

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRAFICA, AMBIENTAL Y
ECOTURISMO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE MATERIAL PARTICULADO DE LA
ESPECIE ARBOREA FICUS BENJAMINA EN EL PARQUE ZONAL
“MAYTA CAPAC”, SAN MARTÍN DE PORRES

TESIS
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR
ANGULO PAZ, CARLOS ANTONIO ALEXANDER

ASESOR
ZAMORA TALAVERANO, NOE SABINO

JURADO
GALARZA ZAPATA, EDWIN JAIME
GOMEZ ESCRIBA, BENIGNO PAULO
GUILLÉN LEÓN, ROGELIA
ALVA VELASQUEZ, MIGUEL

LIMA – PERU
2018

DEDICATORIA:

A mis padres, Milagros y Carlos, que son pese a todo, mi fuente de inspiración. A Henry y Grecia, que hacen mi vida más alegre y bonita.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a mis padres, Milagros y Carlos, por su apoyo no solo durante el proceso de elaboración de tesis, si no durante toda mi etapa universitaria, sin su apoyo nada de esto sería posible.

Asimismo el apoyo de toda mi familia, por su constante preocupación y soporte en lo necesario, especialmente a mis hermanos y abuelos; así también a mis amigos por su constante apoyo y ánimos cuando fue necesario John Puicón y Ronalds Meneses, a mi compañera Karlita Ortiz, gracias por todo, y otros tanto que quizás olvido mencionar.

Debo un especial agradecimiento a mi Asesor de tesis, el Dr. Noé Zamora por compartir sus conocimientos y experiencia, por guiarme en este proceso de investigación. Agradecer de igual manera a mis profesores informantes ing. Edwin Jaime Galarza Zapata, ing. Rogelia Guillen León, ing. Gladys Rojas León e ing. César Jorge Arguedas Madrid.

Asimismo agradecer al Ing. Jimmy Sota León, Gerente de Servicios Públicos y Gestión Ambiental de la municipalidad de San Martín de Porres, por el apoyo logístico brindado durante la elaboración de esta investigación.

Finalmente agradecer a mi querida Universidad Nacional Federico Villarreal, por todas las experiencias vividas y la oportunidad de ser un profesional.

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo conocer la capacidad de adsorción de material particulado de la especie arbórea *Ficus benjamina* en el parque zonal “Mayta Cápac” en el distrito de San Martín de Porres, con la finalidad de proponer el sembrío de la especie para minimizar la contaminación del aire. El método para conocer la capacidad de adsorción de material particulado fue el ensayo de laboratorio, el cual consistió en el análisis de los sólidos totales presentes en el follaje, los cuales fueron analizados por la empresa Envirotest S.A.C. El estudio fue prospectivo y transversal, realizado durante noviembre y diciembre del año 2017, en los cuales se realizó el estudio, caracterización e inventario de la población de la especie elegida dentro del parque, como fase de campo. Posterior a dicho procedimiento se obtuvo que un individuo de *Ficus benjamina* de follaje frondoso tiene una capacidad de adsorción de 6’829,624 mg/árbol/mes; un individuo de follaje intermedio, 1’601,294 mg/árbol/mes; y un individuo de follaje ralo, 405,472 mg/árbol/mes, beneficiando a 576, 135 y 34 habitantes, respectivamente por árbol. Siendo la captación del total de individuos de follaje frondoso del parque zonal “Mayta Cápac” de 286.84 kg/mes; los individuos de follaje intermedio 136.11 kg/mes, y los individuos de follaje ralo 15.81 kg/mes; descontaminando el aire para 1,326; 11,475 y 24,192 habitantes respectivamente. El área con cobertura de *Ficus benjamina* presenta una concentración de Material Particulado (expresado como Polvo Sedimentable) de 0.5368 mg/cm²/30 días, mientras que el área sin cobertura, 4.5414 mg/cm²/30 días.

Palabras clave: Calidad del aire, *Ficus benjamina*, material particulado.

ABSTRACT

The objective of this study is determine the adsorption capacity of particulate material of the tree species *Ficus benjamina* in the zonal park "Mayta Cápac" in the district of San Martín de Porres, with the purpose of proposing the planting of the species to minimize the air pollution. The method to know the capacity of adsorption of particulate material was the laboratory test, which consisted in the analysis of the Total Solids present in the foliage, which were analyzed by the company Envirotest S.A.C. The study was prospective and cross-sectional, carried out during November and December of 2017, in which the study, characterization and inventory of the population of the chosen specie within the park was carried out, as a field phase. After this procedure it was obtained that an individual of *Ficus benjamina* of leafy foliage has an adsorption capacity of 6'829,624 mg/tree/month; an individual of intermediate foliage, 1'601,294 mg/tree/month; and an individual with sparse foliage, 405,472 mg/tree/month, benefiting 576, 135 and 34 inhabitants, respectively per tree. The collection of the total of individuals of leafy foliage of the zonal park "Mayta Cápac" of 286.84 kg/month; individuals with intermediate foliage is 136.11 kg/month, and individuals with sparse foliage is 15.81 kg/month; decontaminating the air to 1,326; 11,475 and 24,192 inhabitants respectively. The area covered with *Ficus benjamina* has a concentration of Particulate Material (expressed as Sedimentable Powder) of 0.5368 mg/cm²/30 days, while the area without coverage, 4.5414 mg/cm²/30 days.

Key words: Air quality, *Ficus benjamina*, particulate material.

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: ASPECTOS METODOLÓGICOS	2
1.1. Antecedentes	2
1.1.1. Antecedentes Nacionales	2
1.1.2. Antecedentes Internacionales.....	6
1.2. Planteamiento del Problema e hipótesis	11
1.2.1. Descripción del problema	11
1.2.2. Formulación del Problema	13
1.3. Objetivos	14
1.3.1. Objetivo General	14
1.3.2. Objetivos Específicos.....	14
1.4. Hipótesis	15
1.4.1. Hipótesis general.....	15
1.4.2. Hipótesis específicas	15
1.5. Variables e indicadores	15
1.6. Justificación e Importancia	16
1.6.1. Justificación.....	16
1.6.2. Importancia	17
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO - LEGAL	19
2.1. Bases Teóricas	19

2.1.1.	Ecosistema Urbano.....	19
2.1.2.	Gestión urbanística.....	26
2.1.3.	Índice de Calidad del aire.....	27
2.1.4.	Calidad ambiental del aire en Lima	29
2.1.5.	Especie elegida para la investigación.....	31
2.2.	Definición de Términos Básicos	34
2.3.	Marco legal.....	36
2.3.1.	Política Nacional del Ambiente	36
2.3.2.	Plan Nacional de Acción Ambiental (PLANAA) 2011-2021	37
2.3.3.	Plan Integral de Saneamiento Atmosférico (PISA)	41
2.3.4.	Ministerio del Ambiente	44
CAPÍTULO III: MATERIALES, EQUIPOS Y MÉTODOS		47
3.1.	Materiales y Equipos.....	47
3.1.1.	Materiales de escritorio y equipos.....	47
3.1.2.	Materiales de campo	47
3.1.3.	Materiales y equipos de laboratorio	48
3.2.	Métodos	48
3.2.1.	Diseño y tipo de investigación	48
3.2.2.	Población.....	49
3.2.3.	Muestra.....	49
3.2.4.	Unidad de análisis	49

3.2.5.	Delimitación temporal.....	49
3.2.6.	Delimitación espacial.....	49
3.3.	Procedimiento.....	49
3.3.1.	Etapa de pre campo.....	49
3.3.2.	Etapa de campo.....	50
3.3.3.	Etapa de laboratorio.....	53
3.3.4.	Etapa de gabinete.....	53
CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....		55
4.1.	Datos generales.....	55
4.1.1.	Ubicación Geográfica.....	55
4.1.2.	Ubicación Política.....	55
4.1.3.	Datos generales del distrito de San Martín de Porres.....	56
4.1.4.	Áreas verdes del distrito de San Martín de Porres.....	57
4.1.5.	Límites del distrito.....	57
4.2.	Clima y meteorología.....	58
4.3.	Hidrología.....	58
4.4.	Aguas subterráneas.....	58
4.5.	Aspecto biológico.....	58
4.6.	Aspecto social.....	59
4.6.1.	Empleo.....	59
4.6.2.	Salud.....	61

4.6.3. Educación.....	61
CAPÍTULO V: RESULTADOS	63
5.1. Capacidad de adsorción de material particulado de <i>Ficus benjamina</i> .	63
5.1.1. Capacidad de adsorción según parámetros	65
5.1.2. Capacidad de adsorción según follaje	82
5.1.3. Capacidad de adsorción total en el Parque zonal “Mayta Cápac”	86
5.1.4. Tasa de recambio de <i>Ficus benjamina</i>	88
5.2. Capacidad de descontaminación del aire de <i>Ficus benjamina</i>	90
5.2.1. Capacidad de descontaminación del aire según follaje ralo.....	91
5.2.2. Capacidad de descontaminación del aire según follaje intermedio	92
5.2.3. Capacidad de descontaminación del aire según follaje frondoso.....	93
5.2.4. Capacidad de descontaminación del aire en el Parque zonal “Mayta Cápac”	94
5.3. Material Particulado en el Parque zonal “Mayta Cápac”	95
5.4. Discusión de resultados	98
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104
6.1. Conclusiones.....	104
6.2. Recomendaciones.....	106
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107

INDICE DE CUADROS

N°	Descripción	Pág.
1.-	Variables e Indicadores.....	16
2.-	Ciudades del mundo y contaminación del aire	21
3.-	Principales fuentes de contaminación en las ZAP	23
4.-	Efectos de los contaminantes atmosféricos sobre la salud	26
5.-	Estaciones de Calidad de Aire en Lima Metropolitana	29
6.-	Metas prioritarias al 2021 y acciones estratégicas.....	38
7.-	Programas, metas y medidas propuestas en PISA Lima-Callo 2010-2015	42
8.-	Estándares de Calidad Ambiental para Aire - Perú	45
9.-	Coordenadas del parque zonal “Mayta Cápac”	55
10.-	Proyección de la población del distrito de San Martín de Porres	56
11.-	Áreas verdes en el distrito de San Martín de Porres	57
12.-	Población Económicamente Activa por ocupación principal	60
13.-	Población según afiliación a Seguro de Salud	61
14.-	Nivel Educativo alcanzado	62
15.-	Inventario de <i>Ficus benjamina</i> en el Parque zonal “Mayta Cápac”	63
16.-	Equivalencia de concentración de material particulado (mg/L a mg/cm ²).....	64
17.-	Datos de <i>Ficus benjamina</i> según follaje	65
18.-	Capacidad de adsorción de Sólidos totales, sólidos volátiles, hierro y aluminio según el tipo de follaje	85
19.-	Capacidad de adsorción total según tipo de follaje en el Parque zonal “Mayta Cápac”	86
20.-	Datos de <i>Ficus benjamina</i> para cálculo de tasa de recambio	88

21.- Capacidad de descontaminación del aire en el Parque zonal “Mayta Cápac”	94
22.- Parantes de medición de Partículas sedimentables	95
23.- Placas de medición de Partículas sedimentables	96
24.- Pesos iniciales de placas receptoras.....	96
25.- Pesos finales de placas receptoras	97
26.- Promedio de Partículas Sedimentables	97
27.- Matriz de consistencia	113
28.- Datos tomados de campo	124
29.- Datos de número de hojas de Follaje ralo – Reordenado	125
30.- Datos de número de hojas de Follaje intermedio – Reordenado	126
31.- Datos de número de hojas de Follaje frondoso – Reordenado	127
32.- Cantidad de hojas que caen según follaje	128
33.- Datos de número de hojas que caen Follaje Ralo – Reordenado.....	129
34.- Datos de número de hojas que caen Follaje Intermedio–Reordenado.....	130
35.- Datos de número de hojas que caen Follaje Frondoso–Reordenado	131
36.- Datos tomados de campo	132
37.- Cálculo de altura de árboles de <i>Ficus benjamina</i>	135
38.- Promedio de alturas de copa y alturas de árbol	137
39.- Cálculo de altura y volumen de copa de <i>Ficus benjamina</i>	137
40.- Promedio de volúmenes y área de sombra	140
41.- Área de hojas de <i>Ficus benjamina</i>	144
42.- Valores de área de hoja reordenado	145
43.- Presupuesto de la investigación	155

INDICE DE GRAFICOS

Nº	Descripción	Pág.
1.-	Interrelación de factores sobre la salud.....	25
2.-	Crecimiento Poblacional del distrito de San Martín de Porres.....	57
3.-	Inventario de <i>Ficus benjamina</i> en el Parque zonal “Mayta Cápac”	63
4.-	Capacidad de adsorción de Sólidos totales de <i>Ficus benjamina</i> según tipo de follaje.....	69
5.-	Capacidad de adsorción de Sólidos volátiles de <i>Ficus benjamina</i> según tipo de follaje.....	73
6.-	Capacidad de adsorción de Hierro de <i>Ficus benjamina</i> según tipo de follaje.....	77
7.-	Capacidad de adsorción de Aluminio de <i>Ficus benjamina</i> según tipo de follaje. 81	
8.-	Capacidad de adsorción de Sólidos totales, sólidos volátiles, hierro y aluminio de individuos de follaje ralo.....	82
9.-	Capacidad de adsorción de Sólidos totales, sólidos volátiles, hierro y aluminio de individuos de follaje intermedio.....	83
10.-	Capacidad de adsorción de Sólidos totales, sólidos volátiles, hierro y aluminio de individuos de follaje frondoso.....	84
11.-	Capacidad de adsorción según el tipo de follaje.....	85
12.-	Capacidad de adsorción total de Sólidos Totales en el Parque Zonal “Mayta Cápac”	87
13.-	Capacidad de descontaminación del aire en el Parque zonal “Mayta Cápac”	94

ÍNDICE DE OPERACIONES

Nº	Descripción	Pág.
1.-	Capacidad de adsorción de Sólidos Totales – Follaje Ralo	66
2.-	Capacidad de adsorción de Sólidos Totales – Follaje Intermedio	67
3.-	Capacidad de adsorción de Sólidos Totales – Follaje Frondoso	68
4.-	Capacidad de adsorción de Sólidos Volátiles – Follaje Ralo	70
5.-	Capacidad de adsorción de Sólidos Volátiles – Follaje Intermedio	71
6.-	Capacidad de adsorción de Sólidos Volátiles – Follaje Frondoso.....	72
7.-	Capacidad de adsorción de Hierro – Follaje Ralo	74
8.-	Capacidad de adsorción de Hierro – Follaje Intermedio	75
9.-	Capacidad de adsorción de Hierro – Follaje Frondoso.....	76
10.-	Capacidad de adsorción de Aluminio – Follaje Ralo	78
11.-	Capacidad de adsorción de Aluminio – Follaje Intermedio	79
12.-	Capacidad de adsorción de Aluminio – Follaje Frondoso.....	80
13.-	Tasa de recambio para individuos de Follaje Ralo	88
14.-	Tasa de recambio para individuos de Follaje Intermedio	89
15.-	Tasa de recambio para individuos de Follaje Frondoso	90
16.-	Capacidad de descontaminación de aire en Follaje Ralo.....	91
17.-	Capacidad de descontaminación de aire en Follaje Intermedio.....	92
18.-	Capacidad de descontaminación de aire en Follaje Frondoso	93

INDICE DE TABLAS

Nº	Descripción	Pág.
1.-	Índice de calidad de aire para PM ₁₀	28
2.-	Índice de calidad de aire para PM _{2.5}	28
3.-	Tabla de clasificación de la calidad del aire	28

INDICE DE ILUSTRACIONES

Nº	Descripción	Pág.
1.-	Hoja de <i>Ficus benjamina</i>	32
2.-	Corteza de <i>Ficus benjamina</i>	33
3.-	Hojas de <i>Ficus benjamina</i>	141

ÍNDICE DE ECUACIONES

Nº	Descripción	Pág.
1.-	Medición de altura de árboles	52
2.-	Cálculo de material particulado en placas receptoras	54
3.-	Determinación de tamaño de muestra.....	133

ANEXOS

Anexo N° 1: Matriz de Consistencia	113
Anexo N° 2: Descripción técnica del material adsorbente, vaselina sólida.....	114
Anexo N° 3: Fotografías procedimientos de campo	116
Anexo N° 4: Fotografías procedimiento en laboratorio.....	123
Anexo N° 5: Resultados de número de hojas según follaje	124
Anexo N° 6: Número de hojas que caen según follaje de <i>Ficus benjamina</i>	128
Anexo N° 7: Resultados de tiempo de vida de hojas	132
Anexo N° 8: Cálculo de muestra de árboles del Parque Zonal “Mayta Cápac” ..	133
Anexo N° 9: Determinación de altura y volumen de copa de <i>Ficus benjamina</i> del Parque Zonal “Mayta Cápac”	135
Anexo N° 10: Área superficial de hojas de <i>Ficus benjamina</i>	141
Anexo N° 11: Cálculo de área superficial de hojas de <i>Ficus benjamina</i>	144
Anexo N° 12: Resultados de Partículas sedimentables en placas receptoras	146
Anexo N° 13: Resultados de laboratorio acreditado Envirotest S.A.C.....	152
Anexo N° 14: Presupuesto	155
Anexo N° 15: Mapas.....	157

INTRODUCCIÓN

El material particulado puede acumularse en el sistema respiratorio y producir diversos efectos negativos en la salud que se expresan en el aumento de enfermedades respiratorias como la bronquitis y exacerbar los efectos de otras enfermedades cardiovasculares. (Díaz & Páez, 2006, p.3)

Lima ocupa el segundo lugar como la ciudad más contaminada de Latino América por PM₁₀, con una concentración de 88 µg/m³; y el primero con respecto al PM_{2.5}, con un valor de 48 µg/m³ (Organización Mundial de Salud, 2016). Esto conlleva a la necesidad de medidas correctivas ante la contaminación del aire.

La presente investigación tiene como objetivo principal conocer la capacidad de adsorción de material particulado de la especie arbórea *Ficus benjamina* en el parque zonal “Mayta Cápac” en el distrito de San Martín de Porres, mediante análisis de laboratorio, así como como el método de placas receptoras para conocer la cantidad de partículas sedimentables en las áreas con cobertura de la especie elegida y las áreas con otra cobertura.

El estudio se ha dividido en seis (06) capítulos: En el Capítulo I se describen los Aspectos metodológicos (antecedentes, descripción y formulación del problema, objetivos generales y específicos, hipótesis, variables e indicadores, y justificación e importancia). En el Capítulo II se desarrollan las bases teóricas, definición de términos básicos y el marco legal. En el Capítulo III se describen los materiales y métodos. En el Capítulo IV se describe el área de estudio. En el Capítulo V se presentan los resultados de la investigación y la discusión de resultados. En el Capítulo VI se elaboran las conclusiones y se formulan las recomendaciones.

CAPÍTULO I: ASPECTOS METODOLÓGICOS

1.1. Antecedentes

1.1.1. Antecedentes Nacionales

Alegre Perfecto, V., Mejía Arias, M., Vásquez Vega, L., & Espinoza Flores, C. (2007) en su tesis, para optar el grado de Ingeniero ambiental e Ingeniero Forestal, titulada **“Determinación de la capacidad de adsorción de Material Particulado en el aire de 3 especies arbóreas en 2 avenidas principales de Cercado de Lima”** analizaron la especie *Tipuana tipu*, *Tecoma stans* y *Salix humboldtia*, en la cuadras 11, 12,13 y 14 de la Av. Arequipa y desde la cuadra 1 a la 4 de la Av. Abancay. Para colección de muestras se colocaron trampas y para la conservación y análisis de las muestras se siguió la metodología de *“Standart Methods for the Examination of Water and Wasterwater, 20^{ed}”*.

En el estudio, los resultados concluyeron que las hojas de la *Tipuana tipu* presentaron mayor adsorción de sólidos totales por área foliar (0.001971 kg/m^2), seguido de *Tecoma stans* (0.001461 kg/m^2) y *Salix humboldtia* (0.001220 kg/m^2). Con respecto a la tasa de recambio, la *Tipuana tipu* resultó ser mucho más eficiente en la adsorción de material particulado, considerando que cambia el 12.1 % de su copa cada 59 días.

Pérez Carpio, J. (2014) en su investigación titulada **“Concentración de partículas menor a 10 micras y nivel de riesgo basado en los valores del índice de calidad del aire realizado en el Departamento de San Martín – Perú”** busca determinar la concentración de material particulado y comparar el nivel de riesgo basado en los valores del índice de calidad ambiental de la agencia de protección ambiental en el

distrito de Tarapoto, San Martín. Para la recolección se utilizaron muestreadores de alto volumen con motor de alto flujo, dichas muestras fueron llevadas posteriormente a laboratorio para su análisis por medios gravimétricos.

Los resultados del análisis sostienen que la contaminación en la ciudad de la Banda de Shilcayo durante el día evaluado según el índice de calidad de aire es de 58.31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nivel regular (color amarillo), por lo cual la población no se encuentran expuesta de manera directa por este contaminante y no perjudica su salud con excepción de las personas sensibles.

Chipoco Sánchez, J. G., & Valencia Rodríguez, F. (2015) elaboraron una tesis de investigación, para optar por el título de Ingeniero Forestal (UNALM), titulada **“Determinación de la capacidad de adsorción de material particulado en el aire en una especie arbórea *Schinus terebinthifolius* y una rastrera *Aptenia cardifolia* en el condominio La Quebrada-Cieneguilla”**, en la cual se utilizó la metodología planteada por la *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, para el análisis de las muestras recolectadas. Para el análisis de la calidad del aire se utilizó la metodología validada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) denominada “placas receptoras”, para el cual se ubicaron 13 puntos de monitoreo. Asimismo, las condiciones meteorológicas (velocidad y dirección del viento, temperatura y humedad relativa) fueron medidas de forma directa por la Estación Meteorológica Davis Vantage Pro 2, instalada dentro del condominio donde se realizó la investigación.

Se obtuvo como resultado que la especie *Schinus terebinthifolius* “molle costeño” presentó una capacidad de adsorción de material particulado de 1.18 $\text{mg}/\text{cm}^2/30\text{d}$, y

la capacidad de adsorción de las hojas de la *Aptenia cordifolia* “señorita” es de 0.71 mg/cm²/30d.

Asimismo teniendo como referencia la zona sin cobertura vegetal determinaron que el sistema de cobertura vegetal con las especies *Schinus terebinthifolius* y *Aptenia cordifolia* genera un mayor impacto sobre el PAS del ambiente al reducir en un 26.2 % su concentración, en comparación a una cobertura compuesta solo de *Aptenia cordifolia* que reduce un 22.8 %.

Pacsi Valdivia, S. A. (2015) desarrolló una investigación titulada “**Análisis temporal y espacial de la calidad del aire determinado por material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} en Lima Metropolitana**” utilizó datos de concentración de PM_{2.5} y PM₁₀ medidos y analizados por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) y el SENAMHI, a través de la red de monitoreo de calidad de aire de Lima Metropolitana, durante el periodo 2001 y 2014.

Determinó en primer instancia que la variación horaria del PM₁₀ en Lima presenta dos picos máximos durante el día (10:00 a.m. y 10:00 p.m.) y dos picos mínimos (5:00 a.m. y 2:00 p.m.). Seguidamente se determinó que a nivel diario los máximos valores se registran los martes y viernes y los mínimos valores los días domingos. Continuando a nivel mensual los mayores valores de PM₁₀ se registran durante el otoño en las zonas sur y este de Lima y los mínimos en el Callao. Estacionalmente en el otoño los valores de PM₁₀ son máximos y mínimos durante la primavera austral. La variación multianual del PM₁₀ muestra que todas las estaciones de monitoreo, a excepción del Callao, superan significativamente los valores límites del ENCA para PM₁₀ (50 µg/m³).

En el análisis de $PM_{2.5}$ se determinó que la variación mensual del $PM_{2.5}$ presenta los mayores valores durante el otoño y los mínimos durante el verano. La tendencias de la serie histórica de $PM_{2.5}$ muestra que existe en general una disminución leve de sus concentraciones en casi todas las estaciones de monitoreo.

Finalmente se halló que el rango anual promedio del PM_{10} y $PM_{2.5}$ es mayor en el centro de Lima y menor en el Callao. La relación $PM_{2.5} / PM_{10}$ es de 0,65 en promedio para la ciudad de Lima.

Torres Castillo, R. F. (2016) en su tesis para optar al título de Ingeniero Ambiental (UNFV) titulada **“Reducción del Polvo atmosférico sedimentable a través de *Ficus benjamina* y *Salix humboldtiana* en el distrito de San Martín de Porres”** tiene como objetivo determinar la a reducción del polvo atmosférico sedimentable mediante las especies arbóreas *Ficus Benjamina* y *Salix humboldtiana* en el distrito de San Martin De Porres, así también realizar un diagnóstico socio-ambiental de la zona de estudio, cuantificar el polvo atmosférico depositado en el follaje de las especies seleccionadas y determinar cual posee mayor capacidad entre ambas especies. Se utilizó el método gravimétrico para la determinación de la captación de PAS.

La concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable en el follaje de las especies *Ficus benjamina* es en promedio de 44,57 Tn/Km²/mes, y *Salix humboldtiana* es 11,52 Tn/Km²/mes, para muestras vidrio con solución captadora; asimismo por muestras biológicas que la concentración de 0,515 gr PAS/gr masa y 0,204 gr PAS/gr masa vegetal, respectivamente para cada especie.

1.1.2. Antecedentes Internacionales

Escobedo, F. & Chacalo, A. (2008) en su investigación titulada **“Estimación preliminar de la descontaminación atmosférica por el arbolado urbano de la ciudad de México”** tuvo como objetivo estimar la reducción de las concentraciones de Ozono (O₃) y Material Particulado menor a 10 micrones (PM₁₀) procedente del arbolado urbano en la ciudad de México D.F., y asimismo determinar el ahorro económico que se generaría a raíz de las concentraciones de los contaminantes mencionados (valorado según la reducción de casos de consultas médicas e ingresos al hospital por complicaciones respiratorias). Para ello se utilizó el modelo UFORE (Urban Forest Effects Model) desarrollado por el Departamento de Agricultura-Servicio Forestal de los EE.UU.

Los resultados obtenidos sostienen que la descontaminación producida por el área de bosques urbanos redujo los niveles de Material Particulado menor a 10 micrones (PM₁₀) y de Ozono (O₃) en un flujo promedio de 5.6 g/m² (2,161 Tm) y 4.8 g/m² (1,863 Tm) respectivamente. Siendo la contaminación reducida en un 3 %.

Asimismo se determinó que la reducción del 1 % de los contaminantes ahorraría 10 millones de USD al año, lo cual implicaría 3,329 visitas médicas y 419 ingresos de hospital por complicaciones respiratorias. Por lo cual, según lo mencionado en el párrafo anterior, el arbolado urbano en la ciudad de México estima una reducción de 30 millones de USD al año, evitando 9,987 visitas médicas y 1,257 ingresos al hospital.

Cejudo, R., Bautista, F., Delgado, C., Ramos, S., Cossio-Pérez, I., Hernández, A., Aguilar, B., Morales, J. & Gogichaishvili, A. (2013) realizaron un estudio

titulado “**Propiedades magnéticas de polvo urbano adsorbido en hojas de *Ficus benjamina* y su relación con los metales pesados**” el cual tuvo como objetivo identificar los parámetros magnéticos que tienen mejores relaciones con la concentración de metales pesados en muestras de *Ficus benjamina*. Para la recolección de muestras se eligió alrededor de 20 hojas por árbol en una altura entre 150 cm a 200 cm, y solo se consideraron hojas maduras (coloración verde oscura y área de exposición aproximada de 6 cm²). Los posteriores análisis magnéticos y químicos se realizaron en el Laboratorio Universitario de Geofísica Ambiental (LUGA).

Los resultados demostraron que las hojas de *Ficus benjamina* son capaces de atrapar polvo urbano de tipo natural y antrópico a una altura respirable por la población humana. Por lo cual, las hojas funcionan como filtros naturales que limpian el aire.

Además determinaron que existe correlación entre los parámetros magnéticas (susceptibilidad magnética y susceptibilidad dependiente de la frecuencia) de las hojas de *Ficus benjamina* y los metales pesados, principalmente con Hierro, Aluminio, Plomo y Zinc.

Finalmente se concluyó que a mayor intensidad de tránsito vehicular mayores valores de susceptibilidad magnética, por lo cual una mayor contaminación.

Sánchez Landero, L. A. (2013) desarrolló un estudio titulado “**Análisis estadístico de la contaminación en hojas de *Fraxinus udehi* de la zona metropolitana del Valle de México**” el cual tuvo como objetivo analizar la contaminación que se deposita en hojas de *Fraxinus uhdehi* de tres bosques urbanos de la ciudad de México utilizando técnicas estadísticas. Como objetivos específicos se tuvo:

determinar la cantidad de metales acumulados en las hojas, obtener información sobre la distribución y comportamiento de partículas de PM₁₀ dentro de los bosques urbanos según estación del año y según ubicación del bosque. El método de recolección de muestras se realizó según transectos separados cada 50 m, por bosque se colectaron hojas de 15 árboles en 4 ocasiones durante un año de acuerdo a los ciclos estacionales. En el análisis estadístico se aplicó el análisis estadístico Kruskal-Wallis (prueba H).

Los resultados máximos obtenidos para los metales evaluados variaron según la estación, los cuales fueron: para el cobre (Cu) 13.53 mg/kg en verano; para el zinc (Zn), 28.70 mg/kg en verano; en el caso del plomo (Pb), 2.79 mg/kg en invierno; el níquel (Ni), 6.89 mg/kg en verano; el cromo (Cr), 0.48 mg/kg en primavera y verano; el caso del cobalto (Co) reportó su mayor valor en otoño con 2.42 mg/kg; y finalmente el cadmio (Cd) presentó un valor de 0.13 mg/kg en verano.

El análisis estadístico de los resultados mencionados en el párrafo anterior determinó que existen diferencias significativas entre los metales (Cobre, Zinc, Plomo, Níquel, Cromo, Cadmio y Cobalto) según su ubicación geográfica. Asimismo, determinó que existen diferencias significativas según la época estacional, siendo en invierno donde se encontraron mayores concentraciones de metales.

Se concluye finalmente que la vegetación urbana puede fungir como un sumidero de partículas contaminantes producidas por la actividad antropogénicas promoviendo con ello que muchas de estas partículas no lleguen a nuestros pulmones.

Arriaga, M. O., Stampacchio, M. L., Fernández Pepi, M. G., Perelman, P. E. & Faggi, A. M. (2014) en su estudio “Uso de caracteres epidérmicos como

bioindicadores en contaminación ambiental” tenía como objetivo el uso de los caracteres micromorfológicos de epidermis de hoja de *Ficus benjamina* y *Fraxumis pennsylvanica* como indicadores de contaminación atmosférica en el área metropolitana de Buenos Aires. La colección de muestras fue de 10 a 20 hojas de la parte externa de las copas de los árboles, a una altura aproximada de 2 m, la misma se realizó durante la estación de verano y otoño.

Del análisis de la muestras se comprobó que no existe correlación entre las variaciones de los caracteres epidérmicos de las hojas de las diferentes especies de *Ficus* sp. y las variables clima, contaminación ambiental y concentración de metales en suelo.

Por otro lado encontraron una correlación positiva ($p=0.006$) entre el largo de estomas en hojas de *Ficus* sp. Y la concentración de Hierro (Fe) en el suelo.

