



Universidad de Concepción
Facultad de Ciencias Ambientales
Departamento de Planificación Territorial



Análisis del impacto en la calidad del aire de la implementación de arbolado urbano. Caso de estudio: Concepción Metropolitano.

Habilitación profesional para optar al Título de
Ingeniera Ambiental

Por: Fernanda Ignacia Figueroa Rivas
Profesor Guía: Dr. Francisco de la Barrera Melgarejo
Profesora Co-Guía: Dra. Claudia Ulloa Tesser

Abril 2024
Concepción, Chile

“ANÁLISIS DEL BENEFICIO EN LA CALIDAD DEL AIRE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE ARBOLADO URBANO. CASO DE ESTUDIO: CONCEPCIÓN METROPOLITANO”

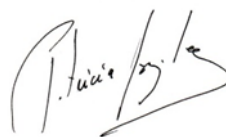
Profesor Guía: Dr. Francisco De La Barrera Melgarejo



Profesor Co-Guía: Dra. Claudia Ulloa Tesser



Profesor Comisión: Dra. Patricia González Sánchez



CONCEPTO: APROBADO CON DISTINCIÓN MÁXIMA

Conceptos que se indica en el Título

- ✓ Aprobado por Unanimidad : (En Escala de 4,0 a 4,9)
- ✓ Aprobado con Distinción (En Escala de 5,0 a 5,6)
- ✓ Aprobado con Distinción Máxima (En Escala de 5,7 a 7,0)

Concepción, abril 2024

AGRADECIMIENTOS

Quiero comenzar agradeciendo a mi familia, en especial a mi mamá, Doris, por siempre creer en mí y enseñarme los valores que hoy en día tengo. Y lo más importante, por enseñarme lo que es el amor incondicional.

A todas las personas que fueron parte de mi vida universitaria, sobre todo a las personas que me rodean terminando esta importante etapa. Agradecer en especial a Amanda, quien me hubiera gustado conocer hace mucho tiempo, pero, aun así, llegó a mi vida en el momento indicado, gracias por siempre confiar en mí.

Agradezco también a Alejandro por ser un pilar fundamental durante estos 5 años de mi trayectoria universitaria, gracias por acompañarme y apoyarme en todo momento.

A mi profesor guía Francisco de la Barrera, por ser un gran apoyo en toda esta etapa final, solucionando cada uno de los problemas que se presentaban y siempre estar dispuesto a ayudar.

Por último, quiero agradecer al proyecto Fondecyt Regular 1231859 “Valoración social y ecológica de servicios ecosistémicos locales (VESSEL 2.0) hacia una comprensión sistémica de la naturaleza en la ciudad que contribuya a la planificación urbana” por la información entregada y su financiamiento para este estudio.

Índice General

RESUMEN.....	6
1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	9
3. OBJETIVOS.....	9
3.1 Objetivo General	9
3.2 Objetivos Específicos	9
4. ANTECEDENTES.....	10
4.1 Calidad del aire	10
4.1.1 Contaminación Atmosférica	10
4.1.2 Material Particulado	11
4.1.3 Calidad del aire en Concepción Metropolitano	12
4.2 Aportes de la vegetación urbana a la descontaminación atmosférica	13
4.2.1 Áreas Verdes	13
4.2.2 Arbolado Urbano	14
4.2.3 Eliminación de contaminantes por vegetación.	14
4.2.4 Efectos de la vegetación en la calidad del aire	15
5. METODOLOGÍA.....	18
5.1 Objetivo 1: Analizar la experiencia internacional y metodologías de evaluación relativas al beneficio de la implementación de arbolado en la calidad del aire de las ciudades.	18
5.2 Objetivo 2: Determinar la metodología aplicable al área de estudio en base a información disponible.	18
5.3 Objetivo 3: Estimar la eliminación de MP2,5 por parte del arbolado urbano actual de Concepción Metropolitano.	20
5.4 Objetivo 4: Estimar el aporte en la eliminación de MP2,5 del nuevo arbolado comprometido en el PPDA de Concepción Metropolitano.	21
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
6.1 Metodologías que permiten evaluar el impacto de la implementación de áreas verdes y arbolado en la calidad del aire.	24
6.1.1 Material depositado en hojas	24
6.1.2 Monitoreo con sensores de calidad	25
6.1.3 Software i-Tree Eco	25
6.2 Selección de metodología y aplicación	26
6.2.1 Metodologías disponibles y selección	26
6.2.2 Aplicación de la metodología seleccionada	26

6.3	Remoción de MP2,5 por arbolado de 602 áreas verdes urbanas de Concepción Metropolitano.	27
6.4	Remoción de MP2,5 por nuevo arbolado eliminado por nuevo arbolado (20.000 ejemplares).	29
6.4.1	Preparación de datos para metodología escogida	29
6.4.2	Remoción de MP2,5 por árboles a altura de entrega.	31
6.4.3	Remoción de MP2,5 por árboles a altura máxima.	34
7.	APORTE A LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE	39
8.	CONCLUSIONES	40
9.	BIBLIOGRAFÍA	41
10.	ANEXOS	45

Índice de Tablas

Tabla 1: Información plazas y parques catastrados.	20
Tabla 2: Ventajas y desventajas de metodologías estudiadas.	26
Tabla 3: MP2,5 eliminado por las plazas y parques de Concepción Metropolitano.	28
Tabla 4: Aproximación de alturas y DAP de árboles Programa Arborización CONAF.	30
Tabla 5: Aproximación de alturas y DAP de árboles Avance PPDA.....	31
Tabla 6: MP2,5 eliminado por árboles Programa Arborización CONAF a altura de entrega.	32
Tabla 7: MP2,5 eliminado por arboles Avance PPDA a altura de entrega.....	34
Tabla 8: MP2,5 eliminado por árboles Programa Arborización CONAF a altura máxima.	35
Tabla 9: MP2,5 eliminado por árboles Avance PPDA a altura máxima.	36
Tabla 10: MP2,5 eliminado por 20.000 individuos.	37
Tabla 11: Beneficios valorizados por cantidad de MP2,5 removido por 20.000 individuos.	38

Índice de Figuras

Figura 1: Ubicación de plazas y parques.	19
Figura 2: Diagrama de entradas y salidas software i-Tree Eco.	27
Figura 3: Gráfico estimación DAP.....	30

RESUMEN

En el año 2006 se declara a las comunas que conforman Concepción Metropolitano como zona latente en material particulado respirable MP10 en concentración diaria, y en el año 2015 como zona saturada en material particulado fino respirable MP2,5 en concentración diaria, lo que da inicio al proceso de creación del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica (PPDA) de Concepción Metropolitano, el cual es promulgado el 2019. El Plan presenta diferentes medidas que tienen como fin mejorar la calidad del aire, dentro de las cuales se encuentra la plantación de 20.000 árboles. Este documento evalúa el beneficio potencial de la implementación de arbolado urbano sobre la calidad del aire de Concepción Metropolitano, considerando dichas metas.

Para cuantificar el MP2,5 eliminado por el arbolado actual presente en áreas verdes de Concepción Metropolitano se utilizó el software i-Tree Eco, donde se obtuvo que el arbolado de 602 plazas y parques son capaces de eliminar cerca de 135 kg de MP2,5 al año.

En cuanto a la remoción de MP2,5 por parte del nuevo arbolado comprometido en el PPDA de Concepción Metropolitano, se estimó, a través del software i-Tree Eco, que podría tener un valor cercano a 1,5 Ton/año, esto considerando que los árboles entregados alcanzarán su altura máxima.

Si el arbolado entregado alcanza su altura máxima, estos podrían remover un valor cercano a 1,5 Ton/año de MP2,5. Este valor no alcanza a representar un 1% a la cantidad de MP2,5 que se pretende a eliminar para el año 2027 por parte del PPDA de Concepción Metropolitano.

1. INTRODUCCIÓN

El año 2019, es promulgado el D.S. N°6 del Ministerio del Medio Ambiente, donde se establece el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para las comunas de Concepción Metropolitano, el cual tiene como finalidad cumplir con la norma ambiental por MP2,5, esto en un plazo de 10 años y no sobrepasar los límites de latencia de la norma primaria de calidad ambiental por MP10 (Superintendencia del Medio Ambiente, 2023). En el decreto se determina que las principales fuentes de contaminación del aire corresponden a la intensa actividad industrial presente en la zona y la combustión de leña como método de calefacción. Para mejorar la calidad del aire se establecen las siguientes medidas principales como: uso y mejoramiento de calidad de la leña, uso y mejoramiento de artefactos, mejoramiento de la eficiencia térmica de viviendas, control de emisiones de fuentes fijas, control de emisiones asociadas a fuentes móviles, Gestión de episodios críticos de contaminación, Educación y difusión ambiental, compensación de emisiones, generación de áreas verdes y ciclovías (Ministerio del Medio Ambiente, 2018). La medida generación de áreas verdes contempla dos acciones a realizar, una corresponde a aumentar el índice de áreas verdes de Concepción Metropolitano de 4,1 a 6,0 m²/hab, y un programa de arborización que contará con la plantación de 20.000 ejemplares.

Las áreas verdes tienen un rol fundamental, ya que, regulan la temperatura, filtran la radiación, reducen el CO₂ en el ambiente, amortiguan la contaminación acústica, y generan espacios de ocio y relajación (CEDEUS, 2021). El Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS), define como sustentables a valores superiores a 11 m² de áreas verdes por habitante, por lo que se puede mencionar que el valor de 6,0 m²/hab establecidos en el PPDA no sería suficiente para estar por sobre este estándar. Por otro lado, se tiene la plantación de

20.000 ejemplares, donde no se considera un valor para el aporte que tendrá esta medida en la calidad del aire de Concepción Metropolitano.

Esta investigación tiene como finalidad cuantificar la cantidad de MP2,5 que es removido por el arbolado urbano del área de estudio, y como se verá afectada esta remoción con la plantación de 20.000 árboles, medida establecida por el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de Concepción Metropolitano.

2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

- ¿Cuál es el beneficio potencial del arbolado urbano en la calidad del aire de Concepción Metropolitano?

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

- Evaluar el beneficio potencial de la implementación de arbolado urbano sobre la calidad del aire de Concepción Metropolitano.

3.2 Objetivos Específicos

- Analizar la experiencia internacional y metodologías de evaluación relativas al beneficio de la implementación de arbolado en la calidad del aire de las ciudades.
- Determinar la metodología aplicable al área de estudio en base a información disponible.
- Estimar la eliminación de MP2,5 por parte del arbolado urbano actual de Concepción Metropolitano.
- Estimar el aporte en la eliminación de MP2,5 del nuevo arbolado comprometido en el PPDA de Concepción Metropolitano.

4. ANTECEDENTES

4.1 Calidad del aire

4.1.1 Contaminación Atmosférica

La contaminación atmosférica puede definirse como la presencia de agentes químicos, físicos o biológicos que alteran las propiedades naturales de la atmósfera, y corresponde a uno de los principales riesgos ambientales que afecta a la salud (World Health Organization, 2022). La contaminación del aire es un problema vigente que afecta a gran parte de la población del mundo.

La calidad del aire es una de las prioridades en materia de gestión ambiental en Chile, esto principalmente porque la contaminación del aire afecta negativamente la salud de las personas y animales, además de dañar la vegetación y el suelo, deteriorar materiales, influir en la visibilidad y tiene potencial de contribuir al cambio climático (Ministerio del Medio Ambiente, 2021).

Chile posee tres fuentes principales de contaminación, estos son los medios de transporte, las actividades industriales y la calefacción de hogares por medio de combustión de leña (Ministerio del Medio Ambiente, 2018).

Dentro de las acciones que ha implementado el país para mejorar la calidad del aire, se encuentran: nuevos planes de prevención y/o descontaminación atmosférica y alertas sanitarias; aumento del número de estaciones de monitoreo de calidad del aire; regulaciones aplicadas al sistema de transporte público y privado; mejoras en la eficiencia energética de los hogares; establecimiento de normas de calidad y emisión; la implementación de impuestos verdes (Ministerio del Medio Ambiente, 2018).

Los contaminantes atmosféricos que se encuentran normados en el país corresponden al material particulado (MP), dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), el ozono troposférico (O₃) y el plomo.

4.1.2 Material Particulado

El material particulado (MP) corresponde a la mezcla de partículas líquidas, sólidas o líquidas y sólidas suspendidas en el aire, las cuales varían en composición, tamaño y origen (Ministerio del Medio Ambiente, s. f.). Dentro de la composición se puede encontrar principalmente sulfatos, nitratos, amoníaco, cloruro de sodio, carbono negro, polvos minerales y agua (World Health Organization, 2022). El tamaño es una de las características importantes, ya que las partículas pequeñas de menos de 10 micrómetros de diámetro conllevan mayores problemas a la salud, como muerte prematura en personas con enfermedades cardíacas o pulmonares, infartos, latidos irregulares, asma agravada, función pulmonar reducida, síntomas respiratorios aumentados, entre otros, esto debido a la capacidad que poseen de llegar a la profundidad de los pulmones e incluso al torrente sanguíneo (Agencia de Protección de Medio Ambiente de Estados Unidos, 2023). Por esto, y otros efectos negativos del material particulado, varios países han tomado medidas para controlar el contaminante.

En Chile el material particulado se encuentra regulado por diferentes acciones y regulaciones, como normas primarias de calidad para material particulado MP_{2,5} y MP₁₀; normas de emisión para fuentes fijas y fuentes móviles; planes de descontaminación atmosférica; entre otros. Este contaminante es regulado con límites de concentraciones que dependen de su diámetro aerodinámico, existiendo normas primarias de calidad para el aire de MP₁₀ (material particulado respirable con diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micrómetros)

y MP2,5 (material particulado respirable con diámetro aerodinámico menor o igual a 2,5 micrómetros).

4.1.3 Calidad del aire en Concepción Metropolitano

En cuanto a la situación de la calidad del aire en Concepción Metropolitano, se puede mencionar que presenta dos fuentes principales de contaminación, la actividad industrial y el uso de leña como medio de calefacción. En el verano, el impacto de emisiones es en gran parte producido por las actividades industriales y, en cambio, en invierno, por cambios en la dirección del viento, las emisiones industriales son reducidas y el mayor aporte se debe al uso de calefactores a leña.

