Jornada:
CARRETERA Y VEGETACIÓN

"Funcionalidad de la vegetación en el entorno de las infraestructuras"

Granada, 2016

Evaluación de la capacidad de sumidero de CO_2 de la vegetación arbórea y arbustiva susceptible de ser utilizada en la red de carreteras de Andalucía.

Colaboran:

Ponente: Manuel Enrique Figueroa Clemente.
Catedrático de Ecología de la Universidad de Sevilla

Autores:
Figueroa, M.E.; Muñoz-Vallés, S.; Figueroa-Luque, E.; Cambrollé Silva, J. y Luque Palomo, T.

El 60% de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) provienen de fuentes difusas a nivel global, siendo la circulación de automóviles la fuente principal. En Andalucía, el 58,6% de la contribución al Cambio Climático tiene que ver con la movilidad, especialmente por carretera.

La Huella de Carbono de las vías de circulación no se ha establecido.

¿Podría evaluarse algún mecanismo de compensación en las propias infraestructuras que no incremente el coste de las mismas?

Las vías de circulación, a través de su vegetación acompañante, son un sumidero de dióxido de carbono.

No se han evaluado de forma adecuada los sumideros de carbono que supone la vegetación de las infraestructuras.

¿Podríamos generar carreteras de balance cero de dióxido de carbono?

Las carreteras en el territorio

Las carreteras en los ecosistemas

Las carreteras en el paisaje

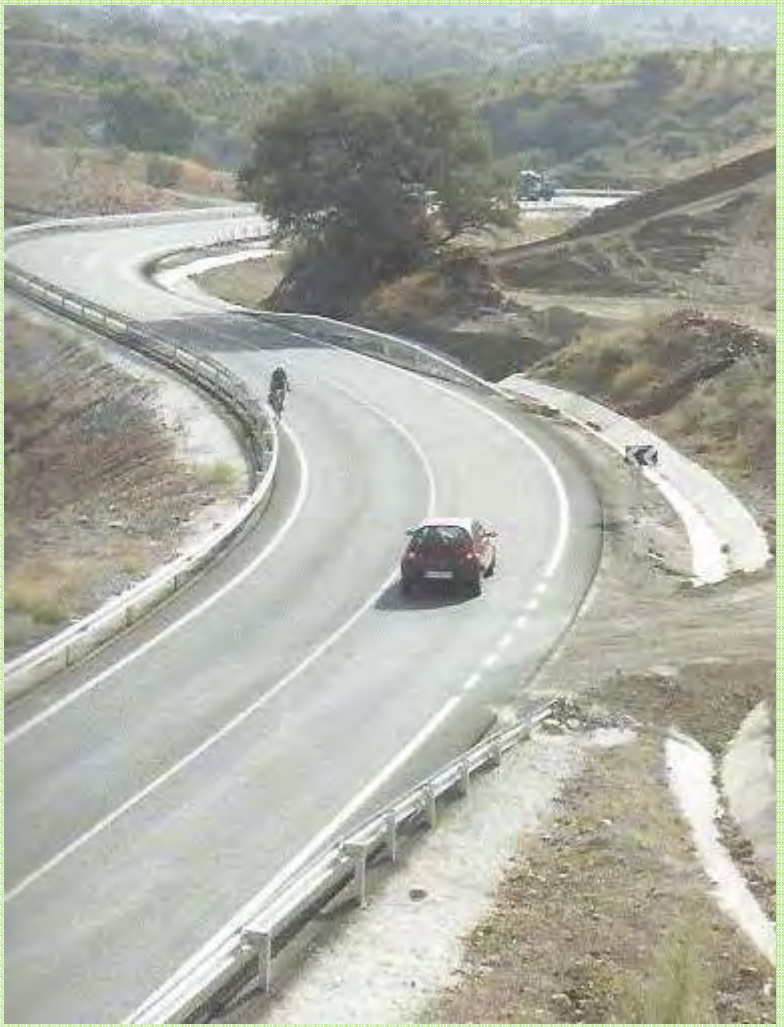
Las carreteras en la sociedad

Las carreteras en la economía

Las carreteras ante el Cambio Climático

Diferentes trazados implican diferentes relaciones con ecosistemas, paisaje y cambio climático

Trazados urbanos

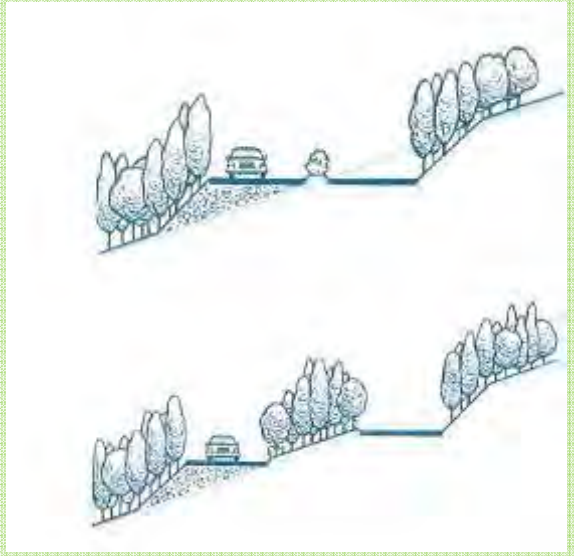


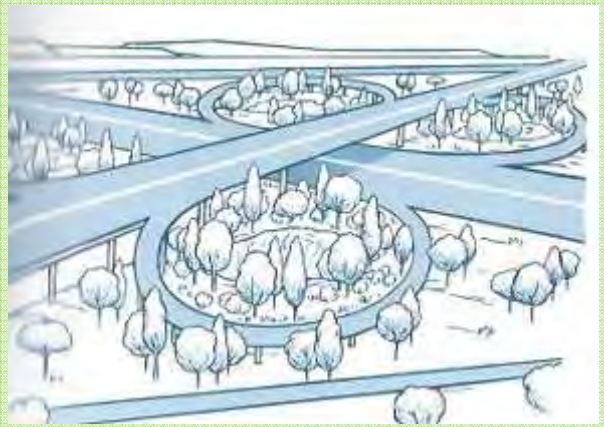
Trazados rurales

Trazado de grandes autovías

Revegetación inteligente

Fragmentación del territorio y los ecosistemas: disminución de la conectividad social y ecológica.





La Carretera en el Paisaje. Criterios para su planificación, trazado y proyecto. Junta de Andalucía.

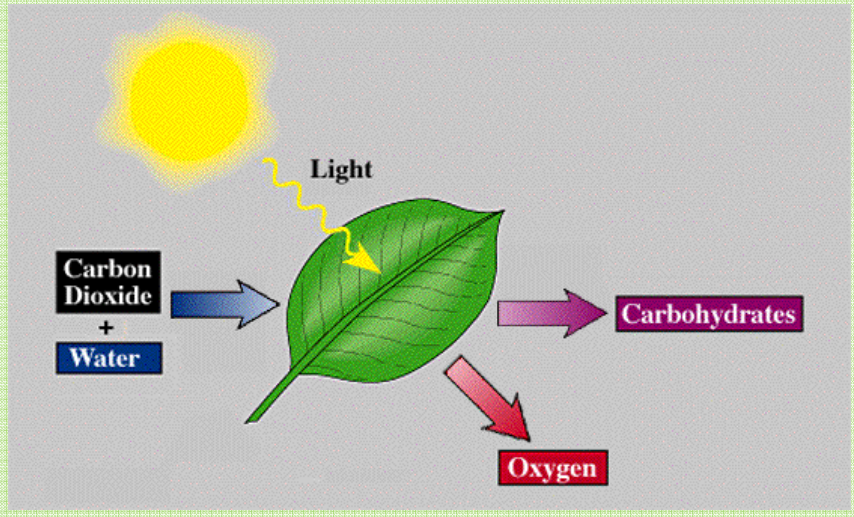
"Evaluación de la capacidad de sumidero de CO_2 de la vegetación arbórea y arbustiva susceptible de ser utilizada en la red de carreteras de Andalucía. Generación de un modelo estacional de funcionamiento de sumideros y aplicación a un caso práctico"

2008

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Consejería de Fomento y Vivienda
Junta de Andalucía

GEC NAT
GRUPO DE ECOLOGÍA CITOGENÉTICA Y RECURSOS NATURALES



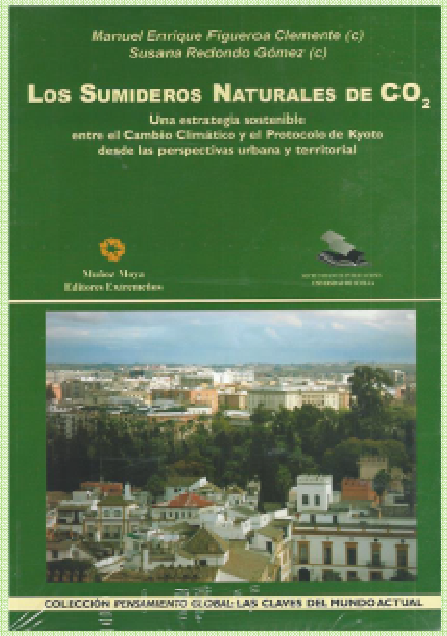
SUMIDEROS NATURALES DE CARBONO:

LOS ORGANISMOS FOTOSINTÉTICOS

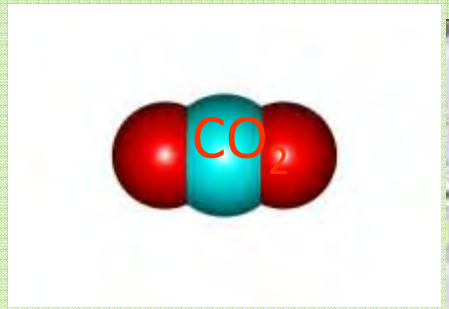
El conocimiento del papel que juegan las comunidades vegetales como sumideros naturales de CO_2 es una herramienta útil en pos de una sostenibilidad global y la lucha contra el cambio climático

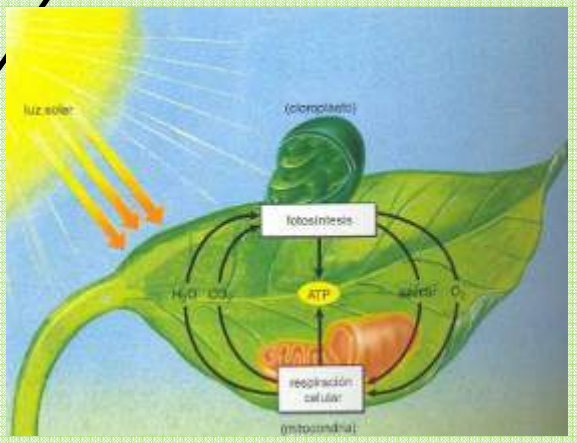
Los bosques españoles, se estima, fijan actualmente más del 20 % de las emisiones totales de CO_2 producidas en España

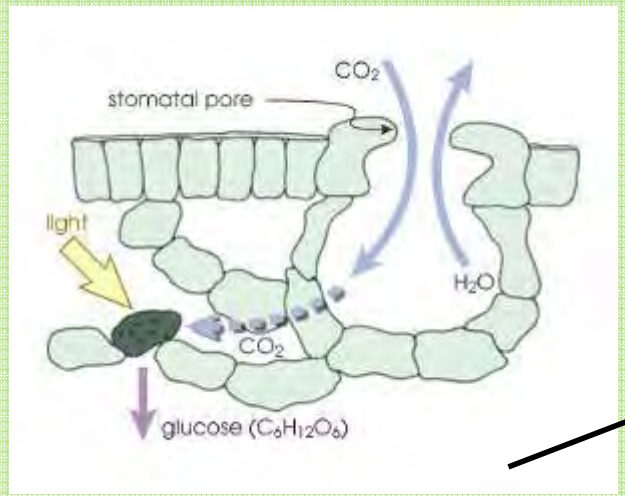
"Los sumideros naturales absorben casi la mitad del CO_2 producido por los humanos en los últimos 15 años" (valores subestimados) IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007

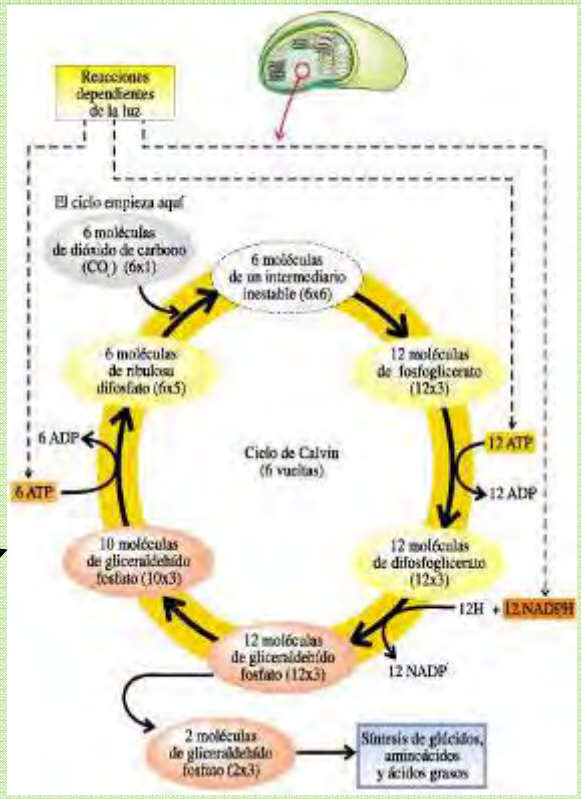


¿Qué es “fijar” carbono?



