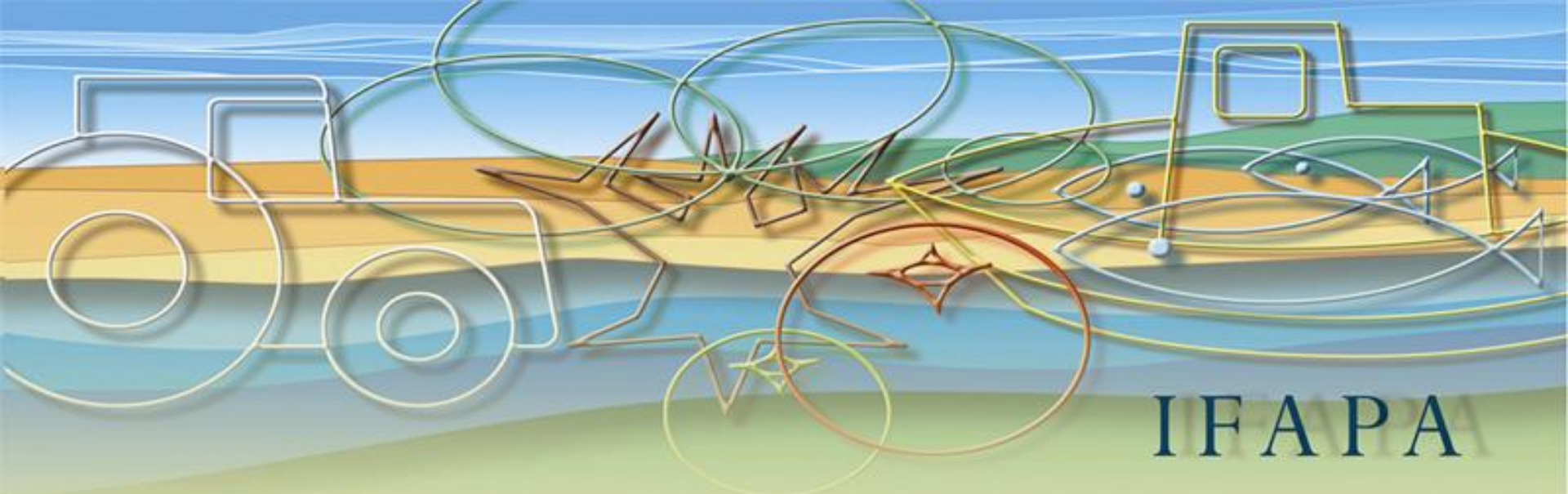




IFAPA

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



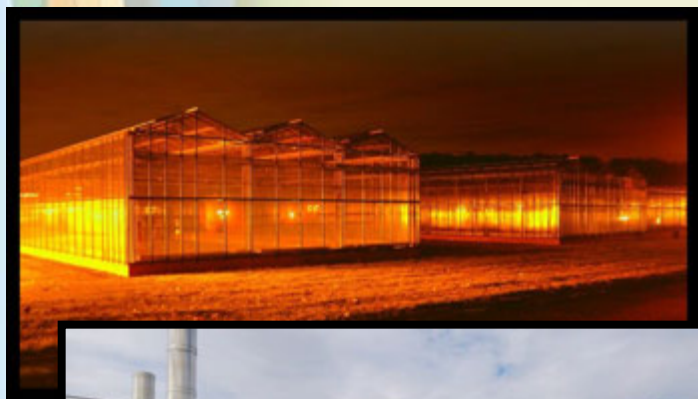
**INCREMENTO DE LA
PRODUCCIÓN**



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



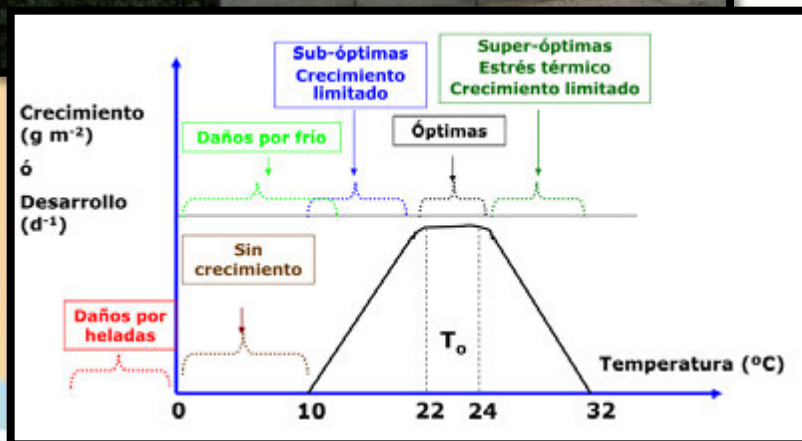
Invernaderos litoral mediterráneo español

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

Menor gasto energético
Mejora de condiciones térmicas e higrométricas invernales.

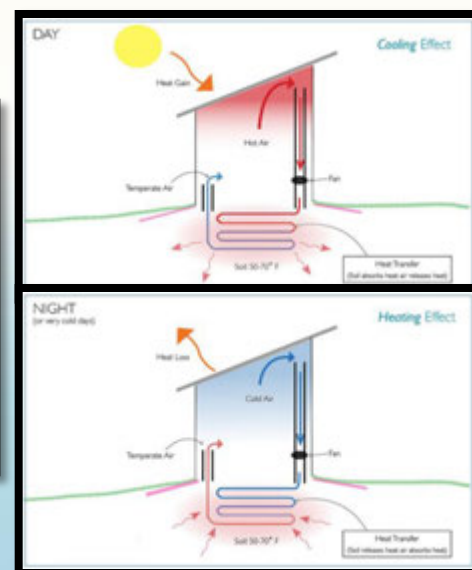
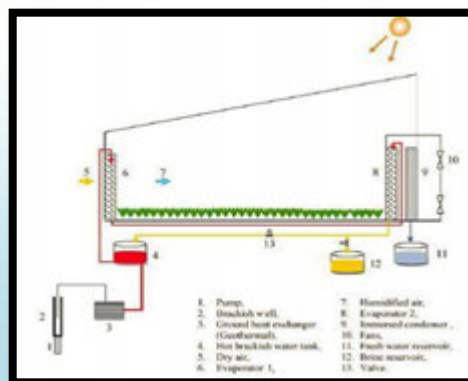
USO SISTEMAS PASIVOS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

Elevado consumo de energía fósil (precio al alza)

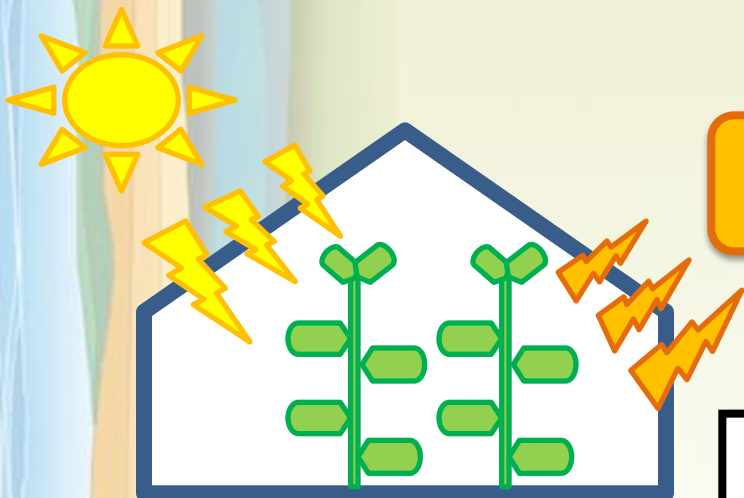
Consideraciones ambientales

Viabilidad económica de las pequeñas explotaciones familiares

López, 2003; Bartzanas et al., 2005



INTRODUCCIÓN



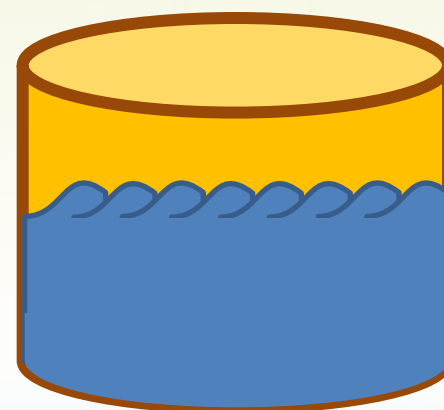
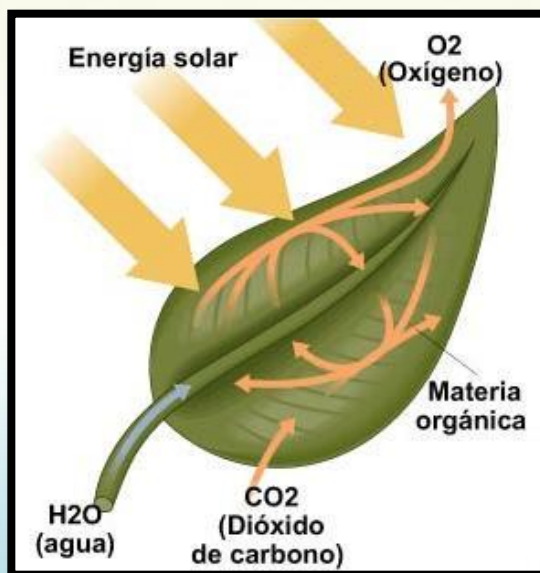
Garzolly y Shell (1984)

