

Estructura y composición del arbolado urbano y su evolución en Santiago

Dr. Jaime Hernández P.
jhernand@uchile.cl



¿Ecosistemas urbanos?

- **Organismos vivos** (especies, comunidades, ...) interactuando con su **medio físico**.
- Naturaleza en las ciudades vs. **elementos naturalizados**.
- **Ecosistema urbano (construido)** → Funciones → Servicios



Servicios Ecosistémicos (resumen)

1. PROVISIÓN



Alimentación



Materias Primas



Agua Dulce



Recursos Medicinales

2. REGULACIÓN



Clima Local



Secuestro de Carbono



Eventos Extremos



Tratamiento de Aguas Residuales



Erosión y Fertilidad del Suelo



Polinización



Control Biológico

3. CULTURALES



Apreciación estética e inspiración



Turismo



Espiritualidad e identidad



Recreación

4. SOPORTE



Hábitat para especies



Mantenimiento de diversidad genética



MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT



The Economics
of Ecosystems
& Biodiversity

¿Quiénes reciben los Servicios Ecosistémicos? (beneficiarios)

El SE es producido en la misma ubicación del beneficiario (matriz urbana).

Ejemplo

Clima local (sombra de árboles de calles, hábitat aviauna)



Los beneficiarios se encuentran alrededor de la ubicación de donde se generan los SE.

Ejemplo

Recreación en el Parque Balmaceda



Los habitantes reciben un beneficio que se produce lejos de él.

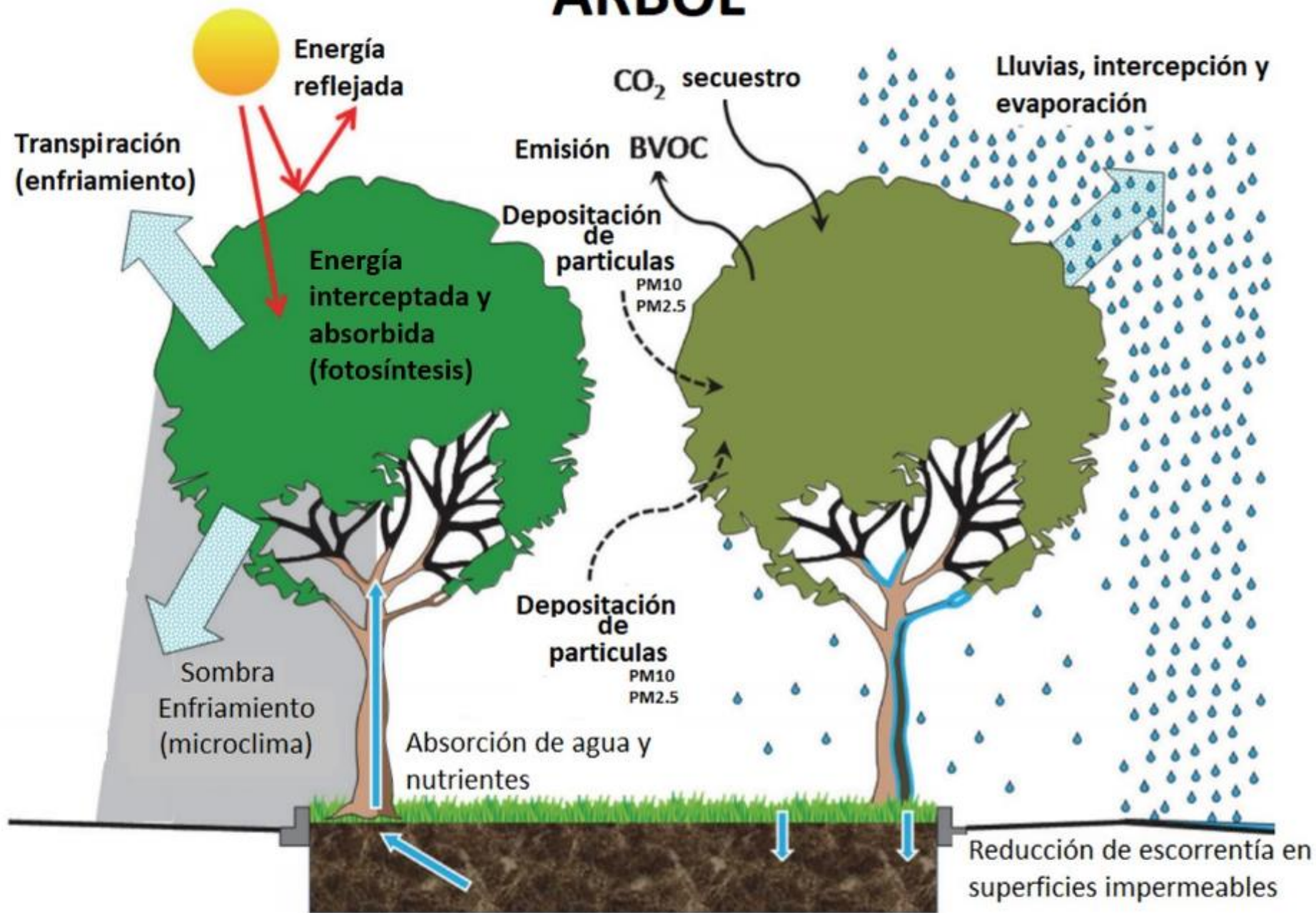
Ejemplo:

Producción de O₂ y flujo precordillera- ciudad



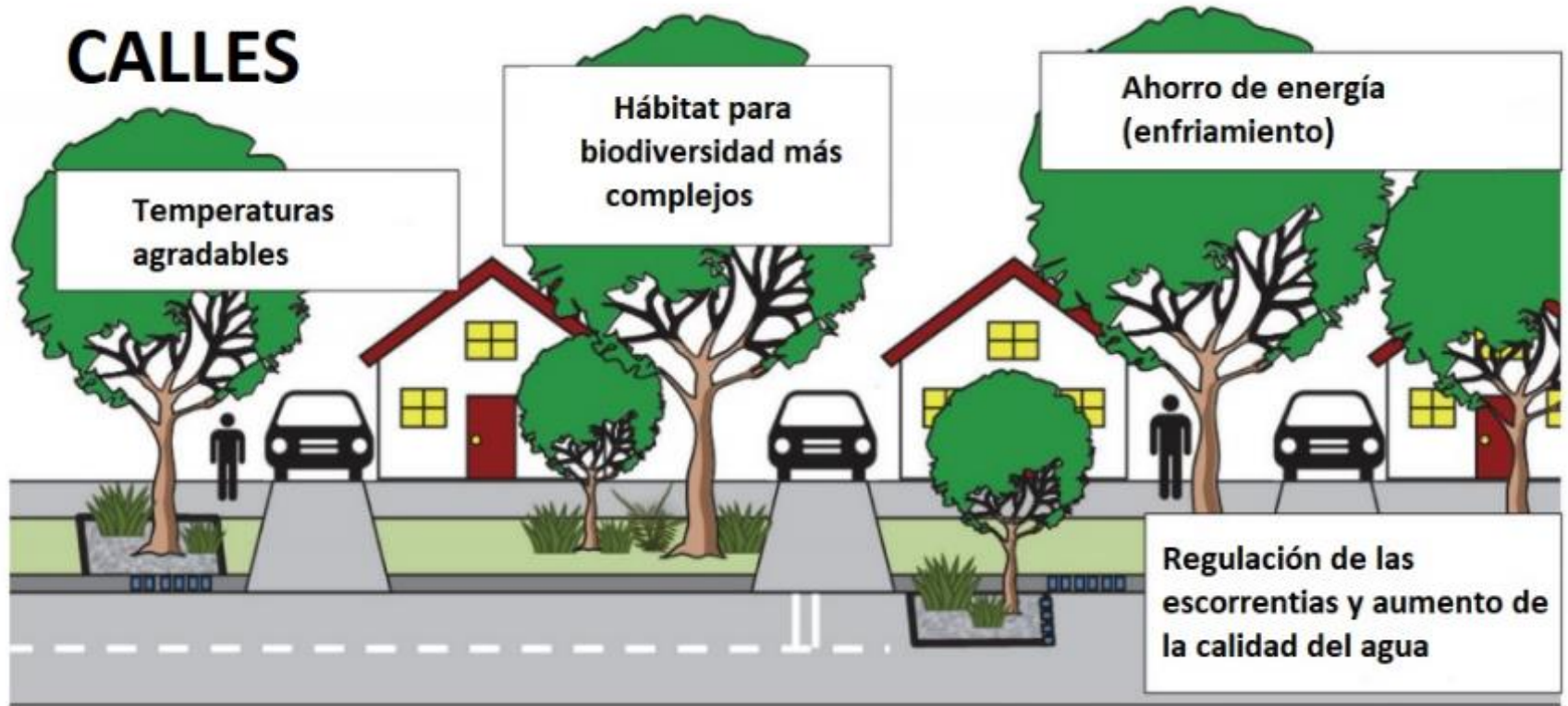
En la mayoría de los casos, no tienen mucho sentido los límites comunales

