

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**“RETENCIÓN DEL POLVO ATMOSFÉRICO SEDIMENTABLE (PAS) EN LAS
ESPECIES *FICUS BENJAMINA* Y *SCHINUS MOLLE* INDICADORAS DE LA
CALIDAD DEL AIRE EN LA ALAMEDA BOLOGNESI Y AV. LEGUÍA,
REFERENTES PARA LA PLANEACIÓN URBANA SUSTENTABLE
TACNA, 2021”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

Bach. DARIELA YOLENI PARACTA GARCÍA

TACNA - PERÚ

2021

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

**“RETENCIÓN DEL POLVO ATMOSFÉRICO SEDIMENTABLE (PAS) EN LAS
ESPECIES *FICUS BENJAMINA* Y *SCHINUS MOLLE* INDICADORAS DE LA
CALIDAD DEL AIRE EN LA ALAMEDA BOLOGNESI Y AV. LEGUÍA,
REFERENTES PARA LA PLANEACIÓN URBANA SUSTENTABLE
TACNA, 2021”**

Tesis sustentada y aprobada el 16 de diciembre del 2021; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : Mtro. RICARDO WILLIAM NAVARRO AYALA

SECRETARIO : Ing. CARMEN ROSA ROMÁN ARCE

VOCAL : Mtra. MILAGROS HERRERA REJAS

ASESOR : Ing. M Sc. GERMÁN MAMANI AGUILAR

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo *Dariela Yoleni Paracta Garcia*, en calidad de *bachiller* de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificada con DNI 71229755.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autora de la tesis titulada:

“Retención del polvo atmosférico sedimentable (PAS) en las especies Ficus benjamina y Schinus molle indicadoras de la calidad del aire en la Alameda Bolognesi y Av. Leguía, referentes para la planeación urbana sustentable Tacna, 2021”, la misma que presento para optar el: Título Profesional de *Ingeniero Ambiental*.

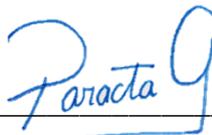
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a *la universidad* y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi

acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 16 de diciembre del 2021.



Bach. Dariela Yoleni Paracta Garcia

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a Dariela.

Recuerda que pasarán los años, nuevos desafíos vendrán; quizás el miedo se apodere nuevamente de tu ser, y veas el problema más grande que tus sueños; en ese instante recuerda que aquel artista que da color y vida a cada flor del campo, que sustenta a las aves, que pinta cada mañana con un nuevo amanecer, aquel Dios de lo imposible, te ama.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios; solo él sabe las luchas personales que tuve y las ganas que tuve de rendirme, pero un nuevo día iniciaba y una nueva oportunidad me otorgaba para volver a comenzar. Gracias Dios por tu amor.

Agradezco a mi familia; a mi abuelita Matilde, a mi padre por confiar en mí, a mi madre por motivarme, y a mi hermanita Avigail por ayudarme, acompañándome en mi toma de muestras y tomándome fotos. Muchas gracias a todos.

Agradezco a mis amigos que estuvieron apoyándome y motivándome para cumplir esta meta; a César por su compañía, apoyo y comprensión constante, a Keomit que la distancia no fue un impedimento para estar siempre para mí, a Yomara por creer en mí y recordarme lo valiosa que soy. Gracias amigos los llevo en mi corazón.

Agradezco el apoyo constante de mi asesor de tesis, el Ing. German Mamani Aguilar, por sus sabias palabras, por todas sus observaciones y sus consejos, que ayudaron que esta tesis se haga posible. Agradezco al Ing. Monroy por el procesamiento de las muestras en el laboratorio y sus recomendaciones. Al Ing. Cartagena por su apoyo en la interpretación estadística. A la Ing. Milagros Herrera y la Ing. Daniela Rubira, por velar en el avance óptimo y por guiar en cada proceso al desarrollar la presente investigación; muchas gracias a todos por sus recomendaciones.

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Descripción del problema.....	2
1.2. Formulación del problema.....	2
1.3. Justificación e Importancia.....	3
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo General	3
1.4.2. Objetivos Específicos	4
1.5. Hipótesis.....	4
1.5.1. Hipótesis General.....	4
1.5.2. Hipótesis Específica	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes del Estudio	5
2.1.1. A nivel Internacional.....	5
2.1.2. A nivel Nacional.....	9
2.1.3. A nivel Local	10
2.2. Bases Teóricas.....	10
2.2.1. Arbolado urbano.....	10
2.2.2. Avenidas de Estudio.....	11
2.2.3. Beneficios de Áreas Verdes.....	11
2.2.4. Contaminación Atmosférica	12

2.2.5. Especies de estudio	13
2.2.6. Flujo Vehicular.....	16
2.2.7. Normativa de referencia Internacional y Nacional de calidad del aire	17
2.2.8. Parámetros Meteorológicos	19
2.2.9. Retención de polvo sedimentable en arbolado urbano.....	20
2.3. Definición de Términos	20
2.3.1. Bioindicador.....	20
2.3.2. Contaminación	20
2.3.3. Contaminación atmosférica.....	21
2.3.4. Follaje	21
2.3.5. Gravimetría.....	21
2.3.6. Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS)	21
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	22
3.1. Tipo y Nivel de Investigación	22
3.1.1. Tipo de Estudio	22
3.1.2. Nivel Investigación	22
3.2. Población y muestra de estudio.....	22
3.2.1. Población.....	22
3.2.2. Muestra.....	22
3.3. Operacionalización de variables.....	23
3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	24
3.4.1. Ubicación de zona de Estudio	24
3.4.2. Metodología de Investigación	26
3.5. Procesamiento y análisis de datos	40
3.6. Limitaciones.....	40
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	41
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	57
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES.....	61

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Flujo Vehicular según las intersecciones viales en la ciudad de Tacna.....	17
Tabla 2. Normas de calidad del aire Internacionales	18
Tabla 3. Normas de calidad del aire nacionales	18
Tabla 4. Variables Independientes y dependientes	23
Tabla 5. Densidad Poblacional en el Distrito, Provincia y Región de Tacna.....	25
Tabla 6. Ejes de Integración y Articulación Funcional	28
Tabla 7. Tamaña de muestras.....	31
Tabla 8. Análisis de varianza para el Objetivo principal	41
Tabla 9. Pruebas de Múltiple Rangos para el objetivo principal.....	41
Tabla 10. Correlación de Rho de Spearman para el objetivo específico.....	42
Tabla 11. Análisis de Varianza para el objetivo específico 2.....	43
Tabla 12. Cantidad de ejemplares muestreados en la Avenida Bolognesi	43
Tabla 13. Cantidad de ejemplares muestreados en la Avenida Leguía.	44
Tabla 14. Análisis de Varianza de especies en el tramo 15 de Av. Leguía	48
Tabla 15. Análisis de Varianza para el tramo 17 de la Avenida Leguía.....	50
Tabla 16. Prueba de Múltiples Rangos para el tramo 17 de la Avenida Leguía	50
Tabla 17. Correlación de Pearson para el objetivo específico 3	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dimensiones de la hoja de <i>Ficus benjamina</i>	14
Figura 2. Primer árbol monumental en la ciudad de Tacna	14
Figura 3. Dimensiones de las hojas de la especie <i>Ficus benjamina</i>	16
Figura 4. Mapa de Ubicación de la Investigación	24
Figura 5. Crecimiento vehicular por mil habitantes en los últimos 20 años, Tacna.	25
Figura 6. Diagrama de la metodología de investigación para la obtención de PAS.	27
Figura 7. Avenidas selectas para el presente estudio	28
Figura 8. <i>Schinus molle</i>	29
Figura 9. <i>Ficus benjamina</i>	30
Figura 10. Toma de Muestras.....	31
Figura 11. Conservación de muestras.....	32
Figura 12. Muestras Iniciales	33
Figura 13. Lavado de folios.....	34
Figura 14. Proceso de obtención de PAS	34
Figura 15. Secado de hojas.....	35
Figura 16. Secado de papeles filtro	35
Figura 17. Pesado de PAS	36
Figura 18. Hojas escaneadas de <i>Schinus molle</i>	37
Figura 19. Hojas escaneadas de <i>Ficus benjamina</i>	38
Figura 20. Control de flujo vehicular	39
Figura 21. Comparación de retención de PAS entre <i>Ficus benjamina</i> y <i>Schinus molle</i>	42
Figura 22. Comparación de retención de PAS en ambas especies, según tramos.	45
Figura 23. <i>Schinus molle</i> presente en el último tramo de la Avenida Bolognesi.....	46
Figura 24. Comparativa de retención de PAS en el tramo 15 de la Avenida Bolognesi	46
Figura 25. Comparación de PAS en el tramo 9 de la Avenida Leguía.	47
Figura 26. Ejemplares de <i>Ficus benjamina</i> muestreados en el tramo 15 de la Avenida Leguía.	48
Figura 27. Ejemplares de <i>Schinus molle</i> muestreados en el tramo 15 de la Avenida Leguía.	49
Figura 28. Comparación de retención de PAS en el tramo 16 de la Avenida Leguía.	49

Figura 29. Comparación de retención de PAS en el tramo 17 de la Avenida Leguía.	50
Figura 30. Ejemplares de <i>Ficus benjamina</i> muestreados en el tramo 17 de la Avenida Leguía.	51
Figura 31. Ejemplares de <i>Schinus molle</i> muestreados en el tramo 17 de la Avenida Leguía.	51
Figura 32. Interpolación IDW de la dispersión de Polvo Atmosférico Sedimentable en <i>Ficus benjamina</i>	53
Figura 33. Interpolación IDW de la dispersión de Polvo Atmosférico Sedimentable en <i>Schinus molle</i>	54

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia.....	67
Anexo 2. Relación de especies arbóreas de Schinus molle y Ficus benjamina presentes en la Avenida Leguía y Avenida Bolognesi.....	69
Anexo 3. Resultados de la cantidad de PAS en microgramos (μg), depositado en la superficie foliar de las hojas de Schinus molle y Ficus benjamina en la Avenida Bolognesi, en el primer muestreo.....	74
Anexo 4. Suma del Área Foliar en cm^2 de las 16 hojas de las especies arbóreas determinadas en el primer monitoreo.....	76
Anexo 5. Continuación del Anexo 4.	77
Anexo 6. Resultados de la cantidad de PAS en microgramos (μg) por cm^2 , depositado en la superficie foliar de las hojas de Schinus molle y Ficus benjamina en la Avenida Bolognesi, en el primer muestreo.....	78
Anexo 7. Resultados de la cantidad de PAS en microgramos (μg), depositado en la superficie foliar de las hojas de Schinus molle y Ficus benjamina en la Avenida Bolognesi, en el segundo muestreo.	80
Anexo 8. Suma del Área Foliar en cm^2 de las 16 hojas de las especies arbóreas determinadas en el segundo monitoreo.	81
Anexo 9. Continuación del Anexo 8.	82
Anexo 10. Resultados de la cantidad de PAS en microgramos (μg) por cm^2 , depositado en la superficie foliar de las hojas de Schinus molle y Ficus benjamina en la Avenida Bolognesi, en el segundo muestreo.....	83
Anexo 11. Resultados de la cantidad de PAS en microgramos (μg), depositado en la superficie foliar de las hojas de Schinus molle y Ficus benjamina en la Avenida Bolognesi, en el tercer muestreo.....	84
Anexo 12. Suma del Área Foliar en cm^2 de las 16 hojas de las especies arbóreas determinadas en el tercer monitoreo.....	85
Anexo 13. Resultados de la cantidad de PAS en microgramos (μg) por cm^2 , depositado en la superficie foliar de las hojas de Schinus molle y Ficus benjamina en la Avenida Bolognesi, en el Tercer muestreo.....	86
Anexo 14. Flujo Vehicular presente en la Avenida Leguía y Avenida Bolognesi.	87
Anexo 15. Pruebas de Normalidad para el desarrollo estadístico de datos crudos.	89
Anexo 16. Pruebas de Normalidad para el desarrollo estadístico de datos normalizados.....	90
Anexo 17. Condiciones Climáticas en Tacna durante el mes de Marzo.	91

Anexo 18. Condiciones Climáticas en Tacna durante el mes de Abril.	92
Anexo 19. Condiciones Climáticas en Tacna durante el mes de Mayo.	93
Anexo 20. Condiciones Climáticas en Tacna durante el mes de Junio.....	94
Anexo 21. Plano de Ubicación de las Vías en estudio. Las avenidas Bolognesi y la Avenida Leguía de la ciudad de Tacna,	95
Anexo 22. Zona Recreativa N°01 de la Avenida Bolognesi.....	96
Anexo 23. Zona Recreativa N°09 y N°10 de la Avenida Bolognesi.....	97
Anexo 24. Zona Recreativa N°11 Y N°12 de la Avenida Bolognesi.	98
Anexo 25. Zona Recreativa N°13 y N°14 de la Avenida Bolognesi.....	99
Anexo 26. Zona Recreativa N°15 de la Avenida Bolognesi.....	100
Anexo 27. Zona Recreativa N°01 y N°02 de la Avenida Leguía.....	101
Anexo 28. Zona Recreativa N°05 de Avenida Leguía.....	102
Anexo 29. Zona Recreativa N°06 de la Avenida Leguía.....	103
Anexo 30. Zona Recreativa N°07 y N°08 de la Avenida Leguía.....	104
Anexo 31. Zona Recreativa N°09 de la Avenida Leguía.....	105
Anexo 32. Zona Recreativa N°10 y N°11 de la avenida Leguía.	106
Anexo 33. Zona Recreativa N°14 de la Avenida Leguía.....	107
Anexo 34. Zona Recreativa N°15 de la Avenida Leguía.....	108
Anexo 35. Zona Recreativa N°16 de la Avenida Leguía.....	109
Anexo 36. Zona Recreativa N°17 de la Avenida Leguía.....	110
Anexo 37. Zona Recreativa N°18 y N°19 de la Avenida Leguía.....	111
Anexo 38. Zona Recreativa N°20 de la Avenida Leguía.....	112
Anexo 39. Zona Recreativa N°21 de la Avenida Leguía.....	113

RESUMEN

La calidad del Aire en los diferentes sectores de la ciudad de Tacna varía según las condiciones ambientales y su sectorización urbana. Los métodos usuales de medición son pesados y costosos; es por tal motivo que incita a investigar metodologías alternativas. La medición del polvo atmosférico sedimentable (PAS) a través del arbolado público, es una herramienta que brinda información sobre la calidad ambiental. Es así que la presente investigación desarrolla la metodología propuesta por Dalmaso et al. (1997), que contempla la medición de PAS retenido en la superficie foliar, el cual se obtiene luego de diferenciar el peso inicial y final de las hojas en microgramos, y dividirlo por su área en centímetro cuadrado. El principal objetivo de la presente investigación es evaluar y comparar la capacidad de retención de PAS en las hojas de *Schinus molle* y *Ficus benjamina*; especies representativas de la ciudad de Tacna, presentes en la Av. Bolognesi y Av. Leguía; para considerarlas en futuros proyectos de planificación urbana. Gracias a la investigación se conoció que la especie *Ficus benjamina* posee una mayor capacidad de retención de PAS. Almacenando en su superficie foliar 586,748 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ en tanto la especie *Schinus molle* retiene 186,72 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

Palabras claves: *Polvo Atmosférico Sedimentable, Calidad del Aire, Schinus molle, Ficus benjamina.*

ABSTRACT

The air quality in the different sectors of the city of Tacna varies according to environmental conditions and its urban sectorization. The usual measurement methods are cumbersome and expensive; It is for this reason that it encourages the investigation of alternative methodologies. The measurement of sedimentable atmospheric dust (PAS) through public trees is a tool that provides information on environmental quality. Thus, this research develops the methodology proposed by Dalmaso et al. (1997), which contemplates the measurement of PAS retained in the leaf surface, which is obtained after differentiating the initial and final weight of the leaves in micrograms, and dividing it by their area in square centimeter. The main objective of this research is to evaluate and compare the PAS retention capacity in *Schinus molle* and *Ficus benjamina* leaves; representative species of the city of Tacna, present in Av. Bolognesi and Av. Leguía; for consideration in future urban planning projects. Thanks to the research, it was known that the *Ficus benjamina* species has a greater capacity to retain PAS. Retaining 586,748 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ on its leaf surface, while the *Schinus molle* species retains 186,72 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

Keywords: *Atmospheric Sedimentable Dust, Air Quality, Schinus molle, Ficus benjamina.*

INTRODUCCIÓN

Nuestra ciudad se caracteriza por su gran variedad de actividades socioeconómicas, de industria y su parque automotor. Esto ha llevado a que la calidad del aire en los diferentes sectores de nuestra ciudad varíe según las condiciones ambientales y su sectorización urbana. Es importante saber que el arbolado y la medición del polvo atmosférico sedimentable (PAS) en sus hojas, son una herramienta que brinda información, siendo un indicador natural de la calidad del aire del sector en que se encuentre presente. Es así que el presente trabajo de investigación propone en base a una metodología que contempla la medición de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en hojas, brindar información sobre la capacidad de retención de PAS en las especies *Schinus molle* y *Ficus benjamina*; especies representativas de la ciudad de Tacna.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

La Provincia de Tacna al ser una zona fronteriza, es caracterizada por su gran variedad de actividades socioeconómicas, de industria y su parque automotor (MINAM, 2013); estas actividades han promovido que la Cuenca Atmosférica de Tacna experimente un continuo proceso de deterioro de la calidad del aire (GRT, 2016), siendo denominada según la Resolución Ministerial N°339-2012-MINAM, del 27 de noviembre del 2012, como una de las Zonas de Atención Prioritaria.

La calidad del Aire en los diferentes sectores de Tacna varía según las condiciones ambientales y su sectorización urbana. La Municipalidad realiza planes de monitoreo. Sin embargo, es necesario realizar estudios con métodos alternativos que permitan ayudar a una mejor planeación, incluyendo en la misma la cantidad de áreas verdes siguiendo la recomendación de la OMS que es de 9m²/hab como mínimo (Reyes y Figueroa, 2010). Y nuestra ciudad muestra una carencia en proporción a las áreas verdes, ya que solo cuenta con 4,50 m²/hab (Cala, 2018).

El arbolado y la medición del polvo atmosférico sedimentable (PAS) en sus hojas, es una herramienta que brinda información, siendo un indicador natural de la calidad del aire del sector en que se encuentre presente. Es así que el presente trabajo de investigación propone en base a una metodología que contempla la medición de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en hojas, brindar información sobre la capacidad de retención de PAS en las especies *Schinus molle* y *Ficus benjamina*; especies representativas de la ciudad de Tacna.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es la capacidad de retención de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en las especies *Ficus benjamina* y *Schinus molle* en la Alameda Bolognesi y Avenida Leguía-Tacna como referente en la planeación urbana sustentable?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Qué relación existe entre las zonas de monitoreo y la retención de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en las hojas de las 2 especies en estudio?
- ¿Qué especie retiene mayor cantidad de polvo atmosférico sedimentable (PAS) según su zona de monitoreo?
- ¿Existe relación entre el flujo vehicular y el polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el follaje de la *Ficus benjamina*?

1.3. Justificación e Importancia

Los árboles son de inmensa importancia ya que producen un efecto depurador en el ambiente a su vez mantienen en equilibrio entre el desarrollo urbanístico y las condiciones ambientales. Poseen una capacidad natural de retención del polvo atmosférico sedimentable (PAS) en su follaje; es por ello que resulta de importancia evaluar la retención de PAS en el arbolado público.

El presente estudio se efectúa debido a que, la medición de material particulado atmosférico y la calidad del aire son un tema de importancia local, y los métodos usuales de medición son pesados y costosos; es por tal motivo que incita a investigar metodologías alternativas, usando el arbolado urbano como indicador natural. Los árboles urbanos se hallan en todas las vías principales ornamentando la ciudad de Tacna; y son testigos claves de la contaminación atmosférica, ayudando a mitigar los impactos causados por los mismos.

Este estudio plantea analizar 2 especies de árboles representativas de la región de Tacna, analizar la retención de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en las hojas de las especies en estudio presentes en la alameda Bolognesi y Avenida Leguía para determinar cuál de ellas cuenta con mayores propiedades de retención de PAS, para considerarlas en la planificación urbana de Tacna.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar y comparar la capacidad de retención de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en las hojas de *Schinus molle* y *Ficus benjamina*.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la relación entre las zonas de monitoreo y las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en las hojas de las 2 especies en estudio.
- Determinar cuál de las 2 especies retiene mayor cantidad de polvo atmosférico sedimentable según su zona de monitoreo (PAS).
- Evaluar la relación entre el flujo vehicular y el polvo atmosférico sedimentable (PAS) depositado en las hojas de *Ficus benjamina*.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

La capacidad de retención de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en las especies *Ficus benjamina* y *Schinus molle* son indicadores de la calidad del aire.

1.5.2. Hipótesis Específica

- Existe una relación significativa y directa entre las zonas de monitoreo y la retención de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en las hojas de las 2 especies en estudio.
- Las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) retenido en las 2 especies, varían según la zona de monitoreo.
- El flujo vehicular y el polvo atmosférico sedimentable (PAS) en las hojas de *Ficus benjamina* se relacionan directa y significativamente.

El resumen de los datos mostrados, se muestran en el Anexo 1.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Estudio

Los antecedentes del estudio se han dividido en los siguientes 3 niveles.

2.1.1. A nivel Internacional

La naturaleza es sabia, mitiga los impactos producidos por el hombre, y es un claro indicador de contaminación; se han realizados diversos estudios acerca de la capacidad que la vegetación posee al retener material particulado y su grado de absorción de contaminantes atmosféricos en especies vegetativas, entre ellos tenemos a uno de los primeros estudios en español en este ámbito, realizado por Dalmaso et al. (1997), titulado "*La vegetación como indicadora de la contaminación por polvo atmosférico*" La cual fue realizada en Malagueño, Córdoba, Argentina; donde fueron evaluados 64 árboles de 9 especies ubicados cerca a industrias cementeras del municipio. Se analizó el polvo atmosférico sedimentado en las hojas de la copa del material vegetativo. La metodología utilizada para determinar el material particulado sedimentable, constituyo en el lavado de las hojas, quitando en el agua todo el polvo sedimentable para posteriormente ser filtrado y finalmente pesado para determinar el polvo sedimentable. Después de realizar este procedimiento con todas las muestras tomadas y analizar por método estadístico el autor concluyó que la *Acacia caven* fue la planta que acumuló mayor cantidad de material particulado sedimentable; el estudio de la deposición de material particulado a una distancia de 200 metros de la fuente de emisión, muestra que partículas menor e iguales a 5 μm corresponden al 62% del total, mientras que en minoría (38%) se presencian partículas situadas entre 6 y 8 μm ; este estudio y su método practico ayuda a conocer la calidad del ambiente y ver que las plantas actúan como bioindicadores en zonas industriales.

La planificación y el ordenamiento territorial es algo fundamental para el desarrollo de una ciudad, pero a su vez es necesario tomar en cuenta los factores ambientales para un desarrollo sostenible. Este fue el enfoque dado por Alcalá, et al. (2008) (a), en el estudio titulado: "*Retención de polvo atmosférico en especies arbóreas indicadoras en la planeación urbana sustentable*" realizada en Chihuahua, México; donde se muestrearon 225 árboles de 5 especies acorde al uso del suelo en

temporadas de verano, otoño y primavera. Ajustando un modelo que utiliza el método de cuadrados mínimos para ajustarse a los modelos lineales generales, analizando las variables: especie, sitio y temporada con relación al monto de polvo sedimentable en las hojas. El autor logra concluir que, se pueden retener un total de 63,407 gramos de polvo atmosférico por kilogramo de especie vegetativa, al analizar la capacidad de retención de las 5 especies y el uso de suelo correspondiente a la Industria mixta, las especies arbóreas que contenían mayor monto de polvo sedimentable fueron el ciprés y el sicomoro. Este estudio utilizó el mismo método de Dalmasso et al. (1997). Dando estos resultados como un aporte para la política ambiental y que es menester la implementación de especies arbóreas que ayuden a indicar el estado del ambiente.

Se ha demostrado que la vegetación retiene diversos contaminantes en algunas partes de su anatomía vegetal, como en sus hojas; restaurando el medio ambiente de zonas urbanas, esta es la perspectiva de Alcalá et al. (2008) (b), en el estudio titulado: *“Metales pesados en vegetación arbórea como indicador de la calidad ambiental urbana”* realizado en la ciudad de Chihuahua, México; Desarrollado para descubrir el nivel de metales pesados acumulados en especies arbóreas. Para esta investigación se evaluaron 75 árboles de 5 especies en temporada de primavera, otoño y verano según el uso de suelo de la localidad. Se aplicó el método de Espectroscopía de emisión atómica para determinar el nivel de concentración de Cu, Ni, V, Co, Pb, Ti y Cd. Se estudió algunos factores tales como: la especie, la zona y la estación relacionándolas con la variable de concentración de metales pesados. Se logró concluir que el Ciprés logró ser la variedad con la más alta capacidad de retención de los metales estudiados. Con los resultados se contribuye con información que apoye a mejorar la política del ambiente y la importancia de la forestación de árboles que indiquen la calidad del ambiente y así remediarlo.

Conociendo que los árboles juegan un papel muy relevante en la reducción de la contaminación presente en la atmósfera, Escobedo y Chacalo (2008), organizaron datos de meteorología y datos básicos sobre especies arbóreas para realizar el estudio titulado *“Estimación preliminar de la descontaminación atmosférica por el arbolado urbano”* Realizado en un área de 1480 km² del Valle de México en la cual están ubicadas el 26% de la zona de estudio. Para esta investigación se utilizó el Modelo de Efectos del Bosque Urbano analizando el índice de remoción de ozono troposférico y la concentración polvo atmosférico menor a 10 µm en la superficie foliar de los árboles en primavera. Se vio la importancia de la forestación debido a que con

esta iniciativa se contribuye a ahorrar 10 millones de dólares tan solo con reducir en 1% la cantidad de los materiales analizados.

Moreno et al. (2008), en su estudio titulado "*Sedimentación atmosférica seca en hojas de Morus alba*", realizado en la ciudad de San Juan, Argentina. Se tomó muestras de hojas de 40 árboles del área urbana y suburbana de la localidad en los periodos de primavera, otoño y verano. Se analizó la suma de polvo atmosférico en suspensión en la superficie foliar; también se estudió la presencia de algunos elementos químicos como K, Ni, Cd, Pb y Fe, para poder comparar las 2 variables cantidad de material sedimentable y superficie foliar, se utilizó la ecuación de regresión, y para la comparación de zona urbana y suburbana, se utilizó el test de Tuckey. El autor llegó a la conclusión de que, dependiendo de las circunstancias y factores, difieren estadísticamente y analizando cada componente según la zona se puede interpretar la ausencia y gran presencia vehicular.

Alcalá-Jáuregui (2010), en la investigación llamada "*Potencial de retención de polvo atmosférico en tres especies vegetativas del ecosistema semiárido*" Realizada en un corredor ecológico de San Luis de Potosí. Se determinaron 18 puntos de monitoreo de las 2 especies arbóreas donde se muestrearon sus hojas durante las cuatro estaciones del año según el uso de suelo de la localidad. Se utilizó un modelo lineal para conocer la potencial consecuencia del lugar, variedad y época, también su capacidad de retención del polvo sedimentable. La estación en la que se detectó mayor cantidad de material particulado fue en invierno Según el uso de suelo se determinó que el de comercio y servicios obtuvo los niveles más altos. Este estudio es un aporte para el ordenamiento territorial sustentable

Para la obtención de resultados precisos respecto a la medición de material particulado sedimentable, se utiliza equipos de alto voltaje los cuales son de elevado precio; una elección factible es el manejo de material foliar como un bioindicador. Astorga et al. (2011), en el estudio "*Pinus halepensis mill. Como indicador de contaminación atmosférica en una zona industrial urbana*" Realizado en la zona industrial Chihuahua, México. Con 2 especies esta misma familia. El presente estudio tuvo como objetivo principal la comparación de resultados obtenidos por la medición con un muestreador HV y la concentración de material sedimentable en el follaje seco, determinándose sólidos en suspensión. Para determinar si el Pino Alepo es un buen bioindicador de la calidad del aire de dicho sector. Gracias al modelo de regresión simple se llegó a la conclusión que el método de concentración de polvo sedimentable en hojas del Pino Alepo es significativo, siendo un bioindicador positivo,

usado como un método alternativo y práctico útil para aplicarse en otras comunidades.

Alcalá et al. (2011), en el estudio *“Mitigación del impacto ambiental del polvo atmosférico a través de Prosopis laevigata y Schinus molle”*. Realizado en un corredor ecológico de 35,5 km ubicado en San Luis de Potosí, México donde se encuentran la zona campestre y urbana del distrito. Se muestrearon 30 puntos según el uso del suelo de las 2 especies, de donde se obtuvo las hojas para determinar la capacidad que ellas poseen para retener material particulado sedimentable en las 4 estaciones del año. Para su análisis se desarrolló un modelo lineal para echar de ver las interacciones entre los 3 factores (la estación, variedad, y zona). Este estudio reveló que el mezquite retuvo mayor material particulado.

Sánchez (2013), en la Investigación titulada *“Análisis estadístico de la contaminación en hojas de Fraxinus udehi”*. Realizada en 3 bosques del Valle de México. Se tomó muestra del material foliar de 15 árboles de la especie en las 4 estaciones del año. Se analizó el material particulado inferior a 10 micras. Los efectos conseguidos revelan divergencias significativas según el bosque y la estación del año, y el método aplicado hizo que el 50% de los elementos se pierdan por el efluente del lavado.

Orona (2014), en el estudio *“Determinación de metales pesados presentes en el polvo atmosférico del aire ambiente depositado en el follaje del Ligustrum lucidum (trueno)”*. Desarrollado en la ciudad de Durango, México. El muestreo se realizó en 30 lugares obteniendo material foliar de esta especie, para analizar metales pesados. La metodología utilizada fue por digestión ácida espectrofotometría de absorción atómica. Con los resultados se realizaron ensayos estadísticos que ayudaron a determinar la concentración de los diversos metales pesados hallados en el material foliar. Como resultado se pudo determinar que se halló mayor cantidad de metales pesados en zonas con superficies desnudas y colindantes a la explotación minera del Cerro del Mercado.

Ledesma (2014), en el estudio titulado: *“Efecto de la contaminación atmosférica por metales pesados en las hojas de los árboles”*. Realizado en la zona Metropolitana del Valle de Toluca, México. Se muestrearon 25 zonas de la ciudad de las 2 especies. Analizándose en laboratorio la cantidad de metales pesados (Fe, Mn, Zn, Cu y Pb). Los resultados revelan un mayor retraimiento en la respuesta enzimática, depreciación en contenido de proteínas y mayor lipoperoxidación donde se encuentra mayor contenido de metales en tejido de material foliar de los lugares urbanos

que muestran una gran cantidad de tránsito vehicular y movimiento manufacturero.

Aponte (2017), en la investigación llamada "*Evaluación de la retención de material atmosférico en suspensión por el arbolado*". Realizado en un corredor vial de la localidad de Kennedy, Bogotá. Con el fin de obtener el total de partículas sedimentables y pm 10 en 143 árboles de 6 especies. Los factores analizados fueron la precipitación, la velocidad del viento y la retención de polvo sedimentable en las hojas. Este estudio es una muestra de que con metodología sencilla y práctica se puede diagnosticar la calidad del aire y así poder mitigarlo.

2.1.2. A nivel Nacional

Cajas y Evangelista (2015), en el estudio titulado "*Determinación de Plomo, Cadmio y Manganeso en sedimentos de hojas de Sauce "Salix alba"*". Desarrollado en las avenidas Abancay y Tacna de la Ciudad de Lima. Tomándose muestras de 86 material foliar de esta especie y midiéndose el nivel de retención de Plomo, Cadmio y Manganeso en de Sauce Salix alba. Por método analítico de espectrofotometría de absorción atómica. Las deducciones alcanzadas de Plomo y Cadmio fueron cotejadas con los ECAS de aire. Los análisis permitieron mostrar que al comparar los resultados con los estándares de calidad ambiental supera las mediciones de plomo. Y cadmio sin embargo los valores de magnesio fueron óptimos, Cajas nos recomienda poder realizar una limpieza del arbolado público ya que estos ayudan a retener material particulado que es contaminante.