Domínguez Madrid, A. Y. (2016) en su tesis para obtener el grado de Maestra en administración integral del ambiente (CICESE) titulada **“Estimación de captura de los parques y emisiones de CO₂ vehicular en Tijuana, B.C.”** tuvo como objetivo estimar la capacidad potencial como sumideros de carbono que tienen los parques urbanos para mitigar las emisiones de los vehículos automotores en Tijuana, Baja California. La metodología utilizada fue la comparación entre el CO₂ que captura y almacena el arbolado, con el producido por el sector transporte. Para ello se realizó un inventario del arbolado presente en los parques de Tijuana y se realizó la estimación con el software i-tree design. La estimación de la producción de CO₂ por parte de los vehículos se realizó conforme a las fórmulas establecidas por el Panel

Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) y la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía (CONUEE).

Dentro de su análisis se determinó que la especie *Ficus benjamina* capturó, en promedio, 63.89 kg de CO₂/año por unidad arbórea (41,657 kg de CO₂/año en 652 árboles) siendo la 12^{da} especie con mejor captación de CO₂ de las 68 especies del estudio.

Castañeda Miranda, A. G. (2016) en su tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias (UNAM) bajo el título de **“Caracterización y monitoreo magnético – ambiental de partículas suspendidas del aire urbano”** tuvo como objetivo diseñar una técnica no destructiva para el monitoreo de metales pesados y material particulado en el medio ambiente a través de la utilización de las propiedades magnéticas de las partículas acumuladas en colectores artificiales (filtros) y naturales (hojas de *Ficus benjamina* y *Tillandsia recurvata*). La metodología utilizada para la medición fue tanto por colector activo (equipo Hi-vol) como por biomonitoreo a través de las hojas de las especies seleccionadas.

Los resultados permitieron concluir que la morfología de la superficie de las hojas parece ser un factor dominante en la deposición de la partícula en la superficie de la hoja. Asimismo que para la ciudad de Querétaro (México) es viable el monitoreo magnético de la calidad del aire de la ciudad utilizando *Ficus Benjamina* como colector. No obstante el monitoreo utilizando *Ficus Benjamina* como colector solo es posible durante época de secas.

Además se determinó que el número necesario de días sugeridos para coleccionar muestras de *Ficus Benjamina* para monitoreo atmosférico en Querétaro es de 15 días después de cualquier evento de lluvia.

1.2. Planteamiento del Problema e hipótesis

1.2.1. Descripción del problema

La contaminación del aire es actualmente uno de los problemas ambientales más severos a nivel mundial. Está presente en todas las sociedades, independientemente del nivel de desarrollo socioeconómico, y constituye un fenómeno que tiene particular incidencia sobre la salud del hombre. (Romero, Diego, & Álvarez, 2006, p.1)

Se prevé que la contaminación del aire se convertirá en la causa principal de mortalidad prematura, por encima de aguas insalubres y falta de saneamiento con una proyección de que se duplique en el mundo el número de muertes prematuras derivadas de la exposición de material particulado, pasando de un millón al día, a aproximadamente 3.6 millones al año en 2050. (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2012) (Como se citó en Clean Air Institute, 2013)

Las partículas de diámetro menor o igual a 2.5 micras son altamente peligrosas porque son respirables en un 100 %, alojándose en bronquios, bronquiolos y alvéolos, alteran los mecanismos defensivos del organismo, favoreciendo el desarrollo de enfermedades respiratorias. (Dirección General de Epidemiología, 2011, p.19)

La contaminación del aire en ambientes urbanos es primordialmente el resultado de la quema de combustibles fósiles, y las fuentes más importantes son el sector

transporte, la generación de energía, los sectores industrial y manufacturero y el uso doméstico de combustible para calefacción/refrigeración y cocción. (Clean Air Institute, 2013, p.8)

Algunas partículas, conocidas como partículas primarias, son emitidas directamente por una fuente, por ejemplo, los automóviles, autobuses y camiones y carga, industrias, ciertos comercios, obras de construcción, vías sin pavimentar, chimeneas, humo de cigarrillo o incendios. Otras, nombradas partículas secundarias, son formadas por medio de complicadas reacciones en la atmósfera, a partir de otros químicos emitidos por plantas de generación de energía, industrias y automóviles. (Clean Air Institute, 2013, p.9)

A nivel de Latinoamérica, en 2011, 16 ciudades de 12 países (México, Bolivia, Brasil, Ecuador, Puerto Rico, Uruguay, Colombia, Perú, Chile, El Salvador, Panamá y República Dominicana) midieron concentraciones de PM_{10} , y todas superaron las Guías de Calidad de Aire de la OMS, establecido en $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y, 9 ciudades (Monterrey, Guadalajara, Cochabamba, Santiago, Lima, México D.F., Bogotá, Medellín, Montevideo) excedieron el estándar anual de la UE, establecido en $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (Clean Air Institute, 2013, p.20)

En la ciudad de Lima, las estaciones Lima sur, Lima este, Lima norte y Lima centro, que forman parte de la Red de Monitoreo de Calidad de Aire administrado por la Dirección General de Salud Ambiental-DIGESA, superaron el Estandar de Calidad Ambiental para concentración de PM_{10} , el cual tiene un valor $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, entre los años de 2007 a 2010. (Comité de Gestión "Iniciativa Aire Limpio" , 2010, págs. 26-27)

Además, durante el 2009, las infecciones de vías respiratorias agudas (23.5 %), representaron la principal causa de morbilidad de la consulta externa, de la provincia de Lima, representando casi una cuarta parte de los casos. (Dirección General de Epidemiología, 2011, p.61)

Por otro lado, es bien sabido que las áreas verdes en la ciudad, presentan múltiples beneficios para esta, como es principalmente el control de la contaminación, esto es la disipación de la polución del aire, el amortiguamiento de ruido, protección del agua, la fauna y flora, así como el control de luz solar y artificial. Además de poseer la facultad de regular el clima, modificando la temperatura, el viento, la humedad y evapotranspiración. (López, 2013, p.8)

Por lo tanto, la presente investigación propone determinar la capacidad de adsorción de material particulado por una especie arbórea de la ciudad, con lo cual se busca reducir el alto porcentaje de morbilidad en la ciudad de Lima debido a infecciones respiratorias agudas, ello asociado a la merma del nivel de material particulado presente en el aire.

1.2.2. Formulación del Problema

1.2.2.1. Problema Principal

¿Cuál es la capacidad de adsorción de material particulado de la especie arbórea *Ficus benjamina* en el parque zonal “Mayta Cápac” en el distrito de San Martín de Porres?

1.2.2.2. Problema Secundario

¿De qué manera se determinará la capacidad de adsorción y la composición material particulado de la especie arbórea *Ficus benjamina*?

¿Cómo se calcularán las personas beneficiadas por la descontaminación producida por la capacidad de adsorción de material particulado de la especie *Ficus benjamina*?
¿Cuál es la variación en la concentración de material particulado de las áreas con *Ficus benjamina* frente a las áreas sin plantación de *Ficus benjamina*?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Conocer la capacidad de adsorción de material particulado de la especie arbórea *Ficus benjamina* en el parque zonal “Mayta Cápac” en el distrito de San Martín de Porres, mediante análisis de laboratorio, con la finalidad de contribuir a la toma de decisiones respecto a las medidas para minimizar la contaminación del aire.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Calcular la capacidad de adsorción y composición de material particulado de la especie arbórea *Ficus benjamina*, mediante análisis de laboratorio.
- Estimar las personas beneficiadas de la descontaminación del aire producido por la capacidad de adsorción de material particulado de la especie arbórea *Ficus benjamina*, mediante un cálculo teórico de volumen de aire respirado al día y los Estándares de Calidad Ambiental para PM₁₀.
- Comparar la concentración de material particulado entre las áreas con *Ficus benjamina* y las áreas sin plantación de *Ficus benjamina*, considerando la dirección del viento.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

El conocimiento de la capacidad de adsorción de material particulado de la especie arbórea *Ficus benjamina*, permitirá su sembrío para la disminución de la contaminación del aire.

1.4.2. Hipótesis específicas

- La capacidad de adsorción de material particulado de la especie arbórea *Ficus benjamina* será mayor según sea el follaje de los árboles.
- Las personas beneficiadas de la descontaminación del aire producido por la capacidad de adsorción de material particulado de la especie arbórea *Ficus benjamina* serán más según sea el follaje de los árboles.
- La concentración de material particulado en el área con *Ficus benjamina* será menor que las áreas sin plantación de *Ficus benjamina*, considerando la dirección del viento.

1.5. Variables e indicadores

Las variables dependientes e independientes y los indicadores utilizados para la investigación se presentan en el **Cuadro N° 1**. En el **Anexo N° 1**, se aprecia la matriz de consistencia del trabajo de investigación.

Cuadro N° 1.- Variables e Indicadores

Variables	Dimensión	Indicadores
Dependiente Capacidad de adsorción de material particulado	Capacidad de adsorción árboles según follaje (ralo, intermedio, frondoso)	Peso de Material particulado por árbol al mes (mg/árbol/mes)
Independiente Concentración de Material particulado en hojas de <i>Ficus benjamina</i>	Sólidos en Material particulado	Concentración de Sólidos Totales (mg/L) Concentración de Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)
	Metales en Material particulado	Concentración de Metales: Fe, Al (mg/L)
Dependiente Descontaminación del aire	Personas afectadas por la descontaminación	Cantidad de personas beneficiadas
Independiente Fluidos presentes en el aire	Fluidos que intervienen en la respiración	Volumen de aire respirado (m ³ /día) Concentración de PM 10, permitido por ECA
Dependiente Alteración de la especie <i>Ficus benjamina</i> a la calidad del aire	Alteración de <i>Ficus benjamina</i> a la concentración de material particulado	Relación de proporción en zonas con y sin plantación de <i>Ficus benjamina</i>
Independiente Concentración de material particulado	Partículas sedimentables según área (Con y sin plantación de <i>Ficus benjamina</i>)	Peso de Partículas sedimentables por área al mes (mg/cm ² /mes)

Fuente: Elaboración propia

1.6. Justificación e Importancia

1.6.1. Justificación

El material particulado tiene efectos a la salud en corto y largo plazo, en el primer grupo se tiene la disminución en la función pulmonar, síndrome bronquial obstructivo, interferencia en mecanismos de defensa pulmonar, entre otros; en el

segundo grupo hay efectos como el menor desarrollo de la estructura y función del sistema respiratorio, y el mayor riesgo de cáncer pulmonar en la edad adulta. (D'Amato & Holgate, 2002) (como se citó en Oyarzún, 2010)

La investigación actual permitirá conocer la capacidad de adsorción de material particulado de la especie arbórea *Ficus benjamina* en un parque zonal de San Martín de Porres, así como la composición de material particulado y la cantidad de personas beneficiadas con la limpieza de aire producida. La población colindante al parque zonal “Mayta Cápac”, urbanización “Antares”, sería la principal beneficiada con dicha investigación, así mismo las urbanizaciones “El Pacífico”, “Garagay Alto” y “Garagay Bajo” también sería beneficiadas de acuerdo a su localización geográfica.

La presente tesis tiene como propósito proponer el sembrío de *Ficus benjamina* como solución a la contaminación atmosférica del distrito de San Martín de Porres, debido al alto nivel de material particulado, que ocasiona una alta incidencia de enfermedades respiratorias.

1.6.2. Importancia

El beneficio ambiental de la adsorción de material particulado en las hojas de la especie *Ficus benjamina* es el saneamiento de la calidad de aire; por otro lado el beneficio a la población es la disminución de enfermedades respiratorias, que genera a su vez un beneficio económico por el ahorro de los gastos que dichas enfermedades producen; dichos beneficios tienen una influencia local. Asimismo la investigación buscará estimar el número de personas que son beneficiadas por la descontaminación del aire por dicha especie, así como también el beneficio desde el punto de vista

paisajístico que se lograría, al mejorar las plantaciones de dicha especie como parte del arbolado municipal (en parques zonales, parques vecinales, bermas, entre otros).

El presente trabajo de investigación va dirigido a las autoridades de Lima Metropolitana, el Servicio de Parques de Lima (SERPAR), y especialmente la municipalidad del distrito de San Martín de Porres, debido a que son las autoridades competentes para la planificación y toma de decisiones para la puesta en marcha de proyectos de mejora de la calidad de aire, con el arbolado municipal, ante los problemas ambientales relacionados a la contaminación atmosférica.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO - LEGAL

2.1. Bases Teóricas

2.1.1. Ecosistema Urbano

El ecosistema es un sistema ecológico, una parte de la biosfera formado por un conjunto de especies que interactúan en el seno de una matriz ambiental. Al hablar de ciudad, no es posible seguirla concibiendo desde la dicotomía rural/urbano, como dos entidades completamente separadas, de forma tal que lo rural se asocia con el medio llamado natural o ecosistémico, y cuando se habla de ciudad se piensa en lo artificial. Es muy claro entonces, que son dos realidades íntimamente ligadas, donde se producen entradas y salidas en ambos sentidos. (Valencia M., 2006, p.29)

Parte del ecosistema urbano son las áreas verdes, según Gonzáles (2014) son todos aquellos espacios verdes de libre acceso cualquiera sea su superficie con la condición descripta de que sean públicos.

Son espacios verdes: parques, plazas, plazoletas, jardines públicos y privados, canteros, a menudo con alternancia de césped, árboles y zonas de cultivo de plantas. Muchos de ellos poseen valor histórico; bosques incorporados; zonas agrícolas incorporadas; terrenos deportivos; cementerios; espacios verdes educativos (jardines botánicos o zoológicos); propiedades abandonadas (pueden contener zonas seminaturales) y terrenos baldíos. (Gonzáles, 2014, p.7)

Estas áreas verdes tienen además de un beneficio paisajístico, beneficios ambientales tales como: retener aguas atmosféricas, contribución a la evapotranspiración, filtro contra contaminación, regulador de intercambio de aire, calor y humedad en el entorno urbano. (Gómez, 2005, p.420)

La mejora de la calidad de aire se da con la reducción de algunos contaminantes. Estos reducen cuando las partículas de polvo y humo quedan atrapadas en la vegetación. Asimismo, la vegetación absorben gases tóxicos, especialmente aquellos originados por los escapes de los vehículos y que constituyen una gran parte del denominado smog urbano. Así también, el efecto regulador que la vegetación urbana tiene en el clima de una urbe puede reducir las temperaturas extremas, que aceleran la formación de agentes contaminantes, y las reacciones fotoquímicas tan características de las megaciudades. (Frutos & Esteban, 2009, p.4)

2.1.1.1. Contaminación del ecosistema urbano

Como promedio, según Sadik (como se citó en Maldonado, 2009, p.4), una ciudad con una población de 1 millón de habitantes consume por día 625.000 m³ de agua, 2.000 toneladas de alimentos y 9.500 toneladas de combustible; lo que a su vez genera 500.000 m³ de aguas residuales, 2.000 toneladas de desechos sólidos y 950 toneladas de contaminantes atmosféricos; excluyendo los procesos industriales. Aunque esto está en relación con la cultura y tipo de ciudad.

La población, por ende, contribuye a la contaminación, siendo el crecimiento poblacional un problema sobre el cual los gobiernos deben tomar cartas en el asunto. En el **Cuadro N° 2** presenta algunas ciudades del mundo, su crecimiento poblacional en los años 2000, 2005 y 2010, los datos sobre los contaminantes atmosféricos medidos y los estándares establecidos por la OMS. Asimismo, se han resaltado los valores que sobrepasen los estándares establecidos de color rojo para su mejor identificación.

Cuadro N° 2.- Ciudades del mundo y contaminación del aire

Ciudad	Población (millones) ^a			TSP (µg/m ³) ^b 1999	SO ₂ (µg/m ³) ^b 1998	NO _x (µg/m ³) ^b 1998
	2000	2005	2010			
Shanghái (China)	14.23	16.96	20.22	87	53	73
Mumbai (India)	16.01	16.94	17.92	79	33	39
Pekín (China)	10.3	13.01	16.44	106	90	122
Delhi (India)	12.34	13.91	15.68	187	24	41
Sao Paulo (Brasil)	9.81	10.48	11.15	46	43	83
Tokio (Japón)	8.13	8.49	8.95	43	18	68
Ciudad de México (México)	8.39	8.46	8.56	69	74	130
New York (EE.UU.)	8.01	8.21	8.17	23	26	79
Cairo (Egipto)	7.17	7.67	8.06	178	69	-
Río de Janeiro (Brasil)	5.86	6.09	6.32	40	129	-
Los Ángeles (EE.UU.)	3.69	3.79	3.79	38	9	74
Osaka-Kobe (Japón)	2.6	2.63	2.67	39	19	63
Estándares OMS				90	20	40

Fuente: ^a <http://population.city> ^b Banco mundial

Como análisis del **Cuadro N° 2**, se denota que la mayoría de países con mayor concentración de contaminantes son a la vez los que poseen mayor población. En el caso de las Partículas Suspending Totales (Total Suspended Particles, TSP) se cumple la relación que entre mayor población mayor es la concentración, con la excepción de las ciudades de Pekín, Delhi y Cairo, pero esto debido a nivel de las industrias presentes en dichas ciudades. Los parámetros de Dióxido de azufre (SO₂) y Óxidos de nitrógeno (NO_x) no cumplen una relación tan marcada con respecto a la población debido a que estas tienen otras fuentes, como son las industrias y el parque automotor, asimismo indicar que la mayoría de valores superan los estándares debido

a la antigüedad de los datos y la falta de controles ambientales que existían en ese entonces.

Los otros tipos de contaminación son la hídrica, tanto en los ríos como en los océanos, por vertimientos industriales y domésticos; la relacionada con el ruido, producido por fuentes móviles, los automotores los que más ruido producen en las ciudades; y las fuentes fijas, como fábricas o construcciones; la contaminación visual y finalmente la contaminación por frecuencia de campos electromagnéticos en el ambiente urbano, particularmente los producidos por las antenas para la telefonía celular. (Maldonado, 2009, págs. 5-6)

2.1.1.2. Fuentes de contaminación del ecosistema urbano

Cada uno de los aspectos del ecosistema urbano tiene sus propias fuentes de contaminación.

La contaminación del aire, según Maystre & Spiegel (1998) tiene 3 tipos de fuentes:

- **Fuentes estáticas:** producción agrícola, minería metálica y no metálica, industrias, calefacción en viviendas y edificios, incineradoras de residuos municipales y fangos cloacales, chimeneas, cocinas, servicios de lavandería y plantas de depuración, etc.
- **Fuentes móviles:** vehículos, motocicletas y aviones.
- **Fuentes naturales:** zonas erosionadas, volcanes, focos bacteriológicos, esporas, virus, etc.

En Perú se han identificado las fuentes de contaminación en las Zonas de Atención Primaria, las cuales se presentan en el **Cuadro N° 3**.

Cuadro N° 3.- Principales fuentes de contaminación en las ZAP

N°	Zona de Atención Prioritaria	Principales fuentes de contaminación
1	Arequipa	Ladrilleras, cementeras, parque automotor (vehículos)
2	Cerro de Pasco	Extracción de minerales
3	Chiclayo	Parque automotor (vehículos), industrias (ladrilleras, azucarera, fundiciones) y fuente de área (panaderías, imprentas y carpinterías)
4	Chimbote	Industria pesquera
5	Cuzco	Parque automotor (vehículos), ladrilleras
6	Huancayo	Parque automotor (vehículos)
7	Ilo	Fundición de cobre
8	Iquitos	Generación eléctrica, refinación de petróleo. Parque automotor (motocicletas)
9	La Oroya	Fundición de concentrados de minerales (Plomo, Cobre, Zinc), fuente natural y fuente de área (comercios y servicios)
10	Lima-Callao	Parque automotor (vehículos), industrias
11	Pisco	Industria pesquera
12	Piura	Parque automotor (vehículos)
13	Trujillo	Parque automotor (vehículos), industrias, briquetas de carbón, quema de caña de azúcar, ladrilleras
14	Cajamarca	Parque automotor (vehículos), fuente de área, fuente natural
15	Pucallpa	Aserraderos, carboneras
16	Tacna	Parque automotor (vehículos), ladrilleras
17	Abancay	Fuente natural, fuentes móviles, fuentes de área (servicios y comercios)
18	Ayacucho	Fuente natural, fuentes móviles, fuentes de área (servicios y comercios)
19	Bagua Grande	Aserradoras y cepilladoras, fuentes de área (pollerías, panaderías)
20	Chachapoyas	Aserradoras y cepilladoras, fuentes de área (pollerías, panaderías)
21	Huancavelica	Fuente natural, fuentes móviles, fuentes de área (servicios y comercios)
22	Huánuco	Parque automotor (vehículos), canteras
23	Huaraz	Parque automotor (vehículos), ladrillera
24	Ica	Parque automotor, fuente natural
25	Juliaca	Fuentes naturales, fuentes móviles, ladrilleras y fuentes de área
26	Moyobamba	Fuente natural, fuentes móviles, fuentes de área (servicios y comercios)
27	Moquegua	Parque automotor, fuente natural, fuente de área (panaderías, pollerías)
28	Puerto Maldonado	Fuentes naturales, fuentes móviles, aserraderos y fuentes de área
29	Puno	Fuentes naturales, fuentes móviles y fuentes de área
30	Tarapoto	Fuente natural, fuentes móviles, fuentes de área (servicios y comercios)
31	Tumbes	Cultivo de arroz, fuentes de área (panaderías, pollerías)

Fuente: Ministerio del Ambiente (MINAM, 2015)

Como se observa en el **Cuadro N° 3**, las principales fuentes de contaminación atmosférica son: el parque automotor, fuentes naturales, fuentes móviles, industrias y comercios locales (panaderías, pollerías, servicios y comercios).

La contaminación de aguas tiene como fuente, de acuerdo con Maystre & Spiegel (1998):

- Aguas grises, residuos industriales, residuos sólidos.
- Sedimentos y nutrientes de ríos y escorrentías superficiales.
- Residuos radiactivos, residuos de productos químicos, plaguicidas y herbicidas.

La contaminación de suelos tiene como principal fuente de contaminación a los residuos sólidos, estos según su origen pueden ser domésticos y no domésticos, otras fuentes de contaminación de suelo son los lixiviados (residuos semisólidos), pesticidas, herbicidas, entre otros.

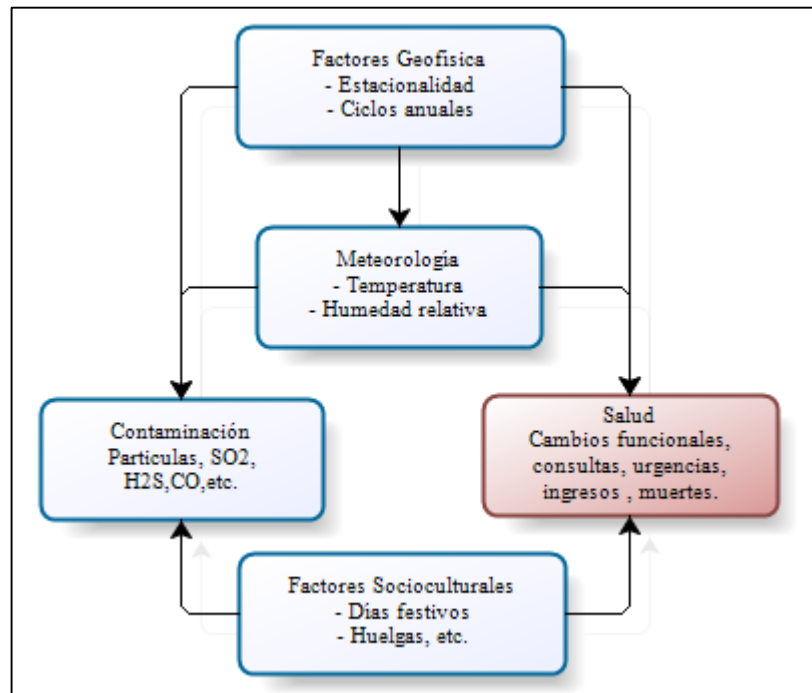
La contaminación del paisaje tiene como principal fuente de contaminación los puntos críticos de contaminación de residuos sólidos, así como todo lo que distorsione la visualización de algún sitio emblemático.

2.1.1.3. Efectos de la contaminación del ecosistema urbano

Los efectos a la salud producidos por la contaminación al sistema urbano tiene varios factores que se interrelacionan entre sí, como son: factores geofísicos, factores socioculturales y meteorología, la interrelación de los mismos se aprecia en el

Gráfico N° 1.

Gráfico N° 1.- Interrelación de factores sobre la salud



Fuente: Ballester, Tenías, & Pérez-Hoyos (1999)

Los principales efectos producto de la contaminación atmosférica son: aumento de mortalidad total y por causas específicas, incremento de la utilización de los servicios sanitarios, ingresos hospitalarios, visitas a urgencias, visitas a consultas médicas, alteraciones de diferentes índices funcionales pulmonares, incremento de los síntomas de enfermedad y del uso de fármacos. (A Committee of the Environmental and Occupational Health Assembly of the American Thoracic Society, 1996) (Como se citó en Ballester, Tenías, & Pérez-Hoyos, 1999, p.6)

Los efectos de la contaminación se pueden diferenciar por la contaminación tipo invierno (*winter smog*) y la contaminación tipo verano (*summer smog*). (Ballester, Tenías, & Pérez-Hoyos, 1999, p.7). La primera tiene relación con la contaminación con Dióxido de azufre (SO₂) y el material particulado, dichos elementos tienen un efecto sinérgico; y la segunda tiene relación con la contaminación por hidrocarburos,

ozono y óxidos de nitrógeno. (Ibid., págs. 7,13). Los efectos de cada uno de estos contaminantes sobre la salud se detalla en el **Cuadro N° 4**.

Cuadro N° 4.- Efectos de los contaminantes atmosféricos sobre la salud

Contaminante	Efecto
Dióxido de azufre	Exposiciones prolongadas al SO ₂ pueden producir deficiencias pulmonares permanentes por la broncoconstricción. Poblaciones vulnerables como personas que sufren asma y bronquitis crónica expuestas a altas concentraciones de SO ₂ durante períodos cortos pueden presentar irritación del tracto respiratorio, reacciones asmáticas, espasmos reflejos, parada respiratoria y congestión en los conductos bronquiales.
Material Particulado	Mortalidad prematura de causa cardiovascular, respiratoria y cáncer pulmonar; y efectos en la morbilidad como incremento de las admisiones hospitalarias por cardiopatía coronaria, insuficiencia cardíaca, asma bronquial, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), efectos sobre el peso al nacer, la tasa de prematuridad, etc.
Dióxido de Nitrógeno	Daña el sistema respiratorio porque es capaz de penetrar las zonas más profundas de los pulmones irritándolos, puede bajar la resistencia a infecciones respiratorias, como la gripe.

Fuente: Ministerio del Ambiente (MINAM, 2015)

2.1.2. Gestión urbanística

La planificación o planeamiento territorial, “constituye la fase de previsión y programación en donde se decide el tipo de ocupación que se dará al territorio y las distintas actividades pertinentes, los ritmos y modos de crecimiento urbano, las actuaciones sobre el casco urbano consolidado y los proyectos concretos a ejecutar sobre zonas precisas de la ciudad y su zona de expansión”. (Bolívar, 2011, p.8) (como se citó en Francia, 2015)

En el Perú no se cuenta con una ley de Ordenamiento Territorial o del suelo, en junio de 2011 se aprobó el Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano (D.S. N° 004-2011-VIVIENDA), el cual establece un periodo de cuatro (04) años para adecuar sus disposiciones en materia de acondicionamiento territorial y desarrollo urbano según el reglamento.

En dicho reglamento, en el Capítulo IV Del Plan de Desarrollo Urbano, indica que dicho plan debe contener la sectorización urbana y la determinación del nivel de servicio, la localización y dimensionamiento de los equipamientos de educación, salud, seguridad, recreación, otros usos y otros servicios complementarios, acorde con los requerimientos actuales y futuros de la población.

Es por ello que es de competencia municipal, la determinación de las recreacionales, que son “áreas que se encuentran ubicadas en zonas urbanas o de expansión urbana destinadas fundamentalmente a la realización de actividades recreativas activas y/o pasivas, tales como: Plazas, Parques, Campos Deportivos, Juegos Infantiles y similares.” (Decreto Supremo N° 004-2011-VIVIENDA, 2011, p.7), por ello la implementación de arbolado urbano forma parte de la gestión urbanística de las municipalidades, comúnmente dirigidos por la Gerencia o Subgerencia de Parques y Jardines de cada municipio o en mayor escala por el Servicio de Parques de Lima (SERPAR).

2.1.3. Índice de Calidad del aire

El Índice de Calidad del Aire (INCA) se basa en los niveles de alerta nacional de contaminantes del aire y valores establecidos por los estándares nacionales de calidad ambiental del aire. El mismo fue aprobado en la R.M. N° 112-2015-MINAM. Los valores se presentan en las **Tablas N° 1, N° 2 y N° 3.**

Tabla N° 1.- Índice de calidad de aire para PM₁₀

Índice de calidad de aire		PM ₁₀	Ecuación simplificada
		µg/m ³	
	0 – 50	0 – 75	$I_{[PM_{10}]} = C_{[PM_{10}]} * 100 / 150$
	51 – 100	76 – 150	
	101 - 167	151 – 250	
	>167	> 250	

Fuente: Resolución Ministerial N° 112-2015-MINAM (2015)

Tabla N° 2.- Índice de calidad de aire para PM_{2.5}

Índice de calidad de aire		PM _{2.5}	Ecuación simplificada
		µg/m ³	
	0 – 50	0 – 12.5	$I_{[PM_{2.5}]} = C_{[PM_{2.5}]} * 100 / 25$
	51 – 100	12.6 – 25	
	101 – 500	25.1 – 125	
	>500	> 125	

Fuente: Resolución Ministerial N° 112-2015-MINAM (2015)

Tabla N° 3.- Tabla de clasificación de la calidad del aire

	Estado de calidad del aire	Riesgo	Recomendaciones
	Buena	La calidad del aire se considera satisfactoria y no representa ningún riesgo.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA. Puede realizar actividades al aire libre.
	Moderada	Las personas de los grupos sensibles (niños, tercera edad, embarazadas, personas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares crónicas) podrían experimentar algunos síntomas respiratorios adversos.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA para aire. Puede realizar actividades al aire libre con ciertas restricciones para los grupos vulnerables.
	Mala	Las personas de los grupos sensibles podrían experimentar daños a la salud. La población en general podría sentirse afectada.	Mantenerse atento a los informes de calidad de aire. Evitar hacer ejercicio y actividades al aire libre.
	Umbral de cuidado	Toda la población puede verse afectada de salud.	Implementar estados de alerta.

Fuente: Resolución Ministerial N° 112-2015-MINAM (2015)

La finalidad del Índice de calidad del aire es establecer recomendaciones según el nivel de riesgo de la calidad del aire, y lograr que el estado de la calidad del aire sea bueno, con el fin de evitar perjuicios en la salud de los pobladores. Los valores que determinan la calidad se muestran en las **Tablas N° 1 y N° 2**, y las recomendaciones derivadas en la **Tabla N° 3**.

2.1.4. Calidad ambiental del aire en Lima

La calidad del aire en Lima Metropolitana está determinada por sus 10 estaciones, en las 4 zonas en las que se divide la ciudad (Norte, Sur, Centro y Este). Todas las estaciones miden los parámetros: PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, SO₂, O₃, CO. El detalle de las estaciones y su ubicación geográfica se presentan en el **Cuadro N° 5**.

