



IFAPA

# ACUMULADORES DE CALOR: UN MÉTODO PASIVO PARA MEJORAR EL MICROCLIMA DEL INVERNADERO MEDITERRÁNEO

Jornada sobre control de clima en el invernadero  
23 y 24 de febrero de 2016



Manuel E. Porras Sánchez  
IFAPA "La Mojonera"



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera  
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y DESARROLLO RURAL



# INTRODUCCIÓN

Dependencia mundial  
de productos hortícolas  
de invernadero



**INCREMENTO DE LA  
PRODUCCIÓN**



Intensificación

Aumento de las zonas  
de producción

# INTRODUCCIÓN



Invernaderos N. de Europa:  
Grado de sofisticación que  
asegura un microclima óptimo

Consumo energético  
muy elevado

# INTRODUCCIÓN



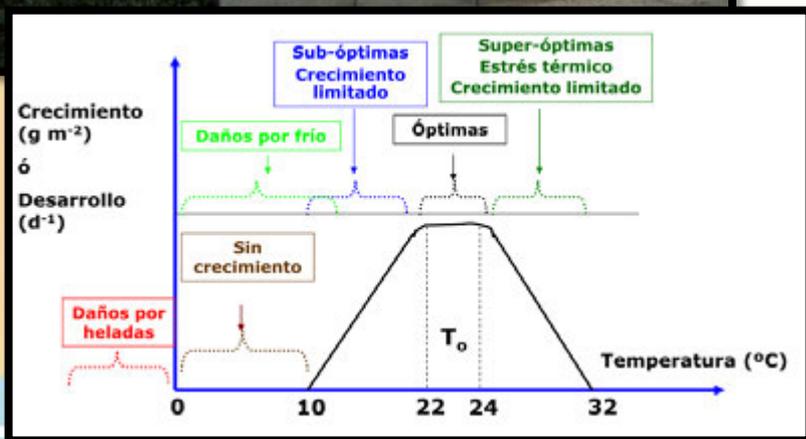
Invernaderos litoral mediterráneo español

Cubiertos con plásticos flexibles

Sin sistemas activos de climatización

En periodos fríos del año

Cultivo bajo condiciones climáticas fuera de rango óptimo



# INTRODUCCIÓN



Elevado consumo de energía  
fósil (precio al alza)

Consideraciones ambientales

Viabilidad económica de las  
pequeñas explotaciones  
familiares

López, 2003; Bartzanas et al., 2005

# INTRODUCCIÓN

## OTRAS SOLUCIONES TÉCNICAS



Elevado consumo de energía fósil (precio al alza)

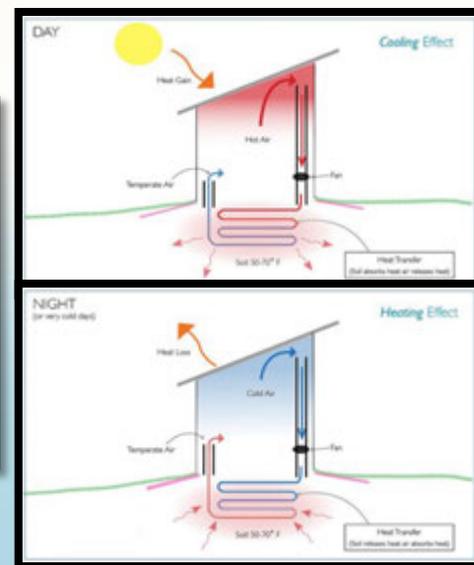
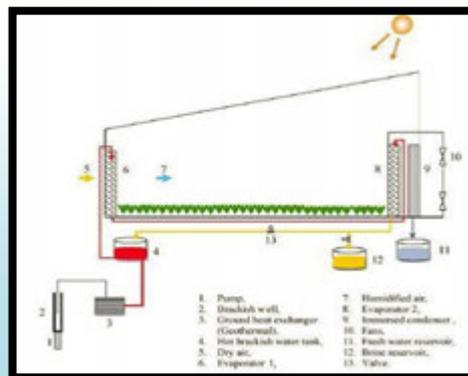
Consideraciones ambientales

Viabilidad económica de las pequeñas explotaciones familiares

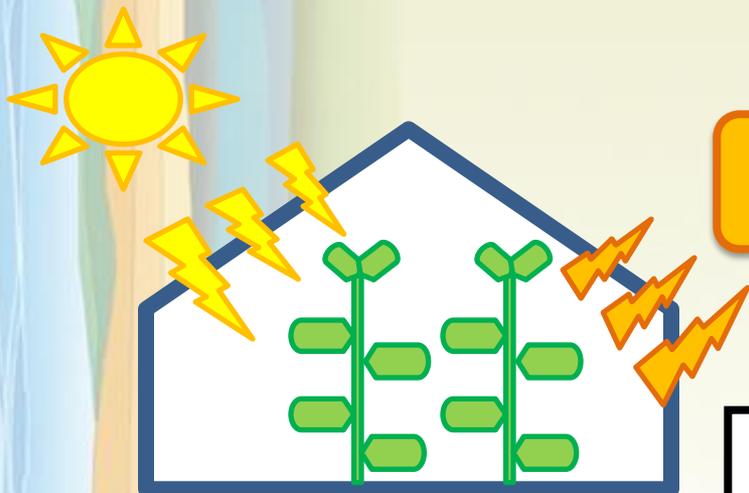
López, 2003; Bartzanas et al., 2005

**Menor gasto energético**  
**Mejora de condiciones térmicas e higrométricas invernales.**

**USO SISTEMAS PASIVOS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA**



# INTRODUCCIÓN

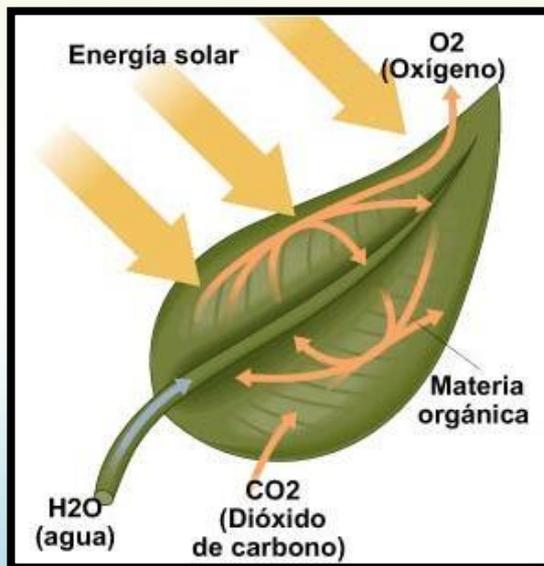


Garzolly y Shell (1984)

