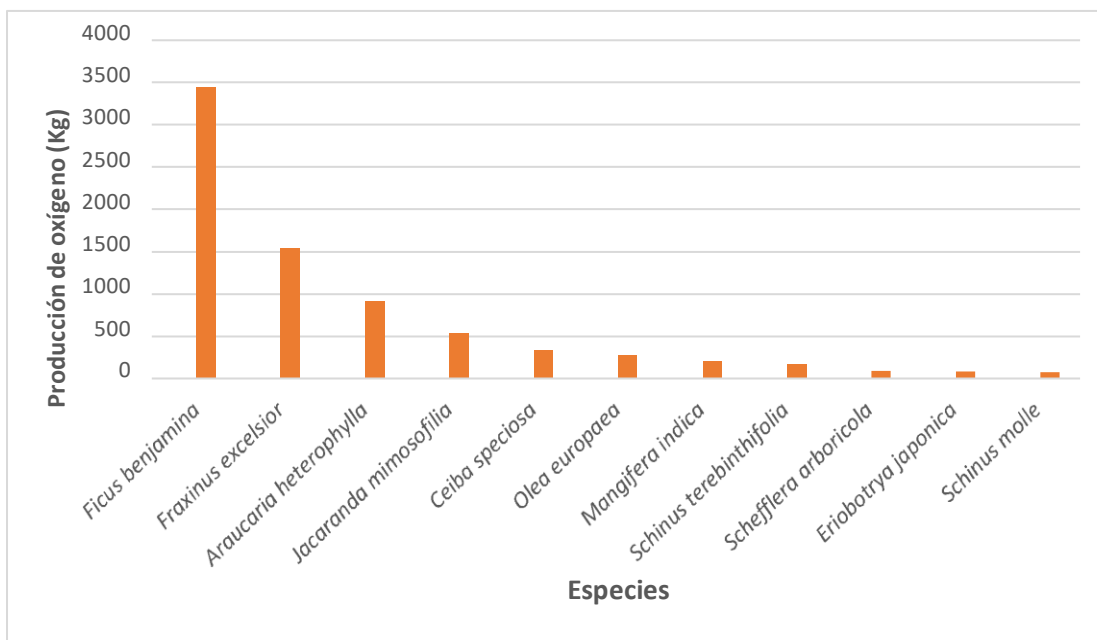
<b>Especies</b>	<b>Producción de Oxígeno (Kg)</b>
<i>Ficus benjamina</i>	3450,8
<i>Fraxinus excelsior</i>	1551,1
<i>Araucaria heterophylla</i>	917,8
<i>Jacaranda mimosofilia</i>	536,5
<i>Ceiba speciosa</i>	337,7
<i>Olea europaea</i>	274,1
<i>Mangifera indica</i>	211
<i>Schinus terebinthifolia</i>	173,9
<i>Schefflera arboricola</i>	86,3
<i>Eriobotrya japonica</i>	78,6
<i>Schinus molle</i>	74,1

De acuerdo con la Tabla 11 se detalla que *Ficus benjamina* (3450,8 Kg), *Fraxinus excelsior* (1551,1 Kg), *Araucaria heterophylla* (917,8 Kg) y *Jacaranda*



mimosifolia (536,5 Kg) son las especies con mejor producción de oxígeno al interior del parque.

En el Gráfico 17 se detalla a las especies que mayor producción de oxígeno realizan en el interior del parque



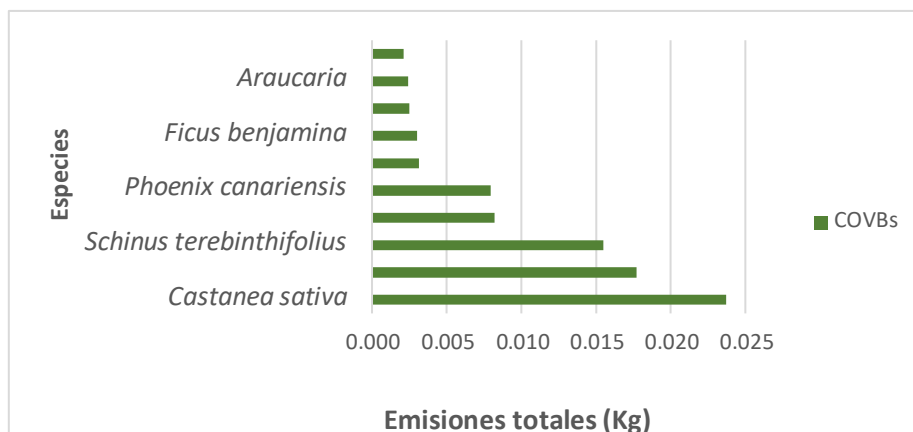
**Gráfico 17:** Especies que más contribuyen con la producción de oxígeno en el parque Santo Domingo

En el Gráfico 17 se detalla la producción de oxígeno de cada especie, teniendo a Ficus benjamina con la mayor producción y a Schinus molles como el de menor tasa de producción.

#### 4.4.4. Emisiones de COVBs por especies.

El parque Santo Domingo emitió 1.30 kg de COVBs aproximadamente en el 2018 (0,233 kg de isopreno y 1.06 kg de monoterpenos). De todas las especies, *Castanea sativa* y *Schinus molle*, ambas representan el 40% de emisiones totales. En el gráfico 18 se muestra todas las especies que contribuyen más con la producción de COVBs.