Cuadro N° 5.- Estaciones de Calidad de Aire en Lima Metropolitana

Zona	Nombre de Estación	Coordenadas geográficas	
		Latitud (S)	Longitud (W)
Norte	Puente Piedra	-11.85	-77.07
	Carabaylo	-11.90	-77.03
	San Martín de Porres	-12.00	-77.08
Sur	Villa María del Triunfo	-12.1664	-76.92
Centro	Campo de Marte	-12.0705	-77.0432
	San Borja	-12.1086	-77.0078
Este	Ate	-12.0261	-76.9186
	Santa Anita	-12.0433	-76.9714
	Huachipa	-12.02	-76.93
	San Juan de Lurigancho	-11.97	-76.98

Fuente: Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica (2016)

En la Evaluación de la Calidad del Aire en Lima Metropolitana (2015) tras la evaluación de los datos obtenidos de las estaciones de la red de vigilancia de calidad de aire del SENAMHI se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Villa María del Triunfo Puente reportó 65 días que superaron el ECA de PM_{10} durante el 2015; Puente Piedra lo superó 45 días y Ate 12 días, lo que incumple el D.S. N° 074-2001-PCM, que indica que no se debe superar el ECA más de tres veces al año. Puente Piedra y Villa María del Triunfo aumentaron sus días de superación al ECA respecto al año anterior en 125 y 186 %, respectivamente, mientras que Ate y Huachipa disminuyeron en 70 y 63 %, correspondientemente. Es necesario señalar que se presentaron reducciones al 100 % de días de superación al ECA respecto al año anterior en las estaciones de Carabayllo, San Juan de Lurigancho y Santa Anita.
- Se identificó que el 26 de febrero las concentraciones de PM_{10} fueron muy elevadas en varias zonas de Lima, como Ate, que alcanzó los $174.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En la zona norte no se superó el ECA, como en el caso de Carabayllo con $136.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y San Martín de Porres con $88.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tampoco se superó en la zona centro como Jesús María que alcanzó los $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ni en la zona este como Santa Anita con $132.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El 14 de mayo, las concentraciones de Carabayllo alcanzaron los $144 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en Huachipa los $181.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Los estados de la calidad del aire con relación al material particulado menor de 2.5 micrómetros ($PM_{2.5}$) en la zona norte de Lima Metropolitana registraron los siguientes resultados: Puente Piedra presentó 60 % de días malos y 40 % de días moderados, Carabayllo contó con 65 % de días

moderados, 26 % de días malos y 9 % de días buenos, y San Martín de Porres, 73 % de días moderados, 22 % de días buenos y 4 % de días malos.

- Santa Anita, Villa María del Triunfo, San Borja, Ate, San Juan de Lurigancho y Puente Piedra aumentaron sus días de superación del ECA de PM_{2.5} respecto al año anterior en 3420, 570, 244, 161, 15 y 4.4 %, respectivamente, mientras que Huachipa, Carabayllo y San Martín de Porres disminuyeron en 45, 39 y 38 %, correspondientemente.

La legislación actual no considera un límite de mediciones excedidas por año de PM_{2.5} pero a pesar de ello los niveles de superación aumentaron drásticamente respecto a 2014; en el caso del PM₁₀, al existir un límite máximo, se denota que calidad del aire en Lima es mala con respecto a lo indicado en INCA.

2.1.5. Especie elegida para la investigación

2.1.5.1. Descripción técnica de *Ficus benjamina*

Familia: Moraceae

Nombre científico: *Ficus benjamina*

Nombre común: benjamín, higuera de java

Etimología: El nombre proviene del latín *Ficus-i*, nombre clásico de la higuera (*Ficus caricia*) y de su fruto el higo. La terminación *benjamina* procede según algunos autores de la latinización de su nombre popular *banyan*, mientras otros autores afirman que puede proceder de “benzoin” o “benjamín”, nombres dados a una resina aromática obtenida de la corteza de árboles de género *Styrax* (*Styracaceae*), ya que de esta especie de *Ficus* se obtenía una resina similar. (Sánchez de Lorenzo-Cáceres, 2013, p.1)

Procedencia: Nativo de norte de Australia, Bután, Camboya, China, Filipinas, Guinea, India, Laos, Malasia, Nepal, Nueva Zelanda, islas del Pacífico, Tailandia y Vietnam. (Sánchez de Lorenzo-Cáceres, 2013, p.1)

Descripción: Árbol de copa ancha y frondosa, comúnmente con raíces aéreas, pudiendo alcanzar hasta 20 m. de altura. Tronco con corteza lisa, de tonalidad gris blanquecina. Ramas colgantes y verdosas. Estípulas salientes, lanceoladas, membranáceas, glabras o ligeramente puberulentas, de 0.5 – 1.5 cm de largo. Ver **Ilustración N° 1 y N° 2.**

Las hojas subdísticas (dispuesto en dos filas), de consistencia coriácea, con la lámina de ovada a largamente elíptica u oblonga, de 4-8 x 2-4 cm, con la base redondeada a cuneada, con el margen entero y el ápice redondeado pero acabado en una punta caudada de hasta 2.5 cm de longitud. Son de color verde brillante en el haz y más claras en el envés, glabras en ambas superficies; nerviación poco visible, formada por 8-12 pares de nervios laterales muy finos y paralelos. Pecíolo de 1-2 cm de largo, glabro y acanalado. Siconos sésiles, axilares, solitarios o en pares. Receptáculo de subgloboso a elipsoide, a veces algo piriforme, de color púrpura, rojo o amarillo, a veces con puntos blancos, globosos o algo deprimidos, de 0.8-2 cm de diámetro, glabro o diminutamente puberulento, con ostiolo poco elevado de 1.5-2 mm de diámetro. Brácteas basales de unos 3-5 mm de largo, glabras o puberulentas, persistentes. (Sánchez de Lorenzo-Cáceres, 2013, p.1)

Fenología: Produce frutos en verano, los cuales no llegan a ser polinizados. (Sánchez de Lorenzo-Cáceres, 2013, p.1)

Ilustración N° 1.- Hoja de *Ficus benjamina*



Fuente: Sánchez, J. (2013) *Ficha Ficus benjamina*

Ilustración N° 2.- Corteza de *Ficus benjamina*



Fuente: Sánchez, J. (2013) *Ficha Ficus benjamina*.

Cultivos y uso: Es utilizado como planta de interior (ornamental). Tiene un crecimiento rápido y tolera exposiciones soleadas y a media sombra, soporta frío mientras no sea muy intenso. (Sánchez de Lorenzo-Cáceres, 2013, p.2)

Variedades: Según las variaciones en sus hojas pueden ser: “Exótica”, con las hojas de color verde claro; “Starlight”, con las hojas marginadas de blanco-crema; “Golden Princess”, con las hojas verdes claro y verde amarillento; “Monique”, con las hojas verde oscuro con el borde ondulado; “Too little”, con hojas muy pequeñas y rizadas;

“Danielle”, robusto y con hojas de color verde intenso; “Barok”, con las hojas enrolladas de forma curiosa; etc. (Sánchez de Lorenzo-Cáceres, 2013, p.2)

2.2. Definición de Términos Básicos

Adsorción es “la remoción, por adherencia, de las impurezas (líquidos, gases, materia suspendida, coloides, moléculas, átomos e iones disueltos) de la sustancia en la superficie (que incluye los poros o superficie interna) del sorbente.” (Ponce, 2005, p.51)

Área verde es “toda superficie de dominio público y privado relacionado con el área urbana y que está destinada a ser ocupada por diferentes formas vegetales para la generación de las influencias benéficas al habitante urbano.” (Instituto Metropolitano de Planificación, 2010, p.44)

Contaminación ambiental es “la acción y estado que resulta de la introducción por el hombre de contaminantes al ambiente por encima de las cantidades y/o concentraciones máximas permitidas tomando en consideración el carácter acumulativo o sinérgico de los contaminantes en el ambiente.” (Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental, 2012, p.61)

Contaminación del aire es “la presencia habitual, en la atmósfera, de sustancias resultantes de la actividad humana o de procesos naturales, en concentración suficiente, durante un tiempo suficiente y en circunstancias tales como para afectar el confort, la salud o el bienestar de personas, o el medio ambiente.” (Corporación Autónoma Regional del Quindío, 2003, p.9)

Contaminante del aire es aquella “sustancia o elemento que en determinados niveles de concentración en el aire genera riesgos a la salud y al bienestar humano.”

(Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental, 2012, p.61)

Estación meteorológica es “una garita, una especie de jaula de madera blanca situada a 1.5 m del suelo, dentro de la cual se ubican los termómetros, el higrómetro y el evaporímetro.” (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, 2004, p.42)

Humedad relativa es “la cantidad de vapor que contiene el aire, (...) que se expresa en tanto por ciento (%), y se calcula según (...) el contenido de vapor de la masa de aire y la máxima capacidad de almacenamiento de este” (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, 2004, pp.29-30)

Material Particulado es “el conjunto de partículas sólidas y/o líquidas (a excepción del agua pura) presentes en suspensión en la atmósfera (Mészáros, 2011, p.1), que se originan a partir de una gran variedad de fuentes naturales o antropogénicas y poseen un amplio rango de propiedades morfológicas, físicas, químicas y termodinámicas.” (Arciniégas, 2011, p.1)

Presión atmosférica es “la fuerza que ejerce la atmósfera debida a la acción de la gravedad por unidad de superficie. La unidad de medida en el Sistema Internacional es el Pascal (1 Pascal = 1N/m^2).” (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, 2004, p.17)

Temperatura es “una magnitud relacionada con la rapidez del movimiento de las partículas que constituyen la materia. Cuanta mayor agitación presenten éstas, mayor será la temperatura.” (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, 2004, p.12)

Viento es “el movimiento de aire desde una zona hasta otra. (...) normalmente se origina cuando entre dos puntos se establece una cierta diferencia de presión o de temperatura. La unidad de medida de la velocidad del viento es el km/h o el m/s” (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, 2004, pp.20-21)

2.3. Marco legal

2.3.1. Política Nacional del Ambiente

La Política Nacional del Ambiente fue aprobada por DS N° 012-2009-MINAM, el 23 de mayo de 2009, en ella se establecen como objetivo general, en concordancia con la Ley General del Ambiente (Ley N° 28611, 2005):

Mejorar la calidad de vida de las personas, garantizando la existencia de ecosistemas saludables, viables y funcionales en el largo plazo; y el desarrollo sostenible del país, mediante la prevención, protección y recuperación del ambiente y sus componentes, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, de una manera responsable y congruente con el respeto de los derechos fundamentales de la persona. (p.3)

Lo cual tiene concordancia con los 5 objetivos específicos de la política ambiental entre los cuales están: Lograr la conservación y aprovechamiento sostenible del patrimonio natural del país, asegurar una calidad ambiental adecuada para la salud y el desarrollo integral de las personas, consolidar la gobernanza ambiental y el Sistema Nacional de Gestión ambiental a distintos niveles organizacionales, alcanzar un alto grado de conciencia y cultura ambiental en el país y, lograr el desarrollo eco eficiente y competitivo de los sectores público y privado. (Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, 2009, p.9)

Asimismo en el D.S. N° 012-2009-MINAM se especifican los ejes de política, los cuales sirven como lineamientos para el cumplimiento obligatorio orientado a alcanzar los objetivos previamente descritos, los ejes son:

Eje de política 1.- Conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y de la diversidad biológica.

Eje de política 2.- Gestión integral de la calidad ambiental.

Eje de política 3.- Gobernanza ambiental.

Eje de política 4.- Compromisos y oportunidades internacionales.

El cumplimiento de cada uno de los objetivos y lineamientos de los ejes servirán para alcanzar los objetivos generales de la Política Nacional del Ambiente. Cabe resaltar que el objetivo de esta tesis se encuentra amparado dentro del Eje de Política 2, debido a que en dicho eje se trata el control integrado de la contaminación, el cual es el objetivo de la presente investigación.

2.3.2. Plan Nacional de Acción Ambiental (PLANAA) 2011-2021

El PLANAA es un instrumento de planificación ambiental nacional de largo plazo, el cual se formula a partir de un diagnóstico situacional ambiental y de la gestión de los recursos naturales, así como de las potencialidades del país para el aprovechamiento y uso sostenible de dichos recursos; del mismo modo, se basa en el marco legal e institucional del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. (Plan Nacional de Acción Ambiental 2011-2021, 2011, p.8)

La finalidad del PLANAA es proveer las estrategias necesarias para cumplir las metas en temas ambientales al 2021, las mismas se presentan en el **Cuadro N° 6**.

Cuadro N° 6.- Metas prioritarias al 2021 y acciones estratégicas

Aspecto	Meta	Acción estratégica
Agua	100 % de aguas residuales domésticas urbanas son tratadas y el 50 % de éstas, son reusadas	Asegurar la cobertura total del tratamiento y reuso de las aguas residuales en el ámbito urbano y ampliar su cobertura en el ámbito rural.
		Asegurar el control de vertimientos hacia los cuerpos de agua.
		Gestionar de manera integrada las cuencas, con enfoque ecosistémico, considerando el manejo sostenible de los recursos hídricos y priorizando la conservación de las cabeceras de cuenca.
		Mejorar la disponibilidad y utilización del agua priorizando su uso adecuado en el Sector Agrario.
Residuos Sólidos	100 % de residuos sólidos del ámbito municipal son manejados, reaprovechados y dispuestos adecuadamente.	Asegurar el tratamiento y disposición final adecuados, de los residuos sólidos del ámbito municipal.
		Minimizar la generación, mejorar la segregación, recolección selectiva y reciclaje de residuos sólidos del ámbito municipal.
		Reducir la generación de residuos peligrosos del ámbito no municipal, mejorar su tratamiento y disposición final.
		Incrementar el reaprovechamiento y disposición adecuada de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.
Aire	100 % de las ciudades priorizadas implementan sus planes de acción para la mejora de la calidad del aire y cumplen los ECA para Aire.	Prevenir y controlar la contaminación atmosférica.
		Mejorar los mecanismos de prevención y control del ruido urbano.
		Ampliación de la cobertura de áreas verdes en ambientes urbanos.
Bosques y cambio climático	Reducción a cero de la tasa de deforestación en 54 millones de hectáreas de bosques primarios bajo diversas categorías de ordenamiento territorial contribuyendo, conjuntamente con otras iniciativas, a reducir el 47.5 % de emisiones de GEI en el país, generados por el cambio de uso de la tierra; así como a disminuir la vulnerabilidad frente al cambio climático.	Reducir la tasa de deforestación de bosques primarios, impulsando su conservación y aprovechamiento sostenible.
		Impulsar la forestación y reforestación a nivel nacional como un medio para mejorar, aplicar o crear la provisión de servicios ambientales.
		Impulsar un crecimiento económico con menor intensidad de emisiones de GEI. Economía baja en Carbono.
		Estimar y reducir la vulnerabilidad frente al cambio climático.
		Desarrollar e implementar Estrategias Regionales y Locales de Adaptación y Mitigación frente al cambio climático.
		Reducir la degradación de la tierra y los suelos, así como incrementar la capacidad de mitigación de los efectos de la sequía.
		Fortalecer el sistema de vigilancia y predicción de fenómenos climáticos de origen natural y antrópico.
		Gestionar el riesgo de desastres e incorporarlo en el sistema de planificación y presupuesto a nivel nacional, regional y local.
Diversidad biológica	Conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad de ecosistemas, especies y recursos genéticos del país; incrementando en 80% la superficie de producción orgánica; en 70 % el valor de las exportaciones de productos del biocomercio, en 50 % las inversiones en ecomercios y en 100 % el valor de los bienes y/o servicios de Áreas Naturales Protegidas – ANP.	Fortalecer la conservación, el aprovechamiento sostenible y la recuperación de los ecosistemas del país.
		Identificar y consolidar Zonas de Agrobiodiversidad.
		Identificar y establecer zonas de elevada concentración de diversidad biológica (centro de origen y/o diversificación) para la gestión adecuada de la bioseguridad de la Biotecnología Moderna.
		Desarrollar actividades sostenibles en los ecosistemas amazónicos con escasa o poca intervención y en los ecosistemas transformados.
		Apoyar las iniciativas de conservación, manejo y aprovechamiento de recursos naturales en áreas de las comunidades nativas y asentamientos humanos rurales.

Viene II...

Aspecto	Meta	Acción estratégica
Diversidad biológica	Conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad de ecosistemas, especies y recursos genéticos del país; incrementando en 80% la superficie de producción orgánica; en 70 % el valor de las exportaciones de productos del biocomercio, en 50 % las inversiones en ecomercios y en 100 % el valor de los bienes y/o servicios de Áreas Naturales Protegidas – ANP.	Aprovechar de manera sostenible y conservar la flora y fauna silvestre.
		Impulsar la pesca responsable contribuyendo a la conservación de los ecosistemas marino-costeros.
		Impulsar la acuicultura sostenible para contribuir a la conservación de los recursos hidrobiológicos y al desarrollo económico del país.
		Elaborar y consolidar el inventario y registro de la diversidad genética del país.
		Incrementar el aprovechamiento de los recursos genéticos nativos y naturalizados del país reconociendo el conocimiento tradicional asociado a ellos.
		Fortalecer y desarrollar el sistema normativo de bioseguridad.
		Conformar cadenas productivas y de servicios ambientalmente competitivas y eficientes, facilitando la exportación e incorporando los principios de biocomercio y la responsabilidad social, en un contexto de economía verde.
		Incrementar las líneas del biocomercio en la economía nacional.
		Evidenciar e incorporar el valor de los servicios ambientales en la economía nacional.
		Fortalecer la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, así como la contribución a la economía nacional del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SINANPE).
Fortalecer la producción orgánica o ecológica que contribuya a la conservación de los recursos naturales y al desarrollo económico del país.		
Minería y energía	100 % de la pequeña minería y minería artesanal implementa y/o dispone de instrumentos de gestión ambiental; y 100 % de las grandes y medianas empresas mineras y energéticas mejoran su desempeño ambiental.	Mejorar la gestión ambiental de la pequeña minería y minería artesanal, contribuyendo a su formalización y control efectivo.
		Mejorar los niveles de desempeño ambiental y social de las empresas mineras y energéticas.
		Gestionar los recursos naturales renovables.
Gobernanza ambiental	100 % de entidades del Sistema Nacional de Gestión Ambiental implementan la Política Nacional del Ambiente y los instrumentos de gestión ambiental.	Consolidar el Sistema Nacional de Gestión Ambiental (SNGA).
		Implementar la ecoeficiencia en el sector público y promoverla en el sector privado.
		Consolidar el funcionamiento del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).
		Consolidar el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA), brindando el acceso libre y efectivo a la información.
		Fortalecer el ejercicio de la fiscalización ambiental y los mecanismos de participación.
		Fortalecer la aplicación del enfoque ambiental en las instituciones educativas, en el marco de la educación para el desarrollo sostenible.
		Generar oportunidades de participación ciudadana en la gestión ambiental.
		Generar oportunidades de inclusión social de las comunidades nativas y campesinas con un enfoque de interculturalidad y de género en la gestión ambiental.

Van...II

Viene II...

Aspecto	Meta	Acción estratégica
Gobernanza ambiental	100 % de entidades del Sistema Nacional de Gestión Ambiental implementan la Política Nacional del Ambiente y los instrumentos de gestión ambiental.	Incorporar criterios ambientales en el marco regulatorio de la actividad económica.
		Inventariar, evaluar y valorar el patrimonio natural para su conservación, gestión sostenible y articulación en las Cuentas Nacionales.
		Implementar el Ordenamiento Territorial – OT sobre la base de la zonificación ecológica y económica, como soporte para la ocupación ordenada del territorio y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.
		Desarrollar la investigación ambiental en temas prioritarios.
		Ampliar la capacidad del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP como soporte al desarrollo sostenible de la Amazonia.
		Mejorar la capacidad de negociación internacional del Estado para posicionar los intereses nacionales en materia ambiental.
		Asegurar el cumplimiento de los compromisos ambientales derivados de los tratados internacionales, aprovechando los mecanismos que generan para su implementación.
		Concertar, formular e implementar la Estrategia Nacional de Remediación de Pasivos Ambientales.
		Reducir y controlar los riesgos ambientales en el ciclo de vida de las sustancias químicas (SSQQ) y los materiales peligrosos.
		Desarrollar investigación para la mitigación y adaptación al cambio climático, considerando la variabilidad climática.
		Desarrollar investigación orientada a la gestión de riesgos ante peligros naturales y antrópicos.
		Gestionar de manera integrada las zonas marino – costeros.

Fuente: Plan Nacional de Acción Ambiental 2011-2021 (2011) págs. 51-77

Las estrategias y metas propuestas anteriormente fueron aprobadas por D.S. N° 014-2011-MINAM, el 14 de julio de 2011. Cabe resaltar que la presente tesis de investigación concuerda con la acción estratégica 3, del aspecto Aire, el cual es “Ampliación de la cobertura de áreas verdes en ambientes urbanos”.

2.3.3. Plan Integral de Saneamiento Atmosférico (PISA)

El Plan Integral de Saneamiento Atmosférico Lima Callao (2010) tiene como visión:

Lograr que la calidad de aire en el Área Metropolitana Lima-Callao, presente niveles aceptables de concentraciones de contaminantes, con el fin de preservar la salud de la población, contando para ello con programas de vigilancia de la calidad del aire, fiscalización y control de fuentes contaminantes y de vigilancia epidemiológica, así como con los debidos recursos económicos para su operación y mantenimiento, y con una población sensibilizada y consciente de los efectos que los contaminantes del aire originan a su salud y economía.(p.60)

Así pues su objetivo general y objetivos específicos están enfocados en cumplir su visión, es por ello que mediante programas pretende dentro de su alcance, toda la cuenca atmosférica Lima-Callao, cumplir con sus objetivos. PISA ha tenido dos versiones, la primera de 2005 a 2010, a partir del cual se plantearon nuevos objetivos y metas para la segunda versión 2011 a 2015. En el **Cuadro N° 7** se plantean los programas, metas y medidas elaborados en el II PISA.

Cuadro N° 7.- Programas, metas y medidas propuestas en PISA Lima-Callao 2010-2015

Programa	Meta al 2015	Medida
Acción inmediata de detención y reversión de la contaminación atmosférica por PM ₁₀ y PM _{2.5}	Modernizar el parque automotor Lima-Callao	Prohibir el ingreso de vehículos de segundo uso a parque automotor.
		Disminuir el arancel de importación de vehículos nuevos.
		Disminuir el Impuesto al Patrimonio Vehicular.
		Generar y aplicar un Impuesto a la antigüedad Vehicular.
		Implementación del Programa de renovación del Parque automotor.
		Promover el otorgamiento de Bonos de chatarreo para vehículos de Transporte Público.
	Mejora de la calidad de combustibles	Desarrollar instrumentos económicos y financieros que permitan el uso de GNV y GLP principalmente en vehículos de transporte público.
		Disminución del contenido de azufre en combustible industrial y en la gasolina.
		Fiscalización de la venta de combustibles de baja concentración de azufre en Lima y Callao.
		Promover el cambio de uso de combustibles a nivel industrial.
	Establecer Normas que Limiten la emisión de contaminantes	Generar mecanismos de regulación de emisiones a actividades que tengan alta responsabilidad en la emisión de PM ₁₀ , PM _{2.5} , SO ₂ y NO _x .
		Establecer impuestos a las emisiones de contaminantes al aire.
	Reducir la emisión de contaminantes al parque automotor	Fiscalización de los Centros de Inspección Técnica Vehicular
		Control de emisiones vehiculares en vías públicas.
		Diseño del sistema de adjudicación de rutas de transporte público para Lima y Callao que incluya variables económicas, sociales y ambientales.
	Reducción de la emisión de Contaminantes al aire por fuentes fijas	Limitar el uso de Tecnologías de Producción obsoletas y agresivas al ambiente.
		Desarrollar Instrumentos económicos y financieros que permita la renovación tecnológica.
		Implementación de equipos de control de la contaminación atmosférica en industrias o actividades económicas localizadas en Zonas de Alta Contaminación.
Fiscalización de Fuentes Macroemisoras de PM ₁₀ , PM _{2.5} , SO ₂ y NO _x .		
Prevención y control de la contaminación del aire	Establecer Normas que limiten las emisiones de contaminantes del aire	Establecer mecanismos de regulación de emisiones a actividades que contribuyan significativamente en la emisión de contaminantes regulados por los ECAs aire.
		Elaboración de normas técnicas para establecer los procedimientos de la certificación de métodos de muestreo de la calidad del aire y de emisión de contaminantes.
	Promover el uso de vehículos de transporte limpios y eficientes	Promover el uso de transporte vehicular no motorizado.
		Promover la demanda de vehículos con motor eléctrico.
	Desarrollar e implementar el Sistema de Vigilancia y pronóstico de Calidad de aire en Lima-Callao	Identificaciones de redes existentes en Lima-Callao.
		Desarrollo y armonización de redes.
		Diseño e implementación de sistema de pronóstico de calidad de aire.

Viene II...

Programa	Meta al 2015	Medida	
Prevención y control de la contaminación del aire	Desarrollar e Implementar el Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Enfermedades causadas por la Contaminación del Aire	Identificación de enfermedades notificantes.	
		Desarrollar protocolos de identificación.	
		Financiamiento de sistema.	
	Desarrollar e Implementar el Sistema de Fiscalización Ambiental de nivel Metropolitano	Diseñar el Sistema de Fiscalización Ambiental de nivel Metropolitano.	
		Promover la implementación del Sistema de Fiscalización Ambiental de nivel Metropolitano.	
	Desarrollar e Implementar el Sistema de Información Ambiental Metropolitano	Desarrollar e Implementar el Sistema de Información Ambiental Metropolitano.	
	Fortalecer las capacidades locales de los responsables de la gestión de la calidad del aire		Promover el dictado de diplomados de Gestión de la Calidad del aire en las universidades.
			Desarrollar cursos sobre Gestión de la Calidad del aire.
			Desarrollar cursos sobre Monitoreo de la Calidad del aire.
			Desarrollar cursos para implementación del Inventario Nacional de Emisiones.
			Desarrollar cursos de epidemiología vinculada a la contaminación del aire.
			Desarrollar cursos de inventarios y modelos de dispersión de contaminantes.
	Desarrollar e implementar programas de sensibilización a la población respecto a la problemática de la calidad del aire Lima-Callao		Realizar campañas específicas.
			Realizar eventos que le den relevancia al tema.
			Desarrollar publicaciones.
Mantener la página web del Comité de Gestión Aire limpio actualizada			
Investigación de la contaminación del aire	Promover la implementación del Centro de Investigación en Calidad de aire (CICA)	Desarrollo de la norma que regule el CICA.	
		Convenio de Cooperación con universidades nacionales.	
		Financiamiento e implementación del CICA.	
		Promover la implementación del CICA.	
	Promover el desarrollo de investigaciones que permita contar con información relacionada a la atmósfera en Lima-Callao, así como el impacto en la salud y el ambiente.		Identificación de necesidades de investigación.
			Promover financiamiento de proyectos.

Fuente: Comité de Gestión "Iniciativa Aire Limpio" (2010) págs. 65-71

La presente tesis forma parte de la tercera estrategia que es la “Investigación de la contaminación del aire”, enfocado sobretodo en medidas de mitigación, como es la disminución de las Partículas sedimentables mediante la plantación de *Ficus benjamina*.

2.3.4. Ministerio del Ambiente

El Ministerio del Ambiente del Perú fue creado el 13 de mayo de 2008 mediante Decreto Legislativo N° 1013, tiene como función general es diseñar, establecer, ejecutar y supervisar la política nacional y sectorial ambiental, asumiendo la rectoría con respecto a ella.

2.3.4.1. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire

El 22 de junio de 2001 se aprobó el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, cuya norma tiene como objetivo principal la protección de la salud de las personas. El Decreto Supremo N° 074-2001-PCM establecía los valores máximos permisibles de 7 contaminantes atmosféricos: Dióxido de azufre (SO₂), Material Particulado menor a 10 micras (PM₁₀), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrógeno (NO₂), Ozono (O₃), Plomo (Pb) y Sulfuro de Hidrogeno (H₂S). El 22 de agosto de 2008 se aprobaron los Estándares de Calidad Ambiental para aire, mediante el D.S. N° 003-2008-MINAM. Los valores establecidos entraban en vigencia reemplazando los anteriores establecidos para los siguientes parámetros: Dióxido de azufre (SO₂), Benceno, Hidrocarburos Totales (HT) expresado como hexano, Material particulado menor a 2.5 micras (PM_{2.5}) e Hidrógeno Sulfurado (H₂S). El miércoles 7 de junio de 2017 se aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire según D.S. N° 003-2017-MINAM, que establece los nuevos valores según se observa en el **Cuadro N° 8**.

Cuadro N° 8.- Estándares de Calidad Ambiental para Aire - Perú

Parámetros	Período	Valor (µg/m³)	Criterios de evaluación	Método de análisis
Benceno (C ₆ H ₆)	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO ₂)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia
	Anual	100	Media aritmética anual	
Material Particulado menor a 2.5 micras (PM _{2.5})	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado menor a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración
	1 hora	50	Media aritmética anual	
Mercurio Gaseoso Total (Hg)	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) - Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) - Espectrometría de absorción atómica Zeeman
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30,000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR)
	8 horas	10,000	Media aritmética móvil	
Ozono (O ₃)	8 horas	100	Media aritmética móvil	Fotometría de absorción ultravioleta
Plomo (Pb) en PM ₁₀	Mensual	1.5	NE más de 4 veces al año	Método para PM ₁₀ (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0.5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta

NE: No exceder

Fuente: Decreto Supremo N° 003-2917-MINAM (2017) p.4

Los valores expuestos en el cuadro anterior son los que se encuentran en vigencia y por lo tanto derogan a los establecidos tanto en el D.S. N° 074-2001-PCM como en el D.S. N° 003-2008-MINAM.

CAPÍTULO III: MATERIALES, EQUIPOS Y MÉTODOS

3.1. Materiales y Equipos

3.1.1. Materiales de escritorio y equipos

- Laptop para elaboración de documentos: *Lenovo, Procesador Intel Core I5, HD de 1TB, Memoria RAM 6GB.*
- Software para procesamiento de información y elaboración de tesis: *Microsoft Office 2010 (Excel y Word).*
- Software para elaboración de planos: *ArcGIS 10.1 y AutoCAD 2016.*
- Útiles y materiales de escritorio: lápices, lapiceros, plumones indelebles, libreta de campo, hojas bond, etc.
- Impresora HP Deskjet 2545, empleada para la impresión de documentos entregables del presente trabajo de investigación.
- Plano Urbano Topográfico (1:5,000) Hoja 22-d, utilizado como referencia de la ubicación del Parque zonal “Mayta Cápac” y alrededores.
- Hojas milimetradas.

3.1.2. Materiales de campo

- Celular Huawei *Y6 II*, usada para el registro fotográfico de los procedimientos de campo.
- Imagen satelital para ubicación dentro del parque zonal “Mayta Cápac” (Fuente Google Earth).
- Navegador GPS para ubicación de puntos en campo: *Garmin Etrex 10.*
- Cinta métrica.
- Bolsas de polipropileno de 10 x 6 cm.
- Libreta de notas.

- Malla de mosquitero verde Hyde Tools.
- Placa de vidrio de 10 x 10 cm.
- Wincha de 3 metros.
- Clinómetro.
- Balde plástico 13 L.
- Tablero de apuntes.
- Soporte para placas receptoras.

3.1.3. Materiales y equipos de laboratorio

Para pesaje de placas de vidrio

- Balanza analítica *BAMERSAC AS220/C/2*, empleada para el pesaje de las placas de vidrio pre y post exposición de las partículas sedimentables.

