



# Re\_naturar las ciudades mediante el empleo de la hidroponía: Jardines Verticales

María del Carmen Salas Sanjuán  
Dpto. Producción Vegetal  
Universidad de Almería

[csalas@ual.es](mailto:csalas@ual.es)



Re\_naturar

Retos \_ Desafíos

Herramientas disponibles

Beneficios

Consideraciones\_Dificultades

## Retos \_ Desafíos



¿Por qué re\_naturar las ciudades?



7.000 millones  
personas

**UE 75% población vive en zonas urbanas**

**25% del territorio es suelo urbano**

(Agencia Europea del Medio Amb., 2006)

Europa **duplicará la superficie urbanizada** en menos de 100 años.

## Retos \_ Desafíos



¿Por qué re\_naturar las ciudades?

España se configura claramente como un país urbano



**En 2006:**

36 millones de personas ocupan unos 100 000 Km<sup>2</sup>

20% superficie total del país \_\_\_ más del 80% de la población

(Atlas Estadístico de las Áreas Urbanas de España)  
Ministerio de la Vivienda.

## Retos \_ Desafíos



¿Por qué re\_naturalizar las ciudades?

Aumento de las **emisiones contaminantes** causado por el tráfico, industria y consumo doméstico, con claras consecuencias en el clima de las ciudades.

**Contaminación ambiental ...**

**Partículas en suspensión**

**Sustancias:** CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>; NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>.

**Ruidos**



..... **incremento de la temperatura**

## Retos \_ Desafíos

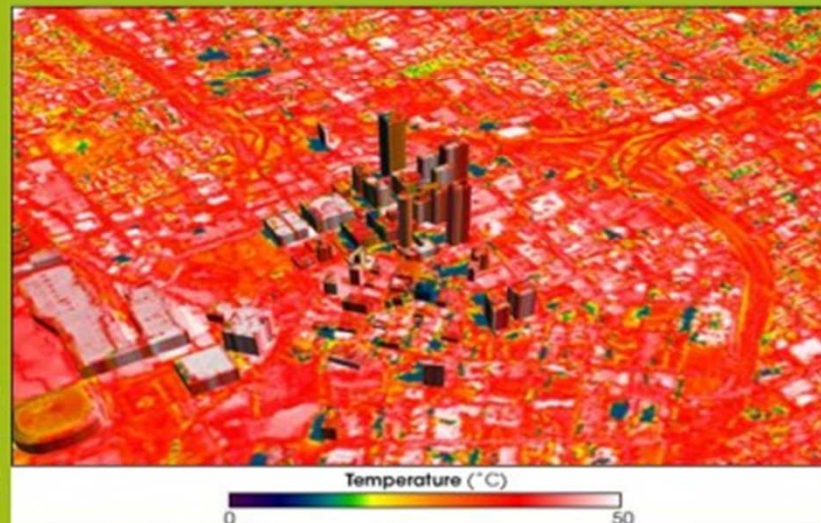
¿Por qué re\_naturar las ciudades?

... incremento de la temperatura

Temperatura del aire en áreas urbanas  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  > zonas  
periurbanas y rurales.

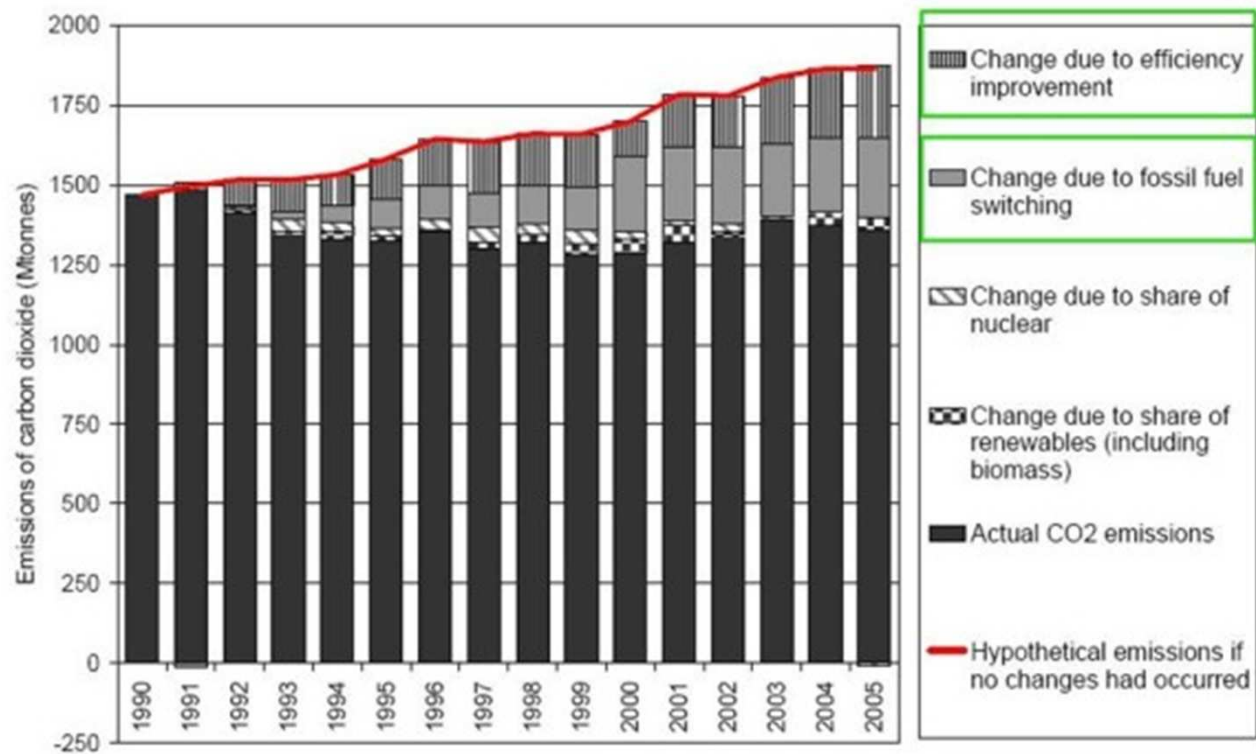
(U.S. Environmental Protection Agency)

Temp. Aire  $26.7^{\circ}\text{C}$   
Temp. diferentes  
superficies  $47.8^{\circ}\text{C}$



May, 1997, NASA Atlanta, Georgia





Estimated impact of different factors on the reduction in emissions of CO<sub>2</sub> from public electricity and heat production between 1990 and 2005 (EU-27).  
(CO<sub>2</sub> European Environmental Agency, 2010)

Retos \_ Desafíos



¿Por qué re\_naturar las ciudades?

¿Como podemos contribuir a disminuir la temperatura, la contaminación, ... en las ciudades?