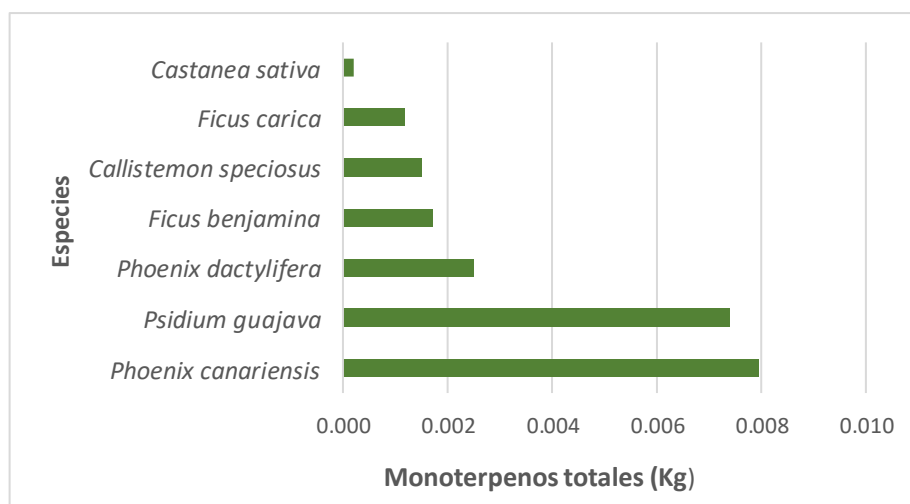
En el Gráfico 18 se muestra las especies arbóreas que más contribuyen en la emisión de COVBs de forma anual al interior del parque



**Gráfico 18:** Especies que más contribuyen a la emisión de COVBs anual dentro del parque Santo Domingo

A partir del Gráfico 18 se concluye que la especie *Castanea sativa* (0,23 Kg) es la que más contribuye con la producción de COVBs, seguido de *Schinus molle* (0,18 Kg) y *Schinus terebinthifolius* (0,015 Kg) en el interior del parque Santo Domingo.

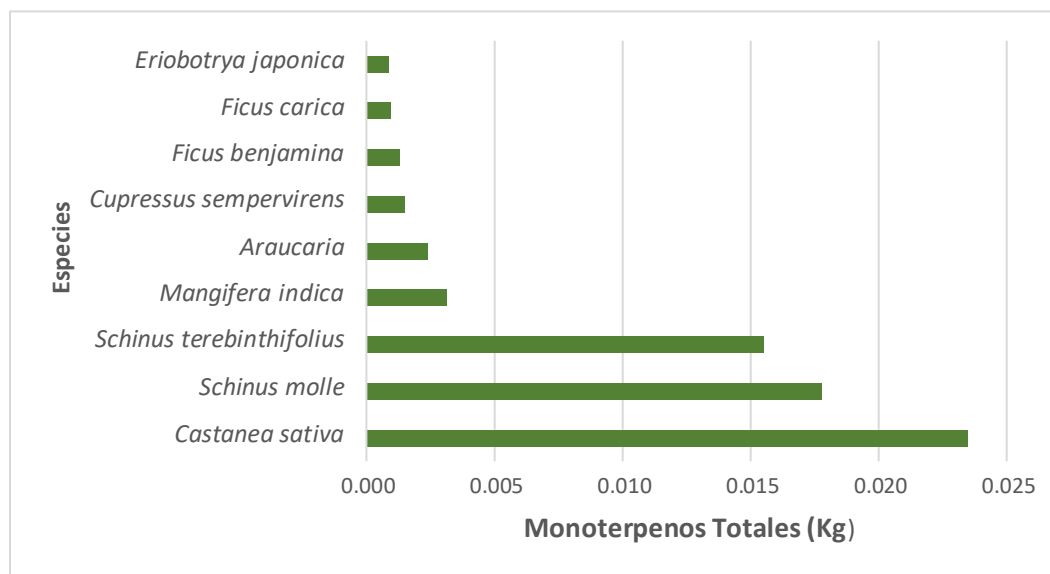
En el Gráfico 19 se detalla las especies que mayor emisión de isoprenos anuales realizan en el interior del parque



**Gráfico 19:** Especies que más contribuyen a la emisión de isoprenos anuales dentro del parque Santo Domingo

De acuerdo con el Gráfico 19 se aprecia que las especies que generan mayor producción de isoprenos son, *Phoenix canariensis* (0.0079 kg), *Psidium guajava* (0.0072 kg), *Phoenix dactylifera* (0.0024 kg) y *Ficus benjamina* (0.0018 kg)

En el Gráfico 20 se detalla las especies que mayor emisión de monoterpenos anuales realizan en el interior del parque



**Gráfico 20:** Especies que más contribuyen a la emisión de monoterpenos anuales dentro del parque Santo Domingo

De acuerdo con el Gráfico 20 se aprecia que las especies que generan mayor producción de monoterpenos son, *Castanea sativa* (0.024 kg), *Schinus molle* (0.017kg), *Schinus terebinthifolius* (0.015 kg).

Según su tipología (hectáreas), el distrito de Carabayllo cuenta con algunos elementos de la infraestructura verde. La Tabla 11 muestra a todos estos elementos. Parques (61.61 Ha)

En la Tabla 12 se muestra los elementos de la infraestructura verde que presenta el distrito de Carabayllo según su tipología.

Según su tipología (hectáreas), el distrito de Carabaylo cuenta con algunos elementos de la infraestructura verde. La Tabla 11 muestra a todos estos elementos. Parques (61.61 Ha)

En la Tabla 11 se muestra los elementos de la infraestructura verde que presenta el distrito de Carabaylo según su tipología

**Tabla 11.** Elementos de la infraestructura verde en el interior del distrito de Carabaylo

Tipología	Hectáreas
Bermas (Avenidas principales)	14.67
Riberas	8,400
Parques Urbanos	87.38
Plazas	3.61
Lomas	374.6

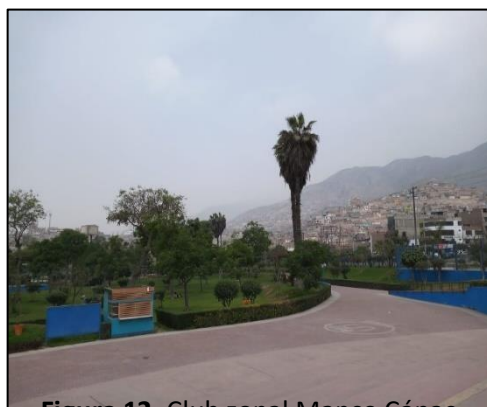
En la Tabla 10 se muestra los elementos de infraestructura verde que se identificaron presenta el distrito,

Según Pauchard et al. (2008) afirma que la mayoría de los espacios verdes en extensión y de importancia han sido reemplazados por aceras, pavimentos y edificios

Así mismo cabe mencionar que principalmente la totalidad de las áreas verdes en el distrito de Carabaylo se encuentran en sus parques urbanos y bermas principales, así mismo se resala a sus lomas y su ribera, sin embargo, estas vienen siendo impactadas por la contaminación e invasión informal de personas.