Chipoco y Valencia (2015), la investigación titulada "*Determinación de la capacidad de adsorción de material particulado en el aire en una especie arbórea Schinus terebinthifolius y una rastrojera Aptenia cordifolia*". Realizada en la comunidad la quebrada en Cieneguilla, Lima. Se monitorearon 13 zonas, de las que se extrajo material foliar de las 2 especies, tomando en consideración los componentes como: velocidad del viento, temperatura y humedad relativa. Para este estudio se utilizó la metodología llamada "placas receptoras" que ayudo a medir la cantidad de polvo sedimentario. Las deducciones del monitoreo de cantidad material atmosférico sedimentable, se comparó con los LMP de aire. En sumario, una técnica constituida por cobertura mixta entre las 2 especies fue más eficaz la captura de material particulado sedimentable, concluyendo que es muy importante poder tener áreas verdes que ayuden a absorber polvo atmosférico y así mitigar la contaminación.

Para Luzuriaga (2019), el biomonitoreo pasivo es el más eficiente para la retención de polvo atmosférico frente al de Colectores pasivo. La investigación titulada “*Evaluación del potencial de la vegetación para retención del polvo sedimentable en la zona urbana de la ciudad de Loja.*” con la finalidad de valorar el potencial que la vegetación posee al retener el polvo sedimentable en el sector urbano de la ciudad de Loja, comparó la efectividad de dos métodos: el primero, los colectores pasivos y el segundo, biomonitoreo pasivo a través de la retención de PAS en la superficie foliar de 3 especies, concluyó que la especie que posee mayor capacidad de retención es la *Hibiscus rosa-sinensis* Linneo y el *Salix humboldtiana wild* fue la especie que menor suma de polvo atmosférico retuvo.

2.1.3. A nivel Local

El diseño y planificación en el implementación de áreas verdes es sumamente importante, debido que se logra determinar la cantidad, tipo de especies necesarias para los diversos usos, recreacionales, ambientales y paisajísticos es por tal motivo que Cala (2018), en la investigación titulada “*Diseño de un sistema de áreas verdes aplicando el modelo infraestructura verde urbana de Vitoria - Gasteiz en el sector de Islas Rústicas de la ciudad de Tacna, 2017*” al notar la falta de interés por las autoridades locales por optimar el ambiente de la zona de estudio propuso un proyecto, donde plantea la utilización de 5 especies tomando en cuenta el lugar de origen, el entorno habitad, el tipo de florecencia, largo raíz, altura de la especie, y el consumo de agua. Incluyendo la *Ficus benjamina* en su lista de especies arbóreas.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Arbolado urbano

Se considera arbolado urbano a las diversas plantas ubicadas en la ciudad como arbustos, árboles y palmeras. Los árboles urbanos se ubican en todas las vías principales de la ciudad. Son implementadas por planes de arborización de las autoridades locales, proyectos de ONG's, Instituciones Públicas o Privadas, o sembrados en las jardineras y áreas verdes de las vías por la misma población. A demás contribuyen a mejorar la calidad de aire y del ambiente.

2.2.2. Avenidas de Estudio

a. Avenida Leguía

En la primera década de los 2000, las actividades predominantes en la avenida Leguía, fueron de entretenimiento donde los bares nocturnos y discotecas predominaban. Sin embargo, para velar por el desarrollo comercial y turístico en la zona, se arborizó y embelleció paisajísticamente desde el Ovalo Tupac Amaru hasta llegar a la calle Cajamarca. Por lo que hoy es una vía importante de Tacna.

b. Avenida Bolognesi

La Av. Bolognesi es la vía de mayor relevancia en la ciudad; fue constituida a márgenes del río caplina, por el crecimiento urbano de la ciudad; en sentido longitudinal suroeste – noreste (MPT, 2015).

2.2.3. Beneficios de Áreas Verdes

Es bien sabido que los árboles nos brindan sombra, nos resguardan del viento y de la lluvia, acrecientan la belleza de nuestro entorno, es por ese motivo que se nos dificulta visualizar nuestra hermosa ciudad sin la presencia de algún ejemplar, sin áreas verdes o árboles, se han vuelto parte de la infraestructura, semejante a la importancia de las calles, el alumbrado público, los colegios, etc (González, 2002).

a. Reducción de la temperatura

Las áreas verdes son de suma importancia pues minimizan el impacto causado por los rayos del sol. Amortiguan con su follaje y disminuyen de este modo las islas de calor. Por lo que a mayor cantidad de especies vegetativas existe una mayor protección de la radiación solar, protegiendo el suelo, generando sombra y frescor al habitat de muchas especies. Del mismo modo, las áreas verdes incrementan la humedad del ambiente generando una mejor sensación térmica (González, 2002).

b. Disminución de los Contaminantes

A través de las estomas de los folios; Las especies vegetativas minimizan el impacto ambiental captando los gases contaminantes presentes en la atmósfera. Cuando los contaminantes ingresan a las hojas, son humedecidos por cutículas de agua creando conveniencias ácidas o experimentar una reacción en la parte interna de las hojas (Smith, 1990). Estos procesos ayudan a minimizar los contaminantes presentes en el ambiente.

c. Absorción de Carbono

El arbolado público tiene una capacidad de almacenamiento y reducción del dióxido de carbono presente en la atmósfera los árboles dando un servicio de acopio continuo de carbono y la depreciación de la creación de CO₂ por parte de la vegetación (Nowak, 1988).

d. Servicio de limpia

La vegetación arbórea además de embellecer los escenarios urbanos puede mejorar la calidad del aire significativamente, siendo la remoción de contaminantes atmosféricos, tales como las partículas suspendidas, un importante servicio ecológico prestado por la vegetación urbana. Esta capacidad de retener contaminantes en sus copas puede ser utilizada como un indicador de calidad ambiental (Aponte, 2017).

- Proveen Oxígeno
- Envellecen la ciudad: Paisajístico

2.2.4. Contaminación Atmosférica

Se comprende contaminación atmosférica como la variación de la calidad del aire causado por origen natural (incendios, erupciones volcánicas, etc.), o antropogénico a través de la combustión de fósiles, emisión de gases; dichos contaminantes afectan la salud de la población y al ambiente (Aránguez et al., 1999).

2.2.5. Especies de estudio

Las especies de estudio para la presente investigación son: *Ficus Benjamina* y *Schinus Molle* las cuales se pueden visualizar en la Figura 8 y en la Figura 9.

a. *Schinus molle*

- *Especie* : *Schinus molle*
- *Familia* : Anacardiaceae
- *Nombre local* : “Molle”, “Falso pimienta” o “Molle peruano”
- *Fruto* : Esferas rojas de 5–7 mm de diámetro; semillas comprimidas.

Descripción según Goldstein y Coleman (2004):

- *Usos generales*: Las semillas ayudan a repeler los mosquitos, al frotarlas con la piel. De hojas y corteza se extrae un bálsamo que es utilizado en limpiadores, fragancias y detergentes como materia prima industrial.
- *Importancia*: Ayuda en la recuperación de áreas forestales, ya que crece incluso en suelos muy degradados. Es tolerante a la sequía y a las altas temperaturas. Es longeva, resistente y perenne, aunque no aguanta bien las heladas.
- *Distribución*: Nativa del centro y sur de Sudamérica (Rzedowski, 1999).

Descripción según Wagner et al. (1999):

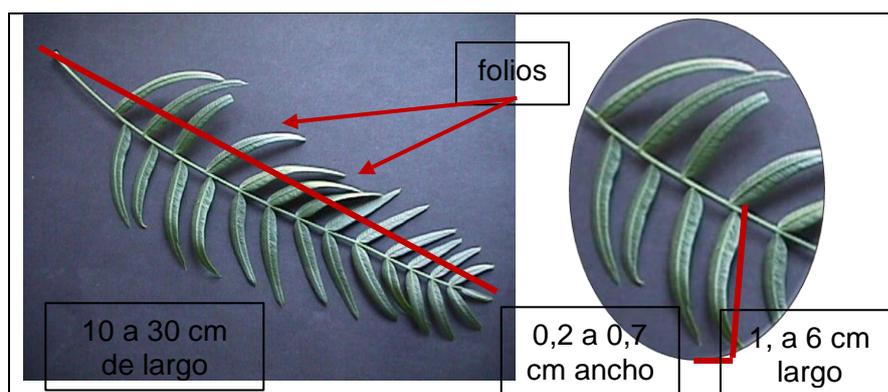
- *Altura*: Son árboles de 5 a 20 m de altura, con ramas delgadas caídas que forman una copa extendida.
- *Hojas*: Hojas con 7 a 20 pares de folíolos opuestos o alternos, estos estrechamente lanceolados a lineal-lanceolados, 1,5 a 6 cm de largo, 0,2 a 0,7 cm de ancho, folíolos terminales más pequeños que los laterales, glabros a escasamente puberulentos, márgenes enteros a remotamente aserrados. (Wagner et al, 1999; p. 198) Regularmente imparipinnada de 10 a 30 cm de largo. su textura es membranacea a ligeramente coriacea (suave a tener textura de cuero), son glabros o

presentan pelos pequeños y escasos, y además poseen abundante resina aromática. Se puede visualizar en la Figura 1.

- *Tiempo de vida:* En el Perú se ha registrado el primer árbol monumental del Perú el año 2015 con 150 de antigüedad (ANIA, 2021).
- *Costo:* En vivero tiene una amplia variedad de costo, obteniendo con 20 soles un ejemplar de 1 m.

Figura 1

Dimensiones de la hoja de Ficus benjamina

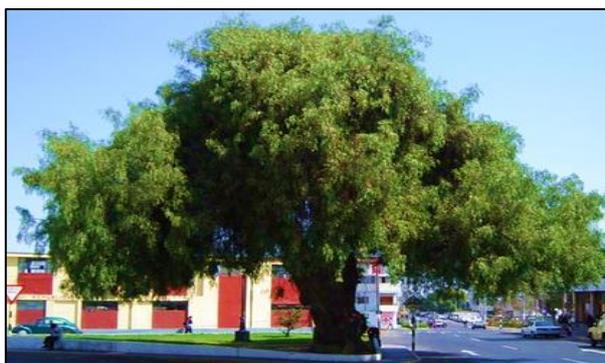


Esta especie es de importancia en nuestra localidad debido a que mediante Ordenanza Municipal N° 0025-2016 por la Municipalidad Provincial de Tacna, fue otorgada una distinción al primer árbol monumental en nuestra región, un magestuoso *Schinus molle* de 102 años que se muestra en la

Figura 2, ubicado en la Plaza de San Juan Pablo II. Cabe resaltar que, de los 9 árboles monumentales declarados, 2 son de la especie *Schinus molle* (ANIA, 2021).

Figura 2

Primer árbol monumental en la ciudad de Tacna



b. *Ficus benjamina*

- *Especie* : *Ficus benjamina*
- *Familia* : Moraceae
- *Nombre local*: “Laurel de la india” o “caucho”
- *Fruto* : De color púrpura, rojo o amarillo; de 0,8 a 2 cm de diámetro.

Descripción según Morales y Varón (2006):

- *Usos generales*

Esta especie es muy popular, su uso es frecuente como planta de interior ornamental.

- *Importancia*

Se reproducen con mucha facilidad a través de los esquejes, tiene un crecimiento rápido y tolera oleadas de calor, y estar en poca sombra, soporta el frío si no es muy fuerte.

- *Distribución*

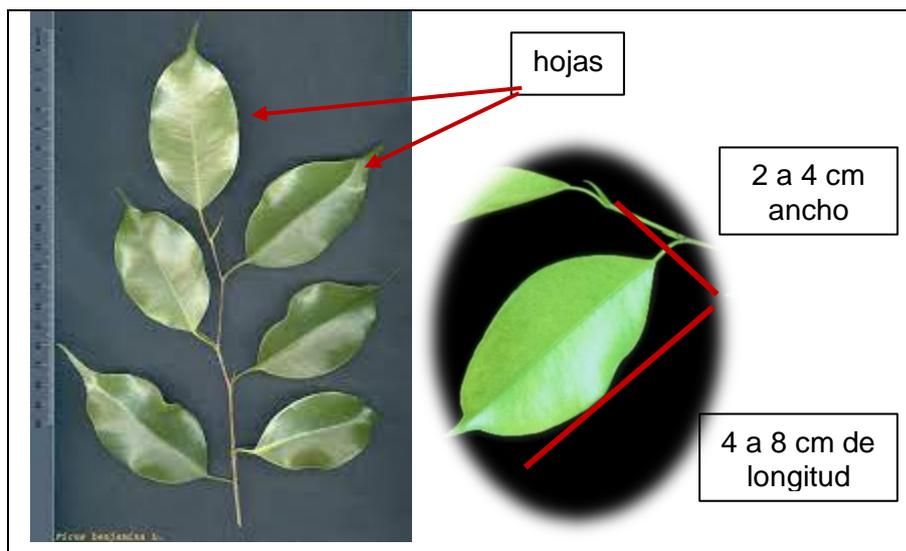
Nativa de Asia (Linnaeus, 1767).

Descripción según Sanchez (2002):

- *Altura*: Son árboles de 1 a 20 m de altura siempreverdes de copa ancha y frondosa.
- *Hojas*: De consistencia ligeramente coriácea, con la lámina de ovada a anchamente elíptica, de 4 a 8 cm por 2 a 4 cm, con la base de redondeada a cuneada, el margen entero y el ápice redondeado. Se puede apreciar dimensionalmente en la Figura 3.
- *Tiempo de vida*: Media de 36 a 60 años como se aprecia en la Figura 1 (Morales y Varón, 2006).
- *Costo*: Varía según el tamaño, el costo de un ejemplar de 1 m bordea los 10 soles. La reproducción es rápida por esquejes.

Figura 3

Dimensiones de las hojas de la especie Ficus benjamina



2.2.6. Flujo Vehicular

El flujo vehicular procedente en un instante determinado es la consecuencia de una serie de disposiciones particulares de los usuarios de la red vial. El tiempo recorrido desde cualquier vía, originada desde un destino, es una función del flujo y de la congestión total (Pérez et al., 2014).

Es indudable que durante los últimos años Tacna ha venido sufriendo un incremento del parque automotor. Este incremento no ha tenido una adecuada planificación por parte de las autoridades locales. Actualmente el MINAM ha establecido el indicador nacional Vehículo por cada mil habitantes (GRT, 2016), el último registro publicado en el SINIA muestra que para el 2016, Tacna ocupa el tercer lugar en este indicador, sin embargo, según la Figura 5 desde entonces hasta el año 2019 este número se ha mantenido estable.

En la Tabla 1, se aprecia las mediciones de flujo vehicular por hora, donde se registra un mayor grado de congestión vehicular en las intersecciones con la Avenida Bolognesi.

Tabla 1

Flujo Vehicular según las intersecciones viales en la ciudad de Tacna

Intersecciones viales	Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD)	
	<i>Anterior Vehículo/h</i>	Actual Vehículo/h
Av. Pinto - Av. Jorge Basadre G.	607	498
Av. Pinto - c. Francisco de Paula Vigil	516	592
Av. 2 de mayo - c/ Patricio Meléndez	565	811
<i>Av. Bolognesi - c/ Paillardelli</i>	<i>1129</i>	<i>1026</i>
Av. Basadre y Forero - Coronel Mendoza	375	439
Av. Grau - Av. Cuzco	624	741
Av. Jorge Basadre G. - c/ Patricio Meléndez	260	758
c/ Gral. Vizquerra - Av. San Martín	490	1086
Av. Internacional - Av. J. Basadre	886	792
<i>Av. Bolognesi - c/ Patricio Meléndez</i>	<i>1157</i>	<i>870</i>
<i>Av. Bolognesi - Av. Basadre Forero</i>	<i>231</i>	<i>393</i>
Av. Pinto - Av. Coronel Mendoza	608	682
c/ P. Meléndez - Av. 2 de mayo	792	837
Av. Jorge Basadre G. - c/ P. Meléndez	510	740
Av. Jorge Basadre G. - Av. Tarata	530	893

Nota. Tomado según los datos proporcionados de *Plan Desarrollo Urbano de la ciudad de Tacna 2015 – 2025*, por MPT – Gerencia de Desarrollo Urbano, 2015.

2.2.7. Normativa de referencia Internacional y Nacional de calidad del aire

Los límites máximos permisibles se establecen para definir los niveles de calidad del aire y velar por la salud de la población y el ecosistema minimizando así los efectos adversos causados por los contaminantes.

De manera internacional estos límites se establecen por medio de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Environmental Protection Agency (EPA) las cuales son guías sobre la calidad del Aire (Luzuriaga, 2019). Estos valores se encuentran resumidos en la Tabla 2.

Tabla 2*Normas de calidad del aire Internacionales*

Institución	Tiempo promedio	Contaminante	Límite máximo (mg/cm² * 30 días)
EPA (Environmental Protection Agency)	30 días	PAS (Polvo atmosférico sedimentable)	1,0
OMS (Organización Mundial de la Salud)	30 días	PAS (Polvo atmosférico sedimentable)	0,5

Nota. Tomado según los datos por EPA - Environmental Protection Agency, 2012. Y de las *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre* por Organización Mundial de la Salud, por la OMS – Organización Mundial de la Salud, 2005.

En el Perú no se cuenta con ninguna norma o ley con respecto a los límites máximos permisibles para polvo sedimentable con el método Dalmasso et al. (1997). Sin embargo instituciones como DIGESA Y SENAMHI cogen normas de la OMS para establecer estudios de monitoreo, los cuales se resumen en la Tabla 3.

Tabla 3*Normas de calidad del aire nacionales*

Institución	Tiempo Promedio	Límites Máximo mg/cm²	Técnica
<i>DIGESA dirección General de salud Ambiental</i>	30 días	0,5	Método Gravimétrico estudio de polvo sedimentable (jarras)
<i>SENAMHI Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía</i>	30 días	0,5	Gravimétrico estudio de polvo sedimentable (jarras), polvo atmosférico Sedimentable (Placas de vidrio)

Nota. Tomado según los datos proporcionados del estudio comparativo para la determinación del polvo atmosférico sedimentable empleando las metodologías de Tubo Pasivo y de Placas Receptoras en la ciudad Universitaria de San Marcos – Lima, por Marcos et al., 2008.

2.2.8. Parámetros Meteorológicos

a) *La precipitación*

Este fenómeno meteorológico, produce un efecto de lavado sobre la atmósfera al arrastrar parte de los contaminantes al suelo; Además, las condiciones atmosféricas de bajas presiones que suelen acompañar a las distintas formas de precipitación, favorecen la dispersión de los contaminantes (Corleto y Cortez, 2012).

b) *Temperatura*

Uno menciona que otros parámetros importantes relacionados a la contaminación por partículas son la temperatura y la altitud, los cuales determinan los movimientos de las masas de aire y, por lo tanto, las condiciones de estabilidad o inestabilidad atmosféricas. Así mismo, las variaciones verticales de temperatura pueden dar lugar a situaciones de inversión térmica, lo que dificulta la dispersión de la contaminación (Corleto y Cortez, 2012). En la región Tacna, así como en la mayoría de las cuencas de la vertiente del Pacífico, la temperatura media anual tiene una distribución orográfica asociada al nivel altitudinal, en la que se observa una relación inversa de la temperatura con respecto a la altitud (GRT, 2016).

c) *Velocidad y dirección del viento*

Las partículas presentes en el aire, tiene alta capacidad para adsorber otros químicos y transportarlos por el viento a distancias lejanas. Su dirección y velocidad son importantes para determinar la rapidez con que estas partículas se trasladan y a la dirección a la que van en tendencia (Flores, et al, 2011).

La velocidad del viento y la turbulencia atmosférica las más relevantes en la dispersión de los contaminantes. Este agente dispersor es afectado por una serie de factores tales como la rugosidad del terreno, el efecto de apantallamiento, desviación o acanalamiento de los accidentes topográficos o de las construcciones artificiales sobre el suelo, el efecto de brisas terrestres de valle y montaña (Vicent y Amparo, 2005).

La cuenca atmosférica de la Zona Metropolitana de Tacna, está fuertemente influenciada por los vientos ambientales generados por el giro anti horario del

Anticiclón del Pacífico sur, e interacciona con la disposición norte-sur de la cordillera de los Andes, canalizando vientos provenientes del sur en el estrato de la Tropósfera por debajo de los 3000 msnm (GRT, 2016).

d) Humedad

Humedad es la cantidad de agua o vapor de agua existente en la tierra o en la atmósfera (GRT, 2016). Las partículas en suspensión, se ven modificadas sustancialmente por la introducción de las variables de temperatura y humedad. Ya que al tener una mayor temperatura pues hay una mayor admisión de humedad (Díez, 1993).

2.2.9. Retención de polvo sedimentable en arbolado urbano

El arbolado público, es una fuente importante para minimizar la contaminación atmosférica debido a la filtración de contaminantes que realiza a través de sus hojas y estomas; del mismo modo retienen en su follaje PAS, favoreciendo a la adsorción de partículas en suspensión. (Aponte, 2017).

2.3. Definición de Términos

2.3.1. Bioindicador

Es un método que ayuda a revelar la contaminación ambiental usando la naturaleza como indicador, utilizando tales como hongos, animales, ecosistemas, etc. Brindándonos información y características de medio o los daños causados en el ambiente. Gracias a los bioindicadores podemos valorar y realizar un seguimiento al medio estudiado. (Boltovskoy, 1967).

2.3.2. Contaminación

Alteración negativa de las condiciones físicas, químicas y biológicas del ambiente, degradando su composición y su calidad (RAE, 2018).

2.3.3. Contaminación atmosférica

Modificación de la composición del aire de la atmosfera al añadirse gases y partículas en suspensión dañinas, que perturban la calidad de aire (OPS y OMS, 2017).

2.3.4. Follaje

Conjunto de hojas extraídas, para su análisis de partículas totales suspendidas (Aponte, 2017).

2.3.5. Gravimetría

El monitoreo con vegetación se ha llevado a cabo desde 1960 analizando las partículas suspendidas en el aire que se han captado por el follaje, la concentración del polvo ha sido peso del polvo/peso seco del follaje y también haciendo el análisis químico de las hojas (Aponte, 2017).

2.3.6. Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS)

Está compuesta por diversas materias emitidas al aire como sólidos en suspensión, gases y líquidos menores a 100 micras que se encuentran en suspensión en la atmosfera (MINAM, 2014).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y Nivel de Investigación

A continuación se desarrolla el tipo y nivel de la presente investigación.

3.1.1. Tipo de Estudio

Según la manipulación de las variables es una investigación descriptiva; ya que no hay manipulación de variables (PAS, incidencia vehicular y zona de monitoreo), estas se observan y se describen tal como se presentan en su ambiente natural.

3.1.2. Nivel Investigación

Según su naturaleza, es longitudinal – panel ya que se realizará en los meses marzo, abril y mayo; para comparar las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en hojas de *Schinus molle* y *Ficus benjamina*.

3.2. Población y muestra de estudio

3.2.1. Población

La población que se estudió está conformada por 2 especies de arbolado público comprendidas en: *Schinus molle* y *Ficus benjamina* y sus concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) de sus hojas. Las cuales son especies representativas y presentes en la ciudad de Tacna.

3.2.2. Muestra

Según la primera etapa del proyecto; para el análisis y determinación de la concentración se determinó la zona de muestreo comprendía en 21 zonas la Avenida Leguía y 15 zonas la avenida Bolognesi donde se tomó una muestra sistemática

aleatoria de cada comunidad de las especies *Ficus benjamina* y *Schinus molle* presentes en la Avenida Bolognesi y Avenida Leguía para la evaluación, de los cuales por cada ejemplar se tomó 16 hojas representativas a 1.60 m (8 de la parte externa del árbol y 8 de la parte interna); En las 2 vías principales de la ciudad de Tacna que se muestran el Anexo 21.

Debido al censo arbóreo realizado se dice que la población es finita, es decir conocemos el total de la población y deseásemos saber cuántos árboles del total necesitamos estudiar. Para obtener la cantidad de muestras necesarias a analizar se aplicó el cálculo de la muestra para poblaciones finitas, la Fórmula 1 sería:

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

Donde:

- n = Total de la población
- n = tamaño de la muestra
- z = 1,96 al cuadrado (probabilidad al 95%)
- p = proporción esperada (en este caso 5% = 0,05)
- q = 1 – p (en este caso 1-0,05 = 0,95)
- d = precisión (en su investigación use un 5%)

3.3. Operacionalización de variables

En la Tabla 4, se desarrollan las variables dependientes e independientes.

Tabla 4

Variables Independientes y dependientes

	Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicador
<i>Variable Independiente</i>	Concentración de Polvo atmosférico sedimentable (PAS).	Concentración de (PAS) en la superficie de las hojas.	Polvo Atmosférico sedimentable (PAS)	$\mu g/cm^2$
<i>Variable Dependiente</i>	Flujo Vehicular	Vehículos por hora	Vh/h	0-1500 Vh/h
	Zona de monitoreo	Avenida Bolognesi Avenida Leguía	Sectorización Sectorización	Zona Zona

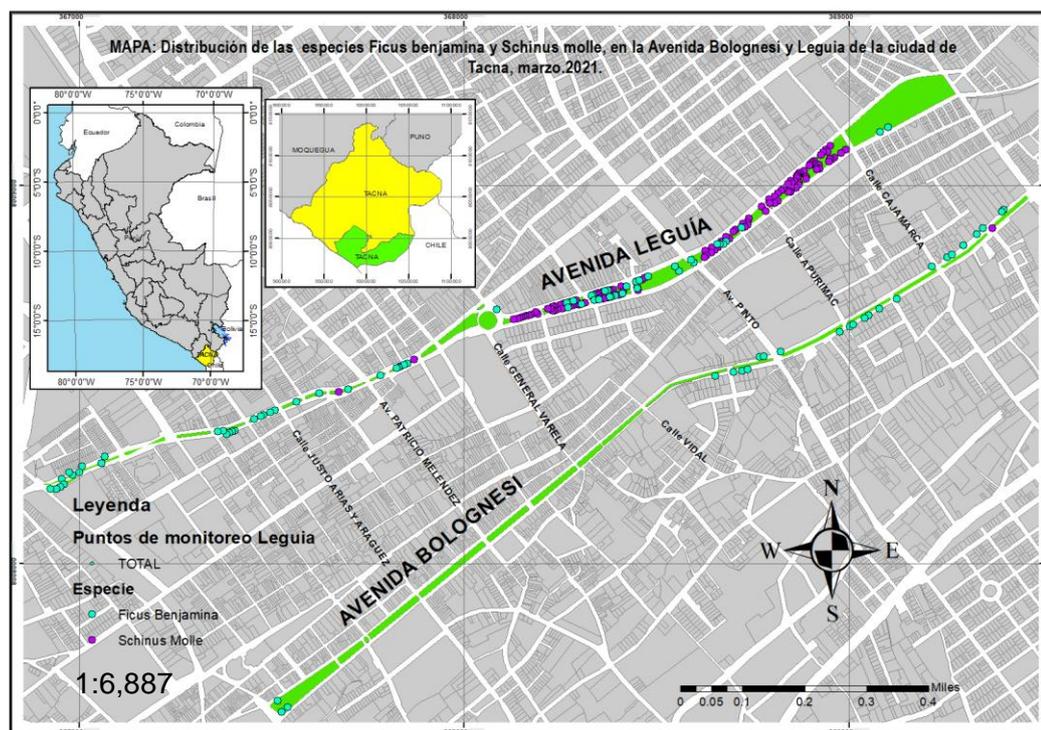
3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

3.4.1. Ubicación de zona de Estudio

La ciudad de Tacna, se encuentra ubicada en el desierto de Atacama a orillas del río Caplina (Costa), en la provincia de Tacna, departamento de Tacna el extremo sur de Perú (Sudamérica) (INEI, 2000). Su elevación media es de 576 m de altitud. En la Figura 4 y en la Figura 7, se aprecian las 2 vías de estudio, la Avenida Bolognesi, la cual es la principal vía en nuestra ciudad, y la Avenida Leguía, que articula la zona comercial comunicando a los diversos distritos de la Provincia de Tacna.

Figura 4

Mapa de Ubicación de la Investigación



Nota. El presente mapa, muestra de manera longitudinal las vías de estudio.

En la Tabla 5, se describe la densidad poblacional en la Región de Tacna, en el cual el 93,03% de personas se sitúan en la provincia de Tacna, donde habitan 38 hab/km². Que sería una densidad media baja, a comparación con el promedio nacional (MPT, 2015).

Tabla 5

Densidad Poblacional en el Distrito, Provincia y Región de Tacna

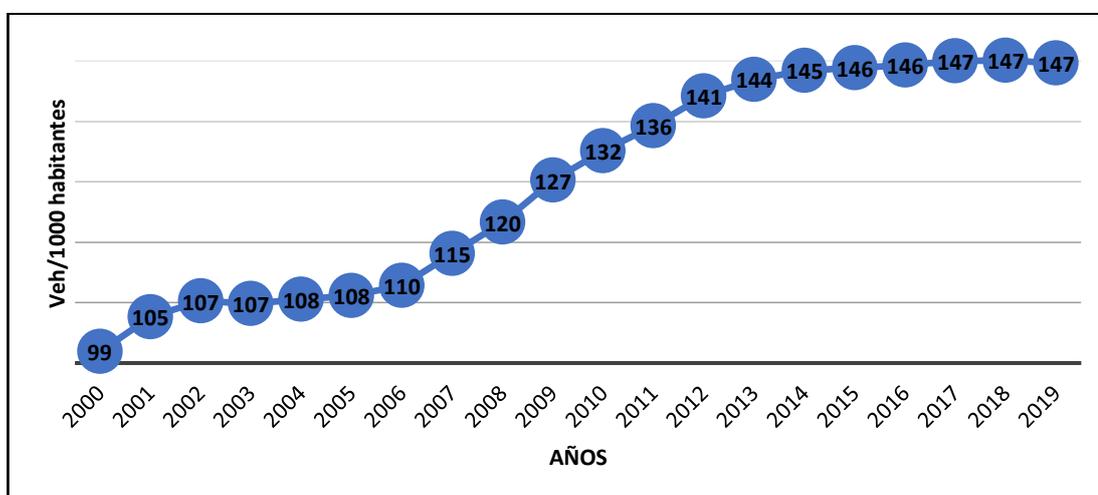
Tacna	Superficie (km ²)	%	N° Habitantes	%	Densidad (hab/km ²)
<i>Distrito</i>	2 429,00	15,11	85 228	25,88	35
<i>Provincia</i>	8 066,11	50,18	306 363	93,03	38
<i>Región</i>	16 075,89	100,00	329 332	100,00	20

Nota. Los 2 últimos datos son Adaptado de *Densidad Poblacional*, Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, 2018.

El mayor problema referido a la contaminación Atmosférica en la ciudad de Tacna, es a consecuencia de la concentración vehicular, que recorre las principales avenidas como la Av. Bolognesi, Av. Leguía, entre otras vías de circulación, generando emisiones contaminantes constantemente. Sin embargo, según la Figura 5, muestra que desde el año 2017 se ha mantenido estable la cantidad de vehículos por cada mil habitantes, sin observar una reducción o incremento de la concentración de emisiones contaminantes en el aire, a causa del parque automotor en la ciudad de Tacna.

Figura 5

Crecimiento vehicular por mil habitantes en los últimos 20 años, Tacna.