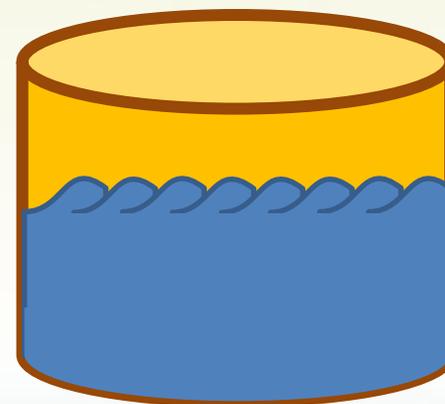
Colector solar

Las plantas usan una ínfima parte de esta energía en la fotosíntesis

Calor latente evacuado por ventilación



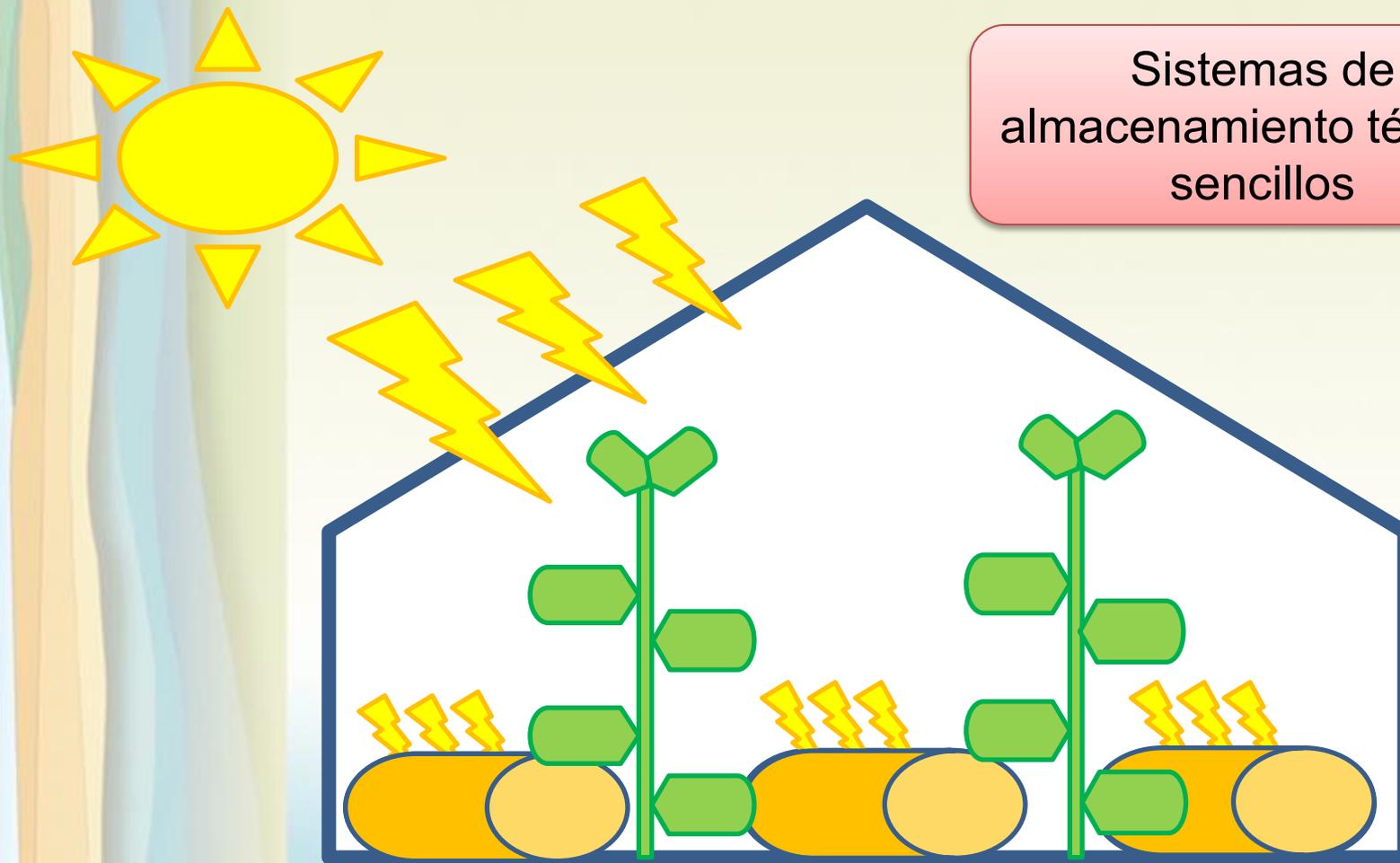
Almacenamiento a corto plazo



Inercia térmica

Bajo coste comparado con combustibles fósiles

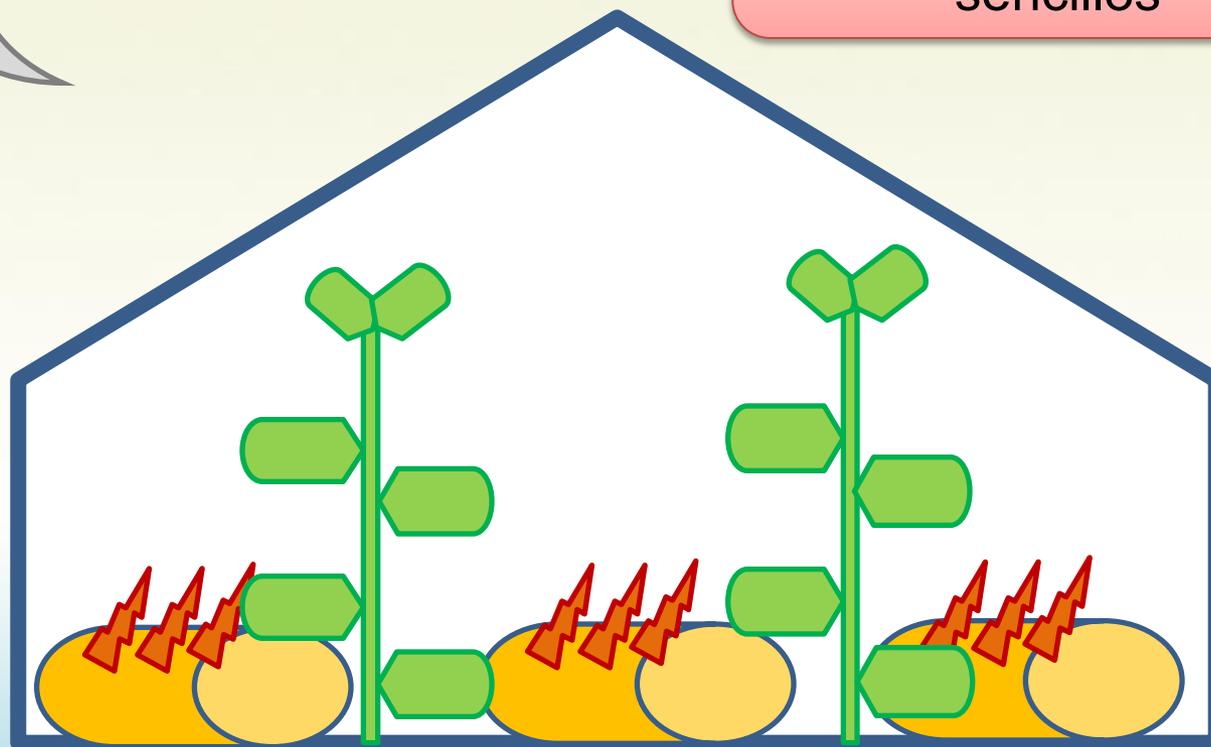
# INTRODUCCIÓN



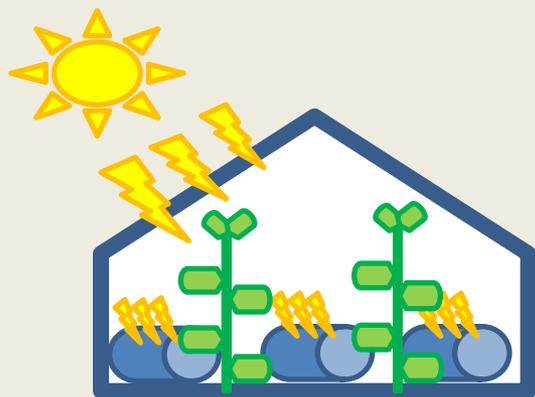
Sistemas de  
almacenamiento térmico  
sencillos

# INTRODUCCIÓN

Sistemas de  
almacenamiento térmico  
sencillos



# HIPÓTESIS Y OBJETIVO



¿Es posible mejorar las temperaturas medias en ciclos de invierno mediante sistemas de almacenamiento sencillos?



## OBJETIVO

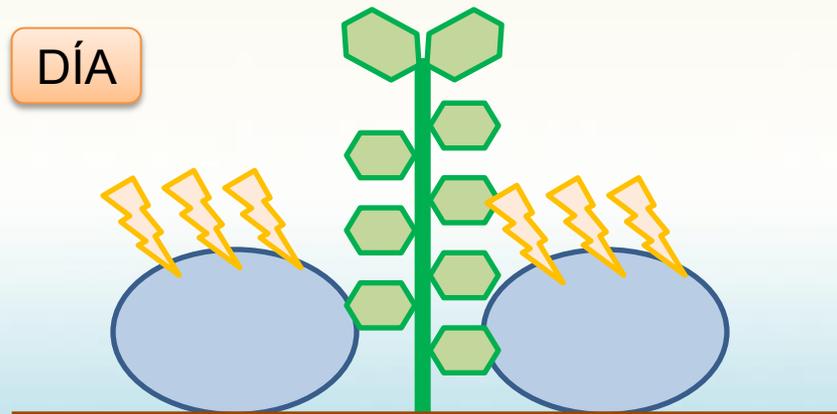
Mejorar el microclima en la época invernal en el interior de los invernaderos mediterráneos mediante un sistema de calefacción basado en el uso de acumuladores de calor sencillos

# HIPÓTESIS Y OBJETIVO



Mangas de polietileno (PE) con filtro para la absorción de radiación infrarroja cercana (NIR) llenas de agua y selladas en sus extremos

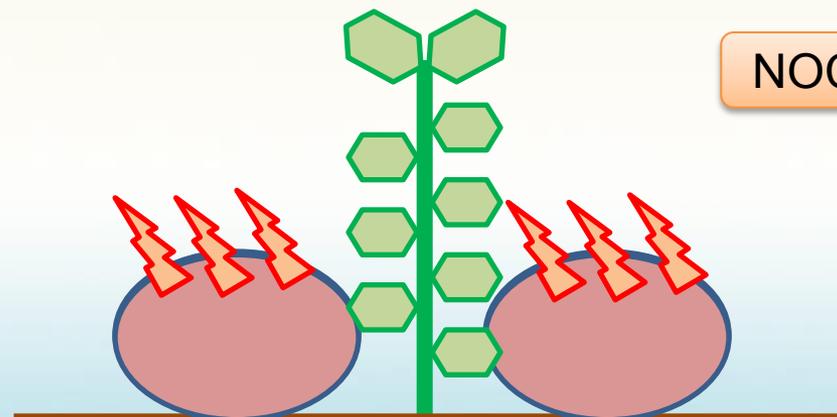
DÍA



# HIPÓTESIS Y OBJETIVO



Mangas de polietileno (PE) con filtro para la absorción de radiación infrarroja cercana (NIR) llenas de agua y selladas en sus extremos



NOCHE

# MATERIAL Y MÉTODOS

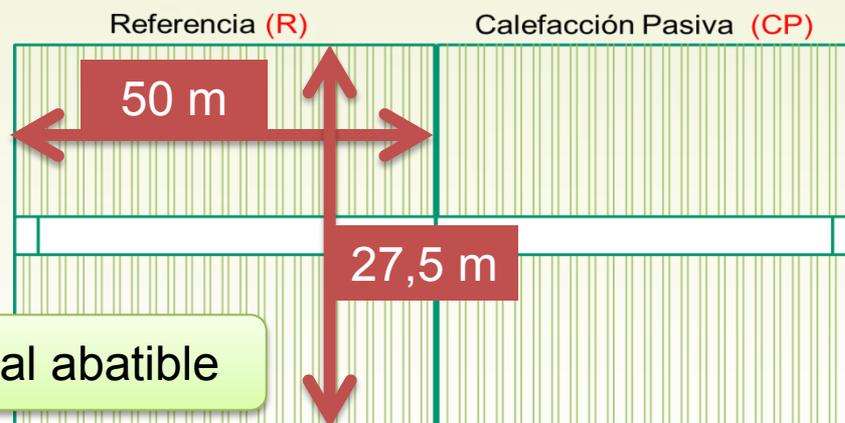
Centro IFAPA “La Mojonera”



# MATERIAL Y MÉTODOS

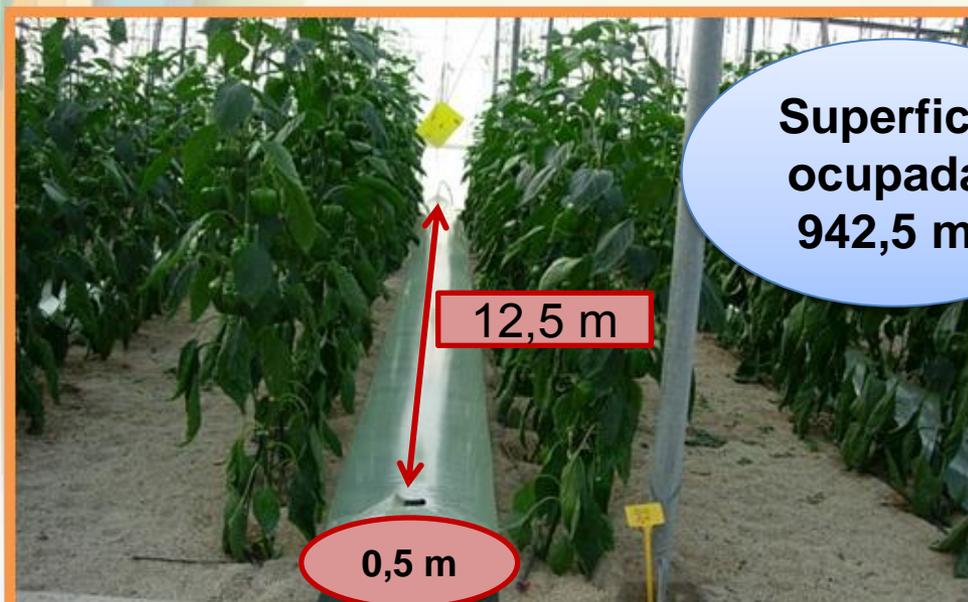


Invernadero parral multicapilla  
(raspa y amagado)