**Figura 11.** Lomas de Carabaylo como



**Figura 12.** Club zonal Manco Cápac

## V. DISCUSIÓN

Conforme al análisis de contaminación realizado en la presente investigación y según los resultados obtenidos, la eliminación total de los contaminantes por parte de la estructura arbórea del parque Santo Domingo fue de 2.938 Kg para el año 2018. En comparación con los resultados de Gonzalez (2019), en su investigación se estimó que la cantidad total de contaminantes removidos fue 430 Kg en un año en un cerro con más de 700 árboles. Así mismo Las Rozas (2020) en su investigación sobre evaluación de la cobertura arbórea estimó que el total de contaminación removida fue de 1153,42 Kg usando el I-Tree canopy en una de las 20 zonas que evaluó en la ciudad de Madrid.

Otro de los objetivos fue analizar si la estructura del arbolado urbano permite realizar la captura de monóxido de carbono, para ello en base al modelado hecho por el software I-Tree Eco se determinó que el valor anual de captura fue 1,001 Kg en donde el mes de diciembre fue donde más se capturó al contaminante, así mismo se tiene a las especies *Araucaria heterophylla* (0.0140 kg) y *Jacaranda mimosifolia* (0.008 kg) como las que en promedio realizan mejor la captura del monóxido de carbono al interior del parque Santo Domingo. Riondatto et. al (2020) en su estudio sobre el efecto de los arboles urbano en la calidad urbana en Dublín combinando el monitoreo y el modelo I-Tree Eco, principalmente evaluó al PM2.5 en las horas punta del tráfico vehicular, luego de la comparación determinó que no había diferencia entre el monitoreo en hora punta y el de hora normal, no detalla las especies que realizaron el estudio, pero se estimó una captura de 25ug/m<sup>3</sup>.

Así mismo Ficus Perú (2020) realizó su investigación en el parque Inti de Independencia donde estimó que la captura y remoción de la estructura arbórea presente fue de 4000 kg de partículas usando el I-Tree canopy, en ese sentido se afirma que tanto el software como la estructura del arbolado presentan una excelente tasa de captura y remoción de contaminantes o partículas.

En esta investigación se analizó el comportamiento del monóxido de carbono en todo el periodo del año 2018. En los meses de Julio y agosto época de comienzo de invierno el nivel de concentración tuvo un incremento no exponencial, pero si considerable, el pico más alto del contaminante fue en el mes de diciembre donde por fechas festivas el tráfico vehicular y el uso de combustibles aumenta en cantidad. Ahora Hernández (2009) realizó el estudio del comportamiento del monóxido de carbono y su relación con variables climáticas en la ciudad de Toluca, para su estudio consideró por separado la temporada de invierno y verano y realizó el cálculo promedio de l valor del CO en todas las estación meteorológicas de la ciudad en ese sentido consideró varios parámetros para una mejor estimación del comportamiento del contaminante, en el caso de esta investigación se trabajó con los valores proporcionados por el boletín del SENAMHI, tanto para data de concentración del contaminante como precipitación se estimó el valor máximo y mínimo, así como su relación entre ambos

El software I-Tree al ser nuevo en territorio peruano aún cuenta con algunas limitaciones, que si bien es cierto no afectan con los resultados obtenidos, esto debido a que el análisis y modelado propuesto es de los más precisos, para esta investigación todos los datos fueron recogidos de campo, sin embargo, hubo data incompleta y en ese caso estimación tendrá un porcentaje mínimo de error. En ese sentido Nowak et. al (2009) en su investigación realizó la ejecución del software solo conociendo el DAP, ID y especies todos estos parámetros los realizó con equipos y material humano acorde a un tipo de estudio como tal. Determinó y evaluó los servicios ecosistémicos con un porcentaje de estimación en un nivel alto.

El distrito de Carabayllo presenta un comportamiento anual de entre media y altas concentraciones del contaminante durante los meses de otoño-invierno, uno de los factores es la quema de residuos sólidos, siendo esta la principal fuente que evidencia sucesos críticos de contaminación en toda su extensión. Lo antes mencionado tiene que ver también con el crecimiento de las concentraciones entre las 17:00 y 23:00 horas, tiempo en el que algunas industrias realizan las descargas de sus chimeneas y el tránsito vehicular y más congestionado. Nowak et. al (2015) hace referencia en el comportamiento de la tasa de eliminación por cada metro cuadrado de cobertura arbórea en una zona con área verde. Determina que la frecuencia de la precipitación favorece a disminuir la concentración de contaminantes en la atmosfera, así mismo ayuda en la limpieza de las hojas de los árboles. En ese sentido si se hace la comparación de la tasa de eliminación diaria con los valores de concentración de CO (Anexo 10), se tiene una mínima correlación referente a los periodos de contaminación y el flujo acumulado. Así mismo se observa que en los periodos de mayor concentración de CO hay un ligero incremento en la tasa de eliminación, esto se debe a que la concentración del contaminante en estos meses es mayor.

Siendo el parque Santo Domingo el de mayor extensión en el distrito, este tiene gran participación en la eliminación del CO a nivel local distrital. El arbolado urbano como gestor para mitigar la contaminación atmosférica tiene que ser gestionado con un enfoque responsable de tal manera que se consideren los efectos en escala social, económica, ecológica y política para tener óptimos resultados. Para los planes de manejo ante la contaminación mediante la estructura arbórea, deben ser elaborados de forma integral, conociendo la escala apropiada de manejo y gestión, como otras alternativas a este proceso. Se presencia un bajo número de especies nativas, principalmente en la última década se ha optado por tener presencia de especies exóticas en los parques urbanos de Lima metropolitana.