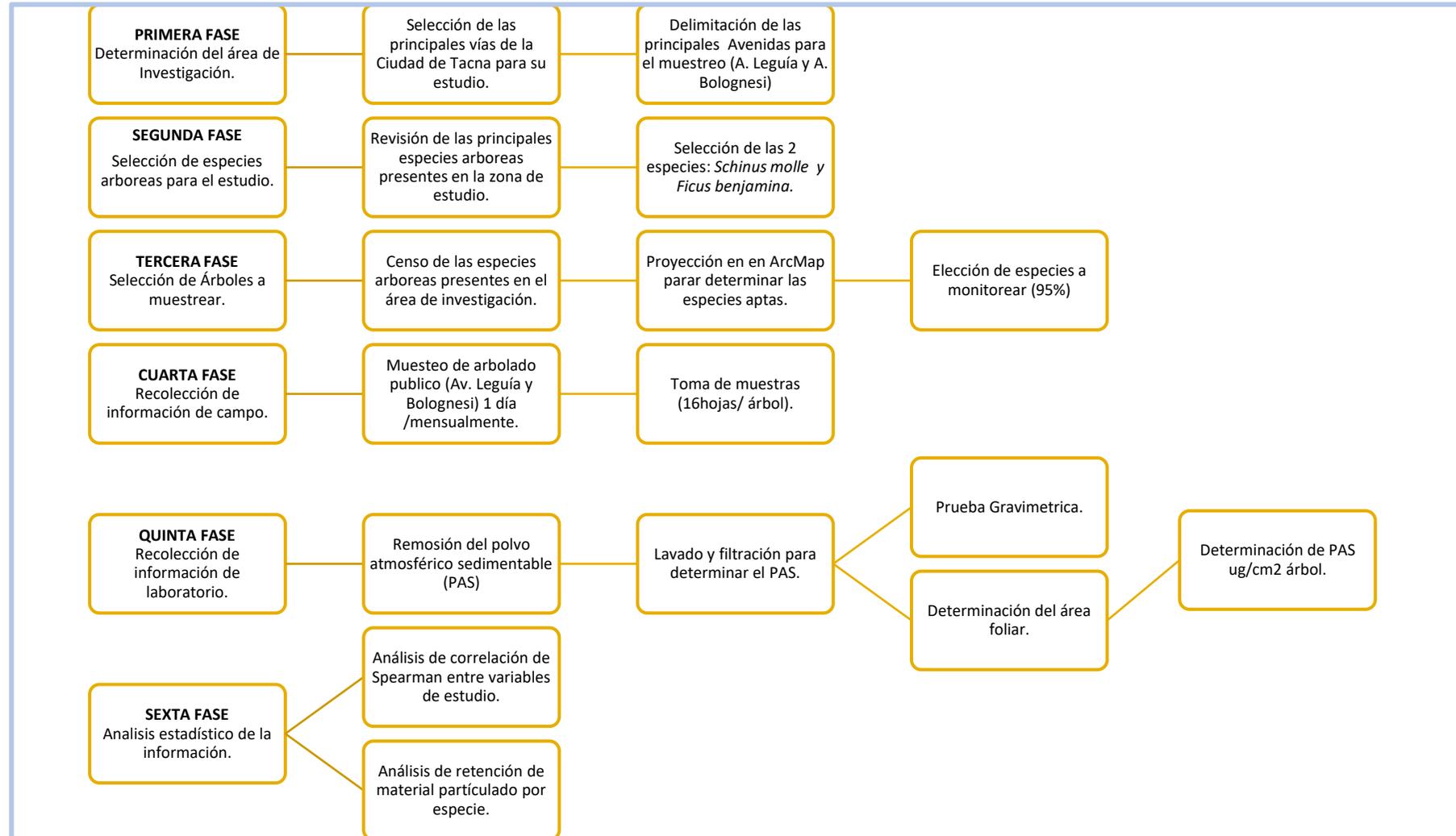
Nota. Adaptado según los datos proporcionados de *Tacna: Vehículos por cada mil habitantes*, por MINAM - Dirección General de Educación, Ciudadanía e Información Ambiental – DGE CIA, 2021, (<https://n9.cl/48iti>).

3.4.2. Metodología de Investigación

La presente investigación emplea una metodología aplicada por Dalmaso et al. (1997). En este sentido, se encuentra conformada por 6 fases diseñadas para alcanzar los objetivos planteados según Figura 6. La descripción general de cada una de las fases de la metodología se presenta a continuación:

Figura 6

Diagrama de la metodología de investigación para la obtención de PAS.



Nota. En el presente organigrama se narra las seis fases que fueron necesarias para la medición de PAS en las especies *Ficus benjamina* y *Schinus molle* en la ciudad de Tacna.

3.4.2.1. Primera fase - Determinación del Área de Investigación

Es de interés local que la principal y más relevante vía de tránsito ubicada en el centro de nuestra ciudad, La Avenida Bolognesi; que conecta a los diferentes distritos de la ciudad y que articula la zona comercial (MPT, 2015), sea considerada para la presente investigación, pero al no contener los suficientes ejemplares de las especies arbóreas seleccionadas, se amplió el área de estudio. En la Tabla 6 se describe el principal uso dado a las Avenidas en estudio.

Tabla 6

Ejes de Integración y Articulación Funcional

Vías	Articulación funcional
<i>Avenida Leguía</i>	Las presentes vías llegan a diversas zonas de la ciudad de manera longitudinal, zonas de recreación pasiva y actividades comerciales.
<i>Avenida Bolognesi</i>	
<i>Avenida Grau</i>	

Nota. Adaptado según los datos proporcionados de Plan Desarrollo Urbano de la ciudad de Tacna 2015 – 2025, por MPT – Gerencia de Desarrollo Urbano, 2015.

Es por ello que La Av. Leguía al contar con áreas recreativas que contienen una gran cantidad y variedad de especies arbóreas y al conectar vías donde se desarrollan actividades comerciales como la feria 28 de Julio, Feria Lima, etc., fue considerada para la presente investigación.

Figura 7

Avenidas selectas para el presente estudio



Nota. (a) Alameda Bolognesi, vista desde la intersección con la calle Ica, (b) Avenida Leguía vista del Topiario ubicada en la intersección con la Av. Pinto.

3.4.2.2. Segunda Fase - Selección de especies arbóreas para el estudio

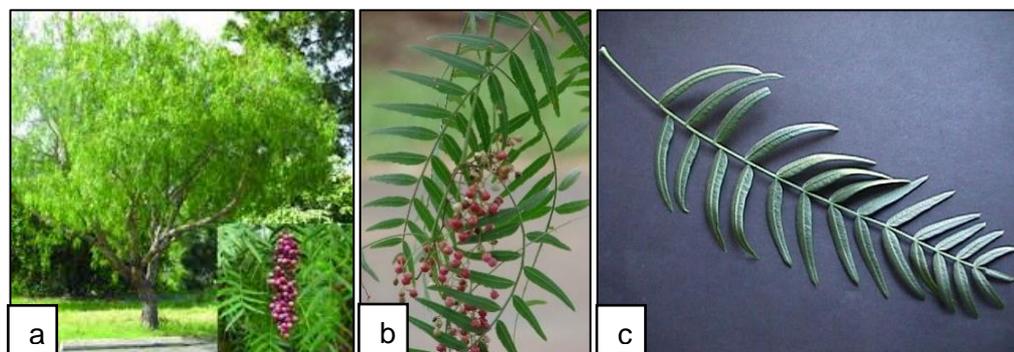
Para la selección de las especies arbóreas se investigó las especies con mayores ejemplares y de importancia en la ciudad de Tacna. Encontrándose entre las más predominantes la *Ficus benjamina*, la cual está presente en la mayor parte de calles en la que hay presencia de arbolado público, siendo la predominante en plazas y avenidas, y la especie *Schinus molle* la cual es representativa y de importancia en la ciudad, teniéndose el primer ejemplar monumental en nuestra ciudad con mayor datación la cual se puede apreciar en la Figura 2.

Probablemente hayan sido sembradas por personas extranjeras inmigrantes, o por alguien que gustaba de la belleza del arte de la Jardinería (Zegarra et al., 2014).

La Especie *Schinus molle* como se muestra en la Figura 8 (c), cuenta con hojas alternas de color verde pueden llegar a ser imparipinnadas o paripinnadas; sus folíolos son opuestos a alternos, estrechamente lanceolados, el ápice es agudo, la base es redondeada, los márgenes son enteros a serrados, especialmente hacia el ápice (Wagner, Herbst, y Sohmer, 1999); al momento de tomar muestra de la presente especie se debe hacer de manera minuciosa ya que una mala manipulación desprende los folios, haciendo la tarea de limpieza complicada. Estas son las principales características de las hojas de *Schinus molle*.

Figura 8

Schinus molle

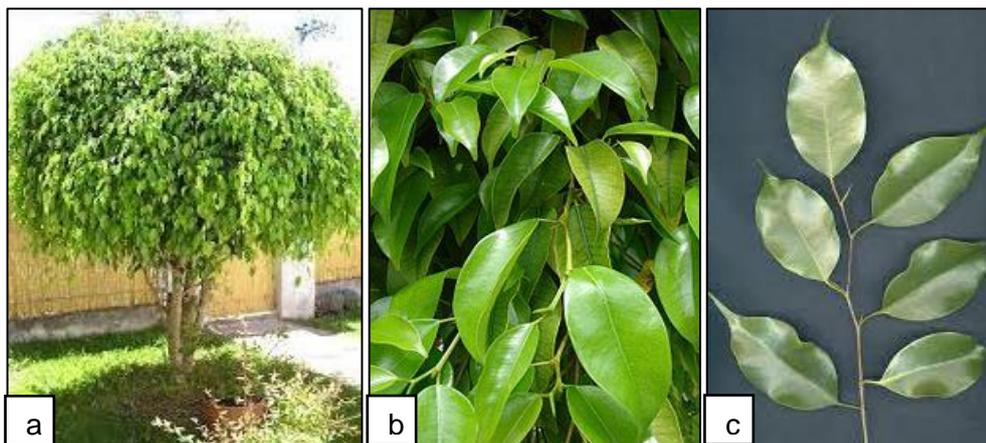


Nota. (a) Árbol de Especie *Schinus molle* (b) Hojas y fruto de *Schinus molle* perennes conocidos como falso pimiento. (c) Hoja de *Schinus molle*.

La especie *Ficus benjamina* como se muestra en la Figura 9 cuenta con hojas pequeñas, ovales, de color verde intenso, su ápice es agudo, su base es redondeada, y sus márgenes son totalmente serrados. Antes eran cultivadas como planta de interior, actualmente se las aprecian en varios parques, jardines, Avenidas, calles y casas particulares (Zegarra, 1995).

Figura 9

Ficus benjamina



Nota. (a) Árbol de Especie *Ficus benjamina* (b) Hojas de *Ficus benjamina*.
(c) Rama compuesta por 5 hojas de *Ficus benjamina*.

3.4.2.3. Tercera Fase – Selección de Árboles a muestrear

Se desarrolló de la siguiente manera:

Primero se identificó según las características de sus hojas las especies a monitorear, esto se desarrolló según las fichas, luego de identificar las especies en el área de estudio, se procedió a referenciar su ubicación en campo realizando un plano de ubicación, en los que para maximizar su visualización se ampliaron exportando 18 mapas, de los cuales 5 son de la Avenida Bolognesi, los cuales se pueden visualizar desde el Anexo 22 hasta el Anexo 26; y 13 mapas de la Avenida Leguía los cuales se ubican desde el Anexo 27 hasta el Anexo 39.

Posteriormente se determinó la suma total de 214 ejemplares los cuales se aprecian a detalle en el Anexo 2. De los cuales se descartaron el 37% por no contar con las especificaciones necesarias para la toma de muestra.

Con las especies restantes se realizó el muestro al 95% de probabilidad para que haya una mayor eficiencia en la toma de datos para la presente investigación.

En la Tabla 7, se comparte la información del tamaño de muestras necesaria para la investigación. Las muestras tomadas del *Schinus molle* son inferiores debido a que solo se consideró los ejemplares ubicados en áreas donde coexistan ambas especies. Para cumplir con el segundo objetivo específico.

Tabla 7

Tamaño de muestras

Avenida	Especie	Total	Total, Aptas	No Aptas	Aptas Zonas	Muestra
Leguía	<i>Schinus molle</i>	127	82	45	29	25
	<i>Ficus benamina</i>	61	28	33	28	25
Bolognesi	<i>Schinus molle</i>	1	1	0	1	1
	<i>Ficus benamina</i>	25	20	5	20	18

Nota. Se presenta la cantidad de ejemplares de Schinus molle y Ficus benamina presentes en la Avenida Bolognesi y Avenida Leguía censadas en marzo del 2021.

3.4.2.4. Cuarta Fase – Recolección de información de campo.

Figura 10

Toma de Muestras



Nota. Toma de muestra de hojas de las especies (a) Schinus molle y (b) Ficus benamina realizado con una podadora manual para minimizar el contacto con la muestra.

Como se muestra en la Figura 10; se procedió a realizar la recolección de muestras mensualmente a horas 10:00, de cada especie se tomó 16 hojas de material foliar (8 de la parte interna y 8 de la parte externa del árbol) a partir del 1,60 m. Se realizó en fechas donde había ausencia de precipitaciones según la información brindada por el portal de Senamhi. O días continuos a días lluviosos, esta información se encuentra a detalle en el Anexo 18 para el mes de marzo, Anexo 19 para el mes de Mayo el Anexo 20 para el mes de junio.

Estas muestras se almacenaron en frascos de vidrios, que fueron transportados a 4°C en un cooler al laboratorio de la Universidad Privada de Tacna, para el análisis correspondiente.

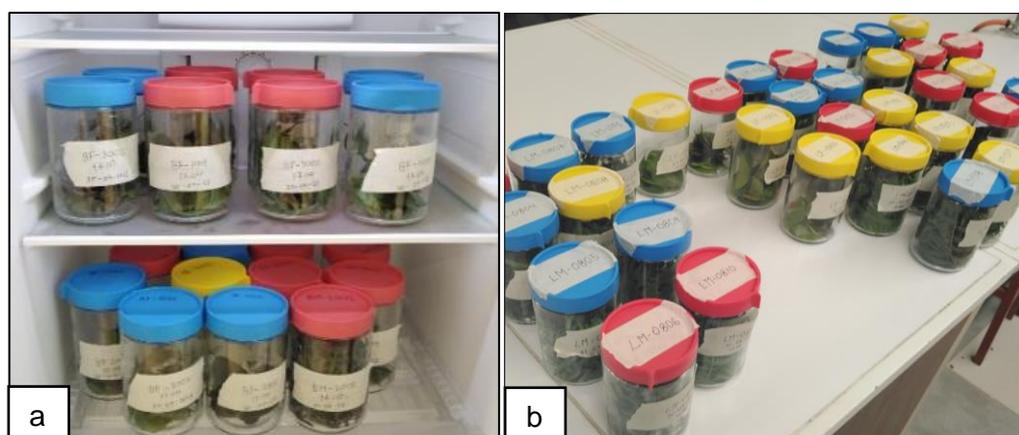
3.4.3. Quinta Fase – Recolección de Información en laboratorio

3.4.3.1. Metodología de Laboratorio

Las muestras conservadas a 4°C fueron trasladadas 1 vez por mes al laboratorio Químico de Ingeniería de la UPT. Como se muestra en la Figura 11 los frascos se encontraban correctamente etiquetados con sus códigos y hora de muestreo, para su posterior análisis.

Figura 11

Conservación de muestras



Nota. (a) Las muestras fueron conservadas a 4°C en (b) frascos de vidrio de 500 ml con hojas de *Schinus molle* y *Ficus benjamina* con etiquetas que contenían el código, fecha y hora.

3.4.3.2. Estabilización del peso del material volumétrico

Las muestras al llegar al laboratorio, fueron extraídas de los frascos como se visualiza en la Figura 12, luego de ello fueron pesadas con la balanza analítica de 4 cifras, para hallar su masa inicial.

Figura 12

Muestras Iniciales



Nota. Muestras distribuidas con sus códigos para su pesado Inicial.

Luego de ello cada muestra fue trasladada a los vasos precipitados con capacidad de 400 ml previamente esterilizados y pesados.

3.4.3.3. Remoción de polvo atmosférico sedimentable de los folios

Luego de ello, con la piceta se agregó 50 ml de agua destilada sobre las muestras para humedecerlas durante 5 horas. Este proceso se realizó para que las hojas reposen y sea más fácil el desprendimiento de los sólidos presentes con las brochas.

Según se muestra en la Figura 13, cada hoja fue lavada rosando delicadamente la yema de los dedos y el agua destilada, para ayudar al desprendimiento del PAS. Asimismo, se usó pinceles de cerdas finas, y delgadas para despegar el PAS de las hojas.

Figura 13

Lavado de folios

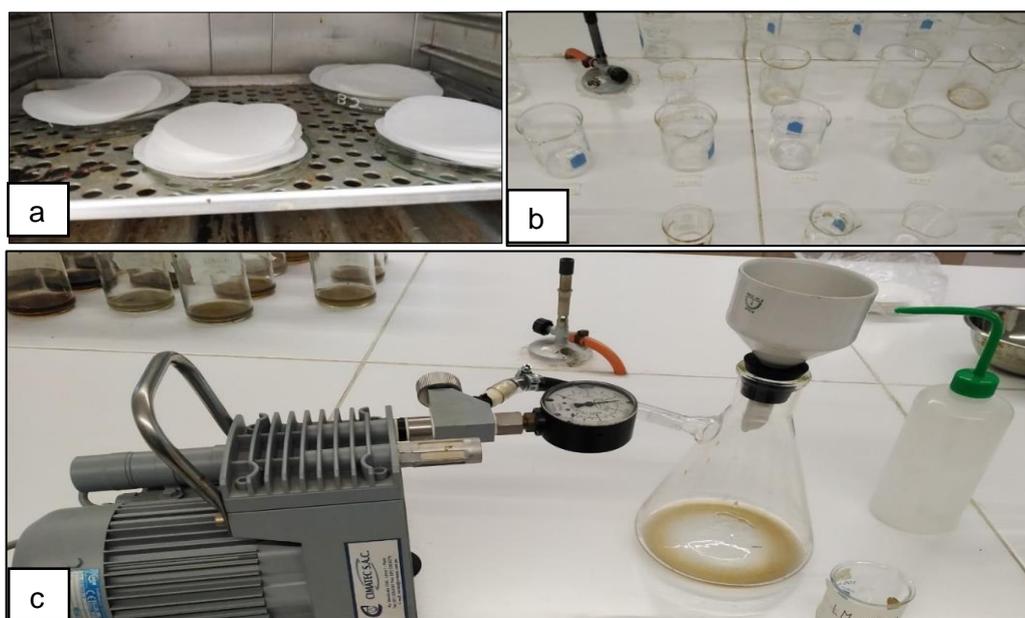


Nota. Lavado de hojas de *Ficus benjamina* con brocha de cerda fina para el desprendimiento del polvo Atmosférico Sedimentable (PAS).

Luego que las hojas se encontraron limpias y se hubo desprendido completamente el PAS en el agua destilada, se procedió a verter y filtrar el extracto al vacío a través de papel filtro Whatman Núm. 42 (previamente esterilizado y pesado) en el matraz Kitasato como se muestra en la Figura 14 (c).

Figura 14

Proceso de obtención de PAS



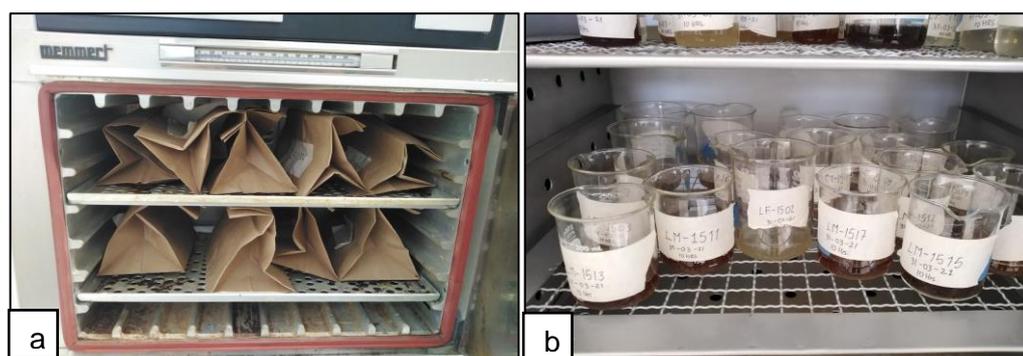
Nota. (a) Papel Filtro *Whatman* Núm. 42, llevado a la estufa para su esterilización. (b) Disposición de vasos precipitados con sus respectivos códigos luego de ser llevado a la estufa para su esterilización. (c) *Matraz Kitasato* conectado a bomba de vacío, para la filtración a través de Embudo cerámico en el que se extrae el PAS presente en el *papel filtro N°42*.

Posteriormente se vertió la mezcla que aún contenía PAS disuelto en agua al vaso precipitado de 100 ml (previamente esterilizados y pesados) Para determinar con mayor precisión la cantidad de PAS presentes en cada muestra, según muestra la Figura 15 y la Figura 17, fueron llevadas a estufa a 80°C por 72 horas.

Subsiguientemente, tanto los papeles de filtro como las hojas lavadas se secaron en estufa a 60 °C durante al menos 48 horas según lo muestra la Figura 16.

Figura 15

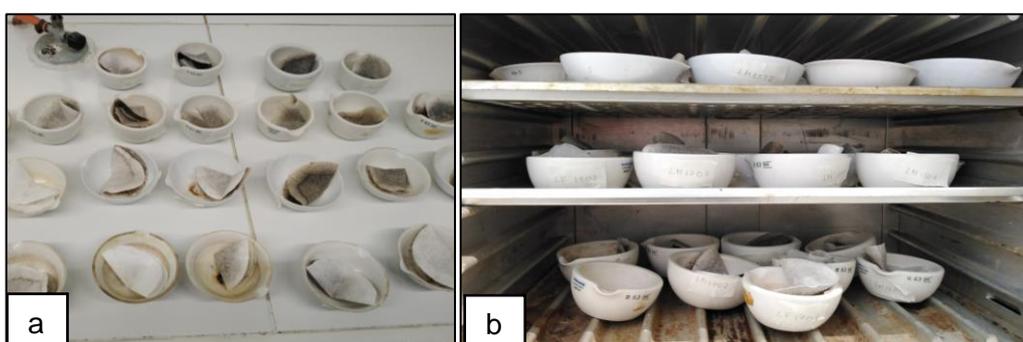
Secado de hojas



Nota. (a) Material foliar siendo secado. (b) PAS extraído en lavado siendo secado.

Figura 16

Secado de papeles filtro



Nota. (a) El PAS luego de filtrado en la superficie de los papeles filtros (aprox. 5 min/muestra) (b) se trasladaron a la estufa a 60 °C durante 48 horas.

3.4.3.4. Evaluación de concentraciones de PAS en superficies foliares

Los vasos precipitados de 100 ml con el líquido filtrado fueron llevados al horno estufa por un espacio de 48 horas para su secado.

Después de las 48 horas se retiró del horno estufa los frascos con el polvo atmosférico sedimentable (PAS) y se tomó el promedio del peso, con la toma de 3 pesados al momento de sacarlos del horno cada 5 minutos como se muestra en la Figura 17(b).

Gracias a una prueba gravimétrica en balanza analítica de cuatro cifras, se derivó valorar el peso en miligramos. Los resultados de los 3 monitoreos realizados se muestran en el Anexo 3 para el mes de marzo, el Anexo 7 para el mes de mayo y el Anexo 11 para el mes de junio.

Figura 17

Pesado de PAS



Nota. (a) Frascos con PAS después de estar secados en horno. (b) Pesado de PAS extraído en el lavado de las hojas.

Para hallar la cantidad de PAS se realizó la Formula 2:

$$\text{PAS} = \text{PF} - \text{PI} \times 1000 \quad (2)$$

Donde PAS es la cantidad que cada árbol retiene de polvo atmosférico sedimentable (PAS) dada en microgramos (μm).

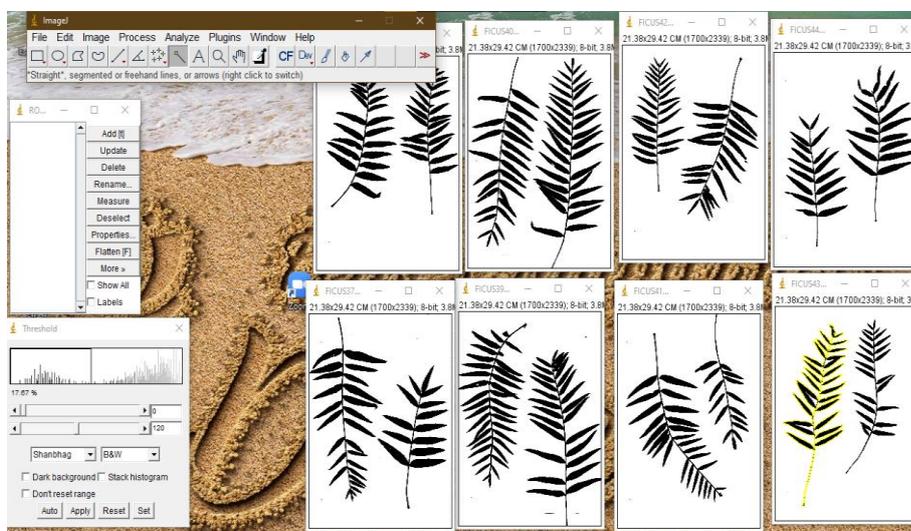
PF es el peso final del frasco en (mg) y PI es el peso inicial del frasco en (mg), después del proceso de secado.

3.4.3.5. Determinación de área foliar

- Para la determinación del área foliar se procedió a retirar los 16 folios de cada muestra y colocarlos en una bandeja para ser secados.
- Posteriormente en el caso de la especie *Schinus molle* se colocó de 2 a 4 hojas (de acuerdo al tamaño de la muestra), y de la especie *Ficus benjamina* se colocó de 9 a las 16 hojas en la bandeja para ser escaneadas en un papel milimetrado el cual ayudó a referenciar el tamaño real de las muestras; dicho proceso se efectuó en el escáner de la impresora HP 4120.
- Se procedió a escanear y luego gracias al programa ImageJ se midió el área foliar de cada muestra en cm^2 como se observa en la Figura 18 y Figura 19.
- Se guardó ordenadamente cada imagen con sus códigos respectivos en carpetas que permitan un acceso directo a cada muestra.

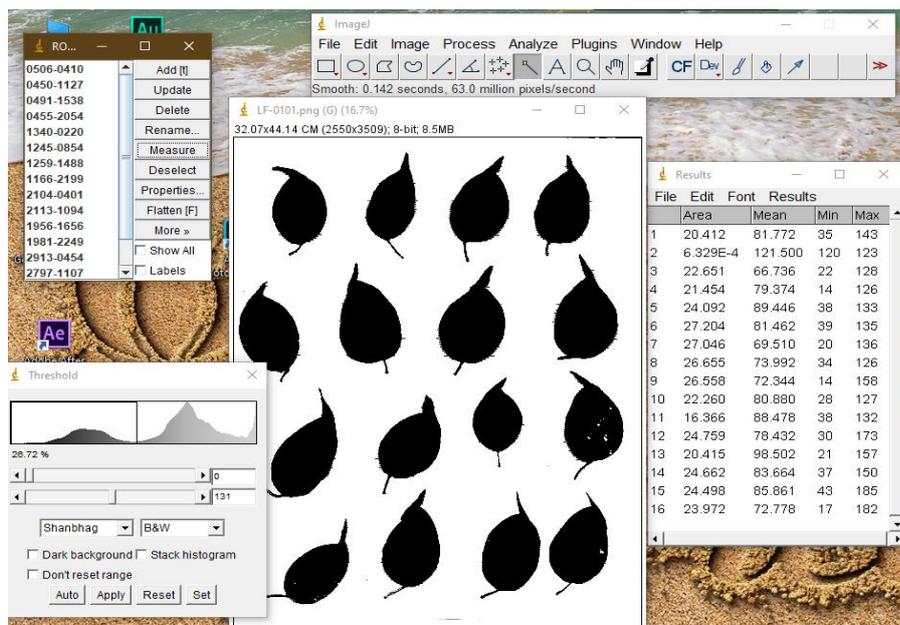
Figura 18

Hojas escaneadas de *Schinus molle*



Nota. Hojas de *Schinus molle*, escaneadas en el programa ImageJ para determinar su área foliar.

Figura 19

Hojas escaneadas de *Ficus benjamina*

Nota. Hojas de *Ficus benjamina*, escaneadas en el programa ImageJ para determinar su área foliar.

Los resultados obtenidos de la determinación del área foliar se encuentran ordenados de acuerdo a la fecha de monitoreo; para el mes de marzo se encuentra en el Anexo 4 y continua en el Anexo 5, para el mes de mayo se halla en el Anexo 8 y continua en el Anexo 9; para el mes de junio se muestra el Anexo 12.

Finalmente como último paso se divide el PAS por el área de las hojas en $\mu g/cm^2$. El resultado final con el que se hizo procesamiento de los datos, para el mes de marzo se halla en el Anexo 6, para el mes de mayo se halla en el Anexo 10, para el mes de junio se muestra el Anexo 13.

3.4.4. Flujo vehicular

El flujo vehicular tiene variaciones según la cantidad de vehículos que transitan durante el periodo de un día y el tipo de vía.

Para la presente investigación Las mediciones fueron desarrolladas, gracias a la técnica de observación como se muestra en la Figura 20. Los cuales se

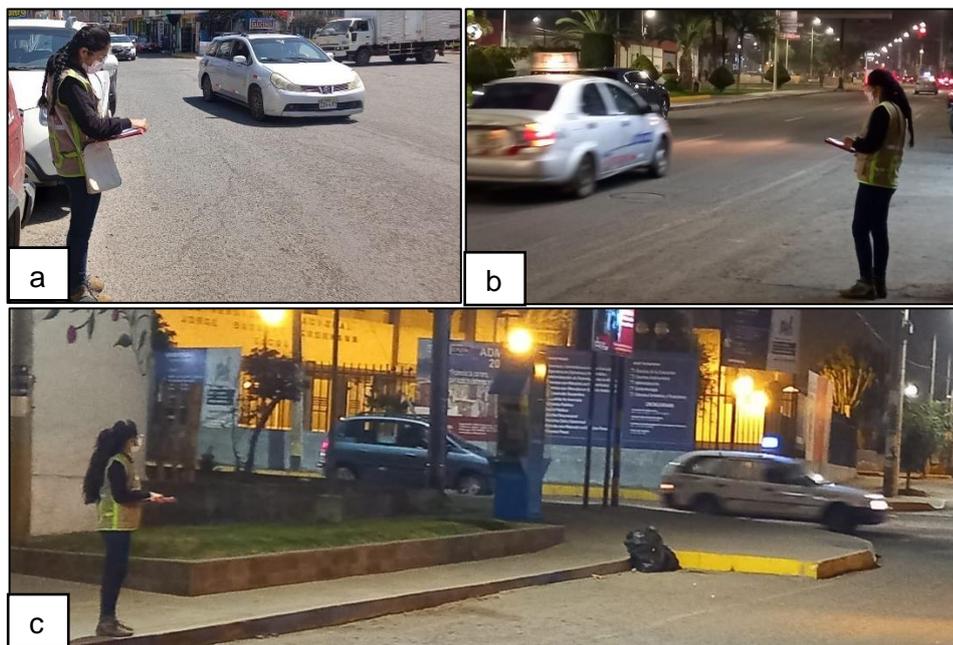
desarrollaron con cuadros necesarios en los que se pueden observar los resultados en el Anexo 13, considerando en los mismos el conteo de 15 min.

Los horarios que cuentan con predominante volumen de vehículos son los siguientes: Durante las primeras horas del día se cuenta con bajo volumen de vehículos, a medida que pasa el tiempo va aumentando hasta alcanzar valores máximos entre las 7:00 y 9:00 horas. Seguidamente de 9:00 a 12:00 horas el volumen disminuye y luego asciende hasta llegar valores máximos entre las 12:00 y 14:00 horas. Disminuye nuevamente en el intervalo de las 14:00 hasta las 18:00 horas, el último intervalo de valores máximos se encuentra entre las 18:00 y 20:00 horas. Y posteriormente vuelve a disminuir hasta llegar al día siguiente (ICG, 2005).

El resumen del monitoreo realizado en ambas avenidas se encuentra en detalle en el Anexo 14.

Figura 20

Control de flujo vehicular



Nota. Medición de flujo vehicular en la (a) Avenida Leguía con la Av. Patricio Meléndez. (b) Avenida Leguía con la Av. Pinto (c) Avenida Bolognesi con la Av. Pinto.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

Se ejecutaron ensayos no paramétricos.

- Las pruebas que se realizaron fueron las siguientes:
- Se tomó en cuenta las variables: cantidad de polvo atmosférico sedimentable (PAS), tránsito vehicular y la zona en que se efectuó el muestreo. Con los datos obtenidos se realizó una correlación simple de Spearman.
- Coeficiente de determinación R^2
- Anova de Friedman
- Análisis de la varianza Kruskal-Wallis

Para conocer si existen diferencias en la concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en las zonas de monitoreo se aplicó un análisis de varianza por rangos para lo que se utilizó el estadístico de Kruskal-Wallis (también llamada la prueba H) el cual es una prueba no paramétrica que utiliza rangos de datos muestrales de dos o más poblaciones independientes. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete IBM SPSS Statistics. (Chipoco y Valencia, 2015).

3.6. Limitaciones

- Vivimos en un tiempo, en que existen muchas limitaciones debido al estado de emergencia constante que vive nuestro país y todo el mundo por causa del Covid-19. Como es el uso limitado del laboratorio debido a los protocolos para su uso. Por lo que se prolonga los periodos de análisis en el mismo.
- También el desarrollo académico de la Universidad, debido a que todos los trámites son de manera virtual.
- Información limitada por el estado de emergencia en el momento del desarrollo de la presente investigación (GRT, MPT).
- Variaciones de temperatura, avenidas no previstas, aparecen nuevas variables.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

De acuerdo al objetivo principal se evalúa y compara la capacidad de retención de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en las hojas de *Schinus molle* y *Ficus benjamina* en la siguiente tabla.