# MATERIAL Y MÉTODOS

MANGAS: Film semitransparente de PE fotoselectivo (NIR)



**Superficie  
ocupada:  
942,5 m<sup>2</sup>**

Lámina de  
polipropileno negro



**Espesor de pared 250  
micras**

**86 L agua/ m<sup>2</sup>suelo**

# MATERIAL Y MÉTODOS

Temperatura

Sensores tipo termistor



En el interior de las mangas

Entre la manga y la base de polipropileno negro

A 1 metro de altura del suelo

En el exterior. Estación meteorológica

Radiación Solar

Piranómetros



Parte superior del cultivo

Parte superior de las mangas

En el exterior. 4 m de altura

# MATERIAL Y MÉTODOS

Pimiento tipo “california”  
cv. Melchor

Densidad de plantación:  
1,8 plantas m<sup>-2</sup>



## Fechas clave

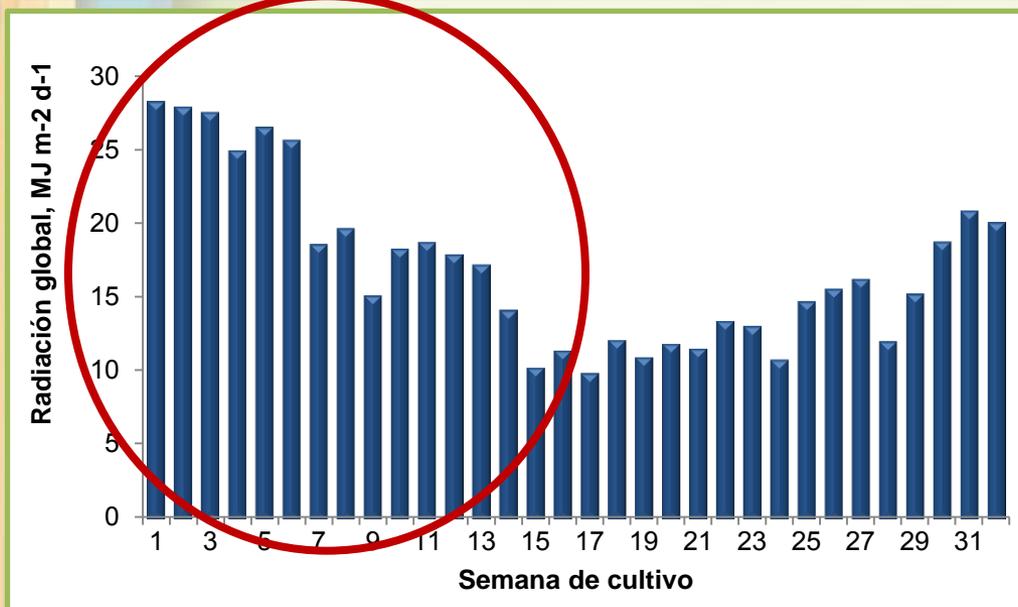
Trasplante	7 de Agosto de 2014
Blanqueo	4 de Agosto - 30 de Septiembre Semanas 1-9 de cultivo
Instalación mangas CP	10 de Noviembre de 2014 Semana 15 de cultivo
Inicio de recolección	30 de Octubre de 2014
Final del cultivo	20 de Marzo de 2015

# RESULTADOS

# RESULTADOS

## CONDICIONES DE CLIMA EXTERIOR DURANTE EL EXPERIMENTO

### Integral media diaria de radiación



De agosto a diciembre:  
28,2 a 9,7 MJ m<sup>-2</sup>

# RESULTADOS

## CONDICIONES DE CLIMA EXTERIOR DURANTE EL EXPERIMENTO

### Integral media diaria de radiación

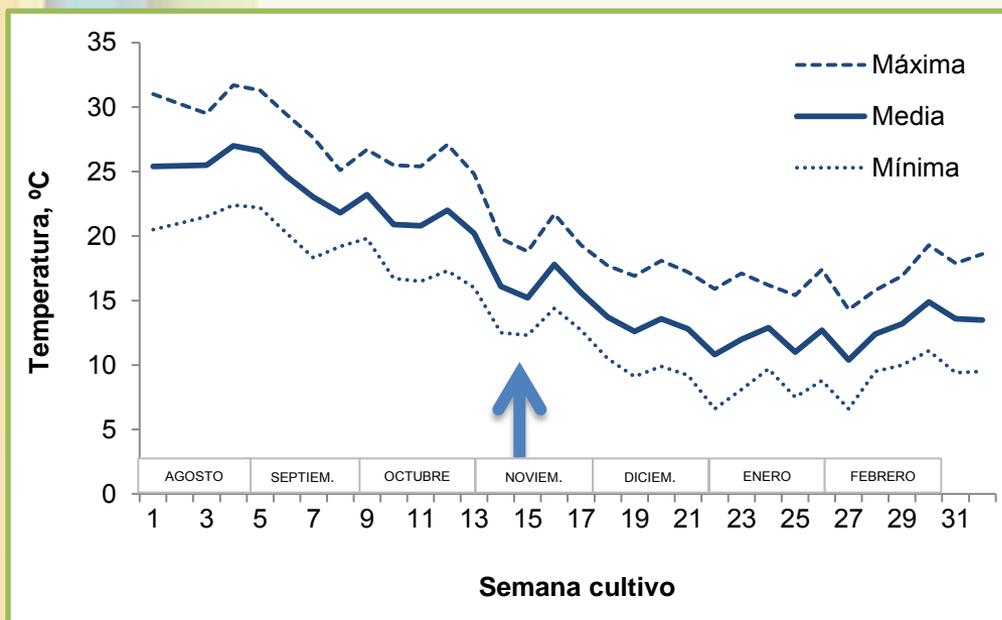


Vuelve a aumentar hasta  
marzo: 20,8 MJ m<sup>-2</sup>

# RESULTADOS

## CONDICIONES DE CLIMA EXTERIOR DURANTE EL EXPERIMENTO

Medias semanales de temperaturas máximas, medias y mínimas

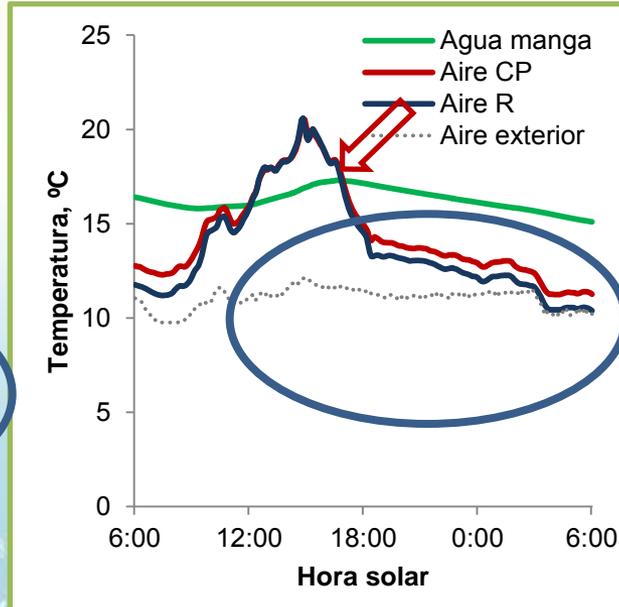
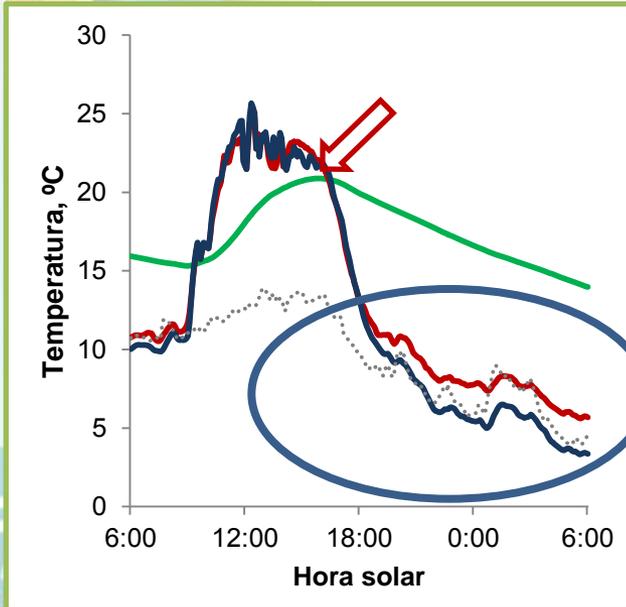
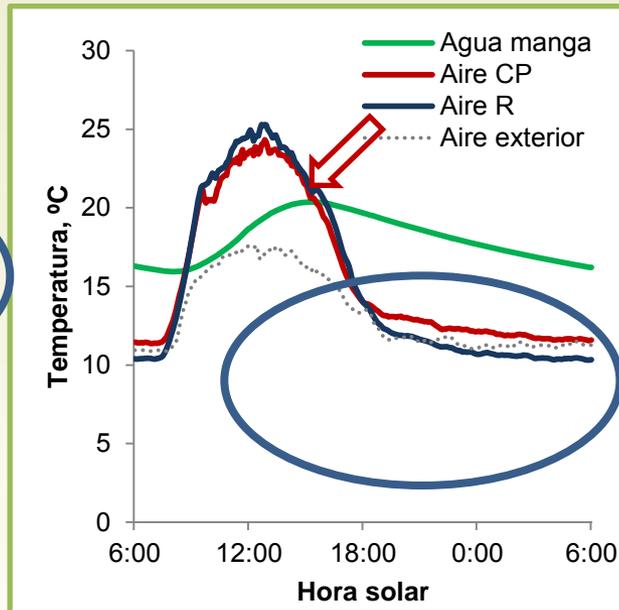
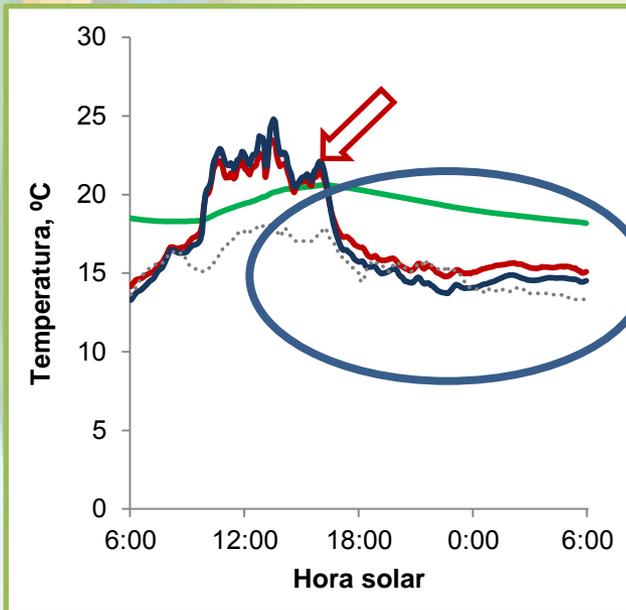