La arborización en patios interiores, techos y paredes verdes y otros elementos de la infraestructura verde están muy relacionados con factores para mitigar la contaminación atmosférica, ofreciendo otros beneficios mas a las personas y el ecosistema En comparación con otros estudios usando el software i-tree, los valores proporcionados por el parque Santo Domingo en especial lo de almacenamiento y el secuestro de carbono oscilan dentro de los valores establecidos por el tipo de especie que se encuentre en el parque. En determinación de lo descrito, Nowak et. al (2014) en su estudio se enfoca en algunas características como (tamaño, salud/condición y tasa de crecimiento) determinando que favorecen en gran medida a que el secuestro anual neto de carbono tenga un valor positivo, no obstante, las tasas de secuestro disminuyen mientras el bosque no madura , es por ello que el secuestro de carbono tendrá un valor negativo, en épocas de pérdida del bosque o deterioro, en pocas palabras cuando las emisiones de carbono de los árboles sin vida excedan al valor de la captación de los árboles vivos.

La presencia de los COVBs en el parque se asume debido a un mayor número de especies exóticas, de acuerdo con Carvajal (2011) donde afirma que se obtiene un mayor potencial de ozono, por ello es por lo que este tipo de especies no tenga la eficiencia adecuada para la eliminación de la contaminación atmosféricas a comparación de las especies nativas. En el uso del software i-Tree solo se necesitó de inputs como data meteorológica, de contaminación y la estructura arborea, sin embargo, la data incompleta de meteorología y contaminantes o perdidas de estas hace que se requiera de una actualización y la obtención de base datos óptima. Por otra parte, el hecho de que el distrito de Carabayllo no tenga un inventario de árboles urbanos en todo su territorio, si bien este año lo realizó, el trabajo se tiene que realizar con los equipos necesarios para la toma de datos de toda la estructura arborea y los datos sean los más precisos. Es cierto que el inventario como tal requiere de mucho tiempo se puede realizar.



## VI. CONCLUSIONES

1. El arbolado urbano es altamente eficiente y su rol en la captura y remoción del monóxido de carbono así como otros servicios ecosistémicos que brinda nos determina que es altamente productivo en la mitigación de la contaminación y la mejora de la calidad del aire , sin embargo, para la captura de otros contaminantes se obtendrá mejores resultados siempre y cuando el árbol presente buenas condiciones, buena cobertura arbórea en la copa, altura promedio y DAP mayor a 70cm son las características para los tejidos tengan un mejor almacenamiento y capacidad de remoción.
2. La estructura del arbolado urbano y su relación con la captura del CO tiene un factor positivo, en la investigación el valor de la eliminación no fue tan alto 3,92 kg, mientras que la captura de CO fue de 1,001kg, por último, el almacenamiento de carbono fue de 998,9 toneladas métricas con un valor monetario de S/.753 mil soles.
3. La infraestructura verde realiza la captura de acuerdo con su tipología y al mantenimiento que reciben y tipo de área verde que presente, si bien es cierto que en esta investigación no se obtuvo un valor de captura o almacenamiento del CO, otras investigaciones afirman sobre la IV y su relación con la remoción de contaminantes y así mejorar la calidad del aire de cualquier área urbana y mitigar el cambio climático.

## VII. RECOMENDACIONES

- Para próximos inventarios que se quieran realizar, tomar datos relacionados al porcentaje de copa faltante, muerte regresiva ya que mientras más información se agregue al software, el modelado y la estimación será mucho mejor
- Realizar más investigaciones sobre el comportamiento de otros contaminantes atmosféricos y su relación con la estructura arbórea
- Aumentar la difusión de esta herramienta (I-tree) a nivel universitario, donde más estudiantes hagan su uso y puedan realizar estudios sobre los beneficios ambientales de los árboles u otro tema relacionado como alternativa a la mitigación del cambio climático.

## REFERENCIAS

Adamkiewicz, Ł. (2016). Polish people awareness on the impact of air pollution on health [Świadomość Polaków na temat wpływu zanieczyszczeń powietrza na zdrowie]. *Lekarz Wojskowy*, 94(1), 28–31, Disponible en: [https://www.mp.pl/lekarzwojskowy/archiwum/2016/LW\\_2016\\_01.pdf#page=28](https://www.mp.pl/lekarzwojskowy/archiwum/2016/LW_2016_01.pdf#page=28).

Adamkiewicz, Ł., Kryza, M., Mucha, D., Werner, M., Gayer, A., Drzeniecka-Osiadacz, A., & Sawiński, T. (2021). Estimating health impacts due to the reduction of particulate air pollution from the household sector expected under various scenarios. *Applied Sciences (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/app110102>.

Baró, F., Chaparro, L., Gómez-Baggethun, E., Langemeyer, J., Nowak, D. J., & Terradas, J. (2014). Contribution of ecosystem services to air quality and climate change mitigation policies: The case of urban forests in Barcelona, Spain. *Ambio*. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0507-x>.

Banco de Desarrollo de América Latina [CAF]. (2014). BOSQUES URBANOS Y ESPACIOS VERDES: RECURSOS ARBÓREOS PARA CIUDADES SOSTENIBLES Y RESILIENTES. Recuperado de <https://www.kpesic.com/wp-content/uploads/2018/02/Bosques-Urbanos-y-Espacios-Verdes.pdf>.

Benedict & McMahon., 2005 citado en Vásquez, A., 2016. Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho en Santiago de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 63: 63-86.

Carvajal, M., Alcaraz, L., Iglesias, M., Martínez, M.C & Mota, C. (2010). Investigación sobre la absorción de CO<sub>2</sub> por los cultivos más representativos de la Región De Murcia. Departamento de Nutrición Vegetal. CEBAS-Consejo Superior de Investigaciones Científicas.30100-Espinardo, (Murcia), SPAIN. 1-45,

5p.