Son numerosas las estrategias

Re\_naturar





## ¿Por qué re\_naturar las ciudades?

### Efecto refrigerante

#### **1\_sombreamiento**

La sombra emitida por un revestimiento sobre las superficies del edificio reduce el calentamiento de los mismos

#### **2\_absorción de radiación solar**

La radiación solar es utilizada por la planta en sus procesos metabólicos y no se emite ni hacia el interior del edificio ni hacia el exterior

#### **3\_aislamiento**

La masa vegetal puede ser más o menos tupida generando cámaras de aire en su interior

#### **4\_evapotranspiración**

Las plantas están diseñadas para ser intercambiadores de calor "naturalmente inteligentes"

#### **5\_fijación de CO<sub>2</sub>**

La fijación de CO<sub>2</sub> en los procesos metabólicos de las plantas contribuye a la reducción del calentamiento global

#### 4\_evapotranspiración

Las plantas están diseñadas para ser intercambiadores de calor  
"naturalmente inteligentes"

Cada litro de agua  
evapotranspirada por un  
grupo de plantas,  
requiere 2,45 MJ

(Allen et al., 2005).

Equivale a la producción  
de 585,5 frigorías o  
0,68kWh.



[www.grinea.com](http://www.grinea.com)

## 5\_fijación de CO<sub>2</sub>

La fijación de CO<sub>2</sub> en los procesos metabólicos de las plantas contribuye a la reducción del calentamiento global

¿Por qué re\_naturar las ciudades?

**Tabla 1.** Asimilación mensual bruta (kg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> mes<sup>-1</sup>) por una planta C3 (asimilación foliar máxima 40 kg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>).

LAT		E	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D	Md
30°	D	454	549	659	768	839	869	858	804	708	591	481	429	667
	C	175	219	271	324	357	371	366	341	295	239	187	163	276
40°	D	333	445	586	737	843	892	873	788	652	497	364	304	610
	C	120	169	233	304	354	377	368	329	264	193	133	107	246

Fuente: Heemst (1986)

**Tabla 2.** Asimilación mensual bruta (kg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> mes<sup>-1</sup>) por una planta C4 (asimilación foliar máxima 70 kg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>).

LAT		E	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D	Md
30°	D	577	707	860	1011	1109	1149	1134	1060	927	765	613	542	871
	C	182	229	287	345	381	396	391	363	313	251	195	170	292
40°	D	410	562	755	962	1108	1175	1150	1033	845	633	452	372	788
	C	123	176	245	322	377	402	392	349	278	201	138	110	259

Fuente: Heemst (1986)







40-70 kg CO<sub>2</sub>  
ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>

4-7 g m<sup>-2</sup>



## Retos \_ Desafíos

¿Por qué re\_naturalizar las ciudades?

Listado de Vehículos por Emisiones		
Consumo (l/100km)	Emisiones (gCO <sub>2</sub> /km)	Clasificación
8,5	199	 E
8,6	200	 D
8,6	200	 D
8,5	198	 D
8,5	198	 D
9,6	224	 E
4,5	118	 A
4,5	119	 A
5,3	140	 B
4,5	120	 A

IDAE (Instituto para la diversificación y ahorro de energía).

**Viaje 30 km : 3-9 kg CO<sub>2</sub>**

## Retos \_ Desafíos



¿Por qué re\_naturar las ciudades?



40-70 kg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>

4-7 g m<sup>-2</sup>

Viaje 30 km : 3-9 kg CO<sub>2</sub>

500-2500 m<sup>2</sup>

# Re\_naturar

Retos \_ Desafíos

Herramientas disponibles

Beneficios de la jardinería vertical  
y terrazas ecológicas

Consideraciones\_Dificultades

# Herramientas para **Re\_natural** las ciudades



**Estrategias tradicionales** para la introducción de **elementos vegetales** en la arquitectura

Edificios tapizados de plantas trepadoras  
hiedra



Formas de vernacular: corredores separados de patios o jardines centrales con macetas colgantes de helechos u otras especies

## Herramientas para **Re\_natural** las ciudades

Estrategias **contemporáneas** de **sombreamiento**, **aumento de la humedad ambiental** y **aislamiento térmico**:

### Re\_natural edificios

Revestimiento vegetal de cubiertas:

**Cubiertas ajardinadas**

Revestimiento vegetal de fachadas:

**Jardines verticales\_fachadas vegetales**

### Re\_natural vías verdes





# Re\_naturar

Retos \_ Desafíos

Herramientas disponibles

Beneficios de la jardinería vertical  
y terrazas ecológicas

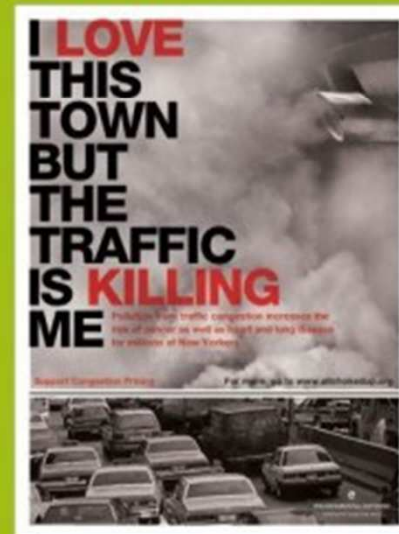
Consideraciones\_Dificultades

## Beneficios de la jardinería vertical y terrazas ecológicas



1. Variaciones de temperatura
2. Reflexión de la luz
3. Disminución de emisiones de polvo
4. Manejo de aguas pluviales
5. Reducción de emisiones de sonido
6. Biodiversidad
7. Otros
  - Eficiencia de energía
  - Costos de ciclo de Vida
  - Otros

Cambios en las propiedades térmicas de los materiales y la falta de evapotranspiración en las áreas urbanas provocan un fenómeno conocido como el **efecto isla de calor**