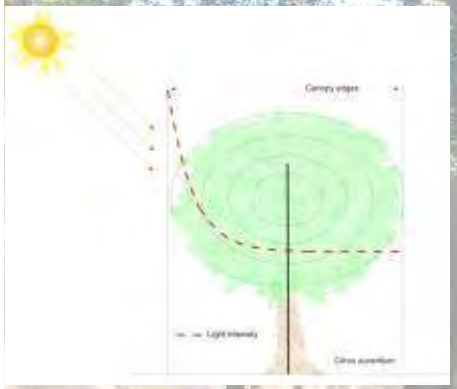


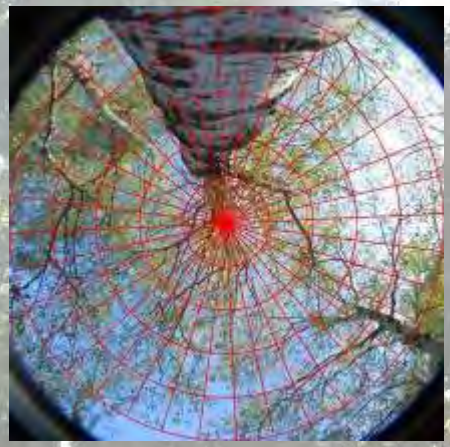


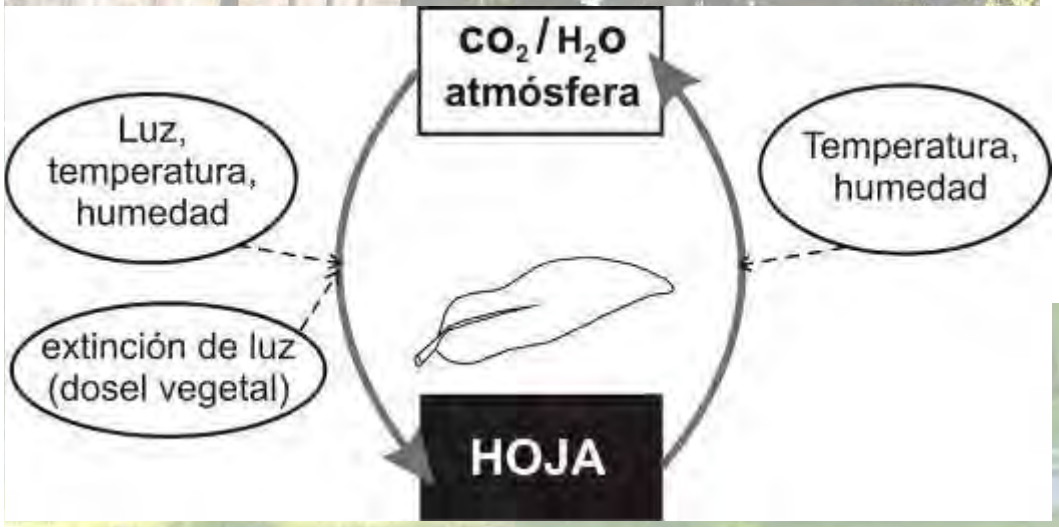


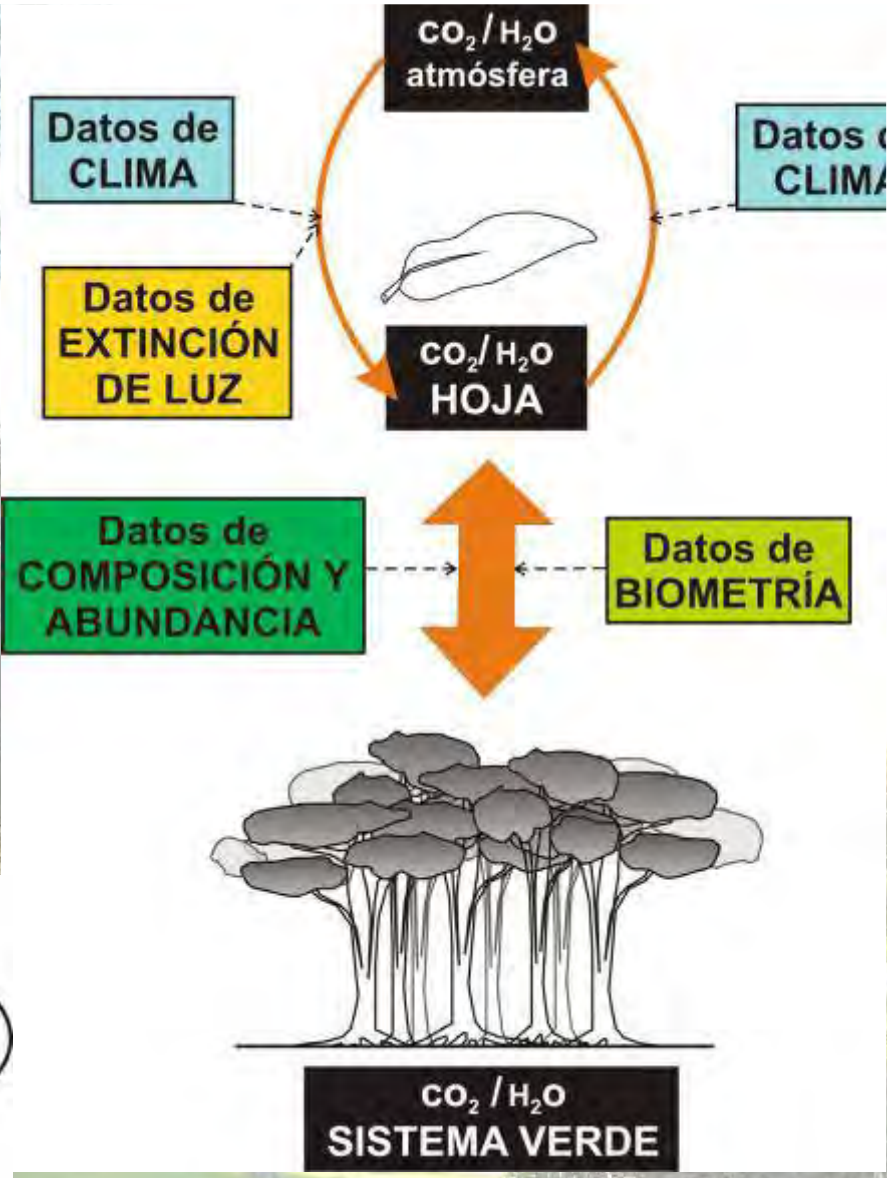
El dióxido de carbono queda secuestrado en la madera: los anillo de los árboles nos muestran un largo y laborioso proceso que cuesta agua y energía.

EL SISTEMA VERDE DE LA US COMO SUMIDERO

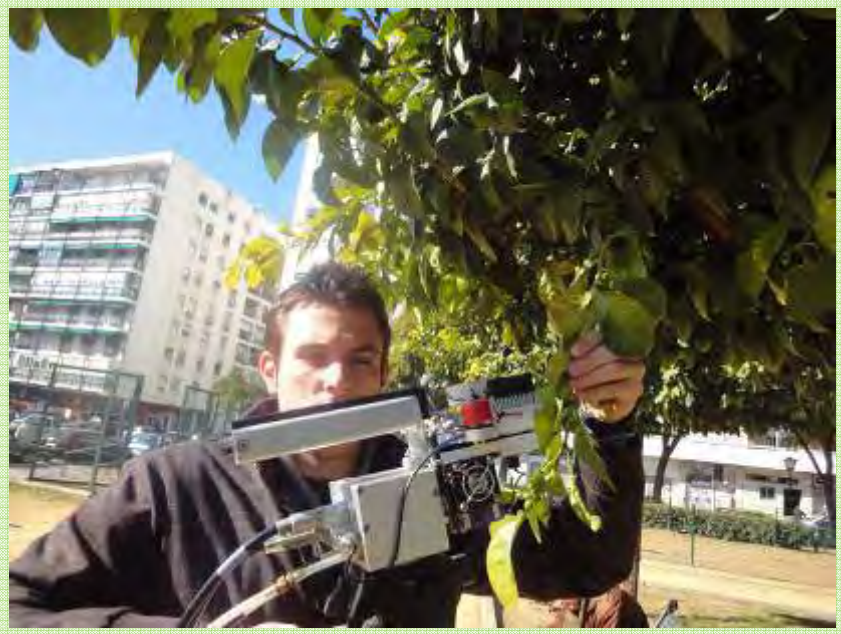






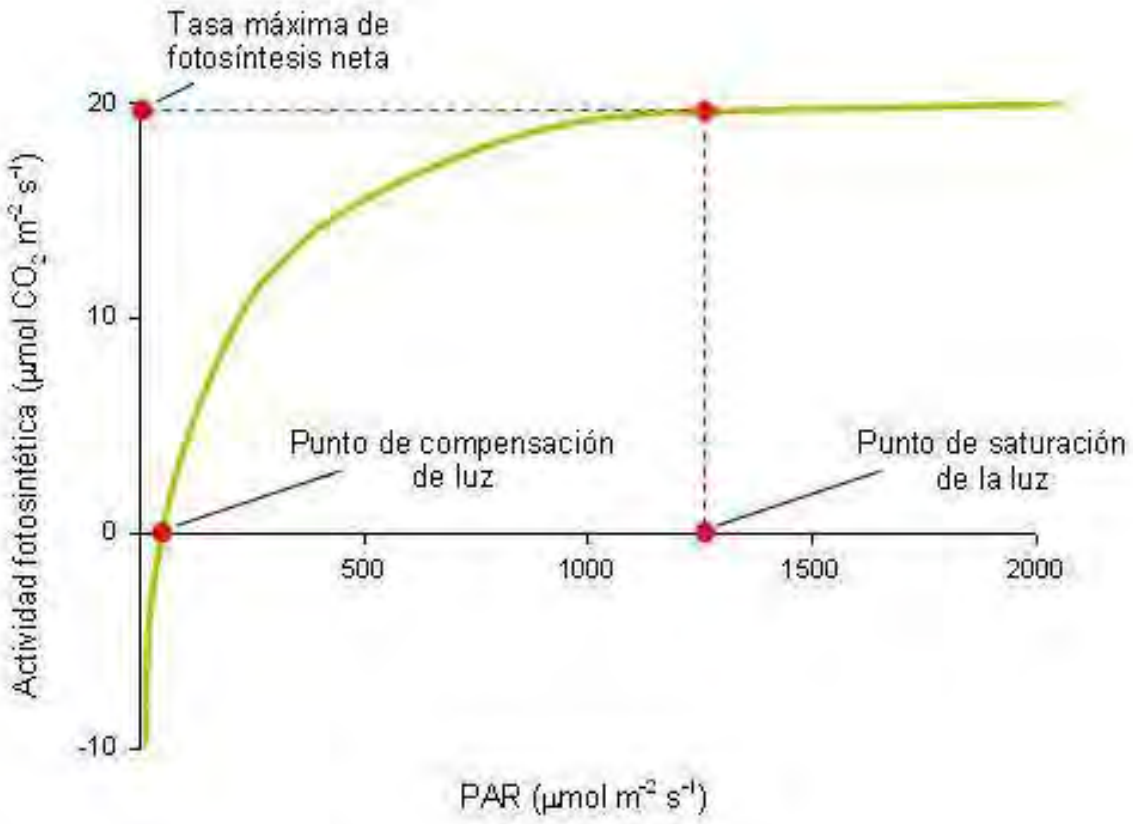


Tecnología para evaluar de forma precisa la capacidad de sumidero de las especies vegetales (IRGA)

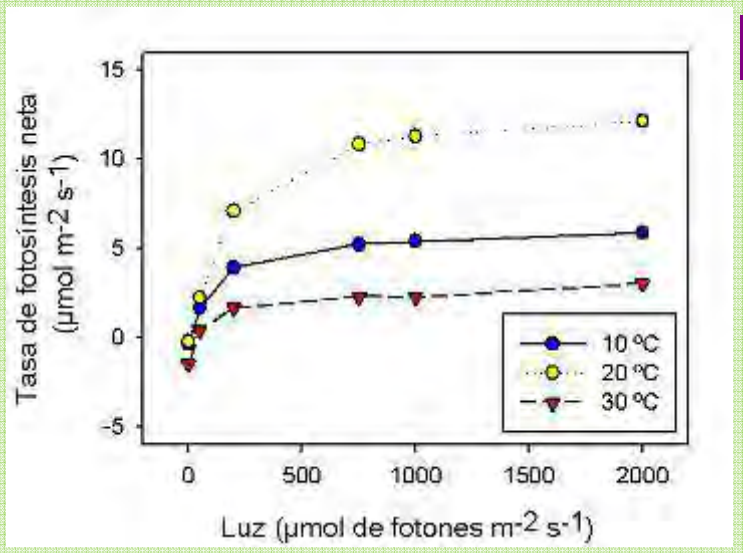


Balance entre secuestro de dióxido de carbono (fotosíntesis) y respiración

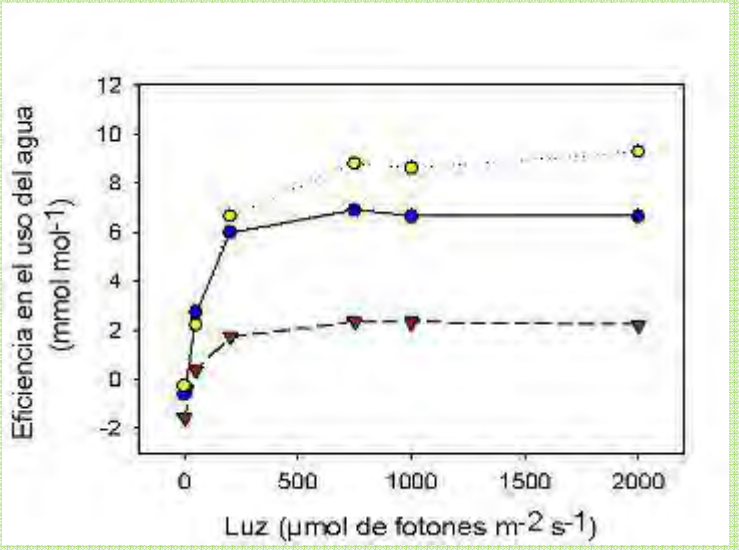
La cinética de la fotosíntesis



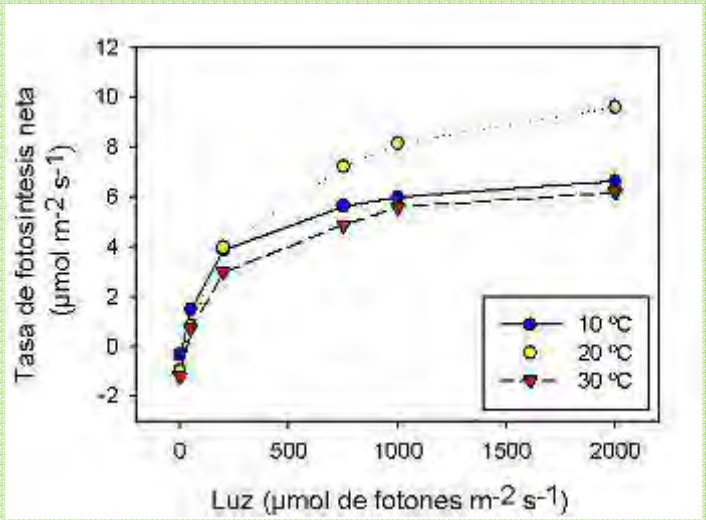
Gráficas de tasa fotosintética neta y eficiencia en el uso de agua obtenidas con el Analizador de Gases por Infrarrojos (IRGA) a diferentes temperaturas y en diferentes especies