ÁRBOL

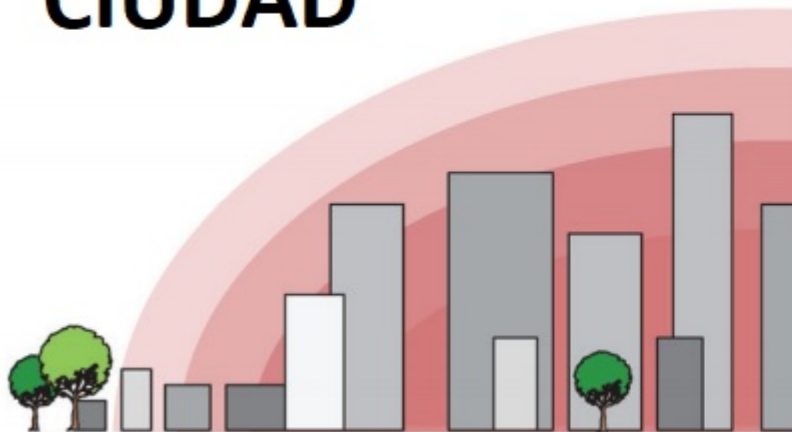


BVOC = Compuestos volatiles orgánicos

CALLES



CIUDAD



- Aumentar la cobertura arbórea contribuye a:
- Reducir las islas de calor urbanas
 - Reducir la contaminación de partículas
 - Reducir la escorrentía y amentar la infiltración



Ciudades Sustentables

Debería ser un eje central el mejoramiento continuo de los **Servicios Ecosistémicos** en todas las escalas al mismo tiempo:

Casa → Calle → Barrio → Comuna → Ciudad



Cuidado con las propagandas o estrategias de marketing:

- Plantar **más árboles** no es suficiente si la especie no es adecuada para el **sitio** específico.
- Más **verde** ≠ Sustentabilidad (*ejemplo: consumo de agua por céspedes!!*).
- Valor **estético** ≠ Valor **ecológico** (*especies nativas vs introducidas*).
- Los árboles son seres vivos que se estresan **no aspiradoras de contaminación**.
- No hay especies de árboles “mejores” que otras. Todas tienen sus ventajas y desventajas.

February 2014

THE CLIMATE GROUP



ECO-CIVILIZATION: CHINA'S BLUEPRINT FOR A NEW ERA

Interpreting outcomes from China's latest leaders conference

Insight Briefing | Analyzing the issues that matter to the Clean Revolution

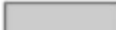
This is part of
THE CLEAN REVOLUTION

¿Qué ha ocurrido en Santiago en las últimas dos décadas?



<https://www.gochile.cl/es/santiago/>

Unidades Estructurales Urbanas

	Unidad 1		Unidad 5
	Unidad 2		Unidad 6
	Unidad 3		Unidad 7
	Unidad 4		No Clasificado

2080

85-10



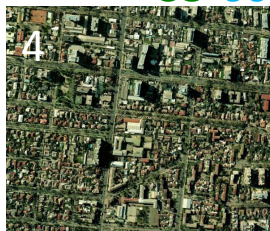
85-10



55-50



35-60



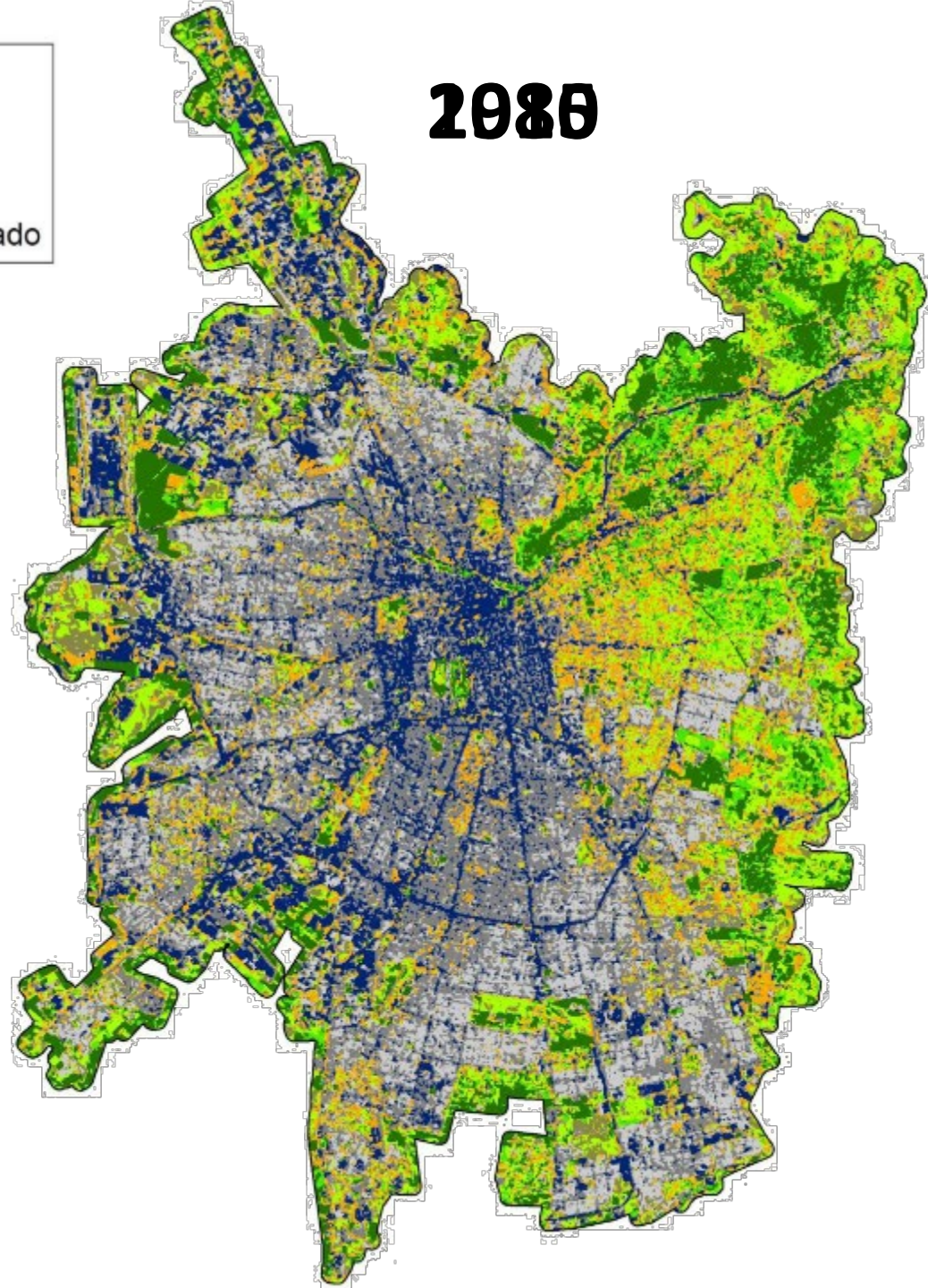
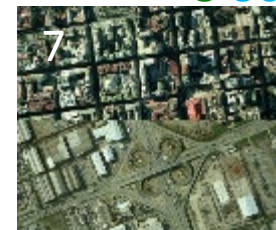
20-75



15-80



5-90





Todas las estructuras proveen los mismos servicios ecosistémicos pero en diferentes cuantías.

Trade-off
($\$$ $\$$)



Fondecyt 1140319

**VEGETATION KNOWLEDGE-BASED INDICATORS FOR
URBAN SUSTAINABLE PLANNING
(2014-2016)**

Evaluar el estado actual (2014) del sistema vegetal urbano en términos de su estructura más la provisión de SE y determinar sus cambios desde el año 2002.

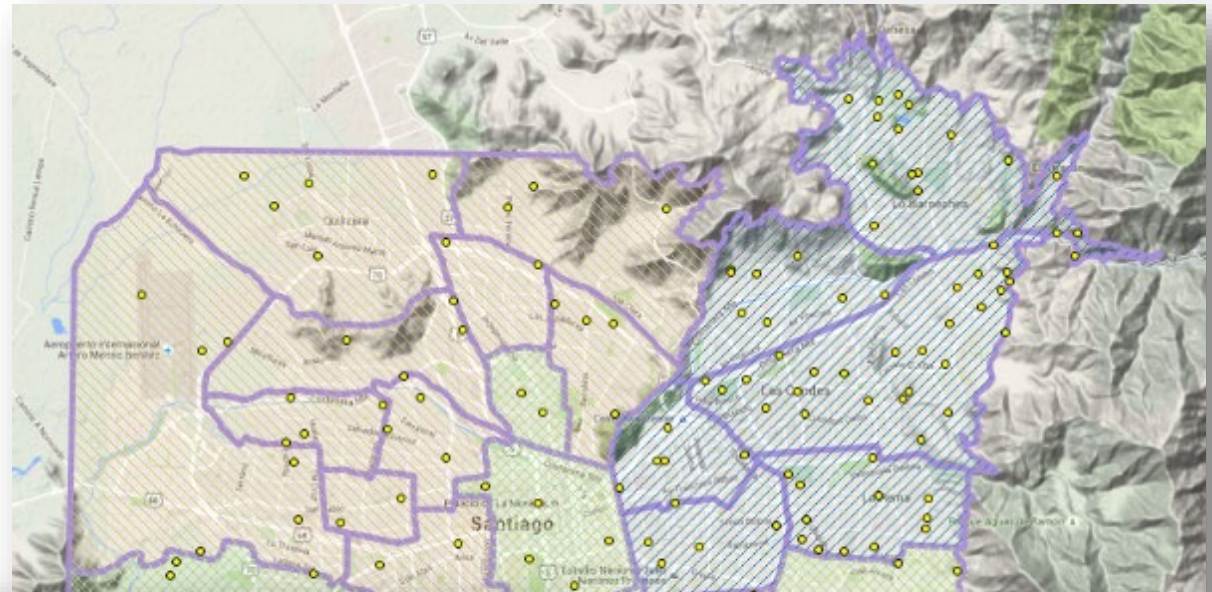
Evaluar el efecto de los contaminantes urbanos (MACAM) sobre la fotosíntesis de las plantas.