Colector solar

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

Calor latente evacuado por ventilación

Almacenamiento a corto plazo

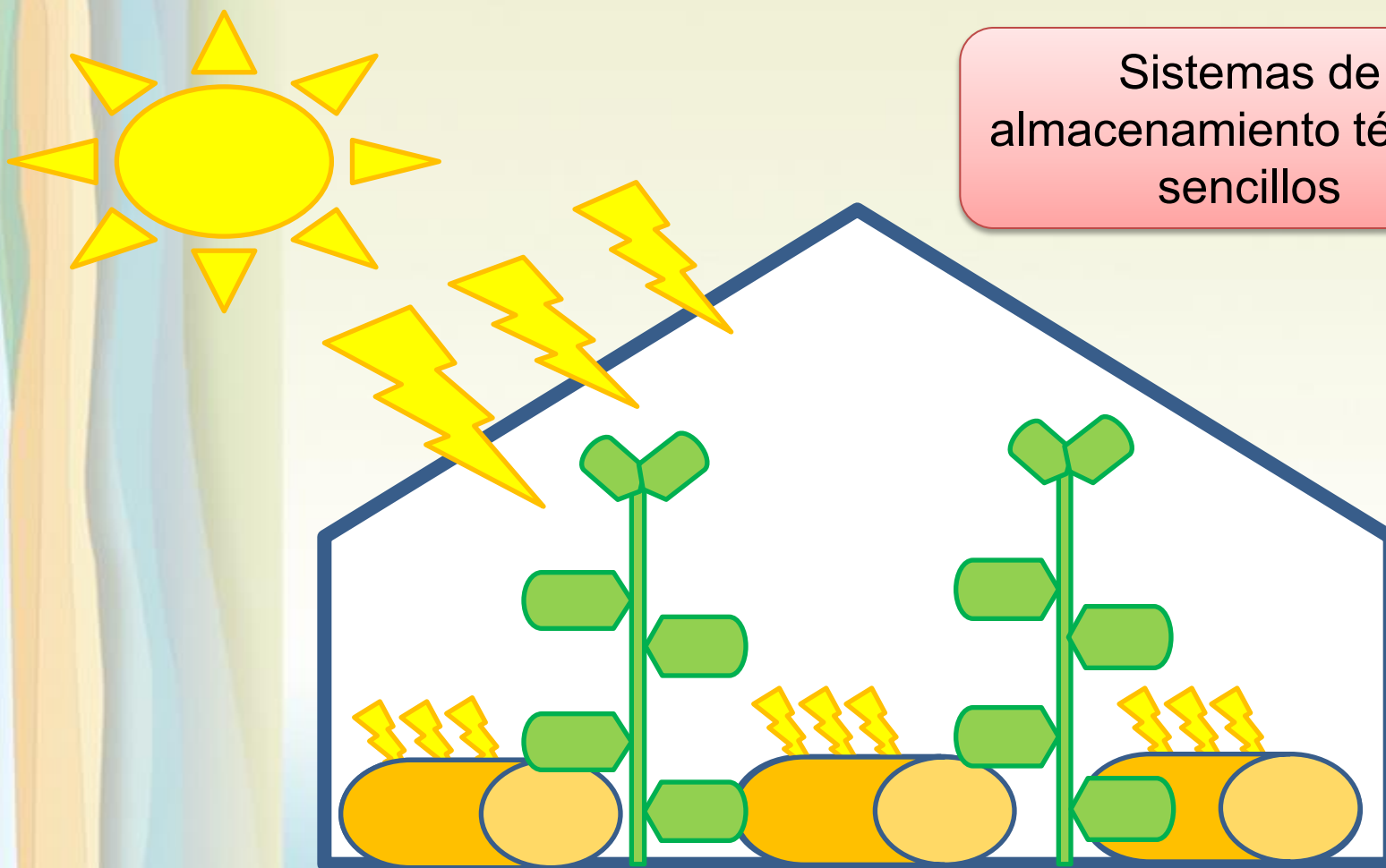


Inercia térmica

Bajo coste comparado con combustibles fósiles

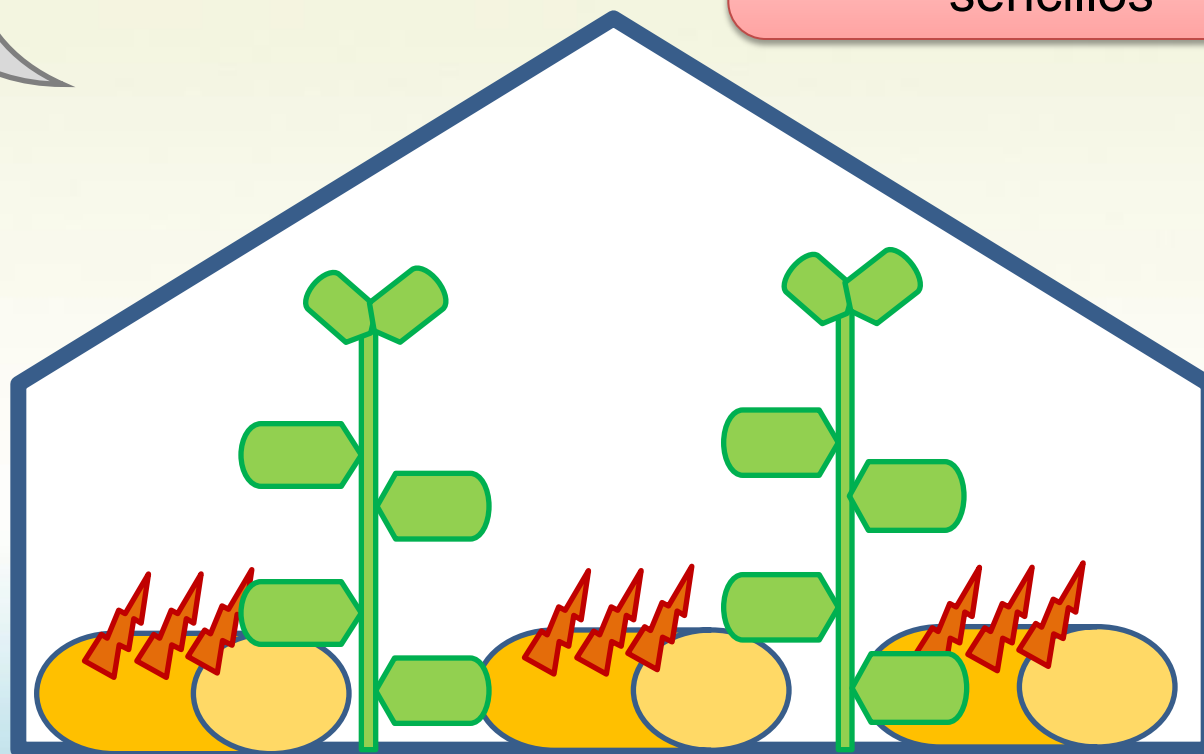
INTRODUCCIÓN

Sistemas de
almacenamiento térmico
sencillos

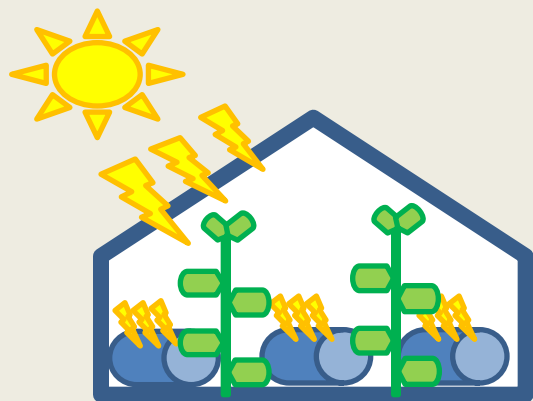


INTRODUCCIÓN

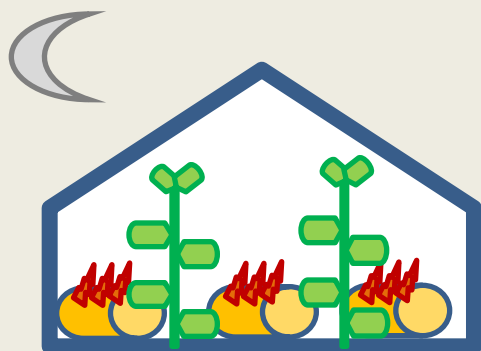
Sistemas de
almacenamiento térmico
sencillos



HIPÓTESIS Y OBJETIVO



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



OBJETIVO

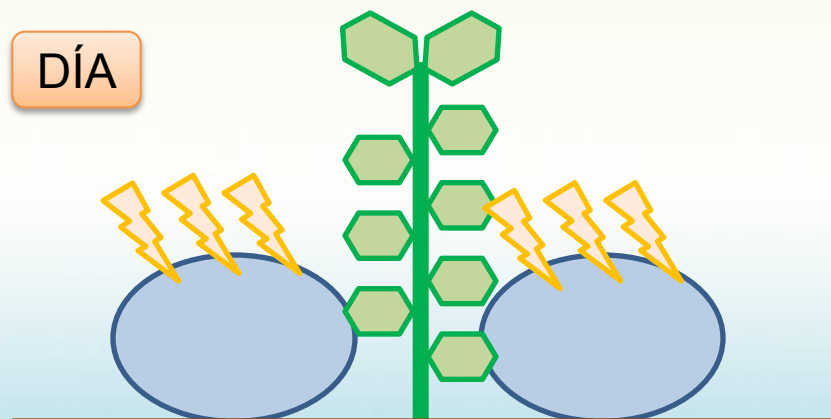
Mejorar el microclima en la época invernal en el interior de los invernaderos mediterráneos mediante un sistema de calefacción basado en el uso de acumuladores de calor sencillos