Para las comunas que integran el área metropolitana de Concepción, siendo estas Lota, Coronel, San Pedro de la Paz, Hualqui, Chiguayante, Concepción, Hualpén, Talcahuano, Penco y Tomé, en el año 2006, son declaradas como zona latente en material particulado respirable MP10 en concentración diaria, y en el año 2015 como zona saturada en material particulado fino respirable MP2,5 en concentración diaria. Esto hace que en el año 2016 se dé inicio al proceso de elaboración del plan de descontaminación y prevención atmosférica para las comunas de Concepción Metropolitano. El plan tiene como objetivo, por medio de múltiples medidas y acciones, dar cumplimiento a la norma primaria de calidad ambiental por MP2,5, en un plazo de 10 años y no sobrepasar los límites de latencia de la norma primaria de calidad ambiental por MP10. Dentro de las principales medidas del plan podemos encontrar la generación de áreas verdes, que consiste en la plantación de un mínimo de 20.000 árboles y aumentar el índice de áreas verdes por habitantes de 4,1 a 6,0 m²/hab (D.S. N°6/2019, MMA).

En cuanto a los beneficios económicos que tendría mejorar la calidad del aire, Mardones et al. (2015) estimó que, en Concepción Metropolitano, por una reducción de 1 µg/m³ en las

concentraciones diarias de MP10, existen entre 1.025,8 y 32.490,9 millones de pesos anuales atribuibles a exposiciones a corto plazo.

4.2 Aportes de la vegetación urbana a la descontaminación atmosférica

4.2.1 Áreas Verdes

Los espacios verdes, ofrecen un medio poroso que puede proveer una barrera entre las emisiones originadas por el tráfico y las poblaciones cercanas (Gallagher et al., 2015). Asimismo, influyen directamente en la deposición y dispersión de los contaminantes (Janhäll, 2015). Además, la presencia de espacios verdes se correlaciona positivamente con una mejor salud mental, por lo que la integración de la naturaleza en las ciudades puede ser una herramienta eficiente para la salud pública (Yáñez et al., 2023).

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcción del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, define las áreas verdes como “superficie de terreno destinada preferentemente al esparcimiento o circulación peatonal, conformada generalmente por especies vegetales y otros elementos complementarios” (Art. 1.1.2). Definición que representa más a un espacio público que un área verde, ya que no exige que esté presente vegetación y, además realza el valor recreacional y ornamental por sobre el valor ambiental y ecológico de las áreas verdes (Instituto Nacional de Estadísticas, 2020). Asimismo, no reconoce su aporte a la descontaminación atmosférica.

Con el fin de dar cumplimiento a los objetivos de la Política Nacional de Desarrollo Urbano, el Consejo Nacional de Desarrollo Urbano establece un estándar mínimo de 10 m²/habitante de áreas verdes. Este estándar se encuentra muy alejado del valor promedio de Chile y, también, de las comunas de Concepción Metropolitano. En Chile el promedio de superficie de áreas verdes es de 6,2 m²/habitante (Gobierno de Chile, 2021). En el caso de Concepción

Metropolitano solo 4 comunas están por sobre los 5 m²/habitantes de áreas verdes públicas, estas son, San Pedro de la Paz, Santa Juana, Lota y Concepción, siendo esta última la más cercana al estándar mínimo establecido con 8,74 m²/hab, lo que indica un déficit importante en el área metropolitana de Concepción (Instituto Nacional de Estadísticas, 2018). Incluso De la Barrera et al. (2023) mencionan que la única comuna del área metropolitana de Concepción que sobrepasa los 5m²/hab, corresponde a Concepción. Este déficit, es aparentemente reconocido por el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica al buscar aumentar el índice de áreas verdes por habitantes de 4,1 a 6,0 m²/hab.

4.2.2 Arbolado Urbano

El arbolado urbano, el cual corresponde a los árboles que se encuentran en las áreas urbanas, desempeña un papel fundamental en medidas de adaptación y mitigación frente a los efectos del cambio climático. Estos árboles proporcionan diversos beneficios ambientales, tales como: colaborar en la reducción del efecto isla de calor; contribuir a la absorción de dióxido de carbono y generación de oxígeno; mejorar el control de la escorrentía; reducir la contaminación atmosférica al capturar material particulado; favorecer la restauración del hábitat y la biodiversidad local; fomentar la integración social y el bienestar, ya que acercar la naturaleza a las personas permite reducir el estrés, la ansiedad y los efectos de patologías psicológicas y psiquiátricas (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2020).

4.2.3 Eliminación de contaminantes por vegetación.

La eliminación de contaminantes por parte de las plantas se produce a través de dos vías: la deposición en las superficies de las plantas y/o la absorción estomática. Grote et al. (2016) mencionan que la deposición implica el filtrado del aire por el follaje o la corteza, gran parte de la deposición de gases y partículas ocurre en la superficie de las hojas, principalmente cuando los estomas están cerrados. El potencial de deposición está relacionado positivamente

con la complejidad de la hoja, así como también influye la presencia de pelos o ceras en la hoja. En el caso de contaminantes solubles en agua, como lo es el dióxido de nitrógeno o el dióxido de azufre, es posible su disolución directa en una película de agua sobre la superficie de la planta. En cuanto al material particulado, considerables cantidades pueden ser eliminadas por reacción con superficies húmedas. En cambio, la absorción se produce a través de los estomas, estos se abren o cierran para así regular la concentración intercelular de dióxido de carbono y controlar la fotosíntesis. La captación estomática depende de la actividad fotosintética y de la presión de turgencia, las cuales son determinadas por variables ambientales. La absorción de contaminantes será alta cuando los respectivos compuestos se eliminen rápidamente de los espacios intercelulares. El tipo de copa, la densidad de las hojas y ramas y la micromorfología cuticular de las hojas definen la capacidad de los árboles para absorber y retener los contaminantes atmosféricos (Kwak et al., 2019).

4.2.4 Efectos de la vegetación en la calidad del aire

Existe una gran variedad de estudios encargados de realizar una cuantificación del aporte en calidad de la vegetación. En Estados Unidos, Nowak et al. (2014) estimaron el total de contaminantes en el aire eliminados por los árboles y bosques continentales para el año 2010, siendo un total de 17,4 millones de toneladas, y con efectos en la salud humana valorados en 6,8 mil millones de dólares. La mayor parte de reducción de contaminantes se produjo en zonas rurales, sin embargo, la mayor parte de los impactos y valores en la salud se produjeron en las zonas urbanas. Dentro de los impactos en la salud de la población se incluyó la prevención de más de 850 incidentes de mortalidad humana y 670.000 incidentes de síntomas respiratorios agudos, 430.000 casos de exacerbación del asma y 200.000 días escolares perdidos.

Para dos conurbaciones del Reino Unido (West Midlands y Glasgow), McDonald et al. (2007) por medio de modelación, predicen que el aumento de la cobertura arbórea de West Midlands a un 54% reduciría la concentración promedio de MP10 en un 26 %, eliminando 200 toneladas de MP10 primario por año. Para Glasgow, aumentar la cobertura arbórea al 21% reduciría las concentraciones de MP10 en un 7%, eliminando 13 toneladas de MP10 primarias por año.

Un estudio realizado por Bottalico et al. (2016), dónde se modeló la remoción anual de O₃ y MP10 según tipo de bosque urbano presente en Florencia, ciudad de Italia, se estimó que la remoción anual de O₃ era de 0,023 ton/ha para coníferas, 0,031 ton/ha para latifoliadas perennes, 0,009 ton/ha para latifoliadas caducifolias, 0,021 ton/ha para bosques mixtos. En cuanto a la remoción de PM10 se estimó en 0,0204 ton/ha para coníferas, 0,0176 ton/ha para hoja perenne, 0,0152 ton/ha para hoja caduca, 0,0247 ton/ha para bosques mixtos. Lo que mostró un leve rendimiento superior en remoción de O₃.

En el caso de Chile, Escobedo y Nowak (2009) evaluaron cómo el bosque urbano influye en la disminución de la contaminación de 3 subregiones socioeconómicas distintas. Concluyeron que los bosques urbanos fueron más efectivos en la eliminación de MP10 en comparación con la remoción de otros contaminantes, y que en la subregión de bajo nivel socioeconómico la eliminación de la contaminación del aire por metro cuadrado de cubierta arbórea fue mayor. También menciona el hecho de que en el sector de bajos ingresos presentó mayores concentraciones de MP10 y una densidad baja de árboles, comparado con los sectores de ingreso medio y alto.

En Chicago, Yang et al. (2008) cuantificó la cantidad de contaminación del aire que es eliminada por los techos verdes de la ciudad por medio de deposición seca, donde se obtuvo

que por medio de 19.8 ha de techos verdes se removió una cantidad de 1.675 kg de contaminantes del aire en un año.

Para Lima, García et al. (2024) cuantificaron los servicios ecosistémicos proporcionados por el arbolado urbano. Se encontró que el arbolado urbano bajo gestión pública contribuye significativamente a la reducción de contaminantes y al secuestro y almacenamiento de CO₂ en la ciudad. También se concluyó que la selección de especies de árboles es relevante, ya que no solo influye en la mitigación de los niveles de contaminantes en las ciudades, si no que también potencia otros servicios ecosistémicos, contribuyendo a mejorar la salud de las personas.

5. METODOLOGÍA

5.1 **Objetivo 1: Analizar la experiencia internacional y metodologías de evaluación relativas al beneficio de la implementación de arbolado en la calidad del aire de las ciudades.**

Con el fin de encontrar metodologías relativas al impacto en la calidad del aire de la implementación o presencia de áreas verdes y arbolado, se realizó una búsqueda bibliográfica por medio de distintos buscadores de artículos científicos, considerando los años 2008 a 2023. Para esto se utilizaron bases de datos tales como ResearchGate, Google Académico, ScienceDirect, Web of Science, Mendeley y SciELO, donde se buscó palabras claves como “*pollution removal*”, “*urban trees*”, “*green spaces*”, “*urban parks*”, “*green infrastructure*”, “*articulate matter removal*”, “*air pollution mitigation*”.

5.2 **Objetivo 2: Determinar la metodología aplicable al área de estudio en base a información disponible.**

La determinación de metodología se realizó tomando en cuenta la información disponible de arborización actual en el área de estudio y el contaminante a evaluar, en este caso, el MP2,5. Los datos disponibles corresponden a un catastro de especies realizado en el área metropolitana de Concepción por parte del proyecto Fondecyt 1231859 “Valorización Social y ecológica de servicios ecosistémicos locales” (VESSEL 2.0). El catastro consiste en una selección de 23 plazas y parques, donde cada una de estas representa un tipo de plaza o parque con ciertas características. La información que caracteriza cada tipo de plaza y parque corresponde a: la cantidad de césped, árboles, superficies impermeables, vegetación espontánea, agua, escasez de vegetación, el tamaño promedio y variables socioeconómicas.

Las plazas y parques catastradas, situadas en la Figura N°1, representan una muestra de un total de 602 plazas y parques presentes en las comunas; Chiguayante, Concepción, Coronel, Hualpén, Penco, San Pedro de la Paz y Talcahuano.

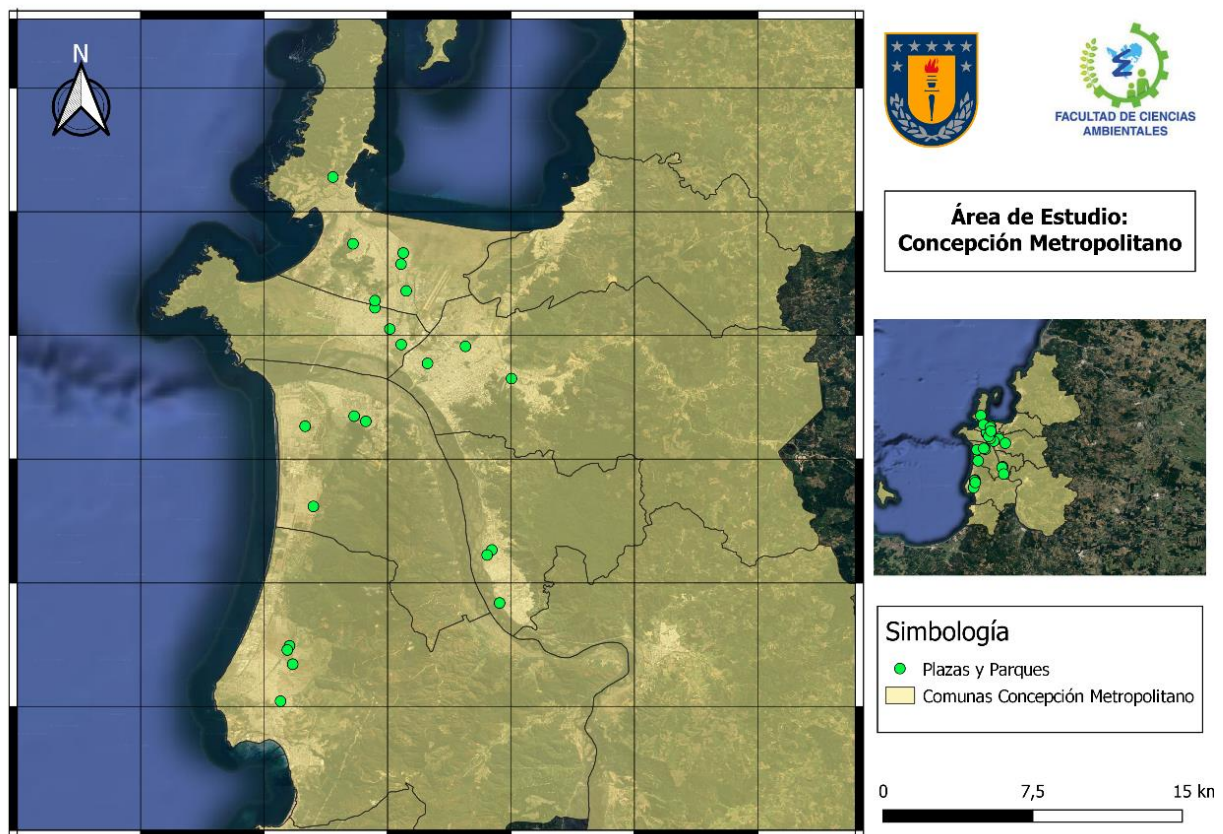


Figura 1: Ubicación de plazas y parques.