Máximas: 14,3 – 31,7 °C  
Medias: 10,4 – 27 °C  
Mínimas: 6,6 – 22,4 °C

Instalación de mangas: S.15  
Media de T<sup>a</sup> mínima: 12,3 °C

A partir de la semana 17  
media T<sup>a</sup> mínima < 12 °C

# DINÁMICA TÉRMICA DIARIA

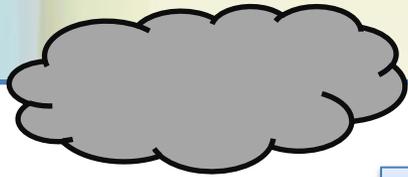


Valores máximos:  
15:00 hora solar

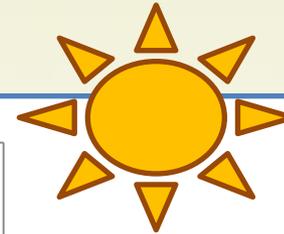
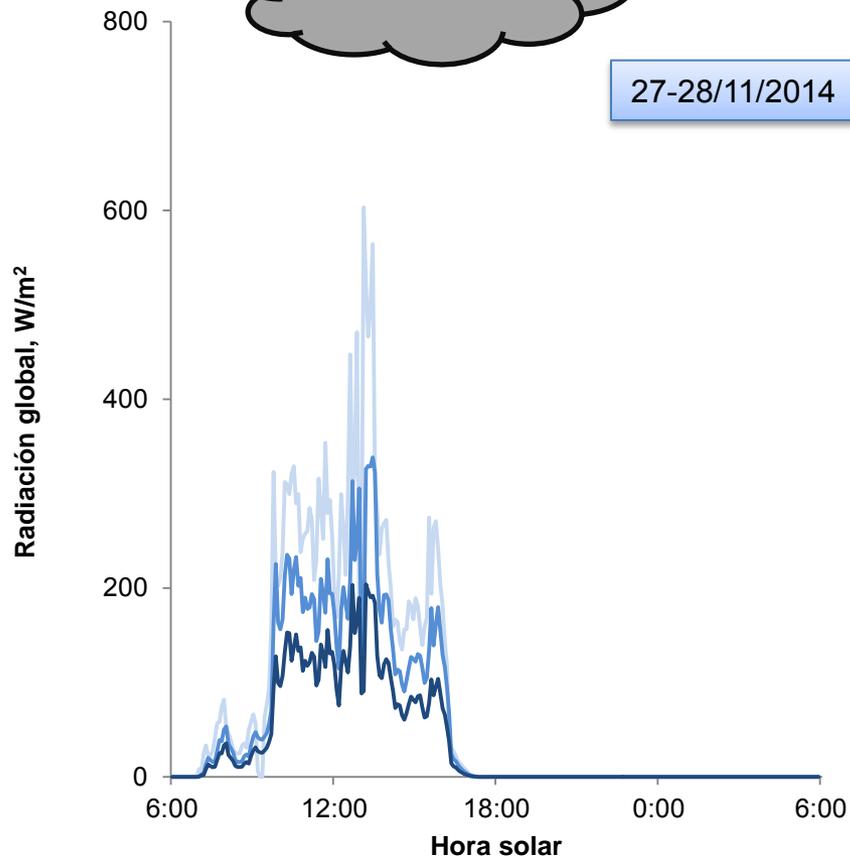
Aumento de  
temperatura en  
el módulo con  
calefacción  
pasiva

# DINÁMICA TÉRMICA DIARIA

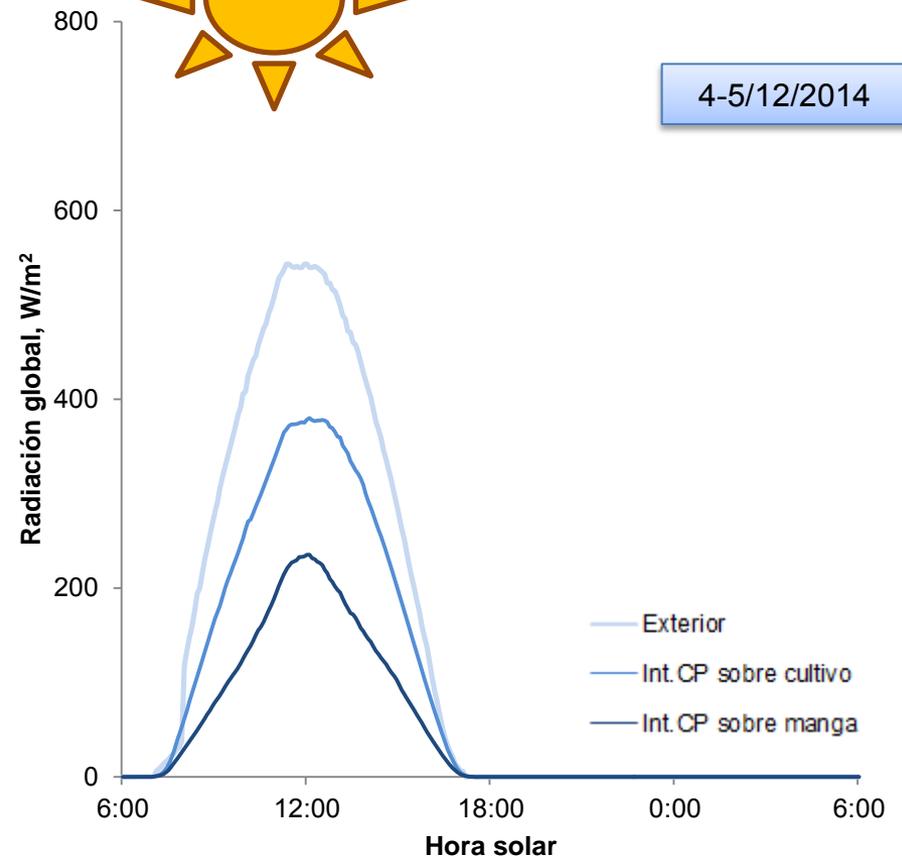
CASO: TEMPERATURA MÍNIMA EXTERIOR NO MUY BAJA



27-28/11/2014

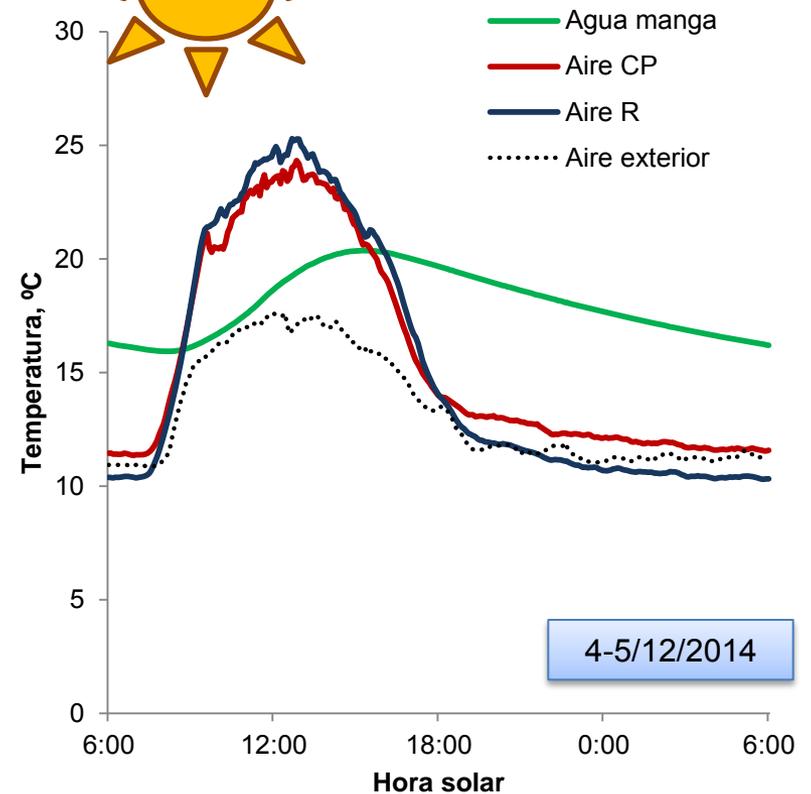
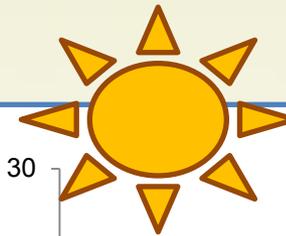
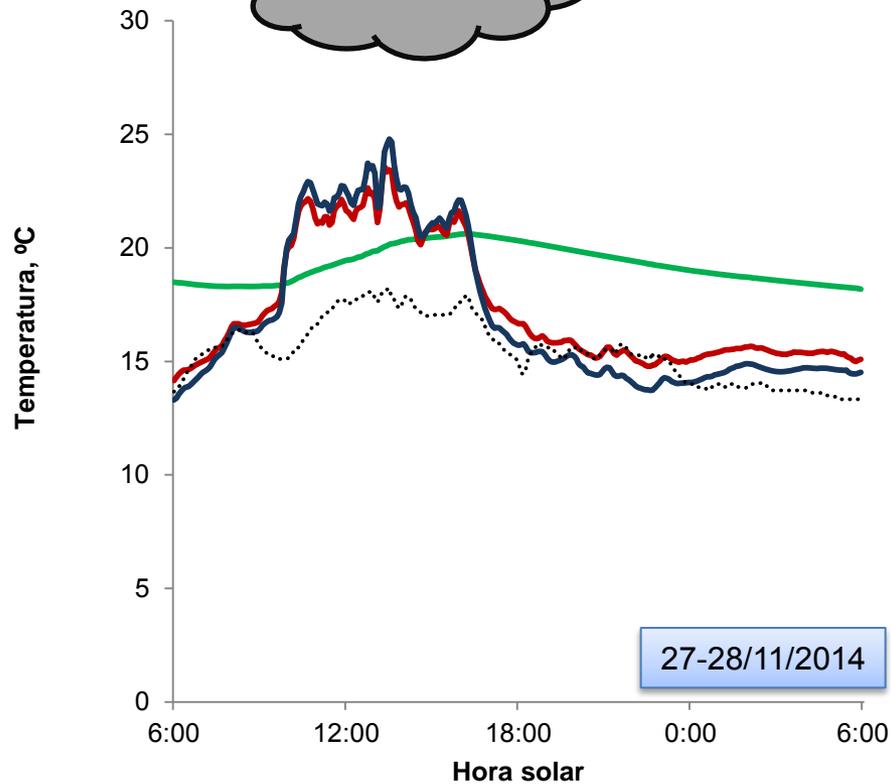
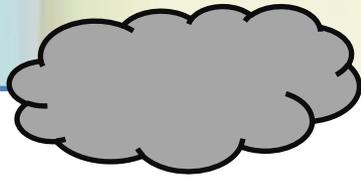