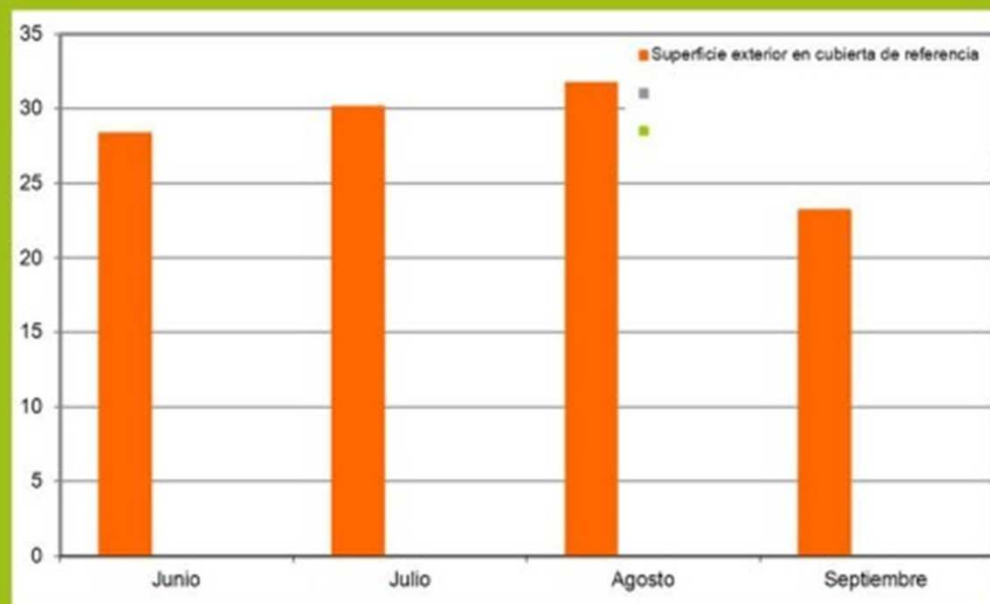
## Beneficios de la jardinería vertical y terrazas ecológicas



Superficie horizontales con vegetación



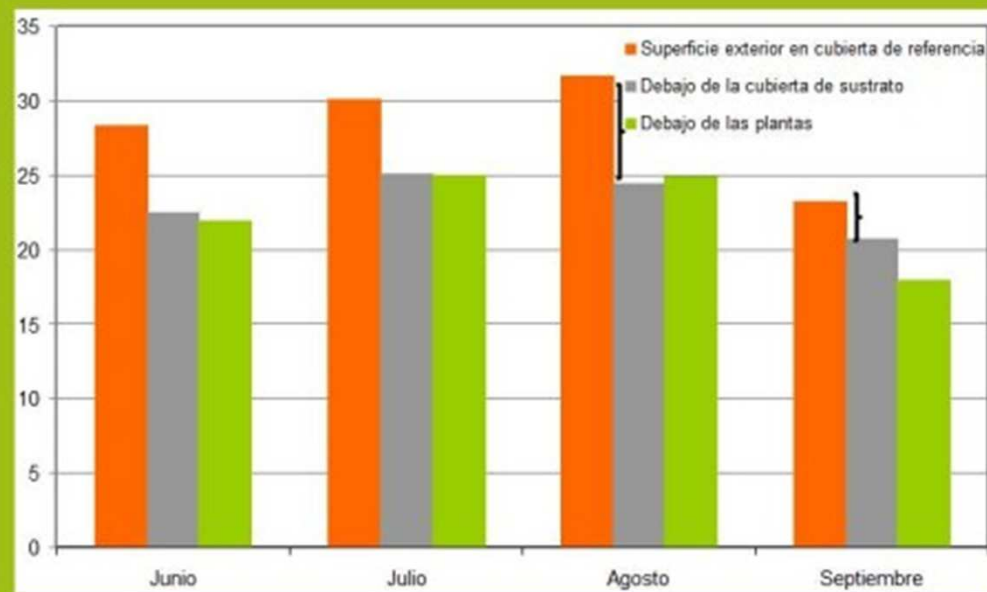
## Superficie horizontales con vegetación



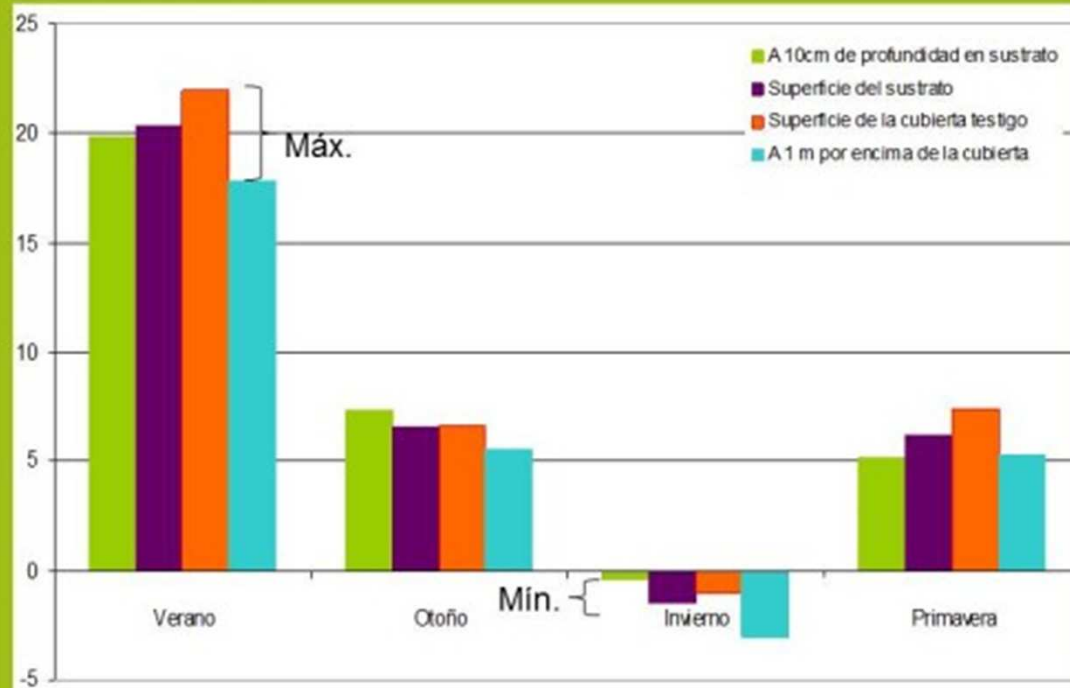
Temperatura media mensual en la superficie exterior de una cubierta de referencia localizada en un clima mediterráneo en Marche (Italia).

Fuente: Fioretti et al., 2010

## Superficie horizontales con vegetación



Temperatura media mensual en la superficie exterior de una cubierta de referencia: bajo la capa de sustrato, bajo el follaje de las plantas y la media de la temperatura del bulbo seco en la cubierta ecológica localizada en un clima mediterráneo en Marche (Italia). Fuente: Fioretti et al., 2010



Temperatura media (°C) por estaciones en distintos puntos de una cubierta ecológica.

Fuente: Teemusk y Mander, 2009.