HIPÓTESIS Y OBJETIVO



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

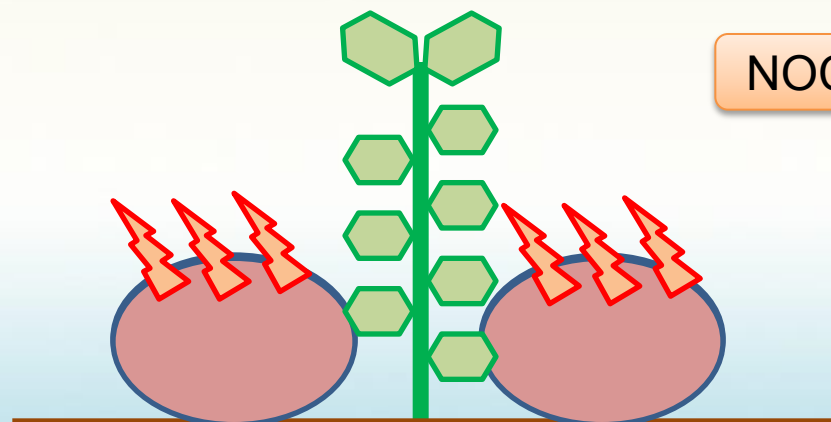
DÍA



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

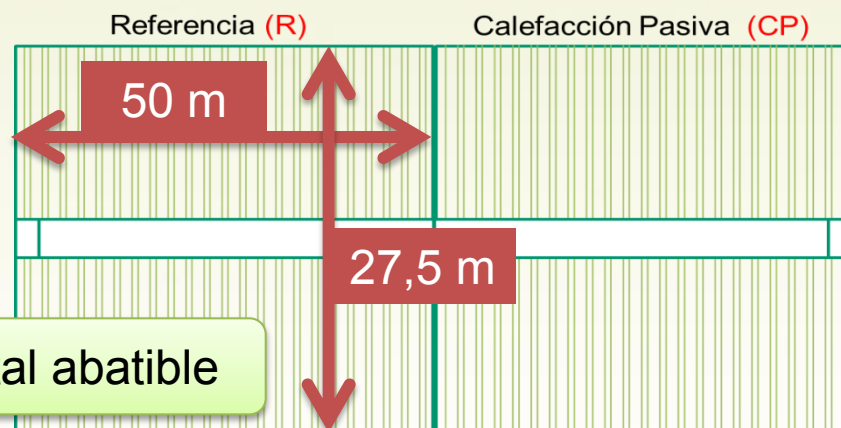
Centro IFAPA “La Mojonera”



MATERIAL Y MÉTODOS



Invernadero parral multicapilla
(raspa y amagado)



Ventana cenital abatible

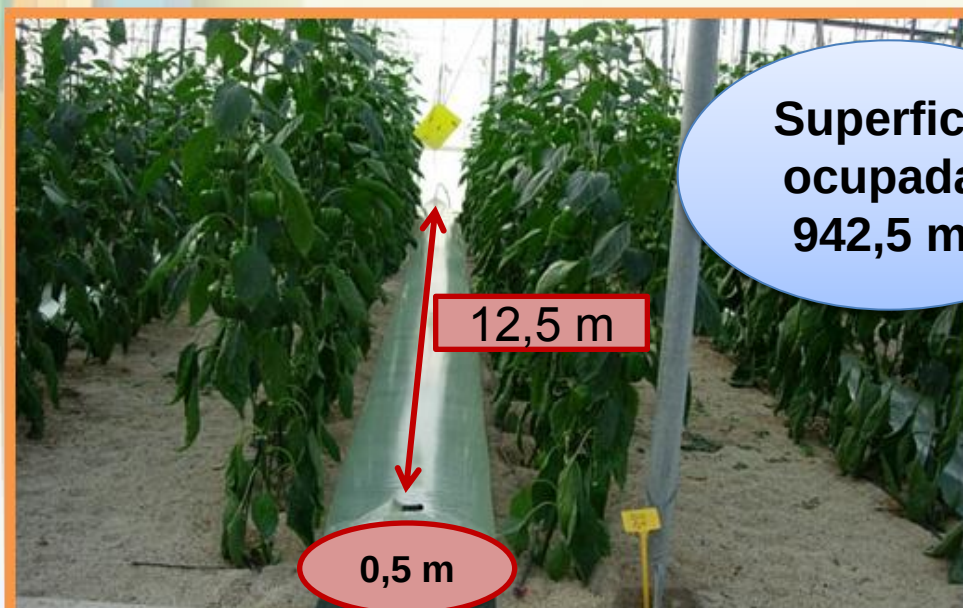
Pasillo de hormigón

12,5 m

Ventanas laterales enrollables

MATERIAL Y MÉTODOS

MANGAS: Film semitransparente de PE fotoselectivo (NIR)



**Superficie
ocupada:
942,5 m²**

Lámina de
polipropileno negro



**Espesor de pared 250
micras**

86 L agua/ m²suelo

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⁻²



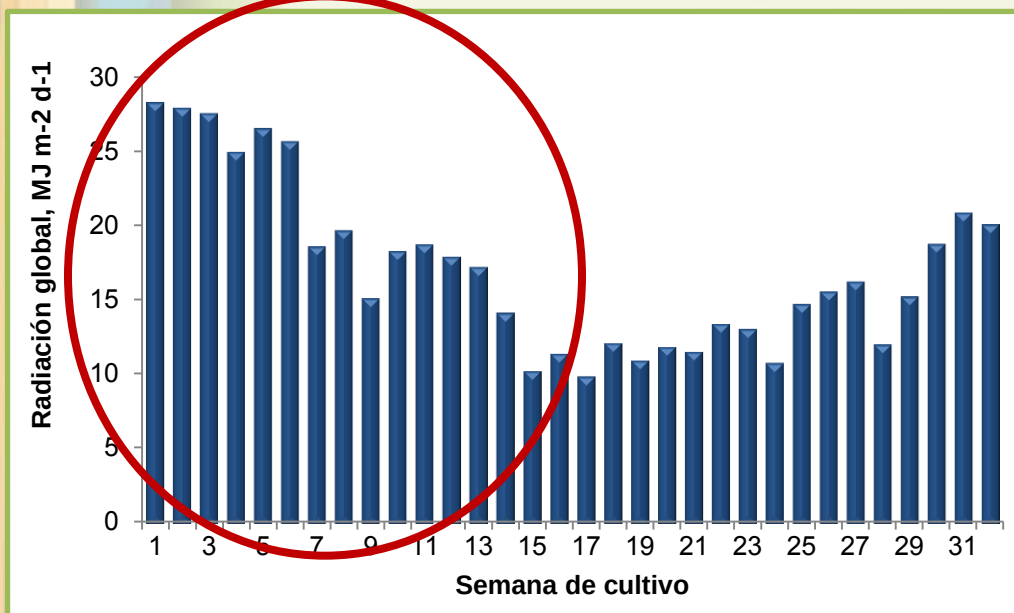
Fechas clave	
Trasplante	7 de Agosto de 2014
Blanqueo	4 de Agosto - 30 de Septiembre Semanas 1-9 de cultivo
Instalación mangas CP	10 de Noviembre de 2014 Semana 15 de cultivo
Inicio de recolección	30 de Octubre de 2014
Final del cultivo	20 de Marzo de 2015