Tabla 8

Análisis de varianza para el Objetivo principal

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<i>Entre grupos</i>	2,59282E6	1	2,59282E6	33,14	0,0000
<i>Intra grupos</i>	5,24128E6	67	78228,1		
<i>Total (Corr.)</i>	7,8341E6	68			

Nota. Para capacidad de retención de polvo atmosférico sedimentable por especies.

La capacidad de retención de polvo atmosférico sedimentable (PAS) es diferente en ambas especies, ya que según la Tabla 8 p-valor <0,000, por tanto, se puede afirmar que alguna de las especies retiene mayor cantidad, consecuentemente, para averiguar que especie retiene en mayor grado, se realizó la prueba de múltiples rangos, que se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9

Pruebas de Múltiple Rangos para el objetivo principal

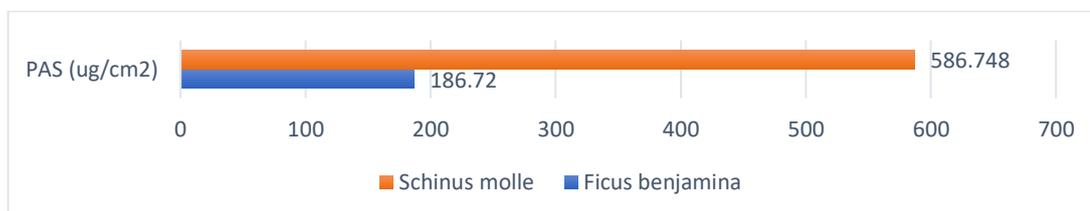
Especie	Casos	Media	Grupos Homogéneos
<i>Schinus molle</i>	26	186,72	A
<i>Ficus benjamina</i>	43	586,748	B
<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
<i>Molle y Ficus</i>	*	-400.027	138,691

Nota. Se compara la retención del PAS entre *Schinus molle* y *Ficus benjamina*.

Al comparar la retención promedio de PAS en ambas como muestra la Figura 21, concluimos que la especie *Ficus benjamina* retiene tres veces más el PAS en la superficie foliar, que la especie *Schinus molle* que en promedio retiene 186,72 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

Figura 21

Comparación de retención de PAS entre Ficus benjamina y Schinus molle



Con referencia al primer objetivo específico, se determinó la relación entre las zonas de monitoreo y las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en las hojas de las 2 especies en estudio, según la Tabla 10, la cual se muestra a continuación:

Tabla 10

Correlación de Rho de Spearman para el objetivo específico

Rho de Spearman		Tramos donde se ubica las dos especies	PAS en zonas de monitoreo donde existe las dos especies
<i>Tramos donde se ubica las dos especies (Zona)</i>	Coefficiente de correlación	1,000	0,397*
	Sig. (bilateral)	.	0,017
	N	37	36
<i>PAS en zonas de monitoreo donde existe las dos especies</i>	Coefficiente de correlación	0,397*	1,000
	Sig. (bilateral)	0,017	.
	N	36	36

Nota. Correlación de Spearman para determinar la relación de zonas de monitoreo y la concentración de PAS de ambas especies. *. *La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).*

Los resultados encontrados indican que existe una correlación significativa (Sig. = 0,017), positiva y moderada (Rho de Spearman = 0,397) entre las zonas de monitoreo y las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable al 95 % de confianza, por lo que ambas variables están relacionadas directamente, es decir a medida que crece las zonas donde están presentes las especies, aumentaran también la retención de polvo atmosférico sedimentable.

De acuerdo al segundo objetivo específico, se determinó según la Tabla 11, cuál de las 2 especies retiene mayor cantidad de polvo atmosférico sedimentable según su zona de monitoreo (PAS).

Tabla 11

Análisis de Varianza para el objetivo específico 2

Fuente	Suma de GI Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<i>Entre grupos</i>	37185,2	1	37185,2	1,58	*0,2165
<i>Intra grupos</i>	845786,	36	23494,0		
<i>Total (Corr.)</i>	882971,0	37			

Nota. *No existe diferencias significativas

La prueba estadística indica que no existen diferencias significativas en la retención de polvo atmosférico sedimentable, según las zonas de monitoreo, es decir en las zonas evaluadas mostradas en la Tabla 12 y Tabla 13 (el tramo especificado donde ambas especies coexisten) se podría afirmar que no existirían evidencias suficientes para decidir cuál de ellos retiene más, a un nivel de confianza del 95 %.

Tabla 12

Cantidad de ejemplares muestreados en la Avenida Bolognesi

Tramo	Especie	Muestra
1	<i>Schinus Molle</i>	0
1	<i>Ficus Benjamina</i>	1
10	<i>Schinus Molle</i>	0
10	<i>Ficus Benjamina</i>	4
11	<i>Schinus Molle</i>	0
11	<i>Ficus Benjamina</i>	1

Tramo	Especie	Muestra
12	<i>Schinus Molle</i>	0
12	<i>Ficus Benjamina</i>	4
13	<i>Schinus Molle</i>	0
13	<i>Ficus Benjamina</i>	2
14	<i>Schinus Molle</i>	0
14	<i>Ficus Benjamina</i>	4
15-1	<i>Schinus Molle</i>	1
15-1	<i>Ficus Benjamina</i>	2

Nota. Sólo un tramo cuenta con ambas especies, el tramo 15 ubicado en el escuadrón (Av. Basadre y Forero).

Tabla 13

Cantidad de ejemplares muestreados en la Avenida Leguía.

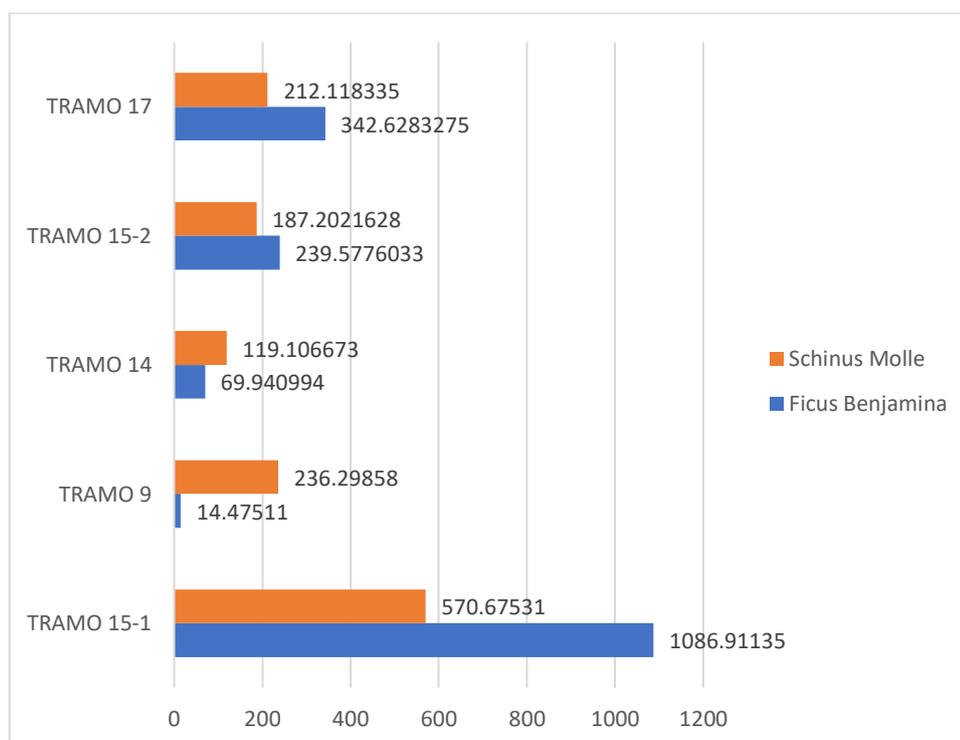
Tramo	Especie	Muestra
1	<i>Schinus Molle</i>	0
1	<i>Ficus Benjamina</i>	2
2	<i>Schinus Molle</i>	0
2	<i>Ficus Benjamina</i>	3
8	<i>Schinus Molle</i>	0
8	<i>Ficus Benjamina</i>	1
9	<i>Schinus Molle</i>	1
9	<i>Ficus Benjamina</i>	1
14	<i>Schinus Molle</i>	8
14	<i>Ficus Benjamina</i>	1
15-2	<i>Schinus Molle</i>	12
15-2	<i>Ficus Benjamina</i>	3
16	<i>Schinus Molle</i>	0
16	<i>Ficus Benjamina</i>	10
17	<i>Schinus Molle</i>	4
17	<i>Ficus Benjamina</i>	4

Nota. De los 4 tramos en que habitan ambas especies, sólo la zona 17 cuenta con variabilidad de especies.

De las tablas antes mostradas se puede resumir en la Figura 22 que 3 de los 5 tramos, la especie *Ficus benjamina* retiene mayor cantidad de PAS, sin embargo no hay suficientes evidencias para afirmar lo anterior mencionado por falta de repetición de especies.

Figura 22

Comparación de retención de PAS en ambas especies, según tramos.



- *Tramo 15 de la Avenida Bolognesi*

El desarrollo estadístico mostró que no existen diferencias significativas, debido a que en la presente zona solo existe un ejemplar de *Schinus molle* (el único registrado en la Av. Bolognesi) y dos de *Ficus benjamina*, por lo que no se pueden hacer análisis de datos por falta de variabilidad (faltan repeticiones).

En la Figura 23 se puede observar la situación en la que se encontró la especie previa a realizar el monitoreo. En el mes de mayo la vía se encontraba habilitada; sin embargo, al estar la especie invadiendo con su follaje parte de la vía, hace que esté más expuesta a retener una mayor cantidad de PAS en sus hojas. Los ejemplares de *Schinus molle*, ubicados en la Avenida Leguía, no se encuentran a los márgenes de las áreas verdes. Si no se ubican a un margen necesario para su desarrollo óptimo.

Figura 23

Schinus molle presente en el último tramo de la Avenida Bolognesi.

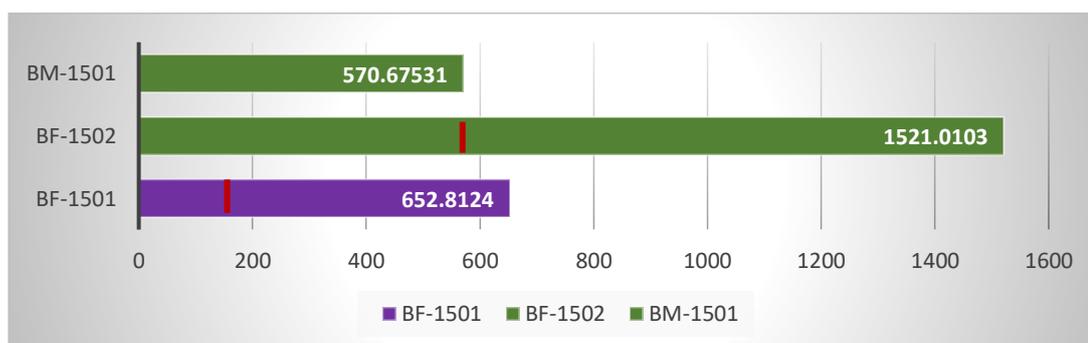


Nota. La especie Arborea se encuentra al margen derecho de la Avenida Bolognesi. Se observan escombros y ausencia de asfalto por temas de renovación de alcantarillado durante el mes de marzo.

En la Figura 24 se muestra la cantidad de PAS retenido en la superficie foliar de ambas especies; donde los resultados se encuentran muy alejados de su promedio, registrándose los valores más altos en la investigación, por el levantamiento de polvo causado por la obra ejecutada con anterioridad, mostrado en la Figura 23.

Figura 24

Comparativa de retención de PAS en el tramo 15 de la Avenida Bolognesi



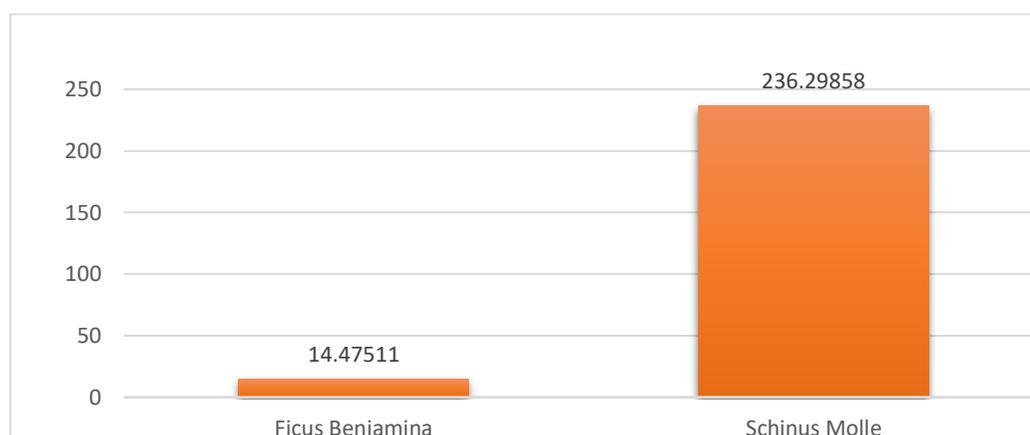
Nota. BM= Avenida Bolognesi especie *Ficus benjamina*, BF= Avenida Bolognesi especie *Schinus molle*. La línea roja hace referencia al promedio registrado en ambas especies.

- *Tramo 9 de la Avenida Leguía*

No hay diferencias significativas; no se pueden hacer análisis de datos porque no hay variabilidad (faltan repeticiones). Como se muestra en la Tabla 13, solo se halla 1 ejemplar de cada especie. Se puede apreciar este desbalance de manera clara con la Figura 25.

Figura 25

Comparación de PAS en el tramo 9 de la Avenida Leguía.



El presente resultado es obtenido de la Intersección de las Avenida Patricio Meléndez; uno de los factores importantes para que la Ficus benjamina no tenga una retención adecuada, es la forma de sus hojas, ya que al parecer aunque su follaje es abundante y hay ausencia de plagas, las hojas se encuentran dobladas, producto del calor y los tintes y aerosoles tóxicos emitidos en la zona, ya que el olor de estos insumos no pasa desapercibido en el lugar.

- *Tramo 14 de la Avenida Leguía*

Existe variabilidad de datos para Molle, pero no para Ficus (solo una observación) según la Tabla 13, por ello la comparación no es posible.

- *Tramo 15 de la Avenida Leguía*

En el presente tramo, el diseño es desbalanceado (molle 11 casos; ficus 3 casos) el ANOVA sigue siendo válido, no obstante, el procedimiento de prueba es

relativamente sensible a las desviaciones pequeñas del supuesto de la igualdad de varianzas y por tanto la potencia de la prueba ya no se maximiza tal como ocurre con un diseño desbalanceado, no obstante, se trabajan con datos normalizados los cuales se hallan en el Anexo 15 y el Anexo 16.

La Tabla 14 muestra que no existe diferencias estadísticamente significativas entre las dos especies.

Tabla 14

Análisis de Varianza de especies en el tramo 15 de Av. Leguía

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6583,65	1	6583,65	0,72	/0,4104
Intra grupos	118284,	13	9098,8		
Total (Corr.)	124868,	14			

*Nota. *No existe diferencias significativas*

Figura 26

Ejemplares de Ficus benjamina muestreados en el tramo 15 de la Avenida Leguía.

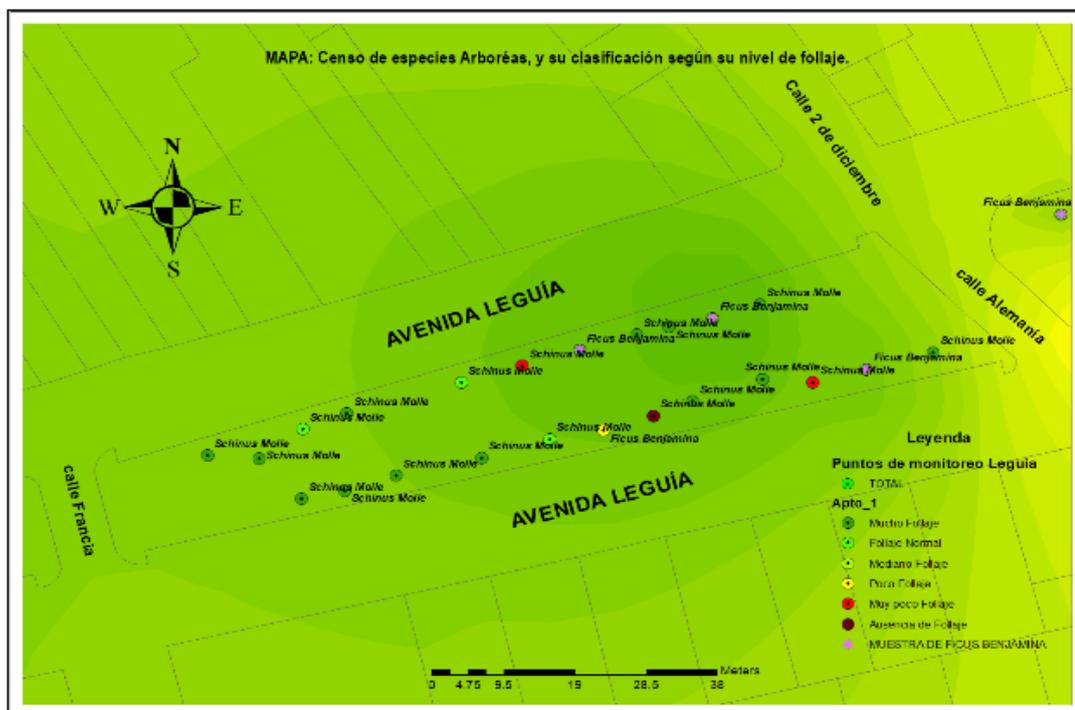
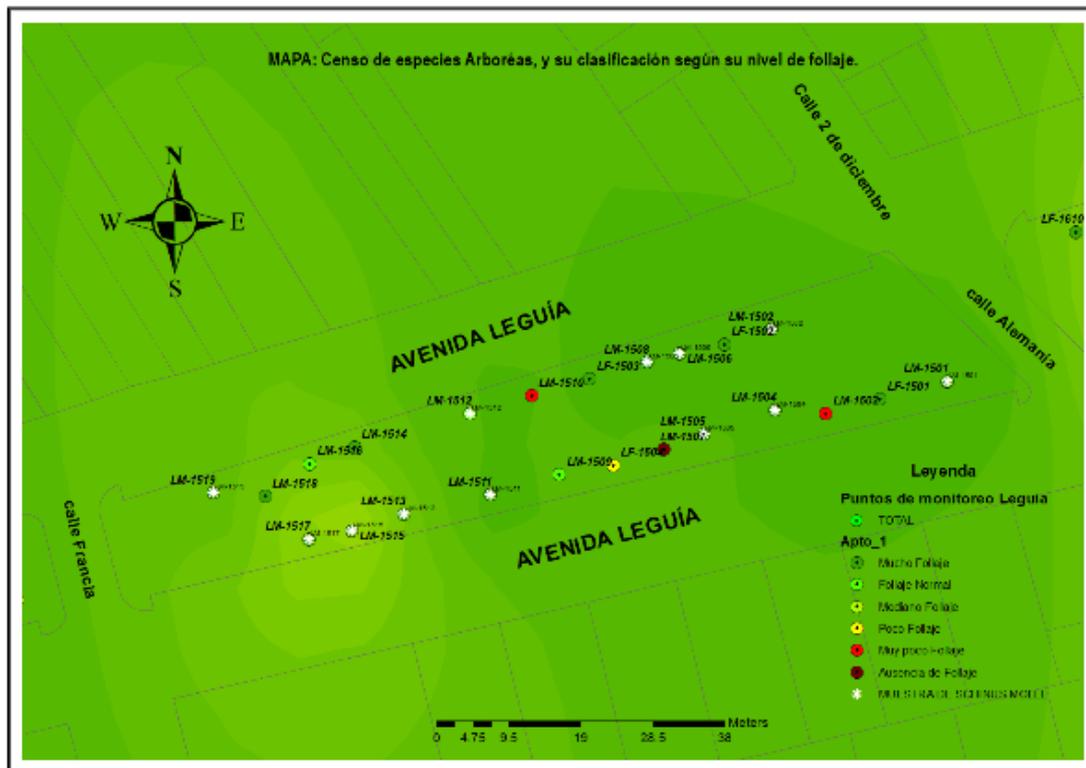


Figura 27

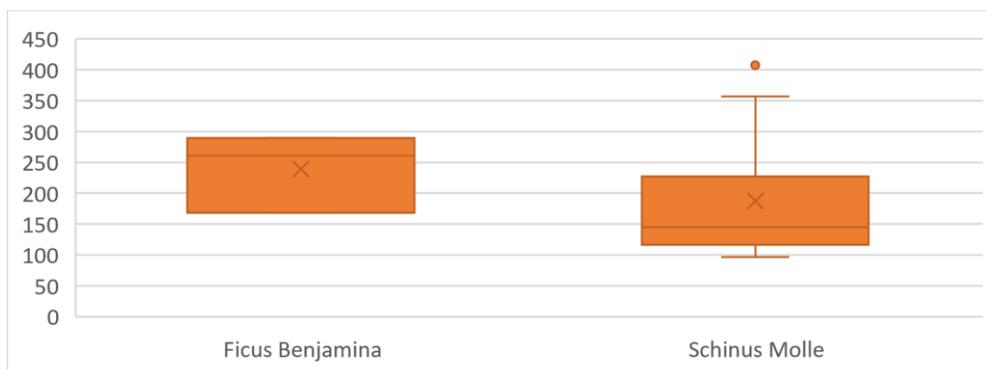
Ejemplares de Schinus molle muestreados en el tramo 15 de la Avenida Leguía.



En la figura 26 y Figura 27 se puede apreciar según IDW la dispersión de las especies muestreadas y como varían según el lugar donde se ubica cada ejemplar. En la Figura 28 se puede analizar que al promediar los resultados las especie *Ficus benjamina* posee una mayor capacidad de retención, notándose más claramente en la coloración de los mapas mostrados en las figuras anteriores.

Figura 28

Comparación de retención de PAS en el tramo 16 de la Avenida Leguía.



- Tramo 17 de la Avenida Leguía

En este tramo, se asume un diseño balanceado, resulta ser significativa las diferencias que existen entre ambas especies al retener PAS según la Tabla 15 y la Tabla 16, (p -valor= 0.0203), así mismo la especie que mejor retiene es la *Ficus benjamina*, con una confianza del 95 %.

Tabla 15

Análisis de Varianza para el tramo 17 de la Avenida Leguía

Fuente	Suma de Cuadrados	de GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	34065,7	1	34065,7	9,80	*0,0203
Intra grupos	20866,1	6	3477,69		
Total (Corr.)	54931,8	7			

Nota. *Existe diferencias significativas

Tabla 16

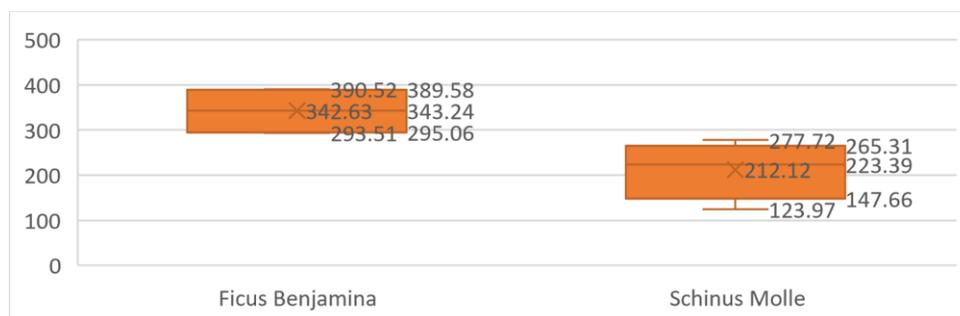
Prueba de Múltiples Rangos para el tramo 17 de la Avenida Leguía

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
<i>Schinus molle</i>	4	212,118	A
<i>Ficus benjamina</i>	4	342,628	B
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Ficus – Molle	*	130,51	102,035

Nota. Método: 95.0 porcentaje LSD

Figura 29

Comparación de retención de PAS en el tramo 17 de la Avenida Leguía.



En la Figura 29 se puede apreciar la distribución adecuada de las especies, encontrándose menos varianza en la especie *Ficus benjamina*, que tiene una media de 342,63 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ en tanto la media de la *Schinus molle* es de 212,12 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$. A su vez se puede apreciar las diferencias más precisas según la Figura 30 y Figura 31 donde se puede notar que mientras las especies se encuentren al margen de la avenida tiene una mayor retención de PAS, mientras las especies que se encuentren rodeadas por otras especies causan, barreras naturales que minimizar su capacidad de retención.

Figura 30

Ejemplares de Ficus benjamina muestreados en el tramo 17 de la Avenida Leguía

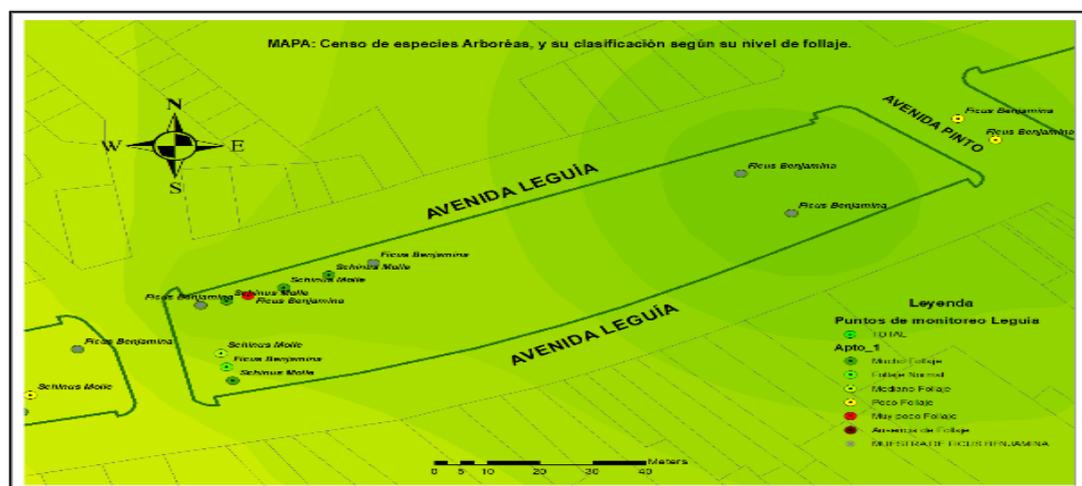
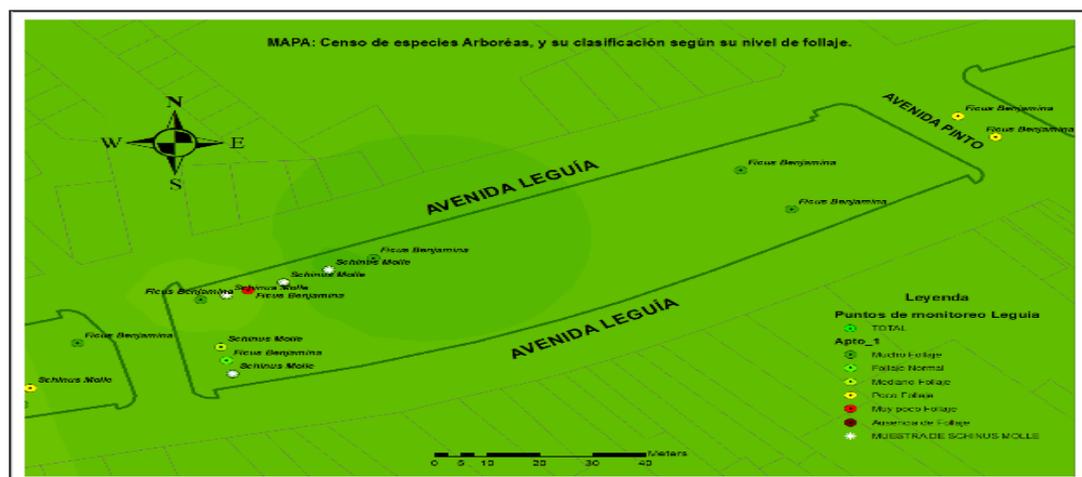


Figura 31

Ejemplares de Schinus molle muestreados en el tramo 17 de la Avenida Leguía



Con respecto al tercer objetivo específico el cual indica evaluar la relación entre el flujo vehicular y el polvo atmosférico sedimentable (PAS) depositado en las hojas de *Ficus benjamina*, la Tabla 17 muestra los resultados del procesamiento estadístico.

Tabla 17

Correlación de Pearson para el objetivo específico 3

		Polvo atmosférico sedimentable en ficus – Normal	Flujo vehicular donde hay presencia de ficus
<i>Polvo atmosférico sedimentable en ficus – Normal</i>	Correlación de Pearson	1	0,675**
	Sig. (bilateral)		0,000
	N	32	32
<i>Flujo vehicular donde hay presencia de ficus</i>	Correlación de Pearson	0,675**	1
	Sig. (bilateral)	0,000	
	N	32	32

Nota. Correlación del flujo vehicular y el PAS de *Ficus benjamina***. *La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).*

Los resultados encontrados indican que existe una correlación altamente significativa (Sig. = 0.000), positiva y fuerte (correlación de Pearson = 0,675) entre el flujo vehicular y las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable al 95 % de confianza, por lo que ambas variables están relacionadas directamente, es decir a medida que aumenta el flujo vehicular, aumentaran la retención de polvo atmosférico sedimentable en la especie *Ficus benjamina*.