## Beneficios de la jardinería vertical y terrazas ecológicas

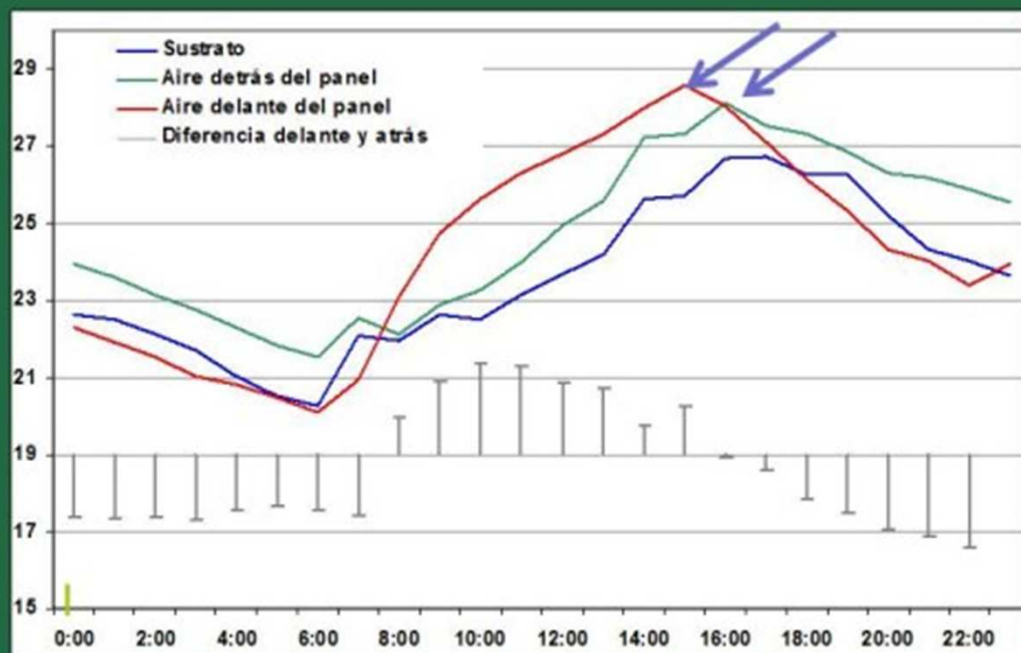


### Superficie verticales con vegetación

están mas frías que con ladrillos, paredes y superficies oscuras.

Reducción de 2,6°C detrás de paneles de plantas (Ola, 1989).





Salas et al., 2010

19 septiembre 2010

Almería Lat.36,77 Long. -2,6

GMT+1. Hora de verano menos una (no sumado el cambio horario)

T min 20,6°C 0:13hs

Tmax 32,0°C 13:34hs

Rad. Solar 20,7 MJ m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>

ET<sub>0</sub> 4,89 mm día<sup>-1</sup>



## Evaluación térmica de un sistema de jardinería vertical para su uso en arquitectura bioclimática

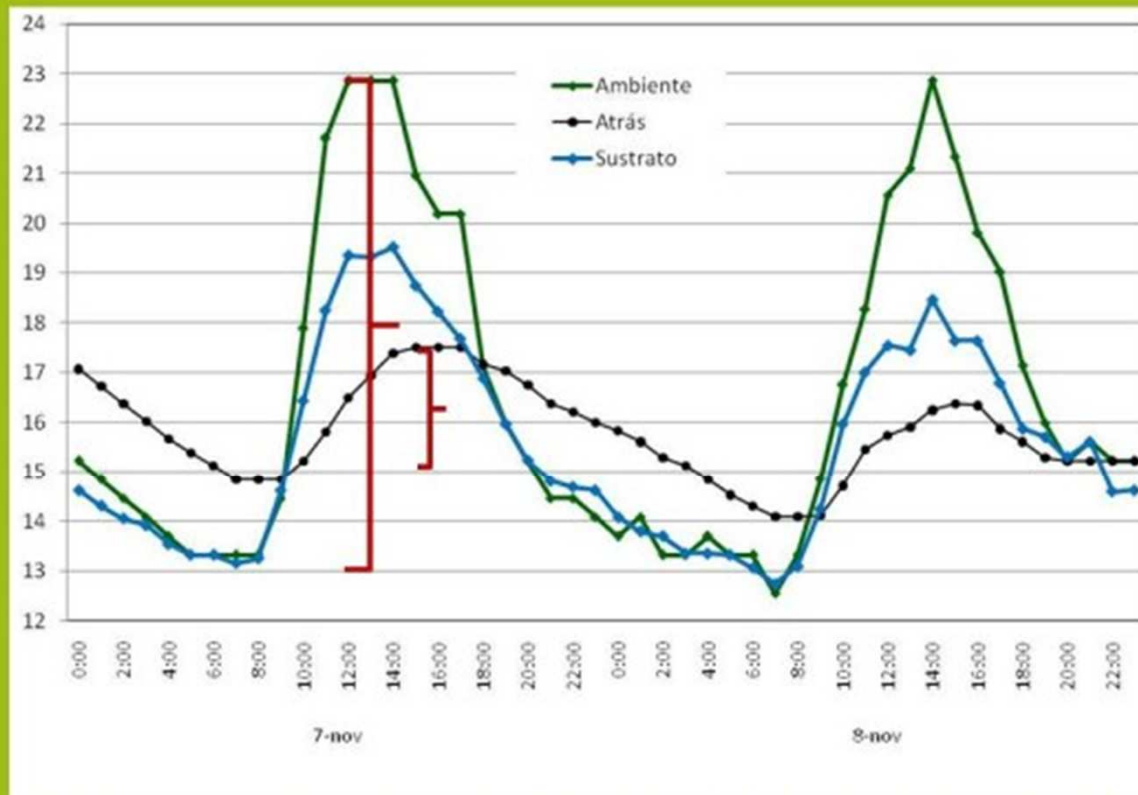
Jardín vertical colocado sobre una fachada exterior desnuda orientada a NO (Almería)

**Noviembre hasta final de abril de 2011**

-Comportamiento térmico de un **sistema de jardinería vertical modular (Grinea©) con recirculación** de la solución nutritiva, mediante la caracterización del contenido en humedad del sustrato en vertical (**sensores ECH2O-5**), y la **temperatura** en el sustrato, ambiente y detrás.



Salas et al., 2010



Temperatura media (°C) horaria registrada en el sustrato, ambiente y detrás del sistema de jardinería vertical Grinea© instalado en una fachada desnuda al aire libre.

Registro de 2 días ensayo.

Montero et al. (2011)

### Evaluación térmica de un sistema de jardinería vertical para su uso en arquitectura bioclimática

Temperaturas medias según localización con respecto al sistema de jardinería vertical **Grinea**® instalado en una fachada desnuda al aire libre. DE Desviación estándar. Letras iguales indican que no existen diferencias al  $p \leq 0,05$ .