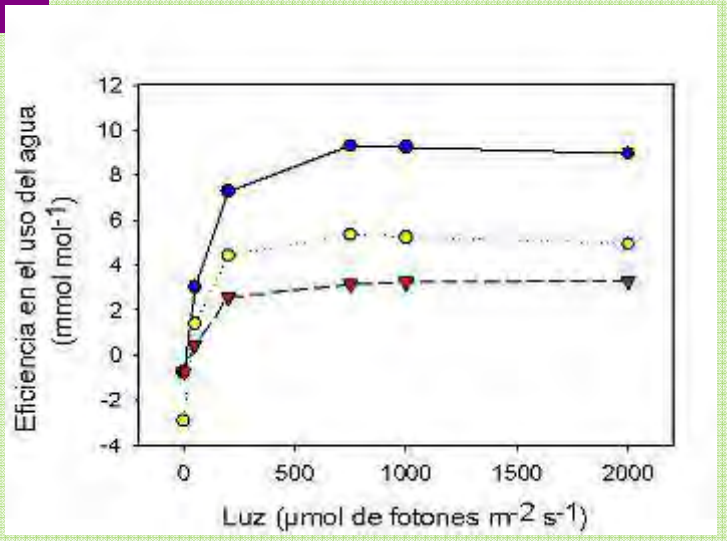


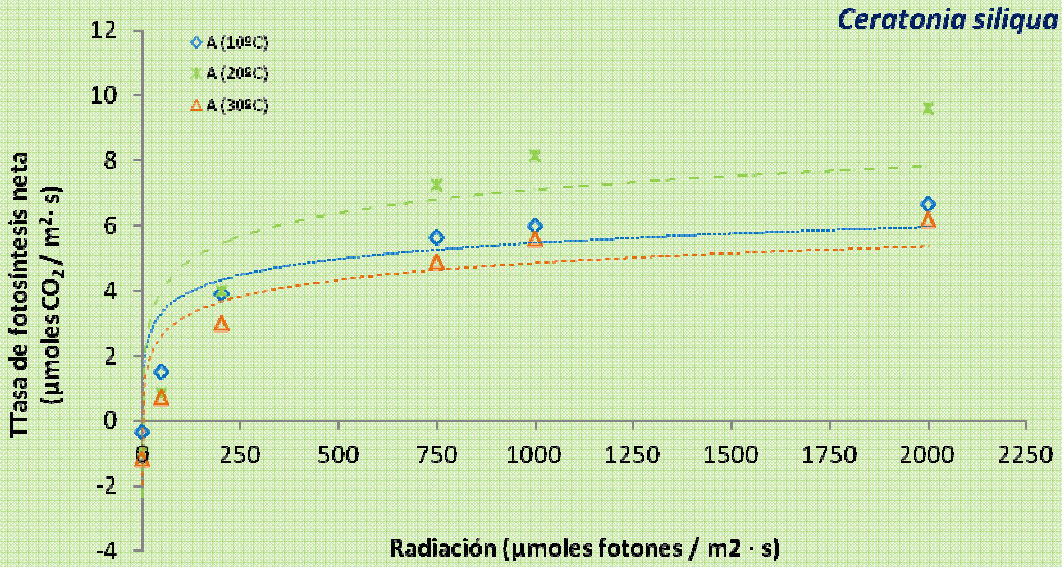
Alnus glutinosa

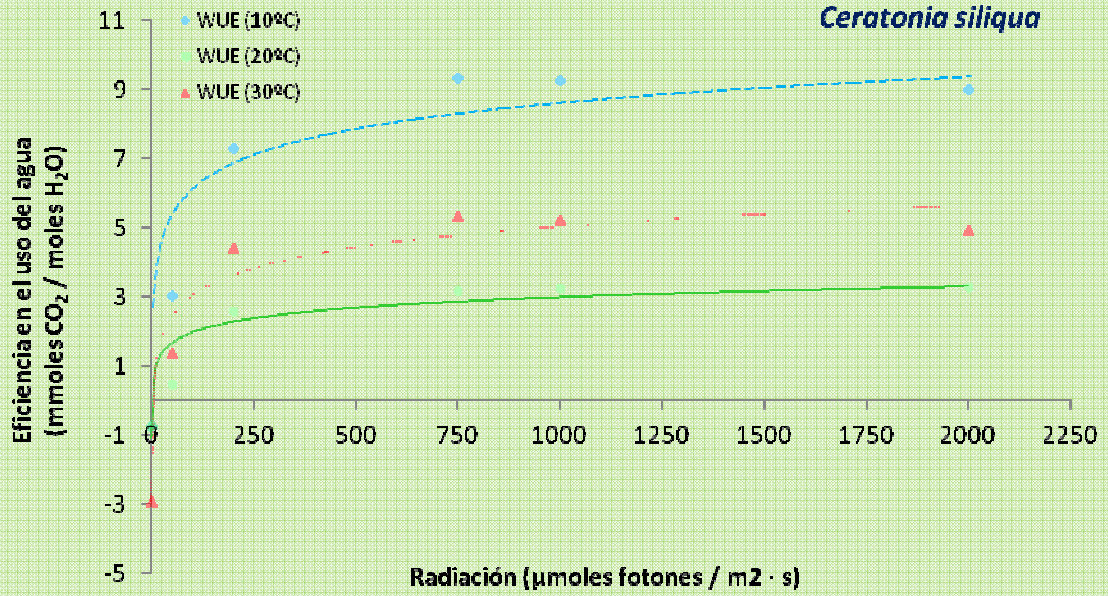


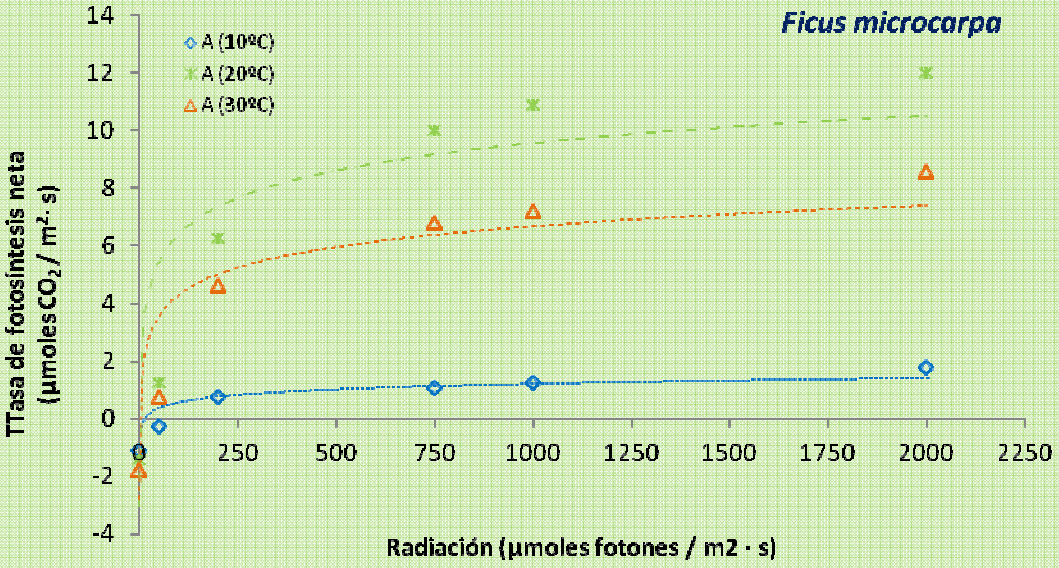
Ceratonia siliqua

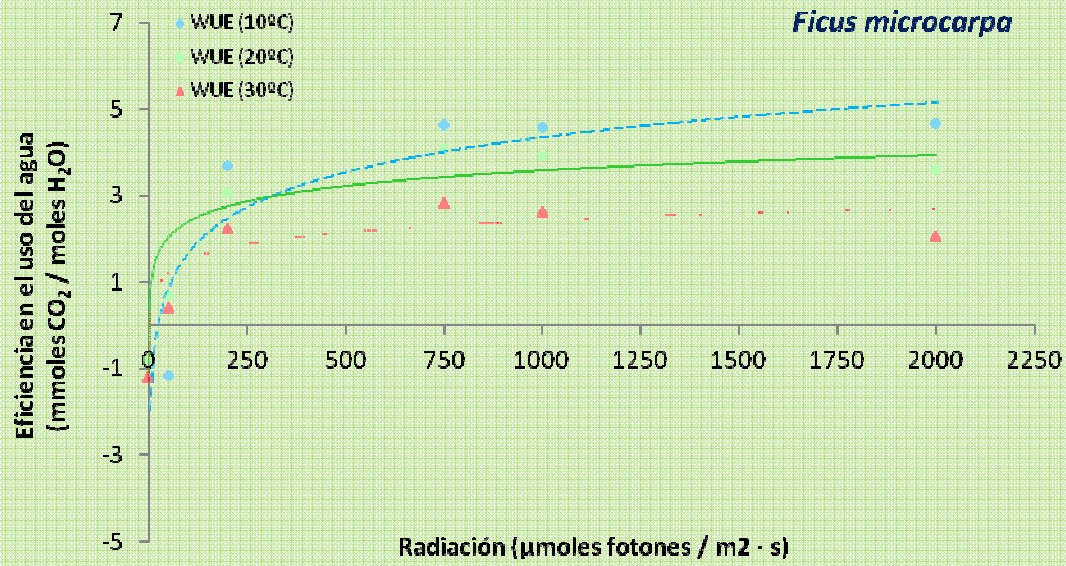


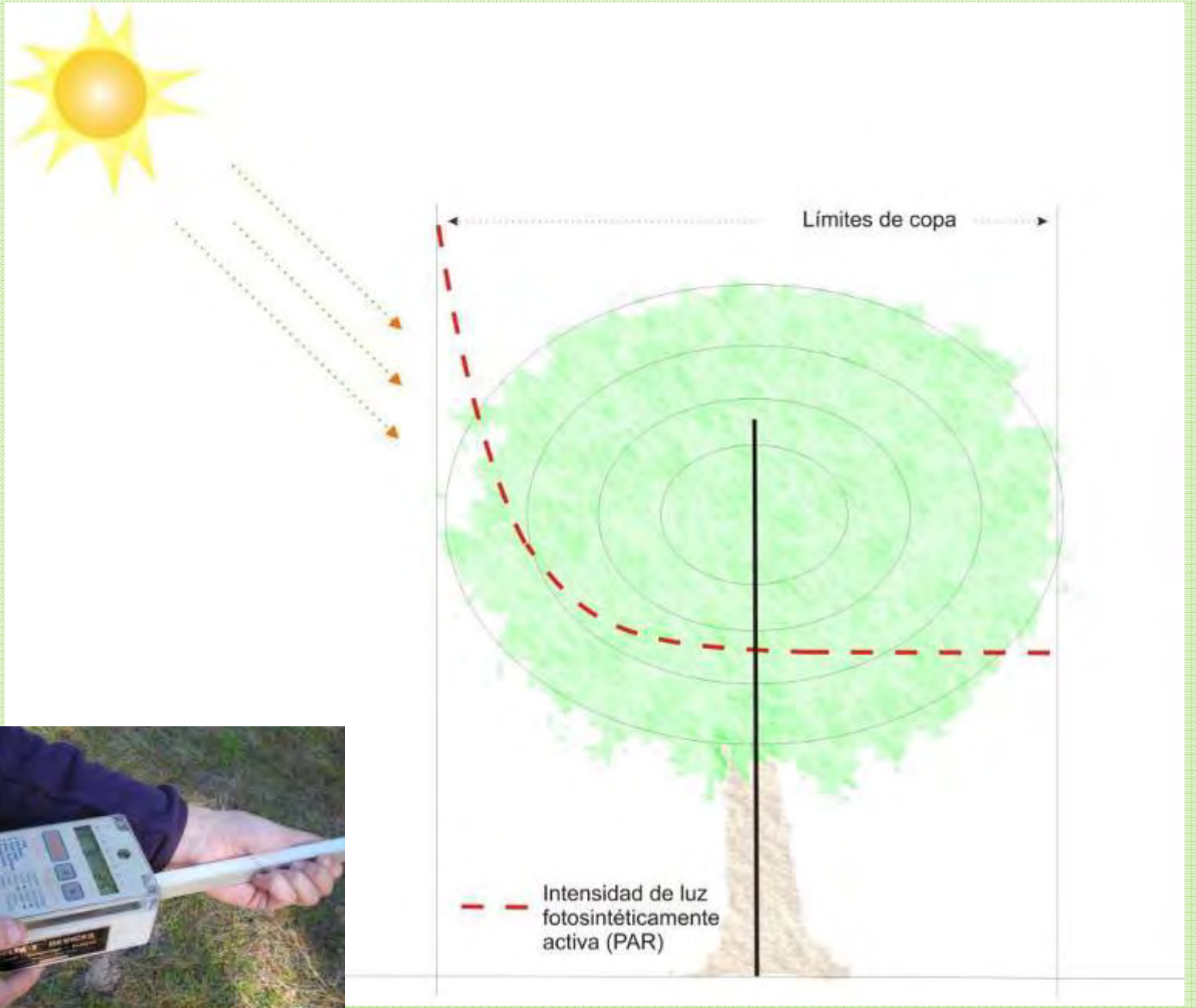



Ceratonia siliqua
A (10ºC)
A (20ºC)
A (30ºC)
TTasa de fotosíntesis neta (µmoles CO_2 / m^2· s)
Radiación (µmoles fotones / m2 · s)

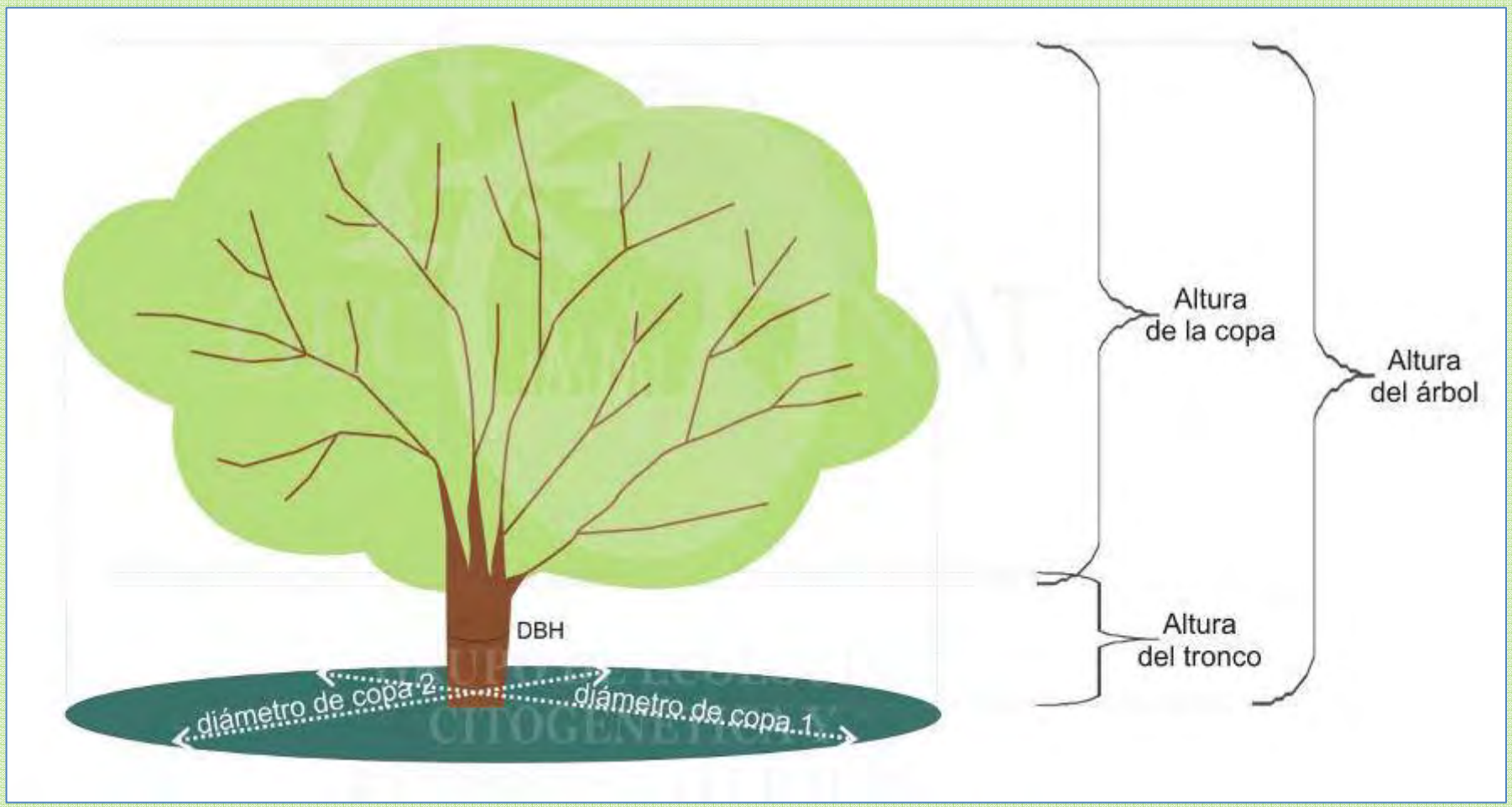

Ceratonia siliqua
WUE (10ºC)
WUE (20ºC)
WUE (30ºC)
Eficiencia en el uso del agua (mmoles CO_2 / moles H_2O)
Radiación (µmoles fotones / m2 · s)


Ficus microcarpa
A (10ºC)
A (20ºC)
A (30ºC)
TTasa de fotosíntesis neta
(µmoles CO2 / m2 · s)
14
12
10
8
6
4
2
0
-2
-4
0
250
500
750
1000
1250
1500
1750
2000
2250
Radiación (µmoles fotones / m2 · s)

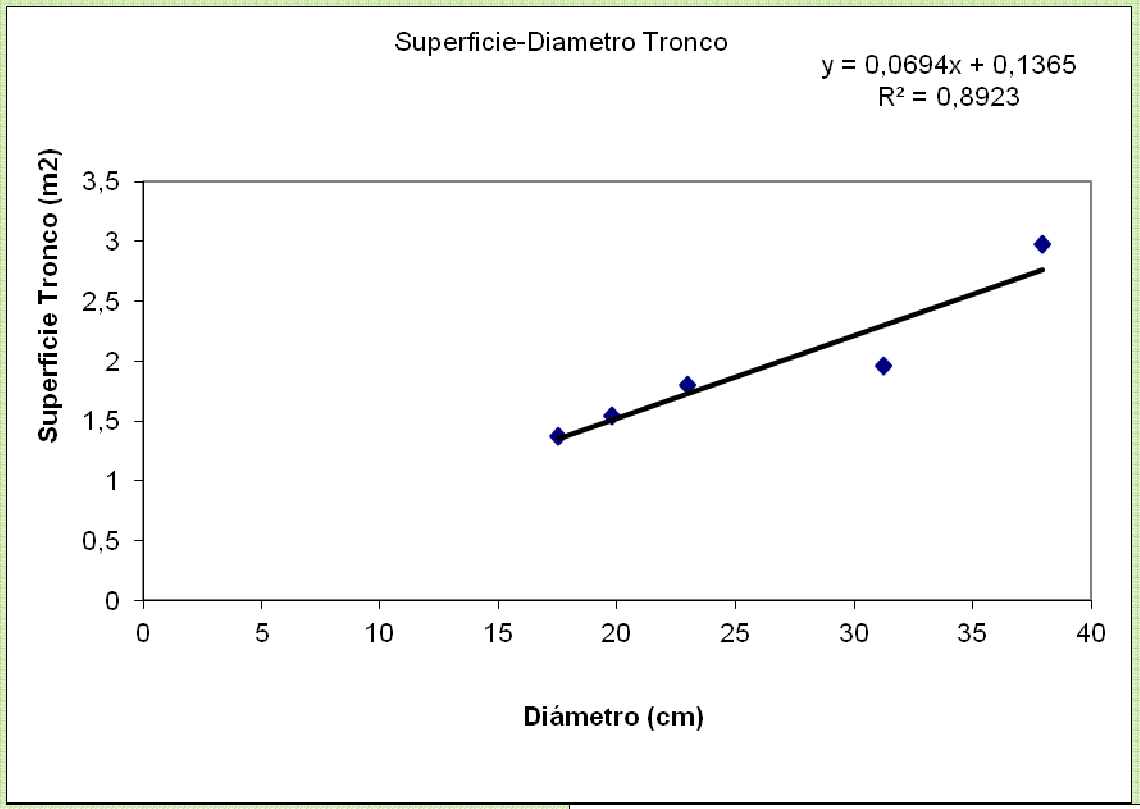

Ficus microcarpa
WUE (10ºC)
WUE (20ºC)
WUE (30ºC)
Eficiencia en el uso del agua
(mmoles CO2 / moles H2O)
7
5
3
1
-1
-3
-5
0
250
500
750
1000
1250
1500
1750
2000
2250
Radiación (µmoles fotones / m2 · s)