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⁻²

RESULTADOS

CONDICIONES DE CLIMA EXTERIOR DURANTE EL EXPERIMENTO

Integral media diaria de radiación

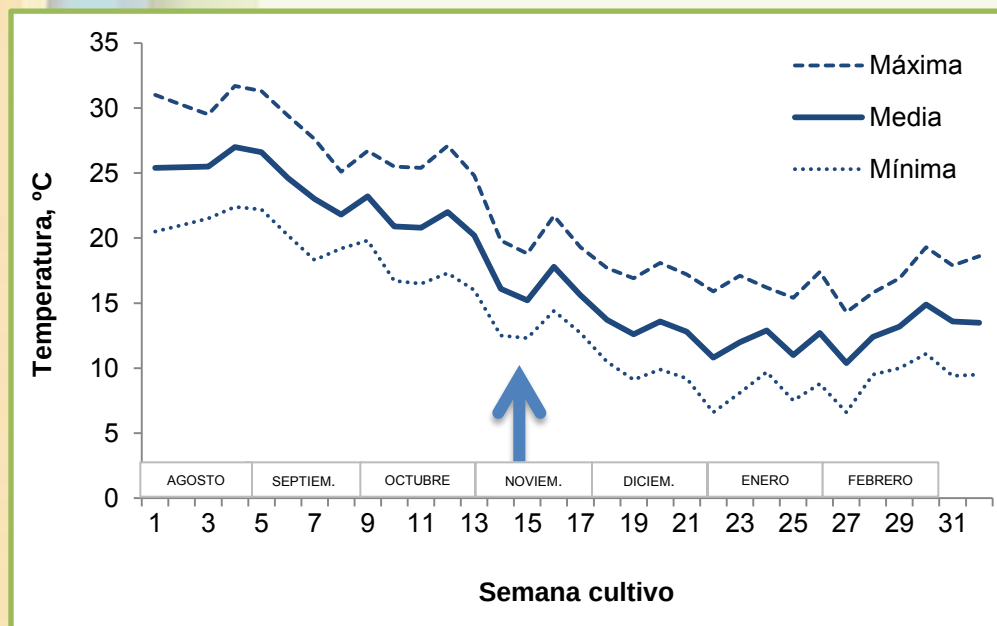


Vuelve a aumentar hasta
marzo: 20,8 MJ m⁻²

RESULTADOS

CONDICIONES DE CLIMA EXTERIOR DURANTE EL EXPERIMENTO

Medias semanales de temperaturas
máximas, medias y mínimas

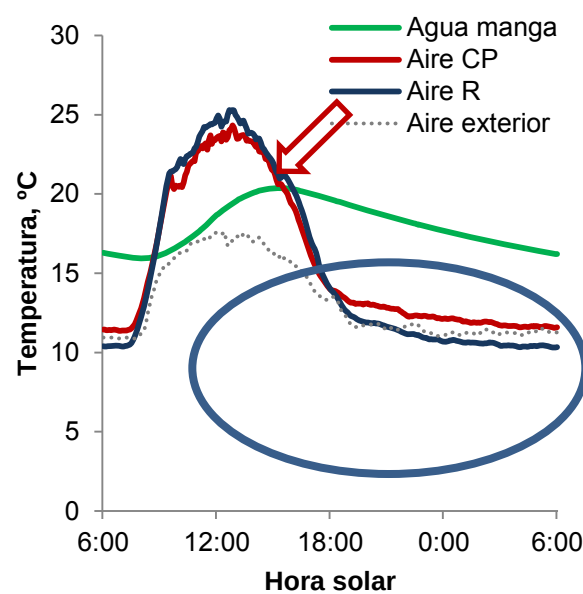
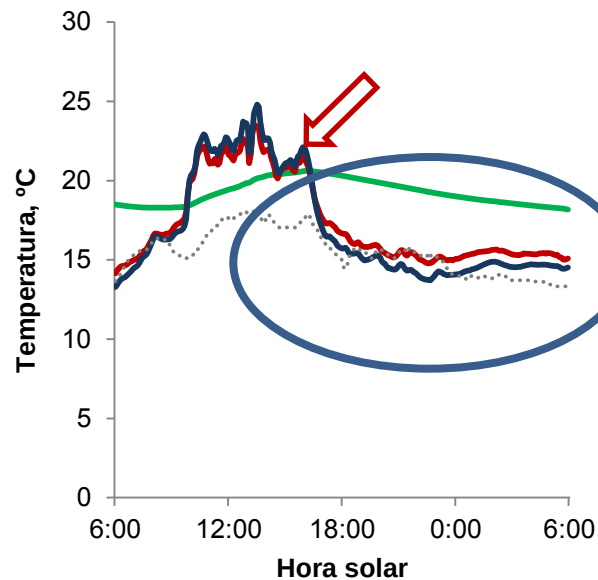


Máximas: 14,3 – 31,7 °C
Medias: 10,4 – 27 °C
Mínimas: 6,6 – 22,4 °C

Instalación de mangas: S.15
Media de T^a mínima: 12,3 °C

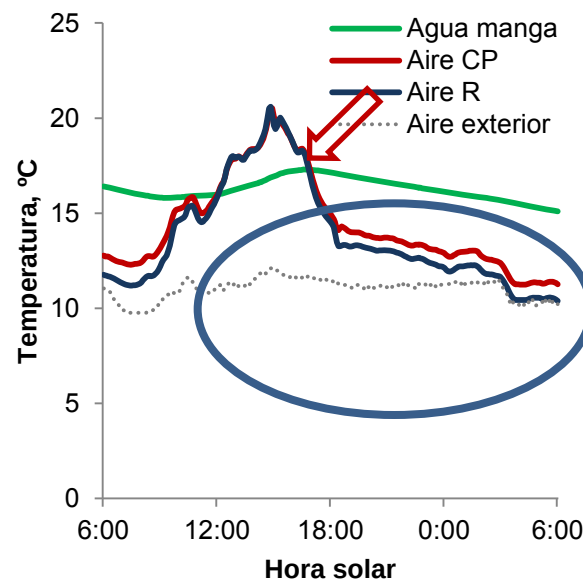
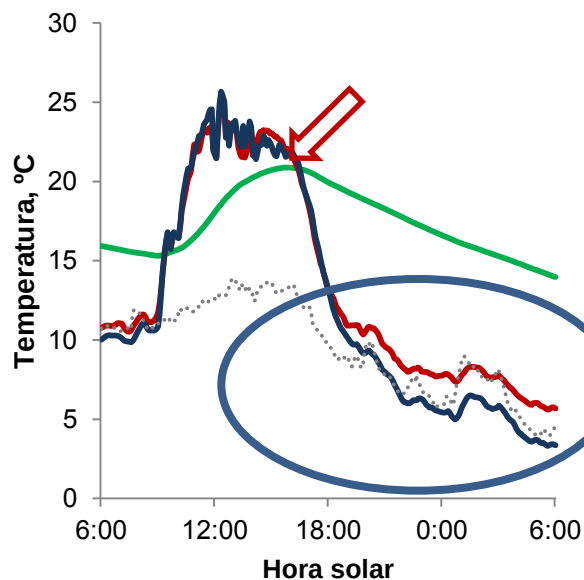
A partir de la semana 17
media T^a mínima < 12 °C

DINÁMICA TÉRMICA DIARIA



Valores máximos:
15:00 hora solar

Aumento de
temperatura en
el módulo con
calefacción
pasiva

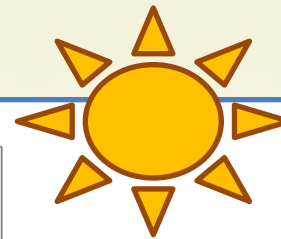
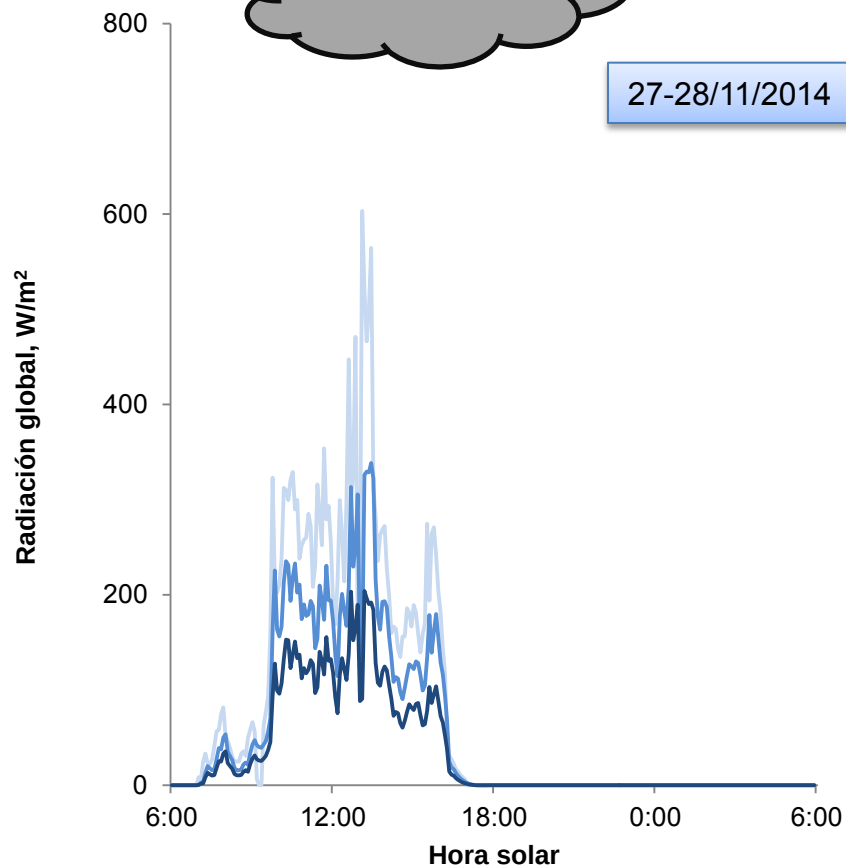