Para preparación de muestra para análisis en laboratorio acreditado

- Piseta.
- Agua destilada.
- Vaso precipitado.

3.2. Métodos

3.2.1. Diseño y tipo de investigación

- **Tipo: prospectiva**, porque se utilizan datos producto de las mediciones hechas por el investigador, y **transversal**, ya que si bien las mediciones se realizarán varias mediciones se tomará como un solo valor promedio.
- **Diseño: no experimental**, puesto que no se manipularon las variables de estudio.
- **Nivel: descriptivo**, ya que se describen fenómenos en una circunstancia temporal-espacial determinada.

3.2.2. Población

Todos los individuos de la especie *Ficus benjamina* presentes en el parque zonal “Mayta Cápac”.

3.2.3. Muestra

El tipo de muestreo será **no probabilístico**, debido a que los puntos de muestreo fueron seleccionados por el investigador.

3.2.4. Unidad de análisis

La unidad de análisis es la capacidad de adsorción de material particulado de la especie *Ficus benjamina*.

3.2.5. Delimitación temporal

El periodo de investigación comprende seis (06) meses, comprendidos entre julio y diciembre de 2017. El muestreo se realizará durante el mes de noviembre de 2017, teniendo una duración de 30 días.

3.2.6. Delimitación espacial

La investigación se realizó en el parque zonal “Mayta Cápac”, ubicado en la av. Angélica Gamarra cuadra 22 S/N, distrito de San Martín de Porres, provincia y departamento de Lima, a una altura de 54 m.s.n.m.

3.3. Procedimiento

3.3.1. Etapa de pre campo

- **Selección del área de estudio:** Los criterios de selección del área de estudio fueron: Extensión (59,776.8 m²), superficies sin cobertura vegetal y con cobertura de *Ficus benjamina*. Esto hizo posible la comparación de concentraciones de Material particulado entre distintas superficies; para así

determinar el impacto que tiene el tipo de cobertura en la concentración de este contaminante.

- **Selección de especie:** La especie arbórea *Ficus benjamina* fue seleccionada debido a que es frecuentemente usada en las áreas verdes del distrito de San Martín de Porres.

3.3.2. Etapa de campo

- **Captura de hojas**

Preparación de trampas: Las trampas serán elaboradas con malla mosquitero y alambre recocido, en forma de hamaca. Las trampas tendrán una dimensión de 1 m.x1 m., de acuerdo al tamaño de la especie seleccionada para la evaluación.

Instalación y colecta de hojas: Se colocará una trampa en cada árbol-muestra a una altura media, según la altura de los árboles, para tratar así de evitar alteraciones en las muestras por acciones vandálicas. Dichas trampas serán recogidas cada 10 días durante el periodo de evaluación.

Corte de ramas: Se realizará el corte de una rama para obtener las muestras que serán analizadas. Las hojas se depositarán en bolsas de polipropileno herméticamente cerradas y con su respectivo código.

- **Instalación en placas receptoras**

Preparación de placas: Se realizará una limpieza previa a las placas, luego se administrará la vaselina (agente adherente, en donde quedarán atrapadas las partículas sedimentables, la descripción técnica se encuentra en el **Anexo N° 2**) de tal manera que esta cubra toda la placa, pero sin exceso.

Consecutivamente se realizará la identificación y pesado inicial de las placas receptoras en la balanza analítica.

Transporte de placas: El transporte de las placas del laboratorio al área de estudio u viceversa se hará en una porta placas hermético.

Instalación de placas: Se utilizarán 18 placas de vidrio (10 cm x 10 cm), 3 para cada parante (altura de 0.30 m, 0.95 m y 1.60 m.), los mismos cuentan con cubierta cada una para evitar la pérdida de muestra por lluvias u otros factores externos.

Ubicación y tiempo de exposición: Se colocarán 3 parantes en la zona con vegetación de *Ficus benjamina* y 3 para la zona control (sin cobertura de *Ficus benjamina*). El tiempo de exposición será de 30 días. La distribución de los parantes se observa en el **Mapa N° 3** Estaciones de monitoreo de Partículas Sedimentables.

- **Caracterización de árboles**

Medición de área sombra de los árboles: Se tomarán lecturas de diámetro mayor y menor, de forma perpendicular una de otra, con wincha, considerando la proyección de la sombra de la copa. Se tendrá consideración que la wincha se encuentre lo más próxima posible al fuste del árbol.

Medición de la altura de los árboles: Se realiza la medición a una distancia del árbol de entre 1 a 1.5 veces la altura del mismo. Una vez medida la distancia entre el árbol y el punto de medición, se mira la cima del árbol, con la ayuda del clinómetro, para medir el "ángulo de elevación" entre el árbol y el suelo. Una vez hallado el ángulo de elevación se realiza el cálculo matemático para determinar la altura del árbol:

Ecuación N° 1.- Medición de altura de árboles

$$h_{\text{árbol}} = \tan \theta * d + h_{\text{clinómetro}}$$

Dónde:

$h_{\text{árbol}}$: Altura del árbol

θ : Ángulo de elevación

d : Distancia entre el punto de medición con el árbol

$h_{\text{clinómetro}}$: Altura del clinómetro al momento de la medición

- **Medición del tiempo de vida de las hojas**

Se elegirán dos hojas en brote de diferentes partes de cada uno de los árboles – muestra de la especie evaluada, y se marcarán con una cinta celeste en la base para su identificación.

La verificación se dará a la semana de puesta la marca, reduciendo el intervalo de tiempo entre verificaciones conforme se observa el crecimiento y maduración de las hojas, en la etapa final se hará la verificación diaria, hasta no encontrar las hojas, entendiéndose que la misma cayó en forma natural y por consiguiente se dará por terminada la evaluación.

Este proceso se realizará en forma paralela al análisis de adsorción de material particulado.

- **Medición de número de hojas**

Para determinar el número de hojas totales, se usará el balde de 0.013 m³, el cual se introducirá en la copa para así contar el número de hojas que cupiera dentro de este, sin necesidad de extraerlas.

El registro fotográfico del procedimiento de campo se encuentra en el **Anexo N° 3**.

3.3.3. Etapa de laboratorio

- **Preparación de muestras para análisis de laboratorio**

1. Escoger 50 hojas de *Ficus benjamina*.
2. Medir 500 ml de agua destilada en vaso precipitado.
3. Lavar las 50 hojas de *Ficus benjamina* en los 500 ml de agua destilada previamente medidos.
4. Retirar las hojas de *Ficus benjamina*.
5. Verter el agua producto del lavado en los frascos indicados para su análisis de laboratorio.

El registro fotográfico del procedimiento se encuentra en el **Anexo N° 4**.

3.3.4. Etapa de gabinete

- **Determinación de área foliar**

Para el cálculo del área mediante hojas milimetradas se dibujará las siluetas de las hojas en un papel milimetrado (Ver **Anexo N° 10**). Se realizará para todas las hojas seleccionadas de las trampas y puestas en observación. El área se determinará por el conteo de cuadrados en las hojas milimetradas, con un total de 2 repeticiones por cada uno.

- **Determinación de volumen de copa**

Determinar área de copa: Según los datos de diámetro mayor y menor, medidos en campo, se proyectará la figura geométrica más adecuada, en un papel milimetrado y se hallará el área de la copa por el método de conteo de cuadrículas.

Cálculo de volumen de copa: el volumen de la copa se determina de forma directa por multiplicación del área de la copa y la altura de la misma.

- **Cálculo de material particulado en placas receptoras**

Para la determinación de la concentración se realizará la siguiente operación:

Ecuación N° 2.- Cálculo de material particulado en placas receptoras

$$C = \frac{(W_{final} - W_{inicial})}{S_{placa}} * \text{Días de exposición}$$

Dónde:

C: Concentración de Partículas Sedimentables (mg/cm² x 30 días)

W: Peso de placa (mg)

S_{placa}: Área de placa (cm²)

CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. Datos generales

4.1.1. Ubicación Geográfica

La ubicación y distribución del Parque zonal “Mayta Cápac” se puede apreciar en el **Mapa N° 1** Ubicación del área de estudio y **Mapa N° 2** Distribución. Las coordenadas, tanto UTM y geográficas, se presentan en el **Cuadro N° 9**:

Cuadro N° 9.- Coordenadas del parque zonal “Mayta Cápac”

Vértice	Coordenadas UTM Datum WGS 84 Zona 18S		Coordenadas Geográficas	
	Este (X)	Norte (Y)	Longitud (W)	Latitud (S)
A	272,735.33	8 671,513.67	77°05'14.48”	12°00'34.92”
B	272,770.96	8 671,557.62	77°05'13.27”	12°00'33.42”
C	272,806.59	8 671,558.80	77°05'12.03”	12°00'33.50”
D	272,858.85	8 671,598.00	77°05'10.29”	12°00'32.13”
E	272,857.66	8 671,638.38	77°05'10.24”	12°00'30.78”
F	272,979.99	8 671,733.39	77°05'06.21”	12°00'27.83”
G	273,072.63	8 671,593.25	77°05'03.24”	12°00'32.31”
H	272,791.15	8 671,354.53	77°05'12.66”	12°00'40.13”
I	272,753.15	8 671,339.09	77°05'13.85”	12°00'40.45”

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Ubicación Política

La presente investigación se realizó en el Parque Zonal “Mayta Cápac” ubicado en:

- **Distrito:** San Martín de Porres
- **Región:** Lima
- **Provincia:** Lima.

4.1.3. Datos generales del distrito de San Martín de Porres

- **Ley de creación:** N° 11369
- **Fecha de creación:** 22 de mayo de 1950
- **Altura media:** 123 m.s.n.m.
- **Superficie:** 36.91 km²
- **Densidad poblacional:** 18'969.87 hab/km²

De acuerdo con Instituto Nacional de Estadística e informática (INEI, 2017) la población del distrito en el año 2015 fue de 700'178 hab. La proyección de la población anual del distrito de San Martín de Porres del año 2000 al año 2015, en el

Cuadro N° 10.

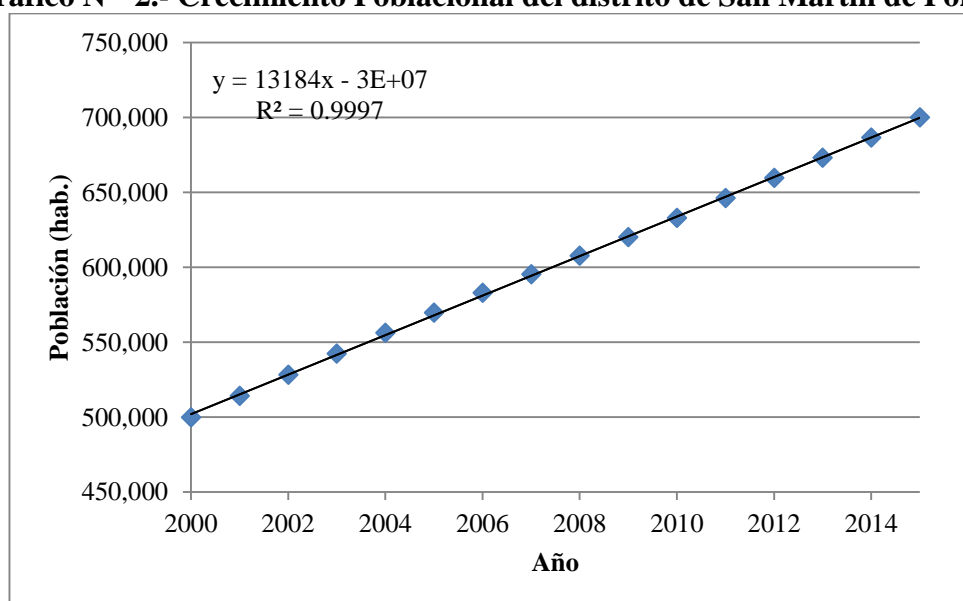
Cuadro N° 10.- Proyección de la población del distrito de San Martín de Porres

Año	Población (hab.)
2000	499,835
2001	514,168
2002	528,371
2003	542,406
2004	556,237
2005	569,815
2006	582,902
2007	595,471
2008	607,795
2009	620,193
2010	632,974
2011	646,191
2012	659,612
2013	673,149
2014	686,702
2015	700,178

Fuente: INEI

La ecuación de crecimiento de la población se presenta en la **Gráfico N° 2**.

Gráfico N° 2.- Crecimiento Poblacional del distrito de San Martín de Porres



Fuente: Elaboración Propia

4.1.4. Áreas verdes del distrito de San Martín de Porres

Según el Registro Nacional de Municipalidades, en el año 2012, el distrito de San Martín de Porres, tiene un total de 2'010,716 m² áreas verdes, que representa un 6.5% del total de la provincia de Lima, de los cuales el 73 % está destinado a parques y 27 % restante a bermas. Se especifican en el **Cuadro N° 11**.

Cuadro N° 11.- Áreas verdes en el distrito de San Martín de Porres

	Total (m ²)	Tipo de área verde (m ²)				
		Plazas	Parques	Jardines y Óvalos	Bermas	Alamedas
Lima	30'821,065	634,060	16'724,686	3'329,468	9'253,462	879,389
San Martín de Porres	2'010,761	-	1'464,706	-	546,055	-

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (2012)

4.1.5. Límites del distrito

La situación limítrofe del distrito es la siguiente:

- **Norte:** Ventanilla, Puente Piedra y Los Olivos

- **Sur:** Lima Cercado y Carmen de la Legua – Reynoso
- **Este:** Comas, Rímac e Independencia
- **Oeste:** Provincia Constitucional del Callao

4.2. Clima y meteorología

Según la Municipalidad de San Martín de Porres (2011) el clima del distrito tiene análogas características que el de Lima Metropolitana, o sea, un clima templado y húmedo. La temperatura promedio anual es de 18,5 a 19°C (máximo estival anual: 29°C). Las estaciones de primavera y otoño (segunda mitad de septiembre, octubre y mayo) presentan temperaturas templadas entre 17° y 23°C. La estación de invierno (junio – primera mitad de septiembre) presenta temperaturas entre 19 y 12°C. La estación de verano (diciembre – abril) presenta temperaturas entre 28 y 21°C. (p.122)

4.3. Hidrología

El distrito de San Martín de Porres está ubicado en el margen derecho del río Rímac y en la margen izquierda del río Chillón, por ende, forma parte de la cuenca del río Rímac. (Municipalidad de San Martín de Porres, 2011, p.123)

4.4. Aguas subterráneas

La napa freática del distrito de San Martín de Porres se encuentra a 30 m. La napa se recarga con las lluvias y el agua de los ríos Rímac y Chillón. (SEDAPAL/SUNASS, 2007)

4.5. Aspecto biológico

La vegetación en el distrito de San Martín de Porres está relacionada directamente con las áreas verdes. Las especies encontradas son de tipo arbustiva y arbórea típicas en la ciudad de Lima como *Delonix regia*, *Ficus* sp., *Schinus molle*, *Paspalum*

notatum, *Echinopsis pachanoi*, etc. En la fauna lo constituye los animales domésticos.

4.6. Aspecto social

El distrito cuenta con una población total de 579,561 habitantes, siendo un 100 % de población rural, y en una proporción 48.81 % de varones y 51.19 % de mujeres. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2007)

4.6.1. Empleo

En el distrito de San Martín de Porres la Población Económicamente Activa (PEA) es de 48.61 % (29.12 % hombres y 19.49 % mujeres), asimismo, la PEA ocupada es de 46.52 % (27.95 hombres y 18.57 % mujeres) y la PEA desocupada es de 2.08 % (1.17 % hombres y 0.91 % mujeres).

La distribución de trabajo según oficio se encuentra en mayor porcentaje (19.05 %) en los trabajos de comercio, reparación de vehículos automóviles, motocicletas de efecto personal, seguido de comercio al por menor (15.59 %), según la información brindada por el INEI (2007), obtenida por el VI Censo de vivienda y XI Censo de población.

La distribución completa se presenta en el **Cuadro N° 12**.

Cuadro N° 12.- Población Económicamente Activa por ocupación principal

Ocupación	Población (hab.)	Porcentaje (%)
Comercio, reparación de vehículos automóviles, motocicletas de efecto personal	59,824	19.05
Comercio al por menor	48,951	15.59
Industrias manufactureras	33,529	10.68
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	26,508	8.44
Actividad inmobiliaria, empresas y alquileres	25,052	7.98
Enseñanza	15,579	4.96
Construcción	12,141	4.18
Hoteles y restaurantes	13,015	4.14
Actividad económica no especificada	12,370	3.94
Administración pública y defensa, afiliación a seguro social	10,873	3.46
Desocupada	10,874	3.46
Otras actividades, servicios de comunicación social y personales	9,974	3.18
Servicios sociales y de salud	9,148	2.91
Hogares privados con servicio doméstico	8,652	2.76
Venta, mantenimiento y reparación de vehículos automóviles y motocicletas	6,955	2.21
Comercio al por mayor	3,918	1.25
Intermediación financiera	2,443	0.78
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	1,717	0.55
Explotación de minas y canteras	664	0.21
Suministro de electricidad, gas y agua	583	0.19
Pesca	245	0.08
Organización y órganos extraterritoriales	12	0.004
TOTAL	314,027	100.00

Fuente: INEI (2007)

4.6.2. Salud

En el distrito de San Martín de Porres se cuenta con diversas clínicas entre las que destacan: Clínica Primavera, Policlínico Santa Rosa, etc. Asimismo también existe el Hospital de la Solidaridad San Martín de Porres y el Hospital Nacional Cayetano Heredia del Ministerio de Salud. A continuación se presenta en el **Cuadro N° 13**, el número de habitantes según afiliación a Seguro de Salud.

Cuadro N° 13.- Población según afiliación a Seguro de Salud

Seguro de salud	N° de Personas	%
SIS (Seguro Integral de Salud)	29,594	5.07
ESSALUD	148,207	25.40
Otro seguro de salud	69,406	11.90
Ninguno	336,206	57.63
TOTAL	583,413	100.00

Fuente: INEI (2007)

4.6.3. Educación

En el distrito de San Martín de Porres, las principales instituciones educativas son el Colegio Privado Liceo San Juan, San Agustín de Antares, Colegio Abraham Lincoln, etc. De acuerdo con Censo Nacional IX de Población y VI de Vivienda (2007) el 55.36 % de la población comprendida entre los 3 años a más ha alcanzado el nivel inicial, primaria o secundaria, 11.55 % tiene como nivel educativo universitaria completa; mientras que el 10.85 % de la población ha logrado como nivel educativo superior no universitario completo y el 5.43 % de la población no tiene ningún tipo de estudios. El detalle del nivel educativo alcanzado en el distrito de San Martín de Porres se puede observar en el **Cuadro N° 14**.

Cuadro N° 14.- Nivel Educativo alcanzado

Nivel	N° de Personas	Porcentaje (%)
Sin nivel	29,921	5.43
Educación Inicial	14,625	2.65
Primaria	100,868	18.29
Secundaria	189,836	34.42
Sup. No Univ. Incompleta	49,300	8.94
Sup. No Univ. Completa	59,863	10.85
Sup. Univ. Incompleta	43,385	7.87
Sup. Univ. Completa	63,728	11.55
TOTAL		100.00

Fuente: INEI (2007)

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1. Capacidad de adsorción de material particulado de *Ficus benjamina*

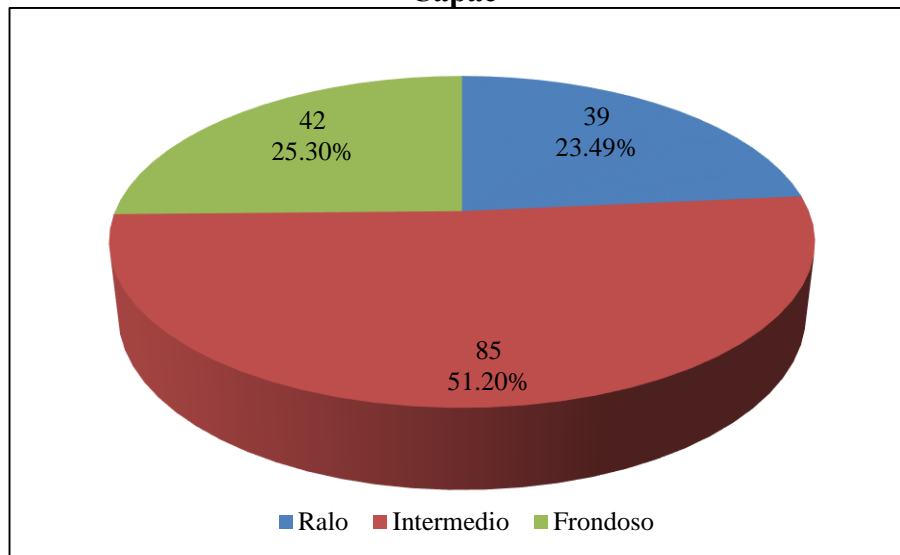
El cálculo de muestra de árboles del Parque Zonal “Mayta Cápac” (Ver Anexo N° 8) se realizó teniendo en consideración el inventario de *Ficus benjamina* del parque, el cual se presenta en el Cuadro N° 15.

Cuadro N° 15.- Inventario de *Ficus benjamina* en el Parque zonal “Mayta Cápac”

Follaje	Cantidad	Porcentaje (%)
Ralo	39	23.5
Intermedio	85	51.2
Frondoso	42	25.3
Total	166	100.0

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 3.- Inventario de *Ficus benjamina* en el Parque zonal “Mayta Cápac”



Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico N° 3 se aprecia que el mayor porcentaje de individuos corresponde al follaje intermedio, con 51.20 % de la población de *Ficus benjamina* en el Parque

zonal “Mayta Cápac”, mientras que el 25.30 % posee un follaje frondoso y el 23.49 % restante posee un follaje ralo, siendo el porcentaje menor.

Los resultados de los parámetros analizados: Sólidos totales, Sólidos, Volátiles, Hierro y Aluminio; se obtuvieron por ensayos analíticos de laboratorio (Ver **Anexo N° 13**). El procedimiento de equivalencia entre las concentraciones de los parámetros (mg/L) a mg/cm² se observa en el **Cuadro N° 16**.

**Cuadro N° 16.- Equivalencia de concentración de material particulado
(mg/L a mg/cm²)**

Datos/Parámetros	ST	SV	Fe	Al
Valor (mg/L)	1199	205	14.43	11.08
Número hojas (en L de muestra) ⁽¹⁾	40	40	40	40
Área de hojas promedio (cm ²) ⁽²⁾	12.5	12.5	12.5	12.5
Valor (mg/cm ²)	2.398	0.4100	0.0289	0.0222

Fuente: Elaboración propia

En el **Cuadro N° 16** se aprecia que los Sólidos totales son 2.398 mg/cm², y los Sólidos volátiles, Hierro y Aluminio tienen un valor de 0.4100 mg/cm², 0.0289 mg/cm² y 0.0222 mg/cm² respectivamente. En términos porcentuales con respecto a los Sólidos totales estos representan el 17.10 %, 1.21 % y 0.93 % respectivamente.

En el **Cuadro N° 17** se presentan los datos que se utilizaron para el cálculo de la capacidad de adsorción de *Ficus benjamina*. Añadir los datos de: Área de recolección de muestras: 1 m², y Volumen de cubo para el conteo de hojas: 8L (0.008 m³).

¹ Según el procedimiento descrito en el ítem 3.3.3. **Etapas de laboratorio**, se usaron 20 hojas para 500 ml, por ello se considera 40 para un (01) litro.

² Ver **Anexo N° 11: Cálculo de área superficial de *Ficus benjamina***.

Cuadro N° 17.- Datos de *Ficus benjamina* según follaje

Follaje	Hojas cubo⁽³⁾	Hojas/malla⁽⁴⁾	Hojas/m²	Vol. Copa (m³)⁽⁵⁾	Hojas/copa	Área sombra (m²)	Hojas caen
Ralo	56	18	18	1.610	4,509	3.862	70
Intermedio	85	44	44	4.190	17,807	6.151	271
Frondoso	135	78	78	11.251	75,948	11.47	895

Fuente: *Elaboración propia*

En el **Cuadro N° 17** se aprecia que el número de hojas que hay en la copa de follaje ralo es de 4,509 hojas, de follaje intermedio 17,807 hojas y de follaje frondoso 75,948 hojas. Donde se estimó que el 40 % de la copa está compuesta por hojas y el 60 % restante por ramas y el tronco. Siendo el follaje intermedio 3.95 veces mayor cantidad que el follaje ralo, y el follaje frondoso 16.84 veces mayor. Asimismo se denota que caen 70, 271 y 895 hojas según el follaje; siendo una proporción de 1, 3.87 y 12.78, respectivamente. Con proporciones similares respecto a los demás datos mostrados en el cuadro.

5.1.1. Capacidad de adsorción según parámetros

5.1.1.1. Capacidad de adsorción de Sólidos Totales

Según la caracterización de los árboles de *Ficus benjamina* según el tipo de follaje y los datos presentados en los **Cuadros N° 16** y **N° 17**, se realizaron los cálculos para determinar la capacidad de adsorción de Sólidos totales, el cual se presenta en las **Operaciones N° 1, N° 2 y N° 3**.

³ Ver Anexo N° 5: Resultados de número de número de hojas según follaje.

⁴ Ver Anexo N° 6: Número de hojas que caen según follaje de *Ficus benjamina*.

⁵ Ver Anexo N° 9: Determinación de altura y volumen de copa de *Ficus benjamina* del Parque zonal "Mayta Cápac".

Operación N° 1.- Capacidad de adsorción de Sólidos Totales – Follaje Ralo

Paso 1: Calcular área foliar de hojas que caen cada 10 días

Dato: 1 hoja: 0.00125 m² de área foliar

Resultado: 70 hojas: 0.0975 m² de área foliar

Paso 2: Calcular peso de Sólidos totales según área foliar

Dato: 1 m²: 23,980 mg ST

Resultado: 0.0975 m²: 2,098 mg ST

Paso 3: Calcular peso de Sólidos totales del total de hojas

Dato: 70 hojas: 2,098 mg ST

Resultado: 4,509 hojas: 135,157 mg ST

Paso 4: Calcular peso de Sólidos totales del total de hojas en un mes (30 días)

Dato: 10 días: 135,157 mg ST

Resultado: 30 días: **405,472 mg ST**

Fuente: Elaboración propia

En la **Operación N° 1** se determina que la capacidad de adsorción de Sólidos totales de un individuo de *Ficus benjamina* de follaje ralo al mes es de 405,472 mg, o su equivalencia 0.405 kg.

Operación N° 2.- Capacidad de adsorción de Sólidos Totales – Follaje

Intermedio

Paso 1: Calcular área foliar de hojas que caen cada 10 días

Dato: 1 hoja: 0.00125 m² de área foliar

Resultado: 271 hojas: 0.3388 m² de área foliar

Paso 2: Calcular peso de Sólidos totales según área foliar

Dato: 1 m²: 23,980 mg ST

Resultado: 0.3388 m²: 8,123 mg ST

Paso 3: Calcular peso de Sólidos totales del total de hojas

Dato: 271 hojas: 8,123 mg ST

Resultado: 17,807 hojas: 533,765 mg ST

Paso 4: Calcular peso de Sólidos totales del total de hojas en un mes (30 días)

Dato: 10 días: 533,765 mg ST

Resultado: 30 días: **1'601,294 mg ST**

Fuente: Elaboración propia

En la **Operación N° 2** se determina que la capacidad de adsorción de Sólidos totales de un individuo de *Ficus benjamina* de follaje intermedio al mes es de 1'601,294 mg, o su equivalencia 1.601 kg.

Operación N° 3.- Capacidad de adsorción de Sólidos Totales – Follaje Frondoso

Paso 1: Calcular área foliar de hojas que caen cada 10 días

Dato: 1 hoja: 0.00125 m² de área foliar

Resultado: 895 hojas: 1.119 m² de área foliar

Paso 2: Calcular peso de Sólidos totales según área foliar

Dato: 1 m²: 23,980 mg ST

Resultado: 1.119 m²: 26,828 mg ST

Paso 3: Calcular peso de Sólidos totales del total de hojas

Dato: 895 hojas: 26,828 mg ST

Resultado: 75,948 hojas: 2'276,541 mg ST

Paso 4: Calcular peso de Sólidos totales del total de hojas en un mes (30 días)

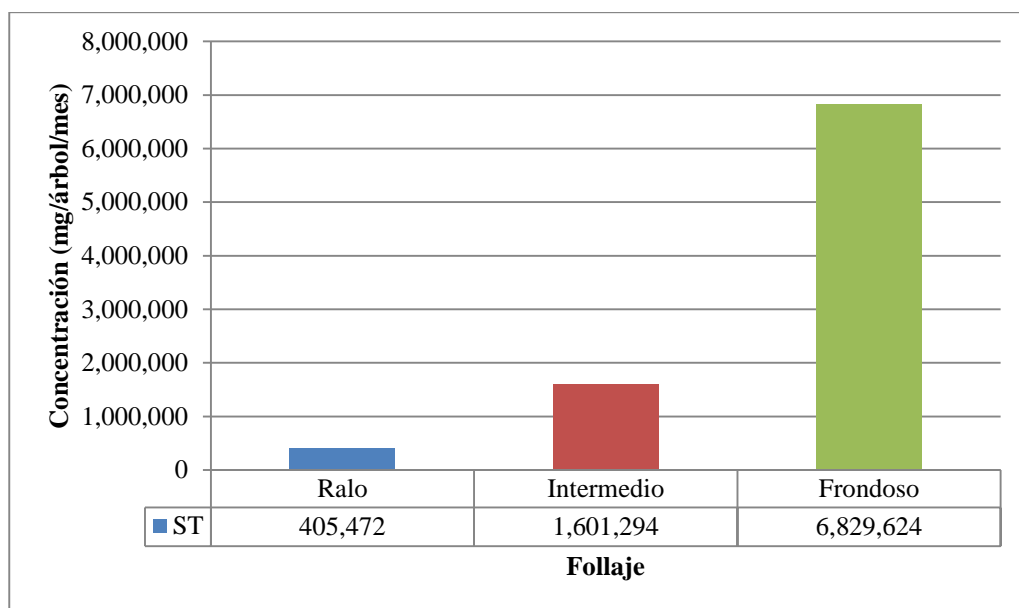
Dato: 10 días: 2'276,541 mg ST

Resultado: 30 días: **6'829,624 mg ST**

Fuente: Elaboración propia

En la **Operación N° 3** se determina que la capacidad de adsorción de Sólidos totales de un individuo de *Ficus benjamina* de follaje frondoso al mes es de 6'829,624 mg, o su equivalencia 6.830 kg.

Gráfico N° 4.- Capacidad de adsorción de Sólidos totales de *Ficus benjamina* según tipo de follaje



Fuente: Elaboración propia

En el **Gráfico N° 4** se compara las capacidades de adsorción de Sólidos totales según el tipo de follaje. La mayor capacidad de adsorción es para los individuos de follaje frondoso con 6'829,624 mg/árbol/mes, seguido de los individuos de follaje intermedio con 1'601,294 mg/árbol/mes y finalmente los individuos de follaje ralo con 405,472 mg/árbol/mes.

La proporción de la capacidad de los individuos de follaje intermedio es 3.9 veces mayor que los individuos de follaje ralo; con respecto a los individuos de follaje frondoso su relación es de 4.25 veces mayor que los individuos de follaje intermedio y de 16.8 veces mayor que los individuos de follaje ralo.