La Tabla 1 presenta información de cada plaza y parque catastrados. Para cada uno de estos espacios verdes, se cuenta con registro del arbolado existente en el año 2022. Los datos por cada árbol corresponden a: especie, orientación, altura, cobertura de copa, perímetro, DAP (diámetro a la altura del pecho) y el estado físico.

Tabla 1: Información plazas y parques catastrados.

Número de Plaza	Nombre	Tipo	Comuna	Superficie Total (m ²)
1	Villa El Rosario	Plaza	San Pedro de la Paz	1.615,9
2	Villa Victoria	Plaza	San Pedro de la Paz	3.311,9
3	Villa San Pedro	Plaza	San Pedro de la Paz	2.460,2
4	S/n	Plaza	Talcahuano	1.916,1
5	El Avellano	Plaza	Talcahuano	2.016,2
6	San Marcos	Plaza	Talcahuano	10.034,5
7	Vega de perales	Plaza	Talcahuano	3.195,4
8	Laguna redonda	Parque	Concepción	72.060,6
9	Estero Villa Mora	Parque	Coronel	23.515,2
10	Villa Santa María	Plaza	Coronel	1.688,0
11	Pocuro	Plaza	Coronel	3.478,6
12	Pocuro	Plaza	Coronel	2.958,3
13	Los poetas	Plaza	Chiguayante	3.259,7
14	Altos de Chiguayante	Plaza	Chiguayante	1.901,8
15	Julio Muñoz	Plaza	Chiguayante	1.963,4
16	Marina del Sol	Plaza	Talcahuano	2.848,9
17	S/n	Plaza	Talcahuano	2.042,4
18	S/n	Plaza	Hualpén	1.851,7
19	S/n	Plaza	Hualpén	2.223,0
20	S/n	Plaza	Hualpén	2.473,5
21	Villa Huáscar	Plaza	Concepción	4.254,7
22	La Pampa	Plaza	Concepción	1.737,7
23	Villa san pedro	Plaza	San Pedro de la Paz	5.550,1

En base a las características de la información del catastro ya existente y los objetivos del estudio, se seleccionó la metodología acorde para su aplicación.

5.3 Objetivo 3: Estimar la eliminación de MP2,5 por parte del arbolado urbano actual de Concepción Metropolitano.

Por medio de la metodología escogida se aproximó el valor de MP2,5 eliminado por el arbolado presente en cada una de las 23 plazas y parques catastradas por el proyecto, que son

representativas de un total de 602 plazas y parques. El resultado es ampliado a la cantidad plazas y parques no catastrados.

Considerando que, las áreas verdes corresponden aproximadamente entre un 10 a 30% de la cobertura vegetal total del área de estudio (De la Barrera et al., 2023), se llevó a cabo una aproximación más ampliada de los resultados, con el fin de cuantificar el arbolado que no se encuentra en áreas verdes.

5.4 Objetivo 4: Estimar el aporte en la eliminación de MP2,5 del nuevo arbolado comprometido en el PPDA de Concepción Metropolitano.

Según el artículo 88 del D.S. N°6 de 2018 del MMA, el cual establece Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para las comunas de Concepción Metropolitano, se determina la plantación y establecimiento de un mínimo de 20.000 especies en un periodo de 10 años. Con el fin de estimar el aporte en la calidad del aire que tendrá la implementación de este nuevo arbolado en Concepción Metropolitano se utilizarán 2 fuentes de información, la primera corresponde a la Entrega de Plantas en la Provincia de Concepción realizada por CONAF en el periodo 2020-2022 y la segunda es el Avance del PPDA entregado por parte de la Subsecretaría del Medio Ambiente, ambas bases de datos fueron solicitadas a las instituciones mencionadas por medio del Portal Transparencia.

La Entrega de Plantas en la Provincia de Concepción de CONAF en el periodo 2020-2022 cuenta con datos como:

- Antecedentes del solicitante: fecha de entrega y tipo de solicitante.
- Antecedentes del destino final de las plantas: destino general, propiedad, comuna.
- Características de las plantas entregadas: nombre científico y común, origen, hábito de crecimiento, numero de plantas entregadas y el rango de altura.

Por otro lado, el Avance del PPDA de la Subsecretaría del Medio Ambiente posee la siguiente información:

- Especies
- Cantidades
- Altura de las especies
- Edad

Para efectos de la investigación solo serán relevantes las especies arbóreas presentes en ambos catastros, así como también, solo se consideró las comunas Chiguayante, Concepción, Coronel, Hualpén, Penco, San Pedro de la Paz y Talcahuano en los datos proporcionados por CONAF, teniendo así una cantidad de 10.725 árboles entregados. En cambio, para los datos entregados por la Subsecretaría del Medio Ambiente, correspondientes a 7.277 árboles entregados, no se realizará distinción por comuna al no existir dicha información en los datos.

Con cada base de datos se aproximó la cantidad de especies plantadas y/o entregadas a un total de 20.000 especies, teniendo así un valor cercano a la cantidad de MP2,5 eliminado por parte del nuevo arbolado comprometido en el Plan.

Basándose en el supuesto de que los árboles alcanzaran su máxima altura, se aproximó el valor de MP2,5 que estos podrían llegar a eliminar, considerando así el beneficio que la altura completa de los árboles podría tener en reducir la cantidad de MP2,5 del aire.

Considerando que ambas bases de datos presentan deficiencias en la información, se realizó una preparación de datos para poder utilizar la metodología seleccionada.

Los beneficios valorizados según el Análisis General del Impacto Económico y Social (AGIES) del PPDA, se estiman en USD 693 millones, donde se considera una reducción al año 2027 de 4.039 Ton/año de MP2,5, en base a esta relación, se estimó el valor económico

correspondiente a la cantidad de MP2,5 removido por los árboles comprometidos en el plan, a su altura máxima.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Metodologías que permiten evaluar el impacto de la implementación de áreas verdes y arbolado en la calidad del aire.

6.1.1 Material depositado en hojas

Para la ciudad de Ferrara de Italia, Gaglio et al. (2022) estimó la deposición en hojas de 11 especies diferentes, donde se extrajeron hojas y se midió la cantidad de PM_{2,5} depositado en la superficie mediante el método de filtración de vacío. El método consiste en lavar las hojas con agua microdestilada, esta solución con partículas suspendidas se filtra en un tamiz de plástico donde se elimina el material grueso, para luego pasar a través de filtros utilizando un sistema de filtración al vacío. El material particulado mayor a 10 μ m se elimina mediante filtros de porosidad 10-13 μ m. La fracción en 2,5 y 10 μ m se recolectaron con filtros con un tamaño 2,5 μ m, y por último para la fracción menor a 2,5 se utilizó un filtro de nitrocelulosa. Finalmente se utiliza el área foliar para estimar la deposición de las especies. Este método lo que permite es pesar directamente la cantidad de material particulado que se acumula en las hojas para luego compararlos con valores de un modelo. En el parque urbano más grande de Beijing, el Olympic Forest Park, Zhou et al. (2023) utilizó una metodología similar para estimar el material particulado retenido en la superficie de las hojas de las plantas.

En Chattogram, ciudad de Bangladesh, Chowdhury et al. (2022) utilizó una metodología distinta para la estimación del material depositado, la cual consiste en que las hojas extraídas son pesadas y luego lavadas con agua desionizada, para después ser secadas y pesadas por una segunda vez. También se debe estimar el área foliar por medio de un software. Teniendo la masa de las hojas con MP y sin el MP, el área foliar y calculando el área de las hojas, se calcula la masa de MP depositado en las hojas.

6.1.2 Monitoreo con sensores de calidad

En Dublín, Irlanda, Riondato et al. (2020) realizó un monitoreo en un callejón a lo largo, donde dos sensores fueron ubicados, uno en un área que posee árboles y otro en un área sin vegetación, ambos se colocaron al mismo lado de la carretera, esto con el fin de comparar los niveles de PM 2.5 en las áreas diferentes por la presencia de árboles. Para un sector de Macedonia del Norte, Srbinovska et al. (2023) utilizó una metodología similar con otro tipo de sensores, estos ubicados en diferentes posiciones, uno con posición cercana a la acera peatonal de un edificio y el otro ubicado cercano cerca del área verde, donde se midió MP2,5, MP10, CO y NO₂.

6.1.3 Software i-Tree Eco

El software i- Tree Eco, desarrollado por el Servicio Forestal de Estados Unidos, ha sido utilizado en múltiples estudios, ya que proporciona principalmente cuantificar los servicios ambientales entregados por los árboles y evaluar la estructura del bosque urbano, permite estimar la cantidad de contaminación del aire eliminada por bosques urbanos (I-Tree Eco, 2017).

En Chile, Escobedo y Nowak (2009) utilizaron este software para estimar la cantidad de contaminación del aire eliminada por los bosques urbanos de tres subregiones socioeconómicas distintas de Santiago, donde se obtuvo que el contaminante eliminado por mayor cantidad por el arbolado urbano correspondía al MP10. En Barcelona, Baró et al. (2014) estimó la deposición seca de los contaminantes, que ocurre en las masas de árboles y arbustos urbanos, utilizando el software, se cuantificó la remoción en un total de 166,0 toneladas por año de material particulado, representando un valor económico de 1,10 millones USD por año, esto para el año 2008.

6.2 Selección de metodología y aplicación

6.2.1 Metodologías disponibles y selección

Tabla 2: Ventajas y desventajas de metodologías estudiadas.

Modelos	Ventajas	Desventajas
Material depositado en hojas	Permite comparar resultados con valores de un modelo.	Trabajo de campo y de laboratorio. Utiliza en conjunto otras metodologías para estimar el área foliar de las hojas.
Monitoreo con sensores de calidad	Monitoreo de distintos contaminantes.	Monitoreo continuo por un largo periodo de tiempo.
Software i-Tree Eco	Acceso gratuito Requiere de datos como: Especie, DAP, altura.	Mide solo árboles.

En la Tabla 2, se muestra una comparación de las distintas metodologías estudiadas con sus ventajas y desventajas. Se definió como modelo a utilizar el software i-Tree Eco, esto dado que se cuenta con datos, para cada árbol, como: Especie, DAP y altura.

6.2.2 Aplicación de la metodología seleccionada

El software i-Tree Eco es una herramienta de acceso abierto creada por el Servicio Forestal de Estados Unidos. Con el uso del software se aproximó la cantidad de material que se deposita en los árboles. La información necesitada por el software son las especies y el DAP de estas, el cual corresponde al diámetro a la altura del pecho de los árboles. El software también utiliza datos meteorológicos y estaciones de monitoreo de calidad del aire (Figura 2).

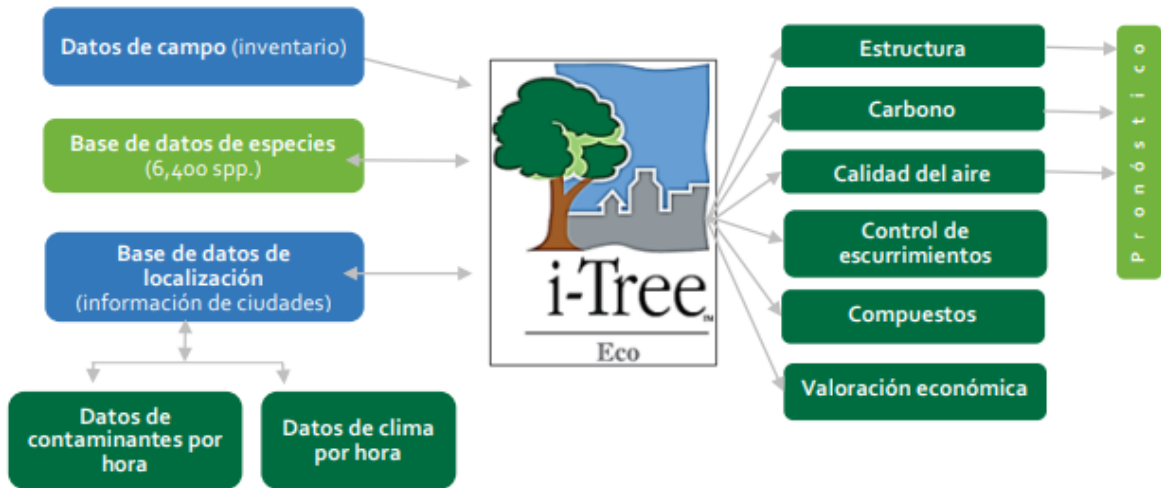


Figura 2: Diagrama de entradas y salidas software i-Tree Eco.
 Fuente: US FOREST SERVICE INTERNATIONAL PROGRAMS.

Para la eliminación de material particulado, se considera una velocidad del contaminante en la superficie de la hoja, valor que es estimado a partir de literatura según la fenología y área de las hojas, y la concentración del contaminante (Nowak et al., 2013). También incluye un procesamiento e interpolación del estado del tiempo y la contaminación.

Como el material particulado es depositado en la superficie de las hojas, este se puede volver a suspender en la atmósfera o eliminarse durante la lluvia y disolverse o transferirse al suelo. Por esto el software también utiliza datos meteorológicos para estimar la remoción de los contaminantes.

6.3 Remoción de MP2,5 por arbolado de 602 áreas verdes urbanas de Concepción Metropolitano.

Los datos ingresados al software, por cada individuo, corresponden a la especie, el DAP y la altura total del árbol. En cuanto a datos de contaminación son utilizados la información presente del año 2015 de la Estación Kingston College. Con respecto a los datos meteorológicos, el software cuenta con información de la estación meteorológica Carriel Sur del año 2015.

De las 23 plazas y parques catastrados, las plazas número 9, 10 y 20 (Tabla 3), no cuentan con especies arbóreas, por lo que no serán cuantificadas en el estudio. Por cada plaza, los datos fueron ingresados al software obteniendo los resultados de remoción de MP2,5.

Tabla 3: MP2,5 eliminado por las plazas y parques de Concepción Metropolitano.