- 200 parcelas
- 3 Estratos

$$n_i = n * \frac{w_i c_i}{\sum_{i=1}^3 w_i c_i}$$

$$n = \sum_{i=1}^3 n_i = 200$$

n_i = tamaño muestral
del estrato i



PLOT NO. 2-C	DISTRICT - 1/03/02	CITY/TOWN - R.V.N.C.	SUBDIVISION - 33-000-020-25T1	SECTION - 44 + 22 E/B
------------------------	------------------------------	--------------------------------	---	---------------------------------

PLOT SKETCH AND NOTES FOR PLOT RELOCATION

(Note distance and direction from plot center to fixed objects; sketch fixed objects in relation to plot center)

Plot address = REC'DOR GORE RD # 2206
Notes:

Plot corner info: (for non-residential plots)
Name & Title _____
Phone # _____

No. of Actual Land Uses 1.1

Land Use from map _____

LOCATING LANDMARKS (Identify at least 2 objects)

Measured Object (1) EQ CHA

Distance to Object (1) 5.6

Direction to Object (1) NW*

Measured Object (2) WC TA

Distance to Object (2) 0 ft

Direction to Object (2) S 29° W

Measured Object (3) MZALLA

Distance to Object (3) 4.1

Direction to Object (3) 202°

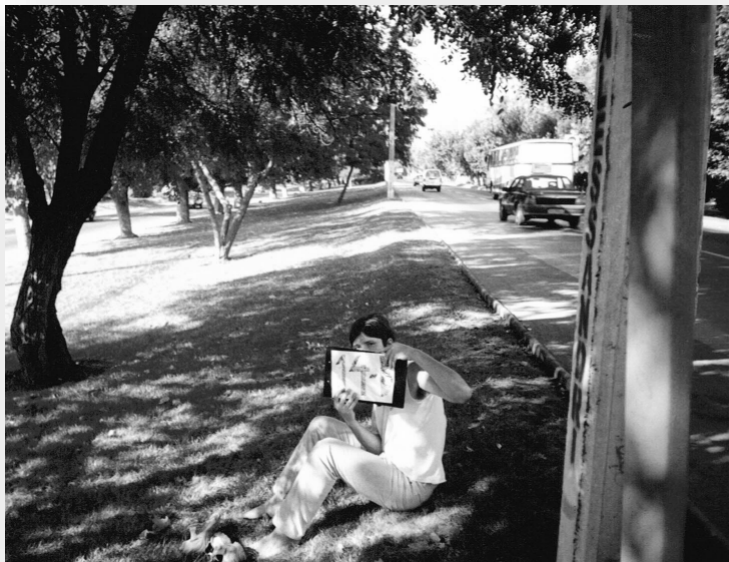
Slope ____

Apses ____

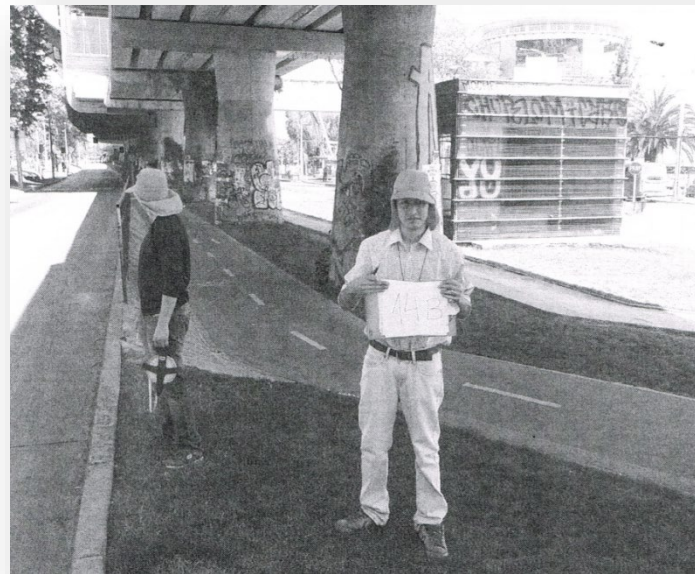


2002

Plot 14-B



2014



Plot 42-B



Composición de Especies

2002

Especie	%
Robinia	5,8
Ciruelo	5,4
Populus deltoides	4,6
Ligustro	4,2
Acer negundo	3,4
Limonero	1,7
Plátano oriental	1,3

2014

Especie	%
Liquidámbar	5,8
Acer negundo	4,9
Robinia	4,5
Ciruelo	4,0
Ligustro	3,3
Nogal	2,1
Platano oriental	1,6

Densidad promedio (árboles /ha)

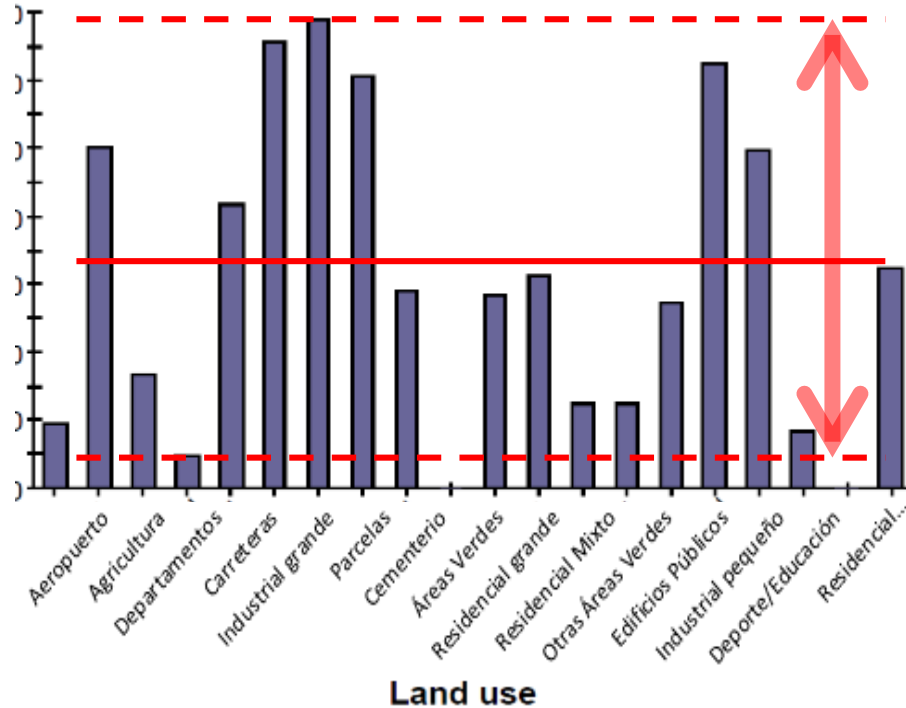
64,9

65,8

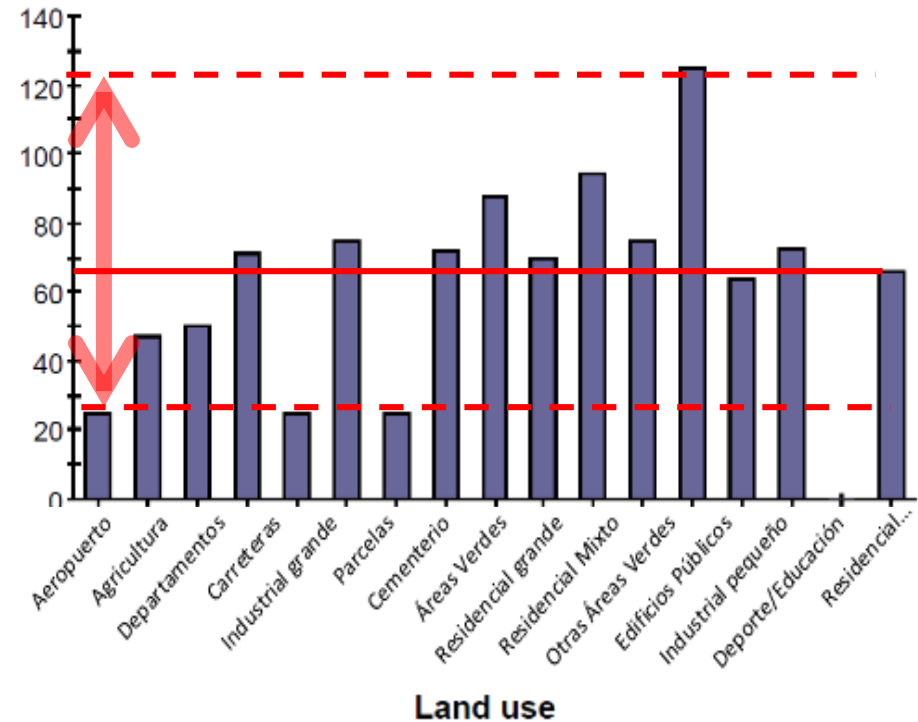
Ha disminuido la frecuencia de las especies que eran más comunes pero ha aumentado la de un grupo reducido de otras. La concentración sigue alta en un número bajo de especies.