En números enteros las proporciones se pueden traducir a lo siguiente: 100 individuos de *Ficus benjamina* de follaje frondoso tienen la misma capacidad de adsorción de Sólidos totales que 425 individuos de follaje intermedio y que 1680 individuos de follaje ralo.

5.1.1.2. Capacidad de adsorción de Sólidos Volátiles

Operación N° 4.- Capacidad de adsorción de Sólidos Volátiles – Follaje Ralo

Paso 1: Calcular área foliar de hojas que caen cada 10 días		
Dato:	1 hoja:	0.00125 m ² de área foliar
Resultado:	70 hojas:	0.0875 m ² de área foliar
Paso 2: Calcular peso de Sólidos volátiles según área foliar		
Dato:	1 m ² :	4,100 mg SV
Resultado:	0.0875 m ² :	358.8 mg SV
Paso 3: Calcular peso de Sólidos volátiles del total de hojas		
Dato:	70 hojas:	358.8 mg SV
Resultado:	4,509 hojas:	23,109 mg SV
Paso 4: Calcular peso de Sólidos volátiles del total de hojas en un mes (30 días)		
Dato:	10 días:	23,109 mg SV
Resultado:	30 días:	69,326 mg SV

Fuente: Elaboración propia

En la **Operación N° 4** se determina que la capacidad de adsorción de Sólidos volátiles de un individuo de *Ficus benjamina* de follaje ralo al mes es de 69,326 mg, o su equivalencia 0.069 kg.

Operación N° 5.- Capacidad de adsorción de Sólidos Volátiles – Follaje

Intermedio

Paso 1: Calcular área foliar de hojas que caen cada 10 días

Dato: 1 hoja: 0.00125 m² de área foliar

Resultado: 271 hojas: 0.3388 m² de área foliar

Paso 2: Calcular peso de Sólidos volátiles según área foliar

Dato: 1 m²: 4,100 mg SV

Resultado: 0.3388 m²: 1,389 mg SV

Paso 3: Calcular peso de Sólidos volátiles del total de hojas

Dato: 271 hojas: 1,389 mg SV

Resultado: 17,807 hojas: 91,261 mg SV

Paso 4: Calcular peso de Sólidos volátiles del total de hojas en un mes (30 días)

Dato: 10 días: 91,261 mg SV

Resultado: 30 días: **273,783 mg SV**

Fuente: Elaboración propia

En la **Operación N° 5** se determina que la capacidad de adsorción de Sólidos volátiles de un individuo de *Ficus benjamina* de follaje intermedio al mes es de 273,783 mg, o su equivalencia 0.274 kg.

Operación N° 6.- Capacidad de adsorción de Sólidos Volátiles – Follaje

Frondoso

Paso 1: Calcular área foliar de hojas que caen cada 10 días

Dato: 1 hoja: 0.00125 m² de área foliar

Resultado: 895 hojas: 1.119 m² de área foliar

Paso 2: Calcular peso de Sólidos volátiles según área foliar

Dato: 1 m²: 4,100 mg SV

Resultado: 1.119 m²: 4,587 mg SV

Paso 3: Calcular peso de Sólidos volátiles del total de hojas

Dato: 895 hojas: 4,587 mg SV

Resultado: 75,948 hojas: 389,234 mg SV

Paso 4: Calcular peso de Sólidos volátiles del total de hojas en un mes (30 días)

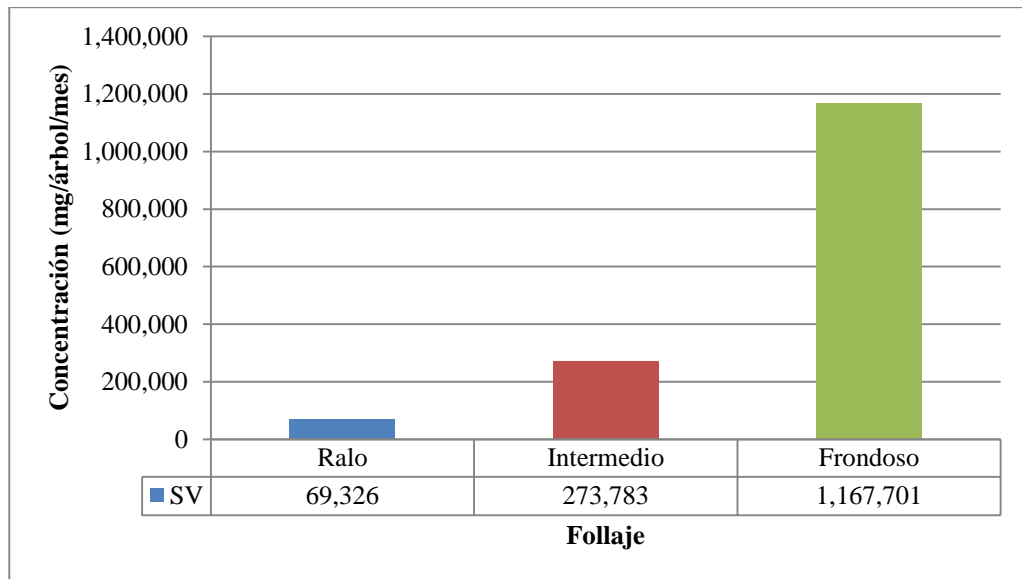
Dato: 10 días: 389,234 mg SV

Resultado: 30 días: **1'167,701 mg SV**

Fuente: Elaboración propia

En la **Operación N° 6** se determina que la capacidad de adsorción de Sólidos volátiles de un individuo de *Ficus benjamina* de follaje frondoso al mes es de 1'167,701 mg, o su equivalencia 1.168 kg.

Gráfico N° 5.- Capacidad de adsorción de Sólidos volátiles de *Ficus benjamina* según tipo de follaje



Fuente: Elaboración propia

En el **Gráfico N° 5** se compara las capacidades de adsorción de Sólidos volátiles según el tipo de follaje. La mayor capacidad de adsorción es para los individuos de follaje frondoso con 1'167,701 mg/árbol/mes, seguido de los individuos de follaje intermedio con 273,783 mg/árbol/mes y finalmente los individuos de follaje ralo con 69,326 mg/árbol/mes.

Las proporciones se mantienen iguales a los expuestos en el parámetro anterior: los individuos de follaje intermedio tienen 3.9 veces mayor adsorción que los individuos de follaje ralo; los individuos de follaje frondoso tienen 4.25 veces mayor capacidad de adsorción que los individuos de follaje intermedio y 16.8 veces más que los individuos de follaje ralo.

Por ende las equivalencias son las mismas a las anteriormente expuestas: 100 individuos de *Ficus benjamina* de follaje frondoso equivalen a 425 individuos de follaje intermedio y que 1620 individuos de follaje ralo.

5.1.1.3. Capacidad de adsorción de Hierro

Operación N° 7.- Capacidad de adsorción de Hierro – Follaje Ralo

Paso 1: Calcular área foliar de hojas que caen cada 10 días

Dato: 1 hoja: 0.00125 m² de área foliar

Resultado: 70 hojas: 0.00125 m² de área foliar

Paso 2: Calcular peso de Hierro según área foliar

Dato: 1 m²: 288.6 mg Fe

Resultado: 0.00125 m²: 25.25 mg Fe

Paso 3: Calcular peso de Hierro del total de hojas

Dato: 70 hojas: 25.25 mg Fe

Resultado: 4,509 hojas: 1,627 mg Fe

Paso 4: Calcular peso de Hierro del total de hojas en un mes (30 días)

Dato: 10 días: 1,627 mg Fe

Resultado: 30 días: **4,880 mg Fe**

Fuente: Elaboración propia

En la **Operación N° 7** se determina que la capacidad de adsorción Hierro de un individuo de *Ficus benjamina* de follaje ralo al mes es de 4,880 mg, o su equivalencia 0.005 kg.

Operación N° 8.- Capacidad de adsorción de Hierro – Follaje Intermedio

Paso 1: Calcular área foliar de hojas que caen cada 10 días		
Dato:	1 hoja:	0.00125 m ² de área foliar
Resultado:	271 hojas:	0.3388 m ² de área foliar
Paso 2: Calcular peso de Hierro según área foliar		
Dato:	1 m ² :	288.6 mg Fe
Resultado:	0.3388 m ² :	97.76 mg Fe
Paso 3: Calcular peso de Hierro del total de hojas		
Dato:	271 hojas:	97.76 mg Fe
Resultado:	17,807 hojas:	6,424 mg Fe
Paso 4: Calcular peso de Hierro del total de hojas en un mes (30 días)		
Dato:	10 días:	6,424 mg Fe
Resultado:	30 días:	19,272 mg Fe

Fuente: Elaboración propia

En la **Operación N° 8** se determina que la capacidad de adsorción Hierro de un individuo de *Ficus benjamina* de follaje intermedio al mes es de 19,272 mg, o su equivalencia 0.019 kg.

Operación N° 9.- Capacidad de adsorción de Hierro – Follaje Frondoso

Paso 1: Calcular área foliar de hojas que caen cada 10 días

Dato: 1 hoja: 0.00125 m² de área foliar

Resultado: 895 hojas: 1.119 m² de área foliar

Paso 2: Calcular peso de Hierro según área foliar

Dato: 1 m²: 288.6 mg Fe

Resultado: 1.119 m²: 322.9 mg Fe

Paso 3: Calcular peso de Hierro del total de hojas

Dato: 895 hojas: 322.9 mg Fe

Resultado: 75,948 hojas: 27,398 mg Fe

Paso 4: Calcular peso de Hierro del total de hojas en un mes (30 días)

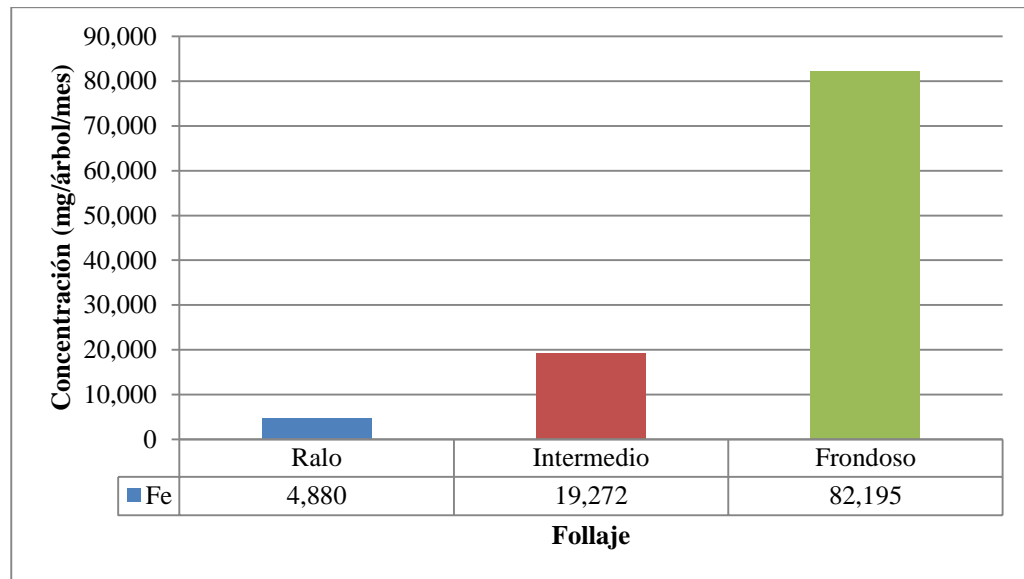
Dato: 10 días: 27,398 mg Fe

Resultado: 30 días: **82,195 mg Fe**

Fuente: Elaboración propia

En la **Operación N° 9** se determina que la capacidad de adsorción Hierro de un individuo de *Ficus benjamina* de follaje frondoso al mes es de 82,195 mg, o su equivalencia 0.082 kg.

Gráfico N° 6.- Capacidad de adsorción de Hierro de *Ficus benjamina* según tipo de follaje



Fuente: Elaboración propia

En el **Gráfico N° 6** se compara las capacidades de adsorción de Hierro según el tipo de follaje. La mayor capacidad de adsorción es para los individuos de follaje frondoso con 82,195 mg/árbol/mes, seguido de los individuos de follaje intermedio con 19,272 mg/árbol/mes y finalmente los individuos de follaje ralo con 4,880 mg/árbol/mes.

Las proporciones se mantienen iguales a los expuestos en los parámetros anteriores: los individuos de follaje intermedio tienen 3.9 veces mayor adsorción que los individuos de follaje ralo; los individuos de follaje frondoso tienen 4.25 veces mayor capacidad de adsorción que los individuos de follaje intermedio y 16.8 veces más que los individuos de follaje ralo.

Por ende las equivalencias son las mismas a las anteriormente expuestas: 100 individuos de *Ficus benjamina* de follaje frondoso equivalen a 425 individuos de follaje intermedio y que 1620 individuos de follaje ralo.

5.1.1.4. Capacidad de adsorción de Aluminio

Operación N° 10.- Capacidad de adsorción de Aluminio – Follaje Ralo

Paso 1: Calcular área foliar de hojas que caen cada 10 días

Dato: 1 hoja: 0.00125 m² de área foliar

Resultado: 70 hojas: 0.00125 m² de área foliar

Paso 2: Calcular peso de Aluminio según área foliar

Dato: 1 m²: 221.6 mg Al

Resultado: 0.00125 m²: 19.39 mg Al

Paso 3: Calcular peso de Aluminio del total de hojas

Dato: 70 hojas: 19.39 mg Al

Resultado: 4,509 hojas: 1,249 mg Al

Paso 4: Calcular peso de Aluminio del total de hojas en un mes (30 días)

Dato: 10 días: 1,249 mg Al

Resultado: 30 días: **3,747 mg Al**

Fuente: Elaboración propia

En la **Operación N° 10** se determina que la capacidad de adsorción Aluminio de un individuo de *Ficus benjamina* de follaje ralo al mes es de 3,747 mg, o su equivalencia 0.004 kg.

Operación N° 11.- Capacidad de adsorción de Aluminio – Follaje Intermedio

Paso 1: Calcular área foliar de hojas que caen cada 10 días

Dato: 1 hoja: 0.00125 m² de área foliar

Resultado: 271 hojas: 0.3388 m² de área foliar

Paso 2: Calcular peso de Aluminio según área foliar

Dato: 1 m²: 221.6 mg Al

Resultado: 0.3388 m²: 75.07 mg Al

Paso 3: Calcular peso de Aluminio del total de hojas

Dato: 271 hojas: 75.07 mg Al

Resultado: 17,807 hojas: 4,933 mg Al

Paso 4: Calcular peso de Aluminio del total de hojas en un mes (30 días)

Dato: 10 días: 4,933 mg Al

Resultado: 30 días: **14,798 mg Al**

Fuente: Elaboración propia

En la **Operación N° 11** se determina que la capacidad de adsorción Aluminio de un individuo de *Ficus benjamina* de follaje intermedio al mes es de 14,798 mg, o su equivalencia 0.015 kg.

Operación N° 12.- Capacidad de adsorción de Aluminio – Follaje Frondoso

Paso 1: Calcular área foliar de hojas que caen cada 10 días

Dato: 1 hoja: 0.00125 m² de área foliar

Resultado: 895 hojas: 1.119 m² de área foliar

Paso 2: Calcular peso de Aluminio según área foliar

Dato: 1 m²: 221.6 mg Al

Resultado: 1.119 m²: 247.9 mg Al

Paso 3: Calcular peso de Aluminio del total de hojas

Dato: 895 hojas: 247.9 mg Al

Resultado: 75,948 hojas: 21,038 mg Al

Paso 4: Calcular peso de Aluminio del total de hojas en un mes (30 días)

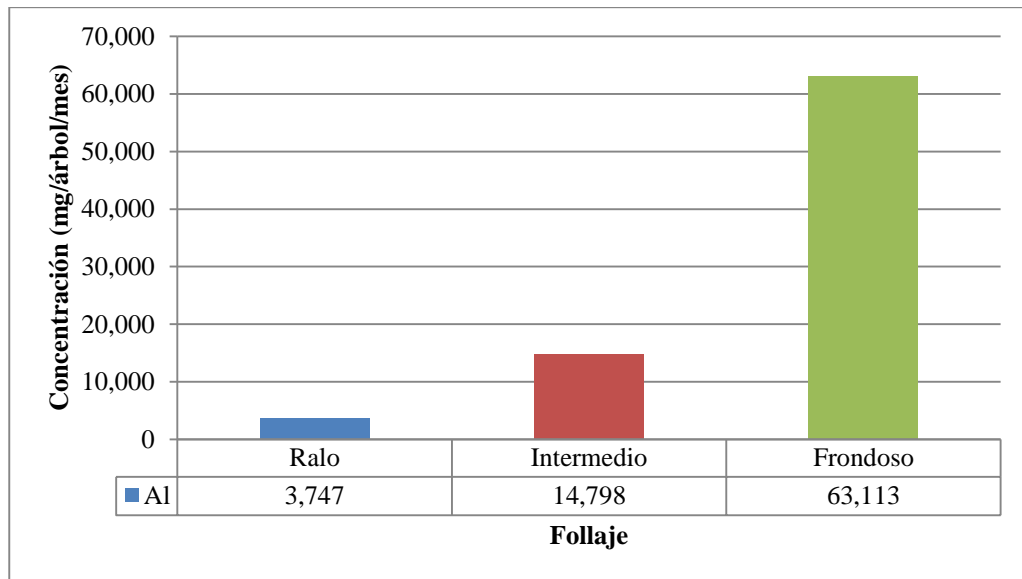
Dato: 10 días: 21,038 mg Al

Resultado: 30 días: **63,113 mg Al**

Fuente: Elaboración propia

En la **Operación N° 12** se determina que la capacidad de adsorción Aluminio de un individuo de *Ficus benjamina* de follaje frondoso al mes es de 63,113 mg, o su equivalencia 0.063 kg.

Gráfico N° 7.- Capacidad de adsorción de Aluminio de *Ficus benjamina* según tipo de follaje



Fuente: Elaboración propia

En el **Gráfico N° 7** se compara las capacidades de adsorción de Aluminio según el tipo de follaje. La mayor capacidad de adsorción es para los individuos de follaje frondoso con 63,113 mg/árbol/mes, seguido de los individuos de follaje intermedio con 14,798 mg/árbol/mes y finalmente los individuos de follaje ralo con 3,747 mg/árbol/mes.

Las proporciones se mantienen iguales a los expuestos en los parámetros anteriores: los individuos de follaje intermedio tienen 3.9 veces mayor adsorción que los individuos de follaje ralo; los individuos de follaje frondoso tienen 4.25 veces mayor capacidad de adsorción que los individuos de follaje intermedio y 16.8 veces más que los individuos de follaje ralo.

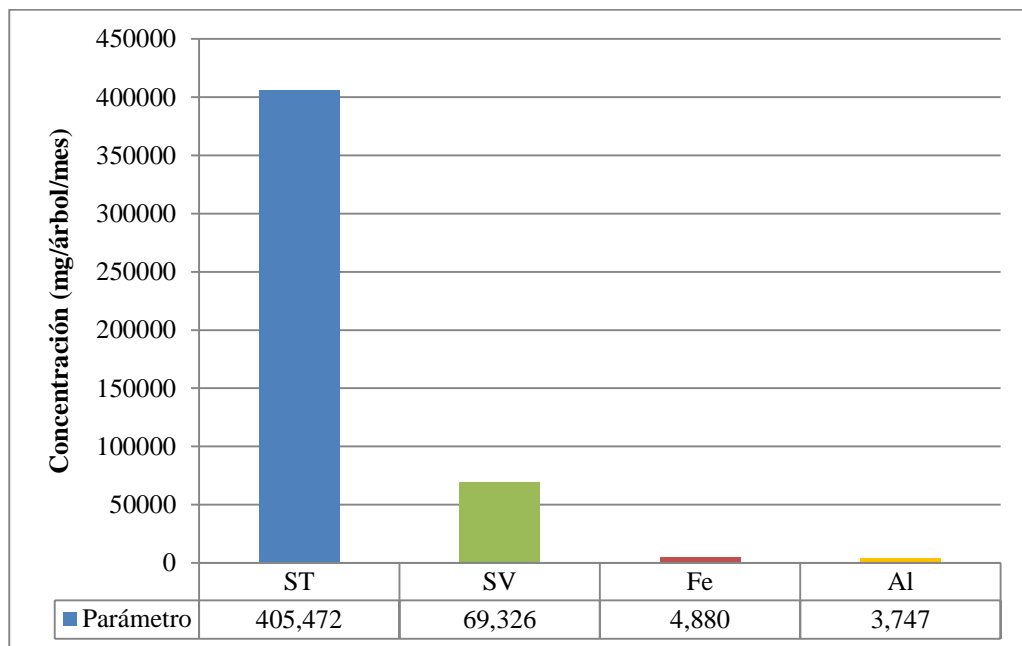
Por ende las equivalencias son las mismas a las anteriormente expuestas: 100 individuos de *Ficus benjamina* de follaje frondoso equivalen a 425 individuos de follaje intermedio y que 1620 individuos de follaje ralo.

5.1.2. Capacidad de adsorción según follaje

5.1.2.1. Capacidad de adsorción de follaje ralo

La capacidad de adsorción para un individuo de *Ficus benjamina* de follaje ralo para los distintos parámetros evaluados se presenta en el **Gráfico N° 8**.

Gráfico N° 8.- Capacidad de adsorción de Sólidos totales, sólidos volátiles, hierro y aluminio de individuos de follaje ralo



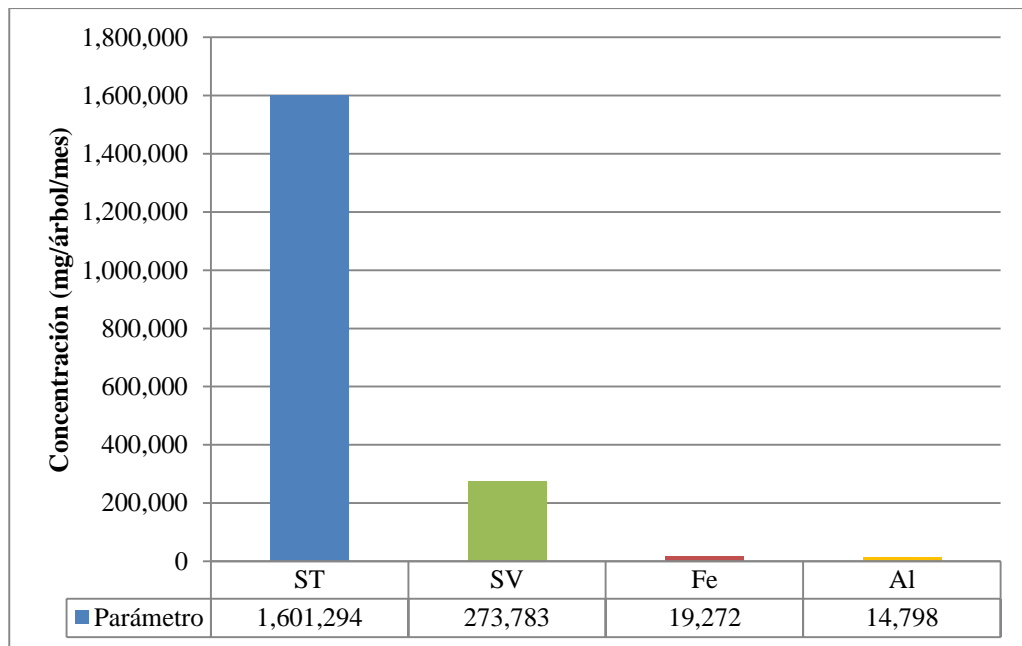
Fuente: Elaboración propia

En el **Gráfico N° 8** se aprecia que la capacidad de adsorción de Sólidos totales es de 405,472 mg/árbol/mes para individuos de follaje ralo, la capacidad de adsorción de Sólidos volátiles es de 69,326 mg/árbol/mes (17.10 % del porcentaje de Sólidos Totales), la capacidad de adsorción de Hierro es de 4,880 mg/árbol/mes (1.20 % del porcentaje de ST) y la capacidad de adsorción de Aluminio es de 3,747 mg/árbol/mes (0.92 % del porcentaje de ST).

5.1.2.2. Capacidad de adsorción de follaje intermedio

La capacidad de adsorción para un individuo de *Ficus benjamina* de follaje intermedio para los distintos parámetros evaluados se presenta en el **Gráfico N° 9**.

Gráfico N° 9.- Capacidad de adsorción de Sólidos totales, sólidos volátiles, hierro y aluminio de individuos de follaje intermedio



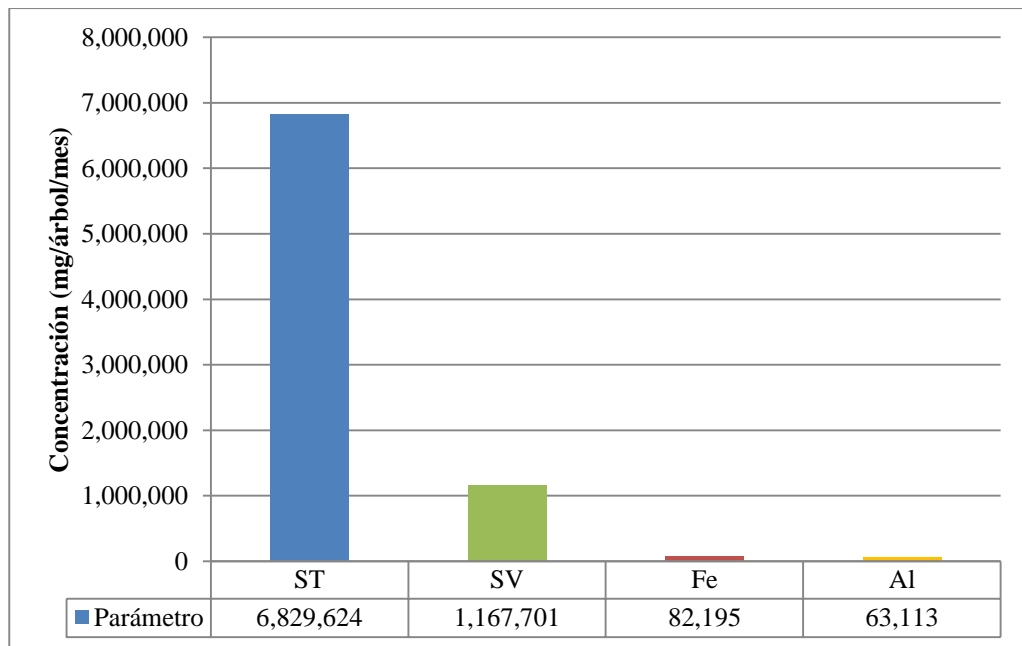
Fuente: Elaboración propia

En el **Gráfico N° 9** se aprecia que la capacidad de adsorción de Sólidos totales es de 1'601,294 mg/árbol/mes para individuos de follaje intermedio, la capacidad de adsorción de Sólidos volátiles es de 273,783 mg/árbol/mes (17.10% del porcentaje de Sólidos Totales), la capacidad de adsorción de Hierro es de 19,272 mg/árbol/mes (1.20 % del porcentaje de ST) y la capacidad de adsorción de Aluminio es de 14,798 mg/árbol/mes (0.92 % del porcentaje de ST). Siendo así los mismos porcentajes que en los individuos de follaje ralo.

5.1.2.3. Capacidad de adsorción de follaje frondoso

La capacidad de adsorción para un individuo de *Ficus benjamina* de follaje frondoso para los distintos parámetros evaluados se presenta en el **Gráfico N° 10**.

Gráfico N° 10.- Capacidad de adsorción de Sólidos totales, sólidos volátiles, hierro y aluminio de individuos de follaje frondoso



Fuente: Elaboración propia

En el **Gráfico N° 10** se aprecia que la capacidad de adsorción de Sólidos totales es de 6'829,624 mg/árbol/mes para individuos de follaje frondoso, la capacidad de adsorción de Sólidos volátiles es de 1'167,701 mg/árbol/mes (17.10 % del porcentaje de Sólidos Totales), la capacidad de adsorción de Hierro es de 82,195 mg/árbol/mes (1.20 % del porcentaje de ST) y la capacidad de adsorción de Aluminio es de 63,113 mg/árbol/mes (0.92 % del porcentaje de ST). Siendo así los mismos porcentajes que en los individuos de follaje ralo e intermedio.

5.1.2.4. Capacidad de adsorción comparativo entre follajes

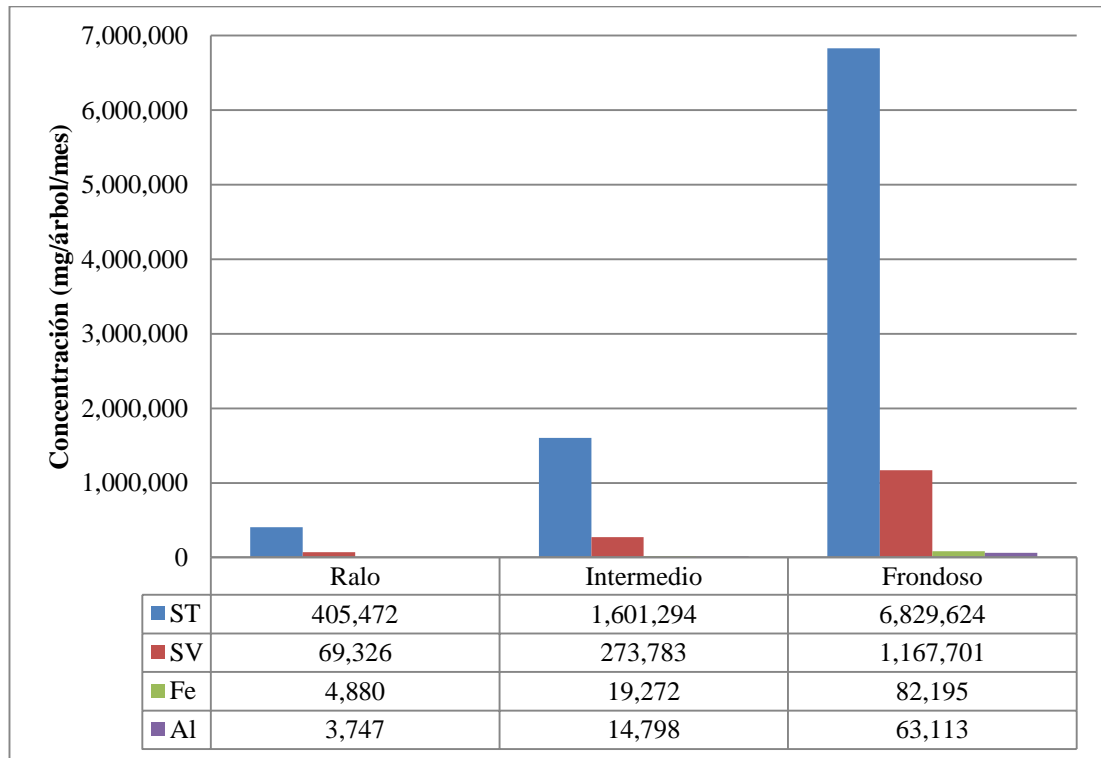
La capacidad de adsorción calculada para los Sólidos totales, Sólidos volátiles, Hierro y Aluminio, según el tipo de follaje de los individuos (Ralo, intermedio y frondoso) se presenta en el Cuadro N° 18.