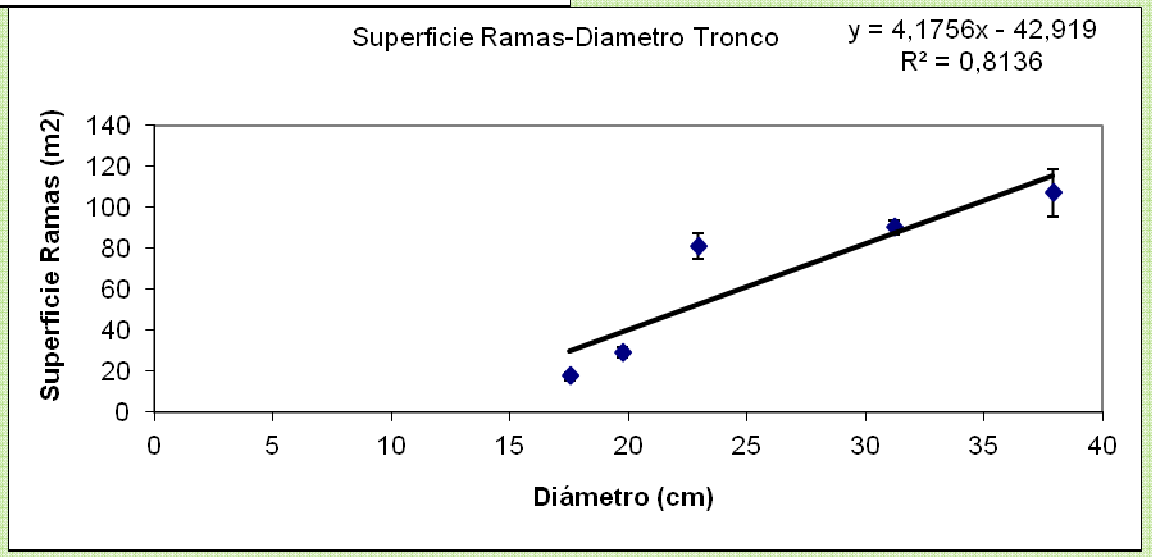

Límites de copa
Intensidad de luz
fotosintéticamente
activa (PAR)

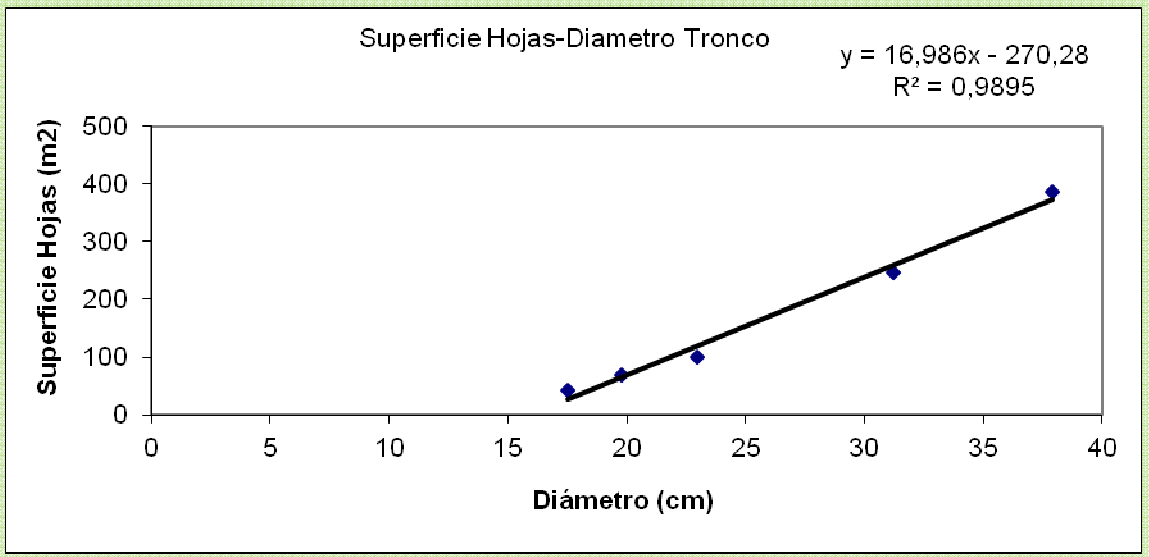
SUNFLECK

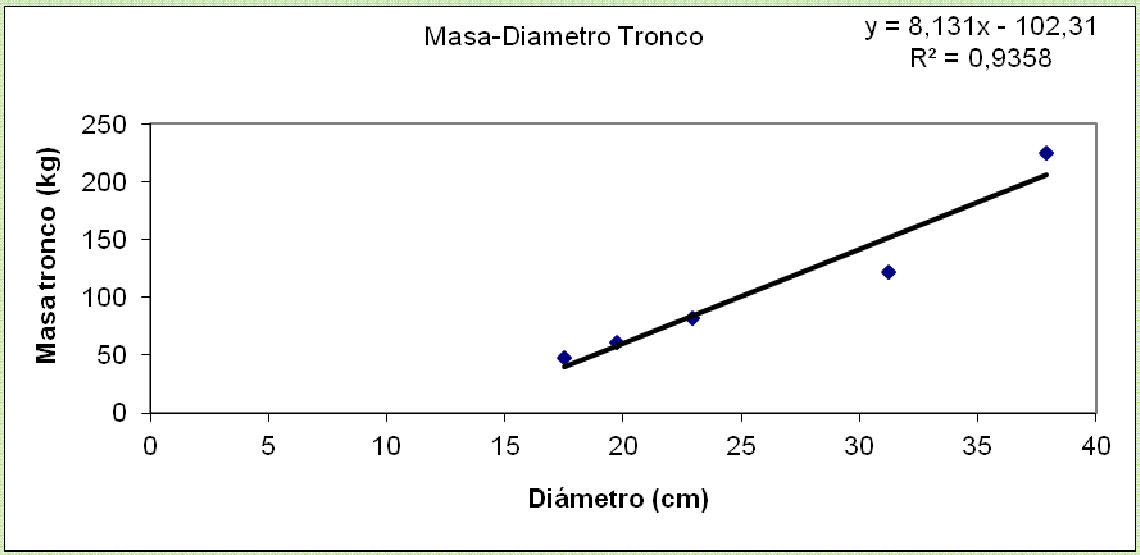


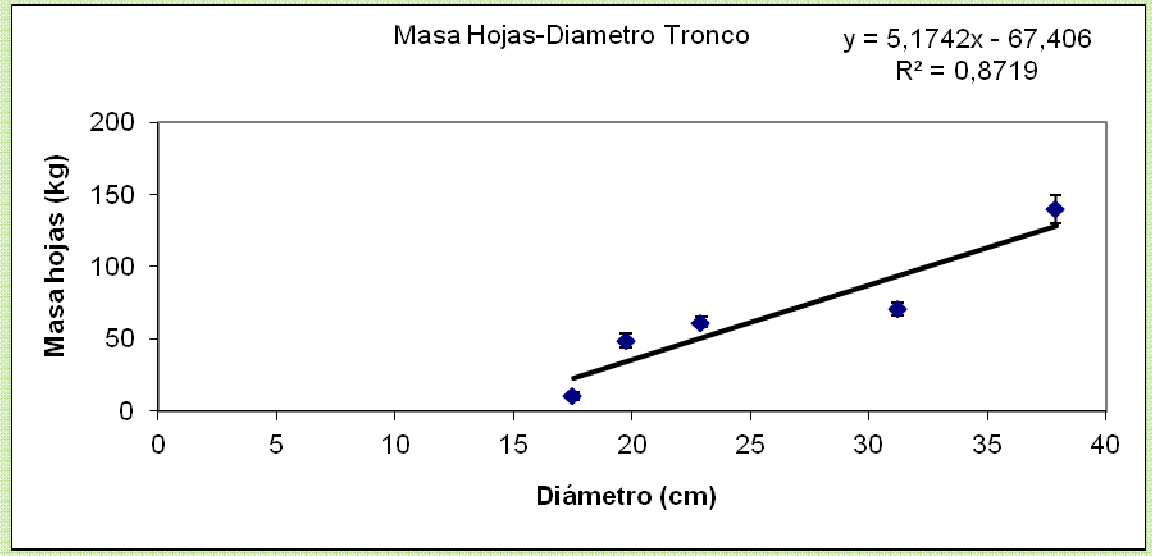
Variables biométricas a medir de cada especie seleccionada y tamaño existente en las parcelas de muestreo. Éstas son también las variables biométricas adicionales a medir de cada especie y tamaño muestreado mediante la técnica RBS que se explica en el apartado siguiente, de determinación de superficies y biomasa de las especies leñosas principales.

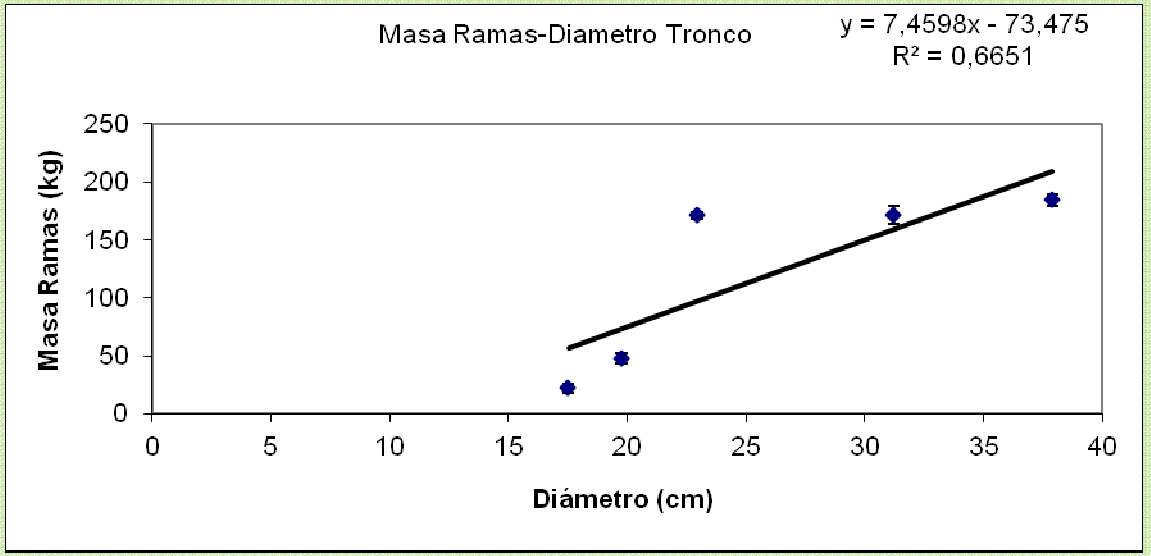

Superficie-Diametro Tronco
y = 0,0694x + 0,1365
R² = 0,8923
Superficie Tronco (m2)
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
Diámetro (cm)

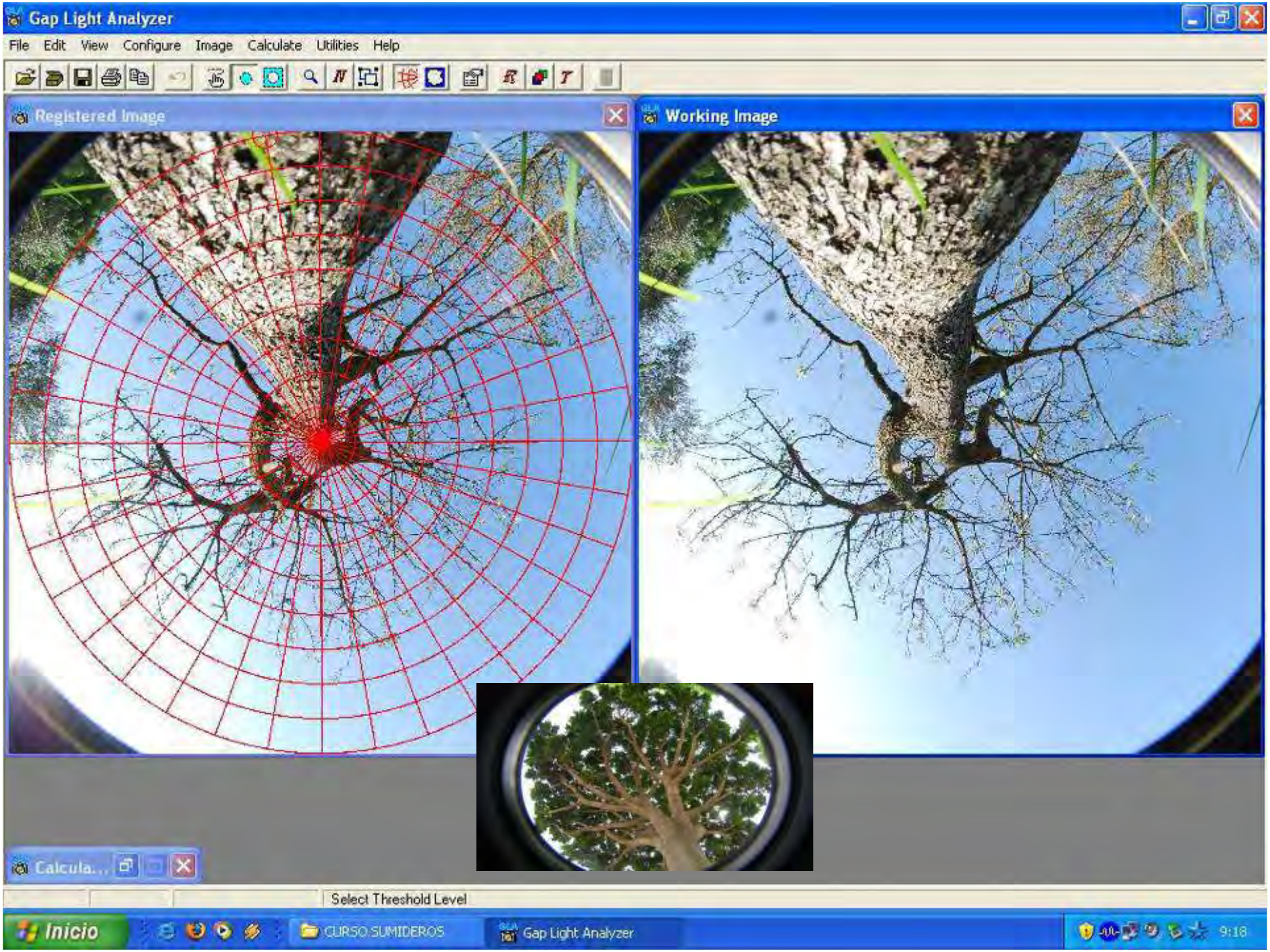

Superficie Ramas-Diametro Tronco
y = 4,1756x - 42,919
R² = 0,8136
Superficie Ramas (m2)
140
120
100
80
60
40
20
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
Diámetro (cm)


Superficie Hojas-Diametro Tronco
y = 16,986x - 270,28
R² = 0,9895
Superficie Hojas (m2)
500
400
300
200
100
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
Diámetro (cm)


Masa-Diametro Tronco
y = 8,131x - 102,31
R² = 0,9358
Masa tronco (kg)
250
200
150
100
50
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
Diámetro (cm)


Masa Hojas-Diametro Tronco
y = 5,1742x - 67,406
R² = 0,8719
Masa hojas (kg)
200
150
100
50
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
Diámetro (cm)


Masa Ramas-Diametro Tronco
y = 7,4598x - 73,475
R² = 0,6651
Masa Ramas (kg)
250
200
150
100
50
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
Diámetro (cm)


Gap Light Analyzer
File Edit View Configure Image Calculate Utilities Help
Registered Image
Working Image
Calcula...
Select Threshold Level
Inicio
CURSO SUMIDEROS
Gap Light Analyzer
9:18

3.1.2. *Celtis australis* (Almez)

Celtis australis: diámetro de tronco 38cm (119cm)

Celtis australis: diámetro de tronco 31,2cm (98cm)

Celtis australis: diámetro de tronco 22,9cm (72cm)

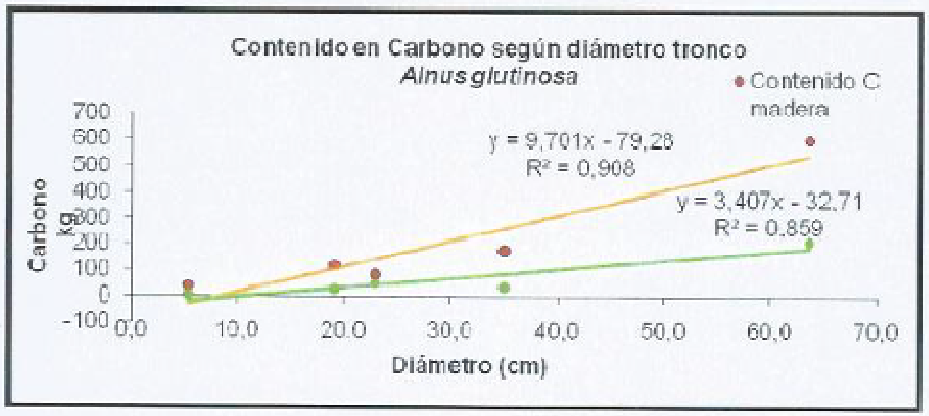
Celtis australis: diámetro de tronco 19,75cm (62cm)

Contenido en carbono de diferentes especies utilizadas en la reforestación de las carreteras.

