



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA CONSERVACIÓN DE LA
NATURALEZA
MAGÍSTER EN GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN AMBIENTAL
PROGRAMA INTERFACULTADES

**ANÁLISIS DE PROPUESTAS DE CONTRIBUCIÓN DEL
ARBOLADO URBANO PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL
AIRE EN ÁREAS DE LA PROVINCIA DE SANTIAGO**

Tesis para optar al grado de Magíster en Gestión y Planificación
Ambiental

CARLA CRIOLLO CÉSPEDES

Profesor Guía: Dra. Margarita Préndez

Santiago, Chile
2015



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA CONSERVACIÓN DE LA
NATURALEZA
MAGÍSTER EN GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN AMBIENTAL
PROGRAMA INTERFACULTADES

Proyecto de Grado como parte de los requisitos para optar al grado de Magíster
en Gestión y Planificación Ambiental.

Profesor Guía

Nombre: Margarita Préndez

Nota:

Firma _____

Profesor Consejero/a

Nombre: Alexis Vásquez

Nota:

Firma _____

Profesor Consejero/a

Nombre: Rodrigo Assar

Nota:

Firma _____

Santiago, Chile
2015

AGRADECIMIENTOS

INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	xi
SUMMARY	xii
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS E HIPOTESIS	
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
2.3 Hipótesis.....	4
3. MARCO TEORICO	
3.1 Aspectos generales.....	5
3.2 Mecanismos de emisión de compuestos orgánicos volátiles biogénicos por la vegetación.....	9
3.3 Parque automotriz como fuente de contaminantes primarios.....	10
3.4 Efectos de ozono sobre la salud humana, vegetales y materiales	12
3.5 Inventario de emisiones.....	15
3.6 Arbolado urbano.....	18
4. MATERIALES Y METODOS	
4.1 Selección del área de estudio.....	23
4.2 Población comunal.....	23
4.3 Estaciones de monitoreo.....	24
4.4 Superficie de áreas verdes por habitante.....	25
4.5 Egresos hospitalarios.....	26

4.6 Análisis estadístico.....	27
4.7 Selección final de las comunas en estudio.....	28
4.8 Inventario de emisiones.....	29
5. RESULTADO Y DISCUSION	
5.1 Datos de inventario arbolado urbano.....	30
5.2 Especies exóticas.....	34
5.3 Modificación al inventario de emisiones para la Región Metropolitana con remplazo en los factores de emisión experimentales	36
5.4 Análisis estadístico de casos de asma por comuna.....	40
5.5 Análisis estadístico de casos de neumonía por comuna.....	43
6. CONCLUSION.....	49
7. RECOMENDACIONES.....	52
8. BREVE LINEAMIENTOS PARA LA ELABORACION DE INVENTARIO ARBOLADO URBANO.....	54
8.1 Introducción.....	54
8.2 Objetivo general y objetivos específicos.....	55
8.2.1 Objetivo general.....	55
8.2.2 Objetivos específicos.....	55
8.3 Alcance.....	56
8.4 Requerimientos necesarios previos al inventario.....	56
8.5 Características fundamentales.....	56

8.5.1 Ubicación.....	57
8.5.2 Nombre de las especies.....	57
8.5.3 Estados fitosanitario del ejemplar.....	58
8.5.4 Observaciones.....	58
9. BIBLIOGRAFIA.....	67
10. ANEXOS.....	74

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de algunos terpenos.....	7
Figura 2. Esquema de la reacción en ausencia de COV's (A) y esquema en presencia de COV's (B). (Fuente Atkinson 2000).....	8
Figura 3. Crecimiento del parque automotriz entre los años 2008 al 2014 (Fuente: INE).....	11
Figura 4. Permisos de circulación para las comunas de la provincia de Santiago para los años 2008 al 2014 (Fuente: INE).....	12
Figura 5. Muertes prematuras globales por riesgos ambientales: Base 2010 al 2050. (Fuente: Elaboración propia con datos de la OECD)	13
Figura 6. Muertes prematuras por millón de habitantes vinculadas a diferentes países (Fuente: OECD).....	13
Figura 7. Enfoque metodológico para elaboración de planes directores comunales de arbolado urbano (Fuente: Hernández 2007)...	21
Figura 8. Radio de 2 km estaciones de monitoreo para las comunas de Independencia, Las Condes y Cerrillos.....	25
Figura 9. Áreas verdes e ingreso per cápita de las comunas de la provincia de Santiago. (Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 2011).....	25
Figura 10. Región Metropolitana con distribución geográfica de las comunas seleccionadas y estaciones de monitoreo de la calidad del aire.....	28
Figura 11. Unidades de árboles exóticos y nativos para comunas de estudio según información entregada por las respectivas municipalidades (Fuente: elaboración propia, a partir de datos proporcionado por municipalidades).....	32
Figura12. Comunas y relación de estacionalidad, material particulado, ozono y ozono desestacionalizado, para casos de asma.	41

(Fuente: elaboración propia).....

Figura 13. Comunas y relación de estacionalidad, material particulado, ozono y ozono desestacionalizado, para casos de neumonía 45
(Fuente: elaboración propia).....

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Total de población comunal, según proyecciones al 2014, sobre la base del censo 2002.....	24
Cuadro 2. Resumen información enviada por comunas de la Provincia de Santiago.....	33
Cuadro 3. Cantidad de especies exóticas con mayor presencia, para las comunas en estudio.....	35
Cuadro 4. Factores de emisión del programa GLOBEIS para <i>Crategus</i> y <i>Alnus</i> versus valores experimentales para las especies <i>Quercus suber</i> y <i>Quillaja saponaria</i>	37
Cuadro 5. Emisiones de isopreno y monoterpenos, expresadas en toneladas anuales, obtenidas con modificación de FE experimentales.....	38
Cuadro 6. Emisiones de isopreno y monoterpenos, expresadas en toneladas anuales, obtenidas post modificación de los valores experimentales de factores de emisión.....	39
Cuadro 7. Emisiones totales para 35 comunas de la Región Metropolitana usando valores de los factores de emisión de 13 especies arbóreas y el programa GLOBEIS 3.0.....	40
Cuadro 8. Comunas y su interacción con los factores estacionalidad, ozono, material particulado y ozono desestacionalizado, para casos de asma.....	41
Cuadro 9. Comunas y su interacción con los factores estacionalidad, ozono, MP2,5 y ozono desestacionalizado, para casos de neumonía.....	44
Cuadro 10. Hospitales y sus ubicaciones geográficas.....	47

RESUMEN

El ozono es un contaminante secundario, formado por reacciones fotoquímicas, a partir de óxidos de nitrógeno (NOx) y compuestos orgánicos volátiles (COVs), los cuales pueden ser de tipo antropogénico o biogénico (COVB). Los COVB, constituyen un porcentaje importante de la totalidad de compuestos orgánicos volátiles, lo que permite determinar las especies que más contribuyen y la distribución geográfica de este aporte. Este estudio tiene como objetivo aportar al análisis de propuestas para la mejor contribución del arbolado urbano a la mejora de la calidad del aire en áreas de la provincia de Santiago, al cálculo de un nuevo inventario de emisiones de COVB para la región metropolitana, con la incorporación de nuevos factores de emisión experimentales y al análisis de los efectos en salud para las afecciones de asma y neumonía y su relación con las concentraciones de ozono.

La elección de las comunas estudiadas se generó considerando número de habitantes, estaciones de monitoreo, porcentaje de áreas verdes y visión geográfica. Los resultados muestran relación entre el arbolado urbano, el tipo de especies del arbolado y las afecciones respiratorias. Como consecuencia, se recomienda, en lo posible, reemplazar las especies exóticas por especies nativas y desarrollar una gestión más eficiente del arbolado urbano municipal. Se adjuntan lineamientos para la elaboración de inventarios de arbolado urbano comunal.

SUMMARY

Ozone is a secondary pollutant derived by photochemical reactions of biogenic or anthropogenic (COVB) nitrogen oxides (NO_x) and volatile organic compounds (VOCs). The COVB constitute a significant proportion of all volatile organic compounds, thereby helping in the determination of the species that contribute the most and the geographical distribution of this contribution.

The aim of this study is to contribute to the analysis of proposals for the best distribution of urban trees to improve air quality in the Santiago area, and to generate a new inventory of COVB emissions for the metropolitan region, using new experimental emission factors and taking into account health conditions such as asthma and pneumonia and its relation with ozone concentrations.

The municipalities studied were chosen considering the number of people living in that area, the number of monitoring stations, the percentage of green areas and the geographical vision.

The results show a relationship among type of urban trees, the species of trees and respiratory conditions. Thus, we recommend, if possible, to replace exotic species with native ones and to develop a more efficient municipal urban forest management. Guidelines for the development of inventories of municipal urban trees are attached.

1. INTRODUCCIÓN

El ozono es un contaminante secundario, formado, en reacciones fotoquímicas, a partir de óxidos de nitrógeno (NOx) y compuestos orgánicos volátiles (COVs) que, a nivel de la tropósfera, tiene influencias negativas sobre la salud humana y vegetal, así como sobre condiciones físicas de ciertos materiales.

Los compuestos COVs pueden ser de origen antropogénico (COVA) y/o biogénico (COVB), siendo los COVB los provenientes de la vegetación, los océanos, las aguas superficiales continentales, los sedimentos, la descomposición microbiana de material orgánico, los depósitos geológicos de hidrocarburos y los volcanes (Fehsenfeld *et al.*, 1992).

Por su parte, los arboles constituyen una fuente natural descontaminante proporcionando importantes servicios ambientales ecosistémicos (Henrik *et al.*, 2012) y es por esto que en muchas ciudades se está mirando al arbolado urbano como una herramienta de descontaminación del aire y no sólo para el esparcimiento y descanso. Las especies que se encuentran formando parte del arbolado urbano tradicionalmente han sido elegidas por gusto, afinidad, valor económico u otro motivo, por los encargados de las municipalidades, sin tener en cuenta las interacciones de los árboles con la atmósfera y aún menos con la química atmosférica. En este sentido, el factor de emisión específico de los COVB que presenta cada especie arbórea resulta relevante. El factor de

emisión corresponde a la velocidad de emisión de ciertos compuestos químicos emitidos a la atmósfera y es propio de cada especie arbórea.

En el año 1996 la Región Metropolitana, fue declarada zona saturada por ozono troposférico (D.S.N°131/96); el D.S.N°112/02 estableció la norma chilena para ozono en $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ N, promedio móvil de 8 horas. Al ser el ozono un contaminante secundario, el control de las emisiones de sus precursores es la única forma de poder intervenir sobre sus concentraciones en la atmósfera.

La investigación realizada por Escobedo (2008), señala el beneficio costo-efectividad de la descontaminación atmosférica mediante arbolado urbano para Santiago de Chile; los resultados indican que se puede lograr una gestión rentable de los árboles municipales urbanos, contribuyendo a la descontaminación, con la selección adecuada de especies y lugares.

De esta forma, se hace necesario determinar las especies y el número de éstas que se encuentran presentes en la provincia de Santiago, para conocer el grado de participación de los COVB sobre el inventario de emisiones totales de COVs y de esta forma contribuir a mejorar estrategias de descontaminación para las áreas seleccionadas.

2. OBJETIVOS E HIPOTESIS

2.1 Objetivo general

Evaluar emisiones del arbolado urbano existente y analizar sus posibles efectos sobre la salud respiratoria humana, en comunas seleccionadas de la provincia de Santiago, con el fin de proponer acciones para mejorar la gestión y composición del arbolado urbano comunal y por consiguiente la calidad del aire.

2.2 Objetivos específicos

- 2.2.1 Evaluar la información existente actualmente en las comunas de la provincia de Santiago respecto al arbolado urbano.
- 2.2.2 Analizar las diferencias generadas en el inventario de emisiones, al incorporar los factores de emisión experimentales de algunas especies arbóreas, en las comunas seleccionadas.
- 2.2.3 Analizar los efectos de los contaminantes atmosféricos sobre la salud respiratoria de la población de las comunas seleccionadas.

2.3 Hipótesis

La determinación de los factores de emisión experimentales de la mayor cantidad de especies arbóreas presentes o de las más representativas permitiría elaborar un inventario de emisiones más ajustado a la realidad del área en estudio y por lo tanto permitiría realizar una gestión más apropiada de su arbolado urbano, logrando mejorar la calidad del aire y un impacto positivo sobre los indicadores de salud respiratoria de la población.

3 MARCO TEÓRICO

3.1 Aspectos generales

El ozono urbano es un contaminante secundario que se forma en la tropósfera a partir de la reacción de óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COVs), a través de una reacción fotoquímica. La tropósfera corresponde a la sección más cercana a la superficie terrestre, siendo la primera región de la atmósfera y puede alcanzar entre 10 y 15 kilómetros de altitud, dependiendo de la latitud.

Los COVs se emiten a la tropósfera en grandes cantidades, tanto por fuentes antrópicas como biogénicas (Roukos *et al.*, 2009). Las fuentes de origen antrópico incluyen a los gases de escape de los vehículos motorizados que queman combustible fósil, a la evaporación de combustibles líquidos, solventes y pinturas (Seguel 2013).

La exhalación humana es otro aporte antropogénico de COVs, con la emisión de isopreno, según pruebas realizadas en humanos en aire exhalado proveniente de la respiración. Este isopreno es un subproducto metabólico de la síntesis del colesterol. El promedio de isopreno en la respiración se encuentra en el rango de concentraciones entre $0,065 \pm 0,058$ mg/L (Kinoyama *et al.*, 2008).

Las fuentes de emisión de COVsB (compuestos orgánicos volátiles biogénicos) naturales más importantes son: la vegetación, los océanos, las

aguas superficiales continentales, los sedimentos, la descomposición microbiana de material orgánico, los depósitos geológicos de hidrocarburos y los volcanes (Fehsenfeld *et al.*, 1992). Se estima que los COVsB representan entre el 53% y el 86% de la producción global total de COVs (Peñuelas *et al.*, 2010), siendo la vegetación la principal fuente de emisión.

Guenther *et al.*, (1995) desarrollaron un modelo global para la estimación de emisiones de COVsB. Los COVs biogénicos están constituidos por isopreno (2-metil-1,3 butadieno, C_5H_8), compuesto altamente reactivo debido a sus dobles enlaces de carbono-carbono, donde se originan principalmente los ataques por radicales libres en la atmósfera, por monoterpenos (dos unidades de isopreno) de menor volatilidad que isopreno, por sesquiterpenos (tres unidades de isopreno) y por una importante variedad de especies oxigenadas. Sin embargo, el isopreno y los monoterpenos constituyen la fracción más importante de los COVsB y se ha estimado que en promedio se emiten 15 o más monoterpenos por especie vegetal (Arneth *et al.*, 2008).

Los monoterpenos se emiten desde una gran variedad de especies vegetales como mecanismos de defensa contra insectos y otros herbívoros y como atracción para polinizadores y enemigos naturales de los herbívoros. Se estima además, que la emisión de isopreno beneficia a las plantas aumentando su tolerancia a la temperatura (Peñuelas y Lluisa, 2002; Calfapietra *et al.*, 2008). Recientemente se ha informado el beneficio de las emisiones de las

especies nativas sobre la población de abejas, promoviendo abundancia y número de especies de abejas (Gabriella *et al.*, 2014).

Las emisiones globales antropogénicas de COVs son aproximadamente 100 TgC por año (Kansal *et al.*, 2009), mientras que las emisiones globales de isopreno desde fuentes biogénicas tienen un valor estimado entre 440 a 600 TgC por año (Guenther *et al.*, 2006). Esto genera un gran interés por determinar las reales concentraciones atmosféricas de los COVsB, ya que son precursores para la generación de ozono.

Al grupo de compuestos orgánicos que incluye isopreno, monoterpenos y sesquiterpenos, entre otros, se les denomina terpenos, correspondiendo a compuestos químicos orgánicos que cuentan con las características de ser volátiles, aromáticos al olfato, de baja solubilidad en agua y químicamente reactivos debido a su estructura (Figura 1).

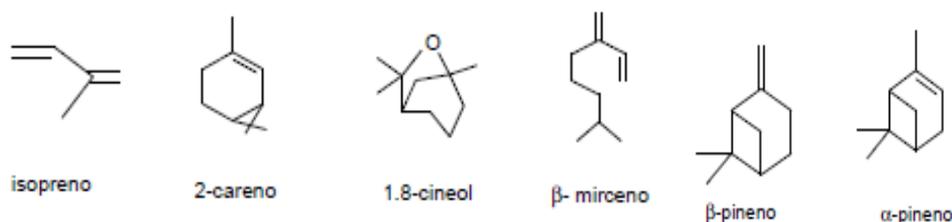


Figura 1. Estructura de algunos terpenos

Los terpenos son emitidos por especies vegetales dependiendo de la edad, especie y condiciones ambientales en que éstas se desarrollan. La

formación de ozono troposférico ocurre por reacciones químicas y fotoquímicas dentro de la primera zona de la atmósfera.

El NO_2 presente en la atmósfera por medio de fotólisis, genera una molécula de NO y un átomo de oxígeno, el cual reacciona con otra molécula de oxígeno presente en la atmósfera en alta concentración en comparación a los demás gases presentes en la tropósfera, generando una molécula de ozono. Esta molécula de ozono puede reaccionar con NO , formando nuevamente NO_2 , en un equilibrio fotoquímico que incluye a NO , NO_2 y O_3 , sin generación neta de otra molécula (Figura 2 A). Esta reacción ocurre en ausencia de COVs.

Cuando hay presencia de COVs las reacciones químicas siguen el esquema de la figura 2 B. Radicales hidroxilo ($\cdot\text{OH}$) presentes en la atmósfera oxidan a los COVs, generando radicales peroxialquilos ($\cdot\text{RO}_2$), los que a su vez generan la producción de NO_2 a partir de NO , pudiendo generarse ozono. Otro radical que también genera producción de NO_2 a partir de NO es el radical hidroxiperoxilo ($\cdot\text{HO}_2$) (Atkinson, 2000).

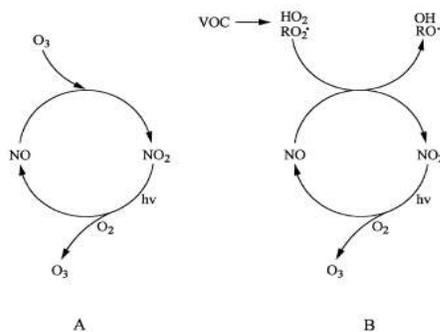


Figura 2. Esquema de la reacción en ausencia de COV's (A) y esquema en presencia de COV's (B). (Fuente: Atkinson 2000)

3.2 Mecanismos de emisión de compuestos orgánicos volátiles biogénicos por la vegetación

La mayor fuente de emisión de compuestos orgánicos volátiles es la vegetación. Estas emisiones se generan por las interacciones entre las especies vegetales y el medio en el cual se desarrollan, pudiendo ser influenciado por factores abióticos y bióticos.

Los factores ambientales abióticos que interactúan con la vegetación, son: intensidad de la luz, humedad relativa y temperatura. Estos factores, entre otros, se encuentran contenidos en el modelo más aceptado para la descripción de las emisiones de isopreno y monoterpenos (Guenther *et al.*, 1993 y 1991).

Según el tipo de compuesto orgánico volátil habrá mayor o menor respuesta a estos factores. Es así como el isopreno tiene una fuerte respuesta a la luz, como a su vez una muy baja o nula respuesta en ausencia de ella. Esto se debe a que el isopreno es generado en los cloroplastos a partir de la isopreno sintetasa en la especie vegetal, los que a su vez se activan en presencia de luz.

Las mayores concentraciones de isopreno se encuentran entre las 9:00 am y 5:00 pm del día, horas que corresponden a las de mayor cantidad de radiación solar (Morales, 2013). Las mediciones para isopreno durante las horas de oscuridad son prácticamente cero, debido a la ausencia de luz.

Algunos monoterpenos se emiten en función de la temperatura y la luz a través de los cloroplastos, lo que significa que son generados y emitidos

inmediatamente al igual que sucede con el isopreno. Sin embargo, hay otros monoterpenos que también se pueden acumular en estructuras especiales y liberarse dependiendo de las necesidades, en función de la temperatura de la hoja (Fuentes *et al.*, 2000). La liberación de los monoterpenos depende de la presión de vapor, área de superficie de interfase entre la hoja y el aire circundante y de la humedad del aire, siendo este proceso característico para cada especie vegetal. Otros factores que afectan la emisión son la concentración de CO₂ atmosférico y la nutrición (Loreto y Schnitzler, 2010).

La presencia de animales herbívoros e insectos, son factores bióticos que pueden generar también la liberación de terpenos desde la especie vegetal como respuesta al estrés. Estos terpenos son liberados según la etapa de desarrollo específico, por ejemplo, la senescencia, la floración y la maduración del fruto (Loreto y Schnitzler, 2010).

3.3 Parque automotriz como fuente de contaminantes primarios

Junto con los COVsB, los óxidos de nitrógeno (NOx), que son una mezcla de contaminantes primarios y secundarios, son precursores de la formación de ozono troposférico. Los NOx urbanos se generan como consecuencia de la combustión de fuentes fijas, vehículos a gasolina y motores diésel; en general, por la combustión con aire a altas temperaturas. En los últimos años el parque automotriz del país ha tenido un gran aumento y la provincia de Santiago y sus diferentes comunas han seguido esta tendencia; así, en los últimos 6 años el número de vehículos motorizados ha crecido en un

39,4%, teniendo el mayor aumento en los años 2010 al 2012 y 2013 al 2014, siendo el último periodo el que presenta un mayor crecimiento respecto a los años anteriores, alcanzando un 7,75% (Figura 3).

El análisis detallado de las cifras de los permisos de circulación de las comunas muestra el mayor aporte al parque automotriz de las comunas de Santiago, La Florida, Las Condes, Maipú, Peñalolén, Providencia y Vitacura (Figura 4).