Figura 32

Interpolación IDW de la dispersión de Polvo Atmosférico Sedimentable en Ficus benjamina

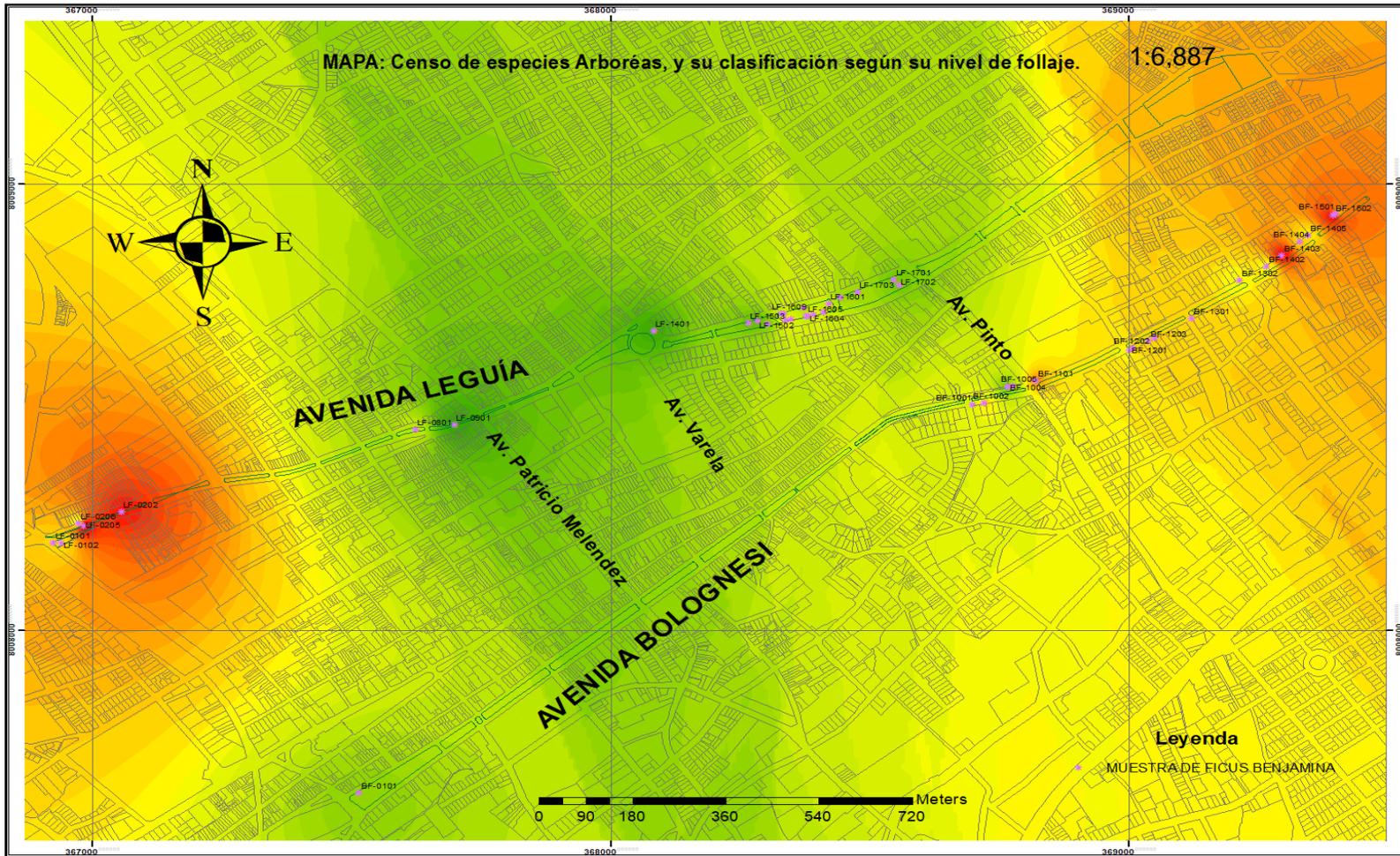
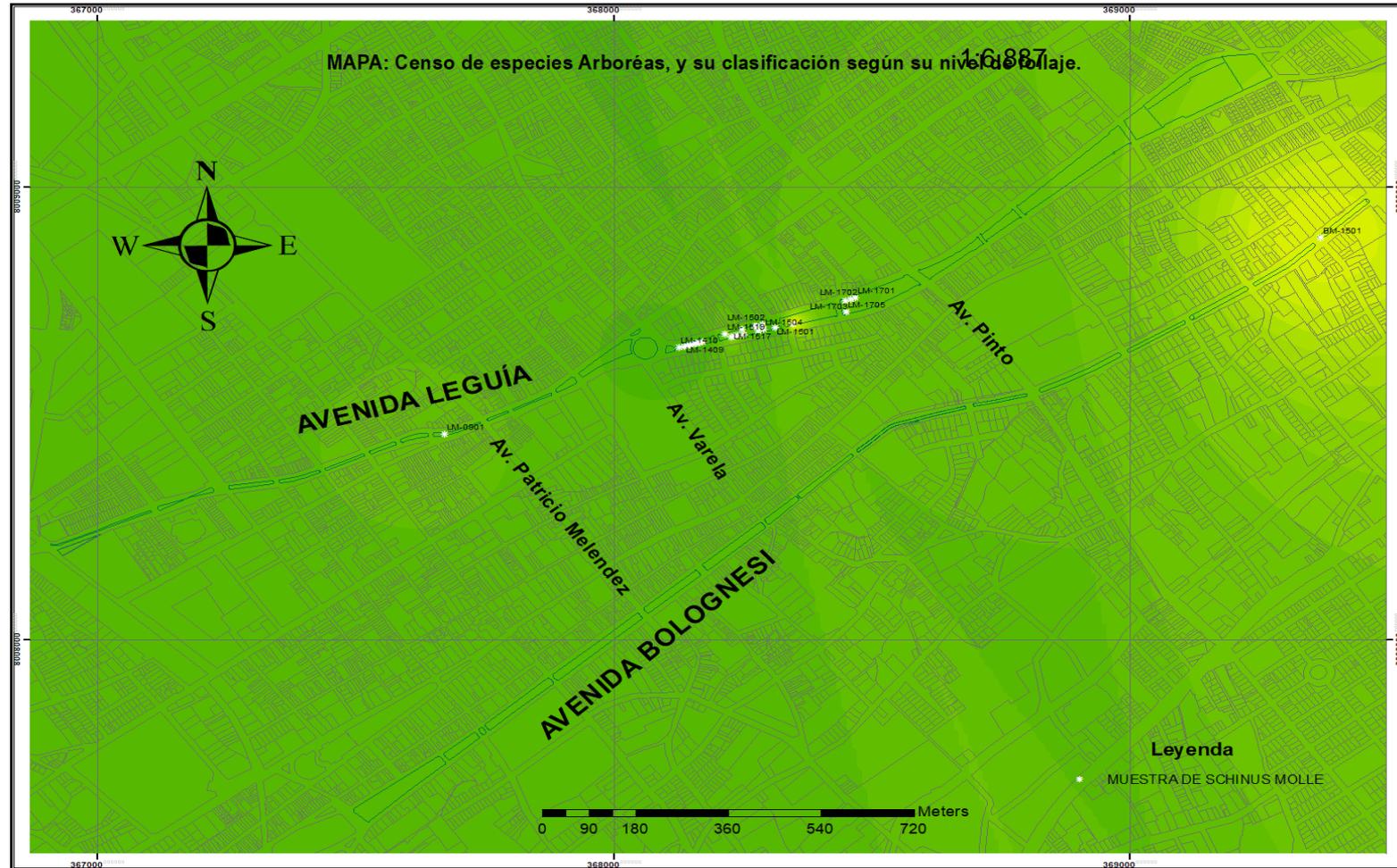


Figura 33

Interpolación IDW de la dispersión de Polvo Atmosférico Sedimentable en Schinus molle



En la Figura 32 y Figura 33 se pueden apreciar como la especie *Ficus benjamina*, posee una mayor capacidad retención de PAS, en la que el tramo 1 de la Avenida Leguía, posee uno de los puntos más elevados de retención, esto se debe a que las especies se encuentran al margen de la Avenida, rozando a las fuentes móviles, al igual que el tramo 15 de la Avenida Bolognesi, que contiene el punto más elevado de retención de *Schinus molle*; al estar las especies vegetativas invadiendo o bordeando la Avenida, puede causar un efecto nocivo en ellas, ya que induce a la obstrucción de sus estomas, reduce la fotosíntesis y el crecimiento normal de las especies, del mismo modo genera alteraciones en la estructura de la hojas. La respuesta de los árboles a este tipo de perturbaciones varía según el tipo de contaminación, el tiempo expuesto a esta fuente, la cantidad de contaminantes a la que son expuestos (Luzuriaga, 2019).

Según el censo expuesto en el Anexo 2, del total de los ejemplares de *Schinus molle* en ambas avenidas, el 64.6% de árboles eran aptos para realizar la investigación esto equivale a 2/3 de la población arbórea, siendo los factores de altura, y poco follaje los limitantes para no ser aptos; sin embargo no se encontró presencia de plagas, o algún factor que afecte su bienestar; un ejemplar, estaba con total ausencia de follaje, y para la actualidad ya ha sido retirado. No se podría afirmar lo mismo para la especie *Ficus benjamina* que cuenta con menos de la mitad de sus ejemplares de manera apta, exactamente el 54,1 % no se encuentran aptos para el estudio, esto se debe en su mayoría a su tamaño y a la presencia de plagas. Este último factor es importante, debido a que en algunos casos necesitan que se realice una podación de sus ramas afectadas o de la aplicación de algún tratamiento biológico o plaguicida para recuperar la salud de la especie arbórea, ya que no solo genera molestia paisajísticamente, si no que esto afecta en su pleno desarrollo y en su crecimiento habitual.

Es por tal motivo que para una planificación estratégica de especies arbóreas de la Avenida Bolognesi y Avenida Leguía, se recomienda primeramente, realizar una limpieza del fuste a través de cisternas, para limpiar el PAS sedimentado en la superficie foliar y también para mejorar el conducto de sus estomas para su crecimiento y desarrollo habitual y no cause una necrosis; posteriormente, realizar una poda adecuada para eliminar las ramas que contienen plagas y en un crecimiento desproporcionado; luego realizar un tratamiento de recuperación a través de plaguicidas o tratamientos biológicos que controlen las plagas; esto ayudará a que la vida útil del árbol se prolongue y pueda ser de pleno apoyo para la minimización de contaminantes, no solo ayudando en la retención del PAS, también generando

ecosistemas saludables para las especies que habitan, captura de carbono, mejorando la calidad de suelo, etc.

Luego de velar por las especies que ya están establecidas en las Avenidas, y generar un plan semanal de limpia de fuste. Se recomienda que en el tramo 1 de la Avenida Leguía, se incorporen especies que cuenten con una vida útil mayor; se podría implementar molles, ya que se adaptan mejor a suelos muy degradados, soportan mejor el tema de sequía.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Al evaluar y comparar la capacidad de retención de polvo Atmosférico la (PAS) en las hojas de *Schinus molle* y *Ficus benjamina*, se concluye que la especie *Ficus benjamina* retiene el triple de PAS en la superficie foliar, que la especie *Schinus molle* en promedio retiene 186,72 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, en la Avenida Bolognesi y la Avenida Leguía de la ciudad de Tacna.

Merino (2017) en su investigación: “Retención de polvo atmosférico sedimentable en las especies *Ficus benjamina* y *Schinus terebinthifolius* en las zonas residencial y comercial de la Avenida Brasil – Pueblo Libre 2017” concluye que la *Ficus benjamina* retiene mayor cantidad de PAS en la superficie foliar respecto a la especie *Schinus terebinthifolius* en la zona comercial.

Por otra parte Alcalá J., (2011) en su investigación “Mitigación del impacto ambiental del polvo atmosférico a través de *Prosopis laevigata* y *Schinus molle*”. Al comparar la capacidad de retención concluye que la especie *Schinus molle* tiene una menor capacidad de retención de PAS frente a la *Prosopis laevigata*, estimó que un árbol con una cobertura foliar de 369,16 m^2 tendría una retención de 2,20 g/kg. Dando importancia a su capacidad de retención foliar y de minimización de impactos ambientales, de acuerdo al tamaño y al volumen del ejemplar; del mismo modo la comparación del material foliar de las 2 especies muestra que la *Ficus benjamina*, posee una gran cantidad de cera cuticular en forma de capas compactas (Retana-Salazar, 2009) que favorecen la retención de PAS, y el *Schinus molle* al poseer folios imparipinnados y diversos (Martínez-Crovetto, 1963), hace más compleja la tarea de la limpieza de la superficie foliar y de retención de PAS.

Al Determinar la relación entre las zonas de monitoreo y las concentraciones de PAS en la superficie foliar de ambas especies de estudio se indica que existe una correlación significativa positiva y moderada entre las zonas de monitoreo las cuales son delimitadas por áreas verdes que dividen los carriles de las avenidas y las calles presentes en las intersecciones; con las concentraciones de PAS dando como resultado que ambas variables están relacionadas directamente, es decir a medida que crece las zonas donde están presentes las especies, aumentarían también la retención de polvo atmosférico sedimentable. Dalmaso et al. (1997) en su investigación “La vegetación como indicadora de la contaminación por polvo atmosférico” analiza que a medida que las áreas verdes y la vegetación presente estén cerca de las fuentes de emisiones gaseosas (comercial, vial, industrial, etc.)

permite medir el grado de contaminación en el lugar presente. Por lo cual mientras mayor cantidad de ejemplares existan y las áreas verdes sean más extensas, habrá mayor capacidad de retención minimizando así los efectos causados por la polución y ayudarán estas especies presentes a valorar la cantidad de contaminación presente en la zona.

Al evaluar la relación entre el flujo vehicular y el polvo atmosférico sedimentable (PAS) depositado en las hojas de *Ficus benjamina*. Se estudió la presente especie debido a su accesibilidad, ya que en las jardineras los pobladores las siembran encontrándose ejemplares de 0,5 m (Av. Leguía) hasta los 13 m (Av. Bolognesi), y siendo una especie característica de las vías de la ciudad de Tacna. Al evaluar el flujo vehicular con las concentraciones de PAS, se concluye al 95 % de confianza, que ambas variables están relacionadas directamente, es decir a medida que aumenta el flujo vehicular, aumentaran la retención de polvo atmosférico sedimentable en la especie Ficus. Cardona y Bermúdez, (2019) en su investigación “Arbolado urbano como estrategia de gestión de la calidad del aire” afirma que en las zonas industriales y de alto flujo vehicular, donde hay presencia de un alto grado de concentraciones de contaminantes, se hallan áreas de poca vegetación, suelo desnudo y con áreas impermeables. Por lo cual es de importancia que se evalúe y se implemente áreas verdes, con especies arbóreas que ayuden a mitigar la contaminación causada diariamente por el flujo vehicular, y sean considerados en la planeación urbana de la ciudad para así velar no solo por el embellecimiento de la ciudad si no a su vez por respaldar la naturaleza como apoyo para cumplir un papel importante como el de reducir los niveles de contaminación atmosférica a la que los pobladores están expuestos diariamente.

CONCLUSIONES

En referencia al objetivo principal de la presente investigación, se logró evaluar y comparar la capacidad de retención de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en las hojas de *Schinus molle* y *Ficus benjamina*, mediante la metodología propuesta por Dalmaso et al. (1997) la cual dio como resultado que la capacidad de retención de PAS es diferente en ambas especies, donde la media de retención de la especie *Ficus benjamina* es 586,748 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ en tanto la especie *Schinus molle* retiene 186,72 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$; por lo que se concluye que significativamente la especie *Ficus benjamina* posee una mayor capacidad de retención de PAS.

Se determinó la relación entre las zonas de monitoreo y las concentraciones de PAS en las hojas de las 2 especies. Dando como resultado la existencia de una correlación significativa, por lo que ambas variables están relacionadas directamente, es decir a medida que aumentan ejemplares de especies arbóreas en las zonas (alameda, áreas recreativas) de la Avenida Bolognesi y la Avenida Leguía, aumentaran también la capacidad de retención de polvo atmosférico sedimentable, lo cual ayudará a minimizar la carga de PAS presente en la atmósfera.

Al determinar cuál de las 2 especies retiene mayor cantidad de PAS según su zona de monitoreo, en la que fueron evaluadas 5 zonas (1 zona de la Avenida Bolognesi y 4 zonas de la Avenida Leguía) donde estuvieron presentes ambas especies. La prueba estadística indicó que no existen diferencias significativas. Esto se debe a que en ciertas zonas no hay variabilidad y no es posible comparar por el desbalance de cantidad de especies, sólo en 1 zona existe un balance de de ejemplares necesarios de ambas especies que dio como resultado que la *Ficus benjamina* retiene mayor cantidad de PAS, pero de manera genérica. No existirían evidencias suficientes para decidir cuál de ellos retiene más según zona de estudio.

Se evaluó la relación entre el flujo vehicular y el PAS depositado en las hojas de *Ficus benjamina*, y los resultados encontrados indican que existe una correlación altamente significativa entre el flujo vehicular y las concentraciones de PAS, por lo que ambas variables están relacionadas directamente, es decir a medida que aumenta el flujo vehicular, aumentaran la retención de PAS en la especie *Ficus*

benjamina. Por lo que se asume que gran cantidad de PAS es generado por el flujo vehicular de las dos Avenidas.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar estudios en periodos de tiempo prolongados y evaluar la influencia de los cambios de estaciones y las condiciones atmosféricas locales con la metodología propuesta por Dalmasso et al. (1997) ya que es efectiva para evaluar la capacidad de retención de PAS en especies Arbóreas.

Se recomienda estudiar la retención de PAS en otros ejemplares (árboles, arbustos, etc.) que estén presentes en las principales Avenidas de la Ciudad de Tacna, y a su vez el estudio de otras especies con capacidades de retención de PAS y con valor paisajístico, como recomendación para la implementación en la planeación urbana sustentable de nuestra ciudad.

Se recomienda a las instituciones competentes, como son el Gobierno Regional y la Municipalidad Provincial de Tacna, planificar las plantaciones arbóreas en las áreas verdes de las principales avenidas; analizando según la problemática ambiental, la cantidad y tipo de especies necesarias para minimizar los impactos causados diariamente, en los futuro proyectos de planificación urbana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcalá, J. (2011). "Mitigación del impacto ambiental del polvo atmosférico a través de *Prosopis laevigata* y *Schinus molle*". *Multequina*(20), 83-96.
- Alcalá, J., Rodríguez, J., Tiscareño, A., Hernández, A., Tapia, J., Lara, L., y Avila, C. (2010). Corteza de *Prosopis laevigata* y *Schinus molle* como bioindicador de contaminación atmosférica en cinco usos de suelo, San Luis Potosí, México. *Multequina*, 33-42.
- Alcalá, J., Sosa, M., Moreno, M., Quintana, C., Campos, A., y Holguín, C. (2008). Retención de polvo atmosférico en especies arbóreas indicadoras en la planeación urbana sustentable: ciudad de Chihuahua, México. *Multequina*, (17), 17-28. Obtenido de *Multequina*.
- Alcalá, J., Sosa, M., Moreno, M., Quintana, C., Miranda, S., y Rubio, A. (2008). Metales pesados en vegetación arbórea como indicador de la calidad ambiental urbana: ciudad de Chihuahua, México. *Multequina*, (19), 39-54.
- Alcalá-Jáuregui (2010). Potencial de retención de polvo atmosférico en tres especies. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 6(2), 93-99.
- ANIA. (2021). *Árboles Monumentales naturales*. Obtenido de Asociación para la niñez y su entorno: <https://www.aniaorg.pe/arbolesmonumentales>
- Aponte, C. (2017). *Evaluación de la retención de material atmosférico en suspensión por el arbolado de un corredor vial de la localidad de Kennedy (Bogotá DC)*. Bogotá D. C.
- Aránguez, E., José María, O., Javier, S., Nuria, A., Rosalía, F.-P., Gandarilla, A., y Galán, I. (1999). Contaminantes atmosféricos y su vigilancia. *Revista Española de Salud Pública*.
- Astorga, F., Sosa, M., Herrera, E., Moreno, M., Tena, M., y Cámpo, A. (2011). *Pinus halepensis* Mill: como indicador de contaminación atmosférica en una zona industrial urbana. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2(7), 79-86.
- Boltovskoy, E. (1967). Indicadores biológicos en la oceanografía.). *Cienc. Inv. (Bs. As.)* 23 (2, 66 - 75.

- Cajas, D., y Evangelista, L. (2015). *Determinación de Plomo, Cadmio y Manganeso en sedimentos de hojas de Sauce "Salix alba" en las avenidas Abancay y Tacna, Lima-Noviembre 2014-Enero 2015*. Lima.
- Cala, A. (2018). *Diseño de un sistema de áreas aplicando el modelo "Infraestructura verde urbana de Vitoria-Gasteiz" en el sector de islas rústicas de la ciudad de Tacna, 2017*. Tacna: UNJBG.
- Cardona, K., y Bermúdez, V. (2019). *Arbolado urbano como estrategia de gestión de la calidad del aire*. Colombia.
- Chipoco, J., y Valencia, F. (2015). *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*. Lima.
- Corleto, A., y Cortez, D. (2012). *Comparación de los métodos de Bergerhoff y placas receptoras para la cuantificación de polvo atmosférico sedimentable. Trabajo de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Química y Farmacia. Universidad de El Salvador*. El Salvador.
- Dalmasso, A., Candia, R., y Llera, J. (1997). La vegetación como indicadora de la contaminación por polvo atmosférico. *Multequina*, 6, 85-91.
- Díez, F. (1993). *Relación entre la contaminación atmosférica, la temperatura y la mortalidad; un estudio en ciudades de Valencia (1991-1993)*. Valencia: Generalitat Valenciana.
- Escobedo, F., y Chacalo, A. (2008). Estimación preliminar de la descontaminación atmosférica por el arbolado urbano de la ciudad de México. *Interciencia*, 33(1), 29-33.
- Goldstein, D., y Coleman, R. C. (2004). Schinus molle L. (Anacardiaceae) Chicha Production in the Central Andes . *Economic Botany* 58 (4), 523-529.
- González, P. (2002). *Beneficios del arbolado urbano*.
- GRT. (2016). *Proyecto: "Mejoramiento del servicio de monitoreo e información ambiental" - Diagnóstico de calidad del aire*. Tacna: GRT.
- ICG. (2005). *Manual de Diseño Geométrico de vías urbanas - 2005*. En V. S. A.. Arequipa: Instituto de Construcción y Gerencia.
- INEI. (2000). *Conociendo Tacna*. Tacna: OTDETI.

- INEI. (2018). Perú: Crecimiento y distribución de la población, 2017. *Censos Nacionales 2017: XII de Población y VII de Vivienda*, 16.
- Kramer, P. (1979). *Physiology of Woody Plants*. New York: Academic Press.
- Ledesma, C. (2014). *Efecto de la contaminación atmosférica por metales pesados en las hojas de los árboles de la zona metropolitana del Valle de Toluca*. Toluca, México.
- Linnaeus, C. (1767). *Mantissa plantarum. Laurentii Salvi*.
- Luzuriaga, D. (2019). *Evaluación del potencial de la vegetación para retención de polvo sedimentable en la zona urbana de la ciudad de Loja*. Loja.
- Martínez-Crovetto, R. (1963). Estudio taxonómico-biométrico de *Schinus molle* y *Schinus areira* (Anacardiaceae). *Bonplandia*, 225-244.
- Merino, K. (2017). *“Retención de polvo atmosférico sedimentable en las especies Ficus benjamina y Schinus terebinthifolius en las zonas residencial y comercial de la Avenida Brasil – Pueblo Libre 2017”*. Lima.
- MINAM. (2013). *Dirección General de Calidad Ambiental*. Obtenido de Zonas priorizadas: <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/zonas-priorizadas-de-calidad-del-aire/>
- MINAM. (2014). Informe Nacional de Calidad de Aire 2013 - 2014. *Ministerio del Ambiente*, 52.
- MINAM. (25 de Agosto de 2021). *Vehículos por cada mil habitantes*. Obtenido de Aire y Atmósfera: <https://n9.cl/48iti>
- Morales, L., y Varón, T. (2006). Árboles ornamentales en el Valle de Aburrá: Elementos de manejo. *El área*, 338.
- Moreno, G., Martínez, E., Faggi, A., y Vento, B. (2008). Sedimentación atmosférica seca en hojas de *Morus alba* L: En la ciudad de San Juan, Argentina. *Interciencia*, 33(1), 844-849.
- MPT. (2014). *Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Tacna 2014 - 2023*. Tacna: MPT.
- MPT. (2015). *Plan desarrollo urbano de la ciudad de Tacna 2015 – 2025*. Tacna: Ordenanza Municipal N°0019.

- Nowak, D. M. (1988). *Modelling the effects of urban vegetation on air pollution. Air pollution and its applications. XII. Plenum Press.*
- OMS. (2015). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. *Organización Mundial de la Salud*, 25.
- OPS, y OMS. (19 de setiembre de 2017). *Contaminación del Aire Ambiental*. Obtenido de OMS - OPS: https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12918%3A2017-ambient-air-pollution&catid=2619%3Aenvironmental-healthy&Itemid=42246&lang=es
- Orona, A. (2014). *Determinación de metales pesados presentes en el polvo atmosférico del aire ambiente depositado en el follaje del Ligustrum lucidum (trueno) en la ciudad de Durango. Durango, México.* doi:<http://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/21648>
- Peréz, F., Bautista, A., Salazar, M., y Macias, A. (2014). Análisis del flujo de tráfico vehicular a través de un modelo macroscópico. *Dyna*, 81(184), 36-40.
- RAE. (06 de junio de 2018). *Contaminar*. Obtenido de Diccionario de la Lengua Española: <http://dle.rae.es/?id=AU1m1dd>
- RAE. (06 de junio de 2018). *Contaminar*. Obtenido de Diccionario de la Lengua Española: <http://dle.rae.es/?id=AU1m1dd>
- Resolución Ministerial N°339-2012-MINAM* . (27 de noviembre del 2012). Perú.
- Retana-Salazar, A. (2009). Anatomía de la agalla en *Ficus benjamina* (Moraceae) asociada a "thrips"(Tubulifera: Phlaeothripidae). *Revista de Biología Tropical*, 179-186.
- Reyes, S., y Figueroa, I. (2010). Distribución, superficie y accesibilidad de las áreas verdes en Santiago de Chile. *EURE Revista Latinoamericana de Estudios Urbanos Regionales*. 36(109), 89-110.
- Rubén, M., Mileydi, C., Héctor, L., Dalma, M., y Andrés, V. (2008). Estudio comparativo para la determinación del polvo atmosférico sedimentable empleando las metodologías de Tubo Pasivo y de Placas Receptoras en la ciudad Universitaria de San Marcos – Lima. *Centro de Desarrollo e Investigación en Termofluidos CEDIT*, 49-58.

- Rzedowski, J. (1999). Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 78. Instituto de Ecología-Centro Regional del Bajío. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México. *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología*.
- Sanchez, L. (2002). Cactaceae-Cucubitaceae. *Consejería de Agricultura y Pesca*, 667.
- Sánchez, L. (2013). *Análisis estadístico de la contaminación en hojas de Fraxinus udehi de la zona metropolitana del valle de México*. México.
- Smith, W. (1990). *Air pollution and Forest*. Springer- Verlag. New York.
- Tito, C. (2010). *Estimación cuantitativa de la capacidad de captura del CO2 en plantaciones de olivo en el distrito de Tacna*. Tacna.
- Vicent, E., y Amparo, L. (2005). *Dispersión de Contaminantes en la Atmósfera*. Valencia, España: Alfa Omega.
- Wagner, W., Herbst, D., y Sohmer, S. (1999). Manual of the flowering plants of Hawaii. Revised edition. Bernice P. Bishop Museum special publication. University of Hawai'i Press. *Bishop Museum Press, Honolulu.*, 1919.
- Zegarra, R. (1995). Plantas Ornamentales de la ciudad de Tacna. *Ciencia y Desarrollo*, 23-31.
- Zegarra, R., Arévalo, N., y Chavez, V. (2014). Árboles y arbustos de la primera cuadra de la primera cuadra de la alameda Bolognesi: Estudio biosistemático. *Ciencia y Desarrollo*, 56-60.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia.

INTERROGANTE DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	ESCALA	MÉTODO	PRUEBA ESTADÍSTICA O ESTRATEGIA
<p>GENERAL</p> <p>¿Cuál es la capacidad de retención de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en las especies <i>Ficus benjamina</i> y <i>Schinus molle</i> como indicadores en la calidad del aire?</p>	<p>GENERAL</p> <p>Evaluar y comparar la capacidad de retención de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en las hojas de <i>Schinus molle</i> y <i>Ficus benjamina</i>.</p>	<p>GENERAL</p> <p>La capacidad de retención de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en las especies <i>Ficus benjamina</i> y <i>Schinus molle</i> son indicadores de la calidad del aire.</p>	<p>DEPENDIENTE</p> <p>Concentración de Polvo Atmosférico sedimentable (PAS) en hojas.</p> <p>INDEPENDIENTE</p>	<p>Concentración de Polvo atmosférico sedimentable (PAS) en la superficie de las hojas.</p>	<p>ug/cm²</p>	<p>Gravimetría propuesta por Dalmasso et al. (1997)</p>	<p>- Coeficiente de determinación R²</p> <p>- Anova de Friedman</p>
<p>ESPECIFICOS</p> <p>¿Qué relación existe entre las zonas de monitoreo y la retención de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en las hojas de las 2 especies en estudio?</p>	<p>ESPECIFICO</p> <p>Determinar la relación entre las zonas de monitoreo y las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en las hojas</p>	<p>ESPECIFICAS</p> <p>Existe una relación significativa y directa entre las zonas de monitoreo y la retención de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en las hojas de las 2</p>	<p>Flujo vehicular</p> <p>Zonas de monitoreo</p>	<p>Cantidad de vehículos por minuto</p> <p>Ubicación según tramo de monitoreo</p>	<p>Vehículos/ minuto</p> <p>tramo</p>	<p>Contador manual de tránsito vehicular.</p> <p>Probabilístico.</p>	

<p>¿Qué especie retiene mayor cantidad de polvo atmosférico sedimentable (PAS) según su zona de monitoreo?</p> <p>¿Existe relación entre el flujo vehicular y el polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el follaje de la <i>Ficus benjamina</i>?</p>	<p>de las 2 especies en estudio.</p> <p>Determinar cuál de las 2 especies retiene mayor cantidad de polvo atmosférico sedimentable según su zona de monitoreo (PAS).</p> <p>Evaluar la relación entre el flujo vehicular y el polvo atmosférico sedimentable (PAS) depositado en las hojas de <i>Ficus benjamina</i>.</p>	<p>especies en estudio.</p> <p>Las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) retenido en las 2 especies, varían según la zona de monitoreo.</p> <p>El flujo vehicular y el polvo atmosférico sedimentable (PAS) en las hojas de <i>Ficus benjamina</i> se relacionan directa y significativamente.</p>					
---	---	--	--	--	--	--	--

Anexo 2: Relación de especies arbóreas de *Schinus molle* y *Ficus benjamina* presentes en la Avenida Leguía y Avenida Bolognesi.

N°	Especie	Vía	Código	Altura Apróx. (metros)	Frondo so (1-5)
1	Ficus Benjamina	Avenida Bolognesi	BF-0101	1,5	4
2	Ficus Benjamina	Avenida Bolognesi	BF-0102	1,5	4
3	Ficus Benjamina	Avenida Bolognesi	BF-0103	15	5
4	Ficus Benjamina	Avenida Bolognesi	BF-0901	1,5	1
5	Ficus Benjamina	Avenida Bolognesi	BF-1001	22	5
6	Ficus Benjamina	Avenida Bolognesi	BF-1002	3,5	5
7	Ficus Benjamina	Avenida Bolognesi	BF-1003	1	2
8	Ficus Benjamina	Avenida Bolognesi	BF-1004	2,5	4
9	Ficus Benjamina	Avenida Bolognesi	BF-1005	5	5
10	Ficus Benjamina	Avenida Bolognesi	BF-1101	3	4
11	Ficus Benjamina	Avenida Bolognesi	BF-1102	1	1
12	Ficus Benjamina	Avenida Bolognesi	BF-1201	4	5
13	Ficus Benjamina	Avenida Bolognesi	BF-1202	4	5
14	Ficus Benjamina	Avenida Bolognesi	BF-1203	1,6	4
15	Ficus Benjamina	Avenida Bolognesi	BF-1204	1,6	4
16	Ficus Benjamina	Avenida Bolognesi	BF-1205	0,8	1
17	Ficus Benjamina	Avenida Bolognesi	BF-1301	1,5	4
18	Ficus Benjamina	Avenida Bolognesi	BF-1302	2	4
19	Ficus Benjamina	Avenida Bolognesi	BF-1401	3	3
20	Ficus Benjamina	Avenida Bolognesi	BF-1402	2,5	5
21	Ficus Benjamina	Avenida Bolognesi	BF-1403	3	5
22	Ficus Benjamina	Avenida Bolognesi	BF-1404	2	4
23	Ficus Benjamina	Avenida Bolognesi	BF-1405	2	4
24	Ficus Benjamina	Avenida Bolognesi	BF-1501	3,5	5
25	Ficus Benjamina	Avenida Bolognesi	BF-1502	3	5
26	Schinus Molle	Avenida Bolognesi	BM-1501	15	5
27	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-0101	2	4
28	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-0102	3	5
29	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-0103	3	3
30	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-0104	4	5
31	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-0201	4	5
32	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-0202	2,5	5
33	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-0203	1,5	2
34	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-0204	1,5	2
35	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-0205	2	5
36	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-0206	2	5
37	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-0207	1,5	2
38	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-0501	4	2
39	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-0502	3,5	2
40	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-0503	3	2

41	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-0504	3	2
42	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-0505	4	1
43	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-0506	4	1
44	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-0601	1	1
45	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-0602	1	1
46	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-0603	1	1
47	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-0604	1	1
48	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-0605	1,5	1
49	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-0701	1,5	1
50	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-0801	2	4
51	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-0901	2	4
52	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1001	1,5	1
53	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1101	1,5	2
54	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1102	1	1
55	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1103	1,5	1
56	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1104	1,5	1
57	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1401	3	4
58	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1501	4	5
59	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1502	4	5
60	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1503	3	5
61	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1504	2	2
62	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1601	2,5	5
63	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1602	3	5
64	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1603	3	5
65	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1604	2	5
66	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1605	3	5
67	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1606	4	5
68	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1607	3	5
69	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1608	4	5
70	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1609	4	5
71	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1610	4	5
72	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1611	7	5
73	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1701	4,5	5
74	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1702	4,5	5
75	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1703	2,5	5
76	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1704	2	1
77	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1705	9	5
78	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1706	2,5	3
79	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1801	0,5	1
80	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1802	0,5	1
81	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1803	1	1
82	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1804	1,5	1
83	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1805	2	2
84	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1806	2	2

85	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-1901	1	1
86	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-2101	2,41	3
87	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-2102	2,5	2
88	Ficus Benjamina	Avenida Leguía	LF-2103	2,7	2
89	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-0901	15	5
90	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1101	2	2
91	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1102	3	1
92	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1401	9	3
93	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1402	8	5
94	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1403	7	5
95	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1404	6	5
96	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1405	6	5
97	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1406	6	5
98	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1407	6	5
99	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1408	7	5
100	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1409	11	5
101	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1410	3,5	4
102	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1501	8	5
103	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1502	4	5
104	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1503	0,5	1
105	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1504	5	5
106	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1505	10	5
107	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1506	9	5
108	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1507	2	0
109	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1508	8	5
110	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1509	5	4
111	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1510	0,5	1
112	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1511	4	5
113	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1512	3	4
114	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1513	4	5
115	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1514	4	3
116	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1515	5	5
117	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1516	4	4
118	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1517	10	5
119	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1518	9	5
120	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1519	7	5
121	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1601	3	2
122	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1602	4	2
123	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1603	3	2
124	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1604	8	5
125	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1605	3	2
126	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1606	3	2
127	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1607	4	5
128	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1608	4	5
129	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1612	2	2

130	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1613	4	5
131	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1614	1	3
132	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1615	9	5
133	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1616	2	2
134	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1617	4	5
135	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1618	5	3
136	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1619	5	2
137	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1620	6	5
138	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1621	3	2
139	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1622	5	5
140	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1623	5	5
141	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1624	3	2
142	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1625	5	5
143	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1626	4	5
144	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1627	4	2
145	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1628	5	5
146	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1701	3	5
147	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1702	3,5	5
148	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1703	5	5
149	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1704	5	3
150	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1705	9	5
151	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1801	2	0
152	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1802	1	1
153	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1803	5	5
154	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1804	3	2
155	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1805	3	5
156	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1806	2	2
157	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1807	2	2
158	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1808	6	5
159	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1809	7	5
160	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1810	8	5
161	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1811	12	5
162	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1812	10	5
163	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1901	10	5
164	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1902	8	5
165	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1903	7	5
166	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1904	4	5
167	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1905	3	1
168	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1906	5	5
169	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-1907	5	5
170	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2001	8	5
171	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2002	3,5	5
172	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2003	2	2
173	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2005	7	5
174	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2006	1,5	2

175	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2007	3	2
176	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2008	3	2
177	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2009	10	5
178	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2010	3	4
179	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2011	10	5
180	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2012	2,5	2
181	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2015	2,5	2
182	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2016	3	4
183	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2017	3	4
184	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2018	4	5
185	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2019	4	5
186	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2020	9	5
187	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2021	1	1
188	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2022	4	5
189	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2023	3	4
190	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2024	4	5
191	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2025	1	1
192	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2026	10	5
193	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2027	13	5
194	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2028	1	1
195	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2029	4	5
196	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2030	17	5
197	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2031	4	5
198	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2032	3	2
199	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2033	3	2
200	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2034	10	5
201	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2035	3	5
202	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2036	3	2
203	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2037	1,5	3
204	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2038	15	0
205	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2039	1	1
206	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2040	8	2
207	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2041	4	5
208	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2042	10	5
209	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2043	5	5
210	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2044	8	2
211	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2045	8	3
212	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2046	7	5
213	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2047	7	5
214	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2048	8	5
215	Schinus Molle	Avenida Leguía	LM-2049	9	5

Anexo 3: Resultados de la cantidad de PAS en microgramos (μg), depositado en la superficie foliar de las hojas de *Schinus molle* y *Ficus benjamina* en la Avenida Bolognesi, en el primer muestreo.