Número de Plaza	Nombre	Comuna	Número de árboles	MP2,5 eliminado (g/año)	Cantidad de plazas	MP2,5 eliminado (g/año)
1	Villa El Rosario	San Pedro de la Paz	3	11,7	17	198,9
2	Villa Victoria	San Pedro de la Paz	2	8,0	41	328,0
3	Villa San Pedro	San Pedro de la Paz	24	306,0	54	16.524,0
4	S/n	Talcahuano	4	8,0	25	200,0
5	El Avellano	Talcahuano	3	7,7	38	292,6
6	San Marcos	Talcahuano	51	316,0	27	8.532,0
7	Vega de perales	Talcahuano	8	41,6	30	1.248,0
8	Laguna redonda	Concepción	101	2.845,6	3	8.536,8
9	Estero Villa Mora	Coronel	-	-	21	-
10	Villa Santa María	Coronel	-	-	8	-
11	Pocuro	Coronel	21	70,6	14	988,4
12	Pocuro	Coronel	12	47,0	13	611
13	Los poetas	Chiguayante	57	2.650,4	12	31.804,8
14	Altos de Chiguayante	Chiguayante	13	124,9	15	1.873,5
15	Julio Muñoz	Chiguayante	17	65,2	21	1.369,2
16	Marina del Sol	Talcahuano	30	196,4	31	6.088,4
17	S/n	Talcahuano	4	14,2	56	795,2
18	S/n	Hualpén	25	248,8	28	6.963,6
19	S/n	Hualpén	7	68,0	25	1.700,0
20	S/n	Hualpén	-	-	36	-
21	Villa Huáscar	Concepción	26	220,3	3	660,9
22	La Pampa	Concepción	11	126,1	52	6.557,2
23	Villa san pedro	San Pedro de la Paz	35	1.243,8	32	39.801,6
				Total	602	135.074,1

Los 602 espacios verdes de Concepción Metropolitano eliminan aproximadamente 135 kg de MP2,5 al año, lo cual sería eliminado un valor aproximado de 9.048 individuos en estos espacios verdes.

Asumiendo que las áreas verdes corresponden entre un 10 a 30% de la cobertura vegetal total, se obtiene que el arbolado que se encuentra en la cobertura vegetal total eliminaría entre 450,3 a 1.351 kg/año aproximadamente, esto sin evaluar el MP2,5 eliminado por parte del resto de la vegetación que no corresponde a arbolado, así como también no se considera el arbolado presente en las calles. Por otro lado, también se debe considerar que el arbolado fuera de las áreas verdes urbanas es capaz de alcanzar alturas mayores que el arbolado que se encuentra en áreas verdes urbanas, donde estas alcanzan en promedio 10 metros de altura, según el arbolado catastrado. Al estar ligada la cantidad de MP2,5 eliminado por los árboles con la altura que estos tengan, se puede decir que el arbolado fuera de las áreas verdes urbanas eliminaría una cantidad mayor de MP2,5, lo cual no es contabilizado en el estudio.

6.4 Remoción de MP2,5 por nuevo arbolado eliminado por nuevo arbolado (20.000 ejemplares).

6.4.1 Preparación de datos para metodología escogida

Al no existir la información del valor DAP de cada una de las especies entregadas de ambas bases de datos, se realizó una aproximación de este valor, por medio del catastro ya existente de las 23 plazas y parques. Basándose en los datos de altura y DAP, se comparan ambas variables, teniendo en cuenta que, aumentando la altura, aumentará el DAP de los individuos (Figura 3).

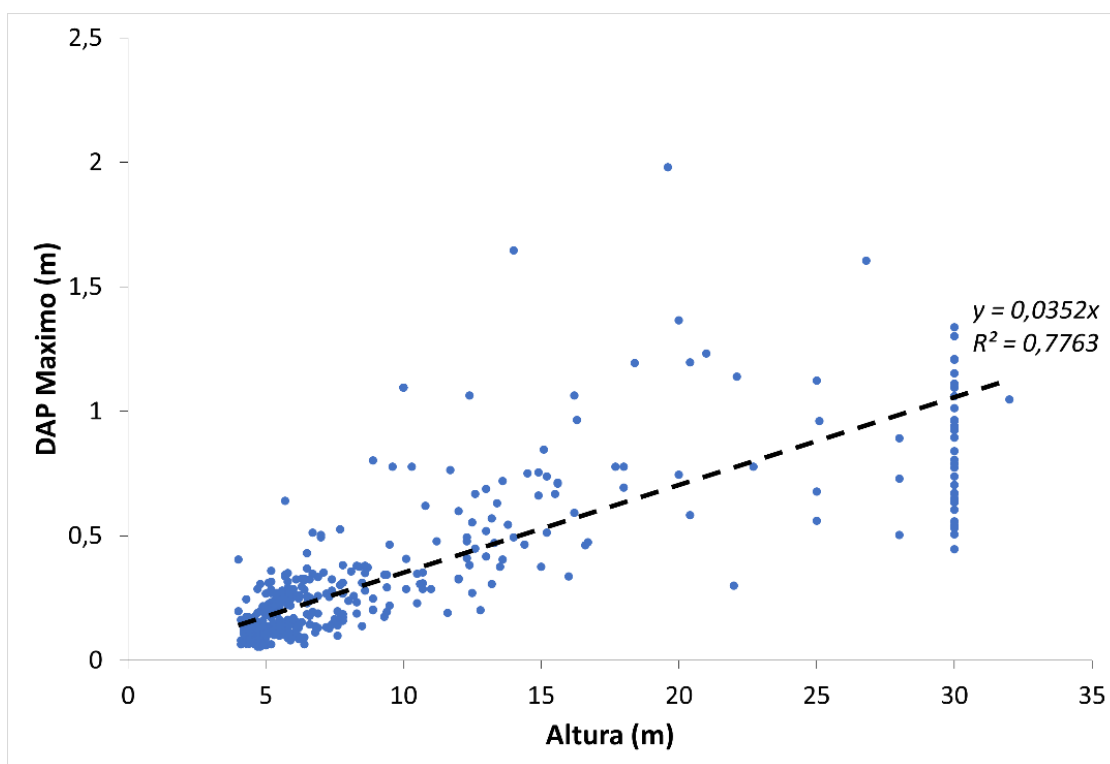


Figura 3: Gráfico estimación DAP

En base a la función (2), se obtiene un valor de DAP aproximado para los árboles de la información entregada por CONAF y los árboles del avance del PPDA.

$$y=0,0352x \quad (2)$$

Las tablas 4 y 5 muestran los valores utilizados de alturas y DAP aproximado de los árboles de los datos entregados por CONAF y la Subsecretaria del Medio Ambiente respectivamente.

Tabla 4: Aproximación de alturas y DAP de árboles Programa Arborización CONAF.

Rango de altura	Altura estimada (cm)	Aproximación DAP (cm)
Promedio 20 cm	20	0,70
Promedio 50 cm	50	1,76
Menor o igual a 80 cm	80	2,82
De 40 a 170 cm	105	3,70

Tabla 5: Aproximación de alturas y DAP de árboles Avance PPDA

Rango de altura	Altura estimada (cm)	Aproximación DAP (cm)
Menor o igual a 20 cm	20	0,70
De 21 a 40 cm	30,5	1,07
De 41 a 80 cm	60,5	2,13
De 80 a 150 cm	115,5	4,07
Mayor o igual a 151 cm	151	5,32

El software cuenta con un gran listado de especies con más de 6.500 especies de árboles y matorrales. De las bases de datos entregadas por CONAF y la Subsecretaría del Medio Ambiente, se encontró que 5 especies no se encontraban en la base de datos del software, por lo que estas se reemplazaron por otras especies con características similares. Las especies reemplazadas fueron las siguientes:

- *Aextoxicon punctatum* (Olivillo) reemplazada por *Laurelia sempervirens* (Laurel)
- *Gomortega keule* (Queule) reemplazado por *Laurelia sempervirens* (Laurel)
- *Pitavia punctata* (Canelillo) reemplazada por *Laurelia sempervirens* (Laurel)
- *Rhaphithamnus spinosus* (Arrayán macho) reemplazada por *Luma apiculata* (Arrayán)
- *Sophora macrocarpa* (Mayú) reemplazada por *Sophora microphylla* (Pelú)

6.4.2 Remoción de MP2,5 por árboles a altura de entrega.

Para obtener el MP2,5 eliminado por los árboles a la altura con la que estos son entregados, por cada árbol, se ingresaron los siguientes datos al software: especie, DAP aproximado y altura de entrega (Tabla 6).

Tabla 6: MP2,5 eliminado por árboles Programa Arborización CONAF a altura de entrega.

Nombre de la especie	Nombre Común	Altura (m)	MP2,5 eliminado por árbol (g/año)	Número de árboles	MP2,5 eliminado por cantidad total de árboles (g/año)
<i>Acacia caven</i>	Espino	0,61	0,1	129	12,9
<i>Aextoxicon punctatum</i>	Olivillo	1,16	0,4	36	14,4
<i>Aextoxicon punctatum</i>	Olivillo	0,61	0,2	15	3,0
<i>Araucaria angustifolia</i>	Pino de Brasil	0,61	0,1	40	4,0
<i>Araucaria araucana</i>	Araucaria	0,31	0,0	31	0,0
<i>Aristotelia chilensis</i>	Maqui	0,31	0,1	141	14,1
<i>Aristotelia chilensis</i>	Maqui	0,61	0,1	358	35,8
<i>Aristotelia chilensis</i>	Maqui	1,16	0,3	142	42,6
<i>Crinodendron patagua</i>	Patagua	0,61	0,1	330	33,0
<i>Crinodendron patagua</i>	Patagua	1,16	0,3	40	12,0
<i>Cryptocarya alba</i>	Peumo	0,61	0,2	358	71,6
<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés de Monterrey	0,31	0,1	100	10,0
<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés de Monterrey	0,61	0,1	745	74,5
<i>Drimys winteri</i>	Canelo	0,31	0,1	180	18,0
<i>Drimys winteri</i>	Canelo	0,61	0,2	759	151,8
<i>Drimys winteri</i>	Canelo	1,16	0,4	26	10,4
<i>Embothrium coccineum</i>	Notro	0,31	0,1	84	8,4
<i>Embothrium coccineum</i>	Notro	0,61	0,1	10	1,0
<i>Gomortega keule</i>	Queule	0,20	0,1	31	3,1
<i>Lagerstroemia indica</i>	Árbol de Júpiter	0,31	0,0	82	0,0
<i>Laurelia sempervirens</i>	Laurel	0,61	0,2	386	77,2
<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidámbar	0,61	0,2	320	64
<i>Luma apiculata</i>	Arrayán	0,31	0,0	277	0,0
<i>Luma apiculata</i>	Arrayán	0,61	0,1	330	33,0
<i>Luma apiculata</i>	Arrayán	1,51	0,4	430	172,0
<i>Maytenus boaria</i>	Maitén	0,31	0,1	273	27,3
<i>Maytenus boaria</i>	Maitén	0,61	0,2	655	131,0
<i>Maytenus boaria</i>	Maitén	1,16	0,4	96	38,4
<i>Maytenus boaria</i>	Maitén	1,51	0,5	640	320,0
<i>Melia azedarach</i>	Árbol del paraíso	0,61	0,2	5	1,0
<i>Nothofagus alpina</i>	Raulí	0,20	0,1	20	2,0
<i>Nothofagus alpina</i>	Raulí	0,61	0,2	294	58,8
<i>Nothofagus dombeyi</i>	Coihue	0,61	0,2	79	15,8
<i>Nothofagus obliqua</i>	Roble	0,31	0,1	25	2,5

<i>Nothofagus obliqua</i>	Roble	0,61	0,2	361	72,2
<i>Peumus boldus</i>	Boldo	0,61	0,2	52	10,4
<i>Pitavia punctata</i>	Pitao	0,20	0,1	39	3,9
<i>Pitavia punctata</i>	Pitao	0,61	0,2	117	23,4
<i>Pitavia punctata</i>	Pitao	1,16	0,4	10	4,0
<i>Podocarpus salignus</i>	Mañío de hojas largas	0,20	0,0	1	0,0
<i>Podocarpus salignus</i>	Mañío de hojas largas	0,31	0,0	83	0,0
<i>Quillaja saponaria</i>	Quillay	0,20	0,1	480	48,0
<i>Quillaja saponaria</i>	Quillay	0,61	0,2	1218	243,6
<i>Quillaja saponaria</i>	Quillay	1,51	0,6	640	384,0
<i>Rhaphitamnus spinosus</i>	Arrayán macho	0,31	0,0	10	0,0
<i>Rhaphitamnus spinosus</i>	Arrayán macho	0,61	0,1	5	0,5
<i>Saxegothaea conspicua</i>	Mañío de hojas cortas	0,20	0,0	1	0,0
<i>Sophora macrocarpa</i>	Mayo	0,20	0,1	10	1,0
<i>Sophora macrocarpa</i>	Mayo	0,61	0,2	76	15,2
<i>Sophora microphylla</i>	Pelú	0,20	0,1	2	0,2
<i>Sophora microphylla</i>	Pelú	0,61	0,2	60	12,0
<i>Sophora microphylla</i>	Pelú	1,16	0,4	63	25,2
<i>Lithraea caustica</i>	Litre	0,61	0,2	15	3,0
<i>Schinus polygamus</i>	Huingán	0,61	0,2	15	3,0
			Total	10.725	2.313,2

En base a los datos entregado por CONAF, se obtuvo que 10.725 árboles entregados eliminarían aproximadamente 2,3 kg/año de MP2,5. Considerando que la cantidad entregada serán 20.000, estos eliminarían un valor cercano a 4,4 kg/año.

Tabla 7: MP2,5 eliminado por arboles Avance PPDA a altura de entrega.