Disponible

en:

[http://www.lessco2.es/pdfs/noticias/ponencia\\_cisc\\_espanol.pdf](http://www.lessco2.es/pdfs/noticias/ponencia_cisc_espanol.pdf).

Carvajal, V., 2011. Contribución al inventario de emisiones de compuestos orgánicos volátiles biogénicos del arbolado urbano de la Región Metropolitana. Tesis para optar al grado de Magíster en Gestión y Planificación Ambiental. Santiago, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza. 95p. [En Línea] <http://mgpa.forestaluchile.cl/Tesis/Carvajal%20Virginia.pdf>.

CHÁVEZ, Leandro. GESTIÓN DE CRECIMIENTO Y SILVICULTURA URBANA PARA LA CAPTURA DE (CO<sub>2</sub>) DE LOS DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES, LOS OLIVOS Y COMAS, LIMA 1980-2015, 24 pp. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/13828/Ch%c3%a1vez\\_LA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/13828/Ch%c3%a1vez_LA.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

CIMBUROVA, Z., BARTON, N., 2019. The potential of geospatial analysis and Bayesian networks to enable i-Tree Eco assessment of existing tree inventories, vol. 55, DOI: 10.1016/j.ufug.2020.126801. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S161886672030618X?token=9DA91476B649ED1D890F81FED764779D4C775EC9B30D51EA314CCB6C00E81FF2EEF5AA082D0C8C712DDBC9F0DB19F204&originRegion=us-east-1&originCreation=20210630094009>.

Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático., 1992. FCCC/INFORMAL/84\* GE.05-62301 (S) 220705 220705. [En Línea] <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>.

European Enviroment Agency (EEA)., 2011. Green infrastructure and territorial cohesión: The concept of green infrastructure and its integration into policies using monitoring systems. EEA Technical report, N°18, ISSN 1725-2237.

European Enviroment Agency (EEA)., 2015. Infraestructura verde: una vida mejor mediante soluciones naturales. Copenhagen, Denmark. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/es/articles/infraestructura-verde-una-vida-mejor>

Fundación Gas Natural Fenosa.2018, LA CALIDAD DEÑ AIRE EN ÑAS CIUDADES, ISBN 978-84-09-0190:. Disponible en : <http://www.fundacionnaturgy.org/wp-content/uploads/2018/06/calidad-del-aire-reto-mundial.pdf>.

FLORES, S., PAOLETTI, E., MIKKELSEN, T., 2017. Carbon Sequestration by Urban Trees, pp. 32-35. DOI: 10.1007/978-3-319-50280-9\_4

INEI. (2016). Niveles de contaminación en distritos de Lima Metropolitana [En Línea] Disponible en: <http://m.inei.gov.pe/prensa/noticias/distrito-de-carabaylo-registro-altos-niveles-de-contaminacion-del-aire-9263/> I-Tree Eco., 2017. MANUAL DE CAMPO PARA LA TOMA DE DATOS V6.0. [En Línea]. Disponible en: <https://docplayer.es/58309549-I-tree-eco-manual-de-toma-de-datos.html>.

IPCC., 2013. Cambio climático 2013: Bases físicas. Resúmenes para responsables de políticas, resumen técnico y preguntas frecuentes. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América. [En Línea] <https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment>.

IPCC., 2014: Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Field, C.B., V.R.

Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)). Organización Meteorológica Mundial, Ginebra (Suiza), 200 págs. (en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso). [En Línea]. Disponible en: [https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIAR5-IntegrationBrochure\\_es.pdf](https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIAR5-IntegrationBrochure_es.pdf)

LIN, J., KROLL, CH., 2021. An uncertainty framework for i-Tree eco: A comparative study of 15 cities across the United States, pp. 6-9. [En Línea] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S161886672100087X>.

Nowak, D. J., Hirabayashi, S., Bodline, A., & Hoehn, R., 2013. Modeled MP2.5 removal by trees in ten U.S. cities and associated health effects. *Environmental Pollution*. Volume 178. 395-402. ISSN 0269-7491.

Palomino, D. P. (2008). Estimación del servicio ambiental de la captura de CO<sub>2</sub> en la flora de los humedales de puerto viejo. *Revista del instituto de investigaciones de figmmg-UNMSM*, 10(20), 11p. [En Línea], Disponible en: [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/geologia/vol10\\_n20/a07.pdf](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/geologia/vol10_n20/a07.pdf).

Pérez, L. & Salinas, E., 2007. Crecimiento urbano y globalización: transformaciones del Área Metropolitana de Concepción, Chile, 1992-2002. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias sociales*. Barcelona: Universidad de Barcelona, vol. XI, núm. 251. [ISSN: 1138-9788]. [En Línea] <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-251.htm>.

Periferia (2020). Aplicación del iTree Canopy en el distrito de Independencia Disponible en: <https://periferia.pe/itree-canopy-una-herramienta-para-estimar-el-valor-de-los-arboles-urbanos/>.

RAUM, S., HAND, K.L., EDWARDS, E.D., 2019. Achieving impact from ecosystem assessment and valuation of urban greenspace: The case of i-Tree Eco in Great Britain. [En Línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103590>.

Rioseco, G., Mardones, C., & Jiménez, J., 2015. Efecto directo e indirecto de la dispersión de las emisiones industriales sobre la regulación ambiental. *Revista de Análisis Económico*, Vol. 30, N°2:79-96. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071888702015000200004&script=sci\\_abstract](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071888702015000200004&script=sci_abstract).

Rogers, K., Sacre, K., Goodenough, J., & Doick, K. (2015). VALUING LONDON'S URBAN FOREST: Results of the London i-Tree Eco Project. [ISBN 978-0-9571371-1-0]. Disponible en: [https://www.charteredforesters.org/wp-content/uploads/2016/01/2890-Forest\\_Report\\_Pages.pdf](https://www.charteredforesters.org/wp-content/uploads/2016/01/2890-Forest_Report_Pages.pdf).