		Ambiente	Atrás	Sustrato
Temperatura (°C)	Media	15,20	13,33	12,12
	DS	1,26	1,94	2,63
		a	ab	b
	Máxima	22,41	15,92	16,08
	DS	0,66	1,01	2,56
		a	b	b
	Mínima	9,91	11,01	9,31
	DS	3,23	2,70	2,82
		a	a	a
Correlación <sup>1</sup>			0,8694	0,8757

<sup>1</sup>Correlaciones entre la temperatura del ambiente y parte de atrás, y temperatura del aire y sustrato. Todas son significativas para  $p \leq 0,05$ .

Montero et al. (2011)



## Efecto refrigerante del sistema

(calculado según Cheng et al., 2010)

Correlación entre la temperatura del aire en las proximidades del jardín, y la temperatura y contenido en humedad del sustrato.

Correlación significativa  
( $R^2 = 87,14\%$ ,  $p \leq 0,05$ ).

$$T \text{ media aire } (^{\circ}\text{C}) = 8,34 + 0,88 T \text{ media sustrato } (^{\circ}\text{C}) - 0,08 H \text{ media sustrato } (\% \text{ v/v})$$

Montero et al. (2011)

## Conclusiones

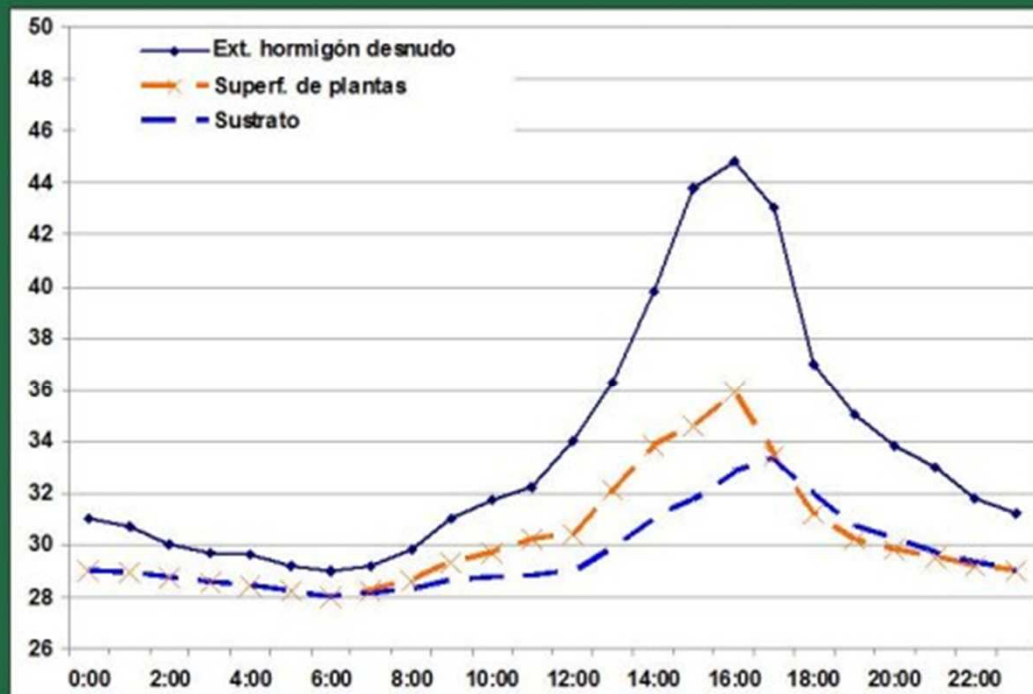
Cubrir de plantas la fachada no solo contribuye a reducir la temperatura en la parte posterior del sistema sino que mejora el confort térmico en las proximidades de la fachada.

A su vez existe una correlación directa entre el grado de humedad del sustrato y el efecto refrigerante del sistema.

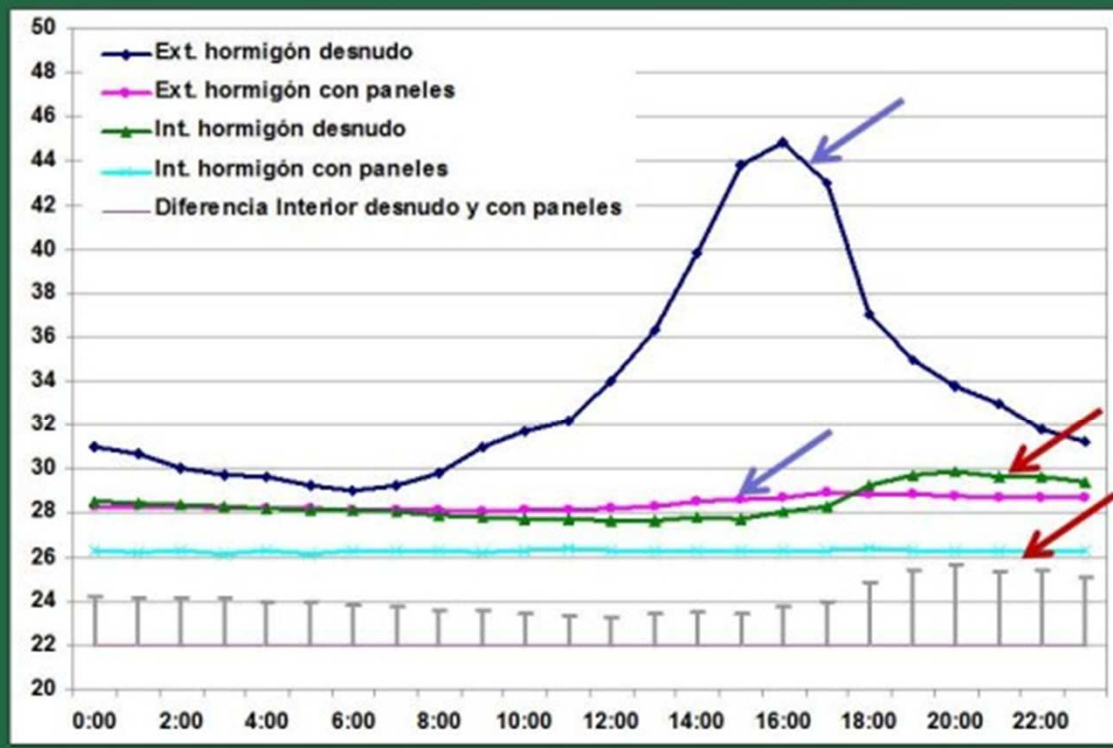
*Las fachadas vegetales contribuyen a mejorar el confort térmico tanto en el interior de los edificios como en el ambiente más próximo.*



Cheng et al., 2010



Adaptado y modificado de Cheng et al., 2010



Adaptado y modificado de Cheng et al., 2010



# Re\_naturar

Retos \_ Desafíos

Herramientas disponibles

Beneficios de la jardinería vertical  
y terrazas ecológicas

Consideraciones\_Dificultades

## Consideraciones\_Dificultades



- o Falta de **formación técnica** para construirlos y mantenerlos,
- o **Datos que cuantifiquen los beneficios** que suponen y que justifiquen la inversión,
- o Elevado **coste de instalación**,...