N°	Código	Avenida	Especie	Papel filtro	Papel filtro + Muestreo	PAS	Envase de Vidrio vacío	Envase de Vidrio con muestra	PAS	PAS gramos	PAS microgramos
1	LM-1403	Leguía	<i>Schinus molle</i>	0,4202	0,4702	0,0500	46,9518	47,0082	0,0564	0,1064	106400
2	LM-1404	Leguía	<i>Schinus molle</i>	0,4115	0,4507	0,0392	45,4481	45,4997	0,0516	0,0908	90800
3	LM-1405	Leguía	<i>Schinus molle</i>	0,4219	0,4762	0,0543	48,0461	48,1024	0,0563	0,1106	110600
4	LM-1406	Leguía	<i>Schinus molle</i>	0,3986	0,4322	0,0336	51,3025	51,3799	0,0774	0,1110	111000
5	LM-1407	Leguía	<i>Schinus molle</i>	0,4228	0,4558	0,0330	50,6870	50,7275	0,0405	0,0735	73500
6	LM-1408	Leguía	<i>Schinus molle</i>	0,4080	0,4388	0,0308	43,8458	43,9070	0,0612	0,0920	92000
7	LM-1409	Leguía	<i>Schinus molle</i>	0,4360	0,4388	0,0028	50,9666	50,9766	0,0100	0,0128	12800
8	LM-1410	Leguía	<i>Schinus molle</i>	0,4116	0,4462	0,0346	45,6672	45,7324	0,0652	0,0998	99800
9	LF-1401	Leguía	<i>Ficus benjamina</i>	0,4267	0,4405	0,0138	60,6737	60,6993	0,0256	0,0394	39400
10	LM-0901	Leguía	<i>Schinus molle</i>	0,4432	0,4812	0,0380	89,6955	89,7878	0,0923	0,1303	130300
11	LF-0901	Leguía	<i>Ficus benjamina</i>	0,4034	0,4028	0,0006	113,7973	113,8057	0,0084	0,0078	7800
12	LM-1519	Leguía	<i>Schinus molle</i>	0,4445	0,5178	0,0733	113,5296	113,5909	0,0613	0,1346	134600
13	LM-1517	Leguía	<i>Schinus molle</i>	0,4160	0,4702	0,0542	117,9895	118,0336	0,0441	0,0983	98300
14	LM-1515	Leguía	<i>Schinus molle</i>	0,4192	0,5060	0,0868	123,4999	123,5684	0,0685	0,1553	155300
15	LM-1513	Leguía	<i>Schinus molle</i>	0,4360	0,4760	0,0400	107,5682	107,6395	0,0713	0,1113	111300
16	LM-1512	Leguía	<i>Schinus molle</i>	0,4137	0,4634	0,0497	107,3787	107,4343	0,0556	0,1053	105300
17	LM-1511	Leguía	<i>Schinus molle</i>	0,4178	0,4577	0,0399	105,7073	105,7622	0,0549	0,0948	94800
18	LM-1508	Leguía	<i>Schinus molle</i>	0,4222	0,4753	0,0531	119,0817	119,1428	0,0611	0,1142	114200
19	LM-1506	Leguía	<i>Schinus molle</i>	0,4469	0,4890	0,0421	106,3688	106,4081	0,0393	0,0814	81400
20	LM-1505	Leguía	<i>Schinus molle</i>	0,4218	0,4938	0,0720	43,8544	43,9181	0,0637	0,1357	135700
21	LM-1504	Leguía	<i>Schinus molle</i>	0,4435	0,4843	0,0408	105,3757	105,4244	0,0487	0,0895	89500

22	LM-1502	Leguía	<i>Schinus molle</i>	0,4256	0,4631	0,0375	91,8289	91,8748	0,0459	0,0834	83400
23	LM-1501	Leguía	<i>Schinus molle</i>	0,4226	0,4722	0,0496	103,7701	103,8397	0,0696	0,1192	119200
24	LF-1503	Leguía	<i>Ficus benjamina</i>	0,4212	0,5080	0,0868	104,0997	104,1343	0,0346	0,1214	121400
25	LF-1502	Leguía	<i>Ficus benjamina</i>	0,4442	0,5126	0,0684	147,9845	148,0066	0,0221	0,0905	90500
26	LF-1501	Leguía	<i>Ficus benjamina</i>	0,4386	0,5476	0,1090	146,2188	146,2438	0,0250	0,1340	134000
27	LM-1705	Leguía	<i>Schinus molle</i>	0,4246	0,5077	0,0831	145,8100	145,8558	0,0458	0,1289	128900
28	LM-1703	Leguía	<i>Schinus molle</i>	0,4226	0,4797	0,0571	143,5573	143,6066	0,0493	0,1064	106400
29	LM-1702	Leguía	<i>Schinus molle</i>	0,4543	0,5639	0,1096	105,2511	105,3082	0,0571	0,1667	166700
30	LM-1701	Leguía	<i>Schinus molle</i>	0,4486	0,5040	0,0554	146,6218	146,6712	0,0494	0,1048	104800
31	LF-1705	Leguía	<i>Ficus benjamina</i>	0,4179	0,4832	0,0653	114,6978	114,7189	0,0211	0,0864	86400
32	LF-1702	Leguía	<i>Ficus benjamina</i>	0,4284	0,4732	0,0448	112,7043	112,7274	0,0231	0,0679	67900
33	LF-1703	Leguía	<i>Ficus benjamina</i>	0,4323	0,4934	0,0611	51,1167	51,1340	0,0173	0,0784	78400
34	LF-1701	Leguía	<i>Ficus benjamina</i>	0,4464	0,4882	0,0418	145,6064	145,6387	0,0323	0,0741	74100

Anexo 4: Suma del Área Foliar en cm² de las 16 hojas de las especies arbóreas determinadas en el primer monitoreo.

N°	LF-0501	LF-0901	LF-1401	LF-1502	LF-1503	LF-1701	LF-1702	LF-1703	LF-1705	LM-0901	LM-1403	LM-1404	LM-1405	LM-1406	LM-1407	LM-1408	LM-1409
1	28,73	31,216	28,487	25,031	25,241	16,36	13,745	13,543	14,423	29,979	51,913	51,83	73,904	74,786	50,721	75,304	114,82
2	23,09	28,164	31,396	39,01	35,828	16,857	15,293	14,75	16,584	28,603	38,45	63,294	43,86	26,703	48,568	52,261	33,603
3	40,78	32,422	44,88	30,95	26,591	13,942	14,447	11,841	12,785	50,538	36,132	47,653	47,841	19,37	68,412	52,261	26,716
4	22,14	29,259	32,812	27,997	22,945	13,816	14,192	11,757	13,966	87,107	61,472	27,322	46,931	26,792	48,512	52,261	58,51
5	23,69	36,768	39,365	26,388	31,561	22,996	12,009	13,218	12,647	21,516	33,612	50,092	72,331	21,86	47,225	80,491	64,983
6	33,27	38,427	30,922	34,673	22,11	19,626	14,542	14,139	12,12	27,01	50,177	27,51	62,334	44,31	43,358	46,33	50,916
7	23,54	32,47	38,212	32,685	23,221	14,066	15,78	10,238	11,863	39,607	36,943	65,724	90,909	52,84	28,084	53,125	57,405
8	29,72	35,762	37,771	41,182	16,889	13,596	13,059	11,19	14,264	32,051	144,74	54,965	98,044	64,252	55,201	72,733	63,118
9	27,72	28,023	38,921	35,961	30,697	16,919	13,65	12,133	14,466	20,537	59,73	388,39	44,83	82,252	28,687	52,227	53,925
10	35,84	31,21	26,792	26,622	32,434	15,815	16,257	12,287	12,87	35,494	132,06		77,146	56,472	77,018	71,018	59,514
11	28,56	36,258	26,985	42,605	33,844	20,264	16,971	11,683	11,84	98,477	51,531		48,177	43,824	74,632	46,972	52,81
12	26,38	42,206	34,291	37,583	40,368	16,198	17,5	12,947	17,07	35,707	133,44		70,319	29,747	39,957	32,831	52,81
13	33,43	33,964	26,833	34,085	30,093	10,247	13,415	9,098	14,735	44,795			84,08	84,156	62,59	67,313	59,514
14	23,23	34,056	39,847	34,055	38,134	15,105	15,302	14,829	12,251					38,986	55,604	73,921	57,405
15	28,86	36,333	45,033	21,52	30,878	9,894	14,333	14,373	15,13						45,887	88,589	50,916
16	33,95	32,318	40,785	47,522	24,294	11,535	10,84	12,731	16,378						61,154	48,858	
T	462,91	538,856	563,332	537,87	465,128	247,24	231,34	200,76	223,39	551,42	830,21	776,78	860,71	666,35	835,61	966,5	856,96

Anexo 5: Continuación del Anexo 4.

LM-1410	LM-1501	LM-1502	LM-1504	LM-1505	LM-1506	LM-1508	LM-1512	LM-1513	LM-1515	LM-1517	LM-1519	LM-1701	LM-1702	LM-1703	LM-1705
29,897	58,949	44,595	106,16	67,511	58,282	39,516	77,278	18,538	22,048	14,741	54,079	26,159	43,693	28,315	31,447
68,62	67,262	48,581	51,968	86,053	43,126	31,256	87,06	57,086	14,054	10,989	26,858	92,105	29,48	25,099	34,742
24,793	48,895	62,71	41,436	28,449	61,552	41,835	54,544	21,673	23,758	12,239	35,773	66,796	15,687	39,008	29,541
51,231	72,839	50,674	15,299	62,285	46,825	57,526	48,078	30,331	51,212	21,167	38,344	55,125	45,196	15,459	33,971
36,444	65,183	69,348	38,729	105,58	62,778	67,28	37,692	12,081	27,199	14,577	58,925	73,335	47,328	30,693	48,356
76,556	91,216	54,643	45,739	33,364	90,107	65,589	44,683	21,994	46,662	10,926	119,39	47,62	28,246	54,6	42,913
32,955	54,287	52,771	51,913	46,667	71,669	35,436	66,612	33,823	32,049	29,547	31,63	43,197	56,355	28,846	41,235
23,433	80,461	40,013	47,452	33,123	75,495	40,821	99,42	58,714	22,122	7,548	48,129	77,744	72,966	29,69	31,998
37,08	68,632	28,821	75,305	20,42	36,784	53,091	42,788	57,337	38,481	20,925	51,925	63,944	69,354	30,644	24,043
26,136	89,45	58,675	46,388	162,92	56,433	78,137	29,035	25,397	22,465	10,324	51,731	38,196	47,757	15,267	40,04
16,309	93,839	70,059	34,637	30,485	60,222	75,024	29,023	33,354	12,938	15,306	48,339	97,459	26,272	17,76	62,228
41,519	49,646	41,711	24,8	43,628	18,801	53,989	110,33	37,033	18,153	20,786	30,051	50,519	47,535	21,769	37,655
	146,71	29,57	35,156	28,008	34,925	33,472	49,188	28,854	50,325	19,633	21,153	56,567	26,053	19,266	35,835
	63,857	22,688		25,285	48,146	51,865		38,881		37,373	33,258	56,567	46,71	26,708	24,208
	63,369	46,294	27,261		29,098	34,491				13,63			38,905		46,979
		60,922			47,897					15,942			89,364		24,182
464,97	1114,6	782,08	642,25	773,78	842,14	759,33	775,73	475,1	381,47	275,65	649,59	845,33	730,9	383,12	589,37

Anexo 6: Resultados de la cantidad de PAS en microgramos (μg) por cm^2 , depositado en la superficie foliar de las hojas de *Schinus molle* y *Ficus benjamina* en la Avenida Bolognesi, en el primer muestreo.

N°	Código	Avenida	Especie	PAS microgramos	ÁREA FOLIAR cm^2	PAS $\mu\text{g}/\text{cm}^2$
1	LM-1403	Leguía	<i>Schinus molle</i>	106400	830,208	128,16065
2	LM-1404	Leguía	<i>Schinus molle</i>	90800	776,78	116,89281
3	LM-1405	Leguía	<i>Schinus molle</i>	110600	860,706	128,49916
4	LM-1406	Leguía	<i>Schinus molle</i>	111000	666,35	166,57913
5	LM-1407	Leguía	<i>Schinus molle</i>	73500	835,61	87,959694
6	LM-1408	Leguía	<i>Schinus molle</i>	92000	966,495	95,189318
7	LM-1409	Leguía	<i>Schinus molle</i>	12800	856,961	14,936502
8	LM-1410	Leguía	<i>Schinus molle</i>	99800	464,973	214,63612
9	LF-1401	Leguía	<i>Ficus benjamina</i>	39400	563,332	69,940994
10	LM-0901	Leguía	<i>Schinus molle</i>	130300	551,421	236,29858
11	LF-0901	Leguía	<i>Ficus benjamina</i>	7800	538,856	14,47511
12	LM-1519	Leguía	<i>Schinus molle</i>	134600	649,587	207,20858
13	LM-1517	Leguía	<i>Schinus molle</i>	98300	275,653	356,60776
14	LM-1515	Leguía	<i>Schinus molle</i>	155300	381,466	407,11361
15	LM-1513	Leguía	<i>Schinus molle</i>	111300	475,096	234,26844
16	LM-1512	Leguía	<i>Schinus molle</i>	105300	775,726	135,74381
17	LM-1511	Leguía	<i>Schinus molle</i>	94800	775,726	122,2081
18	LM-1508	Leguía	<i>Schinus molle</i>	114200	759,33	150,39574
19	LM-1506	Leguía	<i>Schinus molle</i>	81400	842,14	96,658513
20	LM-1505	Leguía	<i>Schinus molle</i>	135700	773,775	175,37398
21	LM-1504	Leguía	<i>Schinus molle</i>	89500	642,246	139,3547

22	LM-1502	Leguía	<i>Schinus molle</i>	83400	728,08	114,54785
23	LM-1501	Leguía	<i>Schinus molle</i>	119200	1114,593	106,94487
24	LF-1503	Leguía	<i>Ficus benjamina</i>	121400	465,128	261,00342
25	LF-1502	Leguía	<i>Ficus benjamina</i>	90500	537,87	168,25627
26	LF-1501	Leguía	<i>Ficus benjamina</i>	134000	462,91	289,47312
27	LM-1705	Leguía	<i>Schinus molle</i>	128900	589,373	218,707
28	LM-1703	Leguía	<i>Schinus molle</i>	106400	383,124	277,71687
29	LM-1702	Leguía	<i>Schinus molle</i>	166700	730,901	228,07466
30	LM-1701	Leguía	<i>Schinus molle</i>	104800	845,333	123,97481
31	LF-1705	Leguía	<i>Ficus benjamina</i>	86400	223,392	386,76407
32	LF-1702	Leguía	<i>Ficus benjamina</i>	67900	231,335	293,51374
33	LF-1703	Leguía	<i>Ficus benjamina</i>	78400	200,757	390,52187
34	LF-1701	Leguía	<i>Ficus benjamina</i>	74100	247,236	299,71363

Anexo 7: Resultados de la cantidad de PAS en microgramos (μg), depositado en la superficie foliar de las hojas de *Schinus molle* y *Ficus benjamina* en la Avenida Bolognesi, en el segundo muestreo.

N°	Código	Avenida	Especie	Papel filtro	Papel filtro + Muestreo	PAS	Envase de Vidrio vacío	Envase de Vidrio con muestra	PAS	PAS gramos	PAS microgramos
1	BF-0101	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	0,7333	0,8072	0,0739	51,0352	51,0394	0,0042	0,0781	78100
2	BF-1001	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	0,7076	0,8115	0,1039	51,2733	51,2803	0,0070	0,1109	110900
3	BF-1002	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	0,7056	0,8615	0,1559	46,0312	46,0396	0,0084	0,1643	164300
4	BF-1004	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	0,7222	0,7776	0,0554	44,2358	44,2372	0,0014	0,0568	56800
5	BF-1005	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	0,7573	0,8605	0,1032	51,7586	51,7748	0,0162	0,1194	119400
6	BF-1101	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	0,7317	0,9095	0,1778	48,3697	48,3829	0,0132	0,1910	191000
7	BF-1201	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	0,7172	0,8440	0,1268	47,4151	47,4191	0,0040	0,1308	130800
8	BF-1202	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	0,7322	0,9169	0,1847	45,7932	45,8046	0,0114	0,1961	196100
9	BF-1203	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	0,7042	0,8691	0,1649	51,5025	51,5082	0,0057	0,1706	170600
10	BF-1204	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	0,7266	0,8699	0,1433	105,5589	105,5664	0,0075	0,1508	150800
11	BF-1301	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	0,6718	0,8164	0,1446	115,1001	115,1024	0,0023	0,1469	146900
12	BF-1302	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	0,7880	0,9310	0,1430	107,9037	107,9057	0,0020	0,1450	145000
13	BF-1402	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	0,7427	0,8793	0,1366	92,1751	92,1852	0,0101	0,1467	146700
14	BF-1403	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	0,7354	1,0110	0,2756	114,1166	114,1209	0,0043	0,2799	279900
15	BF-1404	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	0,7410	0,9086	0,1676	60,9400	60,9538	0,0138	0,1814	181400
16	BF-1405	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	0,7461	0,8947	0,1486	44,2512	44,2564	0,0052	0,1538	153800
17	BF-1501	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	0,7337	0,8871	0,1534	104,1801	104,1914	0,0113	0,1647	164700
18	BF-1502	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	0,7560	1,1128	0,3568	105,6522	105,6683	0,0161	0,3729	372900
19	BM-1501	Bolognesi	<i>Schinus molle</i>	0,7647	1,1468	0,3821	113,8293	113,8641	0,0348	0,4169	416900

Anexo 8: Suma del Área Foliar en cm² de las 16 hojas de las especies arbóreas determinadas en el segundo monitoreo.

N°	BF-0101	BF-1001	BF-1002	BF-1004	BF-1005	BF-1101	BF-1201	BF-1202	BF-1203	BF-1204	BF-1301	BF-1302	BF-1402
1	13,687	10,108	11,221	13,437	16,944	13,259	13,304	17,062	14,399	10,274	10,963	20,011	13,768
2	13,929	13,786	16,173	17,129	16,389	15,834	12,371	13,555	15,508	11,37	10,721	15,081	13,55
3	13,695	15,612	14,91	13,691	9,82	11,341	12,737	16,448	12,735	16,403	19,711	12,508	14,067
4	12,708	12,708	15,313	14,797	19,245	10,734	12,673	16,618	10,096	12,169	10,564	16,302	13,277
5	11,961	12,124	9,076	11,62	13,266	12,981	13,509	12,895	13,445	13,163	10,288	14,919	11,429
6	11,91	11,994	17,03	18,172	14,752	14,325	13,973	14,772	12,989	11,339	14,433	11,811	14,525
7	13,924	12,052	14,927	12,55	17,423	16,067	11,779	12,43	20,071	11,634	14,842	13,006	15,338
8	14,063	10,974	13,234	13,261	10,242	14,476	13,613	13,677	12,201	13,4	10,041	14,015	12,4
9	16,593	12,917	9,721	13,643	13,029	14,171	12,501	15,07	16,112	10,558	12,626	11,82	16,243
10	13,855	12,482	13,195	11,527	20,672	11,697	15,78	13,101	14,025	9,136	13,087	16,297	17,963
11	15,486	13,043	8,885	13,433	10,813	14,288	13,424	20,888	15,87	10,818	10,306	13,485	15,625
12	11,164	12,653	13,3	13,325	12,002	11,722	17,067	15,081	12,511	11,566	8,996	13,169	15,747
13	12,2	11,526	16,014	13,943	14,312	12,127	12,031	13,961	9,042	11,197	12,601	12,883	14,082
14	13,468	11,08	10,686	15,164	16,35	11,101	14,563	17,056	8,949	10,987	12,241	14,823	14,537
15	15,837	12,177	18,438	14,627	17,548	10,468	15,062	12,922	16,462	12,512	8,323	13,413	17,257
16	13,837	14,462	15,809	11,949	15,468	10,993	11,164	13,486	13,291	10,51	12,299	17,409	13,269
TOTAL	218,32	199,7	217,93	222,27	238,28	205,58	215,55	239,02	217,71	187,04	192,04	230,95	233,08

Anexo 9: Continuación del Anexo 8.

N°	BF-1403	BF-1404	BF-1405	BF-1501	BF-1502	BM-1501
1	13,985	14,61	12,605	17,382	15,896	50,154
2	15,437	16,595	17,118	16,413	17,687	38,378
3	12,417	18,577	11,729	15,79	18,412	25,088
4	15,365	11,787	15,707	14,805	15,458	44,312
5	12,311	13,044	15,787	18,597	15,874	36,629
6	13,858	15,196	14,104	15,72	16,344	42,586
7	13,023	17,088	13,957	16,668	14,039	35,608
8	15,195	13,921	14,852	16,12	14,081	53,031
9	17,048	15,272	16,226	8,176	15,23	49,719
10	15,597	14,424	13,851	15,836	14,031	62,374
11	13,388	11,89	14,574	15,466	14,677	80,065
12	15,203	12,6	12,674	16,859	14,064	33,031
13	15,818	15,635	12,719	14,638	14,395	47,548
14	13,21	10,735	14,931	19,707	15,874	35,243
15	13,395	12,25	14,052	15,719	14,062	35,459
16	11,705	13,246	12,609	14,397	15,042	61,313
TOTAL	226,96	226,87	227,5	252,29	245,166	730,54

Anexo 10: Resultados de la cantidad de PAS en microgramos (μg) por cm^2 , depositado en la superficie foliar de las hojas de *Schinus molle* y *Ficus benjamina* en la Avenida Bolognesi, en el segundo muestreo.

N°	Código	Avenida	Especie	PAS microgramos	ÁREA FOLIAR cm^2	PAS $\mu\text{g}/\text{cm}^2$
1	BF-0101	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	78100	218,317	357,73669
2	BF-1001	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	110900	199,698	555,33856
3	BF-1002	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	164300	217,932	753,90489
4	BF-1004	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	56800	222,268	255,54736
5	BF-1005	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	119400	238,275	501,10167
6	BF-1101	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	191000	205,584	929,06063
7	BF-1201	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	130800	215,551	606,81695
8	BF-1202	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	196100	239,022	820,42657
9	BF-1203	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	170600	217,706	783,62562
10	BF-1204	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	150800	187,036	806,2619
11	BF-1301	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	146900	192,042	764,93684
12	BF-1302	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	145000	230,952	627,83609
13	BF-1402	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	146700	233,077	629,40573
14	BF-1403	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	279900	226,955	1233,2841
15	BF-1404	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	181400	226,87	799,57685
16	BF-1405	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	153800	227,495	676,05881
17	BF-1501	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	164700	252,293	652,8124
18	BF-1502	Bolognesi	<i>Ficus benjamina</i>	372900	245,166	1521,0103
19	BM-1501	Bolognesi	<i>Schinus molle</i>	416900	730,538	570,67531

Anexo 11: Resultados de la cantidad de PAS en microgramos (μg), depositado en la superficie foliar de las hojas de *Schinus molle* y *Ficus benjamina* en la Avenida Bolognesi, en el tercer muestreo.

N°	Código	Avenida	Especie	Papel filtro	Papel filtro + Muestreo	PAS	Envase de Vidrio vacío	Envase de Vidrio con muestra	PAS	PAS gramos	PAS microgramos
1	LF-0101	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	60,7261	60,7614	0,0353	0,7451	1,0007	0,2556	0,2909	290900
2	LF-0102	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	105,3009	105,3413	0,0404	0,722	1,058	0,336	0,3764	376400
3	LF-0202	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	107,6289	107,6778	0,0489	0,7359	1,2238	0,4879	0,5368	536800
4	LF-0205	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	91,8917	91,952	0,0603	0,7657	1,3557	0,59	0,6503	650300
5	LF-0206	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	105,4348	105,4676	0,0328	0,7036	0,8989	0,1953	0,2281	228100
6	LF-0801	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	114,7589	114,8002	0,0413	0,7365	0,946	0,2095	0,2508	250800
7	LF-1601	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	43,9184	43,9845	0,0661	0,7333	0,9382	0,2049	0,271	271000
8	LF-1602	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	46,9993	47,0483	0,049	0,6963	0,8823	0,186	0,235	235000
9	LF-1603	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	45,7235	45,7688	0,0453	0,6063	0,9288	0,3225	0,3678	367800
10	LF-1604	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	51,0282	51,0594	0,0312	0,7108	0,8903	0,1795	0,2107	210700
11	LF-1605	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	48,0911	48,1272	0,0361	0,6942	0,921	0,2268	0,2629	262900
12	LF-1607	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	45,4893	45,5255	0,0362	0,7518	1,0268	0,275	0,3112	311200
13	LF-1608	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	51,3448	51,4051	0,0603	0,7538	1,1406	0,3868	0,4471	447100
14	LF-1609	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	43,8868	43,923	0,0362	0,7316	0,9658	0,2342	0,2704	270400
15	LF-1610	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	50,7415	50,7717	0,0302	0,7316	0,9213	0,1897	0,2199	219900
16	LF-1611	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	51,1719	51,2035	0,0316	0,7207	0,8931	0,1724	0,204	204000

Anexo 12: Suma del Área Foliar en cm² de las 16 hojas de las especies arbóreas determinadas en el tercer monitoreo.

N°	LF-0101	LF-0102	LF-0202	LF-0205	LF-0206	LF-0801	LF-1601	LF-1602	LF-1603	LF-1604	LF-1605	LF-1607	LF-1608	LF-1609	LF-1610	LF-1611
1	20,412	27,048	26,737	20,643	30,934	28,315	47,506	36,351	42,537	21,712	44,553	34,989	33,01	31,936	39,237	35,006
2	22,651	30,083	27,004	19,108	31,748	27,801	37,742	23,132	22,316	24,416	54,715	36,918	35,484	29,825	30,383	38,562
3	21,454	29,782	24,707	32,596	30,501	36,487	20,076	27,106	43,661	28,945	45,111	28,084	21,637	27,099	40,033	28,331
4	24,092	36,97	22,215	19,176	34,943	37,145	28,741	38,753	25,42	21,116	29,028	32,219	34,724	34,572	37,571	36,801
5	27,204	31,383	28,601	26,451	27,302	34,273	42,643	26,674	29,23	32,482	25,559	36,242	39,433	25,711	27,341	33,285
6	27,046	34,883	26,872	18,827	28,638	29,87	31,603	32,478	31,871	28,217	24,599	30,971	38,795	25,772	44,81	33,200
7	26,655	37,343	20,467	31,492	30,818	27,515	36,92	31,555	25,991	22,803	44,79	30,883	24,00	32,559	33,246	24,977
8	26,558	25,891	30,377	32,115	30,39	30,664	27,987	36,801	18,923	23,906	29,82	37,647	30,617	32,627	31,927	26,244
9	22,260	34,804	25,181	22,246	34,982	40,159	44,254	31,351	24,670	24,444	45,771	29,695	36,684	24,626	40,516	38,988
10	16,366	29,512	21,289	25,334	30,614	38,628	35,893	22,624	37,491	28,099	25,946	43,457	35,214	35,373	37,343	35,097
11	24,759	35,916	27,523	39,811	30,771	34,325	35,228	28,939	34,356	29,400	23,697	46,104	30,833	31,277	28,487	43,454
12	20,415	30,868	31,466	25,433	28,968	30,982	37,099	24,873	22,814	32,902	42,622	30,322	28,245	37,848	35,545	32,978
13	24,662	40,264	25,304	21,228	30,782	23,499	28,116	29,536	27,066	34,931	45,204	28,238	40,547	26,562	36,031	24,324
14	24,498	30,353	21,847	22,356	31,347	27,513	22,041	28,208	22,846	26,272	43,347	28,534	28,099	37,424	42,373	30,533
15	23,972	44,245	29,175	22,633	36,498	26,084	30,769	36,827	30,168	27,282	42,643	23,351	38,131	36,902	27,599	27,202
16	18,564	24,343	40,186	24,587	27,266	34,336	33,371	29,297	44,312	22,379	36,777	27,111	34,656	26,895	30,571	30,396
TOTAL	371,568	523,688	428,951	404,036	496,502	507,596	539,989	484,505	483,672	429,306	604,182	524,765	530,109	497,008	563,013	519,378

Anexo 13: Resultados de la cantidad de PAS en microgramos (μg) por cm^2 , depositado en la superficie foliar de las hojas de *Schinus molle* y *Ficus benjamina* en la Avenida Bolognesi, en el Tercer muestreo.

N°	Código	Avenida	Especie	PAS microgramos	ÁREA FOLIAR cm^2	PAS $\mu\text{g}/\text{cm}^2$
1	LF-0101	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	290900	371.568	782.89842
2	LF-0102	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	376400	523.688	718.74857
3	LF-0202	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	536800	428.951	1251.425
4	LF-0205	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	650300	404.036	1609.51
5	LF-0206	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	228100	496.502	459.41406
6	LF-0801	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	250800	507.596	494.09373
7	LF-1601	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	271000	539.989	501.86207
8	LF-1602	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	235000	484.505	485.03111
9	LF-1603	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	367800	483.672	760.43269
10	LF-1604	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	210700	429.306	490.79212
11	LF-1605	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	262900	604.182	435.13378
12	LF-1607	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	311200	524.765	593.02736
13	LF-1608	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	447100	530.109	843.41145
14	LF-1609	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	270400	497.008	544.05563
15	LF-1610	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	219900	563.013	390.57713
16	LF-1611	LEGUIA	<i>Ficus benjamina</i>	204000	519.378	392.77751

Anexo 14: Flujo Vehicular presente en la Avenida Leguía y Avenida Bolognesi.