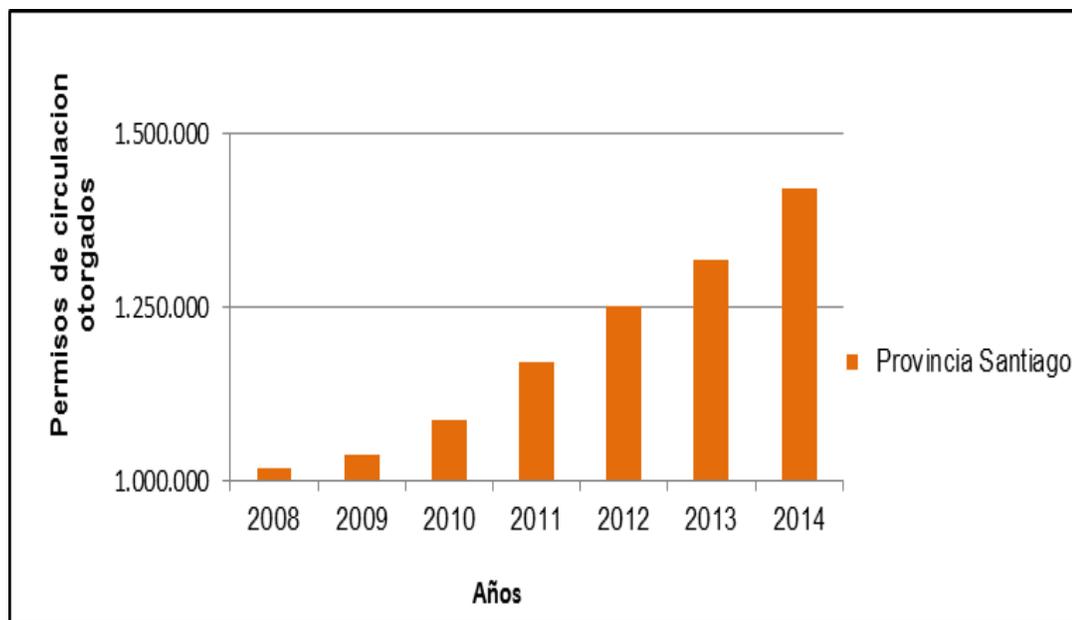


Figura 3. Crecimiento del parque automotriz entre los años 2008 al 2014 (Fuente: INE).

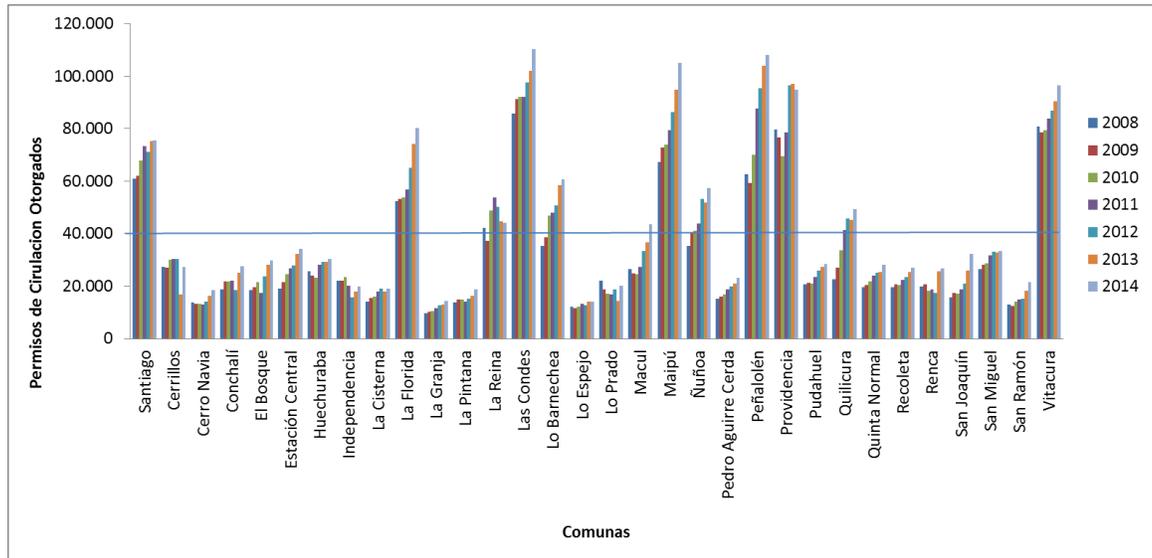


Figura 4. Permisos de circulación para las comunas de la provincia de Santiago para los años 2008 al 2014 (Fuente: INE).

3.4 Efectos de ozono sobre la salud humana, vegetales y materiales

El ozono afecta la salud humana, la vegetación y el ambiente construido. Respecto a la salud, este contaminante presenta efectos típicos especialmente sobre el aparato respiratorio (Matus y Lucero, 2002). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1995) los problemas de mayor preocupación son: el aumento en las admisiones hospitalarias, la exacerbación del asma y las inflamaciones pulmonares. Diversas investigaciones demuestran la relación entre concentraciones elevadas de ozono y el asma en niños que realizan actividad física (McConnell *et al.*, 2002), así como también el aumento en la tasa de mortalidad a corto plazo, debido a aumentos en las concentraciones de ozono en la atmósfera (Bell *et al.*, 2004).

Otro factor a considerar en los efectos sobre la salud de las personas es el transporte del contaminante desde zonas urbanas a zonas rurales, impactando áreas que no son las generadoras de los precursores, pero que si reciben el contaminante secundario. La OECD (2012) afirma que el incremento de la contaminación ambiental por ozono podría incrementar las muertes prematuras por fallas respiratorias y las muertes prematuras de niños (Figura 5); la figura 6 muestra las muertes por millones de habitantes en los países pertenecientes y no pertenecientes a la OECD.

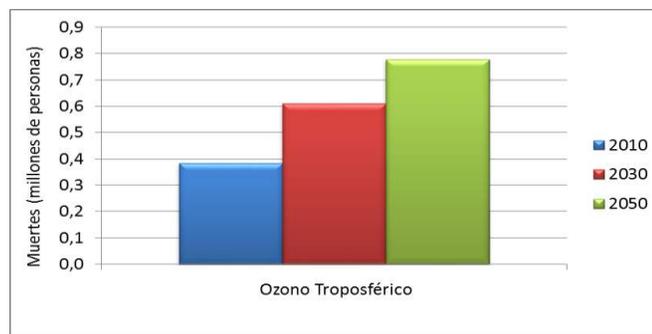


Figura 5. Muertes prematuras globales por riesgos ambientales: Base 2010 al 2050. (Fuente: Elaboración propia con datos de la OECD).

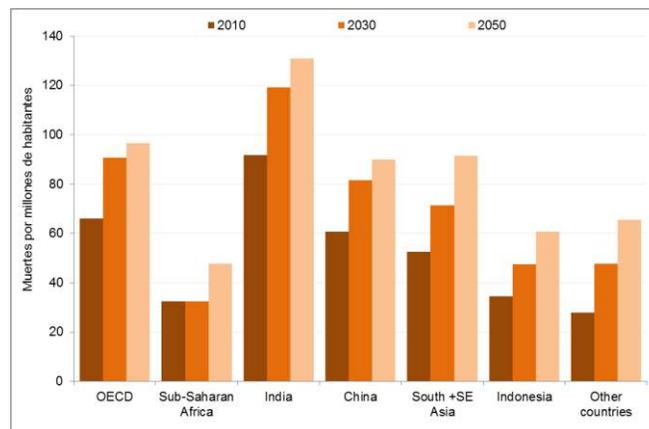


Figura 6. Muertes prematuras por millón de habitantes vinculadas a diferentes países (Fuente: OECD).

Al pasar de los años, Chile ha experimentado cambios en el tipo de enfermedades que llevan a la muerte de la población del país. En los años 50, las enfermedades respiratorias (neumonías y bronconeumonías) eran padecidas por niños; en la actualidad estas enfermedades se presentan fuertemente en el grupo de adultos mayores (Maldonado, 2005). Un análisis para los últimos años muestra el aumento en la tasa de muertes por enfermedades respiratorias para los habitantes de la Región Metropolitana y para el grupo etario sobre los 65 años (DEIS, 2001 y 2007) (Anexo 1). Cabe destacar que las enfermedades respiratorias están dentro de las 10 primeras causas de muerte en Chile (Deis, 2000 y 2010) (Anexo 2).

Por otra parte (Zhaozhong *et al.*, 2014) muestran que la vegetación presenta síntomas de exposición a ozono observables a simple vista, tales como cambios de coloración, manchas y senescencia prematura. Otros de los efectos negativos que el ozono produce en las especies vegetales son: la reducción de la fotosíntesis hasta en un 50% (trébol y trigo), la disminución de biomasa del árbol y la disminución del rendimiento del cultivo (Felzer *et al.*, 2007).

Daño por ozono sobre los materiales se produce por corrosión de metales, proceso que se acelera en presencia de dióxido de azufre (SO₂) (Health-Canada and Environment-Canada, 1999; Morales, 2006).

3.5 Inventario de emisiones

En Chile la norma primaria establecida para ozono (D.S.N°112/02) es de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, promedio móvil de 8 horas. Sin embargo, especialmente en los meses de verano, esta norma se sobrepasa ampliamente en diferentes comunas de la Región Metropolitana (RM). De acuerdo con Schmitz, (2005) y Morales, (2006), el aumento de las concentraciones ambientales en los meses de verano se debe a la influencia del anticiclón subtropical sobre la RM, con presencia de cielos despejados y altas temperaturas. Las altas temperaturas aumentan las emisiones evaporativas de los precursores de ozono y su acumulación por razones meteorológicas (Morales, 2006). Todo lo anterior, sumado a la topografía de la RM y a la baja velocidad de los vientos, son factores que favorecen la formación de ozono.

Como se indicara anteriormente, el ozono es un compuesto secundario, de modo que su formación depende de la emisión de sus precursores. Los inventarios de emisiones de contaminantes atmosféricos corresponden a la captura de información y validación de las emisiones que se producen por las actividades antropogénicas y biogénicas en una ciudad (Morales, 2013), y se ocupan como instrumentos estratégicos para la toma de decisiones en procesos de gestión de la calidad del aire.

La Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA, utilizó en 1997 el modelo GLOBEIS 3.0, para la realización de un inventario de emisiones, obteniendo un total de 80.682 t/año de COVs de los cuales 9.379 t/año son de

COVsB que corresponden al 11,62%. En el año 2004, se realizó otro inventario utilizando el modelo UFORE (FONDEF D00I 1078, 2004). Este último inventario estimó un total de 823 t/año de COVsB, de un total de contaminantes (CO, O₃, MP, SO₂ y NO₂) de 3.500 t/año. En ambos inventarios el cálculo consideró las emisiones de isopreno, monoterpenos totales y otros compuestos orgánicos volátiles por especie arbórea, usando relaciones taxonómicas, para cada uso de suelo y para toda la ciudad de Santiago.

En el inventario más reciente, realizado por el DICTUC (2007), se presentó la actualización del inventario 2005 y el escenario al 2010. Para el año 2005, las emisiones biogénicas se estimaron en 22,4% del total de las fuentes estacionarias. Cabe mencionar que las emisiones biogénicas quedaron incluidas dentro de fuentes estacionarias en el ítem “otras areales”. Para el escenario del 2010, se proyectó un valor de 20,6% del ítem “otras areales” del total de las fuentes estacionarias. Dentro de las fuentes estacionarias, se encuentra una gran variedad de tipos de fuentes, entre ellas las emisiones de tipo residencial, comercial, biogénicas, quemas e incendios forestales.

Para los inventarios del 1997, del 2004 y del 2007, se usaron FE determinados en otros países, para especies exóticas presentes en Chile, los que fueron asignados sin considerar los factores abióticos (tipo de suelo, temperatura ambiental, capacidad hídrica, etc.). Para las especies nativas chilenas, se asimilaron por taxonomía sus factores de emisión por los de especies exóticas presentes en el programa, por defecto. Esto conlleva a una

doble aproximación, no sólo a la asimilación taxonómica, sino también ambiental entre los países en los que fue medido el factor de emisión.

Los Factores de Emisión (FE) son la base de los inventarios de emisiones biogénicas y representan la velocidad de emisión de un determinado compuesto para un tipo de vegetación específica, relativa a la unidad de área o de biomasa foliar. Se expresa como la cantidad de emisión, ya sea, respecto al área de la hoja ($\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$) o a la masa de biomasa seca [$\mu\text{g (g peso seco)}^{-1} \text{h}^{-1}$] (Sharkey *et al.*, 1996). Los FE son específicos para cada especie arbórea y para cada compuesto químico emitido, según las condiciones ambientales y la estacionalidad. El uso de FE de otros países en el inventario de Santiago, implica que los inventarios realizados distan de la realidad, ya que dichos FE fueron determinados en ambientes con características muy diferentes.

En la RM se han realizado mediciones experimentales de FE para isopreno y monoterpenos para especies nativas y exóticas, así como su potencial formador de ozono. Los resultados, para el grupo de especies estudiadas, indican que, en general, los FE de especies nativas son menores que los de especies exóticas, así como también su capacidad formadora de ozono (Anexo 3) (Préndez *et al.*, 2013, 2013a). Carvajal (2011) hace un cálculo de inventario de emisiones contando con el 20% aproximado de las especies más representativas de la Región Metropolitana según el informe de FONDEF D00I 1078, 2004; los resultados muestran una diferencia entre los valores

obtenidos experimentalmente y los de literatura. Esta aproximación se amplía con el trabajo de Morales (2013) y Préndez *et al.* (2014).

3.6 Arbolado urbano

Históricamente el arbolado urbano ha sido parte del paisaje de las ciudades, siendo una presencia muchas veces desapercibida por los habitantes, sin otorgarle mayor valor y en muchas ocasiones sólo valor recreacional y estético. Entre algunos de los beneficios del arbolado urbano más comúnmente mencionados se encuentran: disminución de la escorrentía de aguas lluvias, mejora de la calidad de aire, disminución de la isla de calor y proporción de sombra (Burden, 2006). El arbolado urbano constituye parte integral de la ciudad, generando beneficios ambientales, sociales y económicos (Mullaney *et al.*, 2015). Ejerce un positivo efecto sobre la salud humana (Donovan *et al.*, 2013), aumenta la interacción ciudadana y la valorización económica.

A pesar de los beneficios del arbolado, las ciudades se encuentran limitadas en la cobertura de árboles debido a la presión habitacional que ejerce la necesidad de impermeabilizar más áreas en post de mayor oferta de viviendas, lo que da gran importancia al manejo del arbolado y a la correcta gestión que debe tener asociada a su implementación. No obstante, el reconocimiento de las opiniones y preferencias del ciudadano hacia su entorno

es fundamental para la formulación de políticas y su gestión (Morelia *et al.*, 2014), haciendo parte al ciudadano de su entorno ambiental.

En Chile, el arbolado se encuentra bajo la responsabilidad de los municipios de cada comuna, observándose diferencias en la gestión dependiendo del sector económico al cual pertenezca (Hernández *et al.*, 2007); es así como muchas comunas se ven afectadas por la injusticia ambiental debido a la desigualdad socio-económica entre las comunas de la RM, siendo las más pobres las menos arborizadas (Vásquez, 2015). Una revisión de la normativa existente, muestra la ausencia de una norma marco que regule la gestión del arbolado de forma integral y homogénea para todas las comunas del país.

La Constitución Política de Chile en el artículo 19°, número 8° señala: *“El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Es deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza”*. La ley 18.695 Orgánica constitucional de Municipalidades (LOCM), determina las acciones de las Municipalidades y en su Artículo 3 señala: *“Corresponderá a las municipalidades, en el ámbito de su territorio, las siguientes funciones privativas:*

- a) Elaborar, aprobar y modificar el plan comunal de desarrollo cuya aplicación deberá armonizar con los planes regionales y nacionales.*
- b) La planificación y regulación de la comuna y la confección del plan regulador comunal, de acuerdo con las normas legales vigentes”*.

En el Artículo 4º de la misma ley señala: *“Las municipalidades, en el ámbito de su territorio, podrán desarrollar, directamente o con otros órganos de la Administración del Estado, funciones relacionadas con: (b) La salud pública y la protección del medio ambiente”*.

Esta breve revisión muestra la falta de una normativa clara y específica para el arbolado urbano, haciendo que cada comuna tenga una interpretación propia de las leyes y normas, originando como consecuencia diferencias de gestión y más posibilidades de desarrollo a comunas de mayores ingresos.

Una base de la gestión del arbolado urbano público, lo constituye el “Censo de arbolado urbano”, ya que el gestor debe conocer la información de los componentes del arbolado y sus características. Hernández (2007), plantea un enfoque metodológico para la elaboración de planes directores comunales, donde interaccionan los componentes biológicos, físicos y sociales (figura 7).

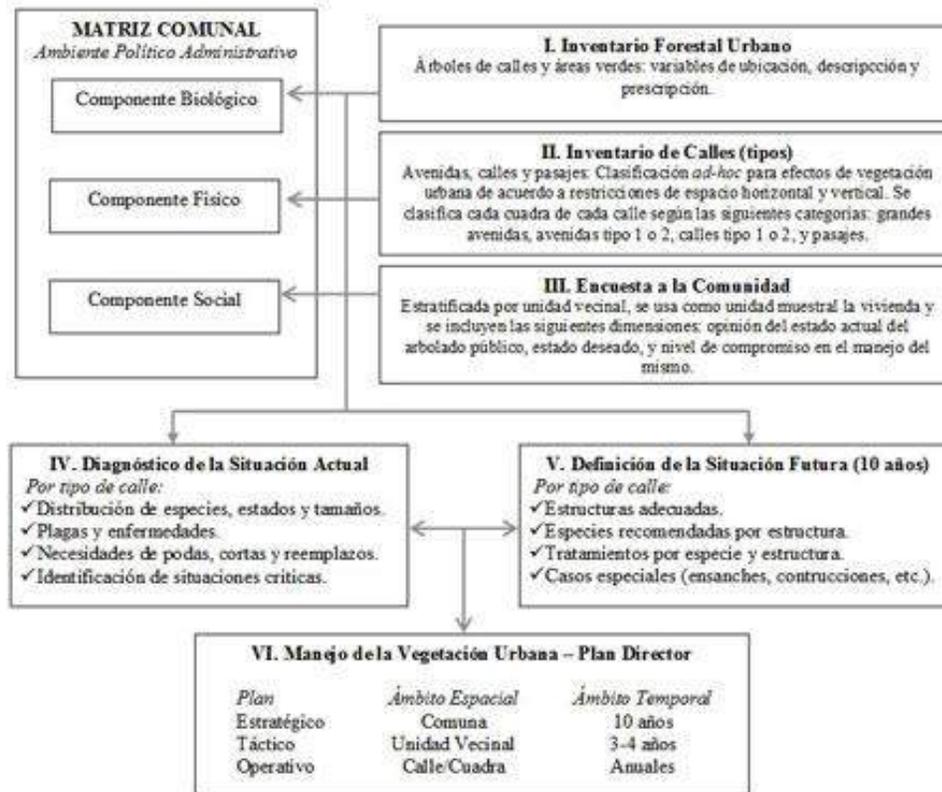


Figura 7. Enfoque metodológico para elaboración de planes directores comunales de arbolado urbano. (Fuente: Hernandez 2007)

Una revisión del estado de esta gestión en algunos países latinoamericanos, muestra que en Perú, de conformidad a la ley 27.072 “Orgánica de municipalidades”, Artículo 159°, inciso 4.2, se dicta la ordenanza 525° para la municipalidad metropolitana de Lima, en que se establece el régimen de protección, conservación, defensa y mantenimiento de las áreas verdes de uso público, estableciendo en su capítulo V, la metodología del inventario de arbolado y la obligación de la municipalidad de Lima de generar el formato del inventario de especies y remitirlas al resto de las municipalidades a fin de homogeneizar los criterios.

Argentina cuenta con la ley provincial de arbolado público 12.276 del Ministerio de asuntos agrarios de la provincia de Buenos Aires, que aplica para todas las municipalidades de la provincia; donde se establece dentro de las actividades específicas, el inventario de especies, poda, reposiciones, elección de especies, entre otros. Cuenta con un manual de censo de arbolado público cubriendo los parámetros de especie, estado, diámetro, altura, poda, raíces y procesamiento y análisis de la información.

Colombia por su parte, cuenta con el decreto distrital N° 472/03, que establece la entidad responsable de la arborización, tala, aprovechamiento, trasplante o reubicación del arbolado urbano en espacios de uso público de la ciudad. En su Artículo 4°, establece que el departamento técnico administrativo del medio ambiente (DAMA) y el Jardín Botánico José Celestino Mutis, adoptarán conjuntamente el Manual de Arborización para Bogotá mediante Resolución de cumplimiento obligatorio, el que será objeto de revisión y ajuste por el DAMA y el Jardín Botánico cada tres años.

4 MATERIALES Y MÉTODO

4.1 Selección del área de estudio

Se utilizó la información correspondiente al inventario del arbolado urbano, obtenida a través del portal de transparencia de la correspondiente página web, con el detalle del número de árboles por especie de las 32 comunas de la provincia de Santiago.

Se preseleccionaron las siguientes 12 comunas: Cerrillos, Conchalí, La Florida, La Pintana, La Reina, Las Condes, Ñuñoa, Recoleta, San Joaquín, Santiago, Maipú y Vitacura. Para la selección final de las comunas a estudiar se consideraron los siguientes factores: 1.- Población comunal; 2.- Existencia de estaciones de monitoreo de contaminantes del aire; 3.- Datos de inventario de áreas verdes, según selección; 4.- Porcentaje de áreas verdes por habitante; 5.- Visión geográfica.