4-5/12/2014



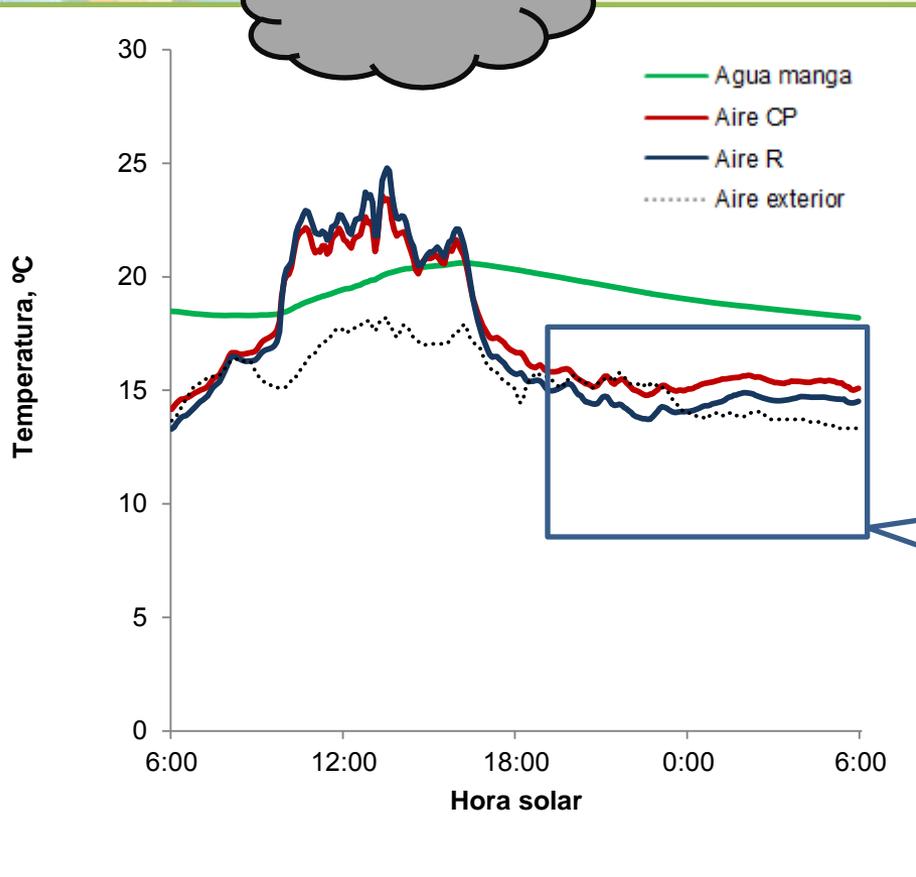
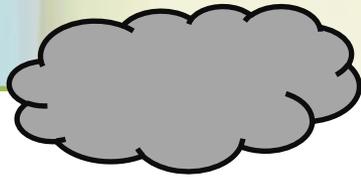
# DINÁMICA TÉRMICA DIARIA

CASO: TEMPERATURA MÍNIMA EXTERIOR NO MUY BAJA



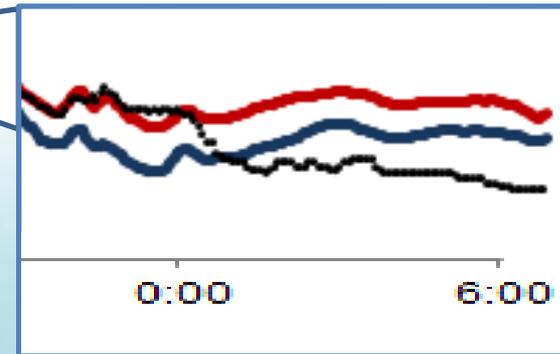
# DINÁMICA TÉRMICA DIARIA

CASO: TEMPERATURA MÍNIMA EXTERIOR NO MUY BAJA



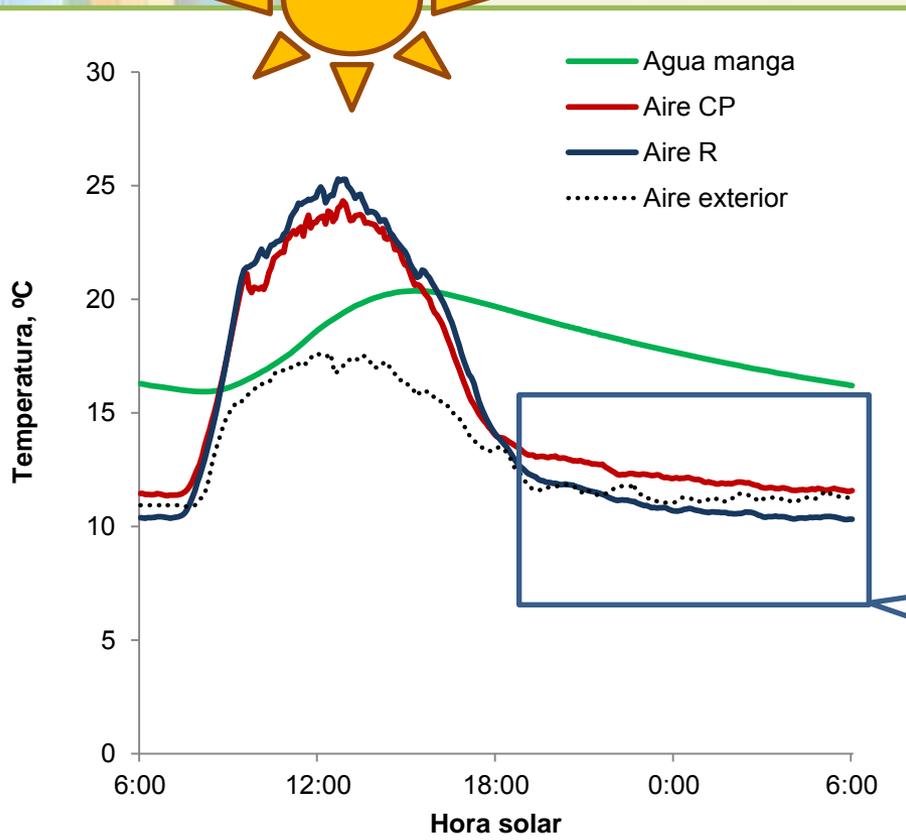
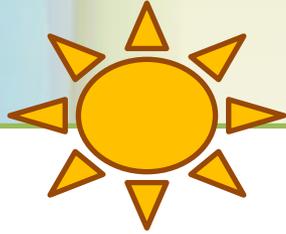
T<sup>a</sup> agua en las mangas:  
18,2 – 20,6 °C