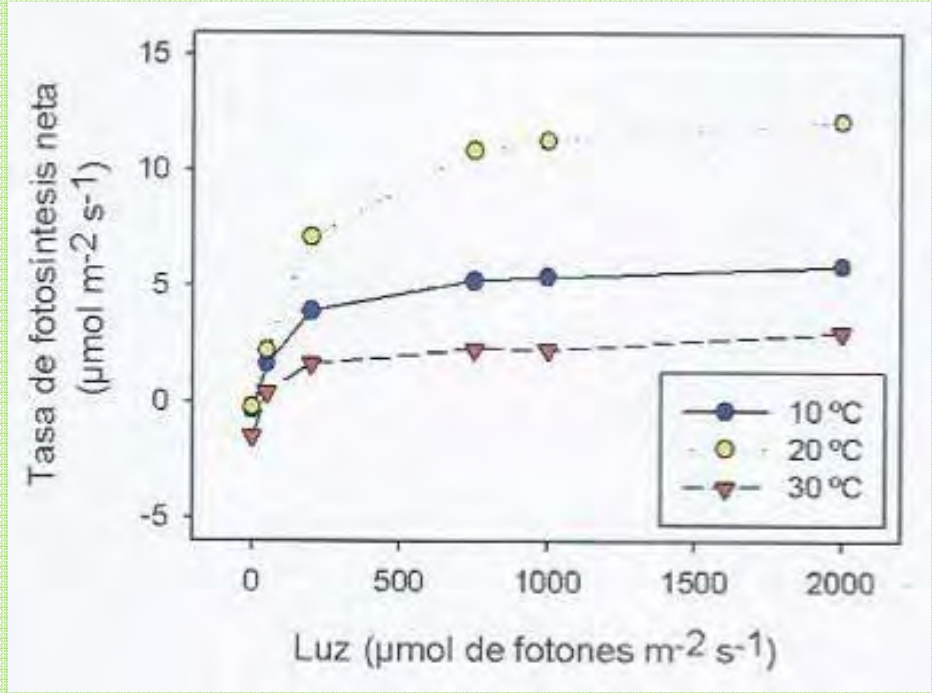
Contenido en Carbono:		
Especie	Madera	Hojas
Alnus glutinosa	94,55%	93,87%
Anthyllis cytisoides	96,15%	91,42%
Arbutus unedo	93,41%	94,5%
Berberis vulgaris	96,87%	95,62%
Capparis spinosa	93,13%	95,25%
Celtis australis	92,45%	89,97%
Ceratonia siliqua	94%	94,63%
Chamaerops humilis	96,56%	92,74%
Cistus monspeliensis	96,78%	94,65%
Cistus salvifolius	97,01%	95,78%
Crataegus monogyna	95,86%	93,72%
Cytisus grandiflorus	97,82%	96,41%
Cytisus multiflorus	99,19%	98,01%
Cytisus scoparius	95,61%	96,58%
Ephedra fragilis	97,45%	92,62%
Erica arbórea	97,8%	97,49%
Erica umbellata	98,15%	97,44%
Fraxinus angustifolia	93,9%	92,03%
Genista hirsuta	98,17%	98,14%
Genista triacanthos	99,28%	94,77%
Juniperus oxycedrus	89,39%	94,64%
Juniperus phoenicea	96,38%	97,07%
Lavandula multifida	92,95%	89,31%
Lavandula stoechas	93,77%	90,42%
Lygeum spartium	-	91,74%
Myrtus communis	91,99%	96,64%
Nerium oleander	91,7%	91,53%
Olea europea var. sylvestris	94,37%	93,14%
Osyris alba	90,2%	92,3%
Phyllirea angustifolia	94,59%	94,21%
Pinus halepensis	92,61%	94,39%
Pinus pinaster	96,53%	97,38%
Pinus pinea	97,21%	95,85%
Pinus sylvestris	94,59%	96,19%
Pinus nigra	94,8%	95,03%
Pistacea lentiscus	95,12%	93,98%
Populus alba	91,01%	91,45%
Populus nigra	92,61%	90,4%
Prunus spinosa	95,37%	91,92%
Punica granatum	95,5%	92,06%
Pyrus bourgaeana	94,19%	94,53%
Quercus coccifera	93,72%	96,45%
Quercus faginea subsp. faginea	92,6%	95,05%
Quercus ilex subsp. ballota	92,89%	96%
Quercus suber	94,45%	90,07%

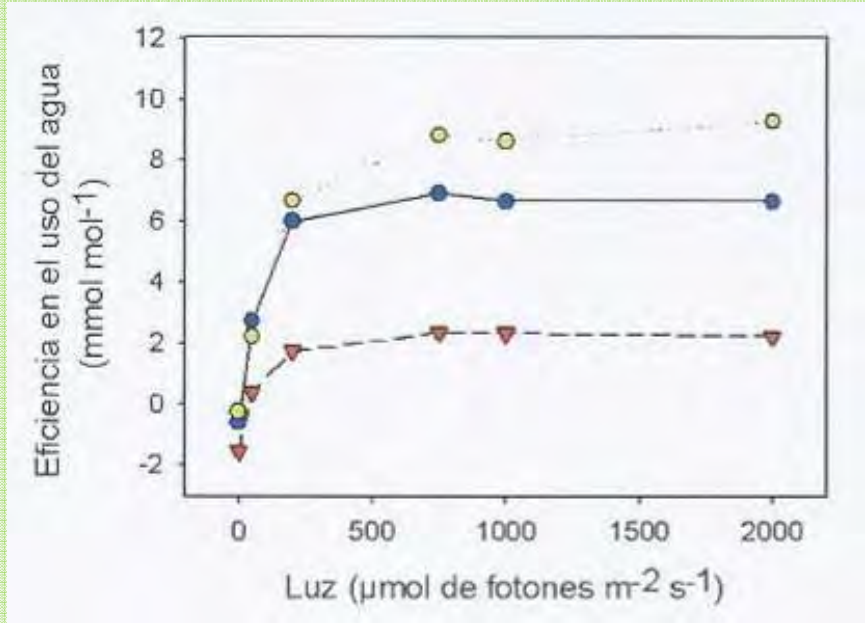
Retama monosperma	95,14%	95,57%
Retama shaerocarpa	95,26%	94,85%
Rhamnus alaternus	94,24%	90,18%
Rhamnus oleoides	95,5%	90,95%
Rosmarinus officinalis	97,3%	95,2%
Rubus ulmifolius	95,86%	94,64%
Salix alba	92,41%	88,71%
Salix fragilis	96,91%	90,22%
Salvia oficinalis	91,37%	86,12%
Santolina chamecyparissus	94,32%	87,56%
Spartium junceum	95,77%	95,94%
Stipa tenacissima	-	93,16%
Tamarix africana	93,59%	83,28%
Tamarix canariensis	92,49%	80,87%
Tamarix gallica	99,34%	78,48%
Thymbra capitata	95,88%	91,22%
Thymus mastichina	92,10%	90,18%
Ulex eriocladus	95,16%	97,43%
Ulmus minor	86,11%	91,3%
Viburnum tinnus	93,37%	94,7%
Vitex agnus-cactus	96,58%	92,23%
Ziziphus lotus	94,47%	94,29%

Modelo de secuestro de dióxido de carbono para Aliso (*Alnus glutinosa*)



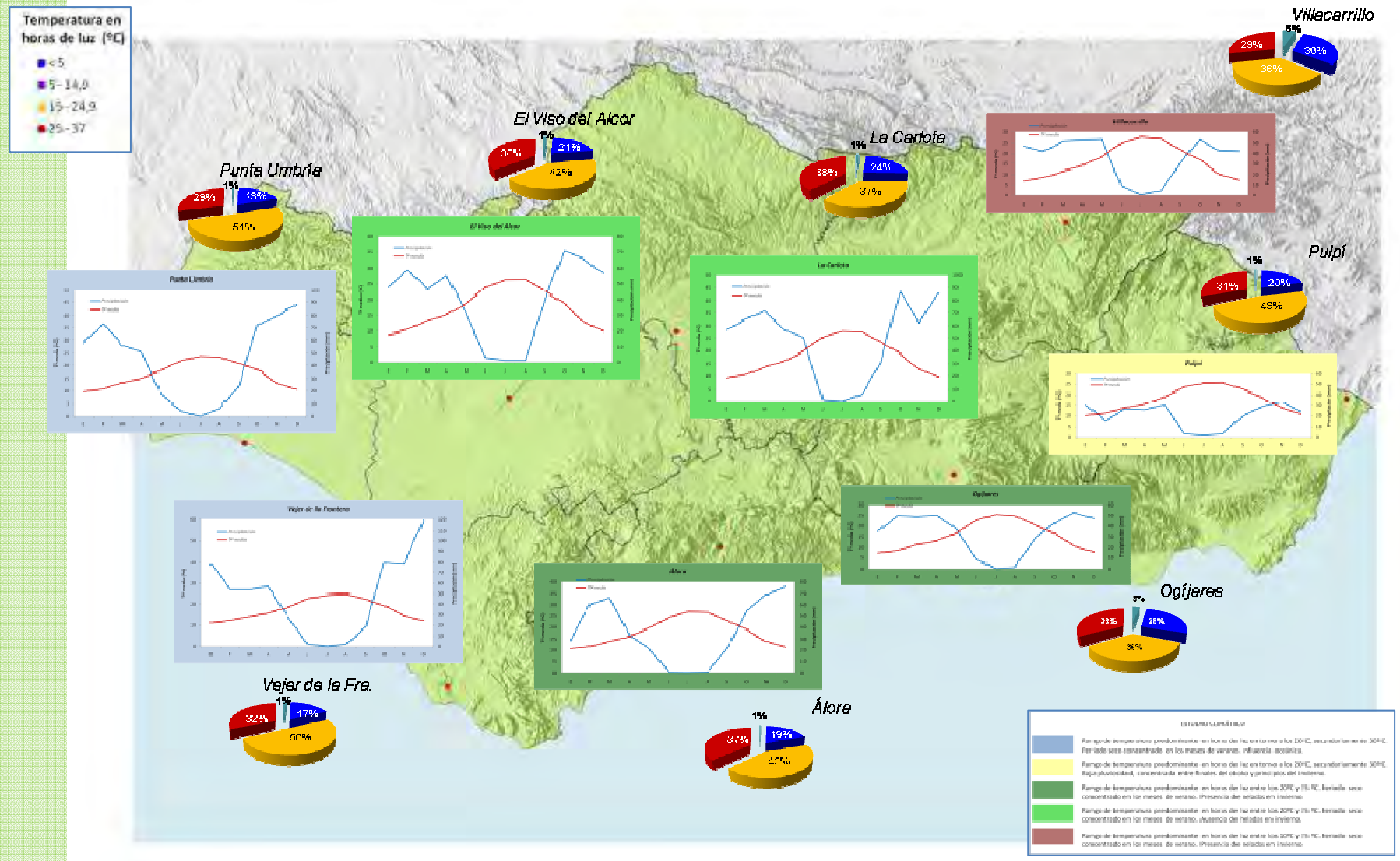
	10°C	20°C	30°C
Tasa respiratoria de la madera ($\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$)	1,05	0,09	0,31



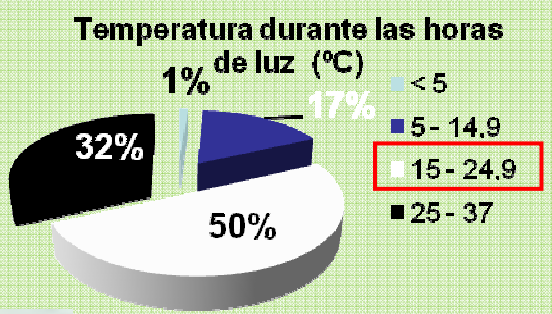


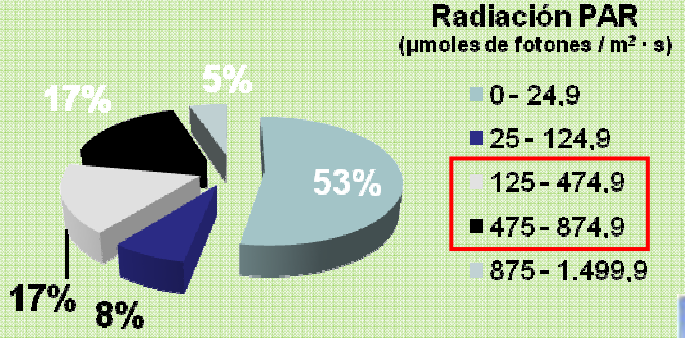
Estación	Replica (perímetro tronco)	Superficie fotosintética interna	Superficie fotosintética externa	% de luz interna	% de luz externa
Invierno	*Alnus glutinosa* 17	0	0	100	100
	Alnus glutinosa 60	0	0	100	100
	Alnus glutinosa 72	0	0	100	100
	Alnus glutinosa 110	0	0	100	100
	Alnus glutinosa 200	0	0	100	100
Primavera	*Alnus glutinosa* 17	77,30	43,48	76,71	100
	Alnus glutinosa 60	207,85	116,91	68,3	100
	Alnus glutinosa 72	149,61	84,16	58,37	100
	Alnus glutinosa 110	147,30	82,86	54,74	100
	Alnus glutinosa 200	137,97	77,61	40,11	100
Verano	*Alnus glutinosa* 17	40,36	22,70	55,3	100
	Alnus glutinosa 60	215,23	121,06	73,1	100
	Alnus glutinosa 72	239,38	134,65	76,17	100
	Alnus glutinosa 110	198,14	111,46	66,54	100
	Alnus glutinosa 200	157,06	88,34	53,34	100
Otoño	*Alnus glutinosa* 17	64,99	36,55	76,32	100
	Alnus glutinosa 60	141,44	79,56	51,59	100
	Alnus glutinosa 72	164,58	92,58	58,32	100
	Alnus glutinosa 110	239,61	134,78	75,79	100
	Alnus glutinosa 200	148,25	83,39	46,04	100