DINÁMICA TÉRMICA DIARIA

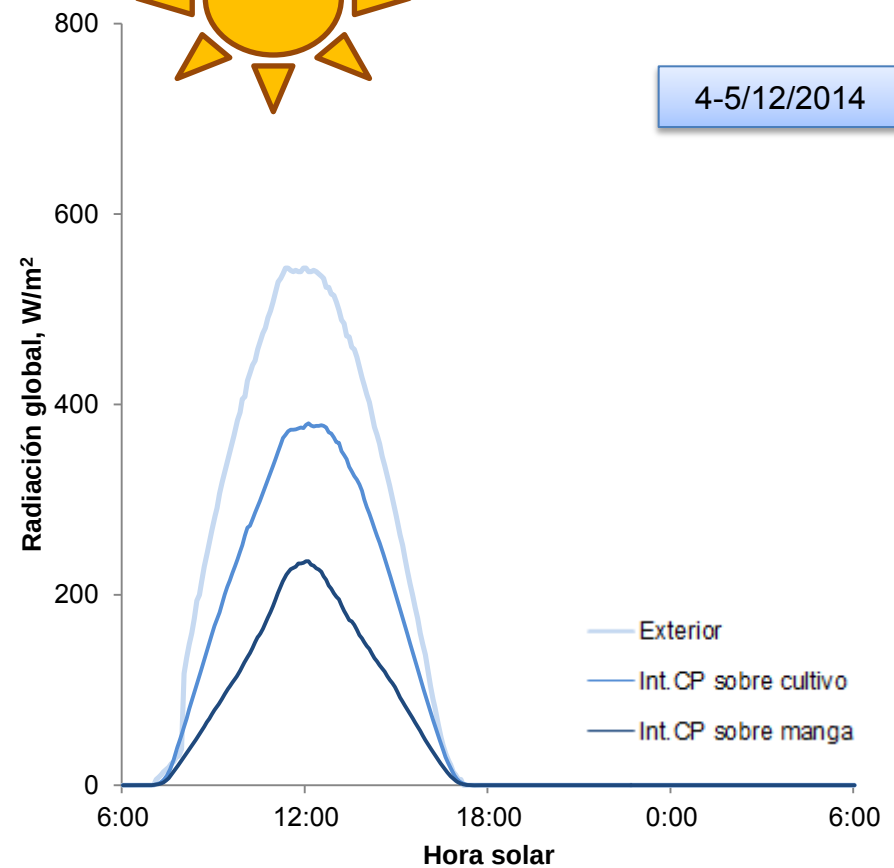
CASO: TEMPERATURA MÍNIMA EXTERIOR NO MUY BAJA



27-28/11/2014

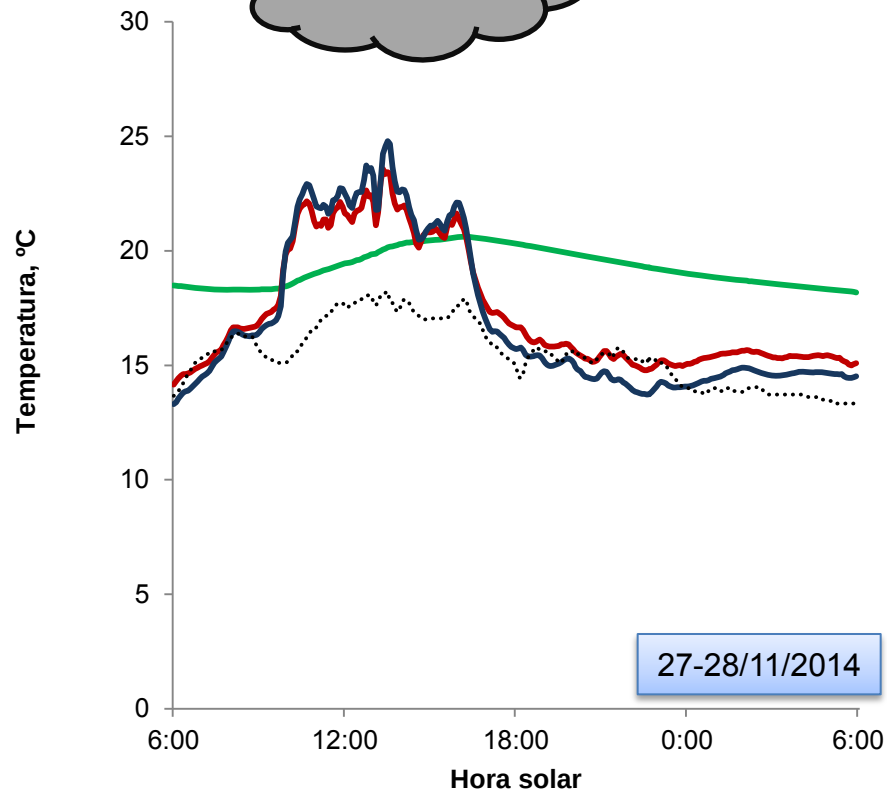


4-5/12/2014

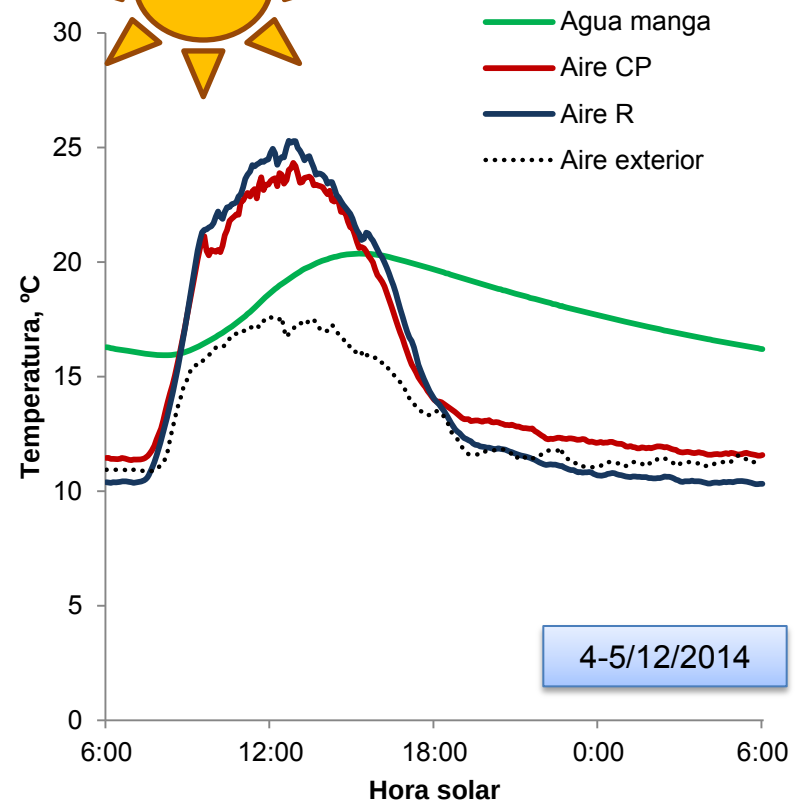
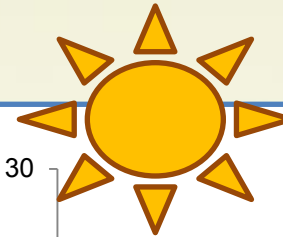