## VIABILIDAD DEL SISTEMA EN EL TIEMPO



Adecuación del **diseño constructivo** a la demanda climática:

**tipo y volumen de sustrato, diseño del sistema de riego, incorporación de fertirriego, optimización del uso del riego por medio de la recogida y recirculación de drenajes, reutilización de fuentes de agua alternativas, etc.**

Adecuación del **diseño agronómico y**

**medioambiental** del espacio vegetal a las condiciones del clima basado en un uso sostenible del agua por la superficie vegetal.

## Consideraciones\_Dificultades



Cultivo sin suelo  
cultivo hidropónico-cultivo sin tierra-  
aeropónico

Métodos o sistemas que hacen crecer las  
plantas fuera de su **ambiente natural:**  
**el suelo**



## Consideraciones



Adecuación del **diseño constructivo** al clima que aseguren la viabilidad en el tiempo: **SUSTRATO**



1. Volumen disponible.

2. Características del sustrato: físicas, físico-químicas y químicas, biológicas.

3. Envejecimiento.

## Propiedades óptimas de los sustratos utilizados en hidroponía

PROPIEDADES FÍSICAS

PROPIEDADES  
QUÍMICAS

Abad et al. (1993)

Peso: Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>)  
Capacidad de aireación (%vol)  
Agua total disponible (%vol.)  
Capacidad de retener agua: mL agua/L sustrato  
Mojabilidad (t)  
Contracción en volumen (%)  
Otras...

*Cambio de las propiedades tiempo*



Sistema desarrollado por Patrick  
Blanc Caixa Forum. Madrid



Manta de fibra sintética (5mm)

470g m-2

5L m-2



Contracción en volumen (%)



### ***Musgo Sphagnum\_Turba***

- *Retención de agua hasta un 2.000%.*
- *Con un 37% de aire.*

pH4 de acidez que potencia un efecto antibacteriano y reduce al mínimo el uso de fertilizantes.

- Módulo base de 36X36 cm. Módulo doble de 36X72 cm.
- Grosor de 15 cm para exteriores (150L/m<sup>2</sup>)-10 cm. para interiores. 5-7kg/m<sup>2</sup>





Lana de roca



Sistema Grinea

Densidad Aparente (g cm-3)	Espacio Poroso Total (%)	Capacidad de aireación (%)	Agua total disponi- ble (%)	Capacidad de retención de agua (mL/L)	Mojabilidad (min)	Contracción (%vol)	CIC (me 100g- 1)	Materia orgánica total (%)	Relación C/N	pH
0,068	97,4	35,9	59,1	818	0,11	-	0	0	-	7- 8,5



## Alternativas a desarrollar en condiciones de aridez

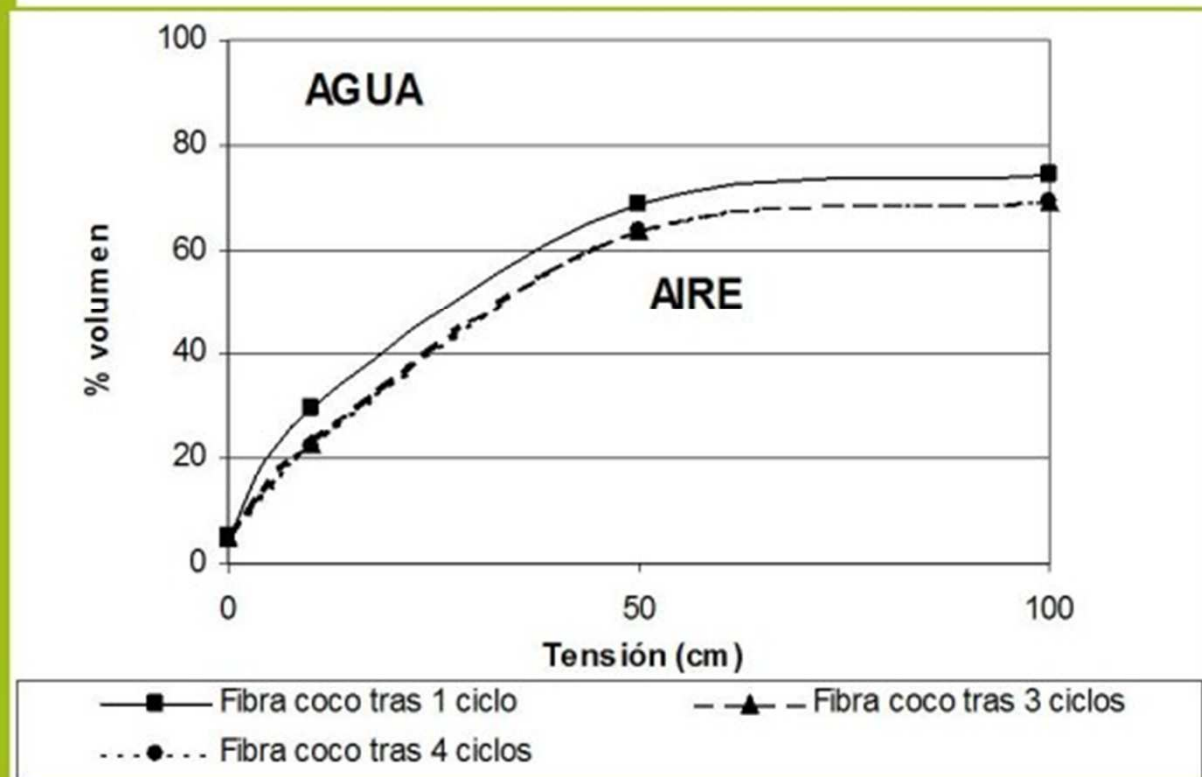
Adecuación del **diseño constructivo** al clima que aseguren la viabilidad en el tiempo: **evolución de las propiedades en el tiempo (retención agua, contracción en volumen, pérdida de volumen)**

### Sustrato orgánico



### Evolución de las propiedades de los sustratos con el tiempo

Evolución de las curvas retención de agua de fibra de coco con el uso en varios ciclos de cultivo (Muro et al., 2004)



## Alternativas a desarrollar en condiciones de aridez



Adecuación del **diseño constructivo** al clima que aseguren la viabilidad en el tiempo: **SUSTRATO**



1. Volumen disponible.

2. Características del sustrato: físicas, físico-químicas y químicas, biológicas.

3. Envejecimiento.

**Salinidad\_Acidez\_C.I.C.**

## Propiedades óptimas de los sustratos utilizados en hidroponía

Características del sustrato: **físicas, físico-químicas y químicas, biológicas**

PROPIEDADES QUÍMICAS

Abad et al. (1993)



C.I.C. FERTIRRIGACIÓN!!!!!!!