Ligero aumento en CP  
respecto R



# DINÁMICA TÉRMICA DIARIA

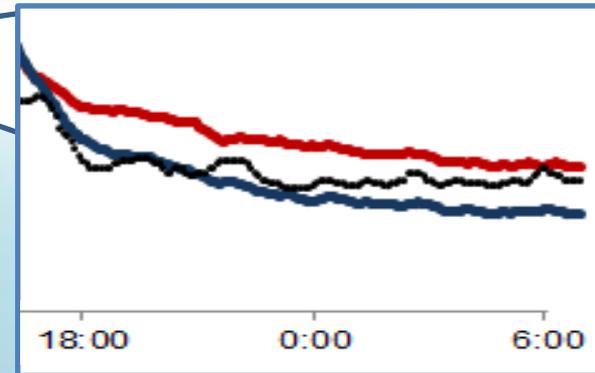
CASO: TEMPERATURA MÍNIMA EXTERIOR NO MUY BAJA



T<sup>a</sup> agua en las mangas:  
15,9 – 20,4 °C

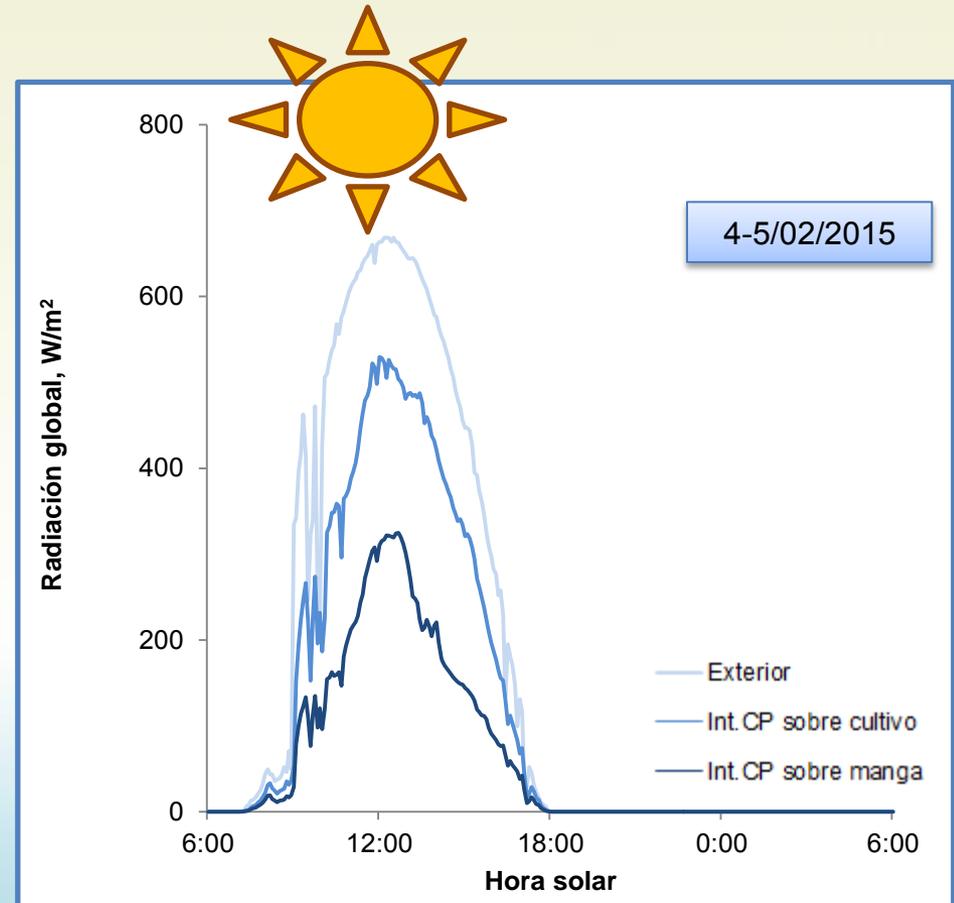
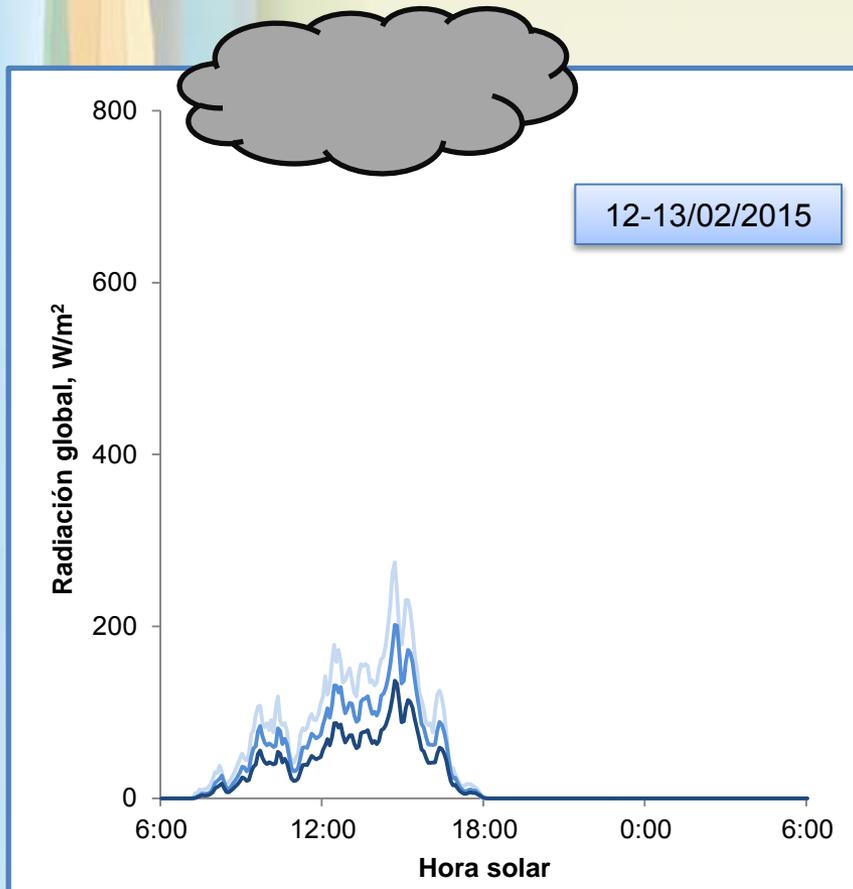
Aumento de la temperatura en el  
módulo CP respecto a R de hasta  
1,5 °C

En R se observa inversión térmica



# DINÁMICA TÉRMICA DIARIA

## CASO: TEMPERATURA MÍNIMA EXTERIOR BAJA

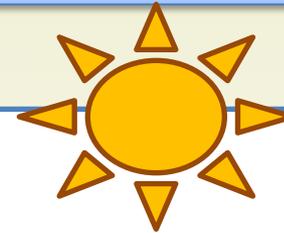
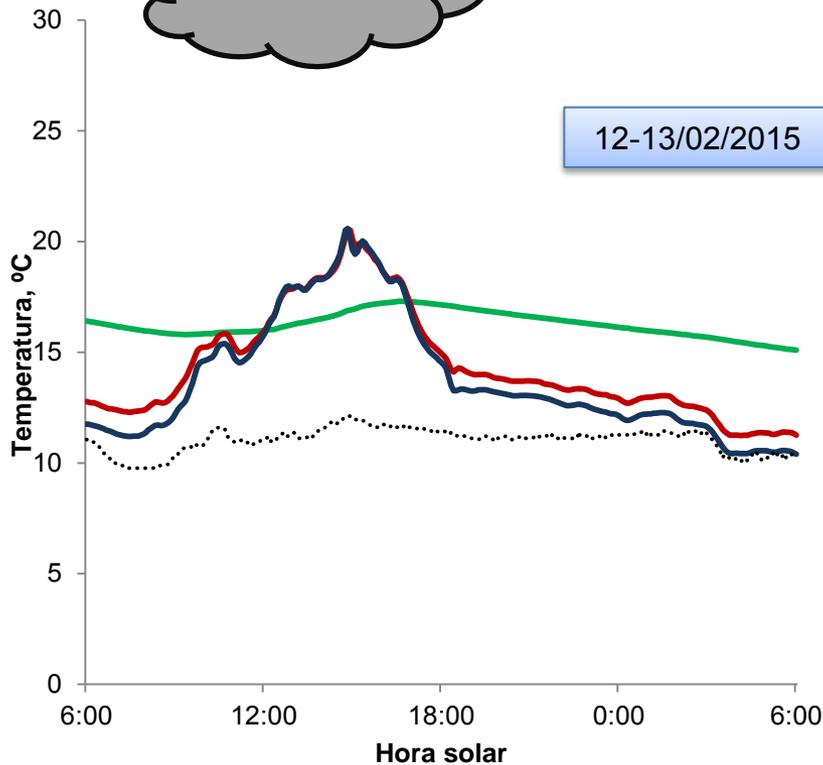