Densidad de árboles (arb/ha) según usos de suelo

2002



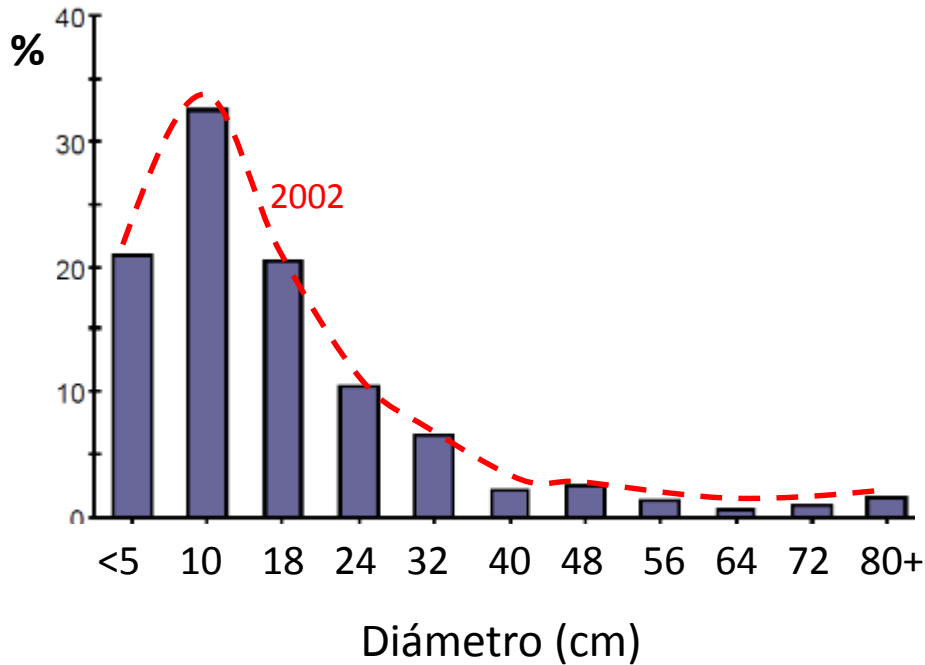
2014



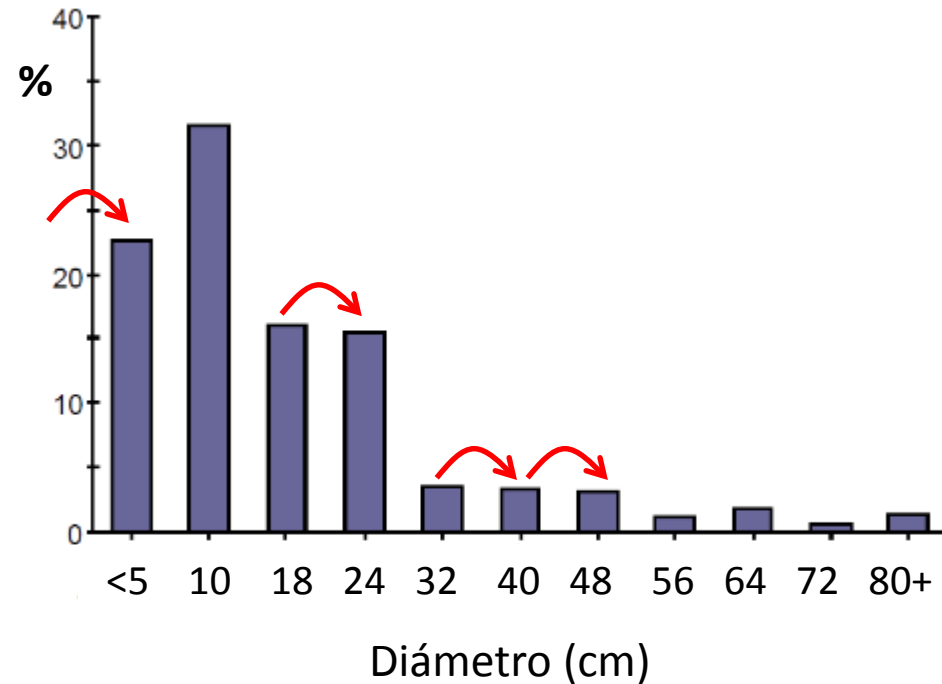
Ha disminuido la heterogeneidad espacial de la densidad de árboles urbanos.

Distribución de tamaños (Diámetro fustal)

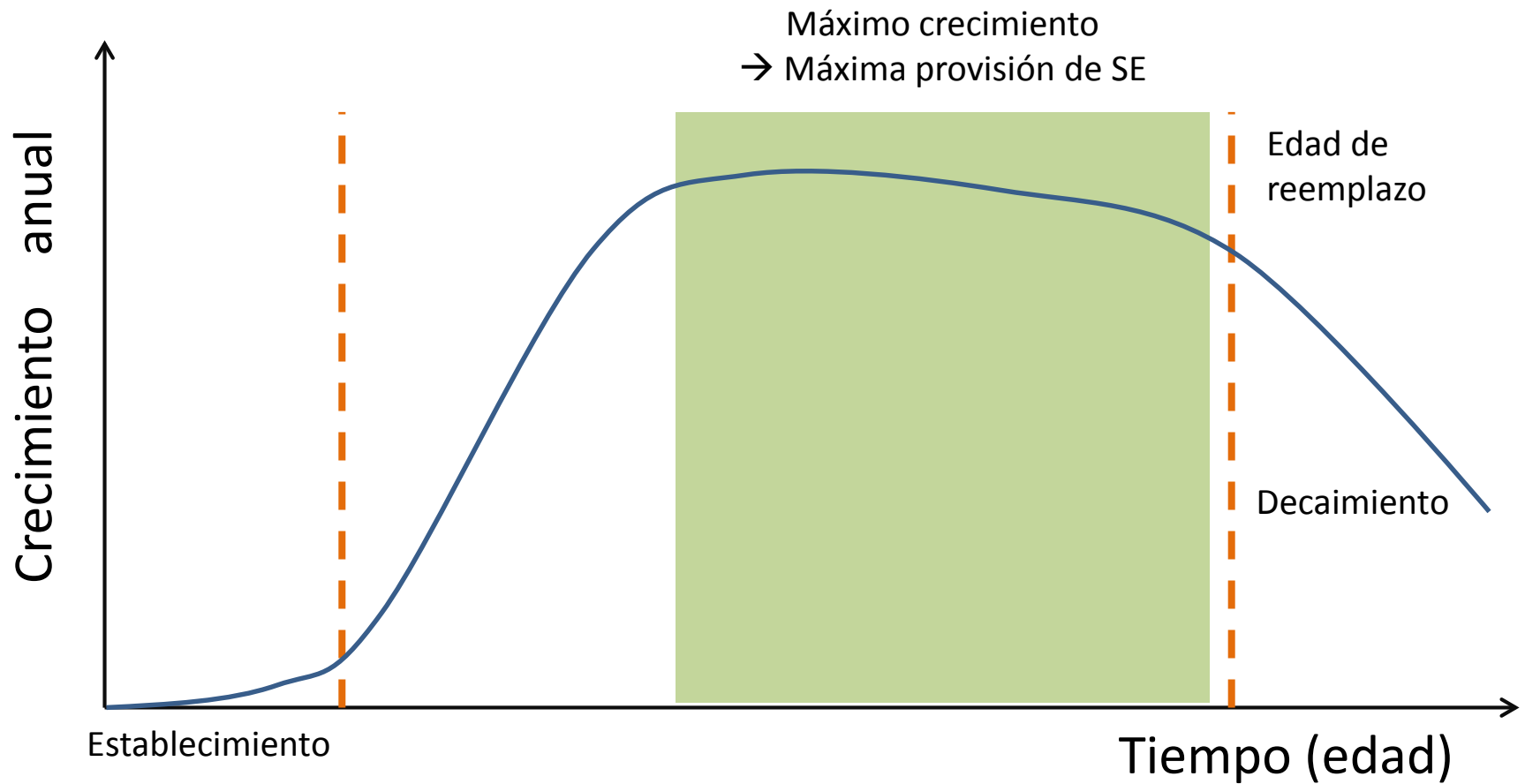
2002



2014



La distribución de tamaños muestra un crecimiento de los valores medios pero un aumento poco significativo de las clases más jóvenes.