RIONDATO, E., PILLA, F., SARKAR, A., 2020. Investigating the effect of trees on urban quality in Dublin by combining airmonitoring with i-Tree Eco model, pp. 9-11. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670720305771?via%3Dihub>.

SZKOP, Z., 2020. Evaluating the sensitivity of the i-Tree Eco pollution model to different pollution data inputs: A case study from Warsaw, Poland, pp. 4-6. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126859>

TITO, Carlos. ESTIMACIÓN CUANTITATIVA DE LA CAPACIDAD DE CAPTURA DEL CO2 EN PLANTACIONES DE OLIVOS EN EL DISTRITO DE TACNA, 2010, 51-52 pp. Disponible en: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/751/TM0053.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

TOR-NGERN, P., LEKSUNGNOEN N., Investigating carbon dioxide absorption by urban trees in a new park of Bangkok, Thailand, no. 20,2020 DOI: 10.1186/s12898-020-00289-4. Disponible en: <https://bmcecol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12898-020-00289-4>.

Valdés, P, & Foulkes, M. D., La infraestructura verde y su papel en el desarrollo regional aplicación a los ejes recreativos y culturales de resistencia y su área metropolitana. Cuaderno urbano, 2016. Disponible en: <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/crn/article/view/942>.

## ANEXO

### ANEXO 1. Matriz de Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Arbolado Urbano	Sirven como agentes de regulación, adaptación y mitigación de los ambientes urbanos frente a los procesos de cambio climático actual (Escobedo et al., 2017)	Se realizará a partir de la observación para la determinación de las especies de árboles y la cantidad. Se aplican ecuaciones alométricas para cada tipo de especie.	Estructura del arbolado urbano	Nombre de especie	nombre
				Condición del arbolado	Bueno Regular Malo
				Coordenadas	utm
				DAP, Altura	m
			Infraestructura Verde	Cantidad	ha
Captura de CO	La captura de CO está directamente relacionada con la tasa de variación interanual de carbono almacenado en la biomasa. Esta dependerá principalmente de las tasas de crecimiento, edad, condición y la vida útil del árbol. (IPCC, 2015)	Se determinará mediante el software I-Tree Eco donde se modelará el total de CO capturado, el almacenamiento de carbono y otros contaminantes atmosféricos. Como dato se debe tener el inventario de árboles, datos de contaminación y precipitación	Datos de Concentración Atmosférica	CO	ug/m3
			Datos de Precipitación	Precipitación total	mm





**ANEXO 3.** Valores específicos por semana, día y hora, en la estación Meteorológica de SENAMHI.

**Valor específico por semana**

<b>Semana</b>	<b>Estación Meteorológica</b>
1	517.82
2	378.02
3	0
4	0
5	683.59
6	651.44
7	345.77
8	489.71
9	400.31
10	473.88
11	564.40
12	558.37
13	267.09
14	0
15	854.45
16	754.01
17	832.85
18	806.49
19	905.00
20	997.66
21	893.80
22	980.14
23	988.78
24	957.18
25	1014.99
26	1004.07
27	1024.14
28	1101.96
29	961.95
30	1239.38
31	1153.00
32	1356.66
33	722.62
34	0
35	751.76
36	0
37	758.46
38	643.92
39	687.65
40	661.91

41	642.53
42	679.36
43	611.63
44	650.73
45	664.93
46	701.69
47	765.84
48	784.34
49	873.27
50	950.68
51	869.05
52	862.55
53	811.65

**Fuente:** Elaboración propia, acorde a datos de SENAMHI

### Valor específico por día

<b>Día</b>	<b>Estación Meteorológica</b>
1	584.34
2	569.45
3	568.85
4	570.22
5	571.78
6	573.11
7	573.39

**Fuente:** Elaboración propia, acorde a datos del SENAMHI

### Valor específico por hora

<b>Hora</b>	<b>Estación Meteorológica</b>
0	582.28
1	582.13
2	581.95
3	581.79
4	581.66
5	581.57
6	581.50
7	581.43
8	581.36
9	581.30
10	581.31
11	581.36
12	581.44
13	581.50
14	581.57
15	581.63
16	581.69
17	581.75
18	581.81
19	581.88
20	581.96
21	582.07
22	582.18
23	582.28

**Fuente:** Elaboración propia, acorde a datos del SENAMHI

**Anexo 4.** Porcentaje total de las especies dentro del parque Santo Domingo, de acuerdo con el tamaño de su DAP (Diámetro a la altura del pecho)

Especies	Tamaño del DAP (cm)						
	0-8,99	9-15,99	16-30,99	31-46,99	47-61,99	62-76,99	77+
Acacia Amarilla	0,0	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acalypha wilkesiana	0,0	15,6	21,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Agave sisalana	0,0	0,0	18,0	0,0	0,0	0,0	94,0
Araucaria heterophylla	0,0	14,5	25,0	33,3	0,0	0,0	0,0
Bougainvillia spectabilis	0,0	0,0	17,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Callistemon citrinus	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Castanea sativa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	66,0	0,0
Ceiba pentandra	0,0	0,0	27,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Ceiba speciosa	0,0	0,0	17,0	0,0	0,0	78,0	0,0
Cupressus sempervirens	0,0	0,0	21,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Cydonia maliformis	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0
Eriobotrya japonica	34,0	33,3	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Ficus benjamina	5,5	10,0	9,6	32,2	15,4	12,0	15,3
Ficus carica	0,0	0,0	8,0	92,00	0,0	0,0	0,0
Fraxinus excelsior	0,0	0,0	18,5	50,0	8,0	5,0	18,5