# DINÁMICA TÉRMICA DIARIA

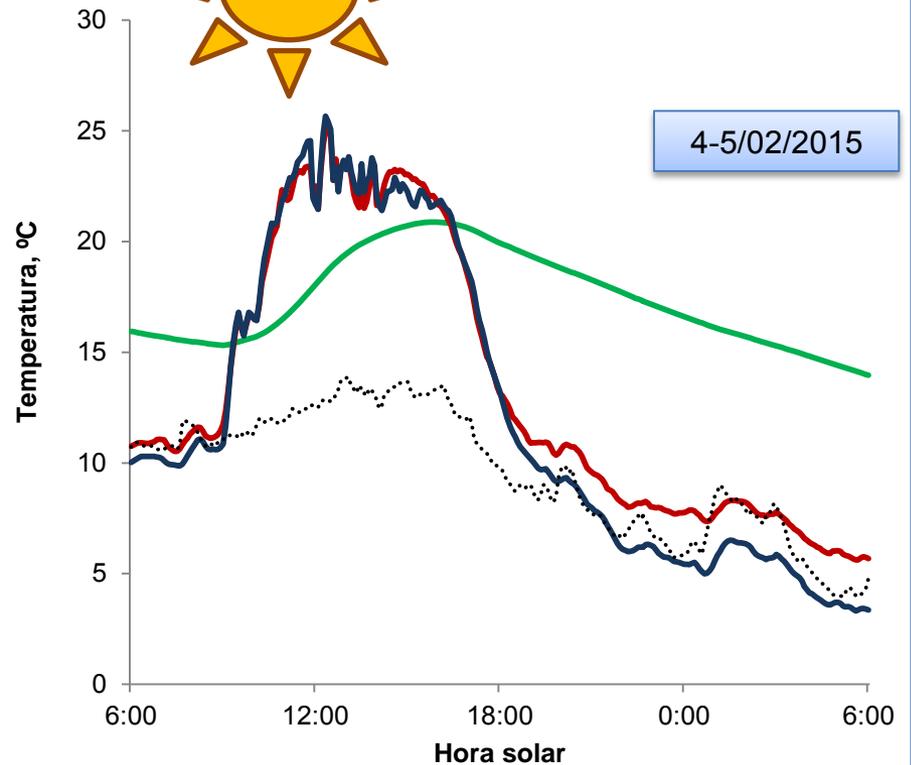
CASO: TEMPERATURA MÍNIMA EXTERIOR BAJA



12-13/02/2015

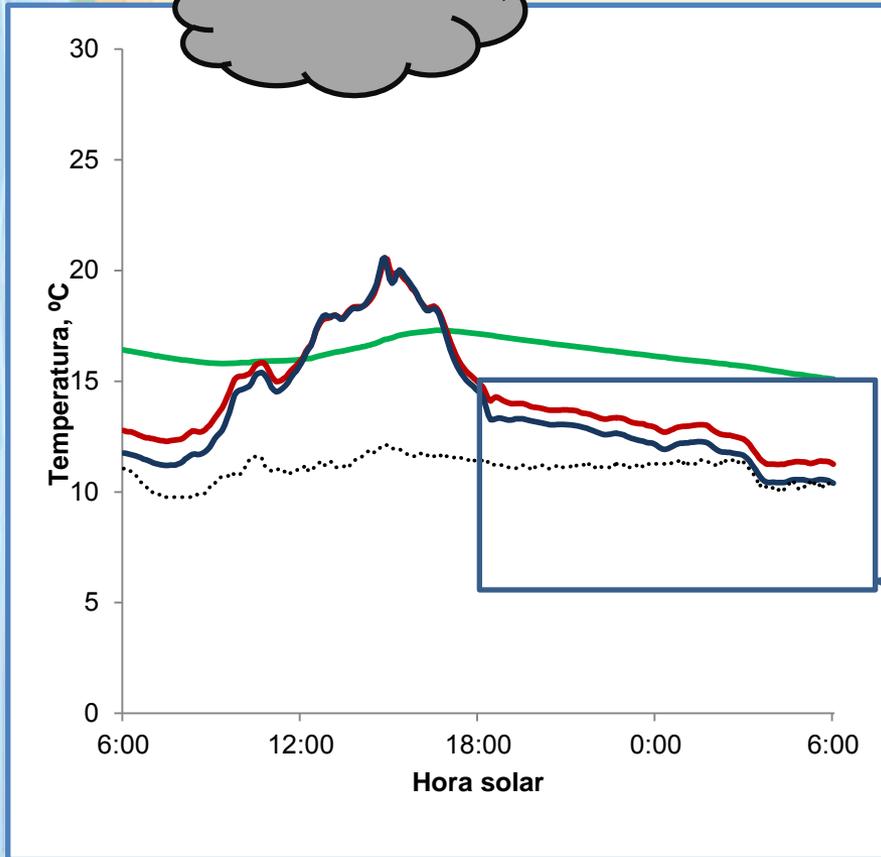


4-5/02/2015



# DINÁMICA TÉRMICA DIARIA

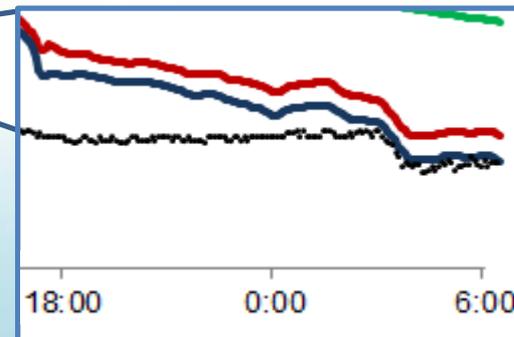
CASO: TEMPERATURA MÍNIMA EXTERIOR BAJA



$T^a$  agua en las mangas:  
15,1 – 17,3 °C

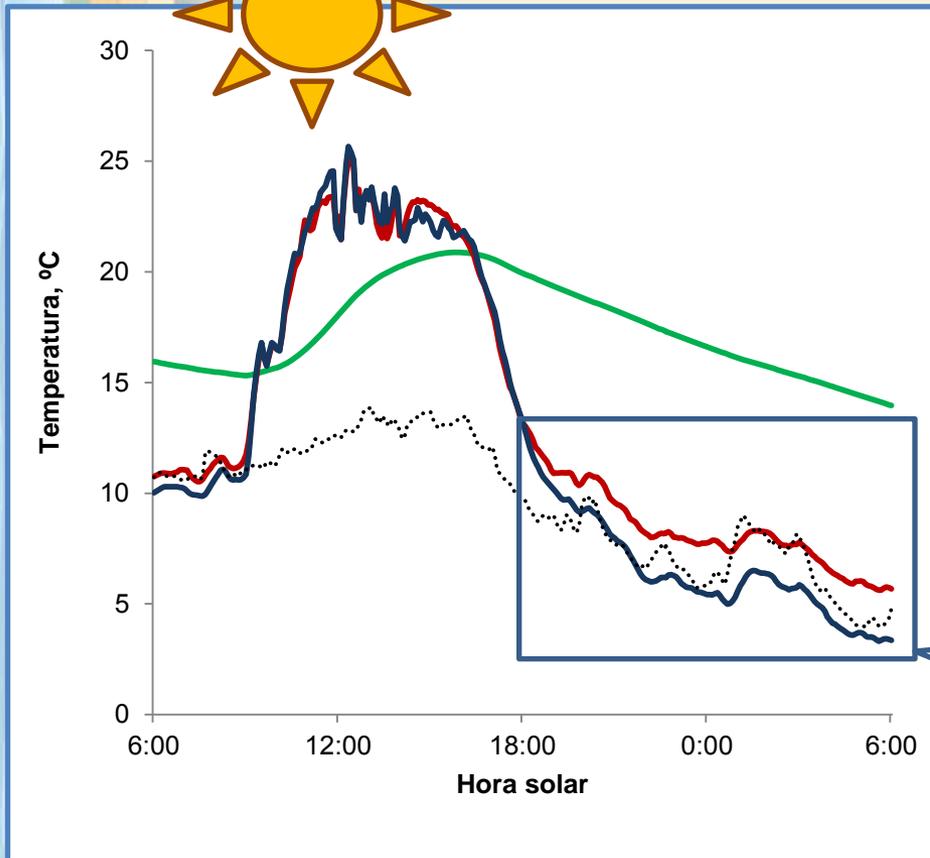
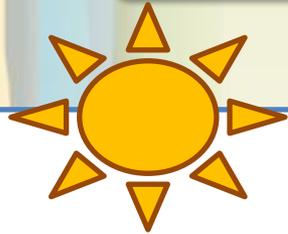
Ligero aumento de  $T^a$  en CP  
respecto R

$T^a$  superiores a los 10 °C



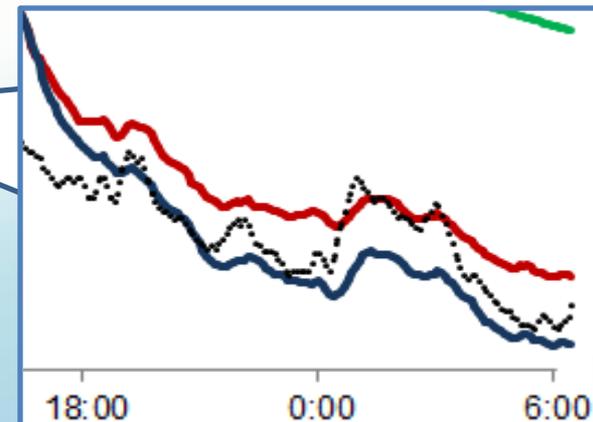
# DINÁMICA TÉRMICA DIARIA

CASO: TEMPERATURA MÍNIMA EXTERIOR BAJA

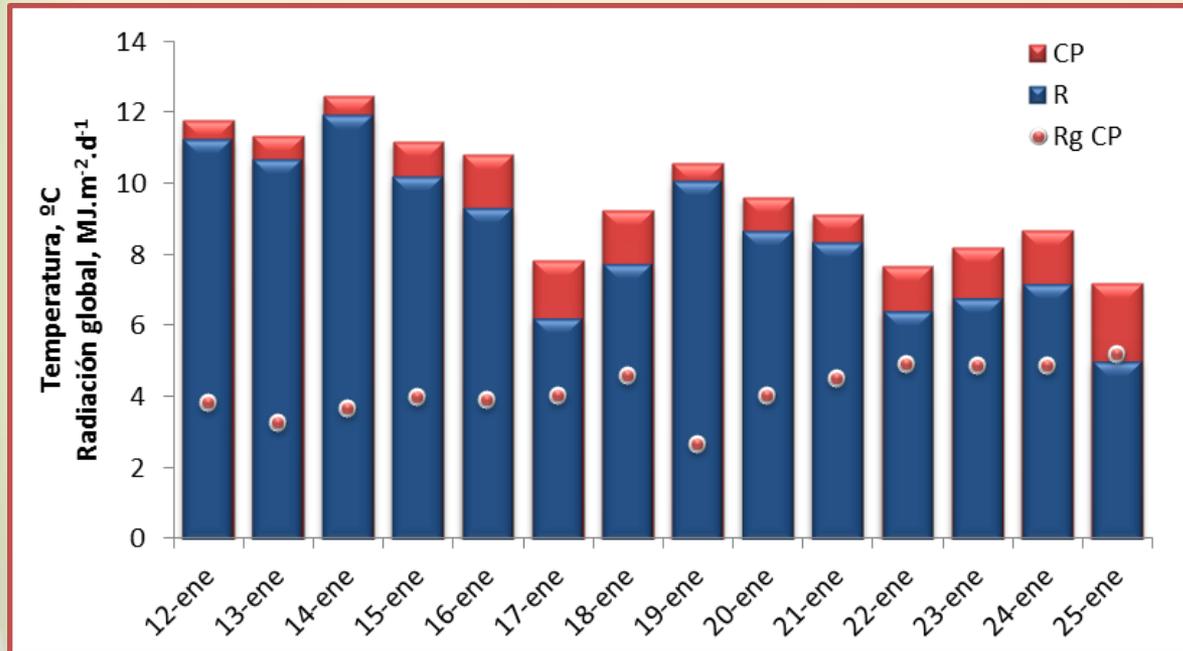


$T^a$  agua en las mangas:  
13,9 – 20,9 °C

CP:  $T^a$  mínima: 5,6 °C  
R: Inversión térmica



# INCREMENTO TÉRMICO NOCTURNO



Incremento de la temperatura mínima ambiental nocturna en CP respecto R

# INCREMENTO TÉRMICO NOCTURNO

El promedio de las diferencias de  $T^a$  ambiente y la diferencia máxima entre CP y R fue aumentando

Mes	D Medio (°C)	D Máximo (°C)
Noviembre	0,9	2,0
Diciembre	0,8	1,7
Enero	0,9	2,3
Febrero	1,5	2,8
Marzo	1,7	2,9

# INCREMENTO TÉRMICO NOCTURNO

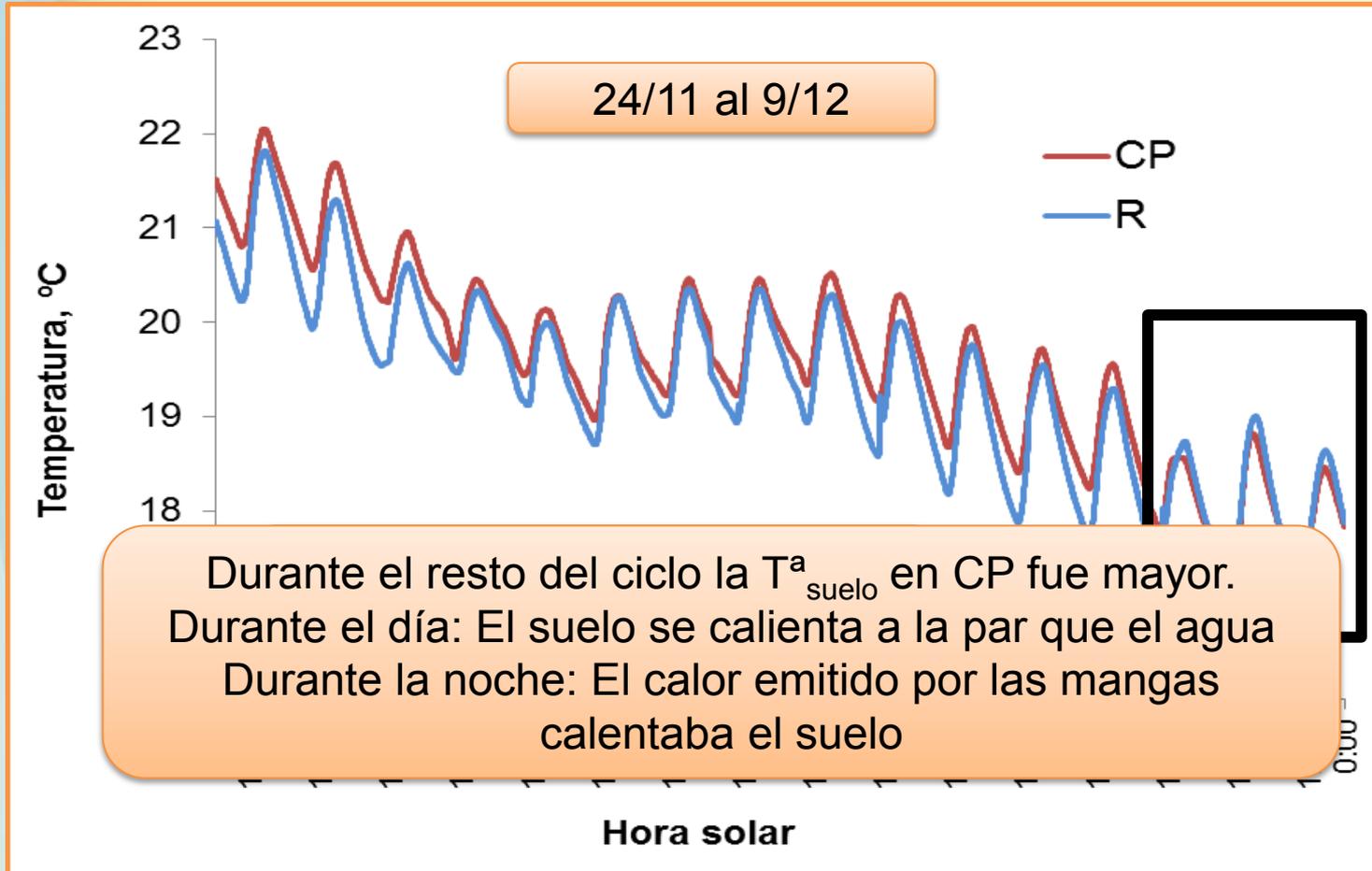
Durante el ciclo de cultivo, las temperaturas mínimas en R descendieron hasta los 5°C