Nombre de la especie	Nombre Común	Altura (m)	MP2,5 eliminado por árbol (g/año)	Número de arboles	MP2,5 eliminado por cantidad total de árboles (g/año)
<i>Maytenus boaria</i>	Maitén	1,05	0,3	2.031	609,3
<i>Quillaja saponaria</i>	Quillay	0,5	0,2	1.647	329,4
<i>Luma apiculata</i>	Arrayán	0,2	0,0	1.668	0,0
<i>Nothofagus obliqua</i>	Raulí	0,8	0,2	736	147,2
<i>Aristotelia chilensis</i>	Maqui	0,8	0,2	571	114,2
<i>Acacia caven</i>	Espino	0,8	0,2	462	92,4
<i>Rhaphithamnus spinosus</i>	Arrayán macho	0,8	0,1	31	3,1
<i>Laurelia sempervirens</i>	Laurel	0,8	0,2	40	8,0
<i>Crinodendron patagua</i>	Patagua	0,8	0,2	3	0,6
<i>Cryptocarya alba</i>	Peumo	0,8	0,2	4	0,8
<i>Peumus boldus</i>	Boldo	0,8	0,2	13	2,6
<i>Sophora microphylla</i>	Pelú	0,8	0,2	21	4,2
<i>Eucryphia cordifolia</i>	Ulmo	0,8	0,2	50	10,0
			Total	7.277	1.321,8

Con respecto a los datos del avance del PPDA en Concepción Metropolitano se obtiene que, a la altura en que los árboles son entregados eliminan aproximadamente 1,3 kg/año de MP2,5 para un total de 7.277 individuos (Tabla 7). Simulando la existencia de 20.000 individuos entregados estos podrían eliminar 3,6 kg/año de MP2,5.

Ambas bases de datos proporcionan como resultado un valor similar de MP2,5 eliminado, por lo que se puede decir que 20.000 árboles, en su altura de entrega, eliminarían entre 3,6 a 4,4 kg/año, esto con condiciones meteorológicas y de contaminación del año 2015.

6.4.3 Remoción de MP2,5 por árboles a altura máxima.

Basándose en el supuesto que los árboles alcanzarán su altura máxima, se calculó el MP2,5 eliminado por parte de los individuos con esas alturas. Para esto, los datos ingresados al software, por cada árbol, corresponden a: especie, DAP aproximado y altura máxima. Para el

DAP aproximado, se utilizó la función (2) y para la altura máxima se utilizaron referencias bibliográficas.

Tabla 8: MP2,5 eliminado por árboles Programa Arborización CONAF a altura máxima.

Nombre de la especie	Nombre Común	Altura máxima (m)	MP2,5 eliminado con altura máxima (g/año)	Número de árboles	MP2,5 eliminado por cantidad total de árboles (g/año)
<i>Acacia caven</i>	Espino	10	26,8	129	3.483,0
<i>Aextoxicon punctatum</i>	Olivillo	20	49,6	11	2.550,0
<i>Araucaria angustifolia</i>	Pino de Brasil	40	80,6	40	3.224,0
<i>Araucaria araucana</i>	Araucaria	50	114,5	31	3.580,5
<i>Aristotelia chilensis</i>	Maqui	4	2,6	641	1666,6
<i>Crinodendron patagua</i>	Patagua	12	37,3	370	13.912,0
<i>Cryptocarya alba</i>	Peumo	20	49,6	358	17.900,0
<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés de Monterrey	20	48,9	845	41.658,5
<i>Drimys winteri</i>	Canelo	30	161,8	965	157.584,5
<i>Embothrium coccineum</i>	Notro	15	40,5	94	3.835,2
<i>Gomortega keule</i>	Queule	25	55,1	31	1.723,6
<i>Lagerstroemia indica</i>	Árbol de Júpiter	10	14,6	82	1.205,4
<i>Laurelia sempervirens</i>	Laurel	40	108,2	386	42.151,2
<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidámbar	20	75,8	320	24.480,0
<i>Luma apiculata</i>	Arrayán	25	143,0	1.037	149.639,1
<i>Maytenus boaria</i>	Maitén	20	38,4	1.664	64.396,8
<i>Melia azedarach</i>	Árbol del paraíso	15	37,9	5	191,0
<i>Nothofagus alpina</i>	Raulí	40	137,2	314	43.457,6
<i>Nothofagus dombeyi</i>	Coihue	45	168,9	79	13.461,6
<i>Nothofagus obliqua</i>	Roble	50	200,4	386	78.049,2
<i>Peumus boldus</i>	Boldo	6	7,7	52	405,6
<i>Pitavia punctata</i>	Pitao	15	44,6	166	7.470,0
<i>Podocarpus salignus</i>	Mañío de hojas largas	20	42,4	84	3.586,8
<i>Quillaja saponaria</i>	Quillay	15	38,3	2.338	90.480,6
<i>Rhaphitamnus spinosus</i>	Arrayán macho	6	5,8	15	88,5
<i>Saxegothaea conspicua</i>	Mañío de hojas de cartas	15	9,7	1	9,8
<i>Sophora macrocarpa</i>	Mayo	3	1,3	86	120,4

<i>Sophora microphylla</i>	Pelú	10	22,9	125	2.887,5
<i>Lithraea caustica</i>	Litre	10	11,9	15	180,0
<i>Schinus polygamus</i>	Huingán	2,5	0,8	15	12,0
			Total	10.725	773.391,0

Fuente alturas máximas: Museo Nacional de Historia Natural, 2015; CONAF, 2013; Ministerio de Obras Públicas, 2006; CONAF, 2014.

Los 10.725 árboles entregado por CONAF, a su altura máxima, eliminarían un estimado de 773,4 kg/año (Tabla 8), y simulando la existencia de 20.000 árboles, estos eliminarían aproximadamente 1.429,4 kg/año.

Tabla 9: MP2,5 eliminado por árboles Avance PPDA a altura máxima.

Nombre de la especie	Nombre Común	Altura máxima (m)	MP2,5 eliminado con altura máxima (g/año)	Cantidad de arboles	MP2,5 eliminado por cantidad total de árboles (g/año)
<i>Maytenus boaria</i>	Maitén	20	33,7	2.031	68.444,7
<i>Quillaja saponaria</i>	Quillay	15	33,6	1.647	55.339,2
<i>Luma apiculata</i>	Arrayán	25	170,6	1.668	284.560,8
<i>Nothofagus obliqua</i>	Raulí	50	176	736	129.536,0
<i>Aristotelia chilensis</i>	Maqui	4	2,3	571	1.313,3
<i>Acacia caven</i>	Espino	10	23,5	462	10.857,0
<i>Rhaphithamnus spinosus</i>	Arrayán macho	6	5,1	31	158,1
<i>Laurelia sempervirens</i>	Laurel	40	95	40	3.800,0
<i>Crinodendron patagua</i>	Patagua	12	32,5	3	97,5
<i>Cryptocarya alba</i>	Peumo	20	43,5	4	174
<i>Peumus boldus</i>	Peumo	6	6,8	13	88,4
<i>Sophora microphylla</i>	Pelú	10	20,1	21	422,1
<i>Eucryphia cordifolia</i>	Ulmo	40	69,8	50	3.490,0
			Total	7.277	558.281,1

Fuente alturas máximas: CONAF, 2013; Ministerio de Obras Públicas, 2006; CONAF, 2014.

A su altura máxima, los árboles del Avance del PPDA, eliminarían 558,2 kg/año de MP2,5 (Tabla 9). Ampliando la información a 20.000 ejemplares entregados se tiene que estos eliminarían, cerca de 1.534,4 kg/año de MP2,5.

Con esto, se puede decir que una cantidad de 20.000 árboles serían capaces de, en su altura máxima, eliminar aproximadamente entre 1,4 y 1,5 Ton/año de MP2,5 al año, en base a datos meteorológicos y de contaminación del año 2015.

Tabla 10: MP2,5 eliminado por 20.000 individuos.

Fuente de información	Cantidad de árboles	MP2,5 eliminado a altura de entrega (kg/año)	MP2,5 eliminado a altura máxima alcanzable (kg/año)
Avance PPDA	7.277	1,3	558,2
	20.000	3,6	1.534,4
Programa de arborización 2020-2022 CONAF	10.725	2,3	766,5
	20.000	4,3	1.429,4

En la tabla 10, se puede observar que, con el crecimiento de los árboles, aumenta considerablemente la cantidad de MP2,5 eliminado por estos.

El AGIES del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para las comunas de Concepción Metropolitano, menciona una reducción al año 2027 de emisiones de MP2,5 de 4.039 Ton/año, las cuales provienen de los sectores residencial, industria, quemas agrícolas y transporte. En relación con esto, la medida de implementación de 20.000 árboles podría ser capaz de eliminar aproximadamente entre 1,4 y 1,5 Ton/año de MP2,5, aportando entre un 0,036 y 0,038% en la reducción esperada por parte de los sectores mencionados. Sin embargo, es importante señalar que la cantidad de MP2,5 eliminada por este nuevo arbolado no alcanzaría la reducción planificada para el sector del transporte, que corresponde a 2 Ton/año.

Para que la medida aportará en un 1% a la cantidad de toneladas que se esperan reducir al año 2027, es decir, eliminar cerca de 40,4 Ton/año, se debería considerar un número aproximado de más de 520 mil árboles en su máxima altura. Asimismo, para aportar en un 10%, se deberían considerar más de 5 millones de árboles en su altura máxima.

Tabla 11: Beneficios valorizados por cantidad de MP2,5 removido por 20.000 individuos.

Fuente de información	Cantidad de árboles	MP2,5 eliminado a altura máxima alcanzable (Ton/año)	Beneficio valorizado (USD)
Avance PPDA	7.277	0,56	96.083,2
	20.000	1,53	262.513,0
Programa de arborización 2020-2022 CONAF	10.725	0,77	132.114,4
	20.000	1,43	245.355,3

Considerando el AGIES del PPDA de Concepción Metropolitano, donde se menciona que con una disminución de 4.039 Ton/año se tendrían beneficios valorizados en 693 millones de dólares, se obtiene que, con la remoción de MP2,5 realizada por los 20.000 individuos a su altura máxima, el beneficio tendría un valor aproximado de 245 a 263 mil dólares (Tabla 11).

7. APOORTE A LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

De los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) asociados a esta investigación, se puede mencionar el ODS número 3: Salud y bienestar, y el ODS número 11: Ciudades y comunidades sostenibles, esto considerando las siguientes metas de cada ODS.

Para el ODS 3:

- Meta 3.9 Para 2030, reducir sustancialmente el número de muertes y enfermedades producidas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo.

Para el ODS 11:

- Meta 11.6 De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo.
- Meta 11.7 De aquí a 2030, proporcionar acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles, en particular para las mujeres y los niños, las personas de edad y las personas con discapacidad.

8. CONCLUSIONES

Entre las metodologías disponibles para evaluar el aporte del arbolado en la calidad del aire, el software i-Tree Eco es el modelo que más adecuado para evaluarlo en Concepción, dado que se dispone de datos como: especie, DAP y altura.

Actualmente existe un número aproximado de 9.048 árboles, en 602 plazas y parques de Concepción Metropolitano. Estos, serían capaces de eliminar 135kg de MP2,5 anualmente. Asumiendo que el 10% de la cobertura vegetal total (principalmente arbórea) del área urbana de Concepción Metropolitano está al interior de áreas verdes urbanas, el arbolado de Concepción podría estar eliminando más de 1 Ton/año de MP2,5.

Los 20.000 ejemplares nuevos, comprometidos por el PPDA de Concepción Metropolitano, podrían llegar a eliminar una cantidad aproximada de 1,5 Ton/año de MP2,5, en su máxima altura, lo que es equivalente a un 0,04% de las toneladas de MP2,5 que se pretende reducir al año 2027 por parte del PPDA de Concepción Metropolitano. La cantidad de árboles necesarios para aportar en un 1% del valor que se plantea reducir al año 2027, corresponde a un valor mayor a 500 mil, considerando que estos alcanzarán su altura máxima, y para aportar un 10% se deberían considerar más de 5 millones de árboles.

En términos económicos, la cantidad de toneladas reducidas al año de MP2,5 tras la implementación de 20.000 ejemplares nuevos a su altura máxima, tendría un beneficio valorizado entre 245 a 263 mil dólares aproximadamente.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Protección de Medio Ambiente de Estados Unidos. (2023, 10 mayo). *Efectos del material particulado (PM) sobre la salud y el medioambiente*. US EPA. <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente>
- Baró, F., Chaparro, L., Gómez-Baggethun, E., Langemeyer, J., Nowak, D. J., & Terradas, J. (2014). Contribution of ecosystem services to air quality and climate change mitigation policies: The case of urban forests in Barcelona, Spain. *Ambio*, 43(4), 466–479. <https://doi.org/10.1007/S13280-014-0507-X/TABLES/4>
- Biblioteca del Congreso Nacional. (2017). Región del Biobío. Bcn.cl. <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/nuestropais/region8/>
- Bottalico, F., Chirici, G., Giannetti, F., De Marco, A., Nocentini, S., Paoletti, E., Salbitano, F., Sanesi, G., Serenelli, C., & Travaglini, D. (2016). Air Pollution Removal by Green Infrastructures and Urban Forests in the City of Florence. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 8, 243-251. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.099>
- Chowdhury, A. H., Uddin, M. J., Baul, T. K., Akhter, J., Nandi, R., Karmakar, S., & Nath, T. K. (2022). Quantifying the potential contribution of urban trees to particulate matters removal: a study in Chattogram City, Bangladesh. *Journal of Cleaner Production*, 380, 135015. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135015>
- CONAF. (2013). *ÁRBOLES URBANOS DE CHILE*. En CONAF. Gobierno de Chile. https://www.conaf.cl/cms/editorweb/institucional/Arboles_urbanos_de_Chile-2da_edicion.pdf
- CONAF. (2014). *MANUAL DE PROTOCOLOS DE PRODUCCIÓN DE ESPECIES UTILIZADAS POR EL PROGRAMA DE ARBORIZACIÓN*. En CONAF. Gobierno de Chile. https://www.conaf.cl/cms/editorweb/institucional/Manual_Protocolos_de_Produccion.pdf
- D.S.N° 47/1992. Fija nuevo texto de la Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones. Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
- D.S.N° 6/2019. Establece plan de prevención y de descontaminación para las comunas de Concepción Metropolitano. Ministerio del Medio Ambiente.
- Escobedo, F. J., & Nowak, D. J. (2009). Spatial heterogeneity and air pollution removal by an urban forest. *Landscape and Urban Planning*, 90(3-4), 102-110. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.10.021>
- Gaglio, M., Pace, R., Muresan, A. N., Grote, R., Castaldelli, G., Calfapietra, C., & Fano, E. A. (2022). Species-specific efficiency in PM2.5 removal by urban trees: From leaf measurements to improved modeling estimates. *Science of The Total Environment*, 844, 157131. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157131>