Parámetro	2002	2014	Diferencia
Número de árboles	6.392.000	6.692.00	+ 300.000
Cobertura arbórea	15,6 %	14,4 %	- 1,2 %
% de árboles DAP<15 cm	53,2 %	54 %	+ 0,8 %
Carbono almacenado (ton)	814.000	812.000	- 2.000
Secuestro de Carbono (ton/año)	43.200	35.400	- 7.800

- Aumentó el número de especies de mayor frecuencia pero sigue siendo un grupo reducido.
- La densidad de árboles y su diversidad muestran una tendencia a ser menos heterogéneos en la ciudad. Se aprecian esfuerzo por aumentar la participación de especies nativas (i.e. quillay).
- La distribución de tamaños muestra un crecimiento de los valores medios pero un aumento poco significativo de las clases más jóvenes.
- No se evidencia un cambio significativa en el Carbono almacenado.
- Se observa una disminución en el secuestro anual de Carbono.

Composición de especies

En promedio las ciudades del mundo tienen cerca 80 especies en total, de las cuales: **58% son nativas**.

Los tres factores más importantes que explican la variación en la composición de las especies arbóreas son:

- Clima
- Distancia geográfica al origen
- Antigüedad de la ciudad

Criterio 20/10/30 propuesto por Santamour (1990):

- No más del 10% de una sola especie
- No más del 20% de ningún género
- No más del 30% de una sola familia

Biodiversidad

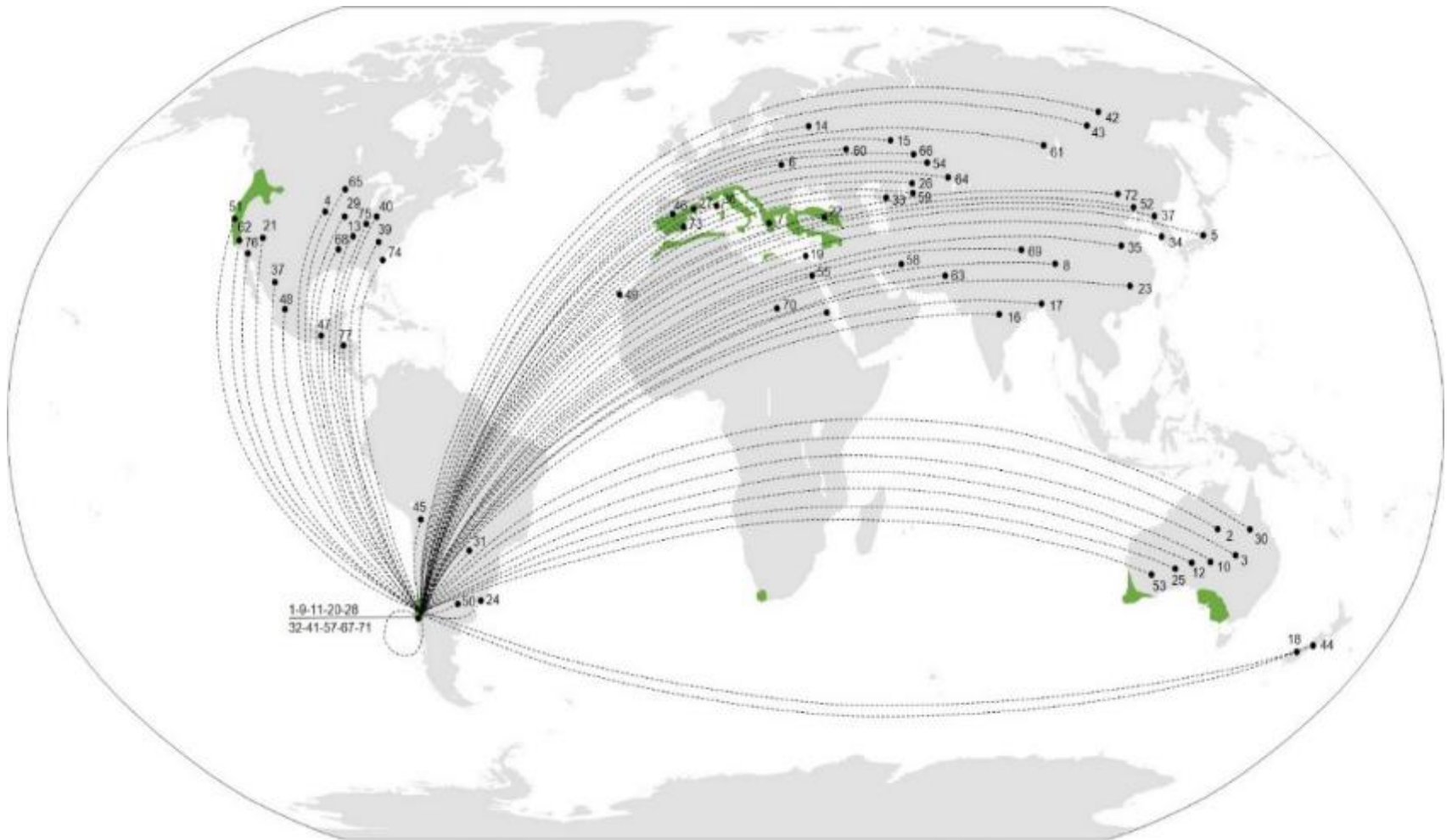
Index	Especies	SPP/HA	SHANNON	SIMPSON	EVENNESS
2002	110	14,25	4,13	45,58	0,88
2014	109	14,05	4,08	39,65	0,87

Simpson representa la probabilidad de que dos individuos, dentro de la ciudad, seleccionados al azar, pertenezcan a la misma especie.

Es el índice que más ha cambiado.

En 2014 en menor está probabilidad debido a que la abundancia total se encuentra repartida de forma más equitativa entre las especies.

Müller (2010) define biodiversidad urbana como la variedad y riqueza de organismos vivos (incluyendo su variación genética) y diversidad de hábitats posible de encontrar dentro de los límites de un asentamiento humano.



5 de cada 6 árboles de Santiago son exóticos (2015)!

Árboles Nativos (1 de cada 6)

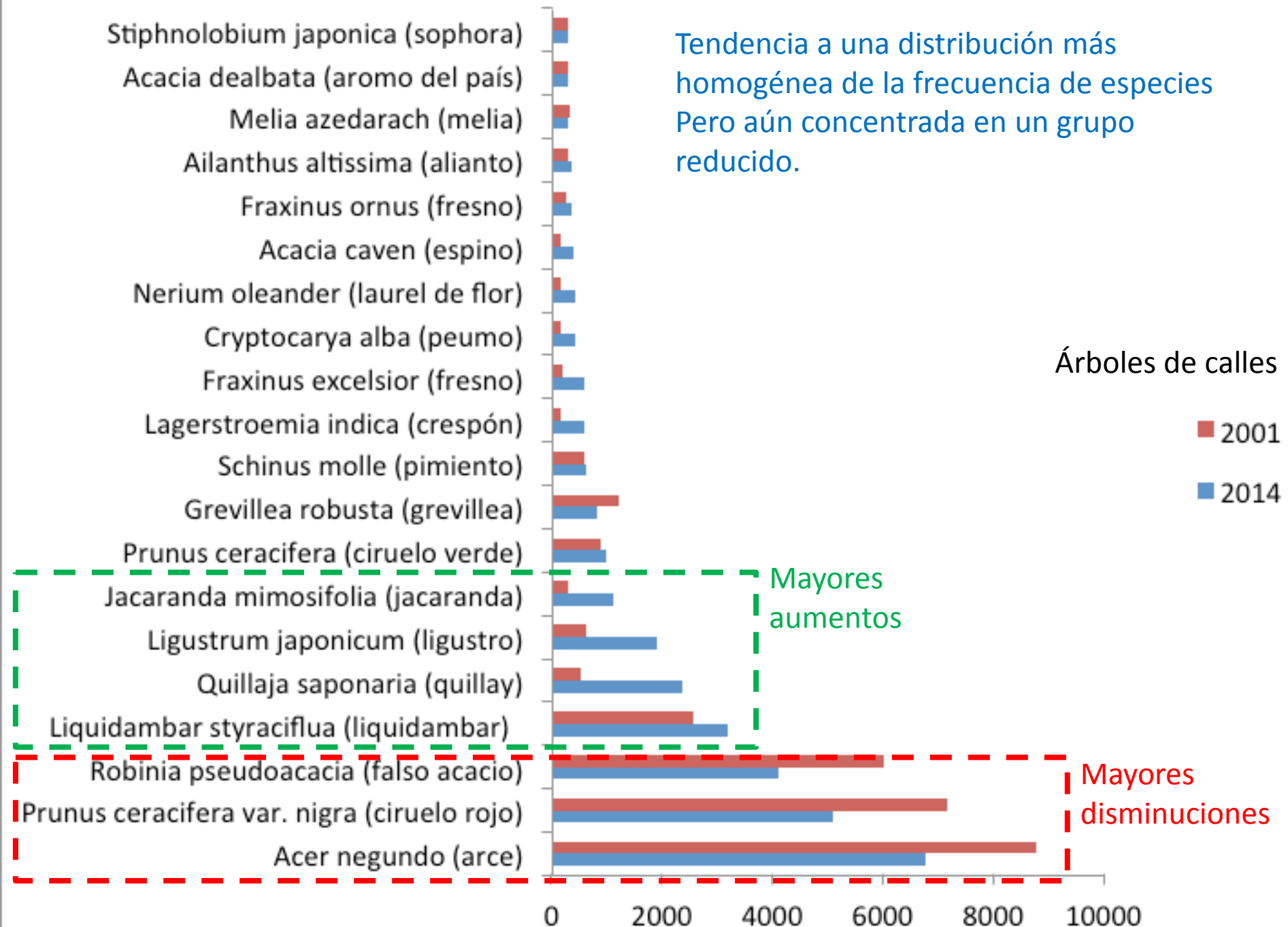
2002			
#	Especie	%	% acum.
1	<i>Schinus molle</i>	1.2	1.2
2	<i>Acacia caven</i>	1.0	2.2
3	<i>Quillaja saponaria</i>	0.8	3.0
4	<i>Crinodendron patagua</i>	0.4	3.4
5	<i>Cryptocarya alba</i>	0.2	3.6
6	<i>Maytenus boaria</i>	0.2	3.8