Un incremento térmico de 1,5 a 3 °C puede ser crucial para el desarrollo de cultivo de pimiento, ya que T<sup>a</sup> limitantes se sitúan entre 10 – 12 °C

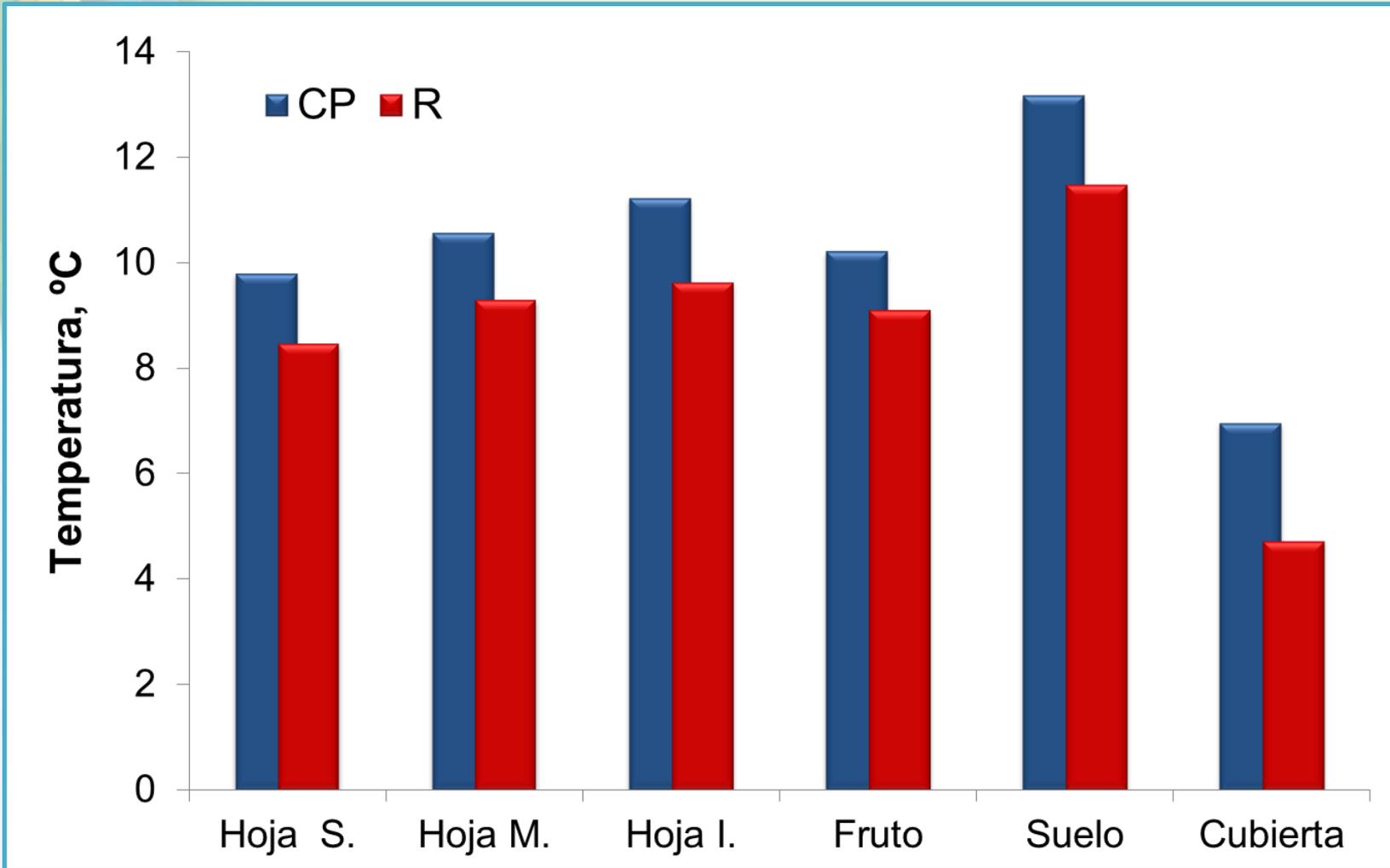




# INFLUENCIA SOBRE LA TEMPERATURA DEL SUELO



# INFLUENCIA SOBRE LA TEMPERATURA EN EL CULTIVO



# INFLUENCIA SOBRE LA BIOPRODUCTIVIDAD

BIOMASA: Más materia seca de fruto en CP respecto R.  
Hojas de igual tamaño, pero más finas.

Módulo	Hoja (g/m <sup>2</sup> )	Tallo (g/m <sup>2</sup> )	Fruto (g/m <sup>2</sup> )	LAI (m/m <sup>2</sup> )	SLA (m <sup>2</sup> /g)
Calor pasivo (CP)	190 B	251	940 A	1.47	0.008 A
Referencia (R)	235 A	232	837 B	1.34	0.006 B
Efecto	**	n.s.	**	n.s.	**

n.s. No hay diferencias entre ambos módulos. \* Hay diferencias con una probabilidad del 95%. \*\* Hay diferencias con una probabilidad del 99%

# INFLUENCIA SOBRE LA BIOPRODUCTIVIDAD

Módulo	Producción Comercial (kg/m <sup>2</sup> )	Nº de frutos	Peso Medio fruto (g)
Calor pasivo (CP)	8,94	36,5	245
Referencia (R)	7,96	31,8	251
Efecto	*	**	n.s.



n.s. No hay diferencias entre ambos módulos. \* Hay diferencias con una probabilidad del 95%. \*\* Hay diferencias con una probabilidad del 99%

La producción comercial aumentó en el módulo CP (12%)

# CONCLUSIONES



El uso de mangas de plástico llenas de agua como acumuladores de calor en el invernadero permite incrementar la temperatura del aire del invernadero por la noche durante el período frío e impide la inversión térmica, actuando como sistema pasivo de calefacción

Los incrementos térmicos medios máximos obtenidos a lo largo del ciclo de cultivo se sitúan entre 2 y 3°C

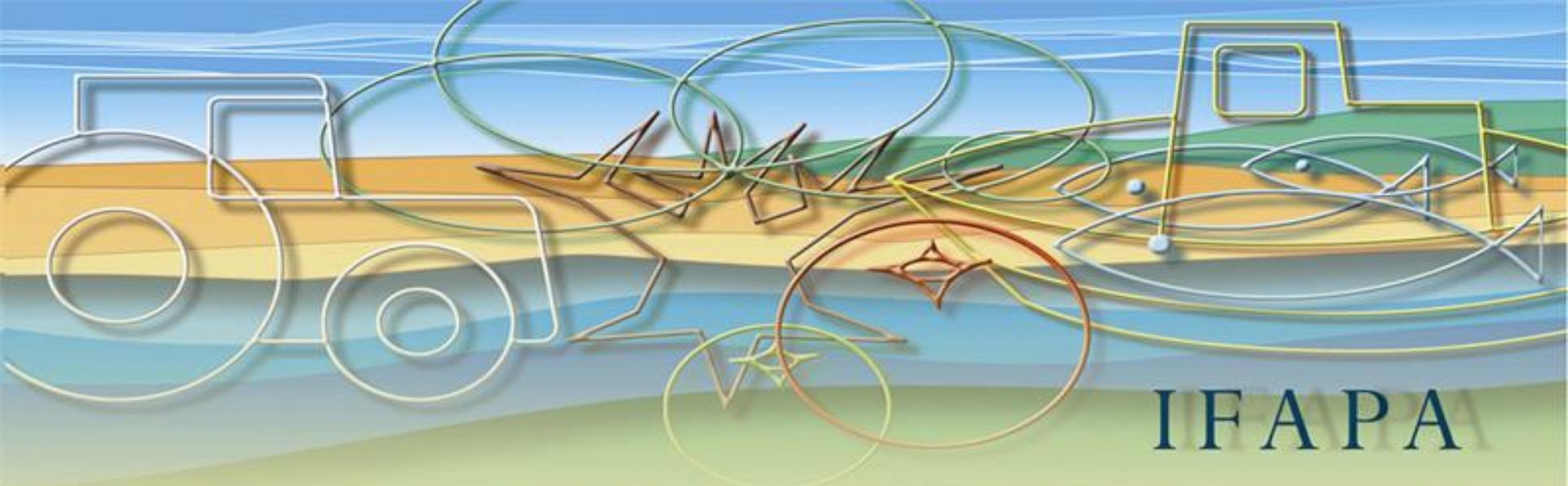
Los acumuladores de calor mejoran la temperatura de la planta y del suelo lo que permite incrementar en un 12% la producción de fruto comercial debido al desarrollo de un mayor número de frutos durante el ciclo.

# Influencia de un Acumulador de Calor Pasivo sobre el Microclima y la Bioproduktividad bajo Invernadero

[www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa](http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa)



## Muchas gracias



IFAPA

# ACUMULADORES DE CALOR: UN MÉTODO PASIVO PARA MEJORAR EL MICROCLIMA DEL INVERNADERO MEDITERRÁNEO

Jornada sobre control de clima en el invernadero  
23 y 24 de febrero de 2016



Manuel E. Porras Sánchez  
IFAPA "La Mojonera"



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera  
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y DESARROLLO RURAL