- Gallagher, J., Baldauf, R. B., Fuller, C. H., Kumar, P. S., Gill, L., & McNabola, A. (2015). Passive methods for improving air quality in the built environment: A review of porous and solid barriers. *Atmospheric Environment*, *120*, 61-70. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.08.075>
- García, R. M., Nery, A., Zamora, R., Lora, Á., & Galán, C. (2024). Contribution of urban trees to carbon sequestration and reduction of air pollutants in Lima, Peru. *Ecosystem Services*, *67*, 101618. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101618>
- Gobierno de Chile. (2021, 16 junio). *Gobierno presenta la Política Nacional de Parques Urbanos que impulsará mayor desarrollo y conservación de áreas verdes en el país*. <https://www.gob.cl/noticias/gobierno-presenta-la-politica-nacional-de-parques-urbanos-que-impulsara-mayor-desarrollo-y-conservacion-de-areas-verdes-en-el-pais/>
- Grote, R., Samson, R., Alonso, R., Amorim, J. H., Cariñanos, P., Churkina, G., Fares, S., Thiec, D. L., Niinemets, Ü., Mikkelsen, T. N., Paoletti, E., Tiwary, A., & Calfapietra, C. (2016). Functional traits of urban trees: air pollution mitigation potential. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *14*(10), 543-550. <https://doi.org/10.1002/fee.1426>
- Instituto Nacional de Estadísticas. (s. f.). *Sistema de Indicadores y Estándares de Desarrollo Urbano*. INE. <https://www.ine.gob.cl/herramientas/portal-de-mapas/siedu>
- Instituto Nacional de Estadísticas. (2017). Resultados CENSO 2017. [Censo2017.cl. http://resultados.censo2017.cl/Region?R=R08](http://resultados.censo2017.cl/Region?R=R08)
- Instituto Nacional de Estadísticas. (2020). INDICADORES DE CALIDAD DE PLAZAS Y PARQUES URBANOS EN CHILE 2019. En *Instituto Nacional de Estadísticas*. Instituto Nacional de Estadísticas Chile.
- I-Tree Eco. (2017). [Software]. En *Manual de usuario* (V6.0). https://www.itreetools.org/documents/196/EcoV6_UsersManual.es.pdf
- Janhäll, S. (2015). Review on urban vegetation and particle air pollution – Deposition and dispersion. *Atmospheric Environment*, *105*, 130-137. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.01.052>
- Kwak, M. J., Lee, J., Kim, H., Park, S. K., Lim, Y., Kim, J., Baek, S. G., Seo, M. W., Kim, K. K., & Woo, S. Y. (2019). The removal efficiencies of several temperate tree species at adsorbing airborne particulate matter in urban forests and roadsides. *Forests*, *10*(11), 960. <https://doi.org/10.3390/f10110960>
- Mardones, C., Saavedra, A., & Jimenez, J. (2015). Cuantificación económica de los beneficios en salud asociados a la reducción de la contaminación por MP10 en Concepción Metropolitana, Chile. *Revista Médica De Chile*, *143*(4), 475-483. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872015000400009>
- McDonald, A. B., Bealey, W., Fowler, D., Dragosits, U., Skiba, U., Smith, R. J. E., Donovan, R. J., Brett, H., Hewitt, C. N., & Nemitz, E. (2007). Quantifying the effect of urban tree planting on concentrations and depositions of PM10 in two UK conurbations. *Atmospheric Environment*, *41*(38), 8455-8467. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.07.025>

- Ministerio del Medio Ambiente. (s. f.). *Glosario de términos*. Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire. <https://sinca.mma.gob.cl/index.php/pagina/index/id/glosario>
- Ministerio del Medio Ambiente. (2018). Cuarto Reporte del Estado del Medio Ambiente. En *Sistema Nacional de Información Ambiental*. Gobierno de Chile. <https://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/01/Cuarto-reporte-del-medio-ambiente-compressed.pdf>
- Ministerio del Medio Ambiente. (2020). Informe del Estado del Medio Ambiente 2020. En *Sistema Nacional de Información Ambiental*. Gobierno de Chile. <https://sinia.mma.gob.cl/estado-del-medio-ambiente/informe-del-estado-del-medio-ambiente-2020/>
- Ministerio del Medio Ambiente. (2021). Reporte del Estado del Medio Ambiente 2021. En *Sistema Nacional de Información Ambiental*. Gobierno de Chile. <https://sinia.mma.gob.cl/estado-del-medio-ambiente/reporte-del-estado-del-medio-ambiente-2021/>
- Ministerio de Obras Públicas. (2006). Manual de Manejo de Áreas Verdes. En *Ministerio de Obras Públicas*. https://concesiones.mop.gob.cl/quienes_somos/funcionamientodelsistema/Documents/Manual_de_manejo_de_areas_verdes.pdf
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2020). Resumen ejecutivo de resultados «estudio de arbolado urbano como elemento estructurante del paisaje natural urbano». En *Construcción Sustentable*. Gobierno de Chile. <https://csustentable.minvu.gob.cl/>
- Museo Nacional de Historia Natural. (2015). *Árboles Urbanos VI: Queule*. Museo Nacional de Historia Natural. <https://www.mnhn.gob.cl/noticias/arboles-urbanos-vi-queule>
- Nowak, D. J., Hirabayashi, S., Bodine, A., & Greenfield, E. (2014). Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. *Environmental Pollution*, 193, 119-129. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.05.028>
- Nowak, D. J., Hirabayashi, S., Bodine, A., & Hoehn, R. (2013). Modeled PM_{2.5} removal by trees in ten U.S. cities and associated health effects. *Environmental Pollution*, 178, 395-402. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.050>
- Riondato, E., Pilla, F., Basu, A. S., & Basu, B. (2020). Investigating the effect of trees on urban quality in Dublin by combining air monitoring with i-Tree Eco Model. *Sustainable Cities and Society*, 61, 102356. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102356>
- Srbinovska, M., Andova, V., Mateska, A. K., Krstevska, M. C., Cundeva-Blajer, M., Kutirov, M., & Majstoroski, M. (2023). Quantifying the impact of meteorological factors and green infrastructure location on particulate matter (PM) mitigation in Republic of North Macedonia using sensor collected data. *Measurement: Sensors*, 27, 100819. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2023.100819>

- Steiniger, S., Villegas, R., De la Fuente, H., Rueda I. & Truffello, R., (2021). *Indicadores de Sustentabilidad Urbana - Aplicación en capitales chilenas*. Informe Ejecutivo. Centro de Desarrollo Urbano Sustentable, Santiago.
- Superintendencia del Medio Ambiente. (2023). INFORME DEL ESTADO DE AVANCE DE LAS MEDIDAS E INSTRUMENTOS DEL PLAN AÑO 2021. En Superintendencia del Medio Ambiente. Gobierno de Chile. <https://transparencia.sma.gob.cl/doc/resoluciones/PPDA/InformeAvance/2021/InformeEstadoAvancePDAConcepcion2021.pdf>
- US FOREST SERVICE INTERNATIONAL PROGRAMS. (s. f.). ADAPTACIÓN DEL PROGRAMA I-TREE ECO A MÉXICO. En i-Tree Tools. https://www.itreetools.org/documents/212/iTree_Eco_Mexico_Adaptation_Description_15Sep2018.pdf
- Yañez, D. V., Barboza, E. P., Cirach, M., Daher, C., Nieuwenhuijsen, M. J., & Mueller, N. (2023). An urban green space intervention with benefits for mental health: A health impact assessment of the Barcelona “Eixos Verds” Plan. *Environment International*, 174, 107880. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.107880>
- World Health Organization. (2022). Contaminación del aire ambiente (exterior). www.who.int. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Zhou, S., Zhang, Z., Hipsey, M., Liu, J., & Zhang, M. (2023). Differences in mass concentration and elemental composition of leaf surface particulate matter: plant species and particle size ranges. *Chemical Engineering Research & Design*, 175, 599-610. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.05.040>

10. ANEXOS

Anexo 1. Resultados Plaza N°1

Especie	DAP 1 (cm)	DAP 2 (cm)	DAP 3 (cm)	DAP 4 (cm)	Altura (m)	MP2,5 eliminado (g/año)
<i>Prunus cerasifera</i>	10,8	-	-	-	4,4	1,5
<i>Ulmus sp</i>	14,6	11,9	-	-	5,8	4,5
<i>Ulmus sp</i>	16,9	10,8	8,4	-	6,0	5,7
					Total	11,7

Anexo 2. Resultados Plaza N°2

Especie	DAP 1 (cm)	DAP 2 (cm)	DAP 3 (cm)	DAP 4 (cm)	Altura (m)	MP2,5 eliminado (g/año)
<i>Quillaja saponaria</i>	19,7	-	-	-	4	4,8
<i>Myoporum laetum</i>	9,9	11,1	10,5	-	4,2	3,2
					Total	8,0

Anexo 3. Resultados Plaza N°3

Especie	DAP 1 (cm)	DAP 2 (cm)	DAP 3 (cm)	DAP 4 (cm)	Altura (m)	MP2,5 eliminado (g/año)
<i>Aristotelia chilensis</i>	49,3	-	-	-	7,0	20,8
<i>Populus deltoides</i>	119,7	-	-	-	20,4	78,3
<i>Cordyline australis</i>	25,8	11,3	12,7	12,7	6,5	4,0
<i>Robinia pseudoacacia</i>	64,0	-	-	-	5,7	29,6
<i>Robinia pseudoacacia</i>	18,5	13,7	-	-	7,8	8,9
<i>Myoporum laetum</i>	24,5	26,7	-	-	7,8	13,3
<i>Myoporum laetum</i>	35,7	-	-	-	8,1	14,0
<i>Aristotelia chilensis</i>	11,1	4,8	7,3	-	6,8	3,4
<i>Prunus sp</i>	23,9	-	-	-	8	8,6
<i>Prunus sp</i>	34,4	32,8	27,1	-	9,3	17,6
<i>Populus alba</i>	41,7	-	-	-	13	33,4
<i>Ligustrum ovalifolium</i>	8,3	11,1	13,4	12,7	5,5	7,5
<i>Acacia melanoxydon</i>	16,6	-	-	-	7,5	4,9
<i>Acacia melanoxydon</i>	20,1	14,6	-	-	8,9	10,7
<i>Gleditsia triacanthos</i>	13,7	11,8	-	-	6,8	5,2
<i>Gleditsia triacanthos</i>	13,7	-	-	-	8,5	3,5
<i>Gleditsia triacanthos</i>	15,9	-	-	-	7,8	4,3
<i>Gleditsia triacanthos</i>	9,9	9,2	-	-	7,6	3,3
<i>Robinia pseudoacacia</i>	16,2	-	-	-	5,5	4,0

<i>Robinia pseudoacacia</i>	40,4	-	-	-	4	14,8
<i>Robinia pseudoacacia</i>	11,8	14,3	10,8	-	6,6	7,4
<i>Gleditsia triacanthos</i>	12,7	-	-	-	5	2,5
<i>Gleditsia triacanthos</i>	11,8	-	-	-	5	2,2
<i>Gleditsia triacantho</i>	15,3	-	-	-	6,3	3,8
					Total	306,0

Anexo 4. Resultados Plaza N°4

Especie	DAP 1 (cm)	DAP 2 (cm)	DAP 3 (cm)	DAP 4 (cm)	Altura (m)	MP2,5 eliminado (g/año)
<i>Prunus cerasifera</i>	12,7	-	-	-	4,7	2,2
<i>Prunus cerasifera</i>	14,0	-	-	-	4,3	2,4
<i>Prunus cerasifera</i>	13,7	-	-	-	4,7	2,5
<i>Cordyline australis</i>	16,9	-	-	-	4,4	0,9
					Total	8,0

Anexo 5. Resultados Plaza N°5

Especie	DAP 1 (cm)	DAP 2 (cm)	DAP 3 (cm)	DAP 4 (cm)	Altura (m)	MP2,5 eliminado (g/año)
<i>Quillaja saponaria</i>	14,0	5,4	-	-	5,2	3,0
<i>Liquidambar styraciflua</i>	7,0	-	-	-	4,2	1,0
<i>Liquidambar styraciflua</i>	14,3	-	-	-	7,4	3,7
					Total	7,7

Anexo 6. Resultados Plaza N°6

Especie	DAP 1 (cm)	DAP 2 (cm)	DAP 3 (cm)	DAP 4 (cm)	Altura (m)	MP2,5 eliminado (g/año)
<i>Robinia pseudoacacia</i>	12,7	-	-	-	4,4	2,0
<i>Robinia pseudoacacia</i>	17,2	-	-	-	4,4	3,0
<i>Robinia pseudoacacia</i>	19,4	-	-	-	5,1	4,2
<i>Robinia pseudoacacia</i>	18,5	-	-	-	5	3,8
<i>Prunus cerasifera</i>	7,6	-	-	-	4,9	0,9
<i>Prunus cerasifera</i>	7,6	-	-	-	4,7	0,9
<i>Robinia pseudoacacia</i>	26,7	-	-	-	5	6,9
<i>Robinia pseudoacacia</i>	22,6	-	-	-	5,1	5,3
<i>Robinia pseudoacacia</i>	18,8	-	-	-	5,3	4,2
<i>Robinia pseudoacacia</i>	23,2	-	-	-	5,2	5,7