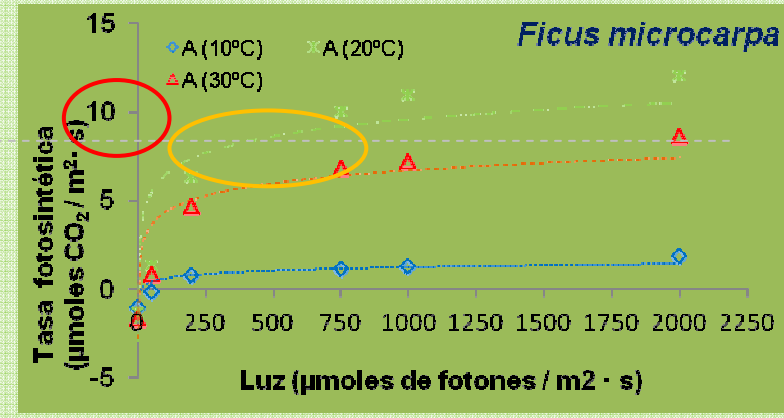
La experiencia incluye inicialmente 8 núcleos urbanos andaluces distribuidos en 5 subtipos climáticos

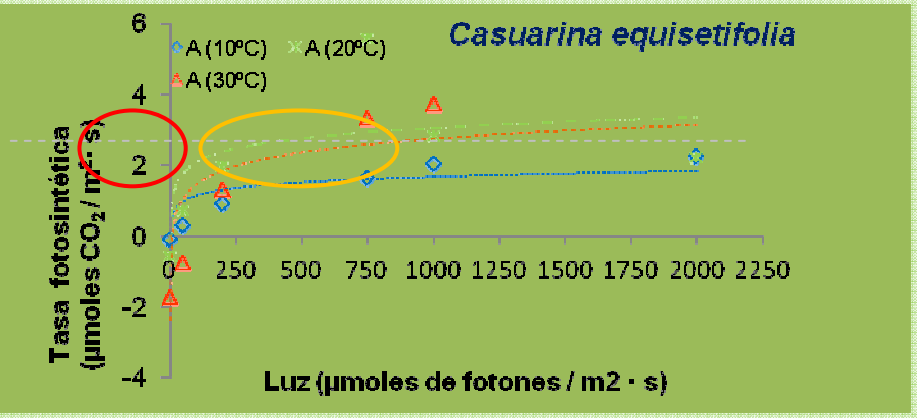


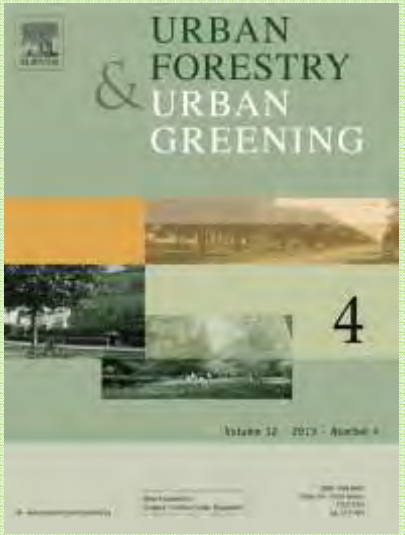
Selección de especies vegetales como sumideros de carbono atmosférico bajo condiciones climáticas locales











An approach to the evaluation and management of natural carbon

sinks: From plant species to urban green systems

Table 1
Initial results obtained in the 8 cities included in the pilot project "Forest by Cities" (Andalusian Regional Govern, Spain).

City	Total surface of the urban green system (ha)	Total number of planted trees and shrubs	Sink power of the established green system (t CO_2 $month^{-1}$ ha^{-1})[a]
Pulpí	11.6	3853	0.19
Ogíjares	11.2	1300	0.04
Álora	6.5	548	0.05
Vejer de la Frontera	13.4	3950	0.97
Punta Umbría	19.9	6340	0.09
El Viso del Alcor	56.4	4950	0.02
La Carlota	16.0	2015	0.03
Villacarrillo	19.2	4950	0.13

[a] Values corresponding to spring and summer months.

Algunas especies del arbolado viario

Árboles	Respiración en oscuridad (µmol de CO m^{-2} s^{-1})	Tasa máxima de fotosíntesis (µmol de CO m^{-2} s^{-1})	Tasa máxima de conductancia estomática (mmol m^{-2} s^{-1})	Eficiencia máxima en el uso del agua (mmol mol^{-1})
Acacia de tres espinas	- 0.4	9.5	0.11	5.4
Álamo	- 0.5	7.2	0.08	6.0
Árbol del amor	- 1.1	12.8	0.22	5.0
Brachichiton	- 0.6	3.4	0.02	12.1
Catalpa	- 0.6	1.0	0.06	2.6
Ciprés	- 1.2	7.0	0.05	**16.6**
Ciruelo japonés	- 1.2	5.2	0.06	2.6
Jacaranda	**- 1.5**	**20.2**	**0.27**	3.6
Laurel	- 0.3	3.6	0.03	8.4
Melia	- 0.6	10.4	0.09	8.6
Naranjo	- 0.2	8.8	0.08	7.6
Olmo	- 0.3	13.8	0.17	5.9
Plátano de sombra	**- 1.5**	4.5	0.04	3.8

Especies de matorral mediterráneo utilizadas en infraestructuras

Tabla 8.1

CO_2 fijado por superficie y día por especies típicas del matorral mediterráneo

Especie	Fotosíntesis (g CO_2 m^{-2} $día^{-1}$)	Eficiencia en el uso del agua (mol CO_2 fijado / mol de H_2O transpirado)
Cistus ladanifer (jara pringosa)	15,8	6,1
Lavandula stoechas (cantueso)	11,9	2,9
Cistus salvifolius (jaguarzo morisco)	23,8	4,1
Myrtus communis (mirto)	6,3	4,1
Cistus crispus (jara rizada)	11,9	3,5
Halimium halimifolium (jaguarzo blanco)	12,7	3,1
Chamaerops humilis (palmito)	3,2	7,7
Cistus monspeliensis (jaguarzo)	12,7	5,0
Pistacea lentiscus (lentisco)	9,1	5,8

* Los datos están referidos a superficie foliar.

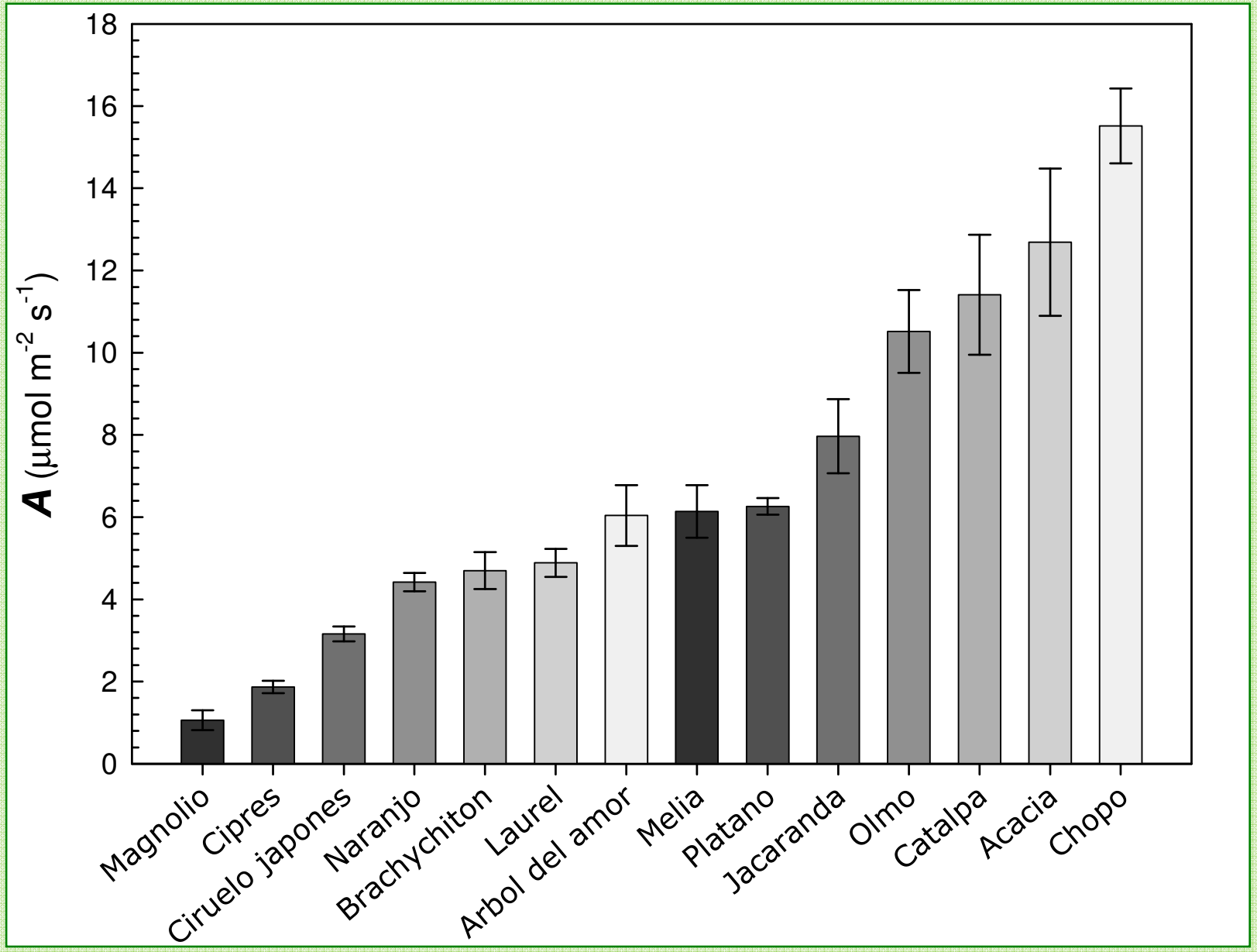
** Estos resultados han sido tomados durante la estación invernal a 10° C.

Especie	Altura (m)	DBH (m)	Diámetro medio de copa (m)	Sumidero anual (Kg CO_2)*
Brachychiton populneum	5	51	4,5	*35,32*
Citrus x aurantium	4	63	6	*15,16*
Jacaranda mimosifolia	6	45	7	*33,75*
Platanus x hispanica	10	53	6,5	43,57
Melia azedarach	6,5	58	6	*37,38*
Washingtonia filifera	10	24	3	28,11

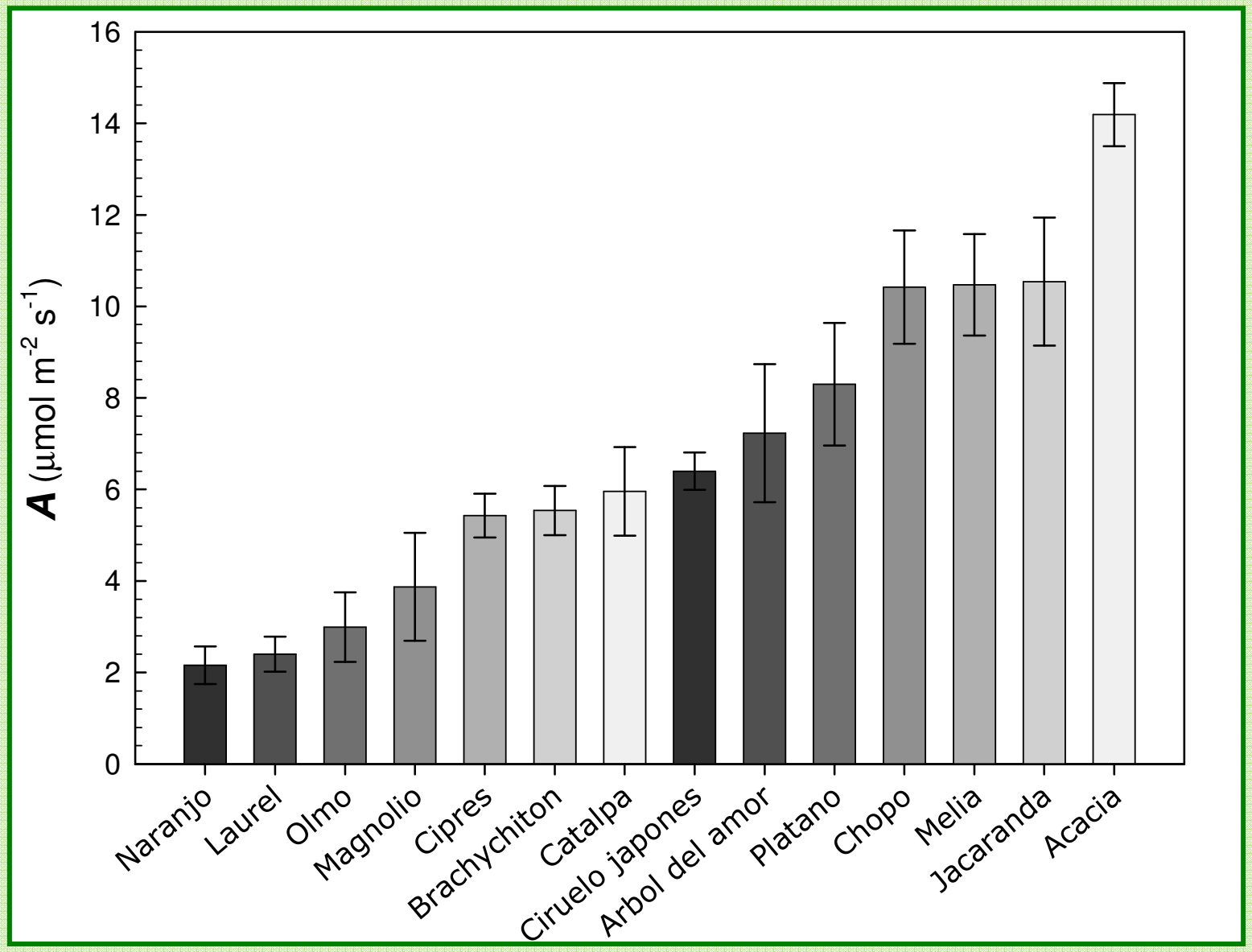
*Resultados para datos de clima de Sevilla