2014			
#	Especie	%	% acum.
1	<i>Acacia caven</i>	3.7	3.7
2	<i>Quillaja saponaria</i>	3.5	7.2
3	<i>Schinus molle</i>	1.8	9.0
4	<i>Maytenus boaria</i>	1.2	10.3
5	<i>Cryptocarya alba</i>	0.8	11.1
6	<i>Crinodendron patagua</i>	0.6	11.7
7	<i>Lithraea caustica</i>	0.7	12.3
8	<i>Drimyis winteri</i>	0.4	12.7
9	<i>Nothofagus obliqua</i>	0.4	13.1
10	<i>Beilschmiedia miersii</i>	0.2	13.3
11	<i>Schinus polygamus</i>	0.2	13.5

Tendencia a una distribución más homogénea de la frecuencia de especies
Pero aún concentrada en un grupo reducido.

Árboles de calles

2001
2014

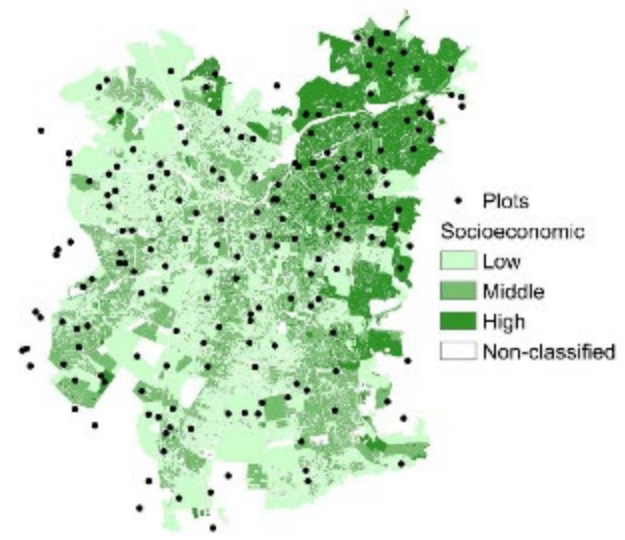


Original article

Twelve-year change in tree diversity and spatial segregation in the Mediterranean city of Santiago, Chile

H. Jaime Hernández, Nélida R. Villaseñor^a

^a Laboratorio de Geomática y Ecología del Paisaje, Universidad de Chile, Santiago, 8020000, Chile



2002

Total

Grupo Socio-económico

Alto Medio Bajo

No de árboles

- Nativos

- Exóticos

494

19 (4%)

475 (96%)

171

15

156

125

3

122

198

1

197

2014

Total

Grupo Socio-económico

Alto Medio Bajo

488

66 (14%)

422 (86%)

202

32

170

142

25

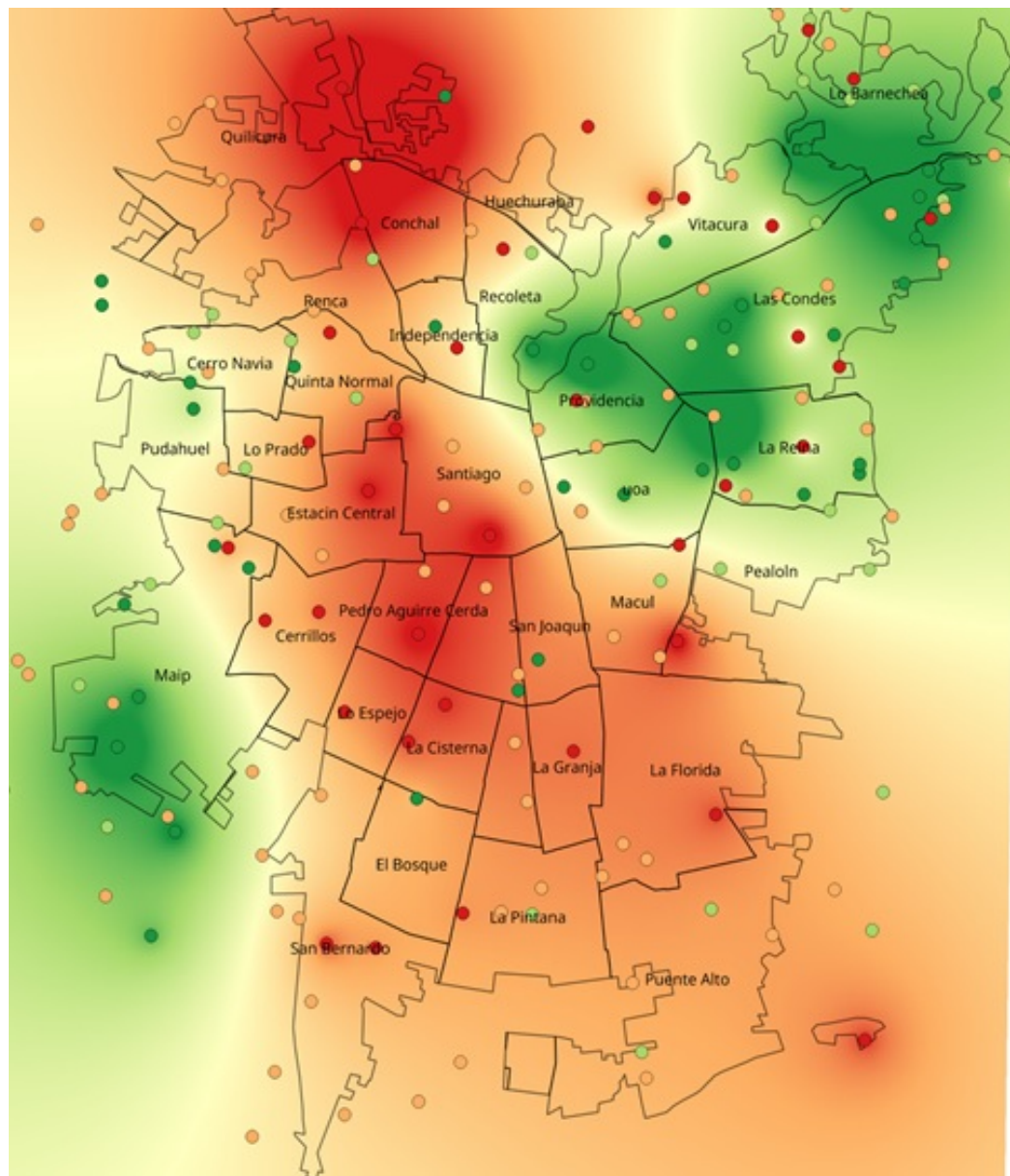
117

144

9

135

Mayor diversidad



Cambio en biomasa 2002-2014 (kg)



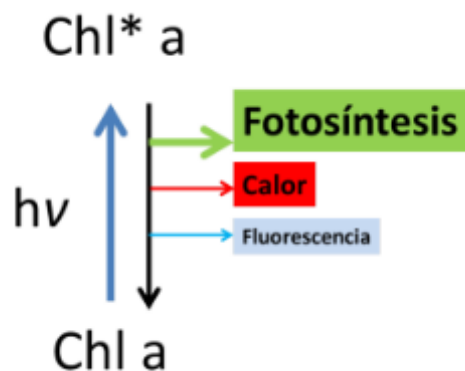
Article

Spatio-Temporal Changes in Structure for a Mediterranean Urban Forest: Santiago, Chile 2002 to 2014

Francisco I. Escobedo ^{1,*}, Sebastian Palmas-Perez ², Cynnamon Dobbs ³,
Salvador Gezan ² and Jaime Hernandez ⁴

- Contribución de la vegetación urbana para reducir la contaminación del aire en las ciudades y en general la provisión de SE está bien estudiada.
- Poca atención → efectos de los contaminantes urbanos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas.