HORA	AVENIDA LEGUÍA					AVENIDA BOLOGNESI		
	PINTO	2 DE DICIEMBRE	PATRICIO MELENDEZ	ARIAS ARAGUEZ	HIPOLITO UNANUE	CAJAMARCA	PINTO	ARICA
7:00-7:15	448	341	339	228	276	101	208	388
7:15-7:30	431	328	385	218	305	109	214	400
7:30-7:45	438	323	356	211	254	98	224	387
7:45-8:00	435	346	342	239	297	121	216	379
8:00-8:15	429	396	333	229	310	117	211	375
8:15-8:30	439	353	321	238	314	124	225	397
8:30-8:45	455	377	324	241	269	115	237	386
8:45-9:00	434	338	314	216	271	126	221	410
12:00-12:15	429	398	389	218	310	131	254	394
12:15-12:30	446	417	399	247	295	134	194	398
12:30-12:45	477	287	396	249	276	138	246	349
12:45-1:00	418	449	413	233	277	135	227	451
1:00-1:15	428	398	400	246	355	129	176	368
1:15-1:30	454	436	376	215	256	158	219	375
1:30-1:45	402	446	382	232	302	137	210	364
1:45-2:00	404	397	376	251	254	144	106	365
6:00-6:15	501	414	314	224	259	114	248	373
6:15-6:30	480	419	318	238	298	127	216	375
6:30-6:45	448	425	328	270	287	103	230	448

6:45-7:00	387	416	364	215	315	115	249	379
7:00-7:15	482	424	333	243	298	116	217	383
7:15-7:30	436	408	337	235	256	129	242	420
7:30-7:45	455	454	339	257	302	105	247	397
7:45-8:00	451	401	310	269	287	121	177	387

Anexo 15: Pruebas de Normalidad para el desarrollo estadístico de datos crudos.**ANALISIS DE DATOS CRUDOS**

Tabla de Normalidad N°01:

Prueba Inicial de normalidad para polvo atmosférico sedimentable (PAS).

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
Polvo atmosférico sedimentable	0,122	69	0,012	0,898	69	0,000
a. Corrección de la significación de Lilliefors						

Tabla de Normalidad N°02:

Prueba inicial de normalidad para flujo vehicular.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig,	Estadístico	Gl	Sig,
Flujo vehicular donde hay presencia de ficus	0,414	32	0,000	0,365	32	0,000
a, Corrección de la significación de Lilliefors						

Anexo 16: Pruebas de Normalidad para el desarrollo estadístico de datos normalizados.

ANALISIS DE DATOS NORMALIZADOS

Tabla de Normalidad N°03:

Prueba de normalidad para PAS normalizado.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig,	Estadístico	Gl	Sig,
Polvo atmosférico sedimentable-Normal	0,014	68	0,200*	0,997	68	1,000
*. Este es un límite inferior de la significación verdadera,						
Corrección de la significación de Lilliefors						

Tabla de Normalidad N°04:

Prueba de normalidad para flujo vehicular normalizado.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
FLUJO VEHICULAR	,027	31	,200*	,995	31	1,000
*. Este es un límite inferior de la significación verdadera,						
a. Corrección de la significación de Lilliefors						

Tener en cuenta que si Sig, < 0,05; es significativo

Anexo 17: Condiciones Climáticas en Tacna durante el mes de Marzo.

Estación: JORGE BASADRE					
Departamento:	TACNA	Provincia:	TACNA	Distrito:	TACNA
Latitud:	18°1'36,8"	Longitud:	70°15'5,5"	Altitud:	560 msnm,
Tipo:	MAP - Meteorológica	Código:	118004		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día) TOTAL	
	MAX	MIN			
1/03/2021	28,2	17,6	84,5	0	
2/03/2021	28,8	17,4	83,2	0	
3/03/2021	28,8	19	83,6	0	
4/03/2021	28,6	17,8	84	0	
5/03/2021	29	18,8	86,5	0	
6/03/2021	28,2	18	87	0	
7/03/2021	28,4	17	86,1	T	
8/03/2021	27,8	18	86,9	0	
9/03/2021	27,4	17	84,9	0	
10/03/2021	28,2	17,2	85,2	0	
11/03/2021	27,8	17,8	87,1	0	
12/03/2021	28	17,2	84,9	0	
13/03/2021	29,3	18	85,7	0	
14/03/2021	27,5	17,2	86,5	0	
15/03/2021	28,2	18	88,4	0	
16/03/2021	27,4	16,4	88,3	0	
17/03/2021	26,2	16,6	88,6	0	
18/03/2021	26	16	89,6	0	
19/03/2021	26,4	16,2	91,3	0	
20/03/2021	25,8	16	87,1	0	
21/03/2021	26	15,2	89,4	T	
22/03/2021	27,2	16,8	89,8	0	
23/03/2021	27,2	15,8	90,4	0	
24/03/2021	26,8	15,4	88	0	
25/03/2021	26	15,2	89,1	0	
26/03/2021	25,6	14,8	91	0	
27/03/2021	25,4	14,6	91	0	
28/03/2021	26	15	90,1	0	
29/03/2021	25,2	14,4	89,3	0	
30/03/2021	24,8	14,2	91	0	
31/03/2021	25	14,8	S/D	0	

FUENTE: Senamhi

Anexo 18: Condiciones Climáticas en Tacna durante el mes de Abril.

Estación: JORGE BASADRE					
Departamento:	TACNA	Provincia:	TACNA	Distrito:	TACNA
Latitud:	18°1'36,8"	Longitud:	70°15'5,5"	Altitud:	560 msnm,
Tipo:	MAP - Meteorológica	Código:	118004		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día) TOTAL	
	MAX	MIN			
1/04/2021	24,4	16,4	92,1	0	
2/04/2021	25	14,6	91	0	
3/04/2021	23,2	15,2	93,5	0	
4/04/2021	26,3	16	91,4	0	
5/04/2021	26,4	17	91,8	0	
6/04/2021	25,2	15,8	92,8	0	
7/04/2021	23,6	16,8	S/D	0	
8/04/2021	23	15,8	S/D	-999	
9/04/2021	S/D	S/D	S/D	S/D	
10/04/2021	S/D	S/D	S/D	S/D	
11/04/2021	S/D	S/D	S/D	S/D	
12/04/2021	24,4	S/D	92,7	0	
13/04/2021	24	14,4	93,2	0	
14/04/2021	23,8	15,2	92,5	0	
15/04/2021	23	15	95,4	0	
16/04/2021	25,6	15,6	92,5	0	
17/04/2021	24,4	14,8	93,7	0	
18/04/2021	23,4	15	94,1	0	
19/04/2021	24,3	13,8	95	0	
20/04/2021	24,8	13	90,8	0	
21/04/2021	22,8	14	92,3	0	
22/04/2021	22,2	15,8	93,5	0	
23/04/2021	23,3	16	91,7	0	
24/04/2021	23,2	14,6	92,2	0	
25/04/2021	23,8	12,6	91,4	0	
26/04/2021	23,4	11,6	92,8	0	
27/04/2021	21,6	12,4	92,1	0	
28/04/2021	22,8	13,2	94	0	
29/04/2021	23,4	14,2	92,4	0	
30/04/2021	22	14	93,3	0	

Fuente: Senamhi

Anexo 19: Condiciones Climáticas en Tacna durante el mes de Mayo.

Estación: JORGE BASADRE					
Departamento:	TACNA	Provincia:	TACNA	Distrito:	TACNA
Latitud:	18°1'36,8"	Longitud:	70°15'5,5"	Altitud:	560 msnm,
Tipo:	MAP - Meteorológica	Código:	118004		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día) TOTAL	
	MAX	MIN			
1/05/2021	23,4	13,8	92,9	0	
2/05/2021	24	11,6	93,8	0,1	
3/05/2021	23,2	12,8	94,5	0	
4/05/2021	23	13,8	92,9	0	
5/05/2021	24,2	13	94,3	0	
6/05/2021	20,1	13,6	95,1	0,8	
7/05/2021	S/D	14,2	S/D	T	
9/05/2021	18,8	S/D	94,4	0	
10/05/2021	22,2	13,6	92,4	0	
11/05/2021	20,8	13,4	93,9	0	
12/05/2021	25,2	13	93,1	0	
13/05/2021	22,4	13,6	88,2	0	
14/05/2021	23,2	13,4	93,5	T	
15/05/2021	22,2	13,6	93,4	0	
16/05/2021	20,6	13,8	93,9	0	
17/05/2021	22	13,6	93,7	0	
18/05/2021	20	12,6	93,7	0	
19/05/2021	19	11,6	91,8	0	
20/05/2021	20,6	12	86,7	0	
21/05/2021	19,4	12,6	86,9	0	
22/05/2021	19,2	13	87,4	0	
23/05/2021	19,4	11,8	87,6	0	
24/05/2021	20,6	12	89,8	0	
25/05/2021	26,5	11,6	87,6	0	
26/05/2021	27	12,8	87,9	T	
27/05/2021	28,2	13,8	90,6	0,6	
28/05/2021	22,4	14	90,1	0	
29/05/2021	20,8	11,8	88	0	
30/05/2021	21,8	14	88,8	0	
31/05/2021	21,6	13	90,2	0	

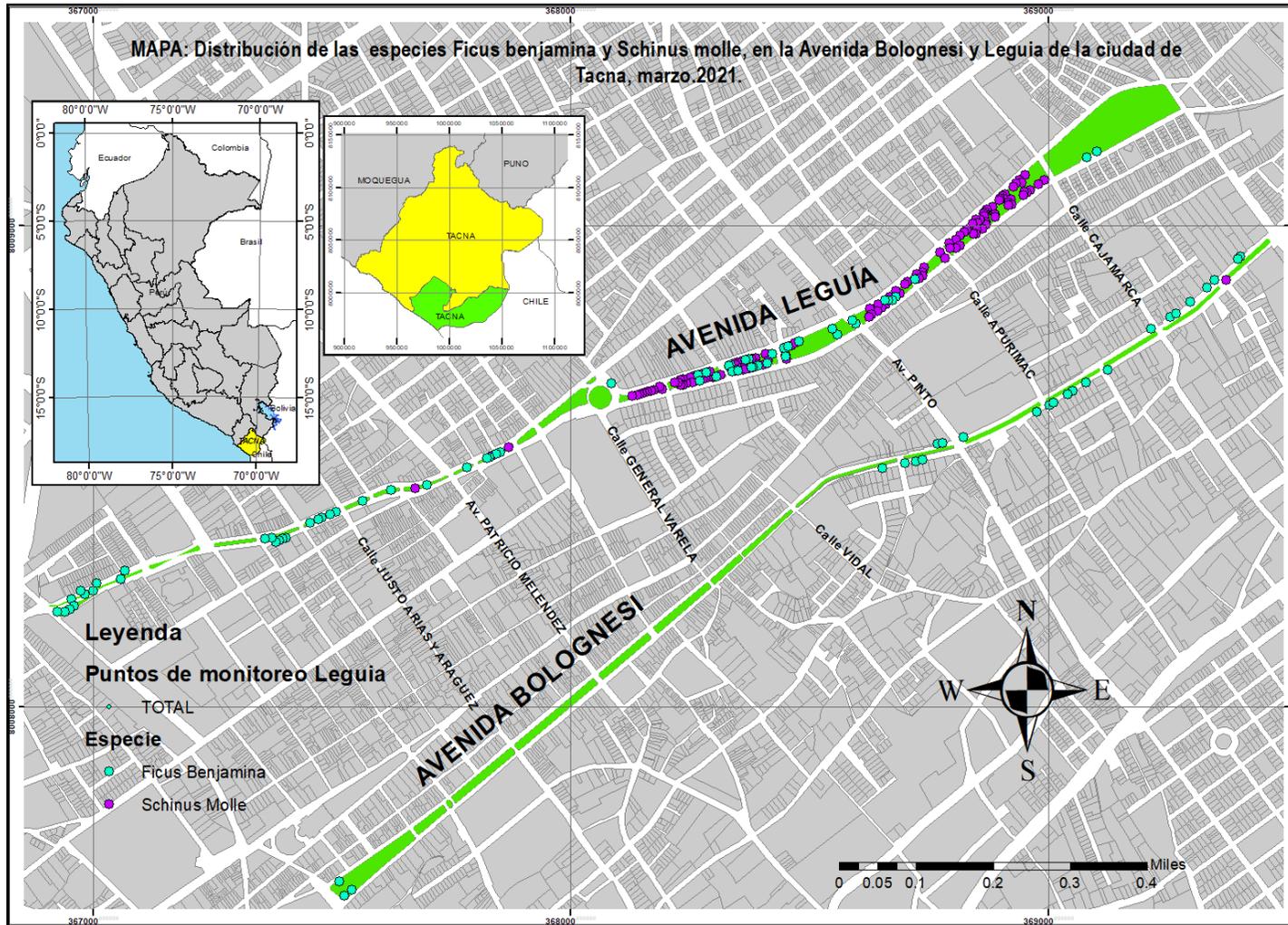
Fuente: Senamhi

Anexo 20: Condiciones Climáticas en Tacna durante el mes de Junio.

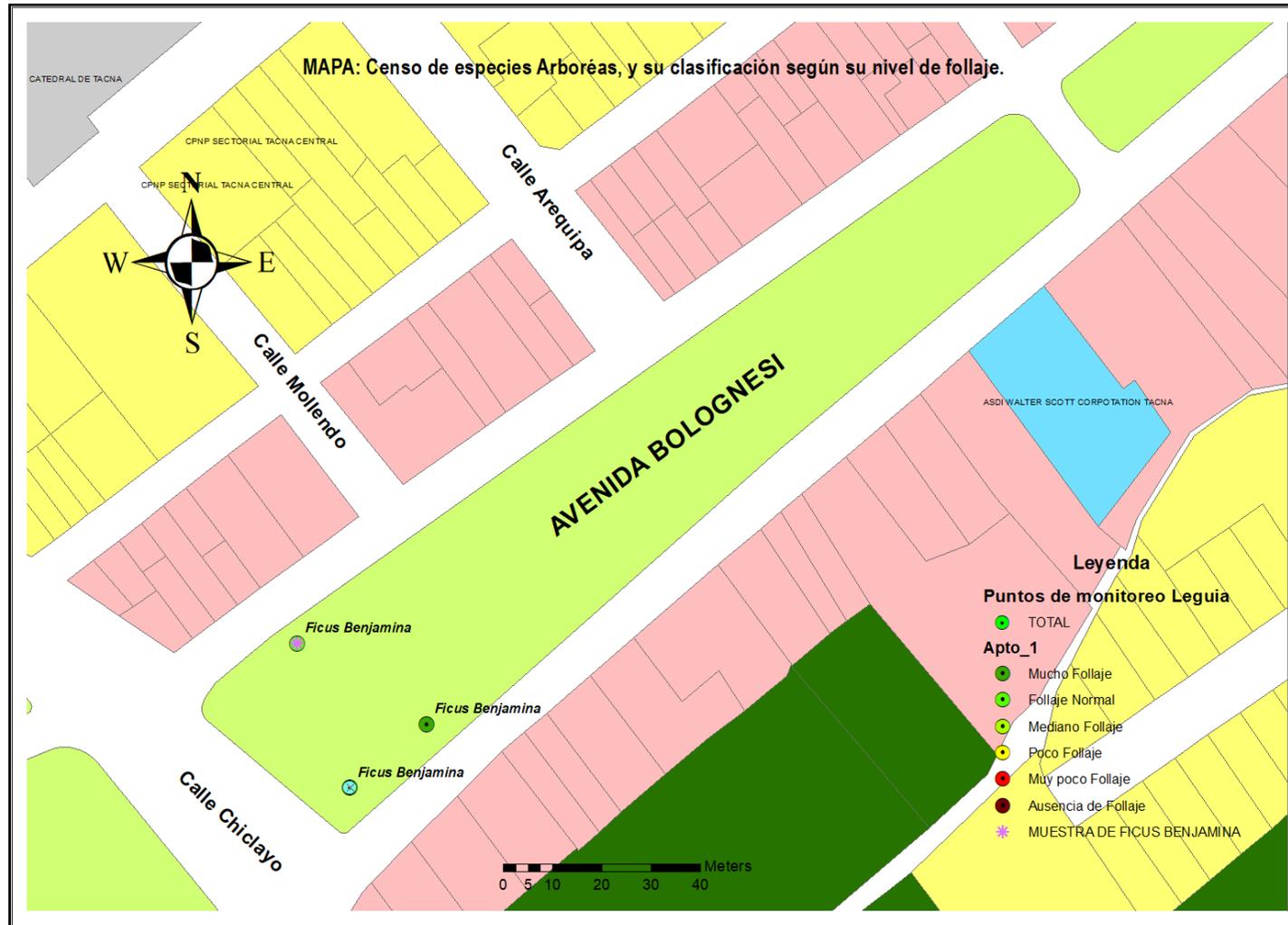
Estación: JORGE BASADRE					
Departamento:	TACNA	Provincia:	TACNA	Distrito:	TACNA
Latitud:	18°1'36,8"	Longitud:	70°15'5,5"	Altitud:	560 msnm,
Tipo:	MAP - Meteorológica	Código:	118004		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día) TOTAL	
	MAX	MIN			
1/06/2021	21,4	12	90,6	0	
2/06/2021	21,2	11,8	89	T	
3/06/2021	19,6	12,8	91,3	-999	
4/06/2021	S/D	S/D	S/D	S/D	
5/06/2021	S/D	S/D	S/D	S/D	
6/06/2021	S/D	S/D	S/D	S/D	
7/06/2021	19,8	S/D	89,2	0	
8/06/2021	19,2	8,8	90,7	0	
9/06/2021	20,6	9,4	86,3	0	
10/06/2021	18,8	11,6	89,6	0	
11/06/2021	19,6	10,6	88,6	0	
12/06/2021	19,4	10,2	89,7	0	
13/06/2021	19,2	9,9	91,2	0	
14/06/2021	21,3	9,6	89	0	
15/06/2021	18,6	10,2	92,1	0	
16/06/2021	20,2	10,4	90,6	T	
17/06/2021	20,7	9,6	91,3	0	
18/06/2021	17,6	11,4	92,6	0	
19/06/2021	19,8	11,2	91,3	T	
20/06/2021	18,2	12	94,2	0,2	
21/06/2021	16	11,4	94,5	0	
22/06/2021	18,1	11,6	90,8	0,1	
23/06/2021	19	11,8	92,4	0	
24/06/2021	17,8	9	91,3	0	
25/06/2021	16,8	11,2	91,3	0	
26/06/2021	18,7	11,4	88,8	0	

Fuente: Senamhi

Anexo 21: Plano de Ubicación de las Vías en estudio: Las avenidas Bolognesi y Leguía de la ciudad de Tacna,



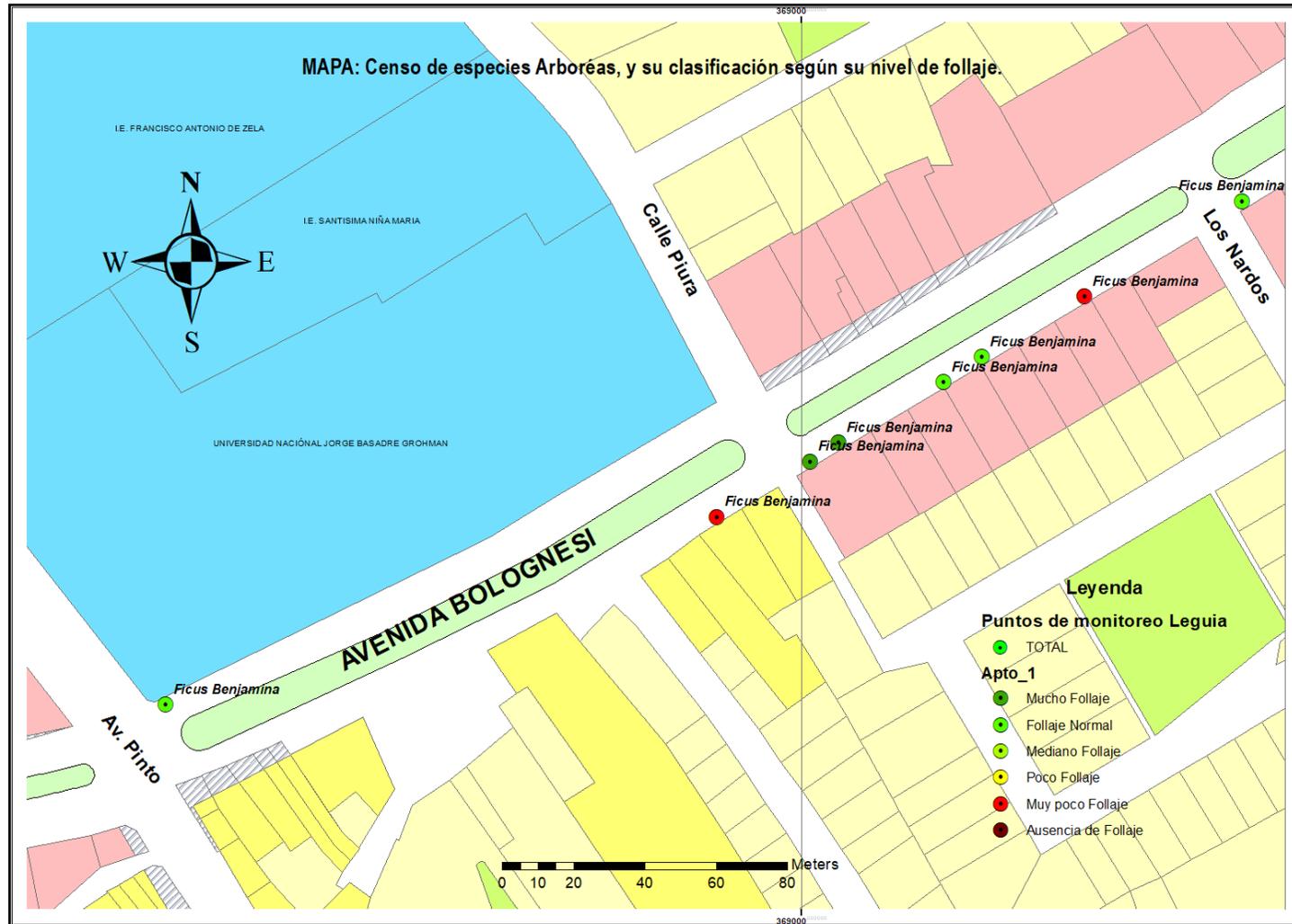
Anexo 22: Zona Recreativa N°01 de la Avenida Bolognesi.



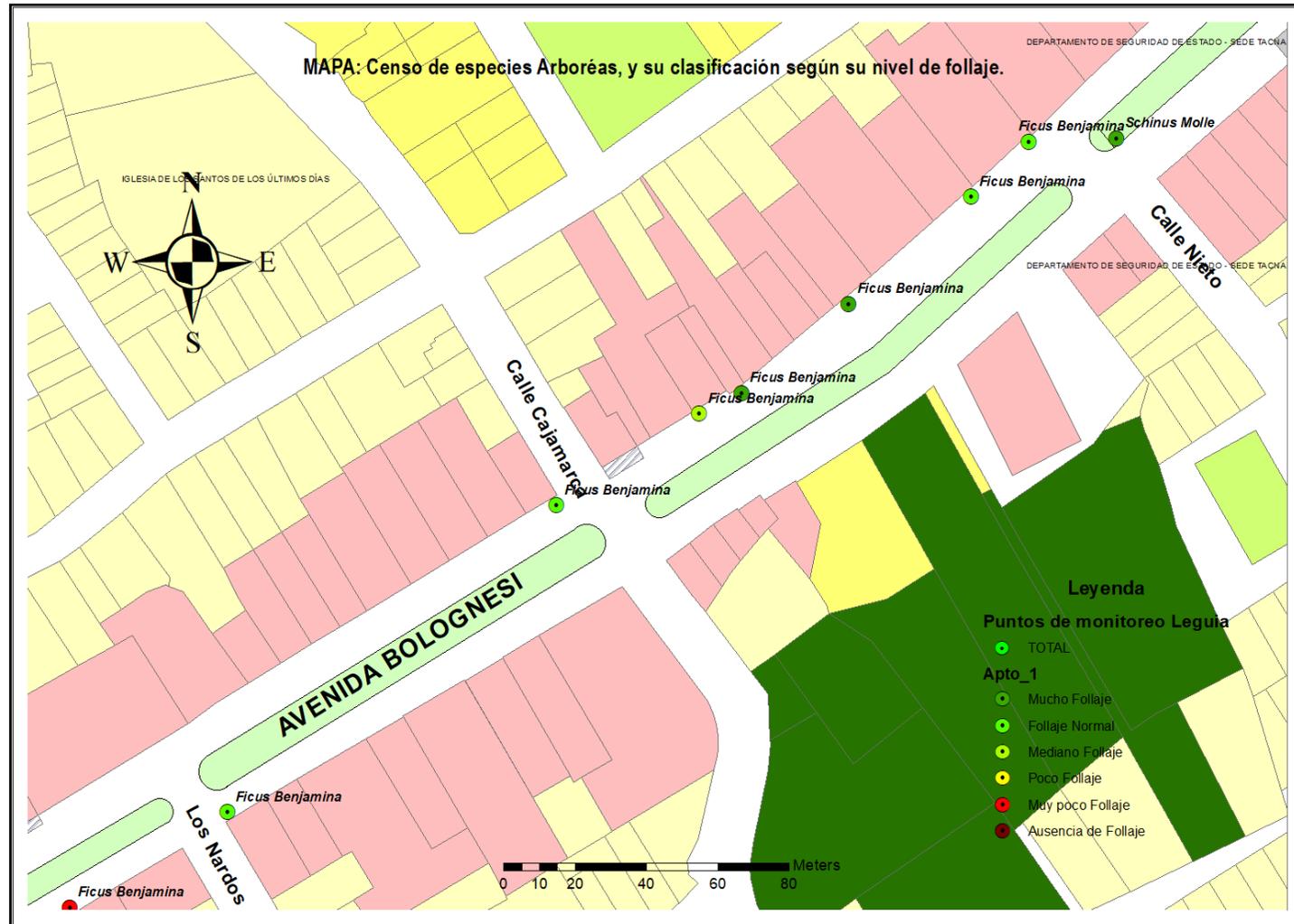
Anexo 23: Zona Recreativa N°09 y N°10 de la Avenida Bolognesi.



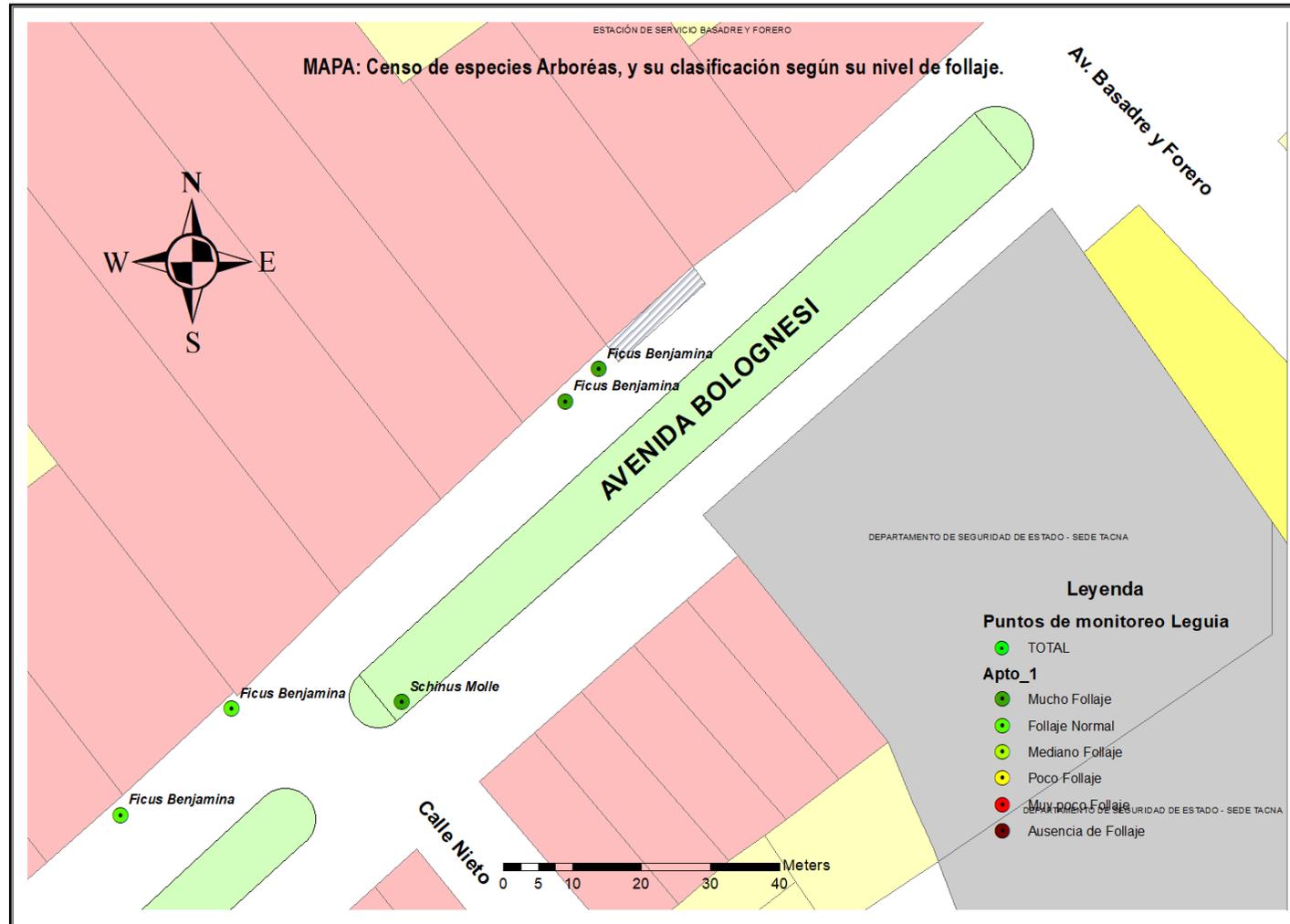
Anexo 24: Zona Recreativa N°11 Y N°12 de la Avenida Bolognesi.



Anexo 25: Zona Recreativa N°13 y N°14 de la Avenida Bolognesi.



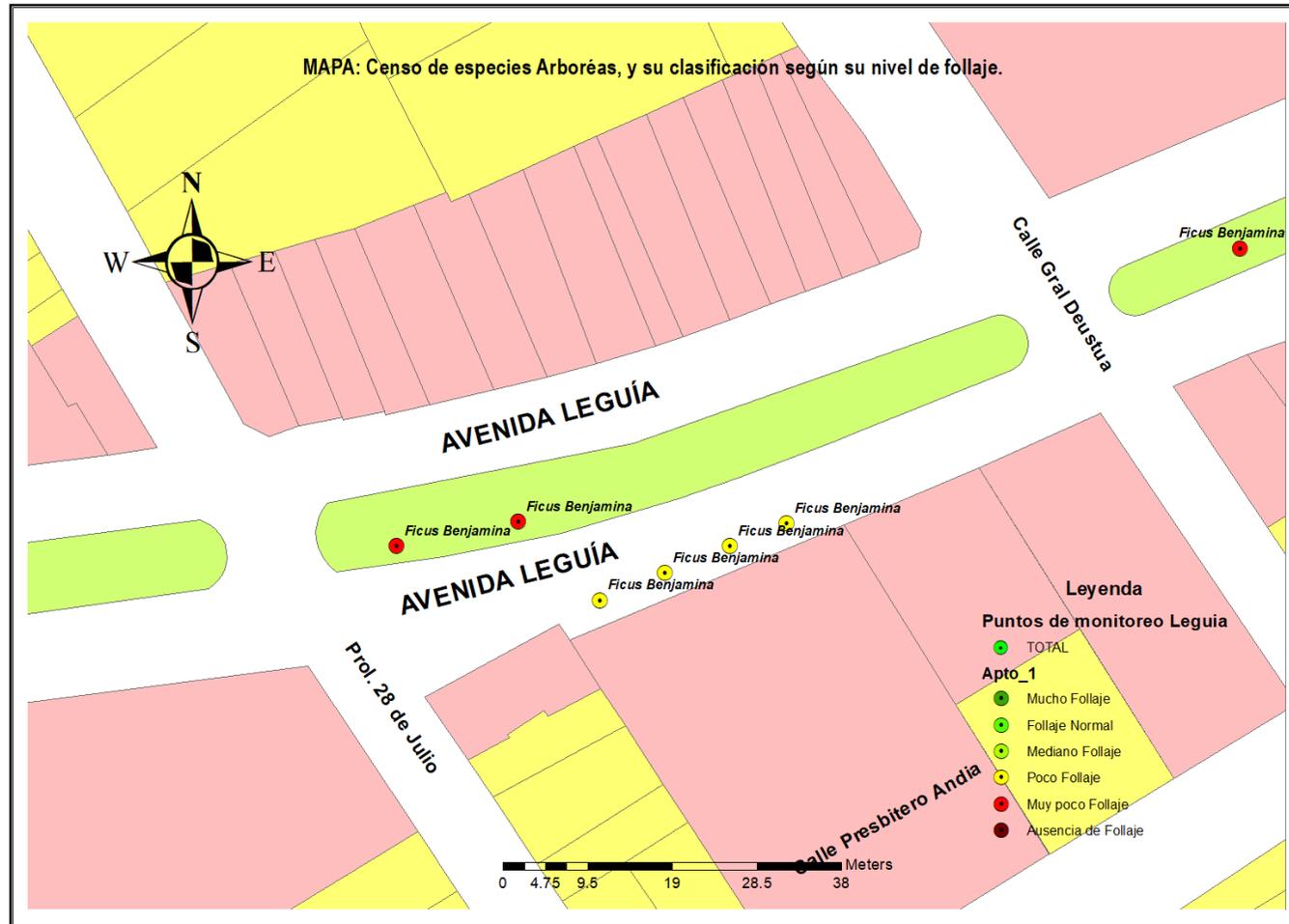
Anexo 26: Zona Recreativa Nº15 de la Avenida Bolognesi.