Datos de árboles como sumideros de CO_2

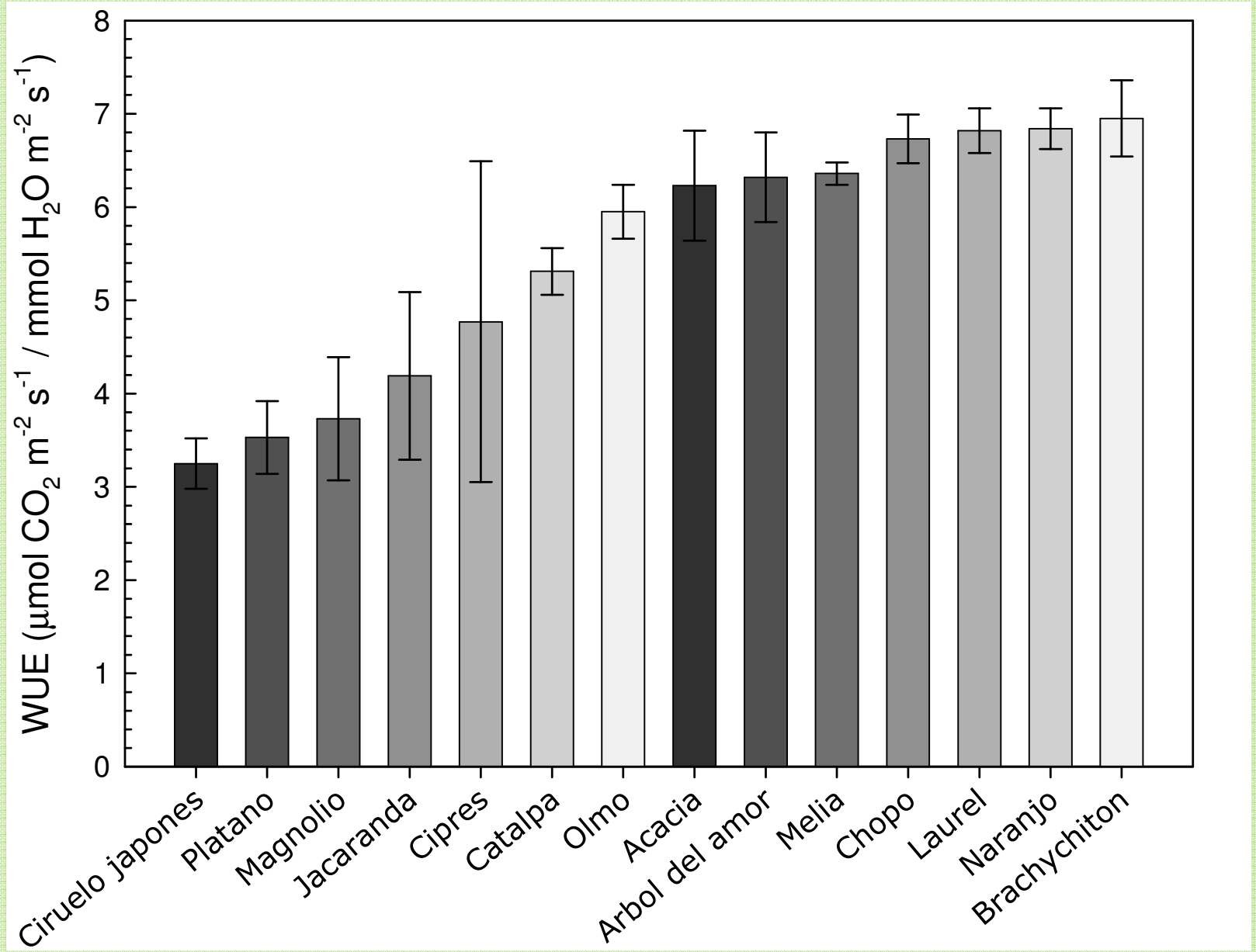
Fotosíntesis al amanecer



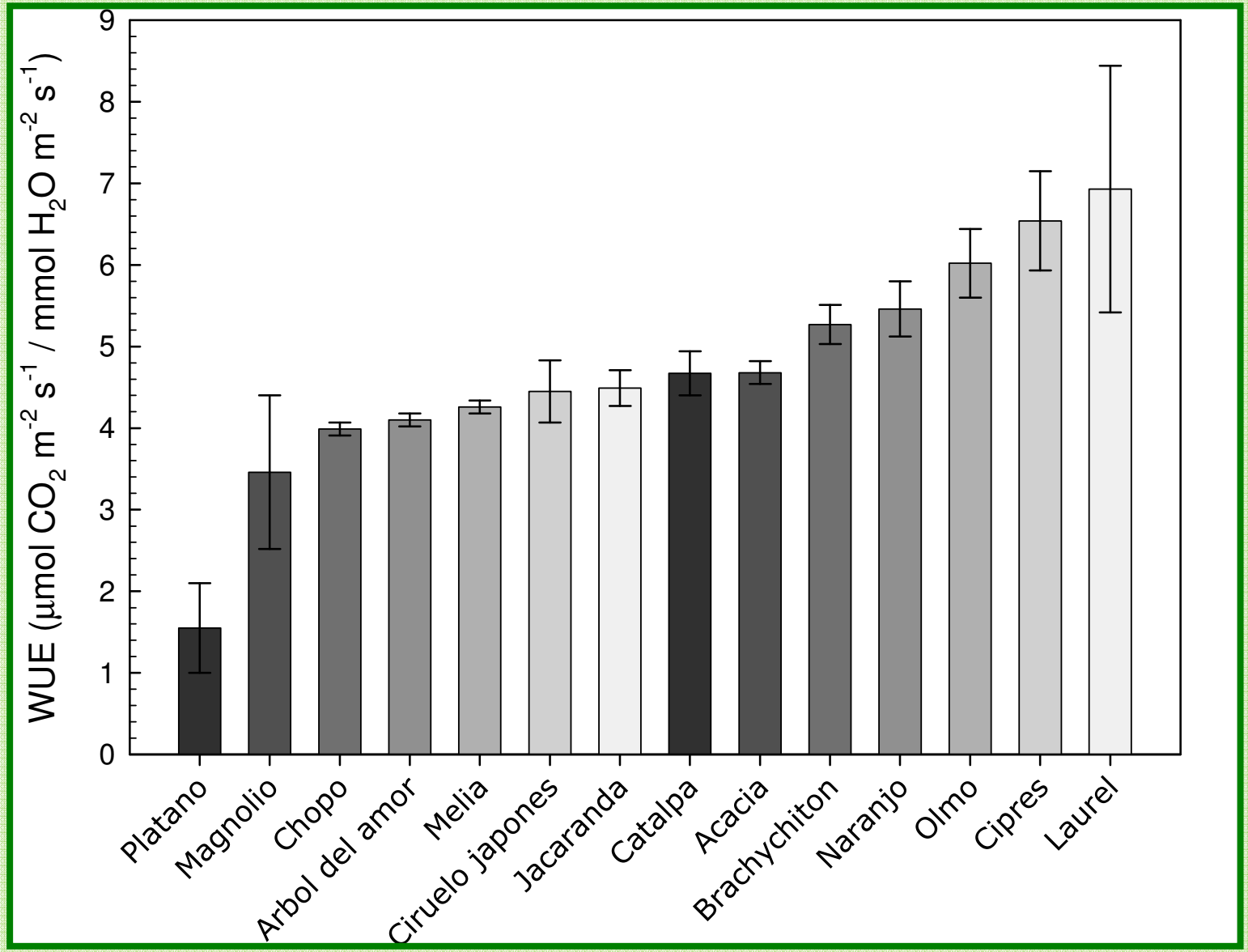
Fotosíntesis a mediodía

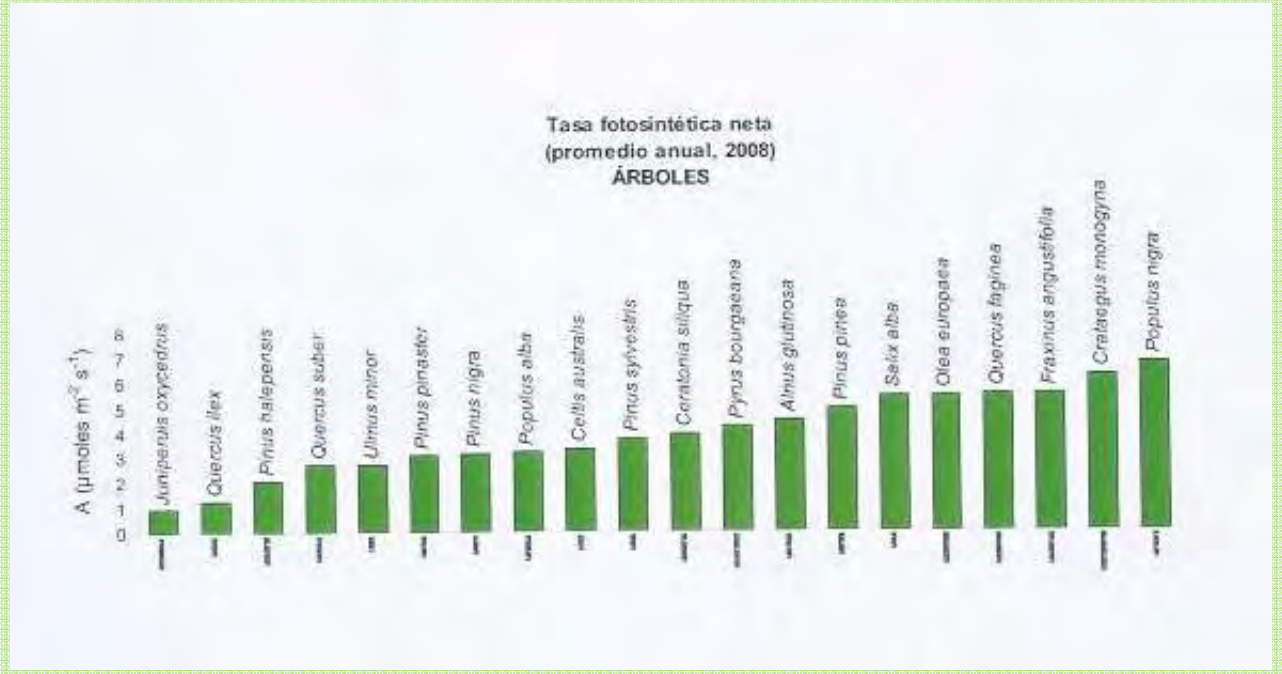


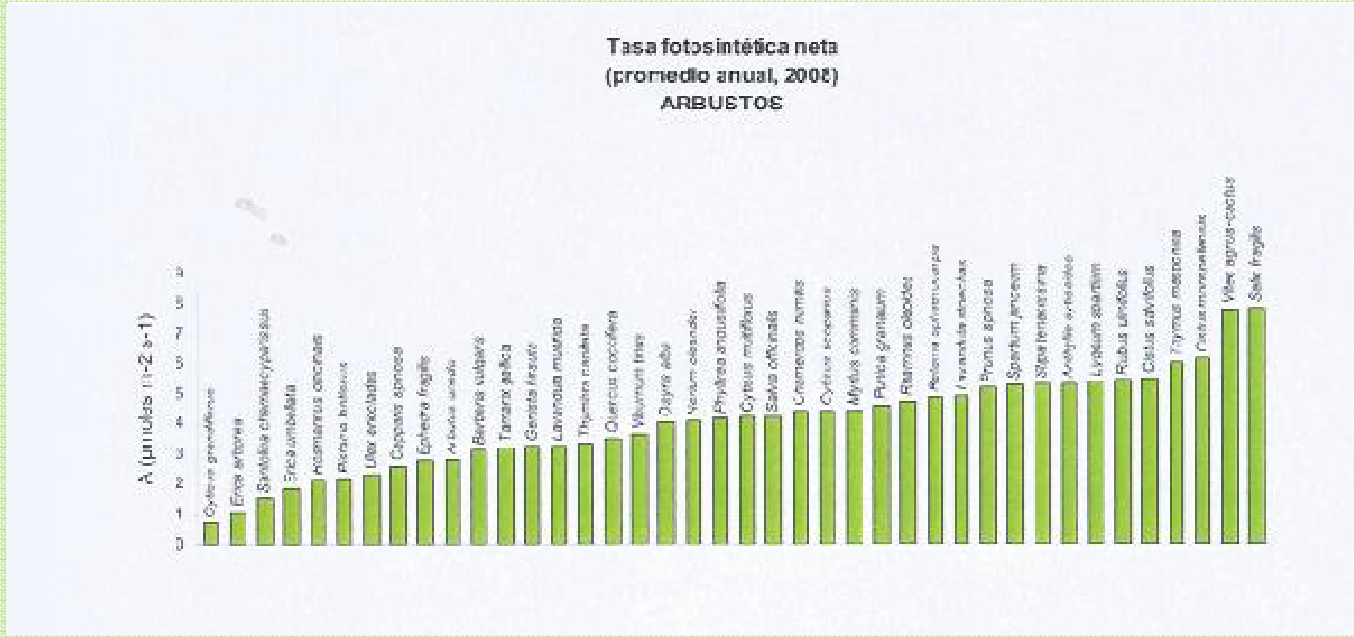
Eficiencia en el uso del agua al amanecer



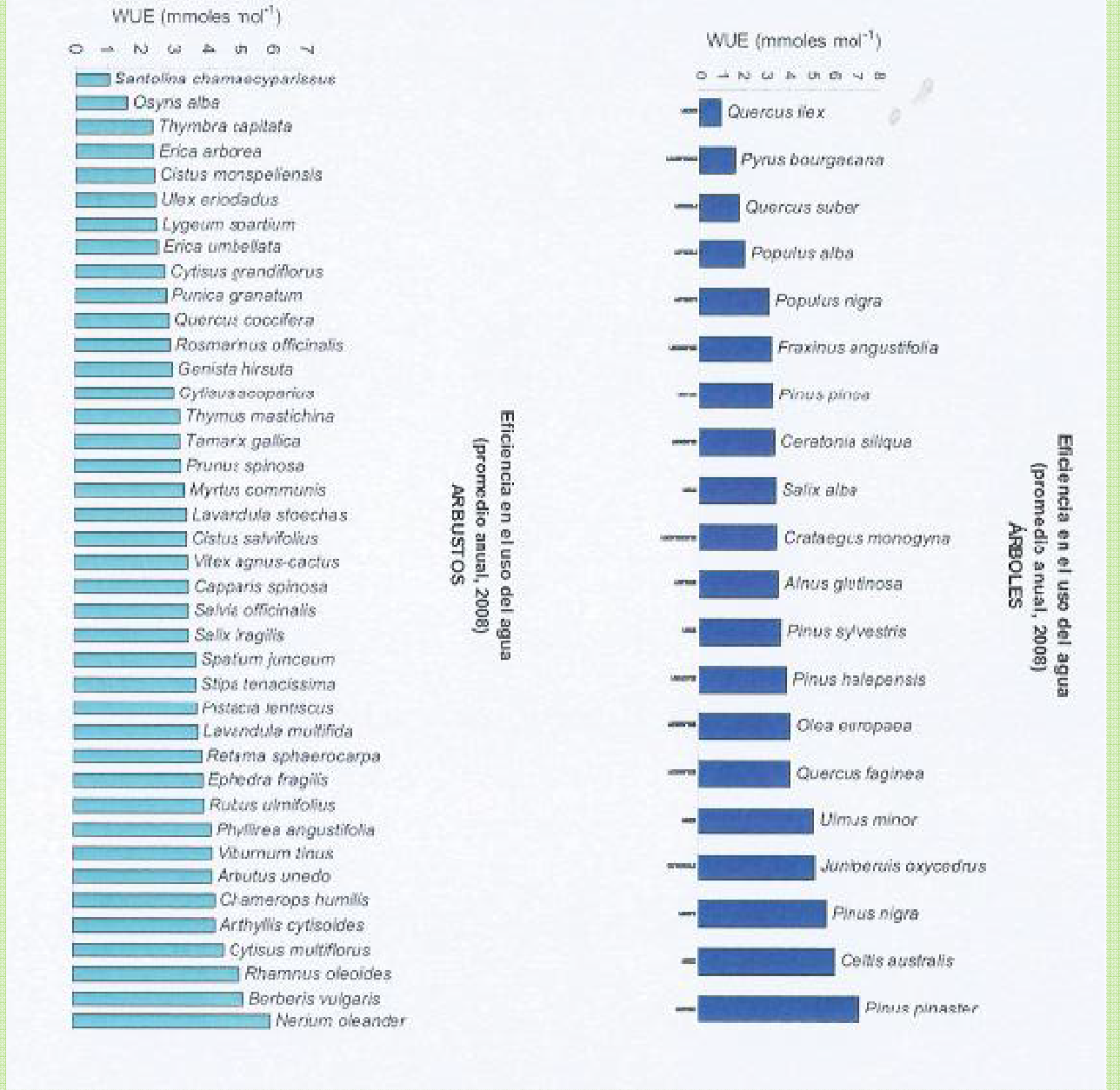
Eficiencia en el uso del agua a mediodía







(Figueroa *et al*, no publicados)

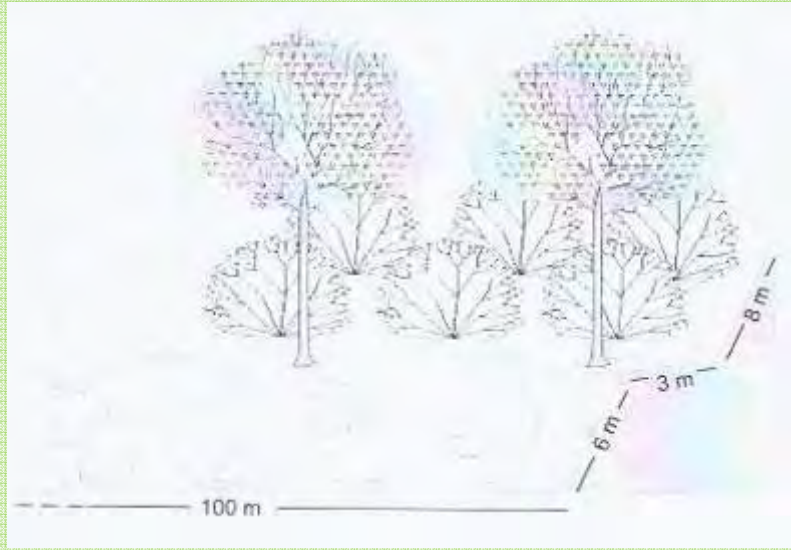


(Figueroa *et al*, no publicados)

Capacidad anual de secuestro de carbono atmosférico total estimada para cada núcleo urbano, y referidas a la superficie total de los núcleos urbanos.