<i>Robinia pseudoacacia</i>	19,7	-	-	-	4,8	4,0
<i>Robinia pseudoacacia</i>	19,1	-	-	-	5,4	4,4
<i>Prunus cerasifera</i>	12,4	-	-	-	4,2	1,9
<i>Robinia pseudoacacia</i>	20,7	-	-	-	5,5	5,0
<i>Robinia pseudoacacia</i>	17,2	-	-	-	5,2	3,6
<i>Robinia pseudoacacia</i>	23,2	-	-	-	5,8	6,3
<i>Robinia pseudoacacia</i>	15,3	-	-	-	5,9	3,2
<i>Robinia pseudoacacia</i>	17,5	-	-	-	4,3	3,0
<i>Acer negundo</i>	13,4	-	-	-	6,1	3,1
<i>Acer negundo</i>	12,7	-	-	-	5,8	2,8
<i>Acer negundo</i>	13,7	-	-	-	5,2	2,9
<i>Acer negundo</i>	13,1	-	-	-	5,6	2,9
<i>Acer negundo</i>	13,1	-	-	-	5,5	2,9
<i>Robinia pseudoacacia</i>	20,7	-	-	-	5	4,6
<i>Robinia pseudoacacia</i>	18,1	-	-	-	5	3,7
<i>Robinia pseudoacacia</i>	19,4	-	-	-	5	4,1
<i>Prunus cerasifera</i>	10,2	-	-	-	5	1,4
<i>Prunus cerasifera</i>	9,9	-	-	-	5	1,4
<i>Prunus cerasifera</i>	13,4	-	-	-	5,4	2,4
<i>Acer negundo</i>	12,7	-	-	-	4,9	2,4
<i>Acer negundo</i>	9,9	-	-	-	5,5	1,8
<i>Betula pendula</i>	14,6	-	-	-	5,9	3,7
<i>Acer negundo</i>	11,8	-	-	-	5,1	2,3
<i>Acer negundo</i>	10,5	6,4	-	-	5,1	2,5
<i>Thuja plicata</i>	14,3	-	-	-	4,4	1,5
<i>Acer negundo</i>	13,7	-	-	-	4,8	2,6
<i>Acer negundo</i>	17,2	-	-	-	7,7	5,5
<i>Prunus cerasifera</i>	13,4	-	-	-	4,2	2,1
<i>Robinia pseudoacacia</i>	17,5	-	-	-	4,6	3,2
<i>Robinia pseudoacacia</i>	9,5	-	-	-	4,4	1,3
<i>Robinia pseudoacacia</i>	12,1	-	-	-	4,9	2,0
<i>Robinia pseudoacacia</i>	21,6	-	-	-	4,9	4,8
<i>Robinia pseudoacacia</i>	13,1	-	-	-	4,3	2,0
<i>Robinia pseudoacacia</i>	22,6	-	-	-	5,4	5,6
<i>Robinia pseudoacacia</i>	13,1	-	-	-	4,2	2,0
<i>Prunus cerasifera</i>	6,4	-	-	-	4,1	0,7
<i>Prunus cerasifera</i>	8,0	-	-	-	4,1	0,9
<i>Robinia pseudoacacia</i>	15,9	-	-	-	4,9	3,0
<i>Robinia pseudoacacia</i>	12,7	-	-	-	4,3	1,9
<i>Robinia pseudoacacia</i>	15,9	-	-	-	4,9	3,0
<i>Robinia pseudoacacia</i>	15,3	-	-	-	4,7	2,7
					Total	158,0

Total duplicado*	316,0
------------------	-------

*Valor duplicado por logística de catastro.

Anexo 7. Resultados Plaza N°7

Especie	DAP 1 (cm)	DAP 2 (cm)	DAP 3 (cm)	DAP 4 (cm)	Altura (m)	MP2,5 eliminado (g/año)
<i>Acacia melanoxylon</i>	32,5	-	-	-	7,4	14,2
<i>Prunus cerasifera</i>	9,5	-	-	-	4,3	1,6
<i>Prunus cerasifera</i>	7,6	-	-	-	4,5	1,2
<i>Prunus serrulata</i>	8,6	-	-	-	4,2	0,9
<i>Betula pendula</i>	8,9	-	-	-	4,4	1,9
<i>Betula pendula</i>	14,0	-	-	-	7,6	7,2
<i>Cordyline australis</i>	23,2	14,3	13,7	13,4	5,6	3,4
<i>Acer negundo</i>	28,0	-	-	-	5,6	11,2
					Total	41,6

Anexo 8. Resultados Plaza N°8

Especie	DAP 1 (cm)	DAP 2 (cm)	DAP 3 (cm)	DAP 4 (cm)	Altura (m)	MP2,5 eliminado (g/año)
<i>Sequoia sempervirens</i>	51,2	-	-	-	15,2	34,4
<i>Schinus molle</i>	164,6	-	-	-	14	105,1
<i>Acer negundo</i>	106,3	-	-	-	16,2	73,2
<i>Cordyline australis</i>	27,4	34,4	-	-	5,7	4,5
<i>Cedrus deodara</i>	62,1	-	-	-	10,8	30,1
<i>Nothofagus dombeyi</i>	37,9	22,3	-	-	8,3	26,1
<i>Cedrus deodara</i>	32,5	-	-	-	12	14,1
<i>Trachycarpus fortunei</i>	20,4	-	-	-	5,3	1,4
<i>Schinus molle</i>	76,4	58,3	45,5	-	11,7	50,1
<i>Cupressus macrocarpa</i>	96,1	-	-	-	25,1	40,6
<i>Cupressus macrocarpa</i>	96,4	-	-	-	16,3	42,2
<i>Nothofagus dombeyi</i>	34,4	32,1	-	-	9,4	31,1
<i>Cedrus deodara</i>	63,0	-	-	-	13,4	32,6
<i>Liquidambar styraciflua</i>	33,7	-	-	-	16	24,1
<i>Liquidambar styraciflua</i>	71,0	-	-	-	15,6	58,8
<i>Liquidambar styraciflua</i>	32,8	35,0	-	-	8,6	28,2
<i>Liquidambar styraciflua</i>	73,8	-	-	-	15,2	58,7
<i>Thuja plicata</i>	15,6	12,7	12,4	6,4	6,1	5,4
<i>Grevillea robusta</i>	46,5	-	-	-	9,5	24,5
<i>Grevillea robusta</i>	28,6	20,7	-	-	11	16,8
<i>Grevillea robusta</i>	46,5	-	-	-	14,4	27,3
<i>Liquidambar styraciflua</i>	54,4	-	-	-	13,8	50,7

<i>Quillaja saponaria</i>	15,3	-	-	-	5,7	3,7
<i>Quillaja saponaria</i>	9,9	10,8	-	-	4,9	3,2
<i>Quillaja saponaria</i>	6,7	4,8	-	-	4,4	1,3
<i>Quillaja saponaria</i>	7,3	10,5	-	-	4,4	2,5
<i>Prunus cerasifera</i>	12,7	11,5	15,6	-	6	9,4
<i>Quillaja saponaria</i>	18,5	13,4	-	-	5,4	7,0
<i>Quillaja saponaria</i>	9,9	-	-	-	4,8	1,7
<i>Quillaja saponaria</i>	12,4	14,6	-	-	5,3	5,4
<i>Quillaja saponaria</i>	13,1	9,5	12,4	-	5	5,5
<i>Liquidambar styraciflua</i>	10,8	-	-	-	5,1	2,3
<i>Quillaja saponaria</i>	6,7	6,7	6,7	-	4,3	2,1
<i>Liquidambar styraciflua</i>	10,5	-	-	-	4,7	2,1
<i>Liquidambar styraciflua</i>	11,1	-	-	-	5,4	2,4
<i>Liquidambar styraciflua</i>	9,5	-	-	-	6,2	1,9
<i>Liquidambar styraciflua</i>	10,2	-	-	-	5	2,1
<i>Liquidambar styraciflua</i>	11,1	-	-	-	5,5	2,5
<i>Liquidambar styraciflua</i>	5,4	3,8	-	-	4,7	1,1
<i>Liquidambar styraciflua</i>	10,2	-	-	-	4,6	2,0
					Total	70,6

Anexo 10. Resultados Plaza N°12

Especie	DAP 1 (cm)	DAP 2 (cm)	DAP 3 (cm)	DAP 4 (cm)	Altura (m)	MP2,5 eliminado (g/año)
<i>Acacia saligna</i>	27,1	-	-	-	4,9	10,1
<i>Maytenus boaria</i>	11,8	13,7	-	-	4,1	4,6
<i>Quillaja saponaria</i>	8,0	5,4	-	-	4,3	1,8
<i>Quillaja saponaria</i>	6,7	8,6	7,0	-	5,7	2,9
<i>Quillaja saponaria</i>	8,9	-	-	-	4,9	1,7
<i>Quillaja saponaria</i>	8,6	-	-	-	4,4	1,7
<i>Quillaja saponaria</i>	13,1	-	-	-	4,4	3,1
<i>Quillaja saponaria</i>	10,2	11,8	-	-	6	4,4
<i>Quillaja saponaria</i>	11,8	11,8	-	-	5,4	4,8
<i>Quillaja saponaria</i>	9,2	8,0	7,6	9,9	4,8	2,8
<i>Quillaja saponaria</i>	7,3	7,3	6,8	7,3	5,3	3,6
<i>Quillaja saponaria</i>	9,5	11,8	9,5	-	5	5,5
					Total	47,0

Anexo 11. Resultados Plaza N°13

Especie	DAP 1 (cm)	DAP 2 (cm)	DAP 3 (cm)	DAP 4 (cm)	Altura (m)	MP2,5 eliminado (g/año)
---------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	-------------------------------

<i>Populus deltoides</i>	96,4	-	-	-	30	48,4
<i>Populus deltoides</i>	55,7	-	-	-	30	49,5
<i>Populus deltoides</i>	111,1	-	-	-	30	50,8
<i>Acacia melanoxylon</i>	121,0	-	-	-	30	48,4
<i>Populus deltoides</i>	89,4	-	-	-	30	52,2
<i>Populus deltoides</i>	63,7	-	-	-	30	56,2
<i>Acacia melanoxylon</i>	80,5	-	-	-	30	45,1
<i>Populus deltoides</i>	96,1	-	-	-	30	48,6
<i>Acacia melanoxylon</i>	89,4	-	-	-	30	46,1
<i>Acacia melanoxylon</i>	29,3	-	-	-	9,4	13,8
<i>Acacia melanoxylon</i>	17,5	19,4	-	-	9,4	11,5
<i>Acacia melanoxylon</i>	114,0	-	-	-	22,1	55,9
<i>Acacia melanoxylon</i>	123,2	-	-	-	21	56,3
<i>Cryptocarya alba</i>	59,8	-	-	-	12	34,7
<i>Betula pendula</i>	58,3	37,2	50,0	-	20,4	37,7
<i>Catalpa bignonioides</i>	136,6	-	-	-	20	70,5
<i>Quillaja saponaria</i>	67,8	-	-	-	25	27,6
<i>Quillaja saponaria</i>	119,4	-	-	-	18,4	49,5
<i>Quillaja saponaria</i>	77,7	21,6	-	-	18	28,1
<i>Betula pendula</i>	69,4	-	-	-	18	40,2
<i>Prunus laurocerasus</i>	22,9	-	-	-	6,5	7
<i>Catalpa bignonioides</i>	15,9	-	-	-	7,6	4,7
<i>Araucaria angustifolia</i>	30,9	-	-	-	10,7	12,6
<i>Acacia melanoxylon</i>	160,4	-	-	-	26,8	46,8
<i>Populus deltoides</i>	115,2	-	-	-	30	54,8
<i>Populus deltoides</i>	73,8	-	-	-	30	56,8
<i>Populus deltoides</i>	106,0	-	-	-	30	46,1
<i>Populus deltoides</i>	72,9	-	-	-	28	56,5
<i>Acacia melanoxylon</i>	112,4	-	-	-	25	53,2
<i>Populus deltoides</i>	64,9	-	-	-	30	56,5
<i>Populus deltoides</i>	104,7	-	-	-	32	45,2
<i>Populus deltoides</i>	89,1	-	-	-	28	51
<i>Populus deltoides</i>	44,6	-	-	-	30	37,8
<i>Populus deltoides</i>	54,1	-	-	-	30	47,6
<i>Populus deltoides</i>	56,0	-	-	-	25	49,8
<i>Populus deltoides</i>	84,0	-	-	-	30	54,5
<i>Populus deltoides</i>	50,3	-	-	-	28	43,1
<i>Populus deltoides</i>	92,3	-	-	-	30	50,7
<i>Populus deltoides</i>	101,2	-	-	-	30	45,3
<i>Populus deltoides</i>	77,3	-	-	-	30	56,3
<i>Populus deltoides</i>	63,3	-	-	-	30	56,2
<i>Populus deltoides</i>	133,7	-	-	-	30	74,9

<i>Populus deltoides</i>	130,2	-	-	-	30	70,8
<i>Populus deltoides</i>	92,3	-	-	-	30	50,7
<i>Populus deltoides</i>	78,9	-	-	-	30	56,0
<i>Populus deltoides</i>	93,3	-	-	-	30	50,3
<i>Populus deltoides</i>	50,6	-	-	-	30	43,5
<i>Populus deltoides</i>	53,5	-	-	-	30	46,9
<i>Populus deltoides</i>	120,6	-	-	-	30	60,3
<i>Populus deltoides</i>	66,8	-	-	-	30	56,7
<i>Populus deltoides</i>	53,2	-	-	-	30	46,5
<i>Populus deltoides</i>	94,2	-	-	-	30	49,7
<i>Populus deltoides</i>	67,2	-	-	-	30	56,8
<i>Populus deltoides</i>	60,5	-	-	-	30	55,3
<i>Populus deltoides</i>	29,9	-	-	-	22	22,2
<i>Populus deltoides</i>	109,5	-	-	-	30	49,3
<i>Populus deltoides</i>	70,3	-	-	-	30	56,9
					Total	2.650,4

Anexo 12. Resultados Plaza N°14

Especie	DAP 1 (cm)	DAP 2 (cm)	DAP 3 (cm)	DAP 4 (cm)	Altura (m)	MP2,5 eliminado (g/año)
<i>Cupressus macrocarpa</i>	28,0	-	-	-	8,6	8,7
<i>Acacia melanoxylon</i>	28,6	-	-	-	10,7	18
<i>Acacia melanoxylon</i>	11,1	12,4	8,6	13,1	11,1	7,3
<i>Acer negundo</i>	14,0	-	-	-	4,4	3,1
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	34,7	-	-	-	10,5	16,5
<i>Fraxinus excelsior</i>	28,0	-	-	-	7,4	18,2
<i>Fraxinus excelsior</i>	26,1	-	-	-	5,4	11,3
<i>Acacia melanoxylon</i>	24,2	-	-	-	6,7	9
<i>Trachycarpus fortunei</i>	21,6	-	-	-	5,5	1,8
<i>Fraxinus excelsior</i>	30,2	-	-	-	7,7	21,1
<i>Acacia melanoxylon</i>	12,4	-	-	-	4,9	2,4
<i>Tilia americana</i>	9,5	10,5	-	-	5,4	3,6
<i>Fraxinus ornus</i>	14,3	-	-	-	4,7	3,9
					Total	124,9