DINÁMICA TÉRMICA DIARIA

CASO: TEMPERATURA MÍNIMA EXTERIOR NO MUY BAJA



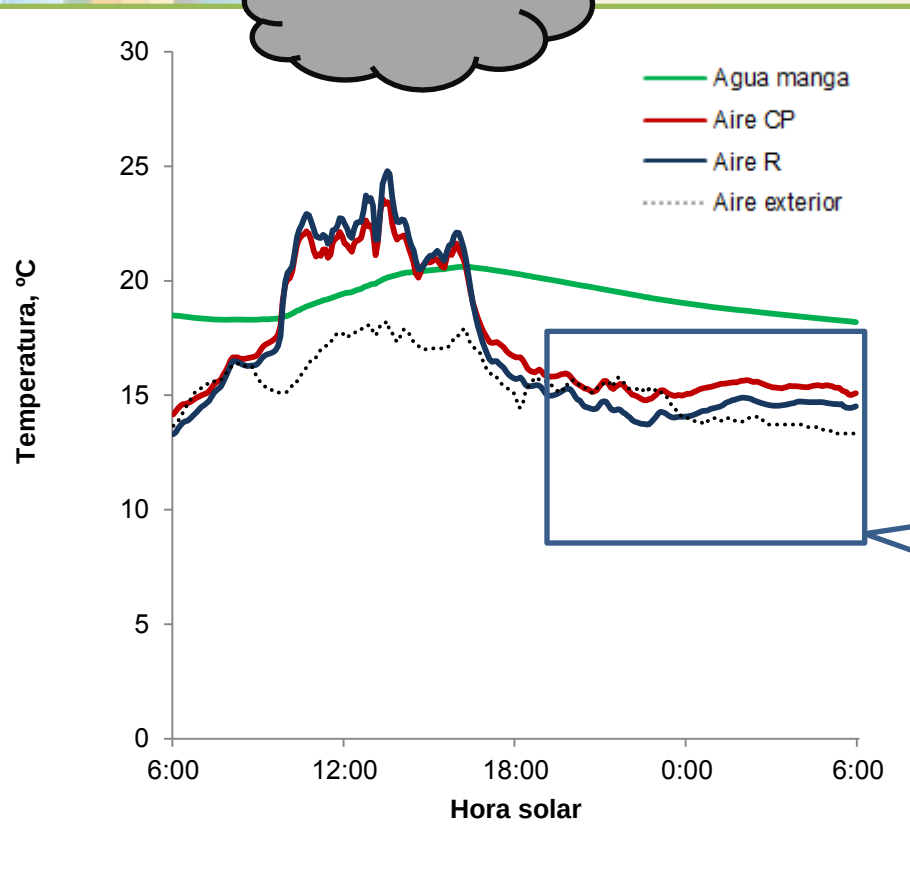
27-28/11/2014



4-5/12/2014

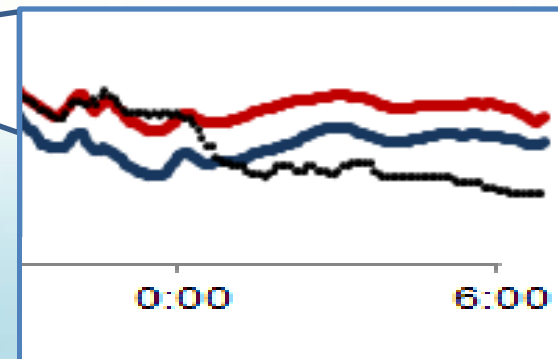
DINÁMICA TÉRMICA DIARIA

CASO: TEMPERATURA MÍNIMA EXTERIOR NO MUY BAJA



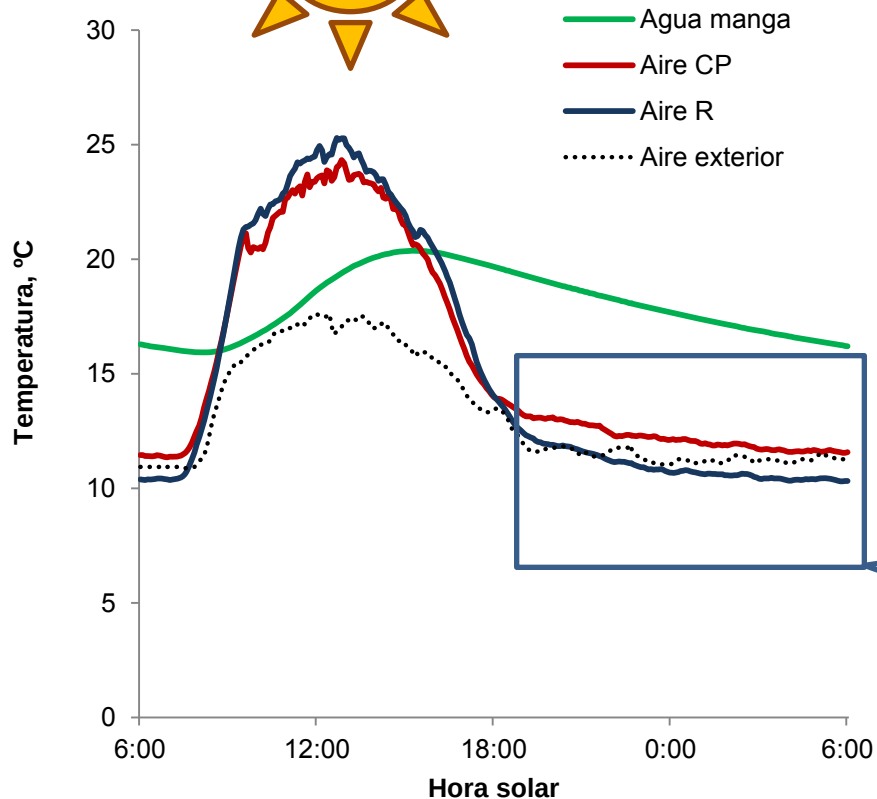
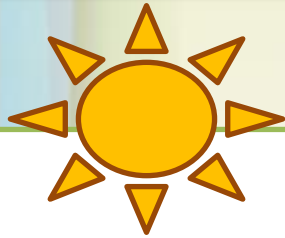
T^a agua en las mangas:
18,2 – 20,6 °C

Ligero aumento en CP
respecto R



DINÁMICA TÉRMICA DIARIA

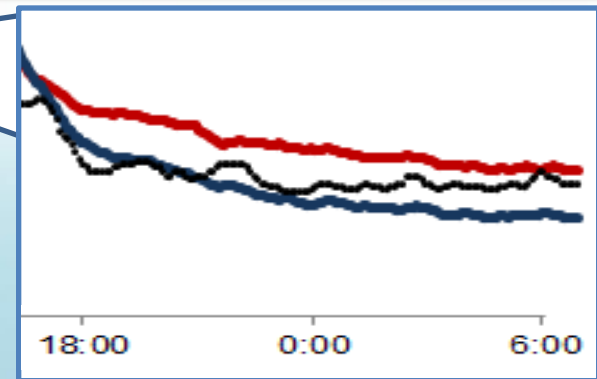
CASO: TEMPERATURA MÍNIMA EXTERIOR NO MUY BAJA



T^a agua en las mangas:
15,9 – 20,4 °C

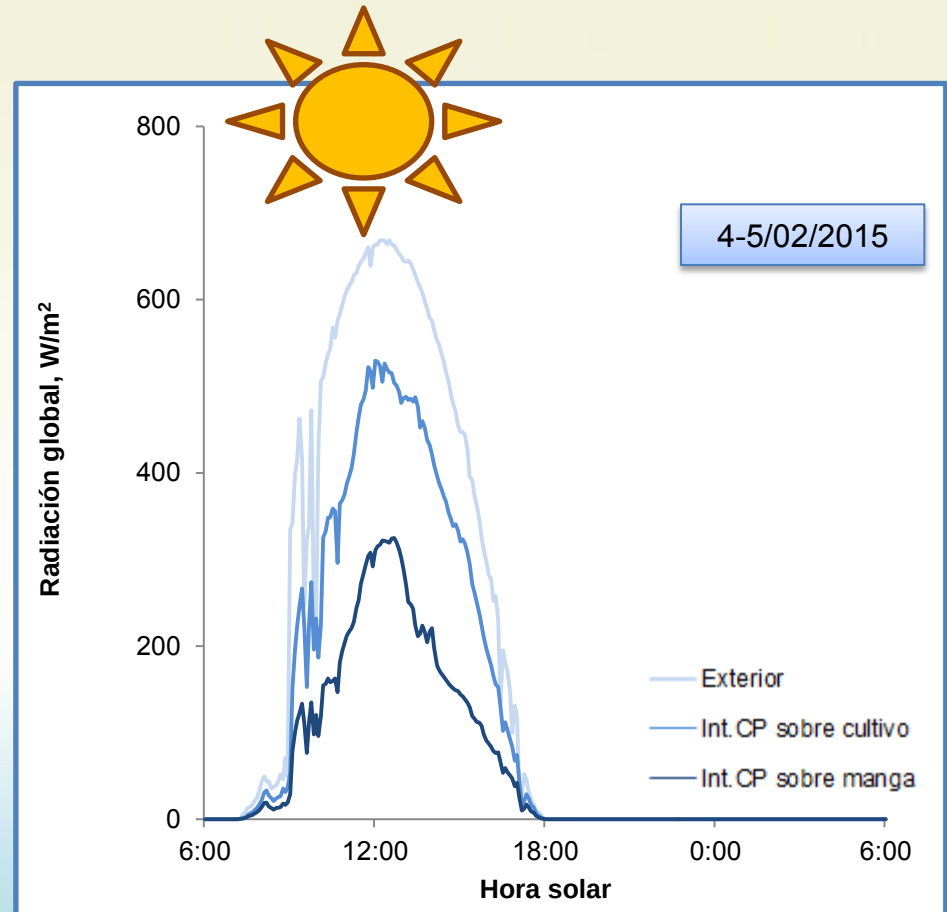
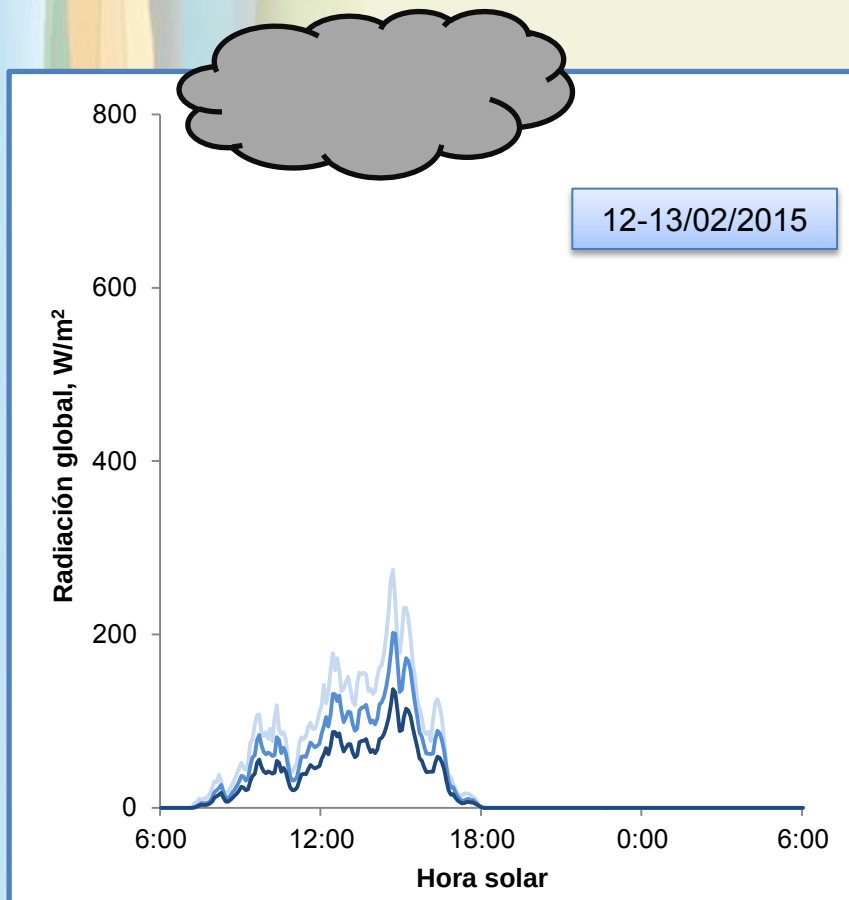
Aumento de la temperatura en el
módulo CP respecto a R de hasta
1,5 °C