Cuadro N° 18.- Capacidad de adsorción de Sólidos totales, sólidos volátiles, hierro y aluminio según el tipo de follaje

Follaje	Concentración (mg/árbol/mes)			
	ST	SV	Fe	Al
Ralo	405,472	69,326	4,880	3,747
Intermedio	1,601,294	273,783	19,272	14,798
Frondoso	6,829,624	1,167,701	82,195	63,113

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 11.- Capacidad de adsorción según el tipo de follaje



Fuente: Elaboración propia

Las capacidades de adsorción calculadas según cada parámetro se presentan en la leyenda del **Gráfico N° 11**, denotando que las mayores que las mayores se encuentran según hay mayor follaje, así también se muestra en las barras de colores que las capacidades son siempre proporcionales, según lo expuesto en ítems anteriores.

5.1.3. Capacidad de adsorción total en el Parque zonal “Mayta Cápac”

En el **Cuadro N° 19** se presenta la capacidad total de adsorción de los parámetros calculados (Sólidos totales, sólidos volátiles, Hierro y Aluminio) de la especie *Ficus benjamina* en el Parque zonal “Mayta Cápac”, para ello se consideró el inventario según follaje (Ver **Cuadro N° 15**) y la capacidad de adsorción calculada (Ver **Cuadro N° 18**).

Cuadro N° 19.- Capacidad de adsorción total según tipo de follaje en el Parque zonal “Mayta Cápac”

Follaje	Concentración en el parque zonal “Mayta Cápac” (mg/mes)			
	ST	SV	Fe	Al
Ralo	15,813,401	2,703,709	190,315	146,132
Intermedio	136,110,030	23,271,523	1,638,088	1,257,797
Fronroso	286,844,204	49,043,421	3,452,178	2,650,737
Total	438,767,635			

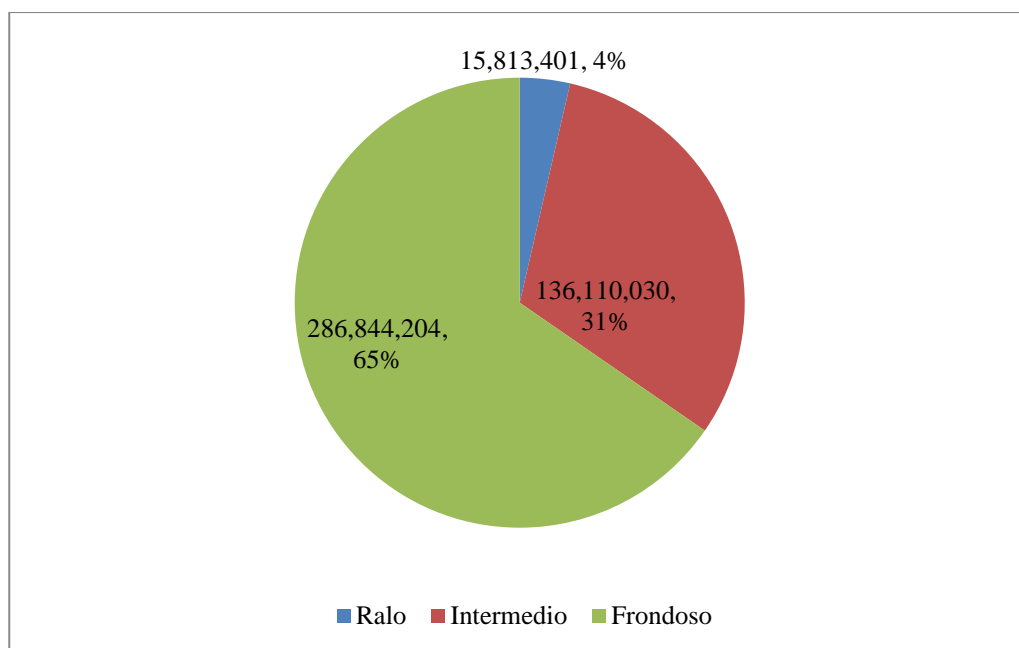
Fuente: Elaboración propia

En el **Cuadro N° 19** se aprecia que los mayores aportes de adsorción en todos los parámetros se dan por los árboles frondosos (286’844,204 mg/mes en Sólidos totales, 49’043,421 mg/mes en Sólidos volátiles, 3’452,178 mg/mes de Hierro y 2’650,737 mg/mes de Aluminio), el segundo lugar de aporte es para los árboles de follaje intermedio (136’110,030 mg/mes en Sólidos totales, 23’271,523 mg/mes en Sólidos volátiles, 1’638,088 mg/mes de Hierro y 1’257,797 mg/mes de Aluminio), y

finalmente los árboles de follaje ralo (15'813,401 mg/mes en Sólidos totales, 2'703,709 mg/mes en Sólidos volátiles, 190,315 mg/mes de Hierro y 146,132 mg/mes de Aluminio).

Gráfico N° 12.- Capacidad de adsorción total de Sólidos Totales en el Parque

Zonal “Mayta Cápac”



Fuente: Elaboración propia

En el **Gráfico N° 12** se aprecia que el mayor aporte de adsorción de Sólidos totales se da por los árboles frondosos (286'844,204 mg/mes) con un aporte de 65 % del total, pese a solo poseer el 25.3 % del total de individuos en el parque. El segundo lugar de aporte es para los árboles de follaje intermedio (136'110,030 mg/mes) con un aporte de 31 % del total, con un porcentaje de individuos 51.2 %; y finalmente los árboles de follaje ralo (15'813,401 mg/mes) con un aporte de 4 % del total, con un porcentaje de individuos 23.5 %.

5.1.4. Tasa de recambio de *Ficus benjamina*

En el Cuadro N° 20 se presentan los datos requeridos para el cálculo de la tasa de recambio de hojas del follaje de la especie *Ficus benjamina*.

Cuadro N° 20.- Datos de *Ficus benjamina* para cálculo de tasa de recambio

Follaje	Volumen (m ³)	Hojas que caen/ 10 días	Tiempo de vida (días) ⁶	Total de hojas
Ralo	1.610	70	46	4,509
Intermedio	4.190	271		17,807
Frondoso	11.25	895		75,948

Fuente: Elaboración propia

5.1.4.1. Tasa de recambio para follaje ralo

El cálculo de la Tasa de recambio de hojas de *Ficus benjamina* para individuos de follaje ralo se presenta en la Operación N° 13.

Operación N° 13.- Tasa de recambio para individuos de Follaje Ralo

Paso 1: Calcular la cantidad de hojas caídas según el tiempo de vida de las hojas		
Dato:	10 días:	70 hojas
Resultado:	46 días:	322 hojas
Paso 2: Calcular volumen de hojas caídas según el tiempo de vida		
Dato:	4,509 hojas:	1.610 m ³
Resultado:	322 hojas:	0.1150 m ³
Paso 3: Calcular la tasa de recambio		
Dato:	1.610 m ³	100%
Resultado:	0.1150 m ³	7.141%

Fuente: Elaboración propia

⁶ Ver Anexo N° 7: Resultados de tiempo de vida de muestras.

En la **Operación N° 13** se determina que los individuos de follaje ralo renuevan en promedio el 7.141 % de su copa cada 46 días, considerando un proceso continuo de recambio, teniendo como periodo de evaluación el mes de noviembre y diciembre.

5.1.4.2. Tasa de recambio para follaje intermedio

El cálculo de la Tasa de recambio de hojas de *Ficus benjamina* para individuos de follaje intermedio se presenta en la **Operación N° 14**.

Operación N° 14.- Tasa de recambio para individuos de Follaje Intermedio

Paso 1: Calcular la cantidad de hojas caídas según el tiempo de vida de las hojas		
Dato:	10 días:	271 hojas
Resultado:	46 días:	1,247 hojas
Paso 2: Calcular volumen de hojas caídas según el tiempo de vida		
Dato:	17,807 hojas:	4.190 m ³
Resultado:	1,247 hojas:	0.2934 m ³
Paso 3: Calcular la tasa de recambio		
Dato:	4.190 m ³	100%
Resultado:	0.2934 m ³	7.003%

Fuente: *Elaboración propia*

En la **Operación N° 14** se determina que los individuos de follaje intermedio renuevan en promedio el 7.003 % de su copa cada 46 días, considerando un proceso continuo de recambio, teniendo como periodo de evaluación el mes de noviembre y diciembre.

5.1.4.3. Tasa de recambio para follaje frondoso

El cálculo de la Tasa de recambio de hojas de *Ficus benjamina* para individuos de follaje frondoso se presenta en la **Operación N° 15**.

Operación N° 15.- Tasa de recambio para individuos de Follaje Frondoso

Paso 1: Calcular la cantidad de hojas caídas según el tiempo de vida de las hojas		
Dato:	10 días:	895 hojas
Resultado:	46 días:	4,117 hojas
Paso 2: Calcular volumen de hojas caídas según el tiempo de vida		
Dato:	75,948 hojas:	11.25 m ³
Resultado:	4,117 hojas:	0.6099 m ³
Paso 3: Calcular la tasa de recambio		
Dato:	11.25 m ³	100%
Resultado:	0.6099 m ³	5.421%

Fuente: Elaboración propia

En la **Operación N° 15** se determina que los individuos de follaje frondoso renuevan en promedio el 5.421 % de su copa cada 46 días, considerando un proceso continuo de recambio, teniendo como periodo de evaluación el mes de noviembre y diciembre.

5.2. Capacidad de descontaminación del aire de *Ficus benjamina*

Para el cálculo de la capacidad de descontaminación se han considerado los siguientes datos:

- **Concentración de material particulado:** 50 mg/m³ (Máxima concentración establecida en el D.S. N° 003-2017-MINAM)
- **Volumen de aire respirable por persona:** 7.9 m³ (Valor promedio por volumen de respiración por día)

5.2.1. Capacidad de descontaminación del aire según follaje ralo

En la **Operación N° 16** se realiza el cálculo de la capacidad de limpieza de aire de los individuos de *Ficus benjamina* de follaje ralo.

Operación N° 16.- Capacidad de descontaminación de aire en Follaje Ralo

Paso 1: Calcular volumen filtrado (Relación ECA - Capacidad de adsorción)		
Dato:	50 mg ST/m ³ aire	405,472 mg ST/árbol/mes
Resultado:	8,109 m ³ aire/árbol/mes	
Paso 2: Calcular el volumen de aire filtrado en un día		
Dato:	30 días	8,109 m ³ aire/árbol
Resultado:	1 día	270.3 m ³ aire/árbol
Paso 3: Calcular las personas beneficiadas por la descontaminación de aire		
Dato:	7.9 m ³ aire	1 persona
Resultado:	270.3 m ³ aire/árbol	34 personas

Fuente: Elaboración propia

En la **Operación N° 16** se calcula que los individuos de *Ficus benjamina* de follaje ralo ayudan a descontaminar el aire para 34 personas.

5.2.2. Capacidad de descontaminación del aire según follaje intermedio

En la **Operación N° 17** se realiza el cálculo de la capacidad de limpieza de aire de los individuos de *Ficus benjamina* de follaje intermedio.

Operación N° 17.- Capacidad de descontaminación de aire en Follaje Intermedio

Paso 1: Calcular volumen filtrado (Relación ECA - Capacidad de adsorción)		
Dato:	50 mg ST/m ³ aire	1'601,294 mg ST/árbol/mes
Resultado:	32,026 m ³ aire/árbol/mes	
Paso 2: Calcular el volumen de aire filtrado en un día		
Dato:	30 días	32,026 m ³ aire/árbol
Resultado:	1 día	1,068 m ³ aire/árbol
Paso 3: Calcular las personas beneficiadas por la descontaminación de aire		
Dato:	7.9 m ³ aire	1 persona
Resultado:	1,068 m ³ aire/árbol	135 personas

Fuente: Elaboración propia

En la **Operación N° 17** se calcula que los individuos de *Ficus benjamina* de follaje intermedio ayudan a descontaminar el aire para 135 personas.

5.2.3. Capacidad de descontaminación del aire según follaje frondoso

En la **Operación N° 18** se realiza el cálculo de la capacidad de limpieza de aire de los individuos de *Ficus benjamina* de follaje frondoso.

Operación N° 18.- Capacidad de descontaminación de aire en Follaje Frondoso

Paso 1: Calcular volumen filtrado (Relación ECA - Capacidad de adsorción)		
Dato:	50 mg ST/m ³ aire	6'829,624 mg ST/árbol/mes
Resultado:	136,592 m ³ aire/árbol/mes	
Paso 2: Calcular el volumen de aire filtrado en un día		
Dato:	30 días	136,592 m ³ aire/árbol
Resultado:	1 día	4,553 m ³ aire/árbol
Paso 3: Calcular las personas beneficiadas por la descontaminación de aire		
Dato:	7.9 m ³ aire	1 persona
Resultado:	1,068 m ³ aire/árbol	576 personas

Fuente: Elaboración propia

En la **Operación N° 18** se calcula que los individuos de *Ficus benjamina* de follaje frondoso ayudan a descontaminar el aire para 576 personas.

5.2.4. Capacidad de descontaminación del aire en el Parque zonal “Mayta Cápac”

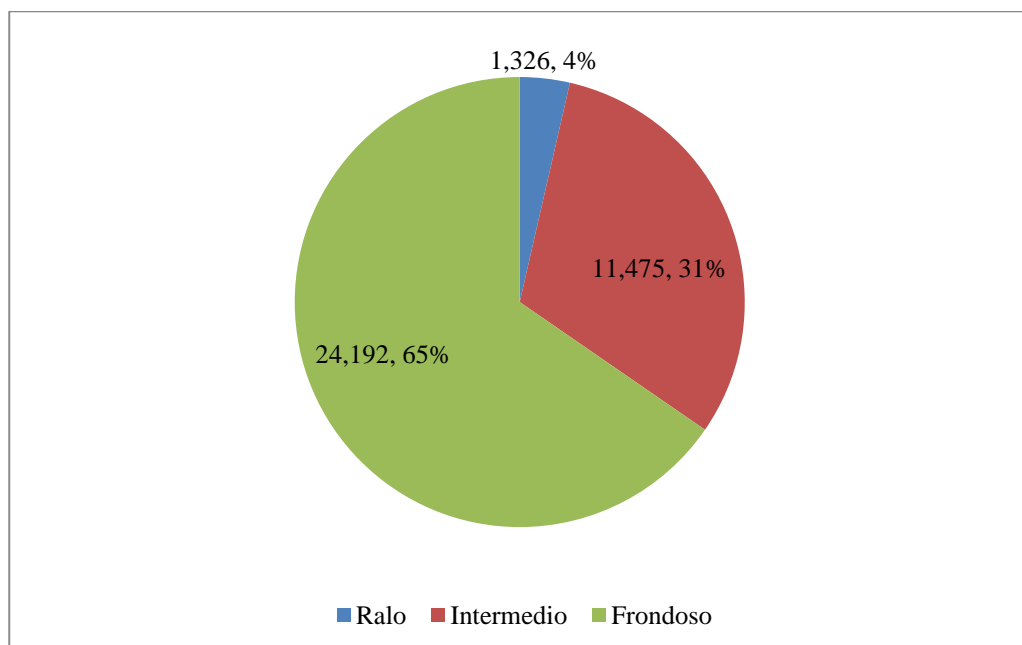
En el Cuadro N° 21 se presenta la capacidad total de descontaminación del aire de la especie *Ficus benjamina* en el Parque zonal “Mayta Cápac”. Para ello se tuvo en consideración el inventario de *Ficus benjamina* (Ver Cuadro N° 15).

Cuadro N° 21.- Capacidad de descontaminación del aire en el Parque zonal “Mayta Cápac”

Follaje	Limpieza de aire (Hab.)	Parque zonal “Mayta Cápac” (Hab.)
Ralo	34	1,326
Intermedio	135	11,475
Frondoso	576	24,192
Total		36,993

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 13.- Capacidad de descontaminación del aire en el Parque zonal “Mayta Cápac”



Fuente: Elaboración propia

En el **Gráfico N° 13** se aprecia que los árboles de follaje frondoso benefician a 24,192 habitantes, siendo un 65 % del aporte total; los árboles de follaje intermedio benefician a 11,475 habitantes, siendo un 31 % del porcentaje total; y finalmente los árboles de follaje ralo benefician a 1,326 habitantes, siendo el 4 % restante.

5.3. Material Particulado en el Parque zonal “Mayta Cápac”

Se realizó la medición de Partículas sedimentables mediante el método de placas receptoras durante 30 días (31 de octubre al 30 de noviembre), con un total de 6 parantes, 3 para la zona con cobertura de *Ficus benjamina* y otras 3 para la zona sin cobertura de *Ficus benjamina*. Las coordenadas de los parantes se presentan en el **Cuadro N° 22**, y la codificación de las placas se presenta en el **Cuadro N° 23**.

Cuadro N° 22.- Parantes de medición de Partículas sedimentables

Parante	Coordenadas UTM WGS 84 - 18S	
	Este (X)	Norte (Y)
CA-01	272,997.22	8'671,675.37
CA-02	272,916.40	8'671,646.04
CA-03	272,870.25	8'671,578.16
CA-04	272,756.93	8'671,492.58
CA-05	272,765.57	8'671,410.42
CA-06	272,791.87	8'671,380.38

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 23.- Placas de medición de Partículas sedimentables

Cobertura	Código Parante	Código placa
<i>Ficus benjamina</i>	CA-01	1-A
		1-B
		1-C
	CA-02	2-A
		2-B
		2-C
	CA-03	3-A
		3-B
		3-C
<i>Sin Ficus benjamina</i>	CA-04	4-A
		4-B
		4-C
	CA-05	5-A
		5-B
		5-C
	CA-06	6-A
		6-B
		6-C

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del primer pesaje se presentan en el **Cuadro N° 24** y el pesaje final en el **Cuadro N° 25** (Ver **Anexo N° 12**).

Cuadro N° 24.- Pesos iniciales de placas receptoras

Parante	Peso inicial (g) Placa + Vaselina			
	A (0.30 m)	B (0.95 m)	C (1.60 m)	Prom.
CA-01	55.4431	55.3210	55.1552	55.3064
CA-02	55.7463	55.2285	55.3071	55.4273
CA-03	55.9366	55.2451	54.9092	55.3636
CA-04	54.6536	55.2150	54.8181	54.8956
CA-05	55.3770	55.5436	55.2005	55.3737
CA-06	55.3510	55.1301	55.1217	55.2009

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 25.- Pesos finales de placas receptoras

Parante	Peso inicial (g) Placa + Vaselina + PS			
	A (0.30 m)	B (0.95 m)	C (1.60 m)	Prom.
CA-01	55.5259	55.3528	55.2125	55.3637
CA-02	55.7790	55.2788	55.3537	55.4705
CA-03	56.0030	55.2889	54.9806	55.4242
CA-04	54.8493	55.7587	55.4658	55.3579
CA-05	55.8075	56.0262	55.5711	55.8016
CA-06	55.7175	55.5310	55.7708	55.6731

Fuente: Elaboración propia

En el **Cuadro N° 26** se presentan los promedios de las Partículas Sedimentables, que resultan de la diferencia del pesaje final menos el pesaje inicial.

Cuadro N° 26.- Promedio de Partículas Sedimentables

Parante	PS (mg/cm ² /30 d)	PS (mg/cm ² /30 d)
CA-01	0.5730	0.5368
CA-02	0.4320	
CA-03	0.6053	
CA-04	4.6237	4.5414
CA-05	4.2790	
CA-06	4.7217	

Fuente: Elaboración propia

En el **Cuadro N° 26** se denota que la concentración de Partículas Sedimentables en el área con Cobertura con *Ficus benjamina* es 0.5368 mg/cm²/30 días, mientras que el área sin Cobertura de *Ficus benjamina* posee una concentración de 4.5414 mg/cm²/30 días; siendo el segundo 8.45 veces mayor que la primera cobertura. La dirección del viento es Sur (SENAMHI, 2017) siendo la fuente de generación de material particulado el tráfico vehicular la av. Angélica Gamarra ubicada al norte del Parque zonal “Mayta Cápac”, generando mayor concentración de Partículas Sedimentables en el área sin cobertura de *Ficus benjamina*.

La distribución de las partículas sedimentables en el Parque zonal “Mayta Cápac” se muestran en el **Mapa N° 4** Niveles de concentración de Partículas Sedimentables.

5.4. Discusión de resultados

Alegre, Mejía, Vásquez & Espinoza (2007) en su tesis titulada “**Determinación de la capacidad de adsorción de Material Particulado en el aire de 3 especies arbóreas en 2 avenidas principales de Cercado de Lima**” analizaron la especie *Tipuana tipu*, *Tecoma stans* y *Salix humboldtia*, en la cuadras 11, 12,13 y 14 de la Av. Arequipa y desde la cuadra 1 a la 4 de la Av. Abancay. Para colección de muestras colocaron trampas y conservaron y analizaron las muestras según la metodología de “*Standart Methods for the Examination of Water and Wasterwater, 20^{ed}*”. Alegre *et al.* (2007) concluyeron que las hojas de la *Tipuana tipu* presentan una adsorción de sólidos totales por área foliar de 0.001971 kg/m²; la *Tecoma stans*, 0.001461 kg/m²; y la *Salix humboldtia*, 0.001220 kg/m². *Tipuana tipu* es la especie más eficiente considerando su tasa de recambio de follaje (12.1 % cada 59 días).

La presente investigación (2018) coincide en el tipo de metodología utilizada para evaluar la capacidad de adsorción. Sin embargo, realiza los cálculos teniendo en cuenta la cantidad de hojas totales según el tipo de volumen de la especie *Ficus benjamina*; no obstante en el Cuadro N° 16, se muestra los valores en unidades mg/cm², los cuales si se convierten en las unidades utilizadas por Alegre *et al.* (2007) daría como resultado que el follaje de *Ficus benjamina* tiene una capacidad de adsorción de 0.0240 kg/m². El cual es 12.1 veces mayor a *Tipuana tipu*, 16.4 veces mayor a la *Tecoma stans*, y 19.7 veces mayor que *Salix humboldtia*.

En relación con la tasa de recambio, el valor de la especie *Ficus benjamina* es menor en sus tres volúmenes de follaje con respecto a *Tipuana tipu* (7.1 %, 7.0 % y 5.4 % versus 12.1 %, respectivamente), siendo además el tiempo de vida de las hojas menor (46 días contra 59 días).

Chipoco & Valencia (2015) en su tesis de investigación titulada “**Determinación de la capacidad de adsorción de material particulado en el aire en una especie arbórea *Schinus terebinthifolius* y una rastrera *Aptenia cordifolia* en el condominio La Quebrada-Cieneguilla**”, utilizaron la metodología de “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*” para el análisis de las muestras recolectadas; y la metodología validada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) denominada “placas receptoras”, para el análisis de la calidad del aire. Como resultado se obtuvo que la especie *Schinus terebinthifolius* presentó una capacidad de adsorción de material particulado de 1.18 mg/cm²/30 días; y la *Aptenia cordifolia*, 0.71 mg/cm²/30 días. Asimismo, el sistema de cobertura vegetal con las especies *Schinus terebinthifolius* y *Aptenia cordifolia* reduce en un 26.2 % la concentración de material particulado en comparación con las zonas sin cobertura; la zona con cobertura solo de *Aptenia cordifolia* reduce un 22.8 %.

En la presente investigación (2018) la capacidad de captación de *Ficus benjamina* es para follaje ralo de 405,472 mg ST/cm²/30 días; para follaje intermedio, 1’601,294 mg ST/árbol/30 días; y para follaje frondoso, 6’829,624 mg ST/árbol/30 días. Siendo valores considerablemente mayores a los calculados por Chipoco y Valencia (2015).

Dicha diferencia significativa podría tener dos explicaciones: la especie *Ficus benjamina* posee una mayor capacidad de adsorción versus las especies *Schinus terebinthifolius* y *Aptenia cordifolia*; o la concentración de material particulado en el Parque Zonal “Mayta Cápac” es mucho mayor que en el condominio La Quebrada-Cieneguilla, lo cual ocasionaría que la especie *Ficus benjamina* capte más material particulado que las otras especies escogidas.

La concentración de material particulado en la zona que no posee cobertura de *Ficus benjamina* en el parque zonal “Mayta Cápac” es de 4.5414 mg/cm²/30 días, mientras que la zona con cobertura de *Ficus benjamina* posee una concentración de 0.5368 mg/cm²/30 días. Lo cual representa una disminución del 88.18 % de la concentración del material particulado. Este porcentaje de reducción es mayor al obtenido en las zonas con *Schinus terebinthifolius* y *Aptenia cordifolia* (88.18 % de disminución versus 26.2 %, respectivamente).

Torres (2016) en su tesis titulada “**Reducción del Polvo Atmosférico Sedimentable a través de *Ficus benjamina* y *Salix humboldtiana* en el distrito de San Martín de Porres**” analizó la especie *Ficus benjamina* y *Salix humboldtiana*, en las zonas de Chuquitanta, Vipol, Canta Callao, entre otras del distrito. Para colección de muestras se seleccionaron ramas las cuales fueron limpiadas y monitoreadas durante 30 días, luego de los cuales fueron pesadas con y sin PAS; además se colocaron placas receptoras de vidrio dentro del follaje de cada individuo seleccionado. Torres (2016) concluyó que *Ficus benjamina* presenta una concentración en el follaje de 44.57 Tn/km²/mes; y *Salix humboldtiana*, 11.52 Tn/km²/mes; en muestras de origen biológico; mientras que en las placas receptoras

la concentración fue 0,515 gr PAS/gr masa vegetal y 0,204 gr PAS/gr masa vegetal, respectivamente.

La presente investigación (2018) coincide en el tipo de metodología utilizada para evaluar la capacidad de adsorción con el uso de placas receptoras; sin embargo difiere en el tipo de metodología utilizada para las muestras de follaje, en el tipo de ensayo de laboratorio y del método de selección, asimismo en el presente se realizó un ensayo de la composición de las PAS. Continuadamente, los resultados de los cálculos de capacidad de adsorción se presentan en el Cuadro N° 16 en unidades mg/cm^2 , los cuales si se convierten en las unidades utilizadas por Torres (2016) daría como resultado que *Ficus benjamina* tiene una capacidad de adsorción de 23.98 Tn/km^2 . El cual es 1.85 veces menor a que el valor calculado por Torres (2016), y 2.08 veces mayor que *Salix humboldtia*.

En la investigación de Torres (2016) no se realiza la comparativa entre zonas con y sin las especies elegidas, sin embargo en la presente investigación (2018) se determinó que la zona con cobertura de *Ficus benjamina* posee una concentración de $0.5368 \text{ mg}/\text{cm}^2/30$ días, siendo un valor equivalente al determinado por Torres en su investigación (relación 1:1.04).

Cejudo et al. (2013) en su estudio titulado “**Propiedades magnéticas de polvo urbano adsorbido en hojas de *Ficus benjamina* y su relación con los metales pesados**”, el cual tuvo como objetivo identificar los parámetros magnéticos que tienen mejores relaciones con la concentración de metales pesados en muestras de *Ficus benjamina*. Utilizaron un tipo de muestreo aleatorio, donde se eligió

aproximadamente 20 hojas maduras (coloración verde oscura y área de exposición aproximada de 6 cm²) por árbol en una altura entre 150 cm a 200 cm, los posteriores análisis magnéticos y químicos se realizaron en el Laboratorio Universitario de Geofísica Ambiental (LUGA). Los resultados demostraron que el follaje de *Ficus benjamina* son capaces de atrapar polvo urbano de tipo natural y antrópico a una altura respirable por la población humana. Además determinaron que existe correlación entre los parámetros magnéticas (susceptibilidad magnética y susceptibilidad dependiente de la frecuencia) de las hojas de *Ficus benjamina* y los metales pesados, principalmente con Hierro, Aluminio, Plomo y Zinc.

En la presente investigación (2018) se determinó que el porcentaje de Aluminio en el material particulado captado por el follaje de *Ficus benjamina* es de 0.9241 %; mientras que Hierro es el 1.204 %, coincidiendo con los resultados de la investigación de Cejudo *et al.* (2013), ya que dichos metales son los que presentan mayor concentración.

En el caso del Zinc y el Plomo poseen porcentajes bajos con respecto al total de concentración de material particulado, 0.1256% y no detectado, respectivamente⁷, lo cual difiere del estudio de Cejudo *et al.* (2013).

Castañeda (2016) en su tesis bajo el título de “**Caracterización y monitoreo magnético – ambiental de partículas suspendidas del aire urbano**” tuvo como objetivo diseñar una técnica no destructiva para el monitoreo de metales pesados y material particulado en el medio ambiente a través de la utilización de las

⁷ Ver Anexo N° 13: Resultados de laboratorio acreditado Envirotest S.A.C. Página 2 de 3.

propiedades magnéticas de las partículas acumuladas en colectores artificiales (filtros) y naturales (hojas de *Ficus benjamina* y *Tillandsia recurvata*). La metodología utilizada para la medición fue tanto por colector activo (equipo Hi-vol) como por biomonitoreo a través de las hojas de las especies seleccionadas. Los resultados demostraron que la morfología de la superficie de las hojas parece ser un factor dominante en la deposición de la partícula en la superficie de la hoja. Asimismo que para la ciudad de Querétaro (México) es viable el monitoreo magnético de la calidad del aire de la ciudad utilizando *Ficus Benjamina* como colector, no obstante solo es posible durante época de secas y el número necesario de días sugeridos para coleccionar muestras es de 15 días después de cualquier evento de lluvia.

La presente investigación (2018) reafirma las conclusiones de la investigación de Castañeda (2016), debido a que la especie *Ficus benjamina* posee una alta capacidad de adsorción de material particulado con respecto a otras especies, ya que sus hojas captan 0.0240 kg/m^2 . Asimismo la captación de metales es alta, especialmente para Aluminio y Hierro.

En el muestreo realizado para esta investigación no se contó con eventos de lluvia debido a la época en la que se realizó (noviembre de 2017), debido a eso no se puede coincidir o refutar la afirmación hecha por Castañeda (2016).

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- La capacidad de adsorción material particulado de la especie arbórea *Ficus benjamina* es de 405,472 mg/árbol/mes para los árboles de follaje ralo, con una renovación del 7.141 % de su follaje cada 46 días; 1'601,294 mg/árbol/mes para árboles de follaje intermedio, con una renovación del 7.003 % de su follaje cada 46 días; y 6'829,624 mg/árbol/mes para los árboles de follaje frondoso, con una renovación del 5.421 % de su follaje cada 46 días. La composición del material particulado es de 17.10 % en sólidos volátiles, 1.204 % de Hierro y 0.9241 % de Aluminio. La captación de material particulado del total de árboles en el parque zonal “Mayta Cápac” es de 438.76 kg/mes (árboles de follaje ralo: 15.81 kg/mes, árboles de follaje intermedio: 136.11 kg/mes, y árboles de follaje frondoso: 286.84 kg/mes). Cabe recalcar que el análisis se hizo durante la estación de primavera.
- Las personas beneficiadas por un individuo de *Ficus benjamina* de follaje ralo beneficia son 34; las personas beneficiadas por un individuo de follaje intermedio, son 135; las personas beneficiadas por un individuo de follaje frondoso, 576 habitantes. El beneficio del total de árboles en el parque zonal “Mayta Cápac” es de 36,993 habitantes (árboles de follaje ralo: 1,326 habitantes, árboles de follaje intermedio: 11,475 habitantes, y árboles de follaje frondoso: 24,192 habitantes). Los cálculos realizados se hicieron considerando el ECA para PM₁₀ (50 mg/m³, establecido en el D.S. N° 003-2017-MINAM), el volumen de aire respirado (7.9 m³) y la capacidad de adsorción de material particulado según el tipo de follaje.