CO, NO₂, SO₂, O₃, PM₁₀, PM_{2,5}







Cerro Navia



Beauchef







Hojas adaptadas a la luz

Hojas adaptadas a la oscuridad

PAR

Temperatura
ambiental
(T_{amb})



$F - F_m'$



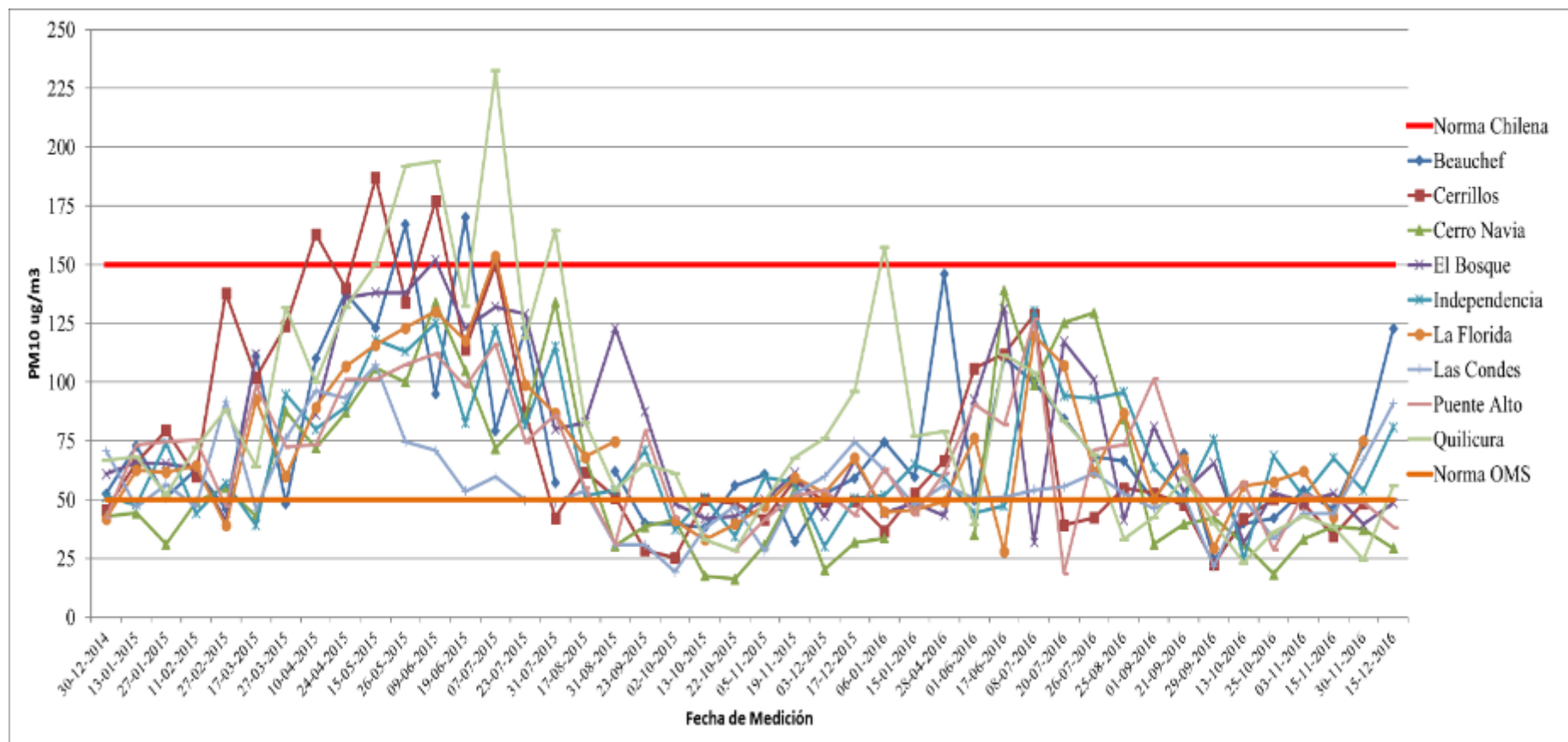
$F_o - F_m$



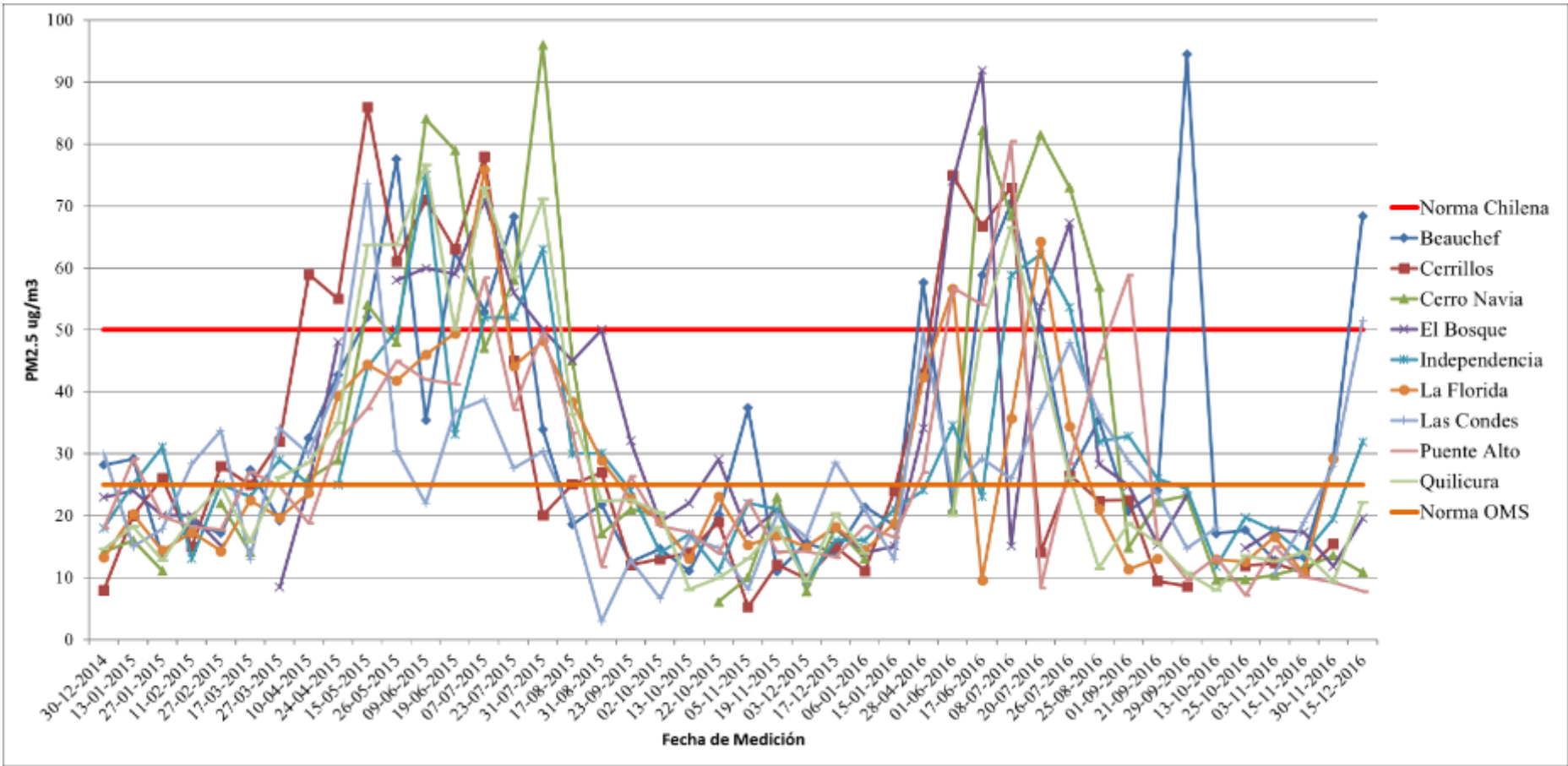
Variables de fluorescencia de las clorofilas

F	Es el nivel de fluorescencia momentánea (F_t) de una muestra iluminada
F_m -	Es el máximo nivel de fluorescencia de la muestra iluminada
F_o -	Es el nivel mínimo de la fluorescencia de la muestra iluminada.
F_o	Es el nivel mínimo de la fluorescencia de la muestra en oscuridad
F_m	Es el máximo nivel de fluorescencia de la muestra en oscuridad
YII	Es la eficiencia fotoquímica del PSII
F_v/F_m	Es el rendimiento cuántico máximo al mediodía, de una hoja adaptada a la oscuridad
ETR	Es la tasa relativa del transporte de electrones en la hoja medida a plena luz
NPQ	Quenching no-fotoquímico de la fluorescencia
Q_p	Quenching fotoquímico de la fluorescencia, que representa la fracción de centros abiertos del PSII