Contracción en volumen (%)

Musgo Sphagnum\_Turba

- Retención de agua hasta un 2.000%.
- Con un 37% de aire

*pH 4 de acidez que potencia un efecto antibacteriano y reduce al mínimo el uso de fertilizantes.*



<b>Acantaceae</b>	Acanthus, Aphelandra, Beloperone, Crossandra, Fittonia, Hypoestes, Jacobinia, Pachystachys, Thunbergia	6-6.5
<b>Agavaceae</b>	Cordyline, Dracaena	6.5-7
<b>Apocinaceae</b>	Catharanthus, Vinca	6.5-7
<b>Araceae</b>	Aglonema, Alocasia, Anthurium, Caladium, Diffenbachia, Epipremnum, Philodendron, Monstera, Spatiphyllum, Syngonium, Zathesdechia	6
<b>Araliaceae</b>	Brassaia, Dizygotheca, Fatshedera, Fatsia, Hedera, Polyscias, Schefflera	6-7
<b>Asclepiadaceae</b>	Ceropegia, Hoya, Stephanotis	6-7
<b>Asteraceae</b>	Ageratum, Asteraceas, Asteriscus, Brachyscome, Centaurea, Cosmos, Gaillardia, Gazania, Rudbeckia, Tagetes, Caléndula, Callistephus, Chrysanthemum, Dhalia, Gerbera, Gynura, Ligularia, Senecio	6.5
<b>Bignoniaceae</b>	Pyrostegia, Tecomaria	6-7
<b>Bromeliaceae</b>	Aechmea, Ananas, Cryptanthus, Neoregelia, Nidularium, Guzmania	4.5-5.5
<b>Campanulaceae</b>	Campanula, Canarina, Platycodon	6-7
<b>Commelinaceae</b>	Callisia, Cyanotis, Dichorisandra, Geogenanthus, Campelia, Setcreasea, Tradescantia, Zebrina, Rhoeo	6-7
<b>Ericaceae</b>	Erica, Rhododendron, Vaccinium, Arbutus	4-5.5
<b>Escrofulariaceae</b>	Calceolaria, Buddleia, Hebe, Mimulus, Nemesia, Russelia, Torenia	6.5

# Alternativas a desarrollar en condiciones de aridez



Optimización del uso del riego por medio de la **recogida  
y recirculación de drenajes**





## Alternativas a desarrollar en condiciones de aridez



Optimización del uso del riego por medio de la **recogida  
y recirculación de drenajes**



*Sistema Grinea* con recirculación de la solución nutritiva  
Fundación Pons. Madrid

## Alternativas a desarrollar en condiciones de aridez



Adecuación del **diseño constructivo** al clima que aseguren la viabilidad en el tiempo: **recirculación de drenajes y/o empleo de aguas de mala calidad**

### CE: Calidad del agua\_Salinidad

Niveles de referencia recomendados a aportar por los fertilizantes a la CE (dS m<sup>-1</sup>) de la disolución de fertirrigación final en función de la del agua de riego disponible (Salas et al., 2004)

Agua de riego	0,0-0,5	0,5-1,0	1,0-2,5	2,5-3,5	>3,5 (No recomendado)
Disolución de fertirrigación	1,7-2,2	2,0-2,5	2,2-2,8	2,8-3,8	4,2-4,5

% Volumen drenaje



**TOLERANCIA DE ALGUNAS ESPECIES ORNAMENTALES A LA SALINIDAD DEL AGUA DE RIEGO: CE MÁXIMA COMPATIBLE CON UN DESARROLLO NORMAL DE LA PLANTA**

	Especie	CE (dS/m a 25 °C)
<i>Plantas con muy alta tolerancia a la salinidad:</i>		
ARAUCARIA	<i>Araucaria heterophylla</i>	10,0
BUGAINVILLEA	<i>Bougainvillea spectabilis</i>	10,0
CALLISTEMON	<i>Callistemon citrinus</i>	10,0
CORDYLINE	<i>Cordyline indivisa</i>	12,0
FESTUCA	<i>Festuca ovina</i>	12,0
FICUS	<i>Ficus microcarpa</i>	10,0
RETAMA	<i>Spartium junceum</i>	12,0
YUCA	<i>Yucca aloëfolia</i>	12,0
<i>Plantas con tolerancia moderada a la salinidad:</i>		
AGAPANTO	<i>Agapanthus umbellatus</i>	5,0
ESPARRAGUERA	<i>Asparagus densiflorus</i>	6,0
BOJ	<i>Buxus microphylla</i>	5,0
CIPRÉS ARZONICA	<i>Cupressus arizonica</i>	4,0
CIPRÉS PIRAMIDAL	<i>Cupressus sempervirens</i>	4,0
HIBISCO	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	8,0
JUNÍPERUS	<i>Juniperus chinensis</i>	6,0
ALIGUSTRE	<i>Ligustrum japonicum</i>	4,0
ADELFA	<i>Nerium oleander</i>	6,0
LIRIOPE	<i>Ophiopogon japonicus</i>	6,0
FILODENDRO	<i>Philodendron sellowianum</i>	5,0
RAFILOLEPIS	<i>Raphirolepis indica</i>	5,0
<i>Plantas sensibles a la salinidad:</i>		
MADROÑO	<i>Arbutus unedo</i>	3,0
CEDRO DEODARA	<i>Cedrus deodora</i>	3,0
CLIVIA	<i>Clivia miniata</i>	3,0
EVONIMUS	<i>Evonymus japonicus</i>	3,0
FICUS	<i>Ficus benjamina</i>	3,0
FORSITIA	<i>Forsythia x intermedia</i>	3,0
LANTANA	<i>Lantana camara</i>	3,0
MAGNOLIO	<i>Magnolia grandiflora</i>	3,0
NANDINA	<i>Nandina domestica</i>	3,0
PIRACANTA	<i>Pyracantha koidzumii</i>	3,0
YUCA	<i>Yucca filamentosa</i>	3,0
<i>Plantas extremadamente sensibles a la salinidad:</i>		
ACANTO	<i>Acanthus mollis</i>	2,0
CEDRO	<i>Cedrus atlantica</i>	2,5
ACEBO	<i>Ilex cornuta</i>	2,0
PITOSPORO	<i>Pittosporum tobira</i>	2,5
FORNIO	<i>Phoradendron tenax</i>	2,0