**Anexo 5.** Listado total de las especies dentro del parque Santo Domingo, según su condición.

<b>Especies</b>	<b>Condición promedio (%)</b>
<i>Araucaria heterophylla</i>	98,70
<i>Ceiba pentandra</i>	98,30
<i>Olea europaea</i>	98,10
<i>Ficus carica</i>	97,50
<i>Mangifera indica</i>	97,15
<i>Persea americana</i>	97,10
<i>Schefflera arboricola</i>	97,00
<i>Prunus cerasus</i>	97,00
<i>Fraxinus excelsior</i>	95,00
<i>Schinus terebinthifolia</i>	95,00
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	95,00
<i>Eriobotrya japónica</i>	94,20
<i>Castanea sativa</i>	92,15
<i>Tecoma stans</i>	91,25
<i>Schinus molle</i>	89,30
<i>Phoenix canariensis</i>	89,18
<i>Spathodea campanulata</i>	88,50
<i>Ficus benjamina</i>	88,30
<i>Tecoma capensis</i>	88,05
<i>Bougainvillia spectabilis</i>	87,45
<i>Jacaranda mimosofilia</i>	86,15
<i>Callistemon citrinus</i>	86,08
<b>Area de estudio (Prom)</b>	<b>93,02</b>

**Fuente:** Elaboración propia, en base a datos recogidos en campo (2021)

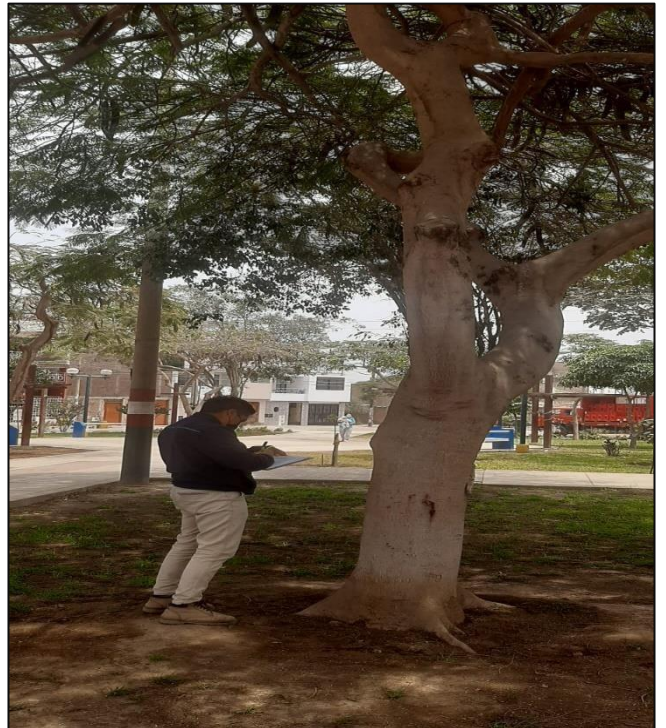
**Anexo 8.** Lista total de especies dentro del parque Santo Domingo, en base a su almacenamiento de carbono y el equivalente de CO2

<b>ESPECIES</b>	<b>Almacenamiento de Carbono (tonelada métrica/año)</b>	<b>Almacenamiento de carbono (%)</b>	<b>Equivalente CO2 (tonelada métrica)</b>
<i>Ficus benjamina</i>	341,6	34,2%	1252,8
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	213,7,9	21,4%	783,7
<i>Schinus terebinthifolia</i>	172,9	17,3%	634,1
<i>Fraxinus excelsior</i>	61,4	6,1%	225,2
<i>Schinus molle</i>	37,9	3,8%	138,8
<i>Tecoma stans</i>	21,0	2,1%	77,0
<i>Araucaria heterophylla</i>	15,0	1,1%	55,0
<i>Spathodea campanulata</i>	15,0	1,5%	54,9
<i>Phoenix canariensis</i>	13,8	1,4%	50,6
<i>Ficus carica</i>	13,4	1,3%	49,1
<i>Tecoma capensis</i>	12,5	1,3%	45,9
<i>Acalypha wilkesiana</i>	10,9	1,1%	39,9
<i>Olea europaea</i>	10,3	1,0%	37,6
<i>Eriobotrya japonica</i>	9,3	0,9%	34,2
<i>Ceiba speciosa</i>	9,2	0,9%	33,6
<i>Castanea sativa</i>	7,5	0,8%	27,5
<i>Phoenix dactylifera</i>	7,5	0,8%	27,5
<i>Prunus cerasus</i>	7,5	0,8%	27,5
<i>Mangifera indica</i>	5,7	0,6%	20,7
<i>Ceiba pentandra</i>	3,8	0,4%	13,8
<i>Persea americana</i>	2,9	0,3%	10,6
<i>Schefflera arboricola</i>	2,6	0,3%	9,6
<i>Cupressus sempervirens</i>	1,6	0,2%	5,7
<i>Bougainvillea spectabilis</i>	0,8	0,1%	2,8
<i>Psidium guajava</i>	0,5	0,1%	1,9
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	0,5	0,0%	1,7
<b>Total</b>	<b>998,9</b>	<b>100%</b>	<b>3662,9</b>

**Anexo 9.** Lista total de especies dentro del parque Santo Domingo, de acuerdo con su secuestro de carbono y el equivalente en CO2

<b>Especies</b>	<b>Almacenamiento de carbono (tonelada métrica/año)</b>	<b>Almacenamiento de carbono (%)</b>	<b>Equivalente CO2 (tonelada métrica)</b>
Ficus benjamina	341,6	34,2%	1252,8
Jacaranda mimosofilia	213,7	21,4%	783,7
Schinus terebinthifolius	172,9	17,3%	634,1
Fraxinus excelsior	61,4	6,1%	225,2
Schinus molle	37,9	3,8%	138,8
Tecoma stans	21,0	2,1%	77,0
Araucaria heterophylla	15,0	1,5%	55,0
Spathodea campanulata	15,0	1,5%	54,9
Phoenix canariensis	13,8	1,4%	50,6
Ficus carica	13,4	1,3%	49,1
Tecoma capensis	12,5	1,3%	45,9
Acalypha wilkesiana	10,9	1,1%	39,9
Olea europaea	10,3	1,0%	37,6
Eriobotrya japonica	9,3	0,9%	34,2
Ceiba speciosa	9,2	0,9%	33,6
Phoenix dactylifera	7,5	0,8%	27,5
Prunus cerasus	7,5	0,8%	27,5
Castanea sativa	7,5	0,8%	27,5
Mangifera indica	5,7	0,6%	20,7
Cupressus serpentina	3,8	0,4%	13,8
Persea americana	2,9	0,3%	10,6
Schefflera arboricola	2,6	0,3%	9,6
Cedro panteonero	1,6	0,2%	5,7
Bougainvillea spectabilis	0,8	0,1%	2,8
Psidium guajava	0,5	0,1%	1,9
Fraxinus pennsylvanica	0,5	0,0%	1,7