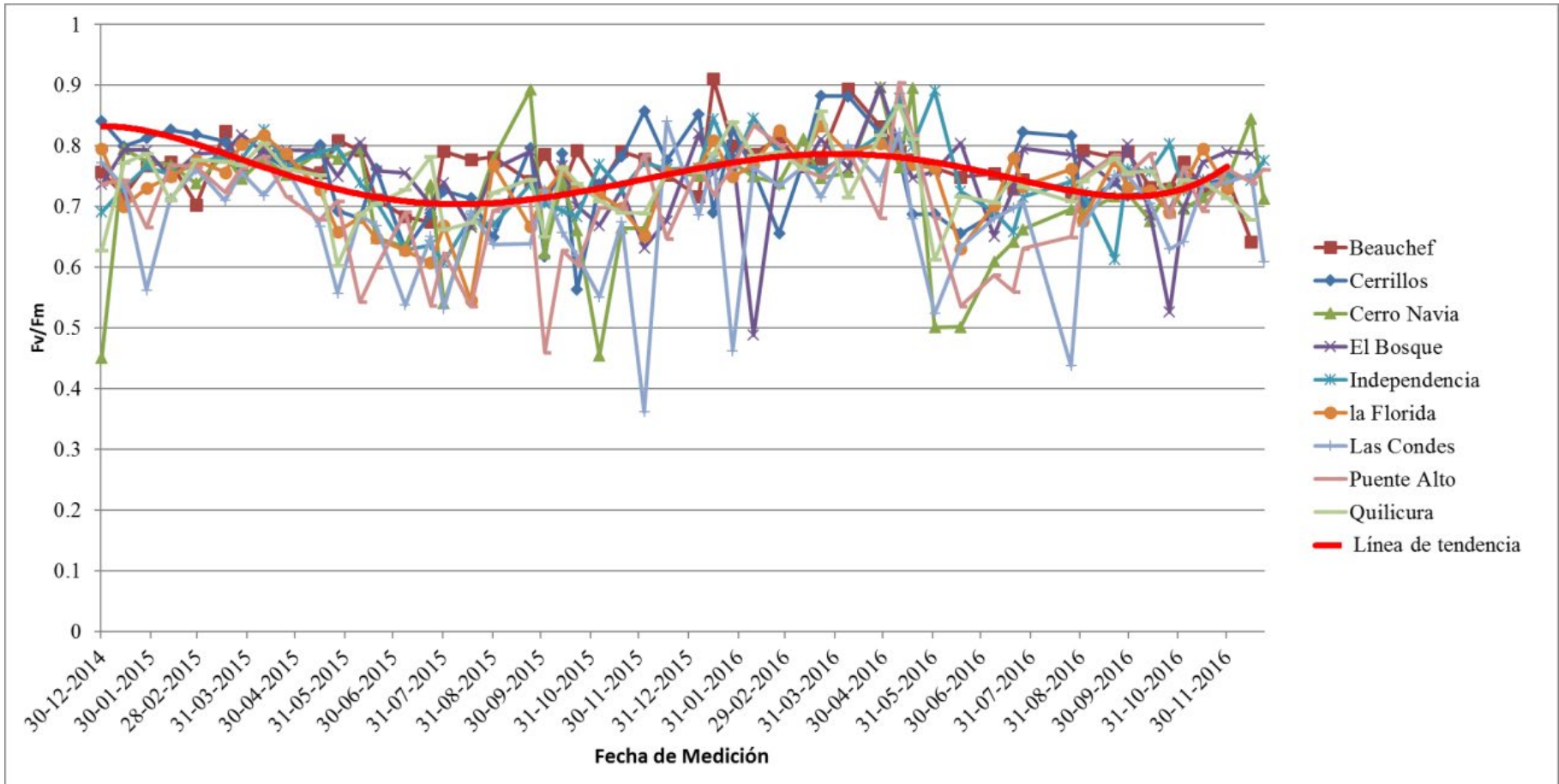
PM10



PM2.5

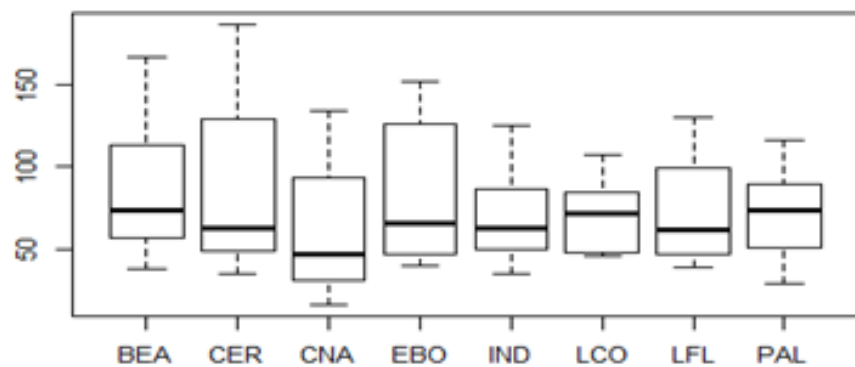


F_v/F_m (Es la eficiencia fotoquímica máxima)

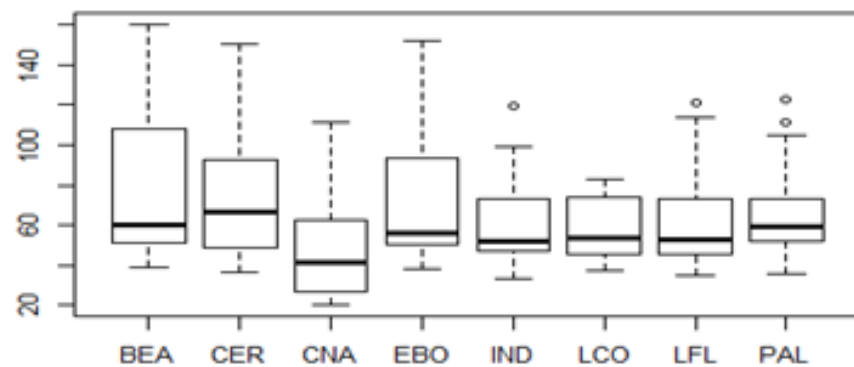




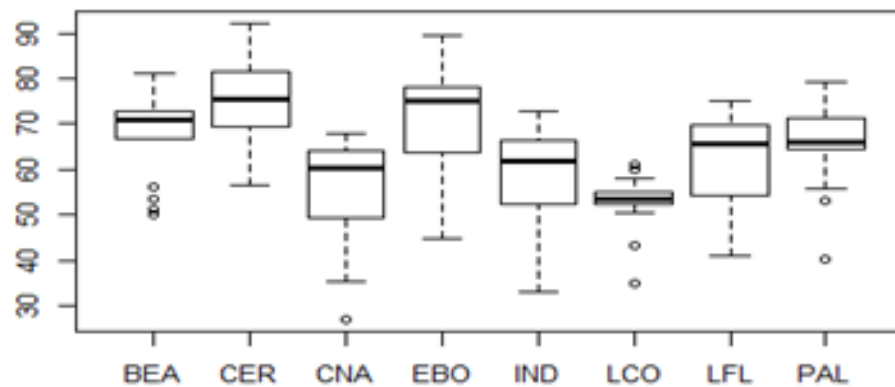
PM10 Diario



PM10.5 Semanal



PM10.6 Acumulado





Clases de valores de importancia (de 0 a 100) del día de la medición (Día) y el promedio acumulado desde el comienzo del experimento (Acumulado).

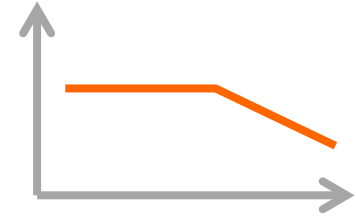
Predictor	Día					Acumulado				
	YII	Fv/Fm	NPQ	Qp	ETR	YII	Fv/Fm	NPQ	Qp	ETR
PAR	++++	++	++++	++++	++++					
Tamb		++++	+		++	+	.		+	+
PM ₁₀		.		+	.			+	+	+
PM _{2.5}	.		+			+	+	+	+	+
O ₃	++			+		+			+	+
CO		+		+		+			+	
NO ₂			+		+		.			+

100 : +++++ 75-99: +++ 50-74: ++
25-49: + 1-24: .

Valores umbrales (robinia)

PM_{10}

NPQ después de **79,97** ppm disminuye



$PM_{2.5}$

YII después de **34,06** ppm en $PM_{2.5}$ disminuye

Norma Chilena ~ 50

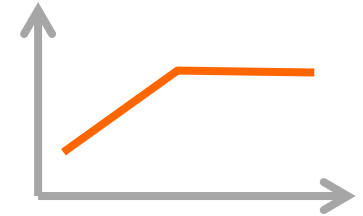
Norma OMS ~ 25



O_3

YII antes de **11,22** ppm aumenta y después se estabiliza

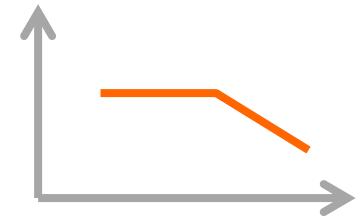
Fv/Fm antes de **11,50** ppm aumenta y después se estabiliza



CO

Fv/Fm después de **0,73** ppm de $CO_{\text{día}}$ disminuye

NPQ después de **0,12** ppm de CO_{acum} disminuye



En relación al efecto de los contaminantes sobre, se observó:

- Efecto negativo sobre la fotosíntesis de las especies estudiadas.
- En conjunto, los agentes contaminantes explican entre un **13%** y **49%** de la fotosíntesis.
- Los efectos no son uniformes en la ciudad y cambia según la especie. Eso significa, que no da lo mismo cualquier especie en cualquier lugar.
- Robinia es más afectada por el Ozono, que tiende a tener valores más altos en verano y más cerca de la cordillera.
- Quillay tiende a ser más sensible al material particulado, que presenta valores mayores hacia el Oeste y Norte de la ciudad.

Estructura y composición del arbolado urbano y su evolución en Santiago

Dr. Jaime Hernández P.