- La concentración de Material Particulado (expresado como Partículas Sedimentables) en el área con cobertura de *Ficus benjamina* es 0.5368 mg/cm²/30 días, mientras que el área sin cobertura de *Ficus benjamina* posee una concentración de 4.5414 mg/cm²/30 días. Según el análisis de los valores obtenidos de SENAMHI para el periodo noviembre 2016 a noviembre 2017, la dirección del viento es hacia el Sur, siendo la fuente de generación de material particulado el tráfico vehicular en la Av. Angélica Gamarra y la Av. Universitaria (ubicadas al norte del Parque zonal “Mayta Cápac”), generando mayor concentración de Partículas Sedimentables en el área sin cobertura de *Ficus benjamina* (la relación de proporción es de 1:8.45).

6.2. Recomendaciones

- Realizar las mediciones de volumen de copa y cantidad de hojas para cada estación del año, para así poder conocer el aporte de adsorción de material particulado de la especie durante todo el año.
- Extrapolar la medición de las Partículas sedimentables a las viviendas aledañas teniendo en consideración la dirección del viento y las fuentes de emisión de contaminantes.
- Realizar los análisis de laboratorio con muestras de follaje obtenidas de otras zonas para realizar la comparativa de adsorción, con árboles que se encuentren en sotavento y barlovento.
- Determinar la concentración de Material particulado con muestreadores activos o monitores automáticos, que proporcionan mayor detalle sobre la contaminación y sobre la variación horaria.
- Evaluar especies arbóreas próximas a fuentes de emisión de contaminantes, como son zonas cerca a industrias, bermas de avenidas con gran tránsito vehicular, etc.
- Realizar investigaciones con especies nativas de la costa peruana como *Prosopis pallida*, *Handroanthus chrysanthus*, *Caesalpinia spinosa*, *Myrcianthes ferreyrae*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arciniégas, C. (Junio de 2012). Diagnóstico y control de Material Particulado: Partículas Suspendidas Totales y Fracción Respirable PM10. *Luna Azul*, 195-213.
- Ballester, F., Tenías, J., & Pérez-Hoyos, S. (Marzo de 1999). Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud: Una introducción. *Revista Española de Salud*, 73(2), 109-121.
- Castañeda, A. (2016). *Caracterización y monitoreo magnético – ambiental de partículas suspendidas del aire urbano (Tesis de Doctorado)*. Coyoacán, Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ceja, R., & et al. (2013). *Propiedades magnéticas de polvo urbano adsorbido en hojas de Ficus benjamina y su relación con los metales pesados*. Coyoacán, Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Clean Air Institute. (2013). *La calidad de aire en América Latina: Una visión panorámica*. Washington D.C., EE.UU.: Clean Air Institute.
- Comité de Gestión "Iniciativa Aire Limpio". (2010). *II Plan Integral de Saneamiento Atmosférico para Lima - Callao PISA 2011-2015*. Lima, Perú: Iniciativa Aire Limpio.
- Corporación Autónoma Regional del Quindío. (Marzo de 2003). *Glosario de Términos Ambientales*. Armeria, Quindio, Colombia: CRQ.
- Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM. (22 de Agosto de 2008). *Estándares de Calidad Ambiental para aire*. Lima, Perú.
- Decreto Supremo N° 003-2917-MINAM. (7 de Junio de 2017). *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire*. Lima, Perú.

- Decreto Supremo N° 004-2011-VIVIENDA. (17 de Junio de 2011). *Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Urbano*. Lima, Perú.
- Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM. (23 de Mayo de 2009). *Política Nacional del Ambiente*. Lima, Perú.
- Decreto Supremo N° 074-2001-PCM . (22 de Junio de 2001). *Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire*. Lima, Perú.
- Díaz, V., & Páez, C. (2006). Contaminación por material particulado en Quito y caracterización química de las muestras. *Acta Nova*, 308-322.
- Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica. (2016). *Evaluación de la Calidad del Aire en Lima Metropolitana 2015*. Lima, Perú: SENAMHI.
- Dirección General de Epidemiología. (2011). *Análisis de Situación de Salud de la Provincia de Lima*. Lima, Perú: Ministerio de Salud.
- Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental. (2012). *Glosario de términos para la Gestión Ambiental Peruana*. Lima, Perú: Ministerio del Ambiente.
- Francia, L. (2015). Las transferencias de aprovechamiento urbanístico como mecanismo de gestión para la obtención gratuita de suelos dotacionales y para compensar déficits de áreas verdes. *Derecho Urbanístico y Medio Ambiente*(297), 153-182.
- Frutos, P., & Esteban, S. (2009). Estimación de los beneficios generados por los parques y jardines urbanos a través del método de valoración contingente. *Urban Public Economics Review*(10), 13-51.
- Fundación Española para la Ciencia y la Teconología. (2004). *Meteoreología y Climatología*. Madrid, España: Global Diseña.

- Gómez, F. (2005). *CIUDAD Y TERRITORIO Estudios Territoriales*. Valencia, España: Ministerio de Vivienda.
- González, M. (2014). *Ecosistema Urbano*. San Miguel de Tucumán, Argentina: Universidad Nacional de Tucumán.
- GTM. (Julio de 2017). Ficha de datos de seguridad: Vaselina sólida. 4, 9. Lima, Perú.
- Instituto Metropolitano de Planificación. (2010). *Inventario de Áreas verdes a nivel metropolitano*. Lima: Urbanistas Perú.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2007). *Censo Nacional IX de Población y VI de Vivienda*. Lima: INEI.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2012). *Registro Nacional de Municipalidades*. Lima: INEI.
- Ley N° 28611. (15 de Octubre de 2005). *Ley General del Ambiente*. Lima, Perú.
- López, E. (Enero de 2013). Beneficios de la Implementación de áreas verdes urbanas para el desarrollo de ciudades turísticas. *Arquitectura, Urbanismo y Ciencias Sociales*, 4(1), 8.
- Maldonado, J. (Julio - Diciembre de 2009). Ciudades y contaminación ambiental. *Revista de Ingeniería*(30), 66-71.
- Maystre, L., & Spiegel, J. (1998). Control de la contaminación ambiental. En J. Stellman, *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo* (Vol. II, pág. 1133). Madrid, España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
- Mészáros, E. (2011). Fundamentals of Atmospheric Aerosol Chemistry. En C. Arciniégas, *Diagnóstico y control del Material Particulado: Partículas suspendidas totales y Fracción respirable PM10* (pág. 1). Caldas, Colombia: Universidad de Caldas.

- Ministerio del Ambiente. (2011). *Plan Nacional de Acción Ambiental PLANAA - PERÚ 2011-2021* (Segunda ed.). Lima: MINAM.
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013-2014*. Lima: MINAM.
- Municipalidad de San Martín de Porres. (2011). *Plan de Desarrollo Concertado del distrito de San Martín de Porres al 2021*. Lima, Perú.
- Organización Mundial de Salud. (2016). *World Health Organization*. Recuperado el Diciembre de 2017, de http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/
- Oyarzún, M. (Marzo de 2010). Contaminación aérea y sus efectos en la salud. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 26(1), 16-25.
- Ponce, E. (2005). *Diseño de un tren de potabilización para una planta generadora de agua embotellada (Tesis de Licenciatura)*. San Andrés de Cholula, Puebla, México: Universidad de las Américas Puebla.
- Resolución Ministerial N° 112-2015-MINAM. (16 de Mayo de 2015). *Índice de Calidad del Aire – INCA*. Lima, Lima, Perú: Ministerio del Ambiente.
- Romero, M., Diego, F., & Álvarez, M. (Mayo - Agosto de 2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 44(2).
- Sánchez de Lorenzo-Cáceres, J. M. (2013). Ficha técnica Ficus benjamina. Murcia, España: Ayuntamiento de Murcia.
- SEDAPAL/SUNASS. (17 de Noviembre de 2007). Profundidad del agua subterránea. *El Comercio*.

Torres, F. (2016). *Reducción del Polvo Atmosférico Sedimentable a través de Ficus benjamina y Salix humboldtiana en el distrito de San Martín de Porres (Tesis de Titulación)*. Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal.

Valencia M., V. (2006). Imaginarios del miedo en el contexto urbano de Manizales : implicaciones medioambientales. *Gestión y Ambiente*, 10(2), 179-190.

ANEXOS

Anexo N° 1: Matriz de Consistencia

Anexo N° 2: Descripción técnica del material adsorbente, vaselina sólida

Anexo N° 3: Fotografías procedimiento de campo

Anexo N° 4: Fotografía procedimiento en laboratorio

Anexo N° 5: Resultados de número de hojas según follaje

Anexo N° 6: Resultados de tiempo de vida de hojas

Anexo N° 7: Número de hojas que caen según follaje de *Ficus benjamina*

Anexo N° 8: Cálculo de muestra de árboles del Parque Zonal “Mayta Cápac”

Anexo N° 9: Determinación de altura y volumen de copa de *Ficus benjamina* del Parque Zonal “Mayta Cápac”

Anexo N° 10: Área superficial de hojas de *Ficus benjamina*

Anexo N° 11: Cálculo de área superficial de hojas de *Ficus benjamina*

Anexo N° 12: Resultados de Partículas Sedimentables en placas receptoras

Anexo N° 13: Resultados de laboratorio acreditado Envirotest S.A.C.

Anexo N° 14: Presupuesto

Anexo N° 15: Mapas

- Mapa N° 1: Ubicación del área de estudio
- Mapa N° 2: Distribución del área recreativa
- Mapa N° 3: Estaciones de monitoreo de Partículas Sedimentables
- Mapa N° 4: Niveles de concentración de Partículas Sedimentables

Anexo N° 1: Matriz de Consistencia

Cuadro N° 27.- Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Tipo de Investigación	Nivel de investigación	Diseño de investigación
Problema principal	Objetivo General	Hipótesis General			
¿Cuál es la capacidad de adsorción de material particulado de la especie arbórea <i>Ficus benjamina</i> en el parque zonal “Mayta Cápac” en el distrito de San Martín de Porres?	Conocer la capacidad de adsorción de material particulado de la especie arbórea <i>Ficus benjamina</i> en el parque zonal “Mayta Cápac” en el distrito de San Martín de Porres, mediante análisis de laboratorio, con la finalidad de contribuir a la toma de decisiones respecto a las medidas para minimizar la contaminación del aire.	La capacidad de adsorción de material particulado de la especie arbórea <i>Ficus benjamina</i> en el parque zonal “Mayta Cápac” en el distrito de San Martín de Porres justifica la conservación del buen estado de dicha especie para beneficio de la población.	Prospectiva , porque se utilizan datos producto de las mediciones hechas por el investigador, y transversal , ya que si bien las mediciones se realizarán varias mediciones se tomará como un solo valor promedio.	No experimental , porque no se manipularon las variables de estudio.	Descriptivo , ya que se describen fenómenos en una circunstancia temporal-espacial determinada.
Problemas secundarios	Objetivos específicos	Hipótesis Específicas	Variables	Dimensión	Indicadores
¿De qué manera se determinará la capacidad de adsorción y la composición material particulado de la especie arbórea <i>Ficus benjamina</i> ?	Calcular la capacidad de adsorción y composición de material particulado de la especie arbórea <i>Ficus benjamina</i> , mediante análisis de laboratorio.	La capacidad de adsorción de material particulado de la especie arbórea <i>Ficus benjamina</i> será mayor según sea el follaje de los árboles.	Dependiente Capacidad de adsorción de material particulado	Capacidad de adsorción de árboles según follaje (ralo, intermedio, frondoso)	Peso de Material particulado por árbol al mes (mg/árbol/mes)
			Independiente Concentración de Material particulado en hojas de <i>Ficus benjamina</i>	Sólidos en Material particulado	Concentración de Sólidos Totales (mg/L) Concentración de Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)
				Metales en Material particulado	Concentración de Metales: Fe, Al (mg/L)
¿Cómo se calcularán las personas beneficiados por la descontaminación producida por la capacidad de adsorción de material particulado de la especie <i>Ficus benjamina</i> ?	Estimar las personas beneficiadas de la descontaminación del aire producido por la capacidad de adsorción de material particulado de la especie arbórea <i>Ficus benjamina</i> , mediante un cálculo teórico de volumen de aire respirado al día y los Estándares de Calidad Ambiental para PM ₁₀ .	Las personas beneficiadas de la descontaminación del aire producido por la capacidad de adsorción de material particulado de la especie arbórea <i>Ficus benjamina</i> serán más según sea el follaje de los árboles.	Dependiente Descontaminación del aire	Personas afectadas por la descontaminación	Cantidad de personas beneficiadas
			Independiente Fluidos presentes en el aire	Fluidos que intervienen en la respiración	Volumen de aire respirado (m ³ /día) Concentración de PM 10, permitido por ECA
¿Cuál es la variación en la concentración de material particulado de las áreas con <i>Ficus benjamina</i> frente a las áreas sin plantación de <i>Ficus benjamina</i> ?	Comparar la concentración de material particulado entre las áreas con <i>Ficus benjamina</i> y las áreas sin plantación de <i>Ficus benjamina</i> , considerando la dirección del viento.	La concentración de material particulado en el área con <i>Ficus benjamina</i> será menor que las áreas sin plantación de <i>Ficus benjamina</i> , considerando la dirección del viento.	Dependiente Alteración de la especie <i>Ficus benjamina</i> a la calidad del aire	Alteración de <i>Ficus benjamina</i> a la concentración de material particulado	Relación de proporción en zonas con y sin plantación de <i>Ficus benjamina</i>
			Independiente Concentración de material particulado	Partículas sedimentables según área (Con y sin plantación de <i>Ficus benjamina</i>)	Peso de Partículas sedimentables por área al mes (mg/cm ² /mes)

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 2: Descripción técnica del material adsorbente, vaselina sólida

Nombre: Vaselina Sólida

Sustancia: Vaselina sólida (CAS 8009-03-8): 100 % - Not classified

Propiedades físicas y químicas

- **Estado físico:** Semisólido
- **Color:** Blanco
- **Olor:** Inodoro
- **pH:** N/D
- **Punto de fusión/de congelación:** 45°C (113°F) - DIN/ISO 2207
- **Punto/ intervalo de ebullición:** >300°C (572°F)
- **Inflamabilidad:** No inflamable
- **Presión de vapor (20°C):** <0,1 hPa-calc.
- **Densidad (80°C):** 0,820 g/cm³ – DIN 51757
- **Solubilidad (20°C):** Insoluble
- **Viscosidad cinemática (cSt a 20°C):** 6,4 – DIN 51562
- **Propiedades explosivas:** No explosivo
- **Propiedades comburentes:** No reacciona con materias combustibles

Reactividad: No se espera que se produzcan reacciones o descomposiciones del producto en condiciones normales de almacenamiento. No contiene peróxidos orgánicos. No es corrosivo para los metales. No reacciona con el agua.

Estabilidad química: El producto es químicamente estable y no requiere estabilizantes.

Reacciones peligrosas: No se espera polimerización peligrosa.

Condiciones a evitarse: Altas temperaturas o calentamiento excesivo.

Materiales incompatibles: Agentes oxidantes fuertes.

Productos de descomposición peligrosos: En caso de calentamiento puede desprender vapores irritantes y tóxicos.

Persistencia y degradabilidad: Biodegradabilidad (OECD 301 F): 31 % en 28 días.

Contenido de metales: No contiene halógenos orgánicos ni metales.

Información sobre la reglamentación

- Sustancia no peligrosa para la capa de ozono (1005/2009/CE).
- Contenidos orgánicos volátiles de los compuestos (COV) (2004/42/CE):

N/D

Fuente: GTM, Ficha de datos de seguridad: Vaselina líquida (2017)

Anexo N° 3: Fotografías procedimientos de campo

Colocación de trampas para hojas y recojo de muestras

Fotografías N° 1 y N° 2: Instalación de trampas en árboles para recojo de muestras



Fotografía N° 3 y N° 4: Vistas de las trampas colocadas



Fotografías N° 5, N° 6 y N° 7: Recojo de muestras cada 10 días



Conteo de hojas según follaje

Fotografía N° 8 y N° 9: Conteo de las hojas con ayuda del recipiente



Medición de altura y volumen de copas de árbol

Fotografía N° 10 y N° 11: Medición de sombra de la copa del árbol



Fotografía N° 12 y N° 13: Medición de altura de visión



Fotografía N° 14: Medición de distancia para el eclímetro desde base del árbol



Fotografía N° 15: Medición de altura de árbol con eclímetro



Instalación de parantes para medición de Partículas Sedimentables

Fotografía N° 16, N° 17 y N° 18: Parantes en zona con *Ficus benjamina* (CA-01, CA-02 y CA-03)



Fotografía N° 19, N° 20 y N° 21: Parantes en zona con otras especies (CA-04, CA-05 y CA-06)



Recolección de muestras para análisis de laboratorio

Fotografía N° 22: Recolección de hojas para análisis de laboratorio



Determinación de tiempo de vida de hojas

Fotografía N° 23: Colocación de listones en brote de hojas para seguimiento



Anexo N° 4: Fotografías procedimiento en laboratorio

Fotografías N° 24 y N° 25.- Lavado de hojas de *Ficus benamina* en agua destilada



Fotografía N° 26.- Preparación de muestras para análisis en laboratorio



Anexo N° 5: Resultados de número de hojas según follaje

Cuadro N° 28.- Datos tomados de campo

Ítem	Número de hojas		
	Follaje Ralo	Follaje Intermedio	Follaje Frondoso
1	58	95	189
2	54	73	115
3	68	102	157
4	64	98	135
5	40	75	124
6	46	65	116
7	58	99	140
8	53	71	123
9	47	96	150
10	70	84	126
11	49	75	128
12	53	66	139
13	49	86	133
14	66	91	133
15	65	97	154
16	55	73	127
17	50	80	151
18	60	98	144
19	56	101	129
20	66	84	141

Promedio	56.35	85.45	137.7
-----------------	-------	-------	-------

Fuente: Elaboración propia

Prueba de Dixon

- Nivel de confianza: 95 %
- Número de muestra: 20
- Dato tabulado: 0.342

Cuadro N° 29.- Datos de número de hojas de Follaje ralo – Reordenado

Ítem	# Hojas	Dato calculado	Condición
1	70	0.0667	Aceptado
2	68	0.0667	Aceptado
3	66	0.0000	Aceptado
4	66	0.0333	Aceptado
5	65	0.0333	Aceptado
6	64	0.1333	Aceptado
7	60	0.0667	Aceptado
8	58	0.0000	Aceptado
9	58	0.0667	Aceptado
10	56	0.0333	Aceptado
11	55	0.0333	Aceptado
12	54	0.0333	Aceptado
13	53	0.0000	Aceptado
14	53	0.1000	Aceptado
15	50	0.0333	Aceptado
16	49	0.0000	Aceptado
17	49	0.0667	Aceptado
18	47	0.0333	Aceptado
19	46	0.2000	Aceptado
20	40	1.3333	

Promedio sin valores atípicos	56
--------------------------------------	----

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 30.- Datos de número de hojas de Follaje intermedio – Reordenado

Ítem	# Hojas	Dato calculado	Condición
1	102	0.0270	Aceptado
2	101	0.0541	Aceptado
3	99	0.0270	Aceptado
4	98	0.0000	Aceptado
5	98	0.0270	Aceptado
6	97	0.0270	Aceptado
7	96	0.0270	Aceptado
8	95	0.1081	Aceptado
9	91	0.1351	Aceptado
10	86	0.0541	Aceptado
11	84	0.0000	Aceptado
12	84	0.1081	Aceptado
13	80	0.1351	Aceptado
14	75	0.0000	Aceptado
15	75	0.0541	Aceptado
16	73	0.0000	Aceptado
17	73	0.0541	Aceptado
18	71	0.1351	Aceptado
19	66	0.0270	Aceptado
20	65	1.7568	

Promedio sin valores atípicos	85
--------------------------------------	-----------

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 31.- Datos de número de hojas de Follaje frondoso – Reordenado

Ítem	# Hojas	Dato calculado	Condición
1	189	0.4324	Atípico
2	157	0.0405	Aceptado
3	154	0.0405	Aceptado
4	151	0.0135	Aceptado
5	150	0.0811	Aceptado
6	144	0.0405	Aceptado
7	141	0.0135	Aceptado
8	140	0.0135	Aceptado
9	139	0.0541	Aceptado
10	135	0.0270	Aceptado
11	133	0.0000	Aceptado
12	133	0.0541	Aceptado
13	129	0.0135	Aceptado
14	128	0.0135	Aceptado
15	127	0.0135	Aceptado
16	126	0.0270	Aceptado
17	124	0.0135	Aceptado
18	123	0.0946	Aceptado
19	116	0.0135	Aceptado
20	115	1.5541	

Promedio sin valores atípicos	135
--------------------------------------	-----

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 6: Número de hojas que caen según follaje de *Ficus benjamina*

Cuadro N° 32.- Cantidad de hojas que caen según follaje

Recolección	Ítem	Hojas Ralo	Hojas Intermedio	Hojas Frondoso
1era (Día 1 - Día 10)	1	19	46	80
	2	20	42	80
	3	16	46	77
	4	18	45	79
	5	21	47	77
2da (Día 11 - Día 20)	1	19	44	76
	2	16	43	80
	3	20	47	76
	4	19	45	78
	5	19	41	81
3era (Día 21 - Día 30)	1	19	41	77
	2	17	47	78
	3	17	43	76
	4	17	44	76
	5	17	42	80
Promedio		18	44	78

Fuente: Elaboración propia

Prueba de Dixon

- **Nivel de confianza:** 95 %
- **Número de muestra:** 15
- **Dato tabulado:** 0.384

Cuadro N° 33.- Datos de número de hojas que caen Follaje Ralo – Reordenado

Ítem	# Hojas	Dato calculado	Condición
1	21	0.2000	Aceptado
2	20	0.0000	Aceptado
3	20	0.2000	Aceptado
4	19	0.0000	Aceptado
5	19	0.0000	Aceptado
6	19	0.0000	Aceptado
7	19	0.0000	Aceptado
8	19	0.2000	Aceptado
9	18	0.2000	Aceptado
10	17	0.0000	Aceptado
11	17	0.0000	Aceptado
12	17	0.0000	Aceptado
13	17	0.2000	Aceptado
14	16	0.0000	Aceptado
15	16	3.2000	

Promedio sin valores atípicos	18
--------------------------------------	----

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 34.- Datos de número de hojas que caen Follaje Intermedio –

Reordenado

Ítem	# hojas	Dato calculado	Condición
1	47	0.0000	Aceptado
2	47	0.0000	Aceptado
3	47	0.1667	Aceptado
4	46	0.0000	Aceptado
5	46	0.1667	Aceptado
6	45	0.0000	Aceptado
7	45	0.1667	Aceptado
8	44	0.0000	Aceptado
9	44	0.1667	Aceptado
10	43	0.0000	Aceptado
11	43	0.1667	Aceptado
12	42	0.0000	Aceptado
13	42	0.1667	Aceptado
14	41	0.0000	Aceptado
15	41	6.8333	

Promedio sin valores atípicos	44
--------------------------------------	----

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 35.- Datos de número de hojas que caen Follaje Frondoso –

Reordenado

Ítem	# Hojas	Dato calculado	Condición
1	81	0.2000	Aceptado
2	80	0.0000	Aceptado
3	80	0.0000	Aceptado
4	80	0.0000	Aceptado
5	80	0.2000	Aceptado
6	79	0.2000	Aceptado
7	78	0.0000	Aceptado
8	78	0.2000	Aceptado
9	77	0.0000	Aceptado
10	77	0.0000	Aceptado
11	77	0.2000	Aceptado
12	76	0.0000	Aceptado
13	76	0.0000	Aceptado
14	76	0.0000	Aceptado
15	76	15.2000	

Promedio sin valores atípicos	78
--------------------------------------	----

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 7: Resultados de tiempo de vida de hojas

Cuadro N° 36.- Datos tomados de campo

Ítem	Días	Valor calculado	Condición
1	7	-4.043	Atípico
2	46	0.230	Aceptado
3	42	-0.208	Aceptado
4	43	-0.099	Aceptado
5	41	-0.318	Aceptado
6	44	0.011	Aceptado
7	41	-0.318	Aceptado
8	45	0.121	Aceptado
9	48	0.449	Aceptado
10	42	-0.208	Aceptado
11	46	0.230	Aceptado
12	48	0.449	Aceptado
13	45	0.121	Aceptado
14	42	-0.208	Aceptado
15	47	0.340	Aceptado
16	47	0.340	Aceptado
17	53	0.997	Aceptado
18	52	0.888	Aceptado
19	49	0.559	Aceptado
20	50	0.668	Aceptado

Fuente: Elaboración propia

Promedio inicial: 44

Desviación estándar: 9.126

Promedio sin valores atípicos: 46

Nota: Se aplicó el método de Desviación estándar y no Dixon debido a la naturaleza de valores.

Anexo N° 8: Cálculo de muestra de árboles del Parque Zonal “Mayta Cápac”

Se aplica la siguiente fórmula para determinar el número de muestra:

Ecuación N° 3.- Determinación de tamaño de muestra

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 * N * \sigma^2}{(N - 1) * E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 * \sigma^2}$$

Dónde:

n: muestra de los árboles

N: total de árboles

$Z_{1-\alpha/2}$: Nivel de confianza

σ : desviación estándar

E: Error permisible

Datos del Parque Zonal Mayta Cápac:

n: muestra de los árboles

N: 166 árboles

$Z_{1-\alpha/2}$: 1.96 (95 %)

σ : 0.25

E: 0.053

Aplicando la Ecuación 3:

$$n = \frac{1.96^2 * 166 * 0.25^2}{(166 - 1) * 0.053^2 + 1.96^2 * 0.25^2} = 57$$

Se obtiene 57 árboles. Se considera adicionar una muestra de contingencia de 6 árboles siendo la muestra total equivalente a 63 árboles.

Nota: La muestra de contingencia puede variar de 10 % a 15 %.

Teniendo en cuenta el inventario de *Ficus benjamina* en el parque zonal Mayta Cápac (Ver **Cuadro N° 7**), la distribución de la muestra sería:

Follaje ralo: 15 árboles

Follaje intermedio: 32 árboles

Follaje frondoso: 16 árboles

Anexo N° 9: Determinación de altura y volumen de copa de *Ficus benjamina* del

Parque Zonal “Mayta Cápac”

Cuadro N° 37.- Cálculo de altura de árboles de *Ficus benjamina*

N°	Altura de medición (m)	Altura inicio de copa (m)			Altura final de copa (m)			Altura total (m)	Altura de copa (m)	Follaje
		Áng.	Dist.	Altura base	Áng.	Dist.	Altura final			
1	1.61	-	-	1.85	120	5	2.89	4.50	1.04	Ralo
2	1.61	-	-	1.75	123	5	3.25	4.86	1.50	Ralo
3	1.61	-	-	2.02	124	5	3.37	4.98	1.35	Ralo
4	1.61	-	-	1.86	128	5	3.91	5.52	2.05	Ralo
5	1.61	-	-	1.89	121	5	3.00	4.61	1.11	Ralo
6	1.61	-	-	1.95	122	5	3.12	4.73	1.17	Ralo
7	1.61	-	-	1.90	121	5	3.00	4.61	1.10	Ralo
8	1.61	-	-	1.80	123	5	3.25	4.86	1.45	Ralo
9	1.61	-	-	1.97	123	5	3.25	4.86	1.28	Ralo
10	1.61	-	-	1.95	121	5	3.00	4.61	1.05	Ralo
11	1.61	-	-	1.77	121	5	3.00	4.61	1.23	Ralo
12	1.61	-	-	1.95	121	5	3.00	4.61	1.05	Ralo
13	1.61	-	-	1.77	122	5	3.12	4.73	1.35	Ralo
14	1.61	-	-	2.00	122	5	3.12	4.73	1.12	Ralo
15	1.61	-	-	1.86	121	5	3.00	4.61	1.14	Ralo
16	1.61	-	-	1.89	120	5	2.89	4.50	1.00	Ralo
17	1.61	-	-	2.19	129	5	4.05	5.66	1.86	Intermedio
18	1.61	-	-	2.18	129	5	4.05	5.66	1.87	Intermedio
19	1.61	-	-	1.94	123	6	3.90	5.51	1.96	Intermedio
20	1.61	-	-	1.91	131	5	4.35	5.96	2.44	Intermedio
21	1.61	113	6	2.55	130	6	5.03	6.64	2.49	Intermedio

N°	Altura de medición (m)	Altura inicio de copa (m)			Altura final de copa (m)			Altura total (m)	Altura de copa (m)	Follaje
		Áng.	Dist.	Altura base	Áng.	Dist.	Altura final			
22	1.61	-	-	1.94	128	5	3.91	5.52	1.97	Intermedio
23	1.61	-	-	1.98	127	5	3.77	5.38	1.79	Intermedio
24	1.61	-	-	2.07	129	5	4.05	5.66	1.98	Intermedio
25	1.61	115	5	2.33	130	5	4.20	5.81	1.86	Intermedio
26	1.61	-	-	1.91	126	5	3.63	5.24	1.72	Intermedio
27	1.61	-	-	1.95	130	5	4.20	5.81	2.25	Intermedio
28	1.61	-	-	2.19	133	5	4.66	6.27	2.47	Intermedio
29	1.61	-	-	1.93	130	5	4.20	5.81	2.27	Intermedio
30	1.61	-	-	2.02	128	6	4.69	6.30	2.67	Intermedio
31	1.61	116	5	2.44	133	5	4.66	6.27	2.22	Intermedio
32	1.61	114	5	2.23	131	5	4.35	5.96	2.12	Intermedio
33	1.61	-	-	2.02	127	6	4.52	6.13	2.50	Intermedio
34	1.61	-	-	2.09	130	5	4.20	5.81	2.11	Intermedio
35	1.61	-	-	1.97	128	5	3.91	5.52	1.94	Intermedio
36	1.61	-	-	2.10	129	5	4.05	5.66	1.95	Intermedio
37	1.61	-	-	1.91	127	5	3.77	5.38	1.86	Intermedio
38	1.61	-	-	2.08	128	5	3.91	5.52	1.83	Intermedio
39	1.61	-	-	2.03	125	6	4.20	5.81	2.17	Intermedio
40	1.61	-	-	2.14	124	6	4.05	5.66	1.91	Intermedio
41	1.61	117	5	2.55	133	5	4.66	6.27	2.11	Intermedio
42	1.61	-	-	2.00	126	5	3.63	5.24	1.63	Intermedio
43	1.61	-	-	2.06	128	5	3.91	5.52	1.85	Intermedio
44	1.61	-	-	1.95	123	6	3.90	5.51	1.95	Intermedio

N°	Altura de medición (m)	Altura inicio de copa (m)			Altura final de copa (m)			Altura total (m)	Altura de copa (m)	Follaje
		Áng.	Dist.	Altura base	Áng.	Dist.	Altura final			
45	1.61	-	-	2.18	129	5	4.05	5.66	1.87	Intermedio
46	1.61	-	-	2.11	128	5	3.91	5.52	1.80	Intermedio
47	1.61	-	-	2.06	129	5	4.05	5.66	1.99	Intermedio
48	1.61	115	5	2.33	131	5	4.35	5.96	2.01	Intermedio
49	1.61			2.11	140	5	5.96	7.57	3.85	Frondoso
50	1.61	107	7.5	2.29	134	7.5	7.24	8.85	4.95	Frondoso
51	1.61			1.76	128	5	3.91	5.52	2.15	Frondoso
52	1.61			1.94	127	5	3.77	5.38	1.83	Frondoso
53	1.61			2.20	130	5	4.20	5.81	2.00	Frondoso
54	1.61	115	5	2.33	137	5	5.36	6.97	3.03	Frondoso
55	1.61			2.14	135	5	5.00	6.61	2.86	Frondoso
56	1.61			1.79	136	5	5.18	6.79	3.39	Frondoso
57	1.61			1.92	135	5	5.00	6.61	3.08	Frondoso
58	1.61	108	7.5	2.44	125	7.5	5.25	6.86	2.81	Frondoso
59	1.61			1.92	133	5	4.66	6.27	2.74	Frondoso
60	1.61			1.90	135	5	5.00	6.61	3.10	Frondoso
61	1.61			2.01	134	5	4.83	6.44	2.82	Frondoso
62	1.61			1.99	135	5	5.00	6.61	3.01	Frondoso
63	1.61			2.13	133	5	4.66	6.27	2.53	Frondoso