4.2 Población comunal

Se trabajó con las proyecciones realizadas para el año 2014 a partir de los datos del censo 2002 del Instituto Nacional de Estadísticas de Chile, INE; se preseleccionaron las comunas con mayor población: Maipú, La Florida, Santiago y Las Condes, según se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Total de población comunal, según proyecciones al 2014, sobre la base del censo 2002.

Comuna	Habitantes	Comuna	Habitantes
Maipú	544876	Conchalí	140950
La Florida	388119	Macul	123506
Santiago	344711	Pedro Aguirre Cerda	122093
Las Condes	281623	Lo Espejo	119842
Peñalolén	241576	Quinta Normal	114297
Pudahuel	230833	Lo Prado	112579
Ñuñoa	216452	San Miguel	107797
La Pintana	211536	San Joaquín	104040
Quilicura	202151	Lo Barnechea	101651
El Bosque	193185	La Reina	101459
Recoleta	167258	San Ramón	99615
Cerro Navia	158046	Huechuraba	94342
Renca	150546	La Cisterna	92289
Providencia	145869	Vitacura	88065
Estación Central	144188	Cerrillos	84437
La Granja	142862	Independencia	81755

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas de Chile

4.3 Estaciones de monitoreo

Se preseleccionaron las comunas que contaran con estaciones de monitoreo del SINCA, cuantificando material particulado MP 2,5 y MP 10, y O₃, y que tienen representatividad también para otras comunas. Las comunas elegidas fueron: Independencia, La Florida, Las Condes y Cerrillos. Las mediciones del SINCA son representativas en sus mediciones en un radio de 2 km y por ende aplicables a otras comunas dentro del área; así, la estación de Cerrillos incluye parte de la comuna de Maipú, la de Independencia incluye parte de la comuna de Recoleta y la estación de Las Condes, incluye parte de la comuna de La Reina (figura 8 y Anexo 4).



Figura 8: Radio de 2 km estaciones de monitoreo para las comunas de Independencia, Las Condes y Cerrillos.

4.4 Superficie de áreas verdes por habitante

Respecto de las áreas verdes (entre 1 y 57 m²/habitante en la Provincia de Santiago), se seleccionaron las comunas de Vitacura, Cerrillos, Recoleta, Santiago y La Reina, con valores entre 20 y 57 m²/habitante. La relación entre áreas verdes e ingreso per cápita se muestra en la figura 9.

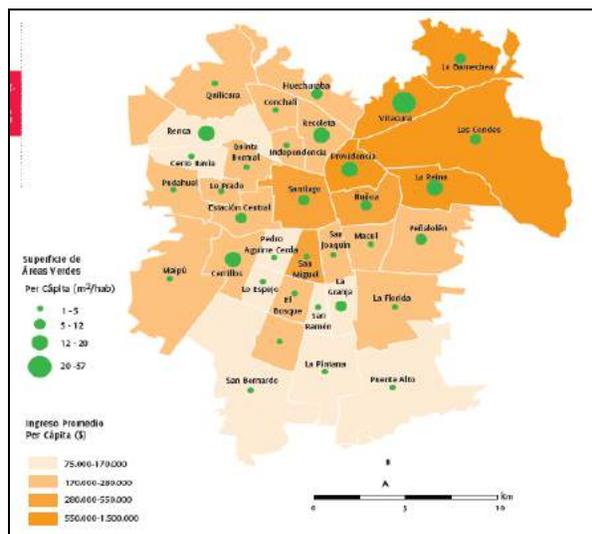


Figura 9: Áreas verdes e ingreso per cápita de las comunas de la provincia de Santiago. (Fuente: Ministerio del medio ambiente, 2011).

4.5 Egresos hospitalarios

Se utilizó la información oficial de los egresos hospitalarios (DEIS, 2015). Los datos corresponden a los egresos de personas desde un servicio de salud por la vía del Fondo Nacional de Salud “Fonasa”, las Instituciones de Salud Previsional “ISAPRE”, la Caja de Previsión de la Defensa Nacional “CAPREDENA”, la Caja de Previsión de Carabineros “DIPRECA”, las FFAA y sin previsión de salud.

Para el análisis estadístico, se consideraron los 5 años, 2007 a 2011, siendo el 2011 el último año disponible en el DEIS, al momento de realizar el análisis estadístico. Las causas de los egresos hospitalarios se agruparon según la Clasificación CIE 10 (DEIS, 2015), que corresponden a las categorías que se le asignan a ciertas enfermedades de acuerdo a criterios establecidos, implementada por el Ministerio de Salud de Chile, MINSAL, a partir del año 1997 y su ratificación en la décima revisión de esta clasificación en el año 2008, mediante decreto supremo (Decreto N°1, 2008. MINSAL).

Para el análisis se seleccionaron los códigos relacionados con las enfermedades respiratorias J12 a J18, correspondientes a las enfermedades asociadas a Neumonías y J45 y J46, correspondientes a las enfermedades relacionadas al asma y otros estados asmáticos. El análisis incluyó ambos sexos sin distinción de edad ni clasificación de servicio de salud y sólo se consideraron los egresos hospitalarios, que corresponden al retiro del paciente del establecimiento de salud, sin incluir los casos de muerte.

4.6 Análisis estadístico

La extracción y tabulación de los datos se realizó mediante el programa estadístico "*Statistical Product and Service Solutions*", SPSS, formato en el que se entrega la información desde la página del DEIS. El análisis se desarrolló mediante el software para el análisis estadístico de datos "R" mediante un análisis de varianza ANOVA.

Se realizó un análisis estadístico buscando la correlación entre las variables de salud y las concentraciones de material particulado MP 2,5 y de ozono, obtenidas del SINCA, para las comunas del estudio. Las concentraciones de PM 2,5, corresponden a valores de 24h, en tanto que las concentraciones de ozono corresponden al promedio móvil de 8 horas.

Dentro de las variables estudiadas se analizó el efecto de la estacionalidad y el efecto del ozono independiente de la estacionalidad (ozono desestacionalizado). La estacionalidad corresponde al efecto de los meses del año sobre la respuesta de egresos hospitalarios y la forma en que la afectan las temporadas de primavera, verano, invierno y otoño. El ozono desestacionalizado corresponde al efecto del ozono sobre la respuesta eliminando el factor de las estaciones del año en la toma de muestra. Para lograr esto, se construyó un modelo sólo con estacionalidad para cada afección y se generó una diferencia del predicho de asma/neumonía al original.

4.7 Selección final de las comunas en estudio

Considerando los criterios anteriormente descritos las comunas seleccionadas fueron las siguientes: Maipú, La Florida, Recoleta, Vitacura, La Reina y Las Condes. Las comunas de Maipú y La Florida corresponden a las comunas con mayor población de la provincia de Santiago. Vitacura, La Reina y las Condes, son comunas con gran cantidad de áreas verdes. Para las comunas sin estaciones de monitoreo, se utilizó la información de SINCA de las comunas vecinas dentro del radio de representatividad de 2 km. La visión geográfica de las comunas seleccionadas dentro del mapa de la Región Metropolitana y las estaciones de monitoreo se muestra en la figura 10.

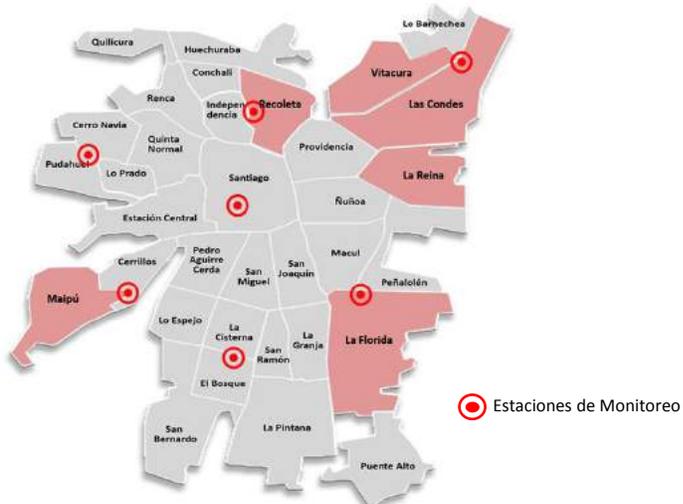


Figura 10: Región Metropolitana con distribución geográfica de las comunas seleccionadas y estaciones de monitoreo de la calidad del aire.

4.8 Inventario de emisiones

El nuevo cálculo del inventario de emisiones se realizó mediante el programa GLOBEIS 3.0. Para ello se remplazaron los factores de emisión de las especies *Robinia pseudoacacia*, *Prunus ceracifera* var. *Pissardii*, *Prunus ceracifera*, *Betula pendula*, *acacia dealbata*, *Olea europea*, *Schinus molle*, *Cryptocarya alba*, *Acacia caven*, *Maytenus boaria* y *Liquidambar styraciflua*. Los valores de factores de emisión para las especies *Alnus* y *Crategus* que se encuentran en el listado del programa (Anexo 5), fueron remplazados por la especie exótica *Quercus suber* y la especie nativa *Quillaja saponaria*, respectivamente. Este remplazo de las especies, se realizó por Filogenia, correspondiente a la relación entre taxones, es decir la relación entre ancestros y descendientes. Se logró una asociación de las especies *Quercus suber* y *Quillaja saponaria* entre los descendientes del clado (ancestro) al que pertenecían (Anexo 6).

5 RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Datos de inventario de arbolado urbano

El cuadro 2 muestra la información recopilada desde las Municipalidades, a través del portal de transparencia. De las 32 comunas de la provincia de Santiago, se obtuvo respuesta de 30 comunas. Los tiempos de envío de información según la ley 20.285, se ajustaron a lo previsto, incluyendo los tiempos de solicitud de prórroga.

Las comunas de Estación Central y Quilicura, no respondieron a la solicitud realizada en el portal de transparencia (S/R). De las comunas que dieron algún tipo de respuesta a la solicitud de información, el 40% no cuenta con ningún dato de inventario urbano. Las comunas de La Florida, La Pintana, Las Condes, San Joaquín, Santiago y Vitacura, cuentan con datos del estado de salud y de edad de las especies. Las comunas de Cerrillos, La Florida, La Pintana, La Condes, San Joaquín, Santiago y Vitacura, indican el daño de los individuos. La comuna de Cerro Navia cuenta sólo con la información de las especies entregadas por Conaf, lo que no corresponde a la totalidad de arbolado de la comuna. La comuna de Peñalolén cuenta sólo con la información del programa "Crece Verde", que no corresponde al total de la comuna.

La extensión geográfica que abarcó el inventario de las comunas de la provincia de Santiago fueron muy disimiles, siendo para algunos casos: algunas calles principales, calles en general, sólo áreas verdes, o, calles y áreas verdes.

Las comunas de El Bosque, La Granja, Quinta Normal y San Miguel, no indican información al respecto.

El análisis de la información muestra el desconocimiento de las especies que integran el inventario por parte de quienes lo elaboran. Esto se constata por el nombre que se le adjudica al individuo, ya que en muchos casos es un nombre coloquial o popular y en otros el nombre técnico. De esta forma cada persona que realiza el levantamiento de información en terreno asigna un nombre a la especie de forma particular, lo que genera una no uniformidad y varios nombres, tipos de escritura para la misma especie, duplicación de información, sobre o subestimación de los valores reales de los individuos por especie contabilizados. De esta forma fue posible observar la ausencia de base de datos de especies a la cual asignar las especies inventariadas, lo que a su vez es consecuencia de una ausencia de estándar de toma de inventario de arbolado urbano a nivel Metropolitano.

La cantidad de especies exóticas y nativas por comuna, clasificadas según la información entregada (considerando la extensión geográfica contemplada en el inventario de cada comuna) se puede apreciar en la figura 11, siendo en todos los casos más abundantes las especies exóticas que las nativas, independientemente del tipo de extensión geográfica contemplada en el inventario (Anexo 7).

Si bien hay disparidad en los datos y en la extensión geográfica que contienen los inventarios de arbolado urbano, es una primera aproximación al

tema, puesto que se trata de la información oficial con la que se cuenta. Con estas limitaciones se realizó el análisis del estado de la gestión de cada comuna y sus implicancias, permitiendo realizar algunas recomendaciones que ayudarían a mejorar la gestión del arbolado y su relación con la salud de la población.

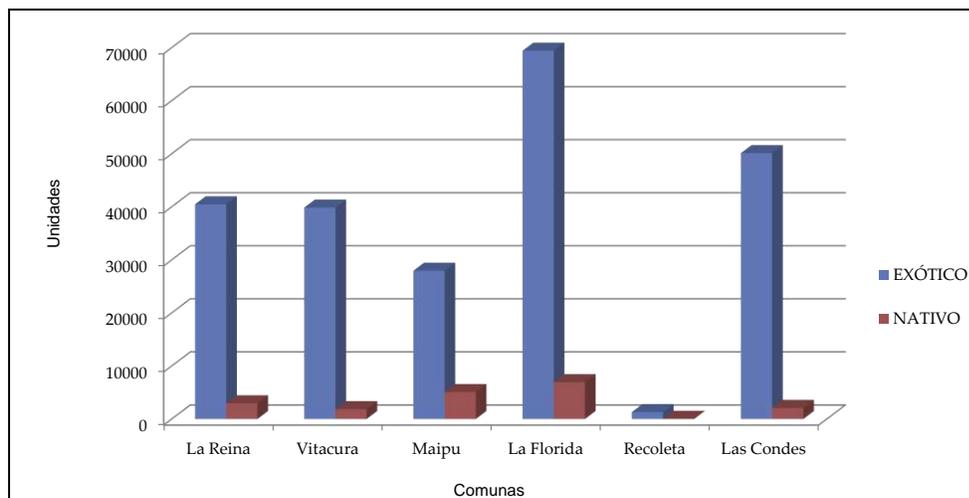


Figura 11. Unidades de árboles exóticos y nativos para comunas de estudio según información entregada por las respectivas municipalidades.

Cuadro 2. Información entregada por las comunas de la Provincia de Santiago

*S/R: Sin respuesta; **N/A: No aplica

Comunas	Inventario	Edad	daño	Fecha del censo	Ubicación
Cerrillos	Si	No	Parcial	Sin datos	Calles y áreas verdes
Cerro Navia	No	No	No	2011-2013	Conaf
Conchalí	Si	No	No	Sin datos	Calles principales
El Bosque	Si	No	No	2007	No especifica
Estación Central	S/R*	S/R	S/R	S/R	S/R
Huechuraba	No	No	No	N/A**	N/A
Independencia	Parcial	No	No	1998	Algunas calles
La Cisterna	No	No	No	N/A	N/A
La Florida	Si	Si	Si	2014	Avenidas y calles
La Granja	Si	No	No	2014	No especifica
La Pintana	Si	Si	Si	2009/2011	Calles Especificas
La Reina	Si	No	No	Sin datos	Calle y áreas verdes
Las Condes	Si	Si	Si	2014	Calle y áreas verdes
Lo Barnechea	No	No	No	N/A	N/A
Lo espejo	No	No	No	No	N/A
Lo prado	No	No	No	N/A	N/A
Macul	No	No	No	N/A	N/A
Maipú	Si	No	No	2005	Áreas verdes
Ñuñoa	Si	No	No	2002	Calle
PAC	No	No	No	N/A	N/A
Peñalolén	Proyecto	Proyecto	Proyecto	2014	N/A
Providencia	No	No	No	N/A	N/A
Pudahuel	No	No	No	N/A	N/A
Quilicura	Sin R	Sin R	Sin R	Sin R	Sin R
Quinta Normal	Si	No	No	2007/2008	No especifica
Recoleta	Si	No	No	Sin datos	Avenidas principales
Renca	No	No	No	N/A	N/A
San Miguel	Si	No	No	2014	No especifica
San Joaquín	Si	Si	Si	2010	Inventario Viario
San Ramón	No	No	No	No	N/A
Santiago	Si	Si	Si	2011-2014	Calle y áreas verdes
Vitacura	Si	Si	Si	2002	Calle y áreas verdes

5.2 Especies exóticas

La información de arbolado urbano entregada por las comunas, fue ordenada por especie y tipo, exótico o nativo. El conocimiento de las especies exóticas y su cantidad es de gran relevancia ya que son ellas las que podrían aportar en mayor medida a la formación de ozono troposférico y por consiguiente este conocimiento podría ayudar a mejorar la gestión del arbolado en las comunas.

El cuadro 3 muestra el listado de especies exóticas con mayor presencia en las 6 comunas. Las especies que se encuentran en mayor cantidad en todas las comunas corresponden a: *Acer negundo*, *Robinia pseudoacacia*, *Liquidambar styradflua* y *Prunus ceracifera var. Nigra pisardii*. La comuna de La Florida muestra sólo 11 especies exóticas, según la información entregada por la municipalidad

La diversidad del arbolado en parques urbanos y naturales del área metropolitana de Santiago, se puede tomar de ejemplo para comprender más sobre la forma en que se ha realizado la gestión del arbolado; en estos parques las especies exóticas corresponden a un 71% en parques urbanos y a 51% en parques naturales. También se observa que los parques urbanos tienen una mayor abundancia de árboles con alto requerimiento hídrico que los parques naturales, prefiriéndose las especies con alta velocidad de crecimiento (Correa *et al.*, 2014).

A nivel país, la vegetación urbana de muchas ciudades chilenas posee más elementos exóticos que nativos, privilegiando principalmente especies provenientes de Europa, Norte América y Australia. Varias de estas especies poseen antecedentes de inducir alergias, con un aumento de la expresión clínica por sensibilización al polen (Rojas *et al.*, 2001).

Cuadro 3. Número de especies exóticas con mayor presencia para las comunas en estudio.

LA REINA		VITACURA		RECOLETA	
Especie	Cantidad	Especie	Cantidad	Especie	Cantidad
<i>Acer negundo</i>	9.694	<i>Liquidambar styraciflua</i>	5961	<i>Robinia pseudoacacia</i>	274
<i>Prunus cerasifera var. nigra pisardii</i>	8.037	<i>Prunus cerasifera var. nigra pisardii</i>	5280	<i>Acer negundo</i>	191
<i>Robinia pseudoacacia</i>	7.094	<i>Acer negundo</i>	3861	<i>Populus alba</i>	127
<i>Liquidambar styraciflua</i>	2.998	<i>Nerium oleander</i>	3146	<i>Liquidambar styraciflua</i>	58
<i>Grevillea robusta</i>	1.696	<i>Robinia pseudoacacia</i>	1476	<i>Ailanthus altissima</i>	45
<i>Prunus cerasifera</i>	1.068	<i>Fraxinus excelsior</i>	1301	<i>Fraxinus excelsior</i>	45
<i>Ligustrum japonicum</i>	939	<i>Ligustrum japonicum</i>	1146	<i>Melia azedarach</i>	43
<i>Ulmus campestris</i>	939	<i>Liriodendron tulipifera</i>	1130	<i>Prunus cerasifera var. Pissardii</i>	78
<i>Populus deltoides</i>	930	<i>Prunus cerasifera</i>	1010	<i>Ligustrum japonicum</i>	27
<i>Ailanthus altissima</i>	604	<i>Platanus acerifolia</i>	923	<i>Platanus acerifolia</i>	20
<i>Melia azedarach</i>	575	<i>Aesculus hippocastanum</i>	768	<i>Ligustrum japonicum</i>	18
<i>Populus nigra var. pyramidalis</i>	567	<i>Grevillea robusta</i>	758	<i>Robinia pseudoacacia</i>	18
<i>Fraxinus ornus</i>	553	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	755	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	33
<i>Platanus acerifolia</i>	495	<i>Ulmus americana</i>	704	<i>Acacia melanoxylon</i>	15
<i>acacia dealbata</i>	484	<i>Sophora japonica</i>	675	<i>Celtis australis</i>	14
LAS CONDES		MAIPU		LA FLORIDA	
Especie	Cantidad	Especie	Cantidad	Especie	Cantidad
<i>Prunus triloba</i>	7.743	<i>Acer negundo</i>	2227	<i>Acer negundo</i>	11901
<i>Acer negundo</i>	6.561	<i>Prunus cerasifera var. nigra pisardii</i>	3339	<i>Prunus cerasifera var. pissardi</i>	8926
<i>Liquidambar styraciflua</i>	6.090	<i>Ligustrum japonicum</i>	1967	<i>Liriodendron tulipifera</i>	8926
<i>Liriodendron tulipifera</i>	4.785	<i>robinia pseudoacacia</i>	2700	<i>Fraxinus excelsior</i>	6942
<i>Melia azedarach</i>	3.848	<i>Melia azedarach</i>	1727	<i>Grevillea robusta</i>	6942
<i>Platanus acerifolia</i>	2.409	<i>Liquidambar styraciflua</i>	1540	<i>Liquidambar styraciflua</i>	5950
<i>Fraxinus excelsior</i>	1.779	<i>Washingtonia filifera</i>	1064	<i>Melia azedarach</i>	5950
<i>Robinia pseudoacacia</i>	1.622	<i>Fraxinus excelsior</i>	1049	<i>Robinia pseudoacacia</i>	5950
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	1.577	<i>Populus nigra</i>	783	<i>Ulmus campestris</i>	3967
<i>Ligustrum japonicum</i>	1.259	<i>Phoenix canariensis</i>	704	<i>Ligustrum japonicum</i>	1983
<i>Acer pseudoplatanus</i>	1.115	<i>Prunus persica</i>	671	<i>Acer pseudoplatanus</i>	1983
<i>Ulmus campestris</i>	932	<i>Myoporum acuminatum</i>	628		
<i>Stiphnolobium japonica</i>	879	<i>acacia dealbata</i>	595		
<i>Catalpa bignoniodes</i>	682	<i>Grevillea robusta</i>	562		
<i>Grevillea robusta</i>	598	<i>Platanus acerifolia</i>	534		

Toro, (2015), señala que hay 9 especies arbóreas predominantes en emisión de polen como promedio anual, que son: *Platanus orientalis* (72,0%), *Acer negundo* (5,79%), *Fraxinus excelsior* (2,62%), *Populus alba* (1,40%), *Olea europaea* (1,46%), *Crinodendron patagua* (1,23%), *Palmae* (1,07%) y *Pinus spp.* (0,94%). De las especies exóticas presentes en las 6 comunas estudiadas podemos encontrar las especies *Acer negundo*, *Fraxinus excelsior* y *Populus alba*. Es importante considerar que las especies exóticas presentes en el cuadro 3 contiene sólo las 15 especies más abundantes por cada comuna.