**CE\_tolerancia de algunas especies ornamentales a la salinidad**

	Especie	Tolerancia	CE. umbral <sup>1)</sup>	CE. máxima <sup>2)</sup>
BUGAINVILLEA	<i>Bougainvillea spectabilis</i>	muy alta	> 8,0	> 10
CARISSA	<i>Carrisa grandiflora</i>	muy alta	> 8,0	> 10
ROMERO	<i>Rosmarinus tockwoodii</i>	alta	5,0	> 10
EVONIMUS	<i>Evonymus japonicus</i>	alta	7,5	> 10
DRACENA	<i>Dracaena indivisa</i>	alta	6,0	> 10
ADELFA	<i>Nerium oleander</i>	alta	4,5	> 15
CALLISTEMON	<i>Callistemon citrinus</i>	alta	4,0	> 15
JUNÍPERUS	<i>Juniperus chinensis</i>	moderada	4,0	12
PIRACANTA	<i>Pyracantha gruberi</i>	moderada	4,5	12
BOJ	<i>Buxus microphylla</i>	moderada	3,5	> 10
LANTANA	<i>Lantana camara</i>	moderada	3,5	11
ALIGUSTRE	<i>Ligustrum lucidum</i>	moderada	3,0	12
DURILLO	<i>Fibretum stenos</i>	baja	3,0	9
HIBISCO	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	baja	2,0	> 10
NANDINA	<i>Nandina domestica</i>	baja	2,5	9
PITOSPORO	<i>Pittosporum tobira</i>	baja	2,0	> 15
HIEDRA	<i>Hedera cuneata</i>	baja	2,0	5
ROSAS	<i>Rosa sp.</i>	muy baja	2,0	4
ACEBO	<i>Ilex cornuta</i>	muy baja	< 2,0	6
FEIJOA	<i>Feijoa sellowiana</i>	muy baja	2,0	4
TRAQUELOSPERMO	<i>Tachelospervum japonicoide</i>	muy baja	< 2,0	8

1) Actividad eléctrica del extracto saturado del sustrato expresada en dS/m a 25 °C que comienza a ser perjudicial para la planta.  
2) Actividad eléctrica del extracto saturado del sustrato expresada en dS/m a 25 °C que puede resultar mortal para la planta.

## Evaluación del comportamiento hídrico de un jardín vertical modular con recirculación

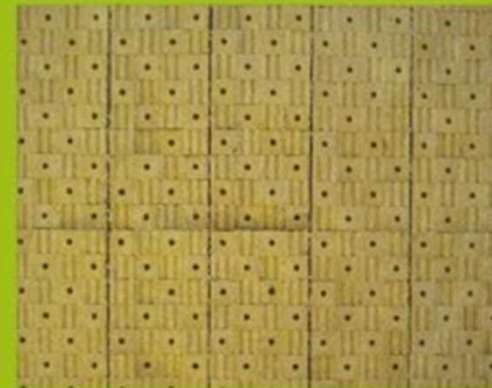
Para evitar pérdidas de agua desde el sistema se incorpora la **recirculación de la solución nutritiva** a un **sistemas de jardinería vertical** modular que contribuye a mejorar la eficiencia en el uso del agua y posibilite la implementación de los sistemas de jardinería vertical en zonas con escasez de agua.

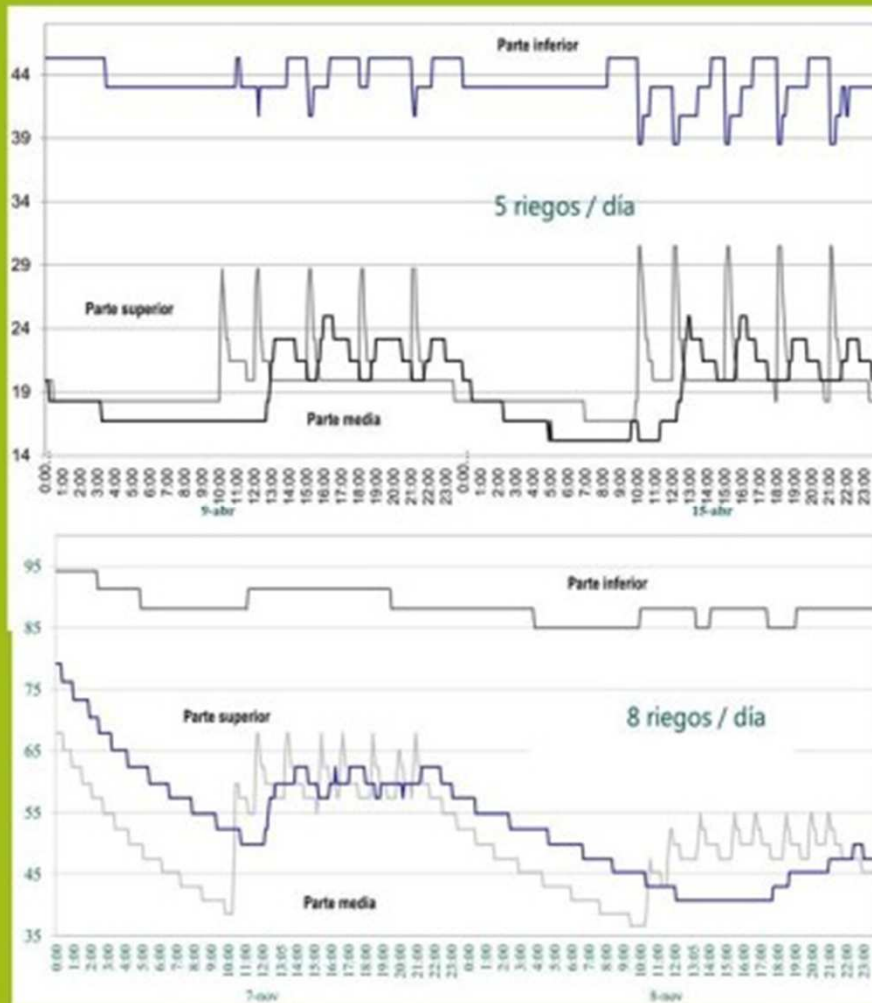


Comportamiento hídrico de un

de la solución nutritiva, mediante la caracterización del contenido en humedad del sustrato en vertical (sensores ECH2O-5), y el consumo hídrico del sistema sustrato-planta.

## Evaluación del comportamiento hídrico de un jardín vertical modular con recirculación





Humedad (%v/v) en el sustrato a diferentes alturas del jardín vertical en función de la frecuencia de riego. Ramal portagoteros en la parte superior del panel.



## Alternativas

Adecuación del **diseño constructivo** al clima que aseguren la viabilidad en el tiempo: **manejo adecuado del riego**



Reloj programable



Sensor de radiación



Sensores de humedad



# Re\_naturar las ciudades mediante el empleo de la hidroponía: Jardines Verticales

María del Carmen Salas Sanjuán  
Dpto. Producción Vegetal  
Universidad de Almería

[csalas@ual.es](mailto:csalas@ual.es)