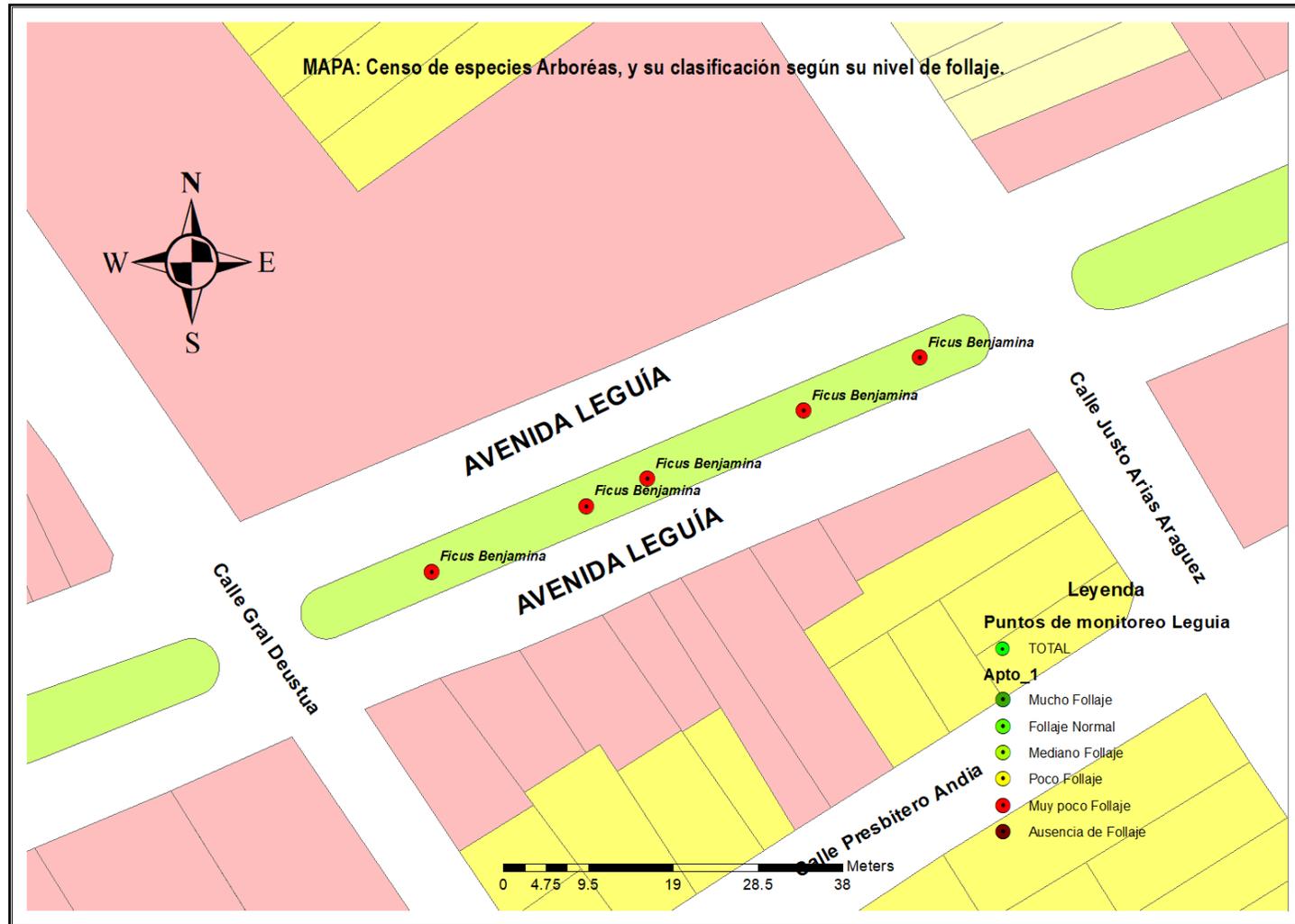
Anexo 27: Zona Recreativa N°01 y N°02 de la Avenida Leguía.



Anexo 28: Zona Recreativa N°05 de Avenida Leguía.



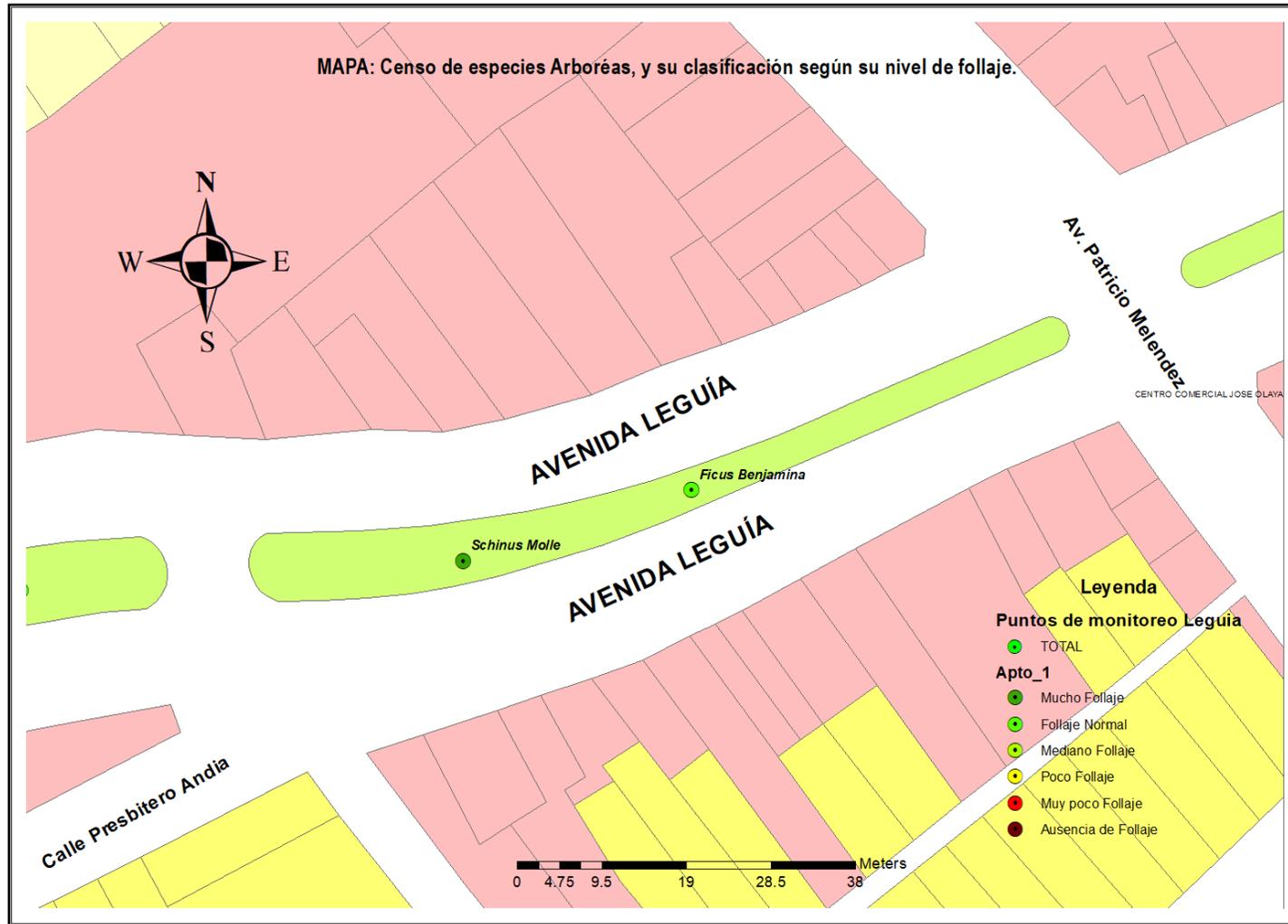
Anexo 29: Zona Recreativa N°06 de la Avenida Leguía.



Anexo 30: Zona Recreativa N°07 y N°08 de la Avenida Leguía.



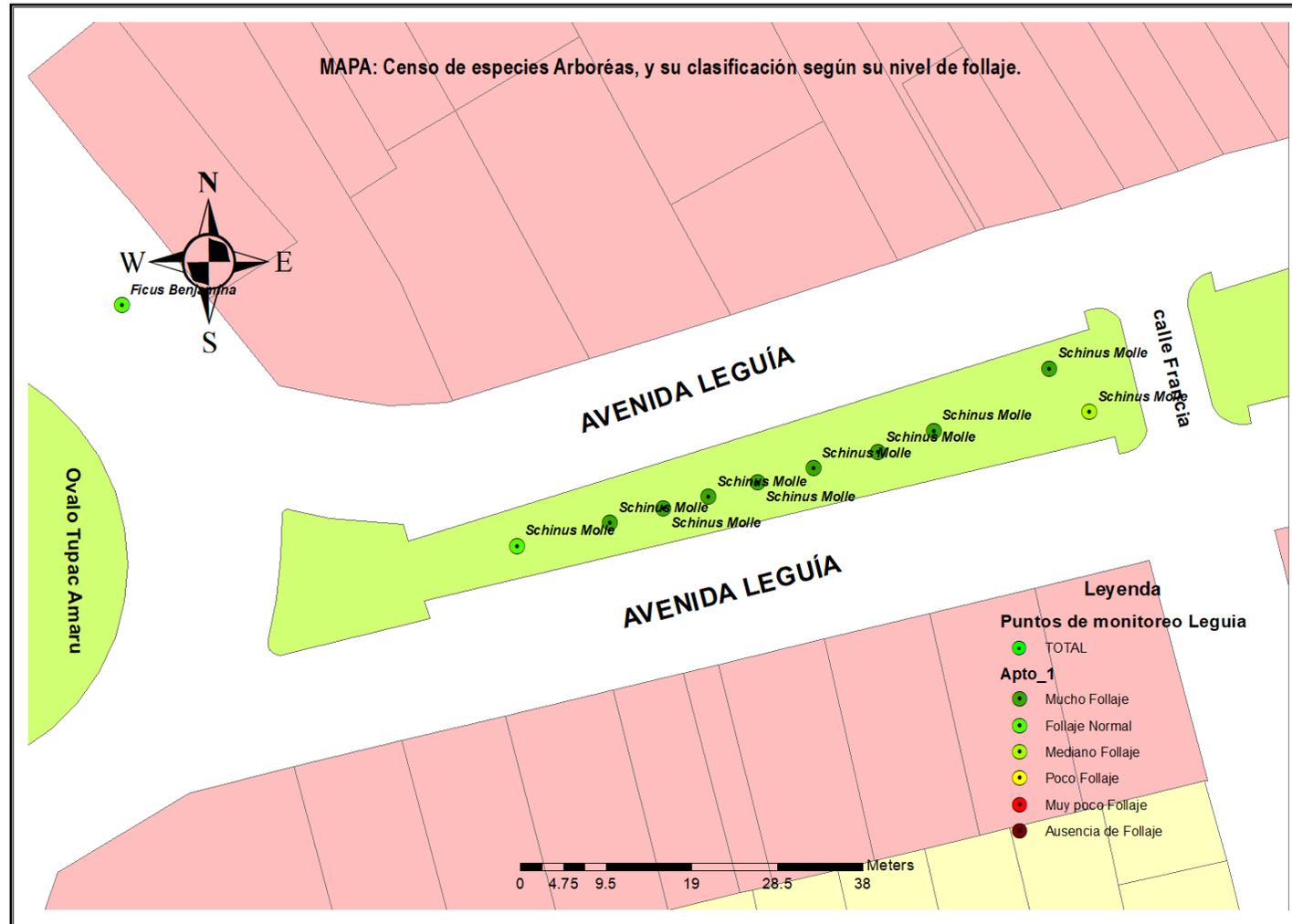
Anexo 31: Zona Recreativa Nº09 de la Avenida Leguía.



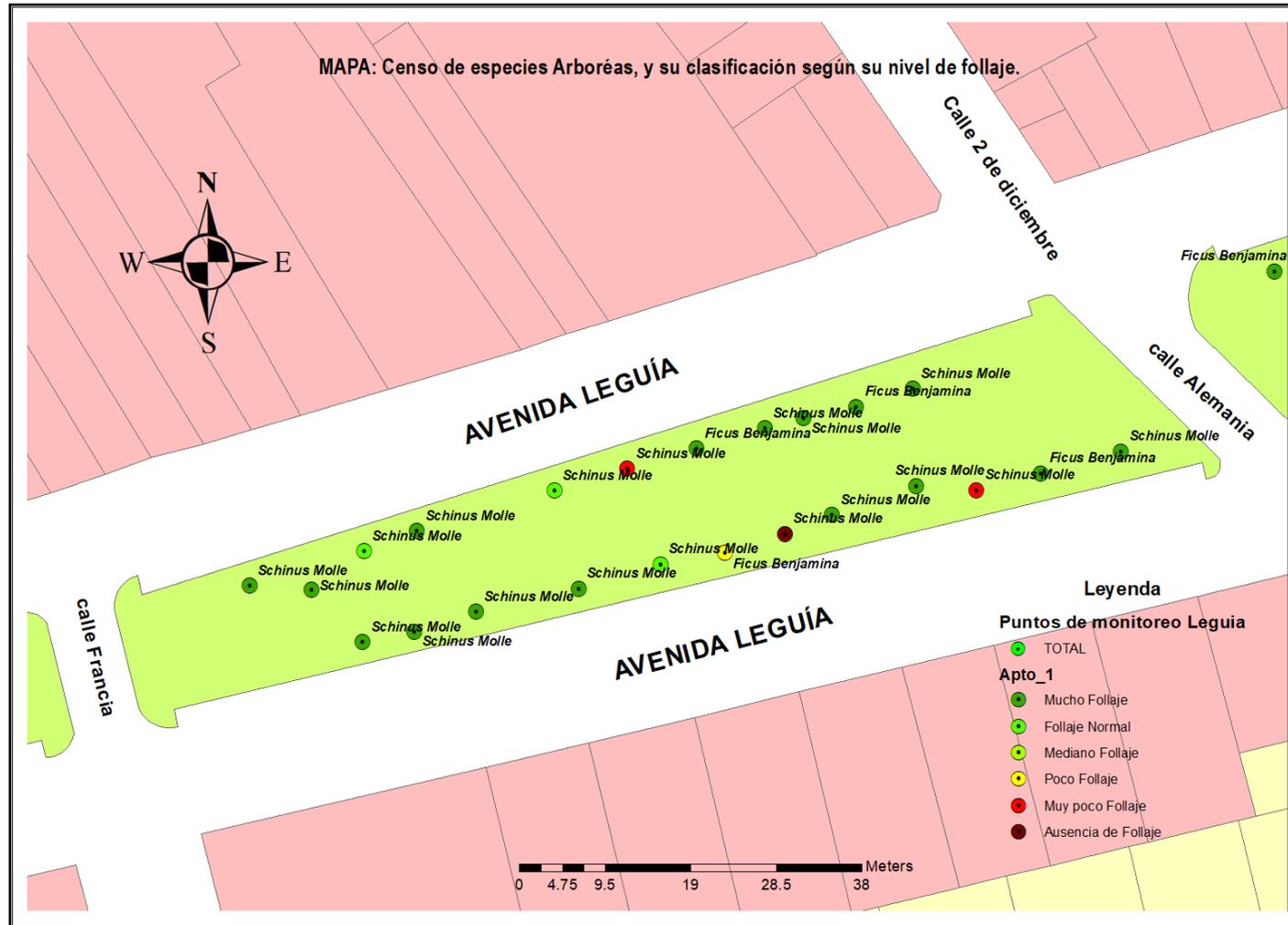
Anexo 32: Zona Recreativa N°10 y N°11 de la avenida Leguía.



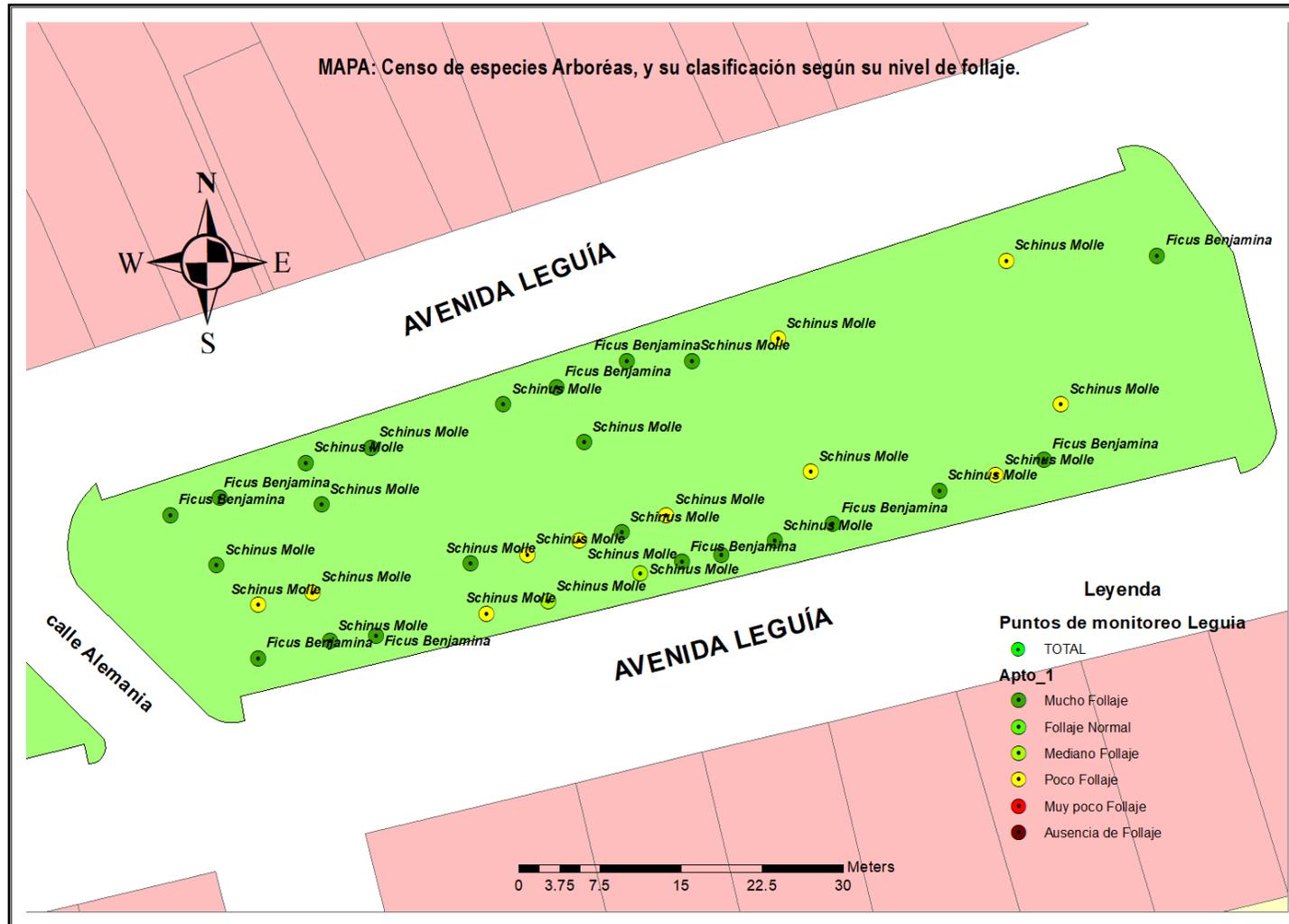
Anexo 33: Zona Recreativa Nº14 de la Avenida Leguía.



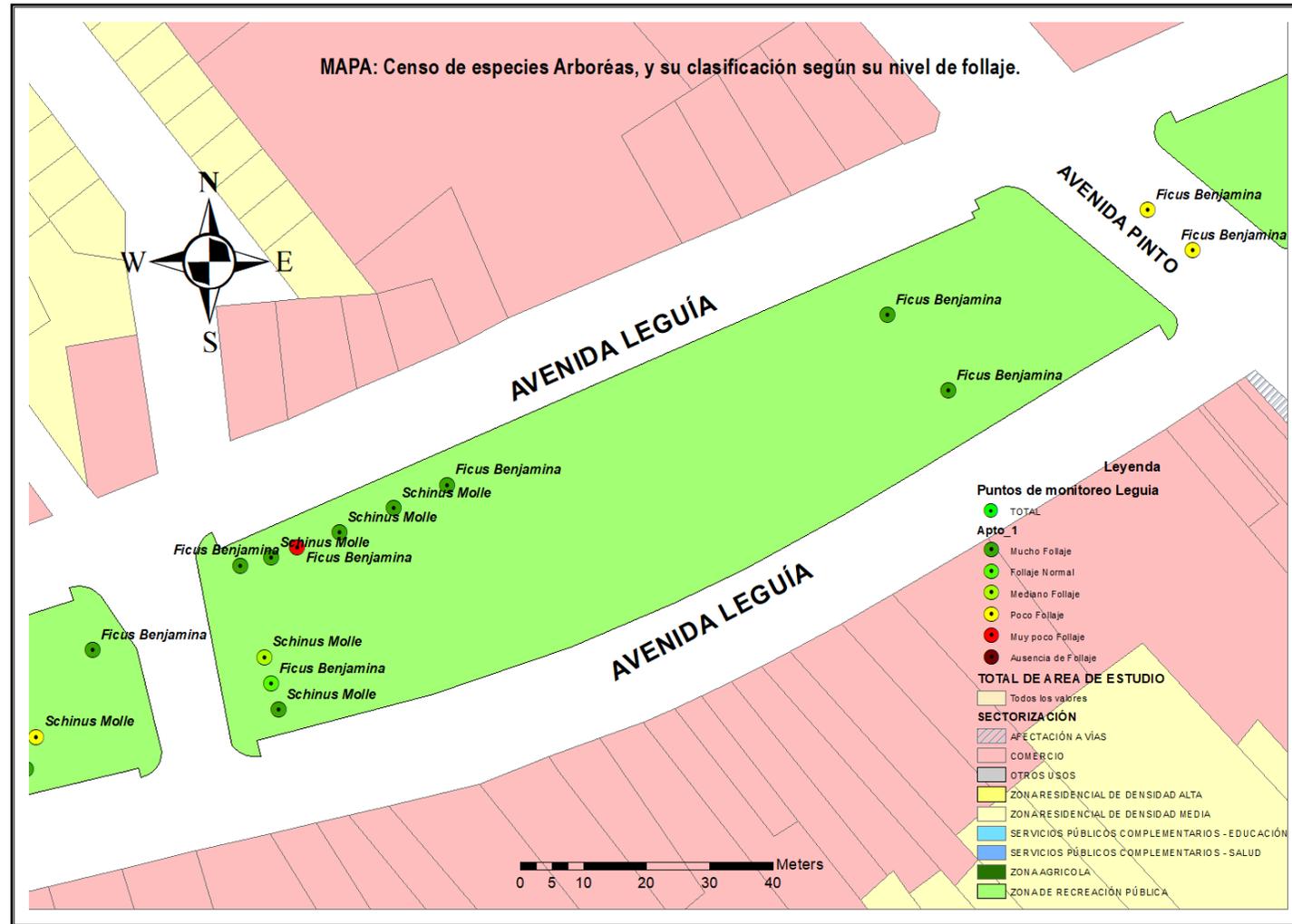
Anexo 34: Zona Recreativa Nº15 de la Avenida Leguía.



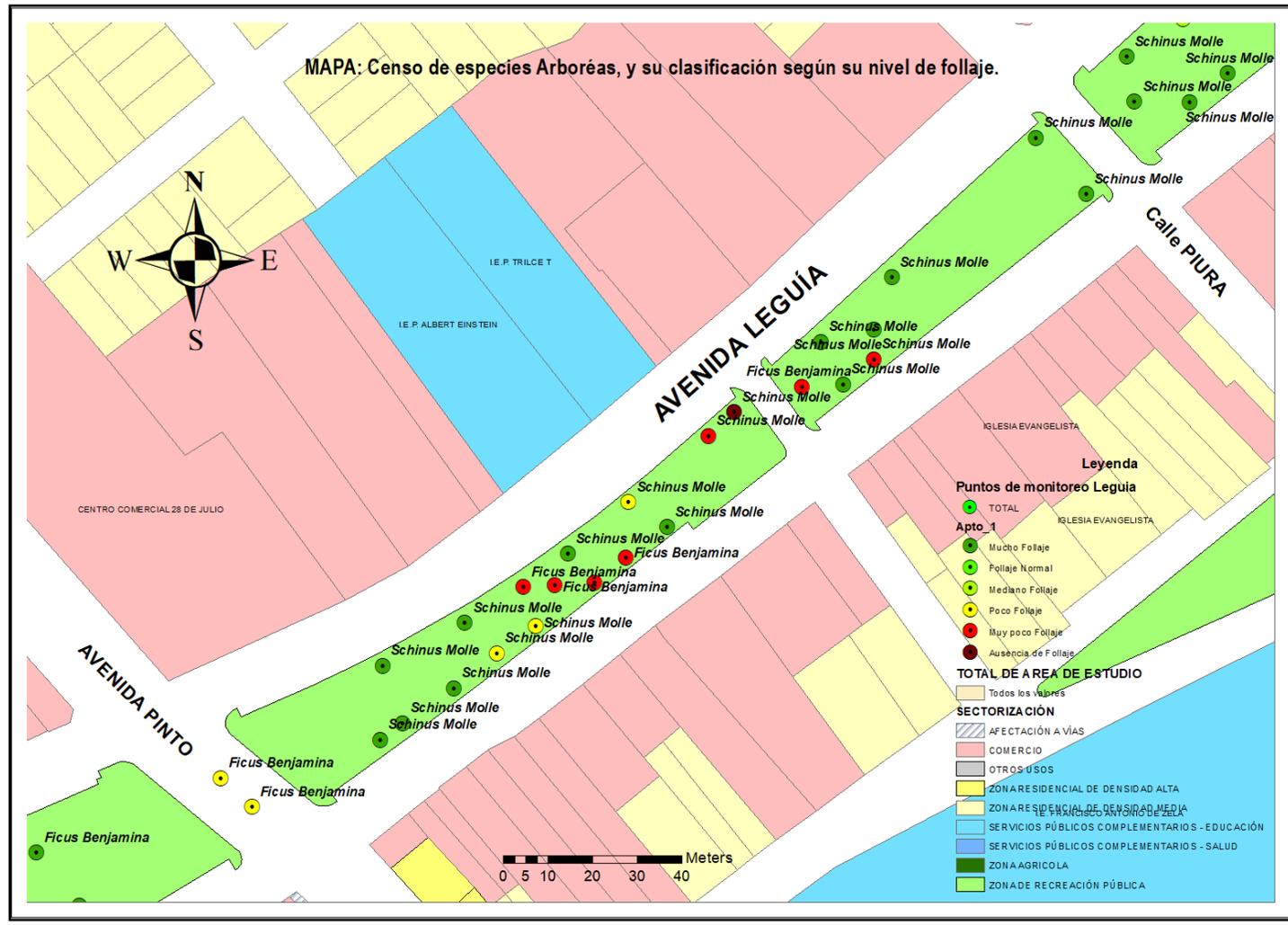
Anexo 35: Zona Recreativa Nº16 de la Avenida Leguía.



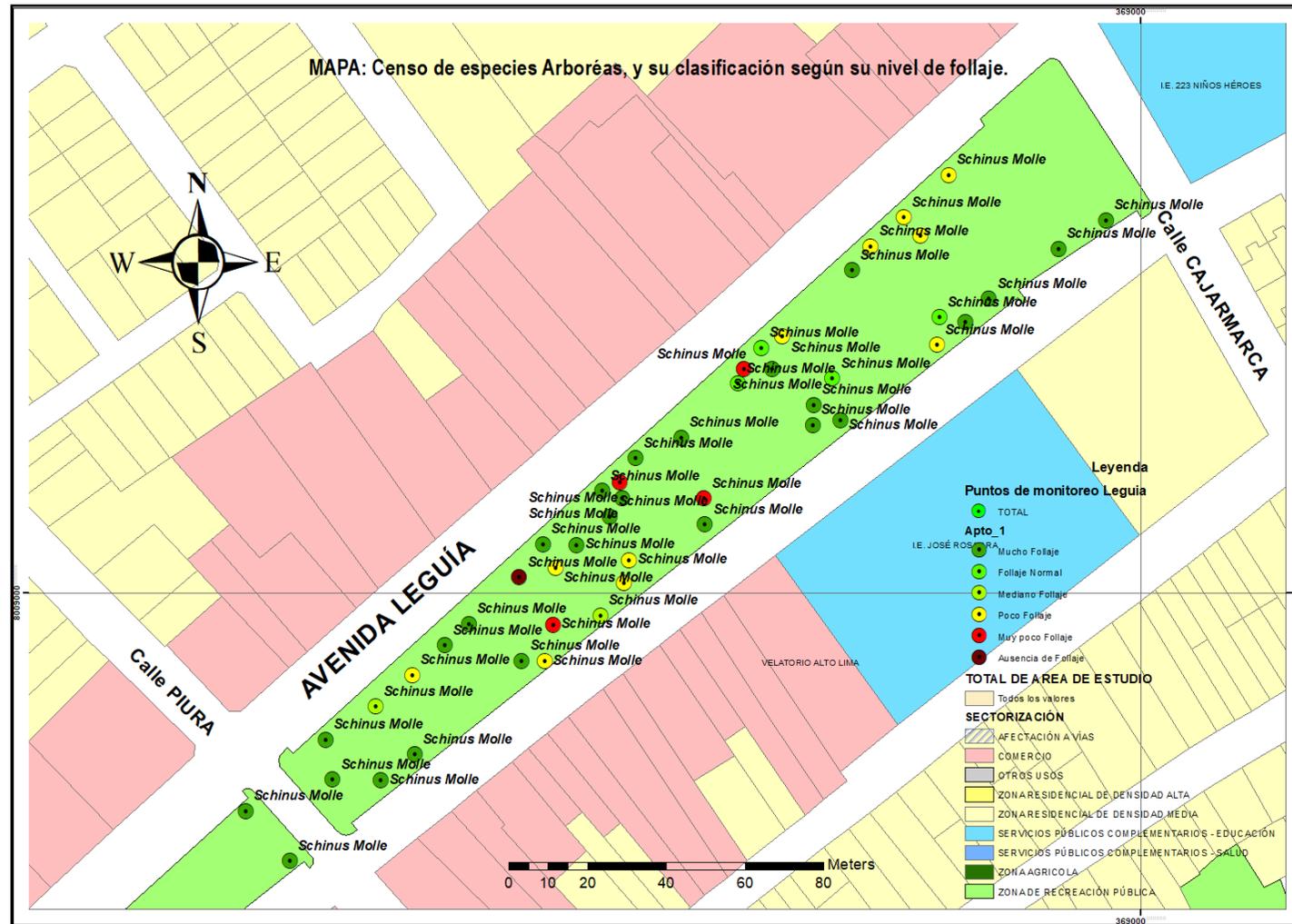
Anexo 36: Zona Recreativa Nº17 de la Avenida Leguía.



Anexo 37: Zona Recreativa N°18 y N°19 de la Avenida Leguía.



Anexo 38: Zona Recreativa N°20 de la Avenida Leguía.



Anexo 39: Zona Recreativa N°21 de la Avenida Leguía.