Un análisis de los niveles de protección de salud recomendado por la Academia Americana de Alergia, Asma e Inmunología, para el área metropolitana de Santiago, indica que el 17,8% de los días en un año promedio se encuentran en alta concentración de alérgenos, y el 7,7% días del año en muy alta concentración de alérgenos, correspondiendo a 93 días con una exposición a niveles altos y muy altos (Toro *et al.*, 2015).

5.3 Modificación al inventario de emisiones para la Región Metropolitana con remplazo por los factores de emisión experimentales.

Los factores de emisión, FE, asignados en el programa GLOBEIS 3.0 a las especies corresponden a aproximaciones taxonómicas que no contemplan las características propias de la especie en su lugar de origen. Resultados experimentales obtenidos por Préndez *et al.*, (2013 y 2013a), confirman las grandes diferencias entre los valores experimentales y los valores del

programa. En este trabajo, los valores para los FE experimentales se obtuvieron desde Préndez *et al.*, (2014), que incluye 11 especies arbóreas, a las que se agregaron los FE de *Quercus suber* y *Quillaja saponaria*, determinados por Corada (2012); los FE corresponden al promedio de los FE para los individuos jóvenes y adultos de las especies *Quillaja saponaria* y *Quercus suber*, estos FE remplazan los FE de las especies *Alnus* y *Crategus* que son sus correspondientes por asimilación taxonómica, como se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Factores de emisión del programa GLOBEIS para *Crategus* y *Alnus* versus los valores experimentales para las especies *Quercus suber* y *Quillaja saponaria*.

Nombre	FE Isopreno ($\mu\text{g C ghs}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	FE Monoterpenos ($\mu\text{g C ghs}^{-1} \text{ h}^{-1}$)
<i>Crategus</i>	42,5 (i)	42,5 (i)
<i>Alnus</i>	42,5 (i)	42,5 (i)
<i>Quercus Suber</i>	1,92 (e)	0,15 (e)
<i>Quillaja Saponaria</i>	5,20 (e)	0,26 (e)

e: experimental, i: inventario.

El cálculo de emisiones realizado con el programa GLOBEIS 3.0 para la Región Metropolitana para el año 2010, contempla sólo 35 comunas, debido a que no incluye las que no tienen identificada superficie con vegetación natural o con cultivos agrícolas (según catastro). El catastro utilizado fue el “Catastro y evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile” (CONAF-CONAMA), actualizado al año 2005. El catastro considera la cartografía digital, (escala 1:250.000) con su respectiva base de datos (tipos de uso de suelo, especies vegetales, división política, etc.).

Sobre la base de dicho inventario, el nuevo valor calculado de las emisiones biogénicas para la RM corresponde a 4686,4 toneladas/año; los valores para las emisiones de isopreno, monoterpenos y emisiones totales por mes, se pueden apreciar en el cuadro 5. Estos aportes muestran mayor cantidad de compuestos orgánicos volátiles biogénicos, emitidos en los meses de noviembre a marzo, que corresponden a los meses con mayor radiación solar. Los meses con menor aporte corresponden a junio, julio y agosto, meses en que la radiación solar es menor.

Cuadro 5. Emisiones de isopreno y monoterpenos, expresadas en toneladas anuales, obtenidas con modificación de FE experimentales.

Meses	Suma ISOP (t)	Suma TMT (t)	ISO+TMT TOTALES (t)	Valor final (t) x f^(*)
Enero	14,08	12,31	26,39	818,3
Febrero	10,82	10,42	21,25	616,4
Marzo	9,506	9,652	19,15	593,9
Abril	4,581	6,177	10,75	322,7
Mayo	2,460	4,874	7,335	227,3
Junio	1,179	3,504	4,683	140,5
Julio	0,994	2,969	3,963	122,8
Agosto	1,680	3,852	5,533	171,5
Septiembre	3,253	5,127	8,380	251,4
Octubre	4,649	6,167	10,81	335,3
Noviembre	8,779	8,790	17,57	527,1
Diciembre	9,018	9,006	18,02	558,7
Total general	71,01	82,86	153,8	4686,4

(*) Factor de número de días del mes correspondiente

El nuevo valor calculado de 4686,4 toneladas, corresponde al 53,9% del valor informado por el CENMA de 8700 toneladas/año, el año 2010; este

resultado indica claramente la ventaja de utilizar los FE experimentales, que representan más acertadamente el aporte de los compuestos orgánicos volátiles biogénicos y el menor aporte de las especies nativas respecto de las especies exóticas.

Las emisiones de cada comuna, como aporte parcial al valor total del inventario, se pueden apreciar en el cuadro 6, que muestra importantes diferencias. Un aporte considerable es el de la comuna de Las Condes, siendo el mayor de las comunas en estudio, seguida por la comuna de Recoleta. Recoleta posee la menor arborización de las comunas estudiadas, sin embargo en ella el árbol más abundante es la *Robinia pseudoacacia*, árbol con los mayores FE y potencial generador de ozono (Préndez *et al.*, 2013)

Cuadro 6. Emisiones de isopreno y monoterpenos, expresadas en toneladas anuales, obtenidas post modificación de los valores experimentales de factores de emisión

Comunas	Suma ISOP (t)	Suma TMT (t)	Emisiones totales (t)
La Florida	0,427	0,104	16,18
Las Condes	7,475	1,361	269,1
Maipú	0,095	0,061	4,762
Recoleta	0,711	0,171	26,87
La Reina	6,6x10 ⁻⁴	0,002	0,082
Vitacura	0,538	0,130	20,37
Total	9,248	1,830	337,3

El aporte de las 6 comunas en estudio corresponde al 7,2% del total del valor para el inventario de la RM. El detalle del aporte del resto de las comunas al inventario total, considerando los FE experimentales indicados, se resume en

el cuadro 7, ordenado de mayor a menor según el aporte total de emisiones, que corresponde a la suma de isopreno mas monoterpenos en toneladas/año.

Cuadro 7. Emisiones totales para 35 comunas de la Región Metropolitana usando valores de factores de emisión experimentales de 13 especies arbóreas del programa GLOBEIS 3.0

N°	COMUNA	EMISIONES TOTALES (t)	N°	COMUNA	EMISIONES TOTALES (t)
1	San José de Maipo	1038	19	Huechuraba	42,70
2	San Pedro	802,8	20	Isla de Maipo	37,64
3	Barnechea	427,3	21	Calera de Tango	37,29
4	Colina	400,6	22	Buin	32,09
5	Melipilla	293,6	23	Pudahuel	28,26
6	Las Condes	269,0	24	Recoleta	26,87
7	Pirque	193,2	25	Vitacura	20,37
8	Alhue	152,8	26	Renca	17,98
9	Paine	121,1	27	La Florida	16,18
10	Curacaví	111,1	28	María Pinto	13,98
11	Peñaflor	95,41	29	Quilicura	9,570
12	Talagante	88,60	30	Puente Alto	8,926
13	El Monte	85,43	31	Maipú	4,762
14	San Bernardo	77,07	32	La Pintana	0,097
15	Lampa	68,66	33	La Reina	0,082
16	Tiltil	62,88	34	Cerrillos	0,044
17	Peñalolén	54,06	35	El Bosque	1x10 ⁻⁴
18	Providencia	46,97			

5.4 Análisis estadístico de casos de asma por comuna

El cuadro 8 y la figura 12 muestran para las comunas estudiadas las relaciones entre estacionalidad, ozono, MP2,5 y ozono desestacionalizado.

Cuadro 8: Comunas y su interacción con los factores estacionalidad, ozono, material particulado y ozono desestacionalizado, para casos de asma.

Comuna	Estacionalidad	Ozono	MP2,5	Ozono Desestacionalizado
La Reina	Significativo (+)	Significativo (-)	No significativo	Significativo (+)
Vitacura	No significativo	No significativo	No significativo	Significativo (+)
Maipú	No significativo	No significativo	No significativo	Significativo (+)
La Florida	No significativo	No significativo	No significativo	Significativo (+)
Recoleta	No significativo	No significativo	No significativo	Significativo (+)
Las Condes	No significativo	Significativo (-)	No significativo	No significativo

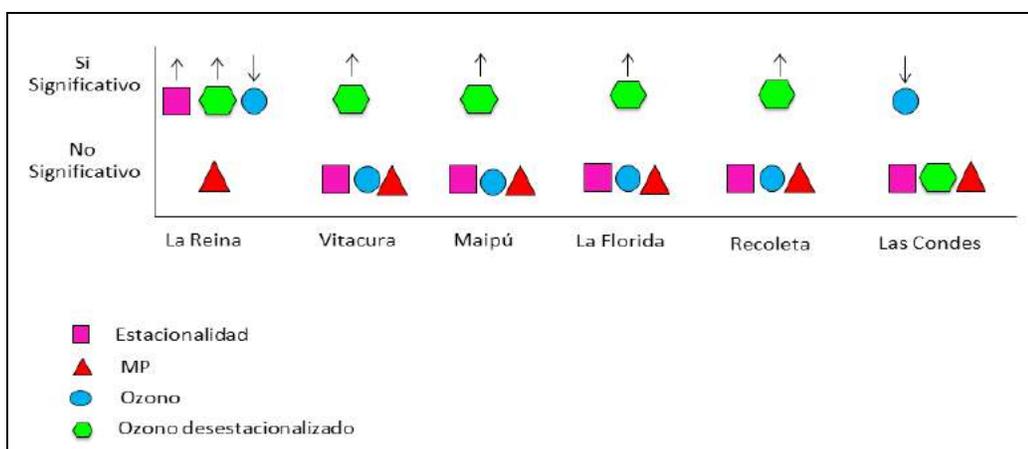


Figura 12: Comunas y relación de estacionalidad, material particulado, ozono y ozono desestacionalizado, para casos de asma (Fuente: Elaboración propia).

Para las comunas de Vitacura, Maipú, La Florida y Recoleta, las variables de estacionalidad, ozono y MP2,5, no son significativas; es decir, las concentraciones de estos contaminantes no tienen relación con la cantidad de egresos hospitalarios en las respectivas comunas. Sin embargo, el ozono desestacionalizado es significativo de forma positiva; esto significa que las concentraciones de ozono, sin efecto de estación, influyen en la respuesta de egresos hospitalarios en una relación directa, lo que podría implicar a su vez el efecto del arbolado urbano con los egresos hospitalarios, en estas comunas.

La Reina presenta un comportamiento significativo y positivo tanto a la estacionalidad como al ozono desestacionalizado. Para la concentración de ozono el comportamiento es significativo y negativo, lo que significa que a mayor concentración de ozono se presentan menores casos de egresos hospitalarios. En cambio, el material particulado no es significativo en esta comuna.

El asma es una patología de características irritativa y bronco-obstructiva, por lo que puede relacionarse con la presencia de ciertos contaminantes ambientales, ya que se podría producir irritación por partículas de pequeño tamaño ingresando al organismo. Para una mejor explicación del comportamiento que muestra esta comuna sería necesario ahondar más en otros aspectos, como por ejemplo posibles sinergias entre todos los factores estudiados u otros no considerados aquí, como podría ser el polen.

Esta hipótesis se sustenta en el estudio realizado por Rojas *et al.*, (2001), quienes señalan que el polen presente en la atmósfera pertenece principalmente a especies arbóreas (74,8%), básicamente especies exóticas, y a especies de hierba (20,6%), puesto que las especies nativas son casi ausentes en la atmósfera. Esta información concuerda con la gran cantidad de especies exóticas presentes en el inventario recabado de cada comuna. En particular, es notoria la presencia de *Acer negundo*, uno de los árboles exóticos más alérgenos, en la comuna de La Reina que posee un 93% de árboles exóticos. De estos árboles exóticos el 23% corresponde a la especie *Acer*

negundo, el que posee el segundo lugar en predominancia de emisión de polen (Toro *et al.*, 2015). Los resultados obtenidos indican que el ozono es un compuesto vinculado a la afección respiratoria de asma en los habitantes, durante todo el año independiente de la estación, en la comuna de La Reina. El ozono no desestacionalizado presenta una correlación inversa, pudiendo tener una explicación de este comportamiento en la necesidad de generar la desestacionalización para este parámetro, eliminando el efecto de la estación y de esta forma teniendo el parámetro depurado. Para La Reina se utilizaron las concentraciones entregadas por la estación de monitoreo de Las Condes, lo cual podría no representar cabalmente la realidad. Sería aconsejable que esta comuna tuviera su propia estación de monitoreo.

En la comuna de Las Condes, las variables de estacionalidad, MP2,5 y ozono desestacionalizado no son significativas. El ozono estacional es significativo y negativo, al igual que en La Reina. Las Condes cuenta con un 95% de árboles exóticos del total de árboles de la comuna. De los árboles exóticos el 13% corresponde a la especie *Acer negundo*.

5.5 Análisis estadístico de casos de neumonía por comuna

El cuadro 9 muestra para las comunas en estudio la relación con la estacionalidad, el ozono, el MP2,5 y el ozono desestacionalizado. Para todas las comunas la estacionalidad es significativa y de correlación positiva lo que significa que la variable influye de forma directa en la respuesta de egresos

hospitalarios.

Cuadro 9: Comunas y su interacción con los factores estacionalidad, ozono, MP2,5 y ozono desestacionalizado, para casos de neumonía.

Comuna	Estacionalidad	Ozono	MP2,5	Ozono Desestacionalizado
La Reina	Significativo (+)	Significativo (-)	Significativo (+)	Significativo (+)
Vitacura	Significativo (+)	Significativo (-)	Significativo (+)	Significativo (+)
Maipú	Significativo (+)	Significativo (-)	Significativo (+)	Significativo (+)
La Florida	Significativo (+)	Significativo (-)	Significativo (+)	Significativo (+)
Recoleta	Significativo (+)	Significativo (-)	Significativo (+)	Significativo (+)
Las Condes	Significativo (+)	Significativo (-)	No Significativo	No significativo

No obstante, en todas las comunas el ozono tiene un efecto significativo negativo, lo que significa que los egresos hospitalarios por neumonías se ven afectados de forma inversa por las concentraciones de ozono, siendo mayores los egresos hospitalarios por neumonía a menor concentración de ozono en la comuna. El MP2,5, la estacionalidad y el ozono desestacionalizado es significativo y positivo para todas las comunas a excepción de Las Condes. En la comuna de Las Condes, el MP2,5 y el ozono desestacionalizado no son significativos. Cabe destacar que en Las Condes las concentraciones de MP2,5 son las más bajas registradas en la ciudad de Santiago, en cambio, las concentraciones de ozono suelen ser las más altas. Por otra parte, esta comuna junto con La Reina, tienen los niveles socio-económicos más altos del grupo de comunas analizadas.

Los resultados para las diferentes comunas, para los casos de neumonía, se muestran gráficamente en la figura 13.

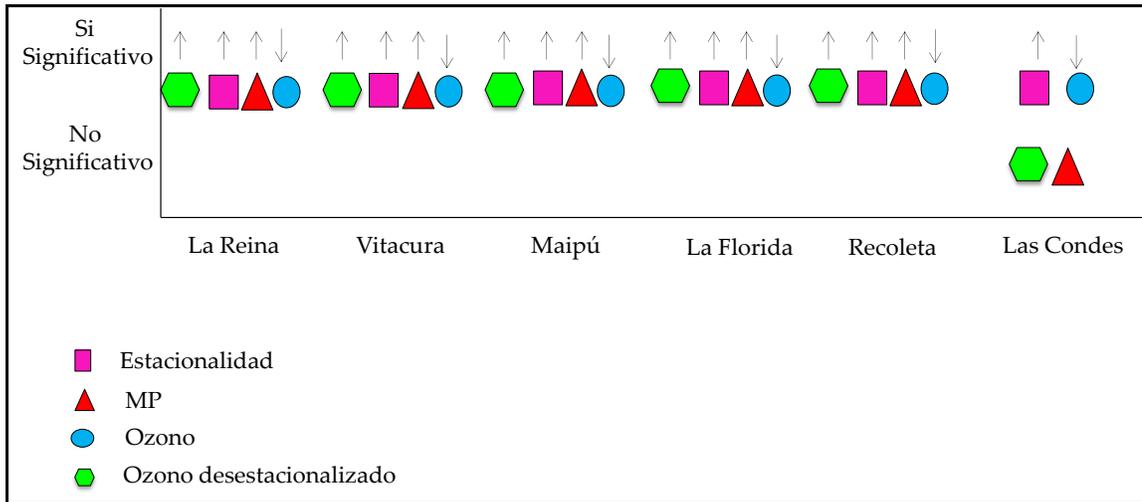


Figura 13: Comunas y relación de estacionalidad, material particulado, ozono y ozono desestacionalizado, para casos de neumonía (Fuente: Elaboración propia).

El análisis estadístico para neumonía muestra un comportamiento para ozono no desestacionalizado con dirección de la correlación negativa, para todas las comunas. Este comportamiento se puede intentar explicar desde la etiología de la afección (causa y mecanismos para el desarrollo de una enfermedad específica). La neumonía es una enfermedad generada por un agente patógeno infeccioso, por lo que la etiología de esta enfermedad es bastante compleja, ya que depende de variados factores como lo son la presencia del patógeno, niveles del patógeno, vulnerabilidad del huésped en termino de inmunosupresión y grado de agresividad del microorganismo, que a su vez puede depender de muchos otros factores, entre ellos, las condiciones ambientales. De esta forma, la respuesta de los egresos hospitalarios de aumentar cuando disminuye la concentración de ozono o disminuir cuando aumenta la concentración de ozono, podría explicarse mejor con una

desagregación de los datos como sería un análisis más profundo de las etiologías de cada una de las afecciones para los códigos CIE-10 analizando grupo etario de los egresos hospitalarios y niveles de significancia.

Para neumonía, todas las comunas, a excepción de Las Condes, mostraron una correlación positiva a las variables de material particulado, estacionalidad y ozono desestacionalizado, afectando los egresos hospitalarios, lo que indicaría una relación entre las especies, cantidad arbolado urbano y egresos hospitalarios.

El análisis de las causas de enfermedades respiratorias y su exacerbación es un tema de gran preocupación y fuertemente estudiado en distintos países del mundo. De los análisis anteriormente revisados para asma y neumonía se puede apreciar la relación entre egresos hospitalarios, ozono y material particulado. Esto hace notar la importancia de la calidad del aire para las personas en general, y en especial, para la población con salud deprimida, como es el caso de la población que asiste a centros de salud y hospitales, por lo que el emplazamiento de éstos debería ser alejado de las mayores fuentes de contaminación como son los espacios de alto flujo vehicular, por ejemplo. Muchas de las personas que acuden a un centro de salud pueden presentar afecciones respiratorias las que pueden verse acrecentadas en situaciones de contaminación atmosférica; a su vez, estas personas pueden contagiar a otras, que frente a la contaminación, pueden ser más susceptibles al contagio. Una

mirada por los principales hospitales de la RM y su ubicación se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 10: Hospitales y sus ubicaciones geográficas

Hospital San José	Independencia	San José 1136
Hospital Clínico de Niños Roberto del Río	Independencia	Avda. Profesor Zañartu 1085
Hospital San Juan de Dios de Santiago	Santiago	Huérfanos 3255
Hospital Félix Bulnes Cerda	Quinta Normal	Leoncio Fernández 2655
Hospital Clínico San Borja-Arriarán	Santiago	Santa Rosa 1234
Hospital del Salvador	Providencia	Av. Salvador 364
Hospital de Niños Dr. Luis Calvo Mackenna	Providencia	Avda. Antonio Varas 360
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias y Cirugía del Tórax	Providencia	José Manuel Infante 717
Instituto Nacional de Neurocirugía	Providencia	Avda. José M. Infante 553

El cuadro 10 muestra el sector de alto flujo vehicular en que se encuentran emplazados algunos hospitales de la provincia de Santiago, especialmente los hospitales San José, Roberto del Río y San Borja Arriarán.

Otro factor que ha tomado gran importancia en los últimos años, debido a la globalización y la mayor oferta de viajes, es el flujo aéreo. En la RM se encuentra emplazado, en la comuna de Pudahuel, el aeropuerto Comodoro José Merino Benítez, el que se encuentra cada vez más próximo a la zona residencial, debido a la presión demográfica y la expansión de uso de suelo con fines habitacionales,. El ozono, como contaminante secundario, tiene como precursores CO, NOx y COV emitidos principalmente en ajustes de baja potencia y durante el despegue y aterrizaje de los aviones; las emisiones de NO predominan en altura (Masiol *et al.*, 2014).

Otro estudio pertinente para poder vislumbrar mejor los efectos en salud de los contaminantes atmosféricos es la interacción entre los contaminantes. La mayoría de los estudios suponen un efecto aditivo entre los contaminantes, de tal manera que el efecto es igual a la suma de las estimaciones de los efectos de los contaminantes individuales. Esto puede no ser así, debido a que los contaminantes también pueden tener efecto sinérgico, antagónico o combinado, por lo que el efecto en salud no corresponde siempre a un efecto aditivo (Oakes *et al.*, 2014). El estudio de los factores que afectan la contaminación atmosférica y la evaluación de la exposición a contaminantes múltiples en el aire sobre la población, es la base para la gestión en medidas de salud para la provincia de Santiago.