Anexo 13. Resultados Plaza N°15

Especie	DAP 1 (cm)	DAP 2 (cm)	DAP 3 (cm)	DAP 4 (cm)	Altura (m)	MP2,5 eliminado (g/año)
<i>Populus alba</i>	28,6	-	-	-	10,1	13,6
<i>Populus alba</i>	22,9	-	-	-	10,5	8,1
<i>Populus alba</i>	13,4	-	-	-	7,2	2,1

<i>Ailanthus altissima</i>	10,8	-	-	-	5,1	1,7
<i>Platanus x hybrida</i>	17,8	-	-	-	6,6	5,0
<i>Populus alba</i>	13,1	-	-	-	6,9	1,9
<i>Liriodendron tulipifera</i>	11,1	-	-	-	5,2	2,2
<i>Malus domestica</i>	11,8	-	-	-	5,4	1,6
<i>Platanus x hybrida</i>	11,1	-	-	-	5,5	2,0
<i>Platanus x hybrida</i>	10,2	-	-	-	5,7	1,8
<i>Cordyline australis</i>	25,5	-	-	-	6,5	2,6
<i>Populus alba</i>	10,5	-	-	-	6	1,2
<i>Populus alba</i>	22,0	-	-	-	9,5	7,2
<i>Populus alba</i>	20,1	-	-	-	12,8	6,4
<i>Platanus x hybrida</i>	9,9	-	-	-	6,1	1,7
<i>Platanus x hybrida</i>	10,8	-	-	-	5,6	1,9
<i>Populus alba</i>	17,5	-	-	-	9,3	4,2
					Total	65,2

Anexo 14. Resultados Plaza N°16

Especie	DAP 1 (cm)	DAP 2 (cm)	DAP 3 (cm)	DAP 4 (cm)	Altura (m)	MP2,5 eliminado (g/año)
<i>Prunus cerasifera</i>	12,4	-	-	-	4,8	1,9
<i>Prunus cerasifera</i>	12,7	-	-	-	4,7	2
<i>Prunus cerasifera</i>	12,7	-	-	-	4,5	1,9
<i>Populus deltoides</i>	27,1	-	-	-	6	7,8
<i>Populus deltoides</i>	27,4	-	-	-	5,8	7,7
<i>Populus deltoides</i>	24,8	-	-	-	5,6	6,2
<i>Populus deltoides</i>	26,1	-	-	-	5,4	6,5
<i>Populus deltoides</i>	26,7	-	-	-	5,7	7,2
<i>Populus deltoides</i>	26,7	-	-	-	5,5	6,9
<i>Populus deltoides</i>	25,8	-	-	-	5,9	7
<i>Populus deltoides</i>	25,5	-	-	-	6,2	7,3
<i>Populus deltoides</i>	23,2	-	-	-	5,8	5,7
<i>Populus deltoides</i>	28,3	-	-	-	5,2	7,4
<i>Populus deltoides</i>	28,0	-	-	-	5,9	8,2
<i>Populus deltoides</i>	25,8	-	-	-	6	7,2
<i>Populus deltoides</i>	26,7	-	-	-	5,9	7,5
<i>Populus deltoides</i>	26,4	-	-	-	5,9	7,3
<i>Populus deltoides</i>	28,0	-	-	-	5,9	8,2
<i>Populus deltoides</i>	28,0	-	-	-	5,9	8,2
<i>Populus deltoides</i>	27,7	-	-	-	5,9	8
<i>Populus deltoides</i>	27,4	-	-	-	5,9	7,8
<i>Populus deltoides</i>	24,5	-	-	-	5,9	6,4

<i>Populus deltoides</i>	24,8	-	-	-	6,2	6,9
<i>Populus deltoides</i>	26,1	-	-	-	6,2	7,6
<i>Prunus cerasifera</i>	10,2	-	-	-	5,3	1,4
<i>Populus deltoides</i>	27,7	-	-	-	5,9	8
<i>Populus deltoides</i>	25,8	-	-	-	6,9	8,5
<i>Populus deltoides</i>	25,8	-	-	-	6,1	7,3
<i>Populus deltoides</i>	25,1	-	-	-	6,2	7,1
<i>Populus deltoides</i>	22,0	-	-	-	5,9	5,3
					Total	196,4

Anexo 15. Resultados Plaza N°17

Especie	DAP 1 (cm)	DAP 2 (cm)	DAP 3 (cm)	DAP 4 (cm)	Altura (m)	MP2,5 eliminado (g/año)
<i>Populus alba</i>	31,2	-	-	-	5,1	7,9
<i>Prunus cerasifera</i>	13,7	-	-	-	5,1	2,4
<i>Prunus cerasifera</i>	12,4	-	-	-	4,9	2,0
<i>Prunus cerasifera</i>	12,1	-	-	-	4,4	1,9
					Total	14,2

Anexo 16. Resultados Plaza N°18

Especie	DAP 1 (cm)	DAP 2 (cm)	DAP 3 (cm)	DAP 4 (cm)	Altura (m)	MP2,5 eliminado (g/año)
<i>Populus deltoides</i>	32,8	-	-	-	6,3	11,7
<i>Populus deltoides</i>	34,7	-	-	-	6,7	13,7
<i>Populus deltoides</i>	32,8	-	-	-	6,4	11,9
<i>Populus deltoides</i>	35,3	-	-	-	7,1	14,9
<i>Populus deltoides</i>	29,6	-	-	-	6,3	9,7
<i>Populus deltoides</i>	32,1	-	-	-	6,4	11,4
<i>Populus deltoides</i>	25,8	-	-	-	6,2	7,4
<i>Populus deltoides</i>	26,1	-	-	-	6	7,3
<i>Populus deltoides</i>	31,5	-	-	-	5,8	10
<i>Populus deltoides</i>	32,5	-	-	-	6,1	11,2
<i>Populus deltoides</i>	33,7	-	-	-	5,7	11,3
<i>Populus deltoides</i>	32,5	-	-	-	6,6	12
<i>Robinia pseudoacacia</i>	19,1	-	-	-	4,7	3,6
<i>Robinia pseudoacacia</i>	29,0	-	-	-	5,8	8,5
<i>Platanus orientalis</i>	31,5	-	-	-	5,2	8,8
<i>Betula pendula</i>	22,3	-	-	-	5,2	4,8

<i>Betula pendula</i>	51,2	-	-	-	6,7	20,3
<i>Robinia pseudoacacia</i>	18,1	-	-	-	5	3,5
<i>Betula pendula</i>	43,0	-	-	-	6,5	15,7
<i>Betula pendula</i>	28,6	-	-	-	6	8,1
<i>Acer negundo</i>	35,0	-	-	-	5,8	12,4
<i>Robinia pseudoacacia</i>	36,0	-	-	-	5,2	11,2
<i>Robinia pseudoacacia</i>	23,9	-	-	-	5,3	5,7
<i>Robinia pseudoacacia</i>	28,3	-	-	-	6,4	9
<i>Prunus cerasifera</i>	24,5	-	-	-	4,3	4,6
					Total	248,7

Anexo 17. Resultados Plaza N°19

Especie	DAP 1 (cm)	DAP 2 (cm)	DAP 3 (cm)	DAP 4 (cm)	Altura (m)	MP2,5 eliminado (g/año)
<i>Cordyline australis</i>	18,5	17,8	-	-	5,3	2,7
<i>Ulmus minor ssp. angustifolia</i>	27,1	-	-	-	5,2	10,1
<i>Araucaria angustifolia</i>	26,7	-	-	-	7,2	9,9
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	10,5	13,4	-	-	4,3	2,7
<i>Quillaja saponaria</i>	15,3	5,1	-	-	4,2	3,4
<i>Acer pseudoplatanus</i>	12,4	-	-	-	5,1	4,1
<i>Acacia dealbata</i>	22,3	14,3	31,2	-	8,5	35,1
					Total	68,0

Anexo 18. Resultados Plaza N°21

Especie	DAP 1 (cm)	DAP 2 (cm)	DAP 3 (cm)	DAP 4 (cm)	Altura (m)	MP2,5 eliminado (g/año)
<i>Acer negundo</i>	47,7	-	-	-	11,2	30,5
<i>Betula pendula</i>	40,7	-	-	-	10,1	23,6
<i>Liquidambar styraciflua</i>	35,3	-	-	-	10,7	21
<i>Trachycarpus fortunei</i>	30,6	-	-	-	4,8	2,1
<i>Betula pendula</i>	9,2	-	-	-	6,4	2,7
<i>Betula pendula</i>	8,0	-	-	-	4,9	1,5
<i>Betula pendula</i>	9,2	-	-	-	4,5	1,5
<i>Betula pendula</i>	8,9	-	-	-	6,3	2,6
<i>Betula pendula</i>	8,6	-	-	-	6,2	2,4
<i>Betula pendula</i>	8,9	-	-	-	5,8	2,2
<i>Betula pendula</i>	6,4	-	-	-	4,6	1,2
<i>Betula pendula</i>	8,0	-	-	-	5,9	2,1
<i>Robinia pseudoacacia</i>	47,7	-	-	-	12,3	25,3
<i>Robinia pseudoacacia</i>	31,5	41,1	-	-	12,3	26,6

<i>Robinia pseudoacacia</i>	50,3	-	-	-	7	21
<i>Robinia pseudoacacia</i>	40,4	29,6	-	-	13,6	26,1
<i>Prunus cerasifera</i>	25,1	-	-	-	6,6	7,7
<i>Prunus cerasifera</i>	19,7	-	-	-	5,2	4,1
<i>Betula pendula</i>	6,4	-	-	-	4,9	1,3
<i>Betula pendula</i>	6,4	-	-	-	6,4	2
<i>Betula pendula</i>	5,4	3,8	-	-	4,8	1,3
<i>Betula pendula</i>	6,4	-	-	-	5,2	1,4
<i>Betula pendula</i>	6,0	-	-	-	4,9	1,2
<i>Prunus cerasifera</i>	24,5	-	-	-	5,8	6,3
<i>Betula pendula</i>	5,7	-	-	-	4,7	1,1
<i>Betula pendula</i>	5,1	6,0	-	-	5	1,5
					Total	220,3

Anexo 19. Resultados Plaza N°22

Especie	DAP 1 (cm)	DAP 2 (cm)	DAP 3 (cm)	DAP 4 (cm)	Altura (m)	MP2,5 eliminado (g/año)
<i>Robinia pseudoacacia</i>	106,3	-	-	-	12,4	42,7
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	33,4	-	-	-	6,9	7,6
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	17,8	16,2	16,6	18,5	6,5	8
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	7,6	9,5	10,2	-	4,4	1,9
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	17,5	18,8	-	-	6,9	4,7
<i>Robinia pseudoacacia</i>	52,5	-	-	-	7,7	23
<i>Liquidambar styraciflua</i>	25,8	-	-	-	8,2	9,4
<i>Liquidambar styraciflua</i>	23,2	-	-	-	8,3	8,1
<i>Liquidambar styraciflua</i>	18,8	15,9	18,1	-	8,3	12,1
<i>Liquidambar styraciflua</i>	11,1	10,8	-	-	6,1	3,1
<i>Liquidambar styraciflua</i>	19,7	-	-	-	7,6	5,5
					Total	126,1

Anexo 20. Resultados Plaza N°23

Especie	DAP 1 (cm)	DAP 2 (cm)	DAP 3 (cm)	DAP 4 (cm)	Altura (m)	MP2,5 eliminado (g/año)
<i>Cupressus macrocarpa</i>	198,0	-	-	-	19,6	153,0
<i>Cryptocarya alba</i>	66,8	-	-	-	15,5	44,2
<i>Cryptocarya alba</i>	49,3	-	-	-	12,3	36,0
<i>Cryptocarya alba</i>	37,6	-	-	-	8,4	22,5
<i>Cryptocarya alba</i>	38,2	-	-	-	12,4	26,8
<i>Fraxinus angustifolia</i>	49,3	-	-	-	14	56,1
<i>Fraxinus angustifolia</i>	57,0	-	-	-	13,2	58,2

<i>Pinus radiata</i>	77,7	-	-	-	17,7	45,9
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	51,9	-	-	-	13	34,4
<i>Acer negundo</i>	6,0	9,9	14,0	17,2	7,8	13,4
<i>Fraxinus angustifolia</i>	55,4	-	-	-	12,5	58,3
<i>Pinus pinea</i>	74,5	-	-	-	20	46,8
<i>Fraxinus excelsior</i>	59,2	-	-	-	16,2	53,4
<i>Myoporum laetum</i>	37,2	-	-	-	8,7	19,0
<i>Myoporum laetum</i>	11,8	8,9	-	-	4,7	2,4
<i>Myoporum laetum</i>	28,6	13,1	-	-	4,7	5,3
<i>Myoporum laetum</i>	31,2	-	-	-	7,8	13,0
<i>Myoporum laetum</i>	8,9	-	-	-	4,9	1,4
<i>Myoporum laetum</i>	37,9	-	-	-	8,6	18,9
<i>Fraxinus excelsior</i>	75,1	-	-	-	14,5	49,1
<i>Pinus radiata</i>	77,7	-	-	-	22,7	44,6
<i>Pinus radiata</i>	71,3	-	-	-	15,6	44,9
<i>Araucaria angustifolia</i>	22,3	-	-	-	5,8	4,8
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	30,6	-	-	-	13,2	14,2
<i>Fraxinus excelsior</i>	37,6	-	-	-	13,5	39,4
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	44,9	-	-	-	12,6	27,7
<i>Fraxinus excelsior</i>	47,1	-	-	-	13,3	49,6
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	19,4	-	-	-	6,7	4,1
<i>Aristotelia chilensis</i>	8,9	10,8	9,5	8,0	5,9	5,1
<i>Fraxinus excelsior</i>	71,9	-	-	-	13,6	51,3
<i>Fraxinus excelsior</i>	66,8	-	-	-	12,6	53,8
<i>Fraxinus excelsior</i>	66,2	-	-	-	14,9	52,8
<i>Fraxinus excelsior</i>	75,4	-	-	-	14,9	48,7
<i>Fraxinus excelsior</i>	84,7	-	-	-	15,1	43,1
<i>Aristotelia chilensis</i>	8,9	-	-	-	5	1,6
					Total	1.243,8