En R se observa inversión térmica



DINÁMICA TÉRMICA DIARIA

CASO: TEMPERATURA MÍNIMA EXTERIOR BAJA

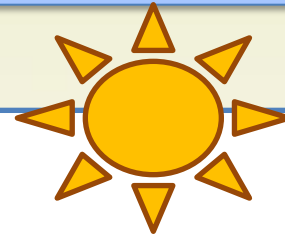
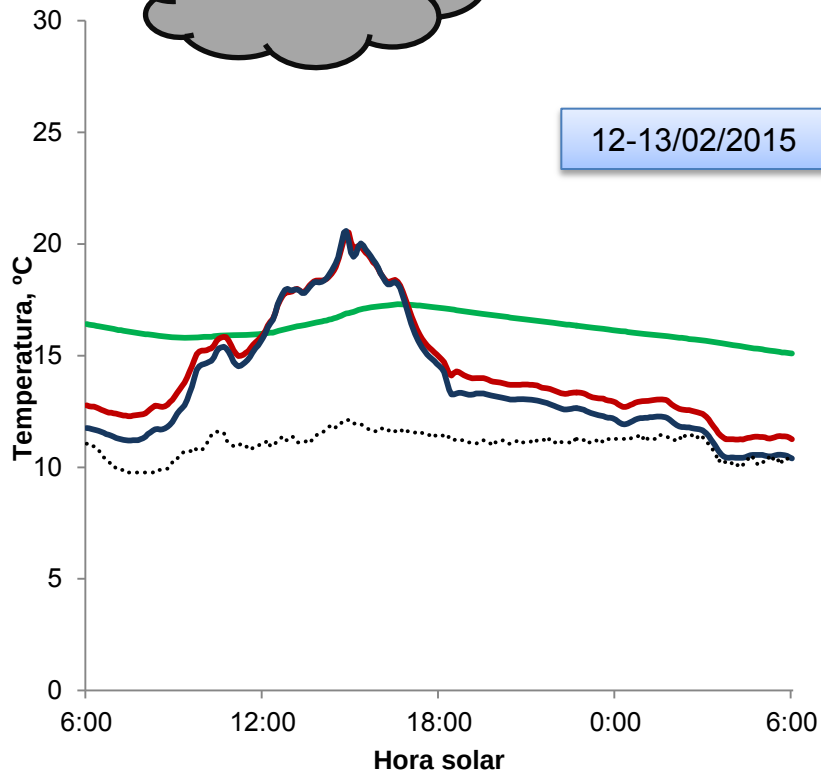