6. CONCLUSIONES

- ✓ La presencia de una normativa clara para la gestión del arbolado urbano para las comunas del país, generaría homogeneidad de información y una mejor gestión del arbolado.
- ✓ La evaluación de la información existente sobre los inventarios de arbolado urbano de la provincia de Santiago, de las comunas que entregaron respuesta, demuestra que el 40% no presenta ningún tipo de información de inventario, de estos el 44,4 presentan información sobre daño, el 38,8% información de edad y el 77,7% información sobre la fecha del censo.
- ✓ El uso del factor de emisión experimental de los compuestos orgánicos volátiles emitidos por las diferentes especies arbóreas que componen el arbolado urbano de cada comuna, permite conocer con mayor exactitud las emisiones de ellos y su potencial formador de ozono, permitiendo una mejor gestión en salud pública.
- ✓ El remplazo de ciertas especies exóticas por otras nativas contribuiría a disminuir las emisiones de los compuestos orgánicos volátiles y su potencial formador de ozono contribuyendo a mejorar la calidad del aire a nivel comunal y de la ciudad.
- ✓ Enfermedades de características irritativas e infecciosas del sistema respiratorio como lo son asma y neumonía, presentan relación para

comunas de estudio de la provincia de Santiago con los precursores de ozono, provenientes del arbolado urbano presente en ellas.

- ✓ El ozono desestacionalizado y el material particulado, para los egresos hospitalarios por neumonías, muestra una respuesta significativa positiva con los egresos hospitalarios para todas las comunas en estudio a excepción de las Condes.
- ✓ El ozono desestacionalizado, para los egresos hospitalarios por asma, muestra una respuesta significativa positiva con los egresos hospitalarios para todas las comunas en estudio a excepción de las Condes. El material particulado no es significativo para ninguna comuna.
- ✓ La mayor desagregación de los datos de salud, como un estudio profundo de la etiología de la enfermedad por código específico de afección, junto a un análisis de los datos de egresos hospitalarios por rango de edad, con especial énfasis en el grupo sensible de menores de 4 años como en mayores de 65 años, sumado a un mayor análisis de la respuesta y la significancia del análisis estadístico, sería el paso a seguir para lograr un mayor detalle de los efectos en salud que la contaminación atmosférica y la presencia de ozono en la tropósfera pueden estar generando en la población de estudio. Además del análisis de otros factores como es el polen que pudieran estar generando sinergias con ozono y material particulado.

Como conclusión general podemos señalar que el estudio de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles biogénicos, su rol como precursores en la formación de ozono, la interacción de éste, con otros contaminantes y sus posibles efectos en la salud respiratoria de la población, evidencia la importancia de una mejor gestión del arbolado urbano comunal.

7. RECOMENDACIONES

La información recabada y los resultados obtenidos en este estudio permiten sugerir algunas recomendaciones.

1. Creación de lineamientos para la toma del inventario del arbolado urbano comunal y generación de formatos para la generación de registros. Se recomienda contar con un manual que contenga los principales factores necesarios a considerar para la creación. Se incluyen breves lineamientos para la elaboración de inventario de arbolado urbano comunal, como parte integral de este trabajo.

Los lineamientos propuestos han sido desarrollados tomando los principales aspectos de los manuales y registros de los países que cuentan con documentos de gestión del inventario de arbolado urbano, además de la experiencia de la gestión interna de las comunas de la provincia de Santiago.

2. Generar el recambio de especies exóticas presentes en el arbolado urbano comunal actual, por especies nativas. Lo que generaría:
 - a) Disminución de la emisión de compuestos orgánicos volátiles y por ende de la contaminación ambiental por ozono troposférico

- b) Disminución de las enfermedades respiratorias (asma y neumonía), que la contaminación por ozono puede ocasionar en la población
 - c) Disminución de niveles de contaminación en invierno por material particulado PM10, debido a que las especies nativas son mayoritariamente de hojas perennes a diferencia a las especies exóticas que son caducas, perdiendo sus hojas en invierno.
 - d) Ahorro en la mantención general del arbolado y sus implicancias, como es el barrido de hojas secas en invierno, limpieza y despeje de sumideros de agua con acumulación de hojas secas y ahorro en agua de riego en verano.
3. Creación de una norma de requerimientos ambientales para la selección del área de construcción de hospitales, en que la selección del área física tendrá que evaluar la densidad del flujo vehicular cercano, dirección del viento, fuentes de contaminación fija en las cercanías y distancia a aeropuertos.
4. Elaboración de instancias de participación conjunta de los sectores de investigación científica, gestión municipal, salud pública y ciudadanía, para lograr una óptima gestión del arbolado urbano, como una herramienta de descontaminación y apoyo a la mejora de calidad de vida de la población.

8. BREVE LINEAMIENTO PARA LA ELABORACION DE INVENTARIO ARBOLADO URBANO

8.1 INTRODUCCION

Una gestión eficiente del arbolado urbano comunal publico implica necesariamente el conocimiento del número de individuos por especie, condiciones de salud en que se encuentra, lugar, edad, entre otros aspectos para poder tomar medidas sobre su gestión, siendo el inventario de arbolado urbano una herramienta básica para la gestión y planificación eficiente del arbolado público.

El inventario de arbolado Urbano, se puede definir como “el conjunto de actividades destinadas a recabar información cualitativa y cuantitativa de individuos por especie”.

Este lineamiento establece los conceptos básicos y los procedimientos adecuados a seguir, para la toma de inventario por parte del personal encargado del levantamiento de información en terreno. Siendo una herramienta de consulta ante dudas y diferencias de criterios del personal que participa en el desarrollo del inventario, así como también como de inducción y capacitación.

La información provista por el inventario de arbolado urbano, es estática, por lo tanto debe realizarse periódicamente, dada la dinámica de interacción que tiene el arbolado con la componente urbana.

8.2 OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECIFICOS

8.2.1 OBJETIVO GENERAL

Generar la recopilación de información estadística básica referida al número, especie, y localización, ubicados dentro del perímetro urbano, en el espacio público, de una forma simple y eficiente.

8.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- a) Proporcionar cifras totales para el universo de estudio, que sirvan de línea base para el Sistema de Gestión del arbolado urbano comunal, para la toma de decisiones en post de la mejor calidad de vida de los habitantes

- b) Disponer de la información actualizada para el desarrollo de investigaciones técnicas y acciones administrativas, para los requerimientos de unidades por especies a constructoras en proyectos urbanísticos y planeación de reforestación y recambio de especies en la comuna.

8.3 ALCANCE

El censo del árbol urbano debe registrar la totalidad de árboles ubicados en la respectiva comuna, según el mapa del plan regulador vigente. Los arboles censados serán los que se encuentren en espacios públicos (calle) y áreas verdes. Se incluirán en el censo, arboles, y arbustos, mayores a 30 cm de altura.

8.4 REQUERIMIENTOS NECESARIOS PREVIOS AL INVENTARIO

- a) Búsqueda de todo tipo de antecedentes, información, censos anteriores, material cartográfico, planos, etc.
- b) Evaluación de los recursos necesarios: presupuesto, personal, cartografía, movilidad
- c) Revisión y aceptación de los formatos y anexos de toma de datos en el inventario físico.
- d) Programa de análisis de datos, para el trabajo posterior al inventario del arbolado urbano.
- e) Capacitación de participantes.
- f) Planificación de monitoreo en terreno.

8.5 CARECTERISTICA FUNDAMENTALES

Dentro ítems a revisarse durante el inventario del arbolado urbano serán los siguientes:

8.5.1 Ubicación

Este parámetro puede ser generado según los recursos para hacer el inventario. Puede realizarse de la forma tradicional tomando los datos de calle y número exactos, según el formato “Formato inventario de arbolado urbano” (Anexo 1A). Para las partes físicas que no cuenten con una dirección clara, ya que puedan corresponder a espacios públicos sin número S/N, se debe indicar en el formato el tramo físico y la acera a la que corresponde. Ejemplo: Tramo Catedral-Compañía, vereda poniente, S/N.

El inventario también puede ser generado mediante georeferenciación, siendo la forma óptima ya que se elimina la posibilidad de que a otro individuo le sean asignadas las mismas ubicaciones. La aplicación automatizada para la georeferenciación de los árboles y el diligenciamiento del formulario digital censal, brinda la posibilidad de la unicidad e integración de los datos de otros censistas, logrando optimización en los tiempos de captura, confiabilidad en el registro y optimización de los tiempos.

8.5.2 Nombre de la especie

Se incluirá la información del individuo con el nombre científico y el nombre común. Para este efecto, se debe consultar el listado de especies (ver anexo 2A), y otorgarle el código correspondiente según el conocimiento objetivo de la especie censada. En el caso que la especie no se encuentre en el listado y se conozca el nombre científico o común de la especie se deberá anotar el nombre

en el formato de inventario. En el caso de que se desconozca el nombre del árbol se debe completar con NN.

8.5.3 Estados fitosanitario del ejemplar

- a) Bueno: con buena apariencia y desarrollo.
- b) Enfermo: con sintomatología variable producida por enfermedades o plagas.
- c) Malo: con notables signos de falta de recuperación y alto porcentaje de ramas secundarias y pequeñas muertas. Escasa capacidad de rebrote. Troncos y ramas huecas en porcentajes variables.
- d) Seco: con falta total de capacidad de rebrote. Ramas y tronco principal secos.

CODIGOS SEGÚN ESTADO FITOSANITARIO DE ESPECIES ARBOREAS

CÓDIGO	ESTADO FITOSANITARIO
A	Bueno
B	Enfermo
C	Malo
D	Seco

8.5.4 Observaciones

En la sección observaciones el censista podrá dejar anotaciones considerando que tengan gran relevancia para la identificación o mantenimiento.

ANEXO 2A

LISTADO DE ESPECIES

Cod	Nombre común	Nombre científico
1	Abedul	<i>Betula pendula</i>
2	Abeto blanco	<i>Populus alba</i>
3	Abeto de EspañaPinsapo;abeto español;abeto de analucia	<i>Abies pinsapo Boiss</i>
4	Abutilon	<i>Abutilon grandiflorum</i>
5	Acacia Capensis	<i>Acacia horrida Willd</i>
6	Acacia de las tres espinas	<i>Gleditsia triacanthos</i>
7	Acacia visco	<i>Acacia visco Lorentz ex Griseb</i>
8	Acacio	<i>Robinia pseudoacacia</i>
9	Acacio Melanoxylon	<i>Acacio Melanoxylon</i>
10	Acer	<i>Acer negundo</i>
11	Acer Japones, Acer Japonico	<i>Acer palmatum</i>
12	Acer japonico	<i>Acer japonico</i>
13	Acer Sccharinum, Acer plateado, Arce del azúcar, Arce plateado, Arce de Florida	<i>Acer Sccharinum</i>
14	Ailanthus, alianto, arbol del cielo	<i>Ailanthus altissima</i>
15	Alamo Carolino	<i>Populus deltoides Marshall</i>
16	Alamo musolini	<i>Populus deltoides</i>
17	Alamo negro	<i>Populus nigra var. pyramidalis</i>
18	Albizzia	<i>Albizzia julibrissin</i>
19	AlcanforAlcanforero, Arbol del alcanfor	<i>Cinnamomum camphora</i>
20	Alcaparra	<i>Capparis spinosa</i>
21	Alcornoque	<i>quercus suber</i>
22	Alerce	<i>Fitzroya cuppresoides</i>
23	Algarrobo	<i>prosopis chilensis</i>
24	AlisoAliso, Aliso negro, Alno.	<i>Alnus glutinosa (L.) Gaertn.</i>
25	Almendro	<i>Prunus amygdalus Basch.</i>
26	Almez	<i>Celtis australis</i>
27	Araucaria	<i>Araucaria Araucana</i>
28	Araucaria Angustifolia, Araucaria brasileña,Pino Paraná, Pino de Brasil, Pino de Misione	<i>Araucaria Angustifolia</i>
29	Araucaria australiana	<i>Araucaria bidwillii</i>
30	Araucaria Excelsa	<i>Araucaria Excelsa</i>

31	Arbol de coral, Ceibo, Árbol del coral, Flor de coral, Pico de gallo	<i>Erythrina crista-galli L.</i>
32	Arbol de Judea, Arbol del amor, Ciclamor	<i>Cercis siliquastrum</i>
33	Arce campestre, Arce menor, Alciro, Bordo común.	<i>Acer campestre</i>
34	Aromo australiano	<i>Acacia melanoxylon</i>
35	Aromo del Pais	<i>Acacia dealbata</i>
36	Arrayán palo colorado, arrayan	<i>Luma apiculata</i>
37	Avellano	<i>Gevuina avellana Molina</i>
38	Bauhinia	<i>Bauhinia</i>
39	Belloto	<i>Beilschmiedia miersii</i>
40	Belloto del sur	<i>Beilschmiedia berteroaana</i>
41	Boldo	<i>Peumus boldus</i>
42	Bollén	<i>Kageneckia oblonga</i>
43	Brachichito, Árbol botella	<i>Brachychiton populneus</i>
44	Bugambilia	<i>Bougainvillea</i>
45	Canelo	<i>Drimys winteri</i>
46	Caqui	<i>Diospyros kaki</i>
47	Carya	<i>Carya ovata</i>
48	Carza	<i>Haplorhus peruviana</i>
49	Castaño	<i>Castanea sativa Miller</i>
50	Castaño de Indias	<i>Aesculus hippocastanum</i>
51	Casuarina	<i>Casuarina cunninghamiana</i>
52	Catalpa	<i>Catalpa bignoniodes</i>
53	Cedro del atlántico, Cedrus atlantica, cedro del Atlas, cedro plateado o cedro atlántico	<i>Cedrus atlantica (Endl.) Carrière</i>
54	Cedro del líbano	<i>Cedrus libani A. Rich</i>
55	Cedro deodara, Cedro del Himalaya, Cedro lloron, Cedro deodara	<i>Cedro deodara</i>
56	Ceibo	<i>Erythrina falcata</i>
57	Chañar o quimori	<i>Geoffroea decorticans</i>
58	Chaquihue	<i>Crinodendron hookerianum</i>
59	Ciprés	<i>Cupressus sempervirens</i>
60	Cipres Calvo	<i>Drimys winteri</i>
61	Ciprés de arizona	<i>Cupressus arizonica Greene</i>
62	Ciprés de la cordillera	<i>Austrocedrus chilensis</i>
63	Ciprés de las Guaitecas	<i>Pilgerodendron uviferum</i>
64	Ciprés de monterrey	<i>cupressus macrocarpa Hartw</i>
65	Ciruelo verde	<i>Prunus ceracifera</i>

66	Ciruelo, ciruelo rojo	<i>Prunus ceracifera var. nigra pisardii</i>
67	Coigüe de Chiloé o roble de Chiloé	<i>Nothofagus nitida</i>
68	Coigüe de Magallanes	<i>Nothofagus betuloides</i>
69	Corona del Inca	<i>Euphorbia pulcherrima</i>
70	Corontillo	<i>Escallonia pulverulenta</i>
71	Cotoneaster	<i>Cotoneaster</i>
72	Crateagus	<i>Crataegus monogyna</i>
73	Crespon	<i>Lagerstroemia indica</i>
74	Criptomeria	<i>Cryptomeria japonica</i>
75	Damasco	<i>Prunus armeniaca</i>
76	Delonix Regia	<i>Delonix Regia</i>
77	Dracena	<i>Cordyline australis</i>
78	Durazno	<i>Prunus persica</i>
79	Encino	<i>Quercus robur</i>
80	Espino	<i>Acacia caven</i>
81	Esterculia	<i>sterculia apetala</i>
82	Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>
83	Ficus	<i>Ficus benjamina</i>
84	Floripondio	<i>Brugmansia arborea</i>
85	Frangel	<i>Kageneckia angustifolia</i>
86	Fresno	<i>Fraxinus excelsior</i>
87	Fresno ornus, fresno en flor	<i>Fraxinus ornus</i>
88	Fuinque	<i>Lomatia ferruginea</i>
89	Ginkgo biloba	<i>Ginkgo biloba</i>
90	Gleditsia	<i>Gleditsia triacanthos</i>
91	Gomero	<i>Ficus elastica</i>
92	Granado	<i>Punica granatum</i>
93	Grevillea	<i>Grevillea robusta</i>
94	Haya	<i>Fagus sylvatica L</i>
95	Higuera	<i>ficus carica</i>
96	Hualo	<i>Nothofagus glauca</i>
97	Ilan Ilan	<i>Aloysia looseri</i>
98	itsow	<i>Raukaua laetevirens</i>
99	Jabonero de la china	<i>Koelreuteria paniculata Laxm</i>
100	Jacaranda	<i>Jacaranda mimosifolia</i>
101	JuníperoEnebro, Junípero	<i>Juniperus spp</i>
102	Laurel	<i>Laurelia sempervirens</i>

103	Laurel de comer	<i>Laurus nobilis</i>
104	Laurel de floradelfa	<i>Neriun oleander</i>
105	Lenga	<i>Nothofagus pumilio</i>
106	Leña dura	<i>Maytenus magellanica</i>
107	Ligustrina	<i>Ligustrum japonicum</i>
108	Lila	<i>Syringa vulgaris</i>
109	Limón	<i>Citrus limon</i>
110	Lingue	<i>Persea lingue</i>
111	Liquidambar	<i>Liquidambar styraciflua</i>
112	Litre	<i>Lithrea caustica</i>
113	Lleuque	<i>Prumnopitys andina</i>
114	Luma	<i>Amomyrtus luma</i>
115	Luma del norte	<i>Legrandia concinna</i>
116	Lun	<i>Escallonia revoluta</i>
117	Magnolio	<i>Magnolia grandiflora</i>
118	Maiten	<i>Maytenus boaria</i>
119	Mandarino	<i>Citrus reticulata</i>
120	Manzano	<i>malus domestica</i>
121	Manzano de flor	<i>Malus floribunda Van Houtte</i>
122	Mañío de hojas cortas	<i>Saxegothaea conspicua</i>
123	Mañío de hojas largas, mañío	<i>Podocarpus saligna</i>
124	Mañío de hojas punzantes	<i>Podocarpus nubigenus</i>
125	Maqui	<i>Aristotelia chilensis</i>
126	Meli o luma blanca	<i>Amomyrtus meli</i>
127	Melia	<i>Melia azedarach</i>
128	Membrillo	<i>Membrillo</i>
129	Mioporo	<i>Myoporum acuminatum</i>
130	Miosporum ondulata	<i>Miosporum ondulata</i>
131	Molle, pimienta	<i>Schinus molle</i>
132	Morera	<i>Morus alba L</i>
133	Naranjillo	<i>Citronella mucronata</i>
134	Naranjo	<i>Citrus sinensis</i>
135	Nispero	<i>Mespilus germanica</i>
136	Nogal	<i>Juglans regia</i>
137	Nogal negro	<i>Juglans nigra L.</i>
138	Notro, Ciruelillo, fosforito	<i>Embothrium coccineum</i>
139	Ñirre	<i>Nothofagus antarctica</i>
140	Olipaix	<i>Nothofagus dombeyi</i>

141	Olivillo	<i>Aextoxicon punctatum</i>
142	Olivo	<i>Olea europaea</i>
143	Olivo de bohemia	<i>Eleagnus angustifolia</i>
144	Olmo	<i>Ulmus campestris</i>
145	Olmo americano	<i>Ulmus americana</i>
146	Olmo de Agua	<i>Olmo de Agua</i>
147	Olmo Pendulo	<i>Olmo Pendulo</i>
148	Ombu	<i>Phytolacca dioica</i>
149	Pacama	<i>Myrica pavonis</i>
150	Palma Chillena	<i>Jubaea chilensis</i>
151	Palmera	<i>Phoenix canariensis</i>
152	Palmera china, palmera trachicarpus	<i>Palmera Trachycarpus</i>
153	Palmera Cocus Plumosa	<i>Syagrus romanzoffiana</i>
154	Palmera Washingtonia	<i>Washingtonia filifera</i>
155	Palo borracho, Palo borracho, Arbol de la lana, Palo rosado, Samohu	<i>Chorisia speciosa</i>
156	Palo santo	<i>Dasyphyllum diacanthoides</i>
157	Palqui	<i>Cestrum parqui</i>
158	Palto	<i>persea americana</i>
159	Parkinsonia	<i>Parkinsonia aculeata</i>
160	Pata de vaca	<i>Bauhinia forficata</i>
161	Patagua	<i>Crinodendron patagua</i>
162	Paulownia	<i>Paulownia tomentosa</i>
163	Pelú	<i>Sophora cassioides</i>
164	Peral del JapónNashi	<i>Pyrus pyrifolia</i>
165	Peralperal europeo, peral común	<i>Pyrus communis</i>
166	Petra	<i>Myrceugenia exsucca</i>
167	Petrillo o petrilla	<i>Myrceugenia correifolia</i>
168	Peumo	<i>Cryptocarya alba</i>
169	Pillo pillo	<i>Ovidia pillopillo</i>
170	Pimiento	<i>Schinus molle</i>
171	Pino de las canariasPino canario, Pino de Canarias	<i>Pinus canariensis Chr</i>
172	Pino Insigne	<i>Pinus radiata</i>
173	Pino oregónabeto de douglas	<i>Pseudotsuga menziesi</i>
174	Piñol	<i>Lomatia dentata</i>
175	Pitao o canelillo	<i>Pitavia punctata Molina</i>
176	Pitosporo, Azahar de la China, Azarero, Pitosporo del Japón	<i>Pittosporum tobira</i>