## ANEXO 2. Instrumentos de recolección de datos

FICHA 1					Inventario de Árboles									
TÍTULO					"Rol del Arbolado Urbano y la Captura de CO mediante el Software I-Tree Eco en el Parque Santo Domingo, Carabayllo 2021"									
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN					Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático									
RESPONSABLE					Malpartida Perez, Aldo Giovanni									
ASESOR					Cabrera Carranza, Carlos Francisco									
ID	Especie	Fecha de Monitoreo	Condición	Uso de la tierra	DAP (cm)	Copa Condición	Altura Total (m)	Copa Altura Superior (m)	Copa Ancho (N/S)	Copa Ancho (E/O)	Copa Faltante %	Copa Exposición a la luz	Longitud	Latitud

  
 Dr. Carlos F. Cabrera Carranza  
 CIP. 46572  
 DNI.17402784

  
**LUIS FERMIR**  
**HOLGUIN ARANDA**  
**INGENIERO AMBIENTAL**  
 Reg. CIP. N° 111111

Atentamente,  
  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 08447308

## 2. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Cabrera Carranza, Carlos
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV
- 1.3. Especialidad o línea de Investigación: Proyecto de Investigación
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 1 de Instrumento
- 1.5. Autor(A) del instrumento: Malpartida Pérez Aldo Giovanni

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulada con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6. INTERNACIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	Las estrategias responden una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90 %



Dr. Carlos F. Cabrera Carranza

CIP. 46572

DNI.17402784

## 2. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Holguin Aranda Luis
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV
- 1.3. Especialidad o línea de Investigación: Ingeniero Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 1 de Instrumento
- 1.5. Autor(A) del instrumento: Malpartida Perez Aldo Giovanni

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulada con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6. INTERNACIONALIDAD	Esta adecuado para valorarlas variables de la hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	Las estrategias responden una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método científico.										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Atentamente



**LUIS FERMÍN  
HOLGUÍN ARANDA  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP. N° 111111**

## 2. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ordoñez Galvez|Juan Julio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la UCV
- 1.3. Especialidad o línea de Investigación: Recursos Hídricos y Cambio Climático
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 1 de Instrumento
- 1.5. Autor(A) del instrumento: Malpartida Perez Aldo Giovani

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulada con lenguaje comprensible.											/		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											/		
6. INTERNACIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	Las estrategias responden una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método científico.											/		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

50

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Galvez  
DNI: 08447308



Código: 0605230  
Trámite: E2135037  
Clave: VWB9R6HIR6  
03/09/2021 11:09:00  
Usuario: meretap

**CARGO**

Carabayllo, 01 de agosto del 2021

www.municarabayllo.gob.pe

ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CARABAYLLO

Av. Túpac Amaru 15318 Carabayllo 15318

ATENCIÓN: SUBGERENCIA DE MEDIO AMBIENTE



ASUNTO: Solicitud de información

Yo, ALDO GIOVANI MALPARTIDA PEREZ, identificado con DNI N°47290033, con el debido respeto solicito a la Municipalidad Distrital de Carabayllo, por intermedio de la Subgerencia de medio ambiente información con respecto al "Boletín del reporte anual del Monóxido de Carbono (CO) y precipitación del año 2018 y 2019", ya que se tiene conocimiento que existe un Acuerdo de Consejo N°114-2013/MDC firmado el 22 de noviembre del 2013, entre el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú y la Municipalidad Distrital de Carabayllo.

Por lo detallado en el párrafo anterior solicito pueda brindarme dicha información, ya que es necesario en la elaboración de mi trabajo de investigación (Tesis).

Espero se atienda esta petición a la brevedad posible por ser de justicia.

Atentamente,

ALDO GIOVANI MALPARTIDA PEREZ

DNI N° 47290033

CEL: 981005386



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CARABAYLLO  
Sub Gerencia Medio Ambiente  
"Año del Bicentenario del Perú: 200 de Independencia"

OFICIO N°106-2021-SGMA-GSCMA/MDC

Carabayllo, 03 de Septiembre del 2021

SEÑOR:  
JHOJAN POOL ROJAS QUINCHO  
SUBDIRECTOR DE EVALUACIÓN DEL AMBIENTE ATMOSFÉRICO - SEMANHI  
Jr. Cahuide 785 – Jesús María

**Asunto:** Solicito Información

**Referencia:** Tramite (E2135037)

Tengo el agrado de dirigirme a usted para hacerle llegar los saludos cordiales de nuestro Alcalde el Sr. Marcos Lorenzo Espinoza Ortiz, y el mío en calidad de Subgerente de Medio Ambiente.

De la misma manera, informarle que mediante el trámite de referencia, donde el Sr. Aldo Giovani Malpartida Perez, identificado con DNI N° 47290033, solicita que le puedan brindar información con respecto al "boletín del reporte anual del monóxido de carbono (CO) y precipitación del año 2018 y 2019" conforme al Acuerdo de Consejo N°114-2013/MDC firmado el 22 de noviembre del 2013, ya que es necesario para la elaboración de su trabajo de investigación (tesis).

Sin otro particular, me despido de usted.

Atentamente,

  
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CARABAYLLO  
"Distrito Histórico y Ecológico"  
EDGARD WILLIAMS MACHUCA PAJUELO  
SUBGERENTE DE MEDIO AMBIENTE (cc)

Sub Gerencia de Medio Ambiente  
Agencia Ricardo Palma - Av. San Martín s/n, Carabayllo  
Teléfono: 717-0500 Anexo 136