Provincia	Núcleo urbano	Área total del núcleo urbano (ha)	Secuestro anual de CO_2 (t)	Secuestro anual de CO_2 por unidad de superficie urbana (t/ha)
Almería	**Pulpí**	109,1	45,8	**0,42**
Granada	**Ogíjares**	393,1	15,2	**0,04**
Málaga	**Álora**	76,9	28,3	**0,37**
Cádiz	**Vejer de la Fra.**	82,1	61,1	**0,74**
Huelva	**Punta umbría**	315,0	176,0	**0,56**
Sevilla	**El Viso del Alcor**	314,6	79,3	**0,25**
Córdoba	**La Carlota**	145,6	46,3	**0,32**
Jaén	**Villacarrillo**	165,5	71,1	**0,43**

Talud de longitud 100 m, formado por dos pendientes (con anchuras de 8 m y 6 m, respectivamente) y una terraza de 3 m de anchura (ver figura):



Superficies del talud:

Pendiente 1: 800 m^2

Terraza: 300 m^2

Pendiente 2: 600 m^2

Superficie total: 1.700 m^2

5 T CO_2/ha. año

Composición:

Pendiente 1: 25 pies de *Cytisus multiflorus* (cobertura media por individuo*: 4,78 m^2); 20 pies de *Retama sphaerocarpa* (cobertura media por individuo*: 5,04 m^2).

Terraza: 15 pies de *Pinus pinea* (diámetro medio de tronco*: 30,85 cm).

Pendiente 2: 28 pies de *Rhamnus oleoides* (cobertura media por individuo*: 1,9 m^2); 108 pies de *Pistacia lentiscus* (cobertura media por individuo*: 2,8 m^2).

Rotonda de 30 m de diámetro

Superficie total: 707 m^2

0,5 T CO_2/ ha.año

Composición:

3 pies de *Populus nigra* (diámetro medio de tronco*: 52,80 cm); 4 pies de *Pyrus bourgaeana* (diámetro medio de tronco*: 6,05 cm); 3 pies de *Crataegus monogyna* (cobertura media por individuo*: 10,50 m^2); 63 pies de *Salvia officinalis* (cobertura media por individuo*: 1,10 m^2).

SUMIDEROS NATURALES DE CARBONO

MODELO DE DISEÑO Y ORDENACIÓN DEL SISTEMA VERDE DEL PUERTO DE BAHÍA DE ALGECIRAS (CÁDIZ, SO ESPAÑA) PARA EL INCREMENTO DE SU CAPACIDAD DE SECUESTRO DE CO_2

UNIDAD VERDE: Parque de la Conferencia

				Área total (m^2)
				12.088
Especie	**N°**	**Volumen (m^3)**	**Secuestro anual de CO_2 (Kg)**	**Gasto anual de H2O (hl)**
Annona cherimolia	2	--	1,4	2,91
Araucaria heterophylla	1	--	4,5	12,48
Ficus australis	2	--	51,4	102,25
Ficus elastica	1	--	6,6	13,04
Jacaranda mimosifolia	1	--	7,2	10,92
Lantana strigocamara	1	--	1,9	2,38
Lantana strigocamara	seto	40,2	22,7	28,03
Nerium oleander	1	--	0,4	0,31
Phoenix canariensis	4	--	1,4	2,66
Pittosporum tobira	seto	58	226,9	126,76
Prunus cerasifera	2	--	1,8	3,89
Trachycarpus fortunei	22	--	5,6	7,14
Washingtonia filifera	15	--	74,8	144,27
Herbáceas y crasas			< 0,1	--
			Secuestro anual total por unidad de superficie (tn CO_2/ ha)	**0,3**
			Secuestro anual total (Kg CO_2)	**406,7**
			Gasto anual de H_2O total (hl)	**457,03**

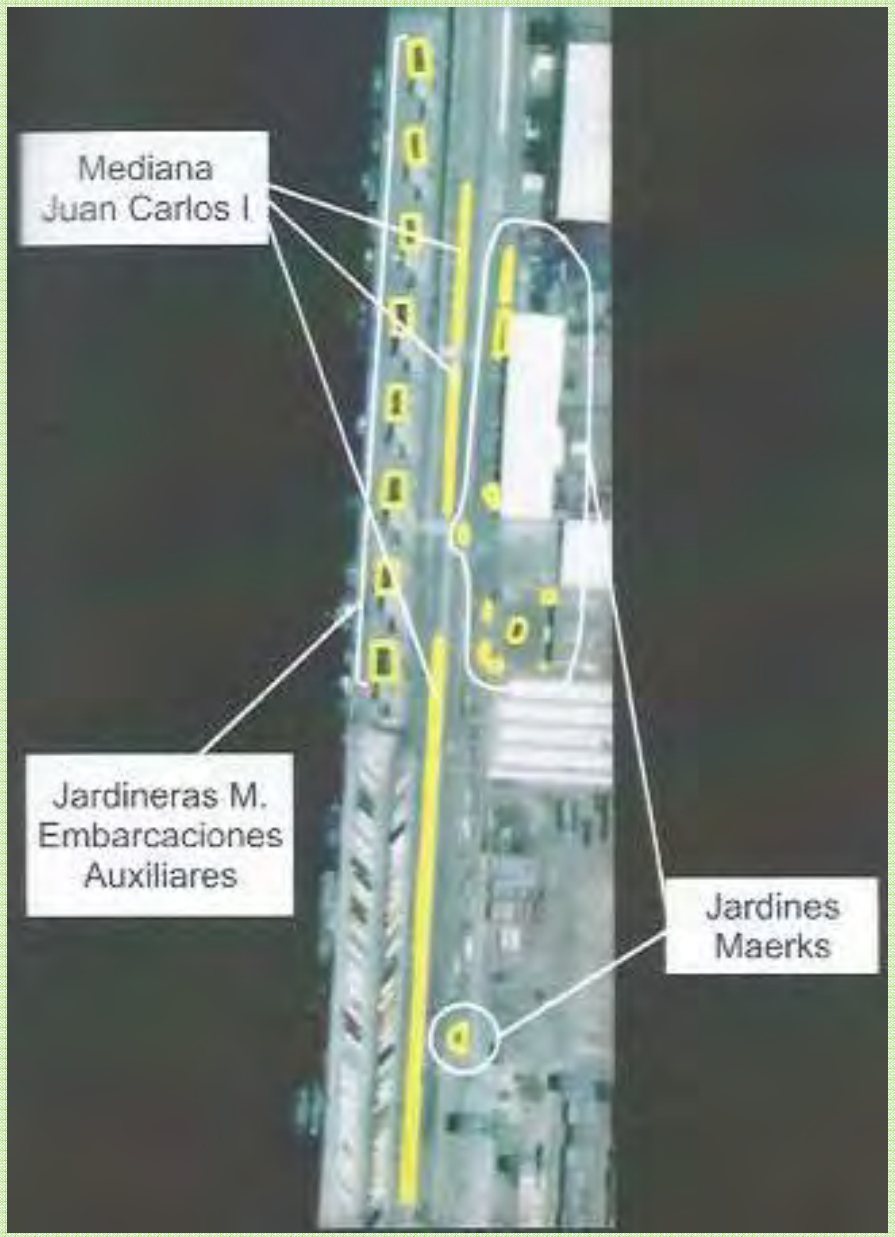
Enlosado
Mediana
Hacienda
Lateral
Rectorado
Parque de la Conferencia
Comandancia
Autoridad portuaria
Gaytán Ayala y Parking

Zona Oasis

Mediana estación marítima
Rotondas
Parterres junto Control

Acceso
norte

Entrada
Hispanidad
Escuela de
Formación
Acceso sur
Cristina
Control
acceso sur
Monumento
a la grúa
Puente


Mediana
Juan Carlos I
Jardineras M.
Embarcaciones
Auxiliares
Jardines
Maerks

SUMIDEROS NATURALES DE CARBONO

INCREMENTO SUMIDERO:

245 %

CAPACIDAD DE SECUESTRO ACTUAL DEL S.V. del PUERTO en

27 unidades verdes (**6,4 ha**):

7,6 tn / año

CAPACIDAD DE SECUESTRO TRAS PLANTACIONES DISEÑADAS:

+ 989 árboles

+ 6.546 m² arbustos:

18,7 tn / año

OTROS BENEFICIOS:

Mejora microclimática, mejora estética, potenciación de espacios de convivencia, aumento de la abundancia de avifauna

Evaluación de un sistema verde como Sumidero Natural de Carbono

1- IDENTIFICACIÓN DE UNIDADES VERDES de gestión pública

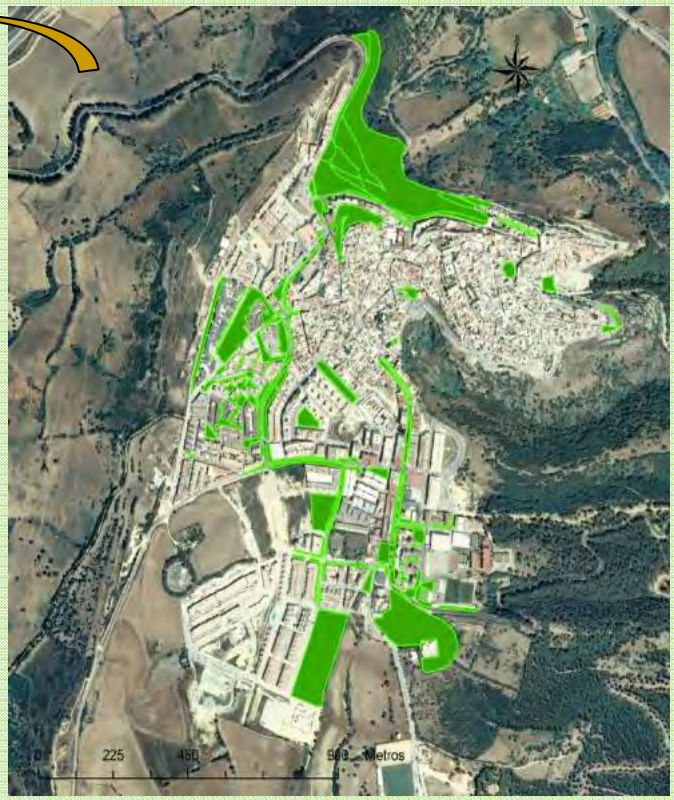
(calles, avenidas, plazas, parques, recintos públicos….)

Evaluación de un sistema verde como Sumidero Natural de Carbono

2- CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES:

Composición de especies presentes, biometría

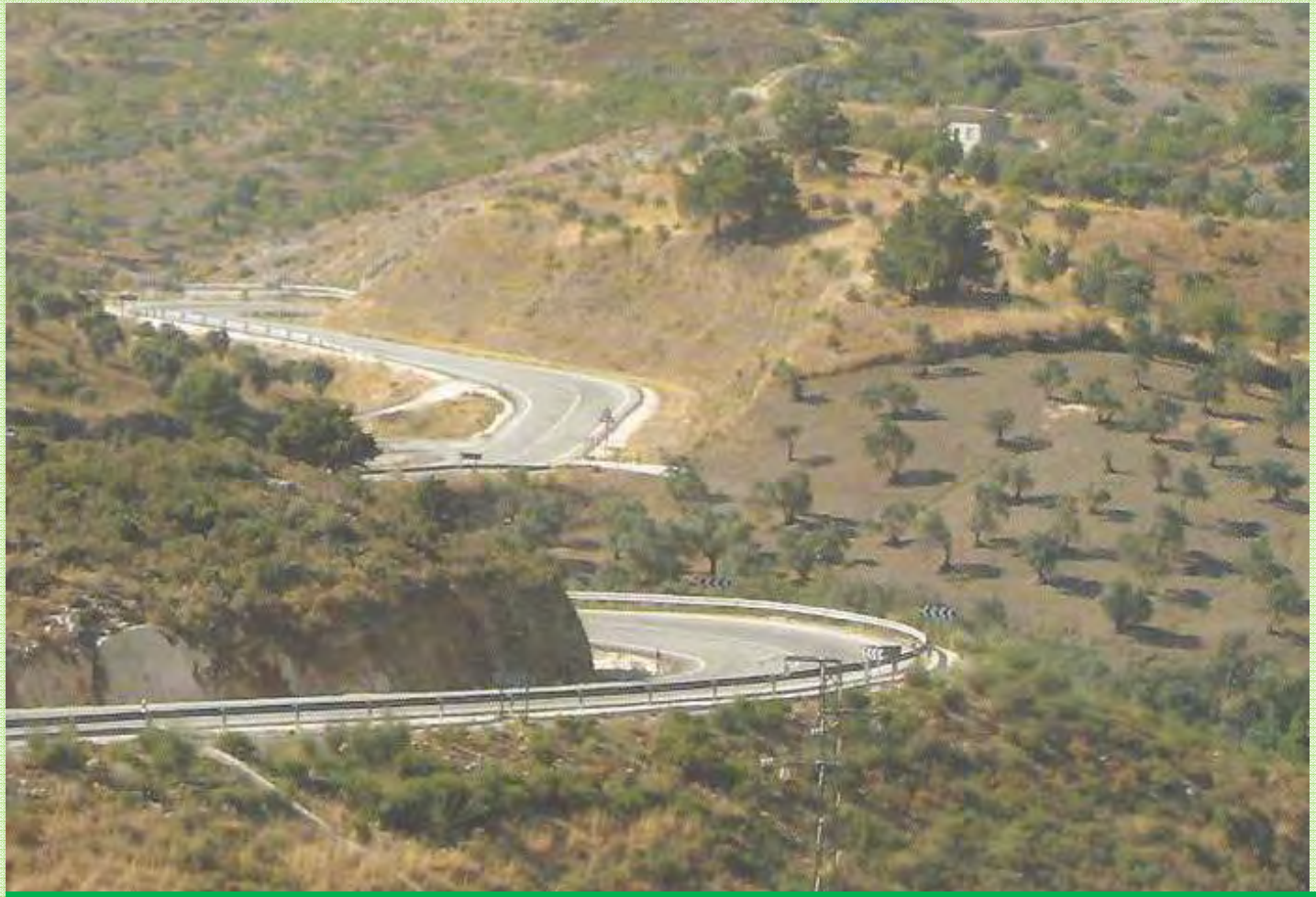
S.I.G.



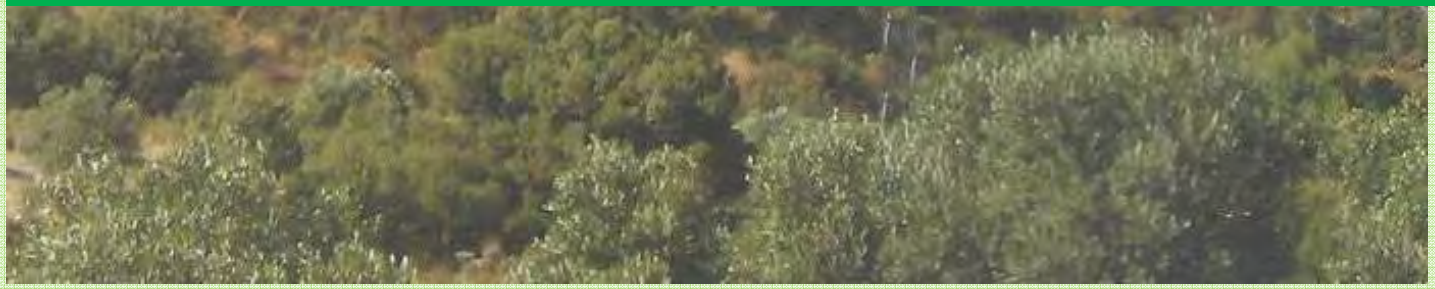
Árboles	Tamaños	Ud.
Arecastrum romanzoffianum	2-3 m	2
Ficus elastica	2-3 m	16
Ficus microcarpa	2-3 m	27
Phoenix canariensis	4-5 m	2

Secuestro total anual del sistema verde urbano de Ogíjares (Granada)

Secuestro total anual del sistema verde urbano de Punta Umbría (Huelva)



Las carreteras ante el Cambio Climático



- Las carreteras en el territorio
- Las carreteras en los ecosistemas
- Las carreteras en el paisaje
- Las carreteras en la sociedad
- Las carreteras en la economía

El 60% de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) provienen de fuentes difusas a nivel global, siendo la circulación de automóviles la fuente principal. Si en Andalucía, el 58,6% de la contribución al Cambio Climático tiene que ver con la movilidad, especialmente por carretera, debemos estudiar como reducir dicha contribución

Las vías de circulación, a través de su vegetación acompañante, son un sumidero de dióxido de carbono.

¿Podríamos generar carreteras en Andalucía con un balance cero de dióxido de carbono?