177	Pitosporum Ondulata	<i>Pitosporum Ondulata</i>
178	Pitrapitra	<i>Myrceugenia planipes</i>
179	Plátano occidental plátano occidental, plátano de Virginia o sicómoro americano	<i>Platanus occidentalis</i>
180	Platano Oriental	<i>Platanus acerifolia</i>
181	Poinciana	<i>Caesalpinia gilliesii</i>
182	Quebracho	<i>Cassia closiana</i>
183	Queñoa	<i>Polylepis rugulosa</i>
184	Queñoa de altura	<i>Polylepis tarapacana</i>
185	Quercus Falcata	<i>Quercus Falcata</i>
186	Quercus Nigra	<i>Quercus Nigra</i>
187	Queule o keule	<i>Gomortega keule</i>
188	Quillay	<i>Quillaja saponaria</i>
189	Radal	<i>Lomatia hirsuta</i>
190	Raulí	<i>Nothofagus alpina</i>
191	Roble	<i>Nothofagus obliqua</i>
192	Roble de Santiago	<i>Nothofagus macrocarpa</i>
193	Ruil	<i>Nothofagus alessandrii</i> <i>Espinosa</i>
194	Sauce criollo	<i>Salix humboldtiana</i>
195	Sauce llorón	<i>Salix babylonica</i>
196	secuoia	<i>SEQUOIA SEMPERVIRENS</i>
197	Sófora	<i>Sophora japonica</i>
198	Sophora japonesa	<i>Stiphonolobium japonica</i>
199	Sterculea	<i>Sterculea Discolor</i>
200	Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i>
201	Tamarugo	<i>Prosopis tamarugo</i>
202	Tara	<i>Caesalpinia spinosa</i>
203	Tayú del norte	<i>Dasyphyllum excelsum</i>
204	Tejo	<i>Taxus baccata</i>
205	Temu o palo colorado	<i>Blepharocalyx cruckshanksii</i>
206	Tepa	<i>Laureliopsis philippiana</i>
207	Tepú	<i>Tepualia stipularis</i>
208	Thuja, Tuya, Tuya occidental, Árbol de la vida	<i>Thuja occidentalis</i>
209	Tiaca	<i>Caldecluvia paniculata</i>
210	Tilo, Tilo de hojas grandes, Tilo de hoja grande, Tilo de Holanda, Teja blanca	<i>Tilia platyphyllos Scop</i>
211	Tineo	<i>Weinmannia trichosperma</i>

212	Tipuana Tipu	<i>Tipuana Tipu</i>
213	toromiro	<i>Sophora toromiro</i>
214	Tulipero	<i>Liriodendron tulipifera</i>
215	Ulmo	<i>Eucryphia cordifolia</i>
216	Zelkova	<i>Zelkova serrata</i>

9 BIBLIOGRAFIA

1. Atkinson, R. 2000. Atmospheric Chemistry of VOCs and NOX. Atmospheric Environment Vol. 34, 2063-2101.
2. Arneth, A., Monson, R. K., Schurgers, G., Niinemets, U. & Palmer, P. I. (2008). Why are estimates of global terrestrial isoprene emissions so similar (and why in this not so for monoterpenes). Atmospheric chemistry and physics, Vol. 8, 4605 – 4620.
3. Anuarios parque de vehículos en circulación 2008 al 2014. [En línea] <http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/estadisticas_economicas/transporte_y_comunicaciones/parquevehiculos.php> [Consulta: 23 de mayo de 2015].
4. Informe estado del medioambiente 2011, Ministerio del medio ambiente. capítulo 6. [En línea]. <<http://www.mma.gob.cl/1304/w3-article-52016.html>> [Consulta: 27 de mayo 2015].
5. Decreto N°1. 2008. Subsecretaria de Salud pública. Ministerio de salud. Aprueba norma general técnica que establece uso de la décima revisión de la clasificación estadística internacional de enfermedades y problemas relacionados con la salud para la codificación de las causas de muerte y de enfermedad. [En línea] <http://juridico1.minsal.cl/DECRETO_1_08_NORMA_REVISION_ESTADISTICA.doc> [Consulta: 30 mayo 2015].

6. Áreas verdes e ingreso per cápita de las comunas de la provincia de Santiago. Informe estado del medioambiente 2011, Ministerio del medio ambiente. Capítulo 6. [En línea] <<http://www.mma.gob.cl/1304/w3-article-52016.html>> (Consulta 27 de mayo 2015).
7. Bell, M., McDermott, A., Zeger, S., Samet, J., Dominici, F., 2004. Ozone and Short-term Mortality in 95 US Urban Communities, 1987-2000. November 17; 292(19): 2372–2378.
8. Corada, K. 2012. Estudio de compuestos orgánicos volátiles biogénicos de especies arbóreas: crecimiento e incidencia en la química atmosférica. Memoria para optar al título profesional de Químico.
9. Correa, P., De la Barrera F., 2014. Análisis de la estructura y la composición del arbolado en parques del área metropolitana de Santiago. Chloris Chilensis. Año 17: N° 1.
10. DEIS, Departamento de Estadísticas e Información de Salud, Ministerio de Salud de Chile. Menú egresos hospitalarios. [En línea] <http://intradeis.minsal.cl/egresoshospitalarios/menu_publica_nueva/menu_publica_nueva.htm> [Consulta: 23 de mayo de 2015].
11. DEIS, Departamento de Estadísticas e Información de Salud, Ministerio de Salud de Chile. Principales causas de muerte según región, sexo y año de defunción en adultos de 65 y más. Chile, 1997 a 2011. [En línea] <<http://www.deis.cl/?p=2543>> [Consulta: 23 de mayo de 2015].

12. DEIS, Departamento de Estadísticas e Información de Salud, Ministerio de Salud de Chile. Primeras causas de defunción en Ambos Sexos, Chile 2000-2010. En línea] <<http://www.deis.cl/wp-content/uploads/2012/10/10-primeras-causas-de-muerte-Chile-2000-2010.xlsx>> [Consulta: 23 de mayo de 2015].
13. DEIS, Departamento de Estadísticas e Información de Salud, Ministerio de Salud de Chile. CIE-10 en línea [En línea] <<http://ais.paho.org/classifications/Chapters/index.htm>>. [Consulta: 23 de mayo de 2015].
14. Escobedo, F., Wagner, J., Nowak, D., De la Maza, C., Rodríguez, Manuel., Crane, D. 2008. Analyzing the cost effectiveness of Santiago, Chile's policy of using urban forests to improve air quality. *Journal of Environmental Management* Vol. 86 (148–157).
15. Felzer, B.; Cronin, T.; Reilly, M.; Melillo, J.; Wang, X. 2007. Impacts of ozone on trees and crops. *C. R. Geosci.* 339 (11–12), 784–798.
16. Fuentes, J., Lerda, M., Atkinson, R., Baldocchi D., Bottenheim J., Ciccioli, P., Lamb, B., Geron, C., Gu, L., Guenther, A. 2000. Biogenic hydrocarbons in the atmospheric boundary layer: a review *Bulletin of the American Meteorological Society.* 81, pp. 1537–1575
17. Rojas, G., Roure, R. 2001. Atmospheric pollen in Santiago, Chile. *Grana*, 40:3, 126-132, DOI: 10.1080/00173130152625860.

18. Guenther, A., Karl, T., Harley, P., Wiedinmyer, C., Palmer, P., Geron, C. 2006. Estimates of global terrestrial isoprene emissions using MEGAN (Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature). *Atmos Chem Phys*; 6:3181–210.
19. Guenther, A., Zimmerman, P., Harley, P. 1993. Isoprene and monoterpene variability: Model evaluations and sensitivity analysis. *J. Geophys. Res.* 98. 609-617.
20. Guenther, A., Monson, R., Fall, R. 1991. Isoprene and monoterpene emission rate Variability: Observations with eucalyptus and emission rate algorithm development. *J. Geophys. Res.* 96 (D6), 10799-10808.
21. Kansal, A. 2009. Sources and reactivity of NMHCs and VOCs in the atmosphere: a review. *J Hazard Mater* 166:17–26.
22. Kinoyama, M., Nitta, H., Watanabe, A., Ueda, H. 2008. Acetone and isoprene concentrations in exhaled breath in healthy subjects. *J Health Sci*; 54(4) 471–477.
23. Kushch, I., Arendacká, B., Štolc, S., Mochalski, P., Filipiak, W., Schwarz, K. 2008. Breath isoprene—aspects of normal physiology related to age, gender and cholesterol profile as determined in a proton transfer reaction mass spectrometry study. *Clin Chem Lab Med*; 46:1011–8.
24. Loreto, F., Schnitzler, P., 2010. Abiotic stresses and induced BVOCs. *Trends in Plant Science* 15: 154-166.

25. Seguel, R., Mancilla, C., Rondanelli, R., Leiva, M., Morales, R. 2013. Ozone Distribution in the lower troposphere over complex Terrain in central Chile. *Journal of geophysical research: Atmospheres* Vol. 118, 2966–2980.
26. Matus, P., Lucero, R. 2002. Norma Primaria de Calidad del Aire. *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias* 18 (2): 112-122.
27. Maldonado, C. 2005. Análisis espacial de las enfermedades respiratorias en adultos mayores y su relación con el medio ambiente urbano. Memoria para optar al título de geógrafa. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile.
28. Masiol, M., Roy, H., 2014. Aircraft engine exhaust emissions and other airport-related contributions to ambient air pollution: A review. *Atmospheric Environment* 95. 409-455.
29. McConnell, R., Berhane, K., Gilliland, F., London. S., Islam, T., Gauderman, J., Avol, E., Margolis, H., Peters, J. 2002. Asthma in exercising children exposed to ozone: a cohort study. *The Lancet*. Vol. 359: 386-391.
30. Michelle Oakes, Lisa Baxter c, Thomas C. Long. (2014). Evaluating the application of multipollutant exposure metrics in air pollution health studies. *Environment International* 69 (2014) 90–99.
31. Morales, J. 2013. Estudio de las emisiones de terpenos por la especie nativa *Schinus molle* L. (Pimiento), sus variaciones temporales y su

contribución al mejoramiento del inventario de emisiones de la región metropolitana. Memoria de Tesis para optar al título de Químico. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile.

- 32.OECD (2012). OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction, OECD Publishing, Paris.
- 33.Préndez, M., Carvajal, V., Corada, C., Morales, J., ALARCÓN, F., PERALTA, H. 2013. Biogenic volatile organic compounds from the urban forest of the Metropolitan Region, Chile. *Environment Pollution xxx*: 1-8.
- 34.Préndez, M., Alvarado, G., Serey, I. 2011. Some Guidelines to improve air quality management in Santiago, Chile: from Commune to basin level. *Volatile Organic compounds. Chapter 5. pag 103-141*
- 35.Peñuelas, J., Michael, S. 2010. BVOCs and global change. *Trends in plant Science Vol 15 No.3*.
- 36.Tingey, D., Turner, D., Weber, J. 1991. Factors controlling the emissions of monotrenes and other volatile organic compounds. *Trace gas emissions by plants. Eds. T.D Sharkey, E.A Holland and H.A Mooney. Academic Press, San Diego. pp. 93-119.*
- 37.Zhaozhong, F., Jingsong, Sun., Wan, W., Enzhu, Hu., Calatayud, V. 2014. Evidence of widespread ozone-induced visible injury on plants in Beijing, China. *Environmental Pollution, Volume 193, October, Pages 296–301.*

38. Toro, R., Córdova, A., Canales, M., Morales, R., Mardones, P., Leiva, M (2015). Trends and threshold exceedances analysis of airborne pollen concentrations in Metropolitan Santiago Chile. PLoS ONE 10(5): e0123077. doi:10.1371/journal.pone.0123077.

10 ANEXOS

Anexo: 1



Principales causas de muerte(+) según región, sexo y año de defunción en adultos de 65 y más. Chile, 1997 a 2011

Región, Código y Causa de defunción	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	Ambos sexos Defunciones														
Total País															
J00-J06, J20-J22 Enfermedades respiratorias agudas excepto influenza	152	83	84	65	52	53	49	70	72	45	62	40	40	26	50
J10-J11 Influenza	74	73	121	30	46	15	23	54	25	11	16	11	16	13	0
J12-J18 Neumonía	5.131	5.044	5.745	3.577	3.171	2.911	2.745	3.085	2.783	2.643	3.424	2.883	2.980	3.436	2.773
J40-J47 Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores	1.421	2.011	2.204	1.974	2.434	2.245	2.438	2.772	2.730	2.614	3.054	2.546	2.634	3.140	2.767
J80-J84 Edema Pulmonar y otras enfermedades respiratorias que afectan el intersticio	458	510	559	623	697	668	687	800	802	843	1.028	963	973	1.104	1.092
J96 Insuficiencia respiratoria NCOP	185	246	152	148	120	87	78	51	73	62	106	132	173	193	189
	7.421	7.967	8.865	6.417	6.520	5.979	6.020	6.832	6.485	6.218	7.690	6.575	6.816	7.912	6.871
Metropolitana de Santiago															
J00-J06, J20-J22 Enfermedades respiratorias agudas excepto influenza	51	31	46	36	17	25	24	40	30	21	33	12	16	9	20
J10-J11 Influenza	24	35	47	9	23	6	11	22	13	2	7	4	8	2	0
J12-J18 Neumonía	1.958	2.019	2.375	1.312	1.118	1.055	913	1.034	988	949	1.224	929	881	1.082	989
J40-J47 Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores	557	826	912	788	1.018	862	993	1.138	1.067	1.094	1.291	1.013	1.043	1.307	1.111
J80-J84 Edema Pulmonar y otras enfermedades respiratorias que afectan el intersticio	163	193	217	247	266	240	283	322	343	342	390	339	356	385	416
J96 Insuficiencia respiratoria NCOP	115	157	54	70	38	41	30	17	34	24	49	49	66	54	62
	2.868	3.261	3.651	2.462	2.480	2.229	2.254	2.573	2.475	2.432	2.994	2.346	2.370	2.839	2.598

Fuente: DEIS - MINSAL

*Tasa por mil habitantes de 65 años y más.

(+) Listado definido por OMS

Anexo: 2



Diez primeras causas de defunción en Ambos Sexos, Chile 2000-2010

Ranking	2000			2001			2002			2003		
	Causa	Nº Defunciones	Tasa *									
1	Enfermedades isquémicas del corazón	7.676	49,9	Enfermedades isquémicas del corazón	7.812	50,2	Enfermedades isquémicas del corazón	7.820	49,7	Enfermedades isquémicas del corazón	8.106	50,9
2	Enfermedades cerebrovasculares	7.455	48,4	Enfermedades cerebrovasculares	7.485	48,1	Enfermedades cerebrovasculares	7.553	48,0	Enfermedades cerebrovasculares	7.973	50,1
3	Neumonía	4.283	27,8	Cirrosis y otras enfermedades del hígado	3.954	25,4	Cirrosis y otras enfermedades del hígado	4.047	25,7	Cirrosis y otras enfermedades del hígado	4.154	26,1
4	Cirrosis y otras enfermedades del hígado	3.504	22,8	Neumonía	3.947	25,3	Neumonía	3.395	21,6	Diabetes mellitus	3.278	20,6
5	Tumor maligno del estómago	3.022	19,6	Diabetes mellitus	2.951	19,0	Tumor maligno del estómago	3.139	19,9	Tumor maligno del estómago	3.115	19,6
6	Diabetes mellitus	2.501	16,2	Tumor maligno del estómago	2.932	18,8	Diabetes mellitus	2.990	19,0	Neumonía	3.041	19,1
7	Enfermedades hipertensivas	2.292	14,9	Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores	2.787	17,9	Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores	2.536	16,1	Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores	2.777	17,4
8	Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores	2.248	14,6	Enfermedades hipertensivas	2.743	17,6	Demencia y Enfermedad de Alzheimer	2.501	15,9	Demencia y Enfermedad de Alzheimer	2.704	17,0
9	Accidentes de transporte terrestre	2.163	14,0	Demencia y Enfermedad de Alzheimer	2.254	14,5	Enfermedades hipertensivas	2.480	15,8	Enfermedades hipertensivas	2.686	16,9
10	Tumor maligno de la tráquea, bronquios y pulmón	1.893	12,3	Enfermedades del sistema urinario	2.100	13,5	Enfermedades del sistema urinario	2.066	13,1	Accidentes de transporte terrestre	2.284	14,3
	Síntomas, signos y estados morbosos mal definidos	3.101	20,1	Síntomas, signos y estados morbosos mal definidos	2.871	18,4	Síntomas, signos y estados morbosos mal definidos	2.437	15,5	Síntomas, signos y estados morbosos mal definidos	2.381	15,0
	Resto de causas	38.676	251,2	Resto de causas	40.035	257,1	Resto de causas	40.115	254,8	Resto de causas	41.173	258,6
	Todas las causas	78.814	511,9	Todas las causas	81.871	525,8	Todas las causas	81.079	514,9	Todas las causas	83.672	525,6

* Tasa por 100.000 habitantes

FUENTE: DEIS-MINSAL

Tabla elaborada en base a Lista estándar para causas principales de defunción publicada en el Boletín de la DMS, abril 2006; 84(4):

707-704

Códigos CIE-10 para causa y/o grupos de causas:

V01-V89 Accidentes de transporte terrestre

K70-K76 Cirrosis y otras enfermedades del hígado

F04, F04a Demencia y Enfermedad de Alzheimer

E10-E14 Diabetes mellitus

I60-I69 Enfermedades cerebrovasculares

J40-J47 Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores

N00-N39 Enfermedades del sistema urinario

I10-I15 Enfermedades hipertensivas

I20-I25 Enfermedades isquémicas del corazón

J12-J18 Neumonía

R00-R99 Síntomas, signos y estados morbosos mal definidos

C23, C34 Tumor maligno de la tráquea, bronquios y pulmón

C16 Tumor maligno del estómago

2004			2005			2006			2007		
Causa	Nº Defunciones	Tasa *									
Enfermedades isquémicas del corazón	7.967	49,5	Enfermedades isquémicas del corazón	7.948	48,9	Enfermedades isquémicas del corazón	7.943	48,3	Enfermedades isquémicas del corazón	8.426	50,8
Enfermedades cerebrovasculares	7.783	48,4	Enfermedades cerebrovasculares	7.698	47,3	Enfermedades cerebrovasculares	7.608	46,3	Enfermedades cerebrovasculares	8.278	49,9
Cirrosis y otras enfermedades del hígado	4.177	26,0	Cirrosis y otras enfermedades del hígado	3.733	22,9	Cirrosis y otras enfermedades del hígado	3.794	23,1	Cirrosis y otras enfermedades del hígado	3.987	24,0
Neumonía	3.415	21,2	Diabetes mellitus	3.382	20,8	Diabetes mellitus	3.335	20,3	Neumonía	3.803	22,9
Diabetes mellitus	3.415	21,2	Enfermedades hipertensivas	3.161	19,4	Enfermedades hipertensivas	3.110	18,9	Diabetes mellitus	3.625	21,8
Enfermedades hipertensivas	3.131	19,5	Neumonía	3.097	19,0	Tumor maligno del estómago	3.109	18,9	Demencia y Enfermedad de Alzheimer	3.604	21,7
Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores	3.116	19,4	Tumor maligno del estómago	3.092	19,0	Demencia y Enfermedad de Alzheimer	2.980	18,1	Enfermedades hipertensivas	3.377	20,3
Tumor maligno del estómago	3.052	19,0	Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores	3.067	18,9	Neumonía	2.973	18,1	Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores	3.371	20,3
Demencia y Enfermedad de Alzheimer	2.831	17,6	Demencia y Enfermedad de Alzheimer	2.905	17,9	Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores	2.934	17,9	Tumor maligno del estómago	3.070	18,5
Enfermedades del sistema urinario	2.436	15,1	Enfermedades del sistema urinario	2.566	15,8	Enfermedades del sistema urinario	2.463	15,0	Enfermedades del sistema urinario	2.683	16,2
Síntomas, signos y estados morbosos mal definidos	2.439	15,2	Síntomas, signos y estados morbosos mal definidos	2.379	14,6	Síntomas, signos y estados morbosos mal definidos	2.060	12,5	Síntomas, signos y estados morbosos mal definidos	2.718	16,4
Resto de causas	42.376	263,3	Resto de causas	43.074	264,8	Resto de causas	43.330	263,7	Resto de causas	46.058	277,5
Todas las causas	86.138	535,2	Todas las causas	86.102	529,3	Todas las causas	85.639	521,2	Todas las causas	93.000	560,3

2008			2009			2010		
Causa	Nº Defunciones	Tasa *	Causa	Nº Defunciones	Tasa *	Causa	Nº Defunciones	Tasa *
Enfermedades cerebrovasculares	8.089	48,3	Enfermedades cerebrovasculares	8.130	48,0	Enfermedades cerebrovasculares	8.888	52,0
Enfermedades isquémicas del corazón	7.666	45,7	Enfermedades isquémicas del corazón	7.299	43,1	Enfermedades isquémicas del corazón	7.789	45,6
Cirrosis y otras enfermedades del hígado	4.170	24,9	Cirrosis y otras enfermedades del hígado	4.167	24,6	Cirrosis y otras enfermedades del hígado	4.285	25,1
Demencia y Enfermedad de Alzheimer	3.536	21,1	Demencia y Enfermedad de Alzheimer	3.551	21,0	Enfermedades hipertensivas	3.976	23,3
Enfermedades hipertensivas	3.493	20,8	Enfermedades hipertensivas	3.523	20,8	Neumonía	3.928	23,0
Neumonía	3.312	19,8	Neumonía	3.516	20,8	Demencia y Enfermedad de Alzheimer	3.732	21,8
Diabetes mellitus	3.268	19,5	Tumor maligno del estómago	3.350	19,8	Diabetes mellitus	3.684	21,6
Tumor maligno del estómago	3.111	18,6	Diabetes mellitus	3.253	19,2	Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores	3.500	20,5
Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores	2.845	17,0	Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores	2.973	17,6	Tumor maligno del estómago	3.316	19,4
Enfermedades del sistema urinario	2.570	15,3	Enfermedades del sistema urinario	2.640	15,6	Enfermedades del sistema urinario	3.138	18,4
Síntomas, signos y estados morbosos mal definidos	2.556	15,2	Síntomas, signos y estados morbosos mal definidos	2.403	14,2	Síntomas, signos y estados morbosos mal definidos	2.467	14,4
Resto de causas	45.552	271,7	Resto de causas	47.160	278,6	Resto de causas	49.227	288,0
Todas las causas	90.168	537,9	Todas las causas	91.965	543,2	Todas las causas	97.930	572,9

Anexo: 3

Índice potencial formador de ozono de especies arbóreas urbanas exóticas y nativas en la región metropolitana de Chile.