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 38.- Promedio de alturas de copa y alturas de árbol

Follaje	Tamaño de copa (m)	Altura de árbol (m)
Ralo	1.25	4.75
Intermedio	2.04	5.76
Frondoso	2.94	6.52

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 39.- Cálculo de altura y volumen de copa de *Ficus benjamina*

N°	Área de árboles			Follaje	Altura de copa (m)	Volumen de copa (m ³)
	Ancho (m)	Largo (m)	Área (m ²)			
1	1.48	1.46	1.697	Ralo	1.25	0.708
2	2.09	2.79	4.580	Ralo	1.25	1.909
3	2.15	2.92	4.931	Ralo	1.25	2.056
4	2.26	4.02	7.135	Ralo	1.25	2.975
5	2.94	2.98	6.881	Ralo	1.25	2.869
6	2.28	2.53	4.530	Ralo	1.25	1.889
7	2.15	2.28	3.850	Ralo	1.25	1.605
8	1.57	1.64	2.022	Ralo	1.25	0.843
9	2.17	1.54	2.625	Ralo	1.25	1.094
10	1.89	3.01	4.468	Ralo	1.25	1.863
11	2.47	1.79	3.472	Ralo	1.25	1.448
12	1.93	2.83	4.290	Ralo	1.25	1.789
13	2.00	1.73	2.717	Ralo	1.25	1.133
14	1.91	1.66	2.490	Ralo	1.25	1.038
15	2.36	1.94	3.596	Ralo	1.25	1.499
16	1.50	2.13	2.509	Ralo	1.25	1.046
17	2.28	2.53	4.530	Intermedio	2.04	3.086
18	2.10	2.30	3.793	Intermedio	2.04	2.584
19	3.56	4.46	12.470	Intermedio	2.04	8.494
20	1.60	1.84	2.312	Intermedio	2.04	1.575
21	2.97	4.21	9.820	Intermedio	2.04	6.689
22	3.48	2.18	5.958	Intermedio	2.04	4.058
23	2.47	2.53	4.908	Intermedio	2.04	3.343

N°	Área de árboles			Follaje	Altura de copa (m)	Volumen de copa (m ³)
	Ancho (m)	Largo (m)	Área (m ²)			
24	2.07	2.12	3.447	Intermedio	2.04	2.348
25	2.55	2.70	5.407	Intermedio	2.04	3.683
26	3.24	3.76	9.568	Intermedio	2.04	6.517
27	2.54	2.52	5.027	Intermedio	2.04	3.424
28	3.05	4.00	9.582	Intermedio	2.04	6.526
29	1.79	3.84	5.399	Intermedio	2.04	3.677
30	3.15	2.61	6.457	Intermedio	2.04	4.398
31	3.19	3.65	9.145	Intermedio	2.04	6.229
32	1.97	1.97	3.048	Intermedio	2.04	2.076
33	1.61	3.31	4.185	Intermedio	2.04	2.851
34	2.92	2.18	5.000	Intermedio	2.04	3.405
35	3.02	2.95	6.997	Intermedio	2.04	4.766
36	3.27	3.75	9.631	Intermedio	2.04	6.560
37	2.68	3.09	6.504	Intermedio	2.04	4.430
38	3.29	4.09	10.568	Intermedio	2.04	7.198
39	2.96	1.91	4.440	Intermedio	2.04	3.024
40	2.05	2.66	4.283	Intermedio	2.04	2.917
41	3.38	2.31	6.132	Intermedio	2.04	4.177
42	2.73	3.08	6.604	Intermedio	2.04	4.498
43	3.39	2.22	5.911	Intermedio	2.04	4.026
44	1.78	3.82	5.340	Intermedio	2.04	3.637
45	2.22	3.95	6.887	Intermedio	2.04	4.691
46	3.38	2.41	6.398	Intermedio	2.04	4.358

N°	Área de árboles			Follaje	Altura de copa (m)	Volumen de copa (m ³)
	Ancho (m)	Largo (m)	Área (m ²)			
47	2.10	2.20	3.629	Intermedio	2.04	2.471
48	2.15	2.05	3.462	Intermedio	2.04	2.358
49	2.57	7.10	14.331	Frondoso	2.94	14.059
50	4.30	7.39	24.958	Frondoso	2.94	24.483
51	3.62	3.62	10.292	Frondoso	2.94	10.096
52	3.05	3.75	8.983	Frondoso	2.94	8.812
53	3.33	3.30	8.631	Frondoso	2.94	8.467
54	3.25	3.78	9.649	Frondoso	2.94	9.465
55	3.18	3.99	9.965	Frondoso	2.94	9.776
56	4.02	3.76	11.871	Frondoso	2.94	11.646
57	2.86	4.14	9.299	Frondoso	2.94	9.123
58	2.74	3.74	8.048	Frondoso	2.94	7.895
59	4.02	3.99	12.598	Frondoso	2.94	12.358
60	3.63	3.63	10.349	Frondoso	2.94	10.152
61	3.83	3.85	11.581	Frondoso	2.94	11.361
62	2.43	4.59	8.760	Frondoso	2.94	8.594
63	3.76	4.31	12.728	Frondoso	2.94	12.486

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 40.- Promedio de volúmenes y área de sombra

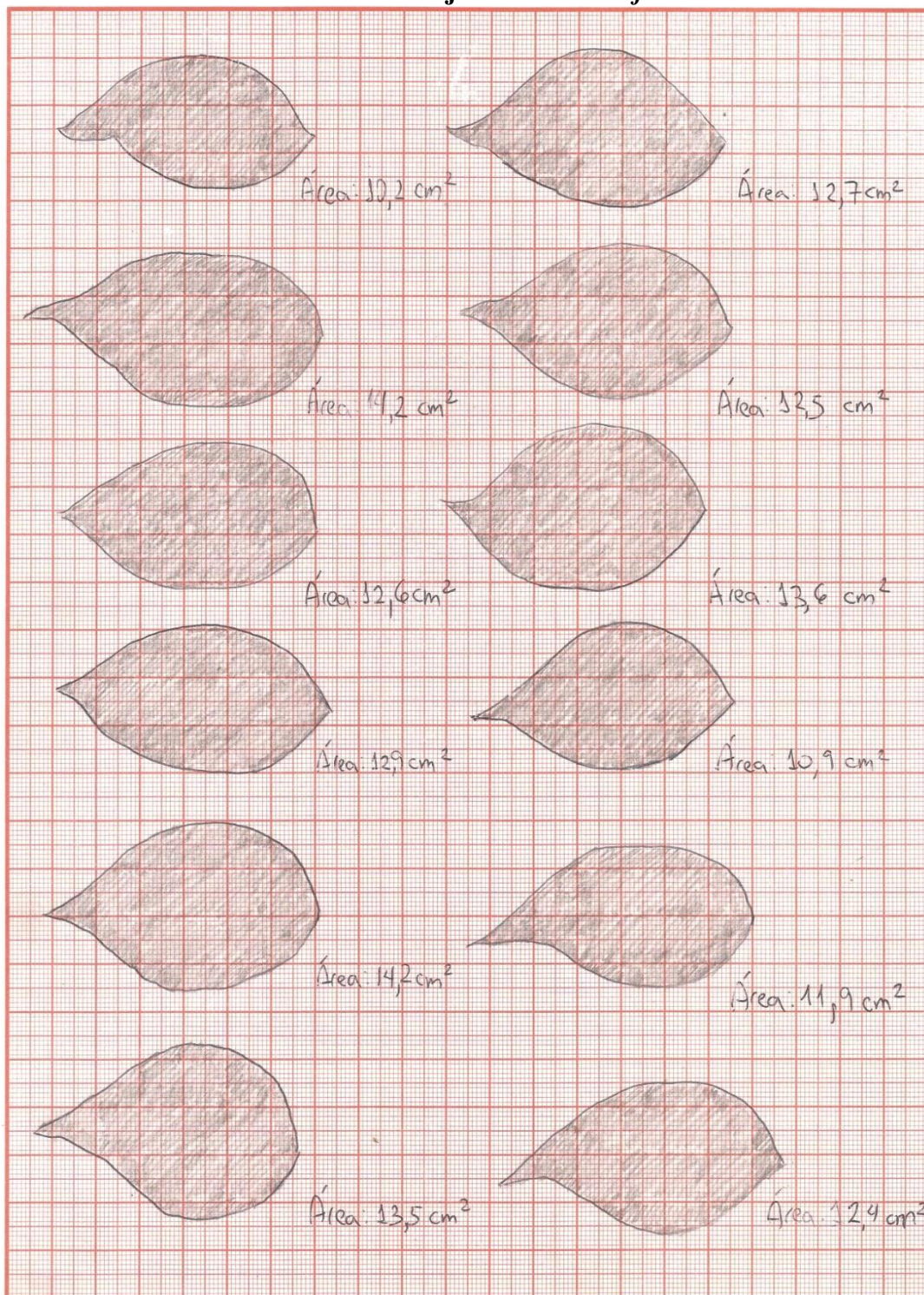
Follaje	Volumen de copa (m ³)	Área de sombra (m ²)
Ralo	1.610	3.862
Intermedio	4.190	6.151
Frondoso	11.251	11.470

Fuente: Elaboración propia

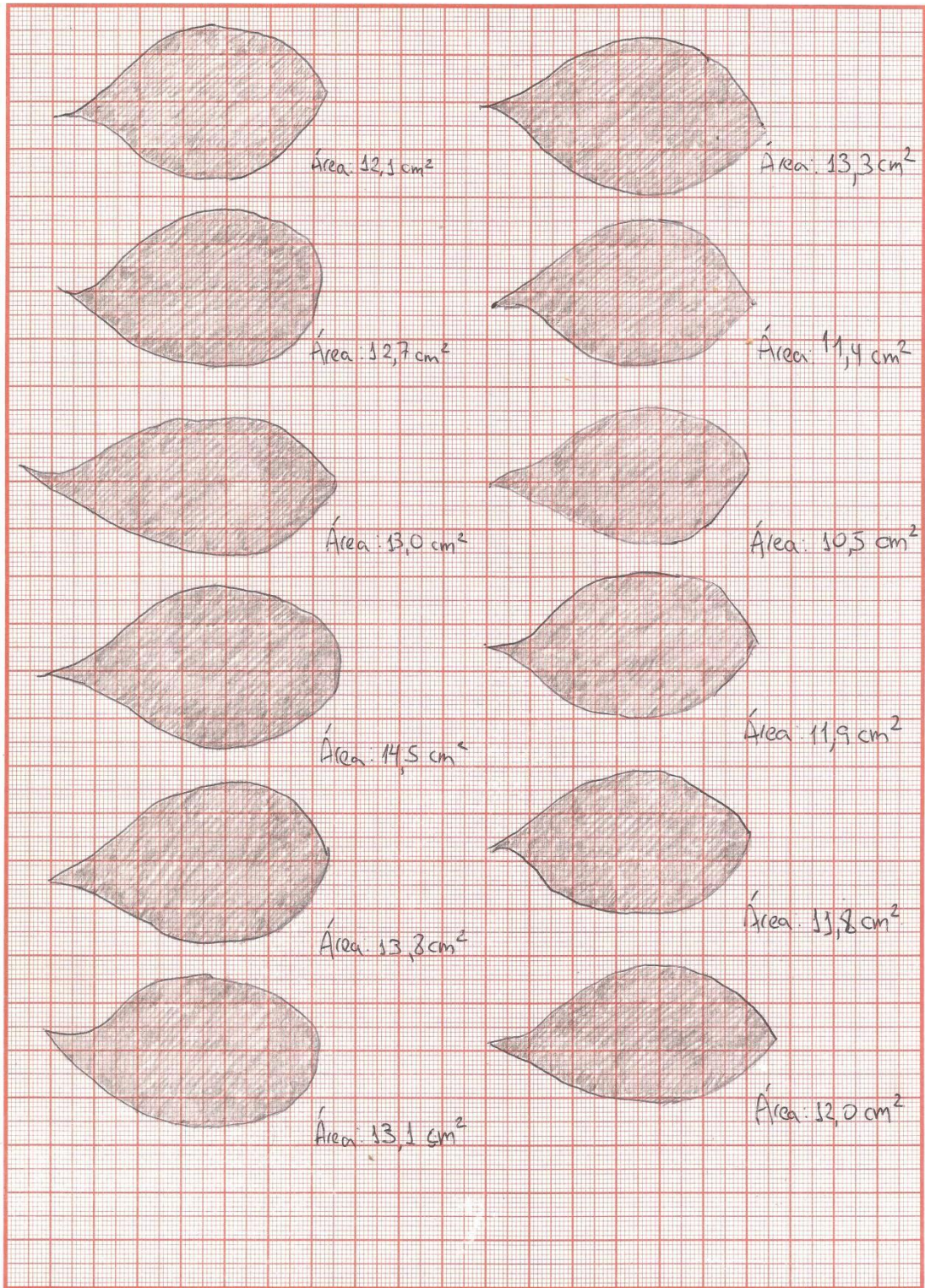
Anexo N° 10: Área superficial de hojas de *Ficus benjamina*

Las siluetas de las hojas recogidas de la especie *Ficus benjamina* se presentan en la **Ilustración N° 3**. De acuerdo al procedimiento detallado en el ítem 3.3.2.

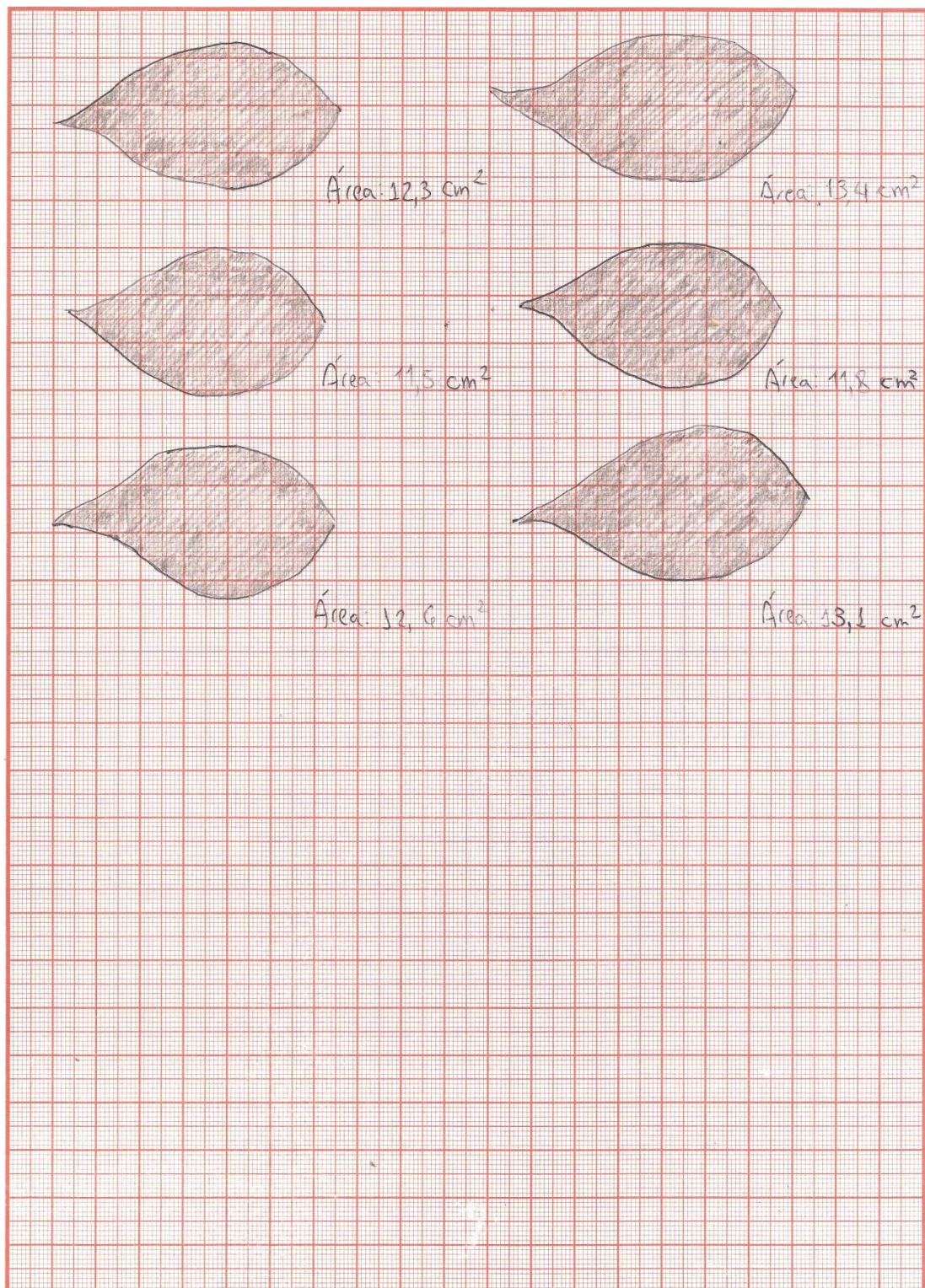
Ilustración 3.- Hojas de *Ficus benjamina*



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 11: Cálculo de área superficial de hojas de *Ficus benjamina*

Cuadro N° 41.- Área de hojas de *Ficus benjamina*

Muestra	Área (cm ²)
1	12.1
2	13.3
3	12.7
4	11.4
5	13.0
6	10.5
7	14.5
8	11.9
9	13.8
10	11.8
11	13.1
12	12.0
13	10.2
14	14.2
15	12.6
16	12.9

Muestra	Área (cm ²)
17	14.2
18	13.5
19	12.7
20	12.5
21	13.6
22	10.9
23	11.9
24	12.4
25	12.3
26	11.5
27	12.6
28	13.4
29	11.8
30	13.1
Promedio	12.5

Fuente: Elaboración propia

Prueba de Dixon

- **Nivel de confianza:** 95 %
- **Número de muestra:** 30
- **Dato tabulado:** 0.290

Cuadro N° 42.- Valores de área de hoja reordenado

Ítem	Área (cm ²)	Dato calculado	Condición
1	14.5	0.0698	Aceptado
2	14.2	0.0000	Aceptado
3	14.2	0.0930	Aceptado
4	13.8	0.0465	Aceptado
5	13.6	0.0233	Aceptado
6	13.5	0.0233	Aceptado
7	13.4	0.0233	Aceptado
8	13.3	0.0465	Aceptado
9	13.1	0.0000	Aceptado
10	13.1	0.0233	Aceptado
11	13.0	0.0233	Aceptado
12	12.9	0.0465	Aceptado
13	12.7	0.0000	Aceptado
14	12.7	0.0233	Aceptado
15	12.6	0.0000	Aceptado
16	12.6	0.0233	Aceptado
17	12.5	0.0233	Aceptado
18	12.4	0.0233	Aceptado
19	12.3	0.0465	Aceptado
20	12.1	0.0233	Aceptado
21	12.0	0.0233	Aceptado
22	11.9	0.0000	Aceptado
23	11.9	0.0233	Aceptado
24	11.8	0.0000	Aceptado
25	11.8	0.0698	Aceptado
26	11.5	0.0233	Aceptado
27	11.4	0.1163	Aceptado
28	10.9	0.0930	Aceptado
29	10.5	0.0698	Aceptado
30	10.2	2.3721	

Promedio sin valores atípicos	12.5
--------------------------------------	------

Fuente: Elaboración propia

Los datos utilizados se encuentran en el **Anexo N° 10**.

Anexo N° 12: Resultados de Partículas sedimentables en placas receptoras

Pesaje previo a muestreo (30 de octubre de 2017)

Fotografías N° 27, N° 28 y N° 29.- Pesado previo de placas 1A, 1B y 1C



Fotografías N° 30, N° 31 y N° 32.- Pesado previo de placas 2A, 2B y 2C



Fotografías N° 33, N° 34 y N° 35.- Pesado previo de placas 3A, 3B y 3C



Fotografías N° 36, N° 37 y N° 38.- Pesado previo de placas 4A, 4B y 4C



Fotografías N° 39, N° 40 y N° 41.- Pesado previo de placas 5A, 5B y 5C



Fotografías N° 42, N° 43 y N° 44.- Pesado previo de placas 6A, 6B y 6C

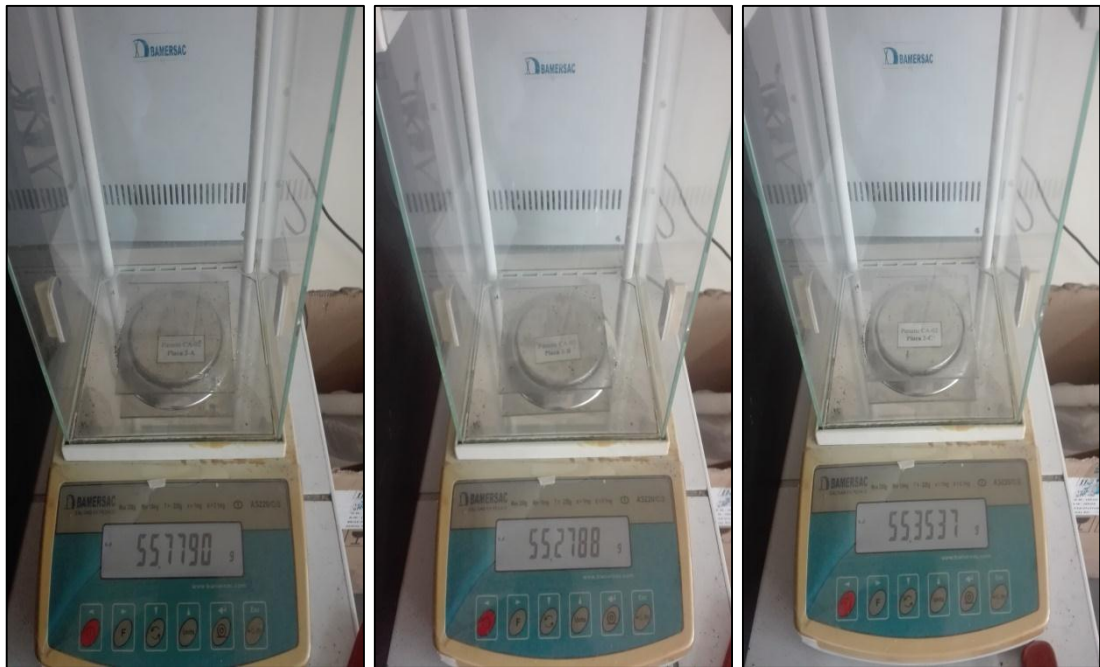


Pesaje posterior al muestreo (30 de noviembre de 2017)

Fotografías N° 45, N° 46 y N° 47.- Pesado posterior de placas 1A, 1B y 1C



Fotografías N° 48, N° 49 y N° 50.- Pesado posterior de placas 2A, 2B y 2C



Fotografías N° 51, N° 52 y N° 53.- Pesado posterior de placas 3A, 3B y 3C



Fotografías N° 54, N° 55 y N° 56.- Pesado posterior de placas 4A, 4B y 4C




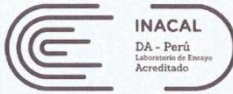
Fotografías N° 57, N° 58 y N° 59.- Pesado posterior de placas 5A, 5B y 5C



Fotografías N° 60, N° 61 y N° 62.- Pesado posterior de placas 6A, 6B y 6C



Anexo N° 13: Resultados de laboratorio acreditado Envirotest S.A.C.

 <p>Envirotest Environmental Testing Laboratory S.A.C.</p>	<p>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-056</p>	 <p>INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado</p> <p>Registro N° LE-056</p>
--	---	---

INFORME DE ENSAYO N° 174010 CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CARLOS ANTONIO ALEXANDER ANGULO PAZ
 Dirección : Mz. E Lote 18 Cooperativa "La Libertad" - Los Olivos
 Solicitado Por : CARLOS ANTONIO ALEXANDER ANGULO PAZ
 Referencia : Cotización N° 11123-17
 Proyecto : Tesis "Capacidad de adsorción de material particulado de la especie arbórea *Ficus benjamina*, en el parque zonal Mayta Capac, San Martín de Porres"
 Procedencia : Parque Zonal "Mayta Capac"
 Muestreo Realizado Por : CARLOS ANTONIO ALEXANDER ANGULO PAZ
 Cantidad de Muestra : 2
 Producto : Agua Natural
 Fecha de Recepción : 2017/11/23
 Fecha de Ensayo : 2017/11/23 al 2017/12/05
 Fecha de Emisión : 2017/12/05

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	174010-01		
Código de Cliente	FB-01		
Fecha de Muestreo	23/11/2017		
Hora de Muestreo (h)	12:15		
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E 0272872 N 8671544		
Tipo de Producto	Agua Natural		

Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados
Fisicoquímicos			
Sólidos Totales	mg/L	10	1199
Sólidos Totales Volátiles *	mg/L	10	205

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado ND=Resolución cuantificable, "—" = No Analizado,
 ">" = Mayor al rango lineal permitido por la técnica analítica ND = Límite de Detección de Método.

*: Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA

FQ-LAB-54 F.E.: Oct 09 F.R.: 7/Abr 16	Calle B Mz C lote 40 Urb. Panamericana - Lima 31 - Perú , Central Telefónica (511) 522-3758 / 523-1828 info@envirotest.com.pe / www.envirotest.com.pe	Página 1 de 3
---	--	---------------

**INFORME DE ENSAYO N° 174010
CON VALOR OFICIAL**

Código de Laboratorio	174010-02
Código de Cliente	Fb-02
Fecha de Muestreo	23/11/2017
Hora de Muestreo (h)	12:20
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E 0272872 N 8671544
Tipo de Producto	Agua Natural

Tipo Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados
Metales Totales (ICP-AES)			
Ag Plata	mg/L	0,0014	<0,0014
Al Aluminio	mg/L	0,0077	11,08
As Arsénico	mg/L	0,001	<0,001
B Boro	mg/L	0,0012	<0,0012
Ba Bario	mg/L	0,0004	0,2854
Be Berilio	mg/L	0,0002	<0,0002
Ca Calcio	mg/L	0,0035	68,51
Cd Cadmio	mg/L	0,00005	<0,00005
Ce Cerio	mg/L	0,0096	<0,0096
Co Cobalto	mg/L	0,0007	<0,0007
Cr Cromo	mg/L	0,0023	<0,0023
Cu Cobre	mg/L	0,0005	<0,0005
Fe Hierro	mg/L	0,0052	14,43
K Potasio	mg/L	0,0463	5,923
Li Litio	mg/L	0,0006	<0,0006
Mg Magnesio	mg/L	0,0107	10,26
Mn Manganeso	mg/L	0,0004	0,5250
Mo Molibdeno	mg/L	0,0018	<0,0018
Na Sodio	mg/L	0,0074	5,474
Ni Níquel	mg/L	0,0015	<0,0015
P Fósforo	mg/L	0,0237	5,537
Pb Plomo	mg/L	0,0004	<0,0004
Sb Antimonio	mg/L	0,0015	<0,0015
Se Selenio	mg/L	0,001	<0,001
Si Silicio	mg/L	0,0051	15,51
Sn Estaño	mg/L	0,0026	<0,0026
Sr Estroncio	mg/L	0,0002	0,2924
Ti Titanio	mg/L	0,0021	<0,0021
Tl Talio	mg/L	0,0002	<0,0002
V Vanadio	mg/L	0,0005	<0,0005
Zn Zinc	mg/L	0,0009	1,506

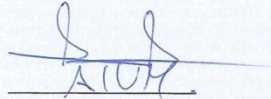
LEYENDA: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "..." = No Analizado,
"<" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">" = Mayor al rango de trabajo.

INFORME DE ENSAYO N° 174010 CON VALOR OFICIAL

II - Métodos y Referencias

Tipo Ensayo	Norma Referencia	Título
Fisicoquímicos		
Sólidos Totales	SM 2540 B, 22nd. Ed. 2012	Solids. Total Solids Dried at 103-105 °C
Sólidos Totales Volátiles	SM 2540 E, 22nd. Ed. 2012 SM 2540 B, 22nd. Ed. 2012	Fixed and Volatile Solids Ignited at 550 °C Total Solids Dried at 103-105 °C
Metales (ICP-AES)		
Metales Totales (ICP-AES) (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V and Zn)	EPA Method 200.7, Rev. 4.4., 1994	Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry

SIGLAS: *SM*: Standard methods for the examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, WEF 22nd Ed. 2012
EPA: U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis.



Alfonso Vilca M.
GCSSA
C.Q.P. N° 587

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C.

** FIN DEL INFORME **

Anexo N° 14: Presupuesto

Cuadro N° 43.- Presupuesto de la investigación

Materiales e instrumentos	Unidad	Costo Unitario (S/.)	Costo Total (S/.)
Laptop Lenovo <i>IdeaPad Z410</i>	1	2,100.00	2,100.00
Impresora multifuncional HP <i>Deskjet 2545</i>	1	150.00	150.00
Calculadora científica Casio <i>fx-991ES Plus</i>	1	54.00	54.00
Cámara fotográfica Celular Huawei <i>Y6 II</i>	1	320.00	320.00
Wincha 3m.	1	12.90	12.90
Cinta métrica	1	47.90	47.90
Navegador GPS Garmin <i>Etrex 10</i>	1	450.00	450.00
Clinómetro	1	10.00	10.00
Bolsas de polipropileno de 10 x 6 cm.	30	0.20	6.00
Malla de mosquitero Hyde tolos	10 ml.	3.90	39.00
Placa de vidrio de 10 x 10 cm.	18	5.00	90.00
Soporte para placas receptoras	6	50.00	300.00
Balde plástico 13 L.	1	11.90	11.90
Hojas milimetradas	50	0.10	5.00
Plano Urbano Topográfico (1:5,000) Hoja 22-d	1	39.30	39.30
Lapiceros	6	0.50	3.00
Libreta de campo	1	2.50	2.50
Imagen satelital Parque zonal "Mayta Cápac"	1	2.00	2.00
Tablero de apuntes	2	12.50	25.00
Folder manila	1 pkg.	5.00	5.00
Memoria USB 16gb Kingston	1	35.00	35.00
CD's	10	1.00	10.00

Materiales e instrumentos	Unidad	Costo Unitario (S/.)	Costo Total (S/.)
Servicio de Internet	6 meses	69.00	414.00
Impresiones de documentos	Gl.	-	250.00
Costo horas hombre (durante 6 meses)	Gl.	-	3,600.00
Viáticos Pasajes, alimentación	Gl.	-	500.00
Análisis de laboratorio			
Sólidos totales	1	35.00	35.00
Sólidos volátiles	1	50.00	50.00
Corrida de Metales	1	175.00	175.00
Total			8,742.50

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 15: Mapas

Mapa N° 1: Ubicación del área de estudio

Mapa N° 2: Distribución del área recreativa

Mapa N° 3: Estaciones de monitoreo de Partículas Sedimentables

Mapa N° 4: Niveles de concentración de Partículas Sedimentables