Especies	IPFO
<i>Robinia pseudoacacia</i>	3734 [d]
<i>Prunus cerasifera</i> var. <i>Nigra</i> <i>Pissardii</i>	1089 [d] 2494 [m]
<i>Prunus cerasifera</i>	548 [d] 152 [a]
<i>Betula pendula</i>	2010 [d] 1146 [m] 150 [a]
<i>Acacia dealbata</i>	2920 [d] 763 [m] 4357 [a]
<i>Olea europea</i>	847 [d] 450 [m] 1112 [a]
<i>Schinus molle</i>	660 [d]
<i>Cryptocarya alba</i>	222 [d]
<i>Acacia caven</i>	111 [d]
<i>Maytenus boaria</i>	48 [d]

(Fuente: Préndez *et al.*, 2013)

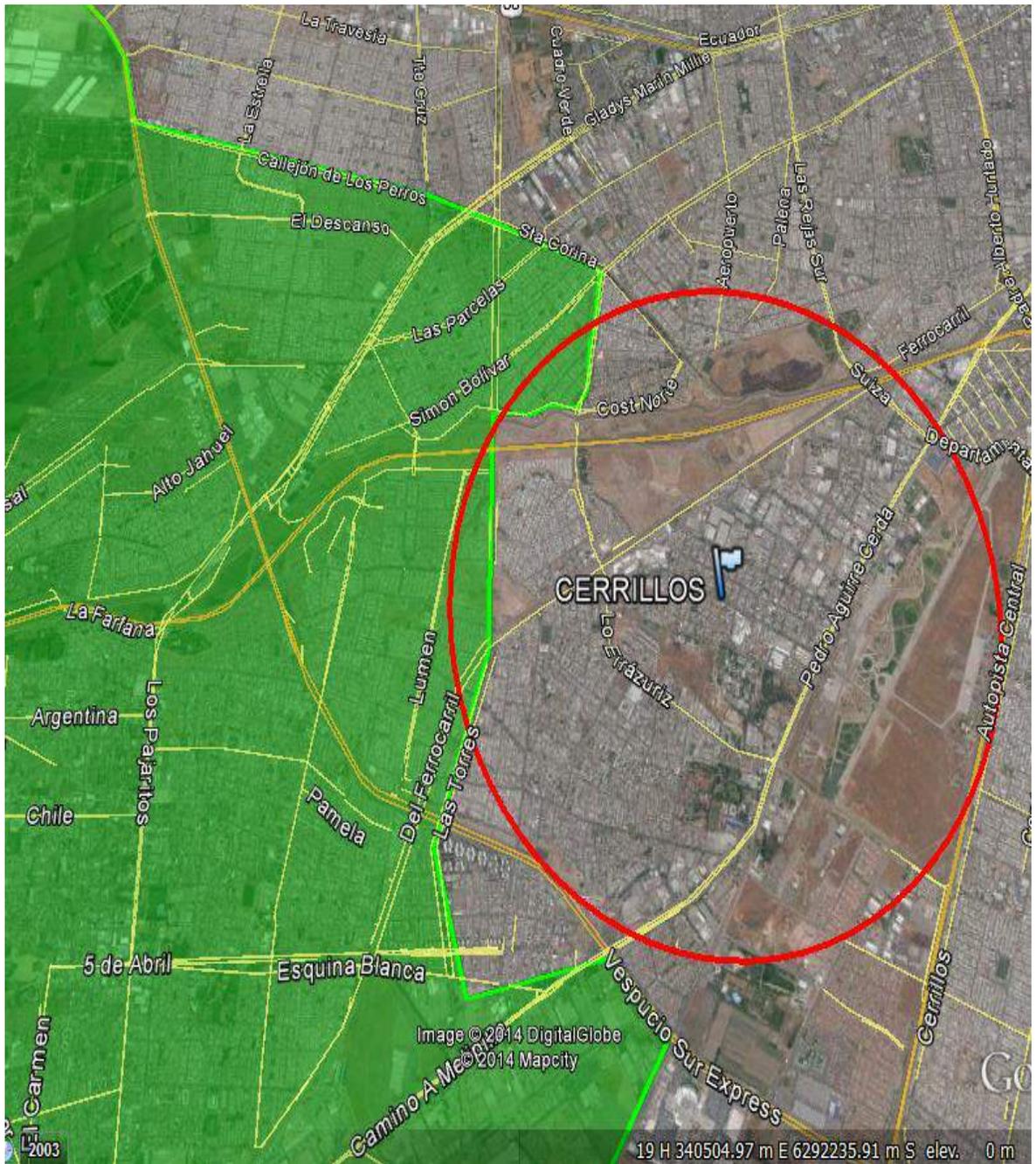
d= diario

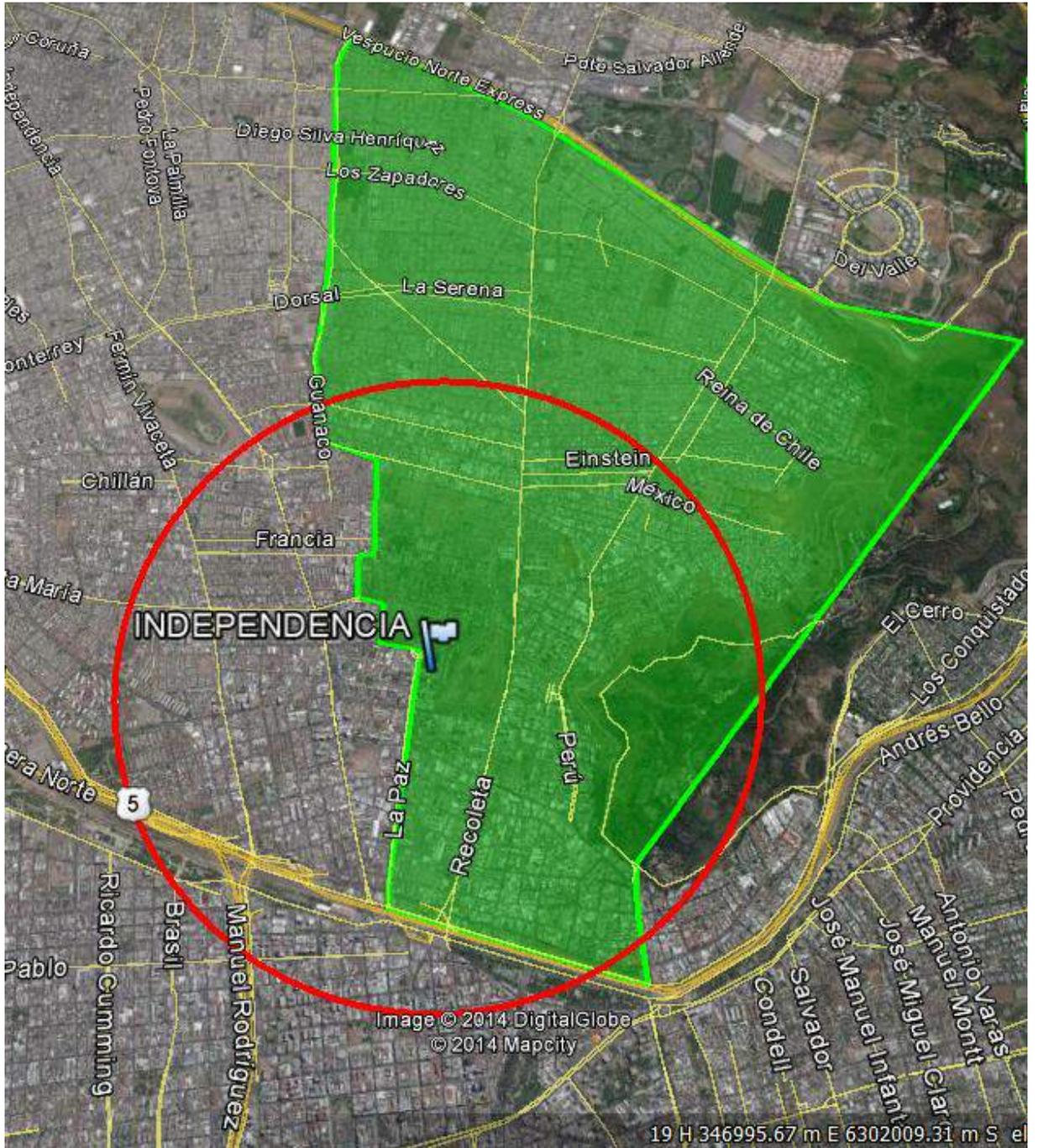
m= mañana

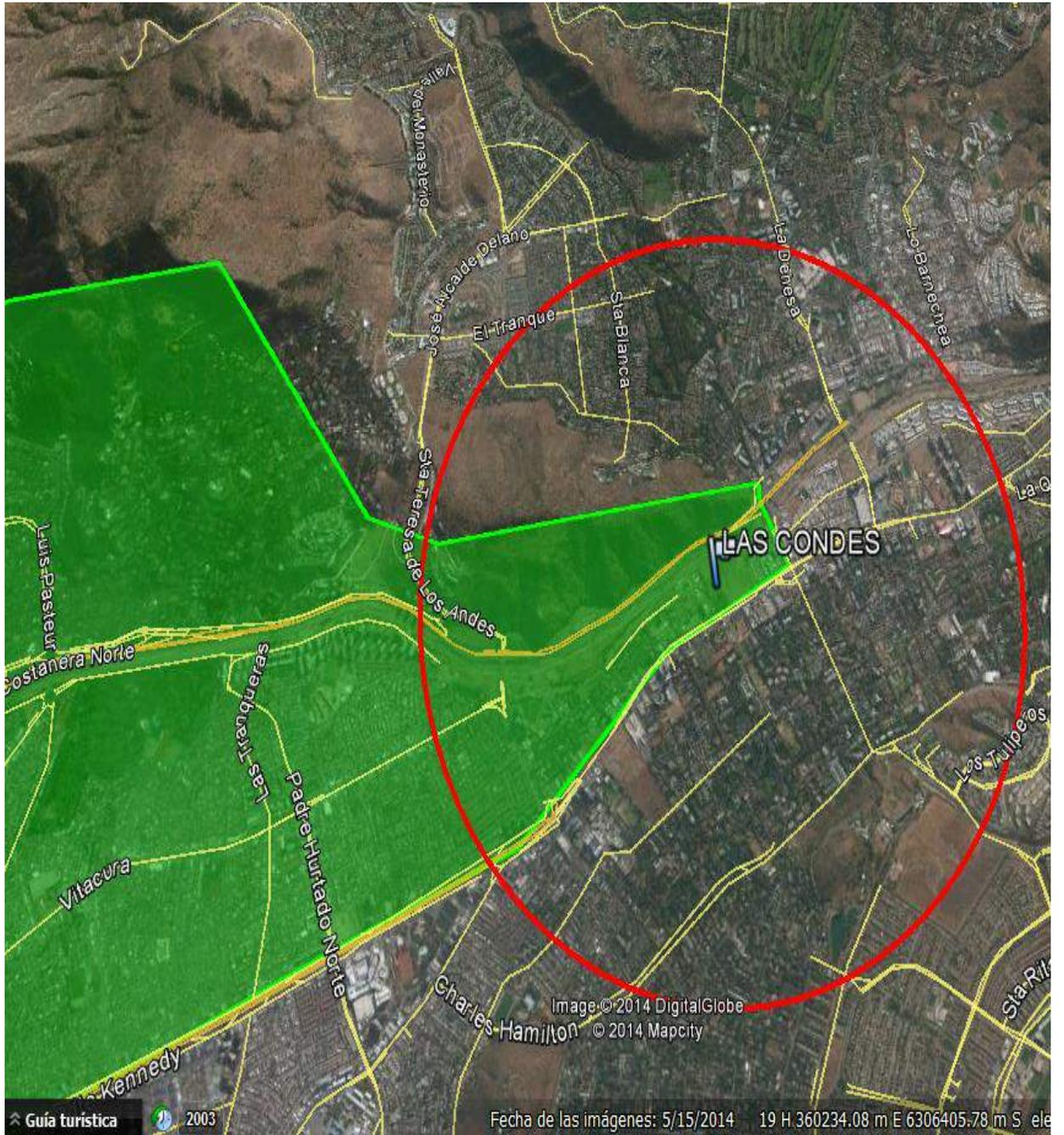
a= tarde

IPFO= índice potencial formador de ozono

Anexo 4:





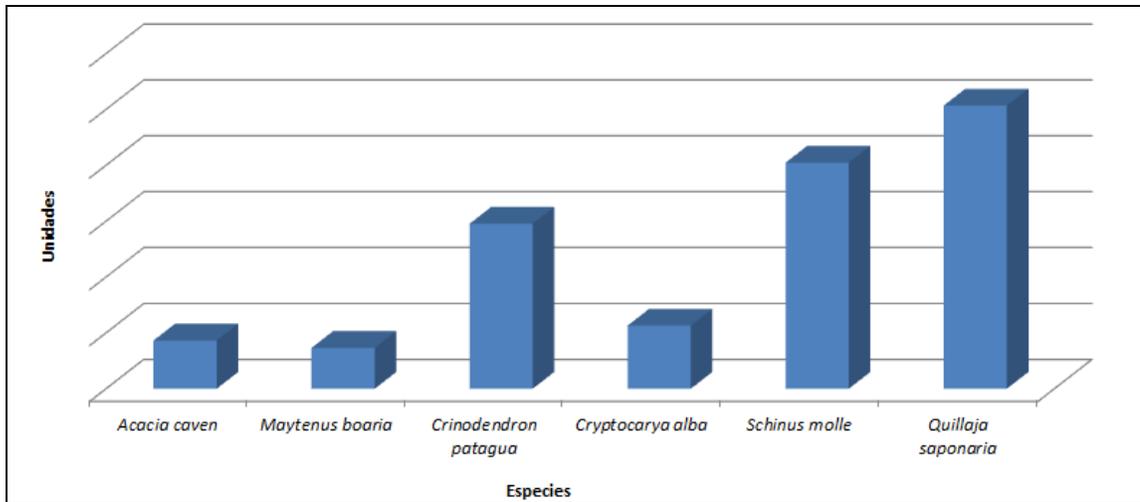


Anexo 5:

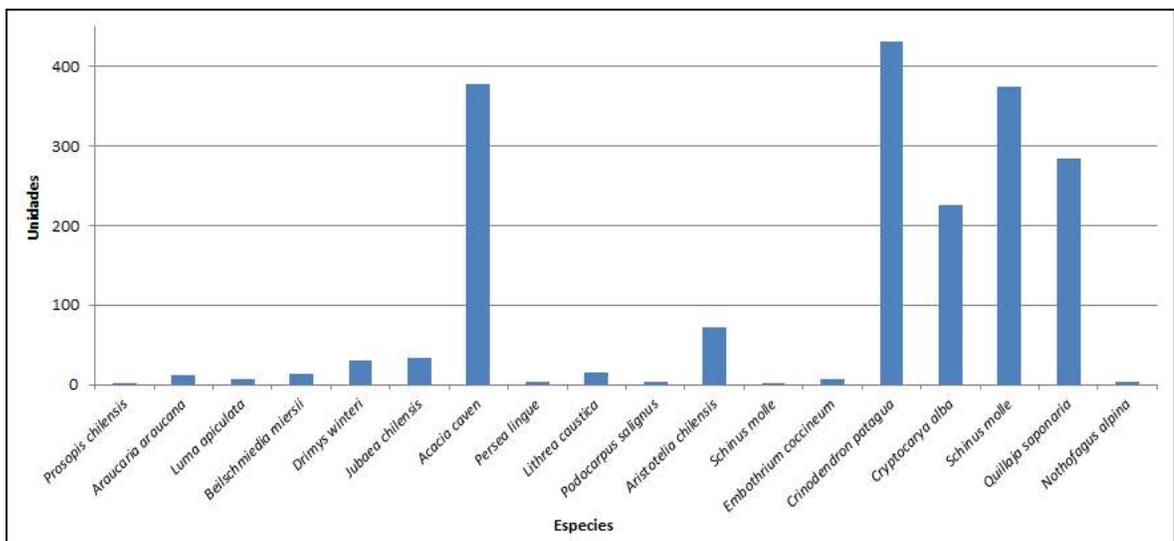
1	<i>Abies (fir)</i>	59	<i>Gordonia (loblolly-bay)</i>	117	<i>Prosopis (mesquite)</i>
2	<i>Acacia</i>	60	<i>Gordonia lasianthus</i>	118	<i>Prunus (cherry)</i>
3	<i>Acer barbatum</i>	61	Grass	119	<i>Pseudotsuga (douglas fir)</i>
4	<i>Acer nigrum</i>	62	Grass	120	<i>Quercus bicolor</i>
5	<i>Acer pensylvanicum</i>	63	<i>Gymnocladus dioicus</i>	121	<i>Quercus coccinea</i>
6	<i>Acer (maple)</i>	64	<i>Gymnocladus (KY coffeetree)</i>	122	<i>Quercus durandii</i>
7	<i>Aesculus (buckeye)</i>	65	<i>Halesia (silverbell)</i>	123	<i>Quercus ilicifolia</i>
8	<i>Aesculus (buckeye)</i>	66	Hardwood forest (AVHRR, Guen)	124	<i>Quercus imbricaria</i>
9	<i>Ailanthus</i>	67	Hay	125	<i>Quercus laevis</i>
10	<i>Aleurites fordii</i>	68	<i>Ilex (holly)</i>	126	<i>Quercus lyrata</i>
11	<i>Aleurites (tung-oil tree)</i>	69	<i>Juglans (black walnut)</i>	127	<i>Quercus michauxi</i>
12	Alfalfa	70	<i>Juglans spp.</i>	128	<i>Quercus nuttallii</i>
13	Alfalfa	71	<i>Juniperus (east. red cedar)</i>	129	<i>Quercus prinus</i>
14	<i>Alnus (European alder)</i>	72	<i>Laguncularia (white mangrove)</i>	130	<i>Quercus (oak)</i>
15	<i>Amelanchier arborea</i>	73	<i>Larix (larch)</i>	131	Range
16	<i>Amelanchier (serviceberry)</i>	74	<i>Liquidambar (sweetgum)</i>	132	<i>Rhizophora (red mangrove)</i>
17	<i>Asimina (pawpaw)</i>	75	<i>Liriodendron (yellow poplar)</i>	133	Rice
18	<i>Asimina triloba</i>	76	<i>Maclura (osage-orange)</i>	134	<i>Robinia (black locust)</i>
19	<i>Avicennia (black mangrove)</i>	77	<i>Magnolia</i>	135	Rye
20	Barley	78	<i>Magnolia</i>	136	<i>Sabal (cabbage palmetto)</i>
21	Barley	79	<i>Malus (apple)</i>	137	<i>Salix (willow)</i>
22	Barren	80	<i>Melia (chinaberry)</i>	138	<i>Sapium (chinese tallow tree)</i>
23	<i>Betula (birch)</i>	81	Mixed forest (AVHRR, Guen)	139	Sassafras
24	<i>Betula (birch)</i>	82	<i>Morus spp.</i>	140	<i>Sassafras albidum</i>
25	Boreal forest (AVHRR/Guen et al 94)	83	<i>Morus (mulberry)</i>	141	Scrub
26	<i>Bumelia (gum bumelia)</i>	84	Misc crops	142	Scrub woodland (AVHRR, Guen)
27	<i>Carpinus (hombean)</i>	85	Northern Mixed Forest (AVHRR, Guen)	143	<i>Serenoa (saw palmetto)</i>
28	<i>Carya (hickory)</i>	86	<i>Nyssa (blackgum)</i>	144	Southeast/Western Deciduous Forest
29	<i>Castanopsis (chinkapin)</i>	87	<i>Nyssa (tupelo and blackgum)</i>	145	Southeast Mixed Forest
30	<i>Castanea (chestnut)</i>	88	BEIS oak forest	146	Snow
31	<i>Castanea (chestnut)</i>	89	Oats	147	<i>Sorbus (mountain ash)</i>
32	<i>Casuarina (Austl pine)</i>	90	BEIS other deciduous forest	148	Sorghum
33	Catalpa	91	Open forest	149	<i>Sorbus (mountain ash)</i>
34	<i>Cedrus (Deodar cedar)</i>	92	Oak Savannah (AVHRR, Guen)	150	Soybean
35	<i>Cedrus chamaecyp</i>	93	<i>Ostrya (hophornbeam)</i>	151	Southern pine (AVHRR, Guen)
36	<i>Celtis (hackberry)</i>	94	<i>Ostrya virginiana</i>	152	<i>Swietenia (W. Indies mahogany)</i>
37	<i>Celtis (hackberry)</i>	95	Other (unknown, assume grass)	153	<i>Taxodium (cypress)</i>
38	<i>Cercis (redbud)</i>	96	<i>Oxydendrum arboretum</i>	154	<i>Thuja (W. red cedar)</i>
39	<i>Cercis (redbud)</i>	97	<i>Oxydendrum (sourwood)</i>	155	<i>Tilia (basswood)</i>
40	<i>Chamaecyparis (prt-orford cedar)</i>	98	Pasture cropland (AVHRR, Guen)	156	<i>Tilia (basswood)</i>
41	Citrus (orange)	99	Pasture	157	Tobacco
42	BEIS conifer forest	100	Paulownia	158	<i>Tsuga (Eastern hemlock)</i>
43	Conifer forest (AVHRR, Guen)	101	Paulownia	159	<i>Tsuga (Eastern hemlock)</i>
44	Corn	102	Peanuts	160	Tundra
45	<i>Cornus (dogwood)</i>	103	<i>Persea (redbay)</i>	161	BEIS urban forest
46	<i>Cornus (dogwood)</i>	104	<i>Picea (spruce)</i>	162	BEIS urban grass
47	<i>Cotinus (smoke tree)</i>	105	<i>Pinus clausa</i>	163	<i>Ulmus (American elm)</i>
48	Cotton	106	<i>Pinus glabra</i>	164	BEIS2 other urban (assume 20% grass)
49	<i>Crataegus (hawthorn)</i>	107	<i>Pinus rigida</i>	165	BEIS urban (.2 grass/.2 forest)
50	Herbaceous Wetlands (AVHRR, Guen)	108	<i>Pinus serotina</i>	166	Urban trees (.5 Harf/.5 Conf)
51	Desert shrub (AVHRR, Guen)	109	<i>Pinus strobiformis</i>	167	<i>Vaccinium (blueberry)</i>
52	<i>Diospyros (persimmon)</i>	110	<i>Pinus sylvestris</i>	168	<i>Washingtonia (fan palm)</i>
53	<i>Diospyros (persimmon)</i>	111	<i>Pinus (pine)</i>	169	Water
54	Eucalyptus	112	<i>Pinus virginiana</i>	170	W Coniferous Forest (AVHRR, Guen)
55	<i>Fagus (american beech)</i>	113	<i>Planera (water elm)</i>	171	Woodland/cropland (AVHRR, Guen)
56	<i>Fagus (american beech)</i>	114	<i>Platanus (sycamore)</i>	172	Wetland forest (AVHRR, Guen)
57	<i>Fraxinus (ash)</i>	115	<i>Populus (aspen)</i>	173	Wheat
58	<i>Gleditsia (honeylocust)</i>	116	Potato	174	Western Mixed Forest (AVHRR, Guen)
				175	Western Woodlands (AAVHRR, Guen)

Anexo 7:

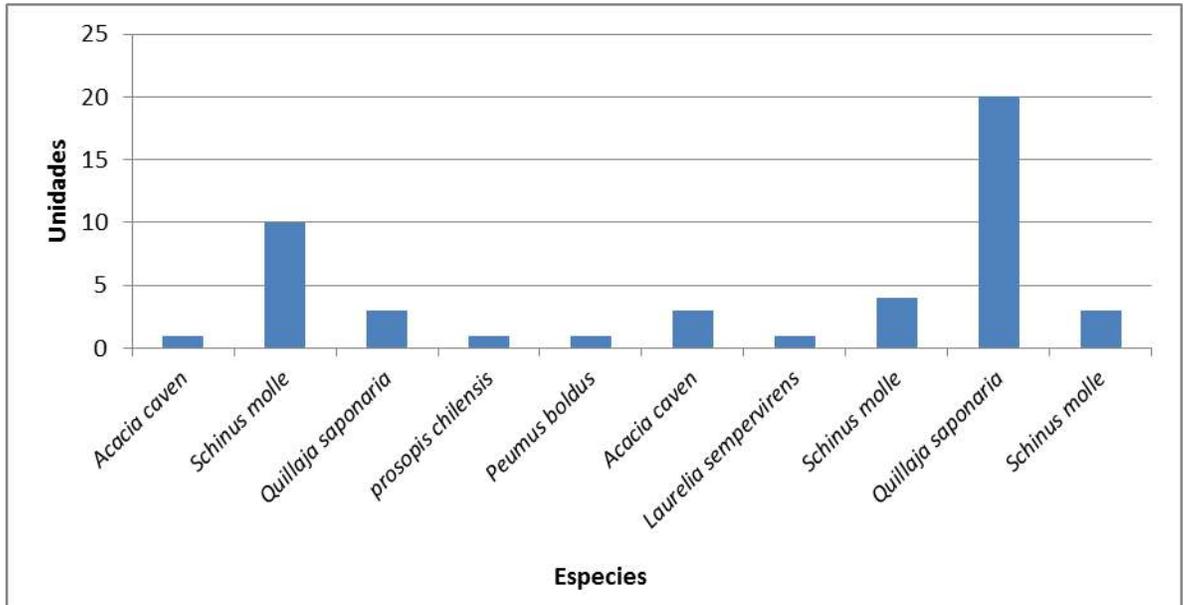
Número de especies nativas para la comuna de La Reina



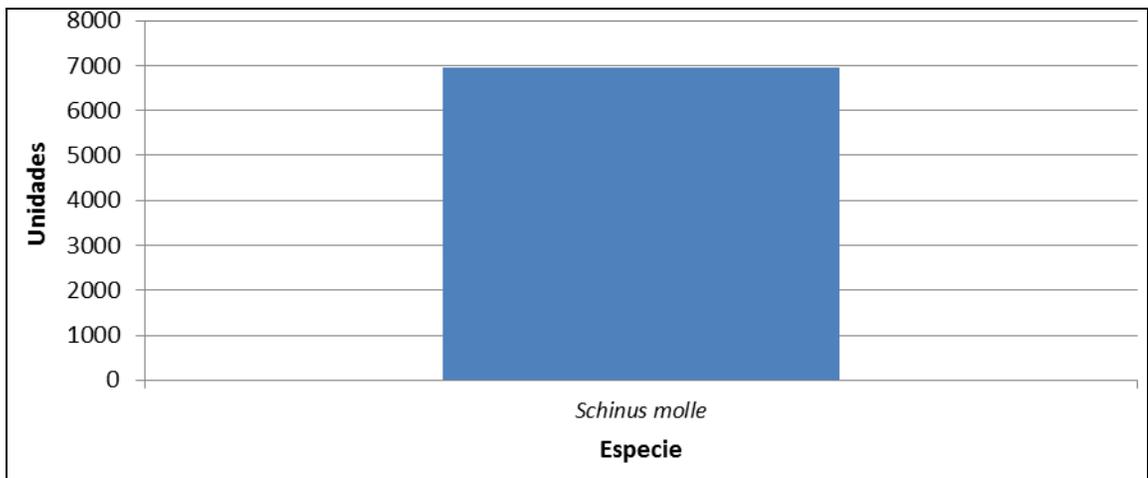
Número de especies nativas para la comuna de Vitacura



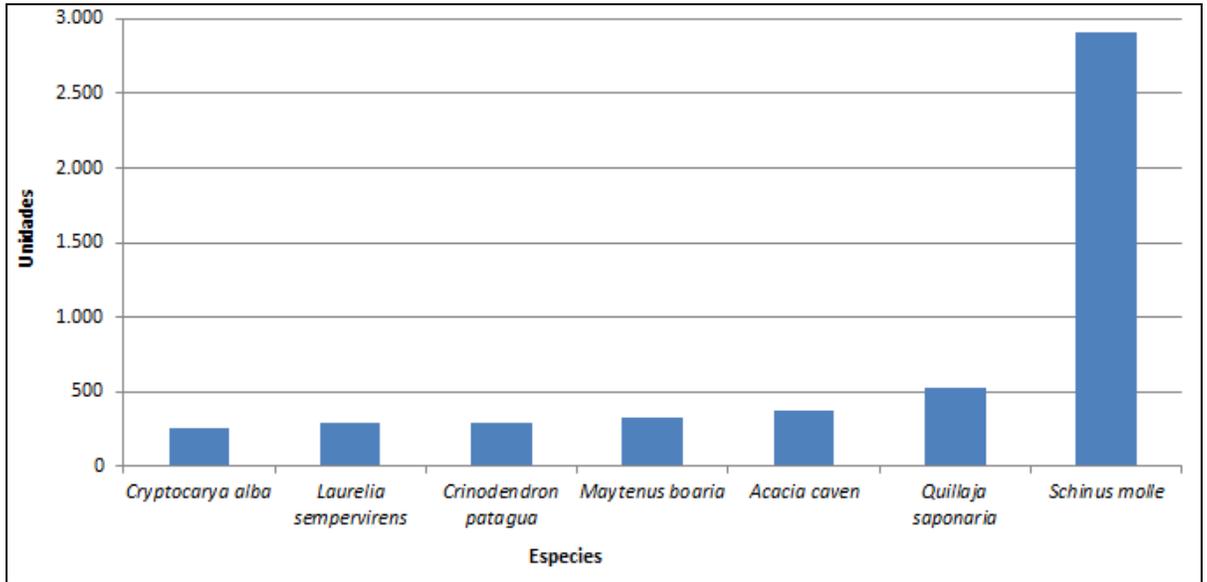
Número de especies nativas para la comuna de Recoleta



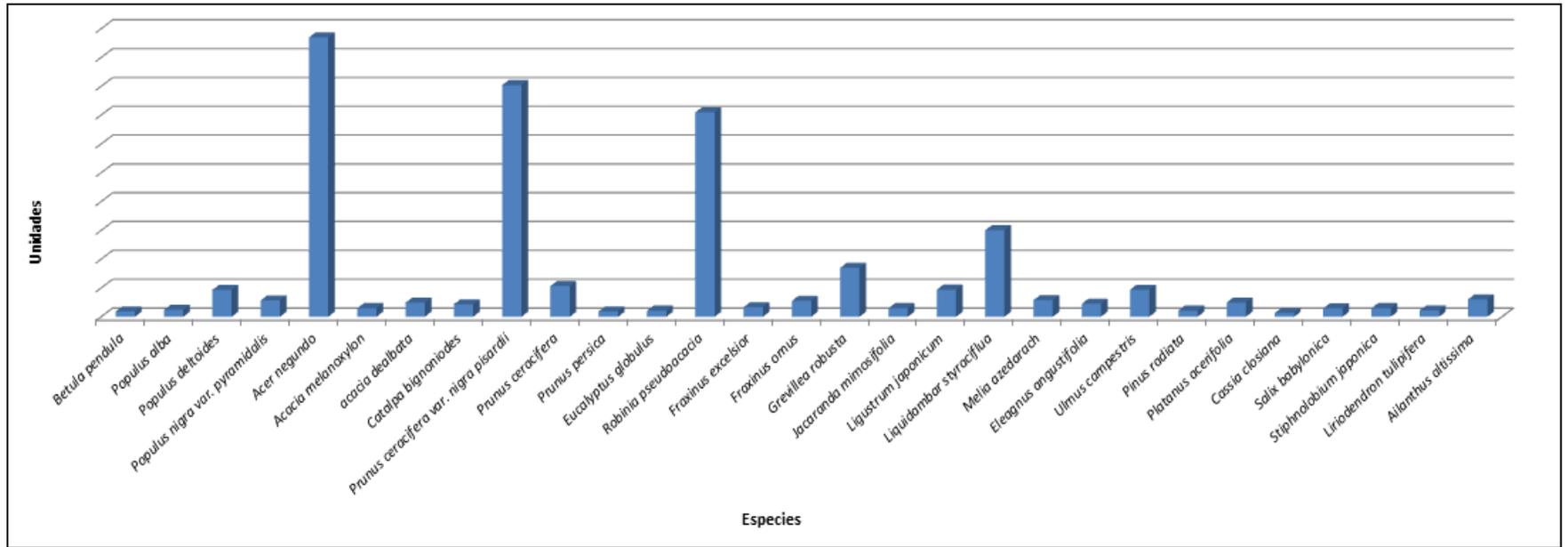
Número de especies nativas para la comuna de La Florida



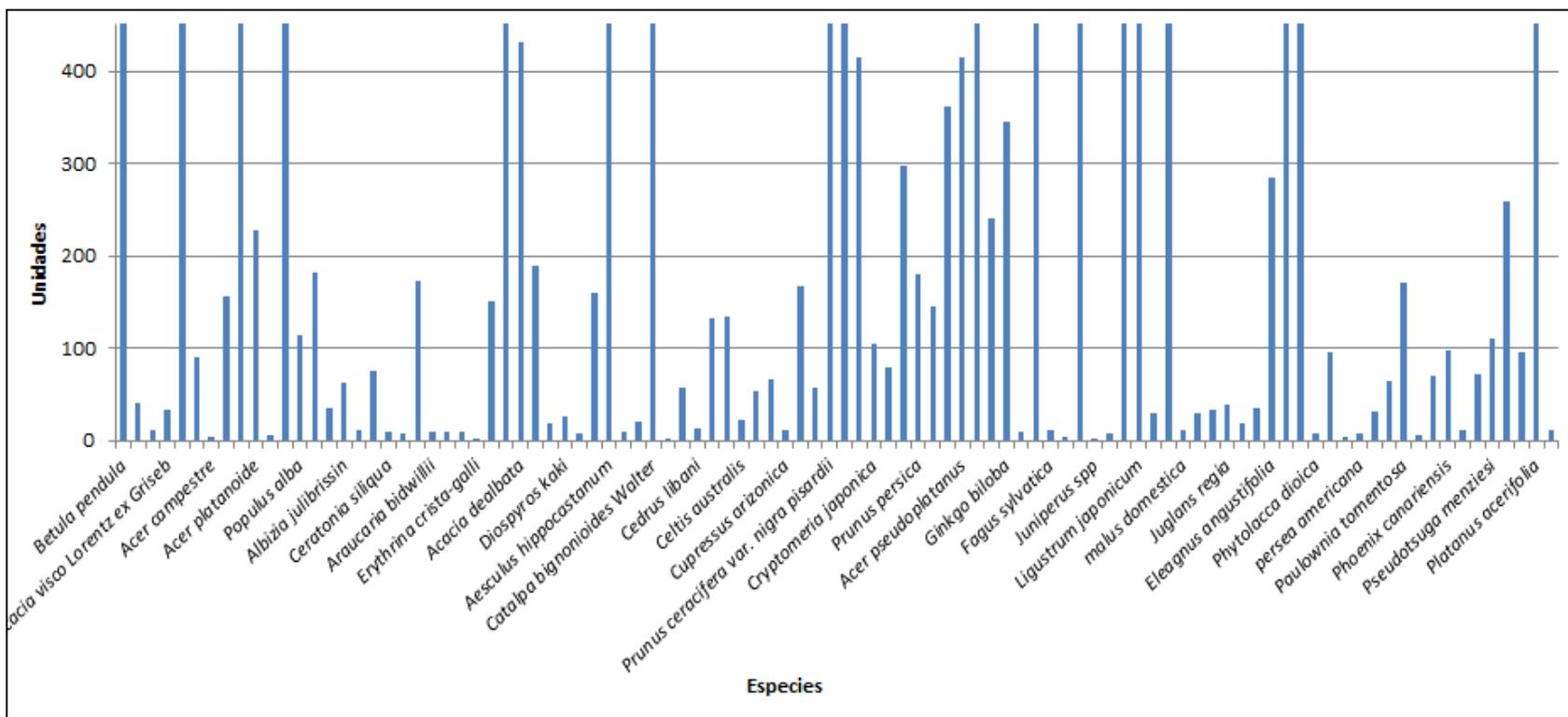
Número de especies nativas para la comuna de Maipú



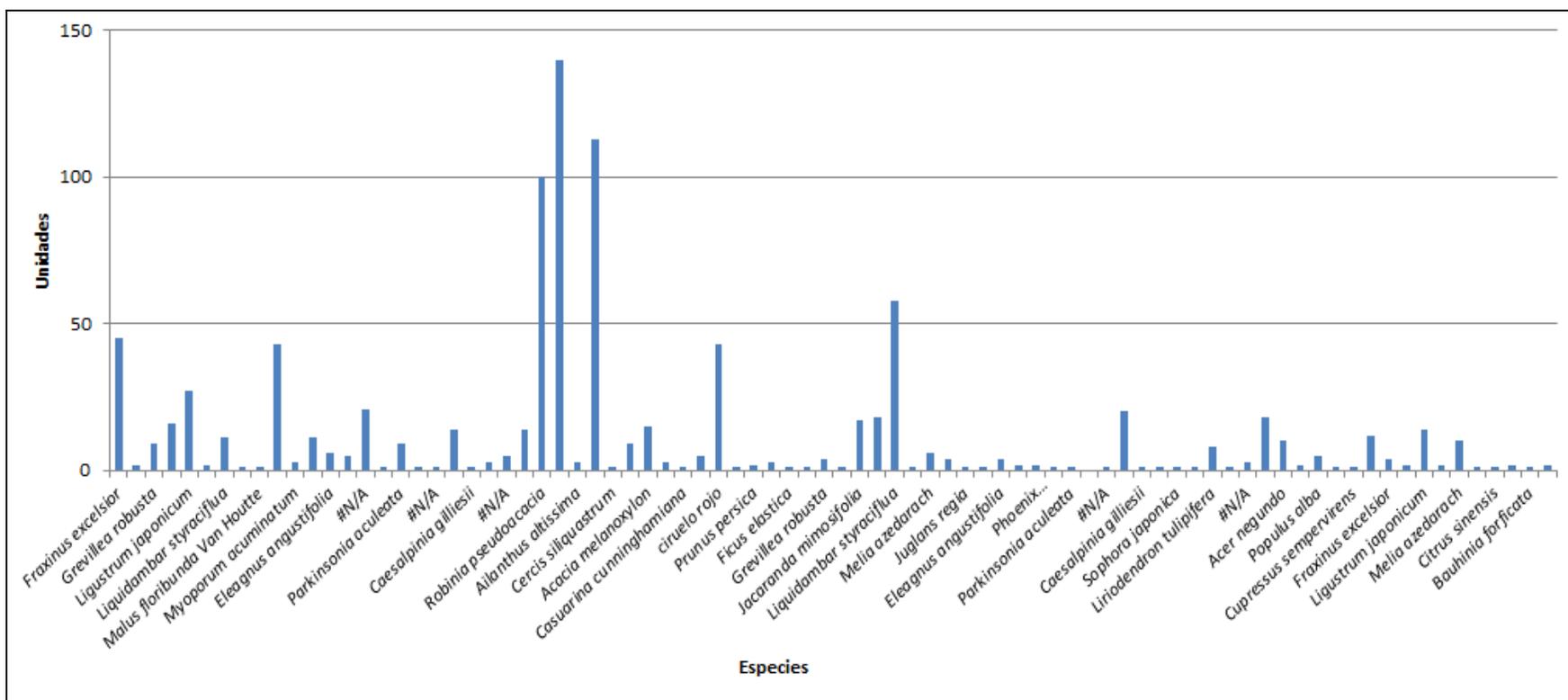
Número de especies exóticas para la comuna de La Reina



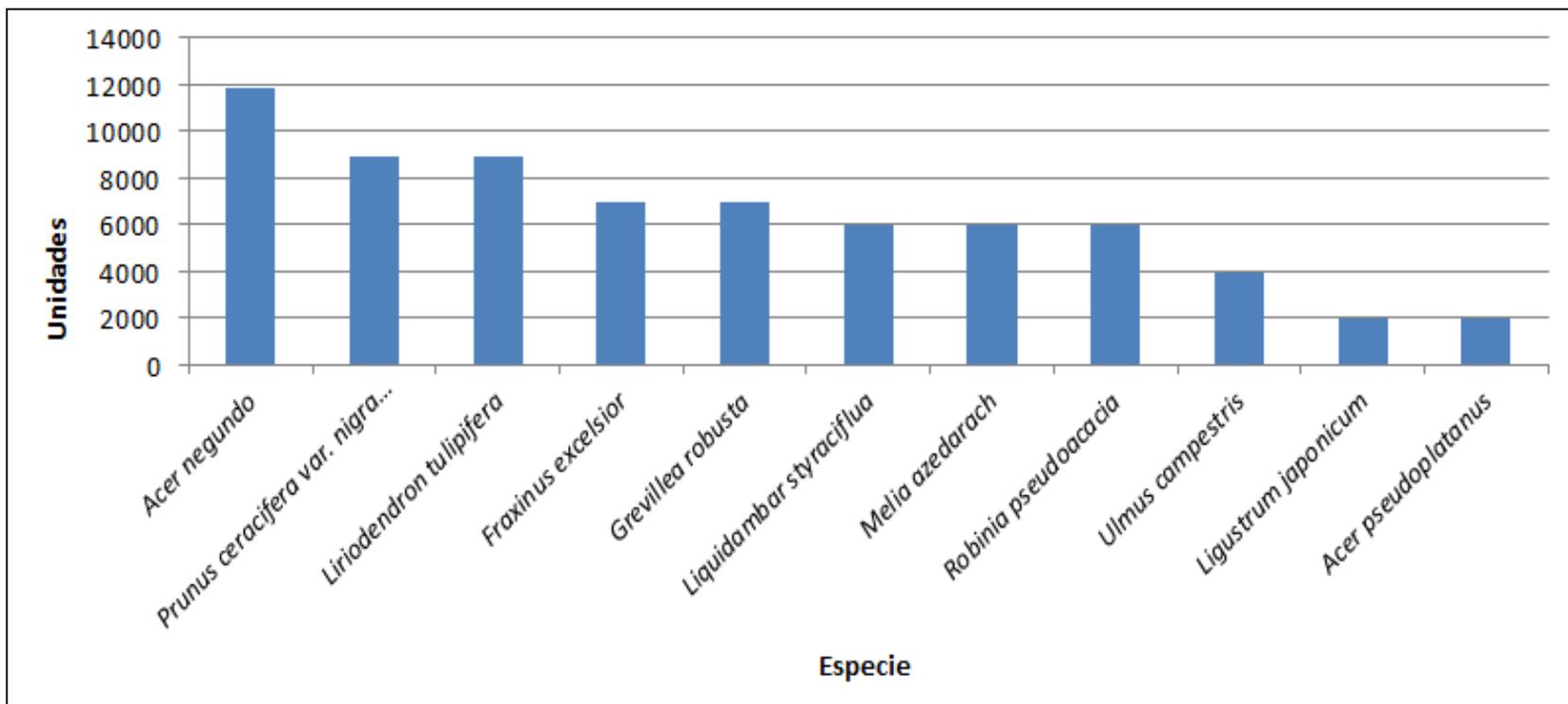
Número de especies exóticas para la comuna de Vitacura



Número de especies exóticas para la comuna de La Recoleta



Número de especies exóticas para la comuna de La Florida



Número de especies exóticas para la comuna de Maipú