DINÁMICA TÉRMICA DIARIA

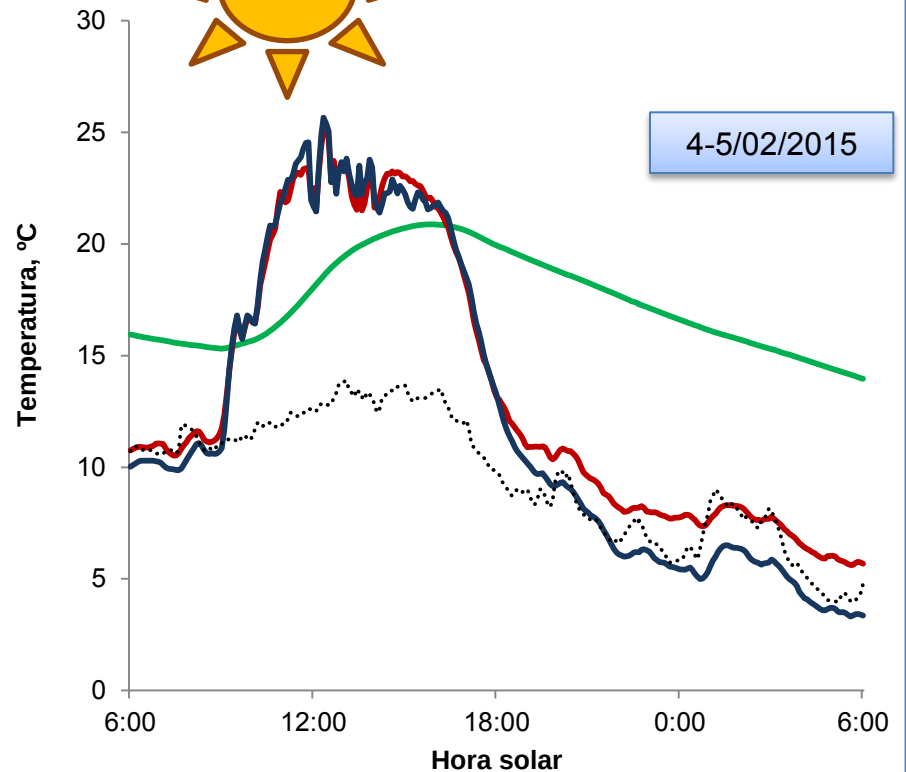
CASO: TEMPERATURA MÍNIMA EXTERIOR BAJA



12-13/02/2015

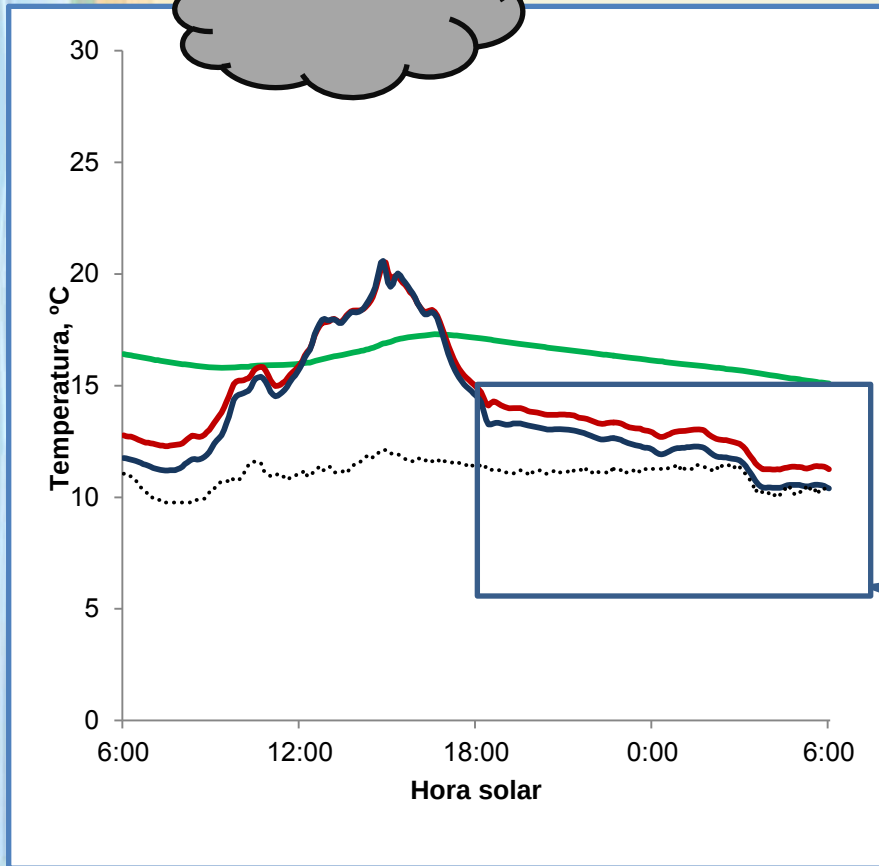


4-5/02/2015



DINÁMICA TÉRMICA DIARIA

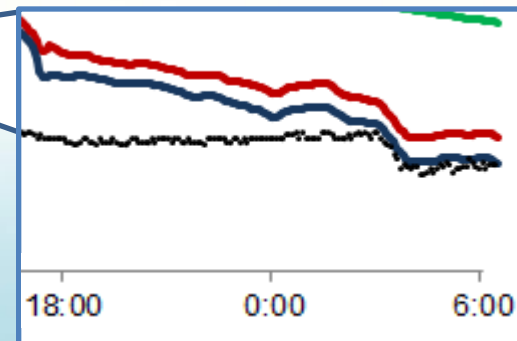
CASO: TEMPERATURA MÍNIMA EXTERIOR BAJA



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

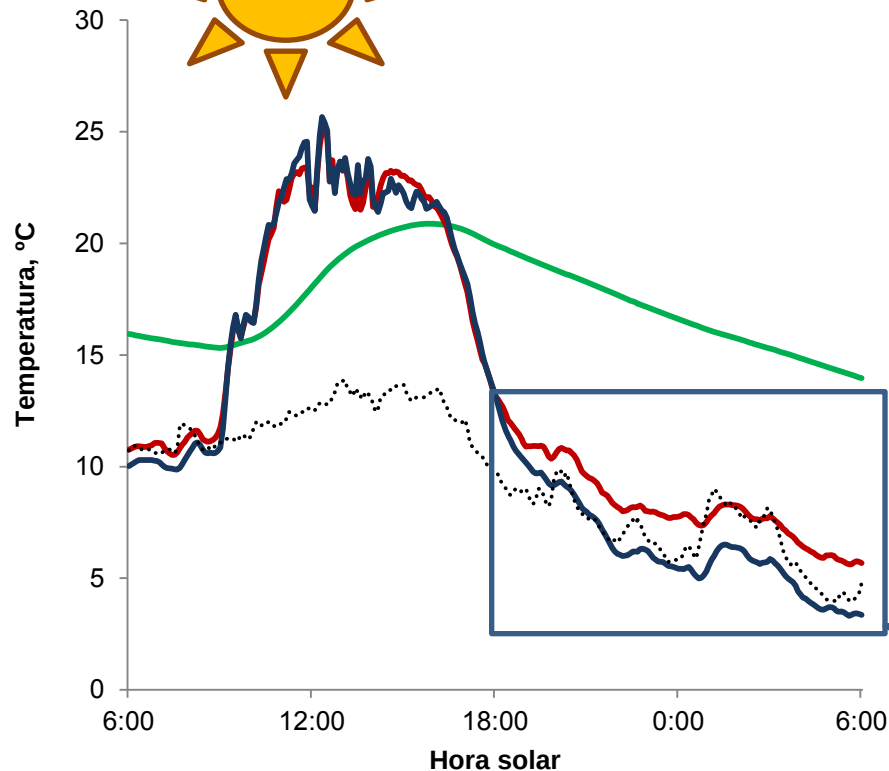
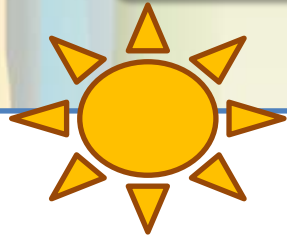
Ligero aumento de T^a en CP
respecto R

T^a superiores a los 10 °C



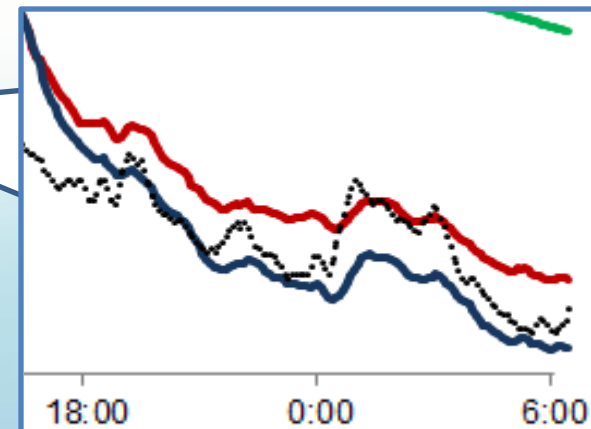
DINÁMICA TÉRMICA DIARIA

CASO: TEMPERATURA MÍNIMA EXTERIOR BAJA

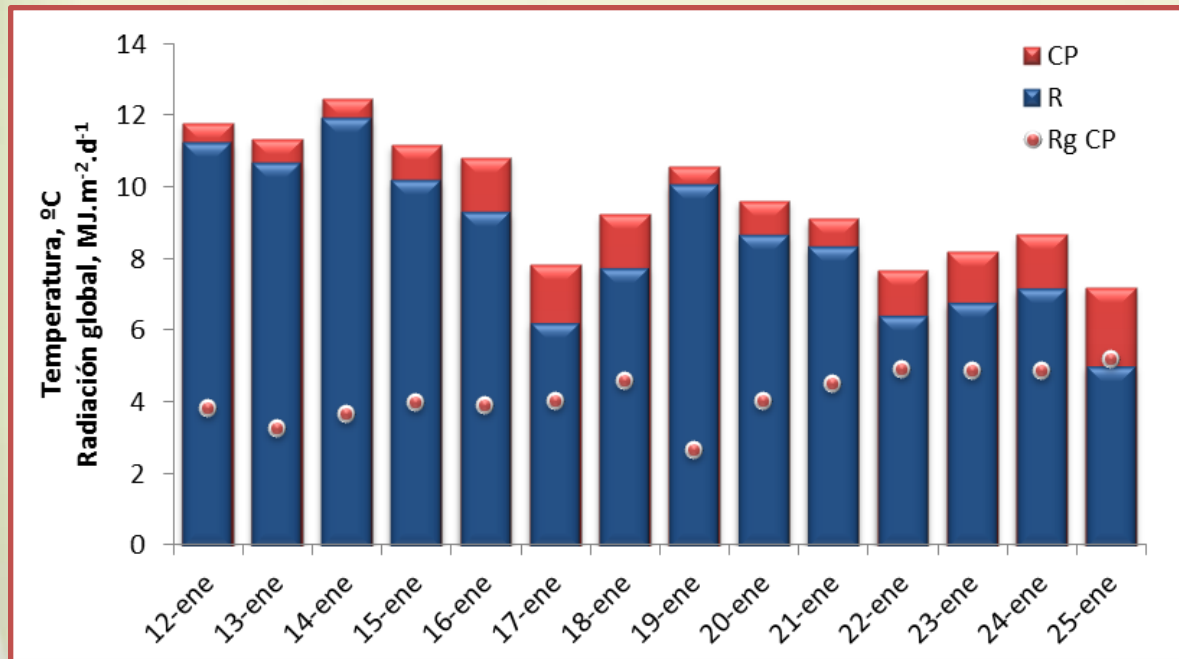


T^a agua en las mangas:
13,9 – 20,9 °C

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

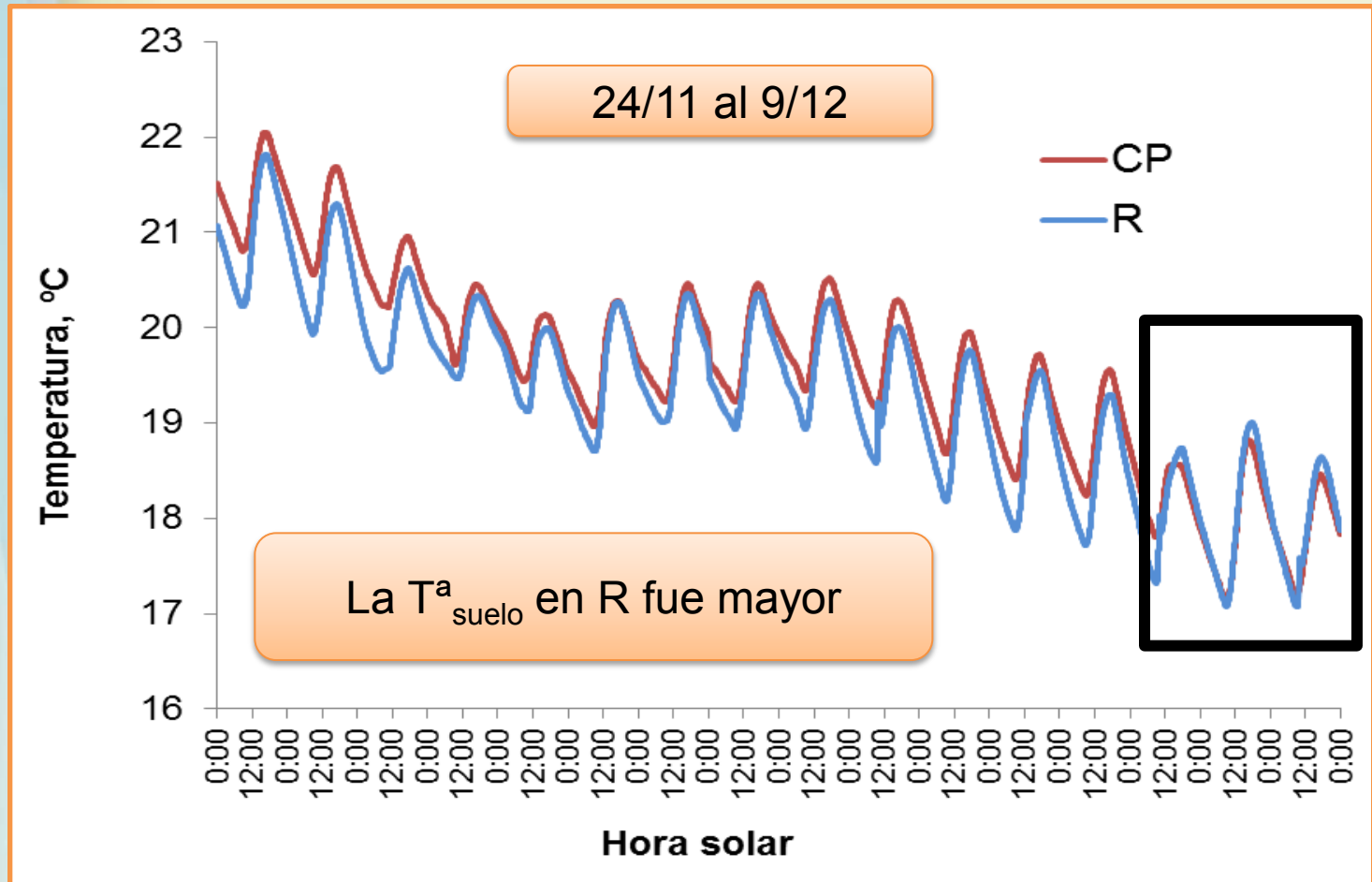
INCREMENTO TÉRMICO NOCTURNO

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

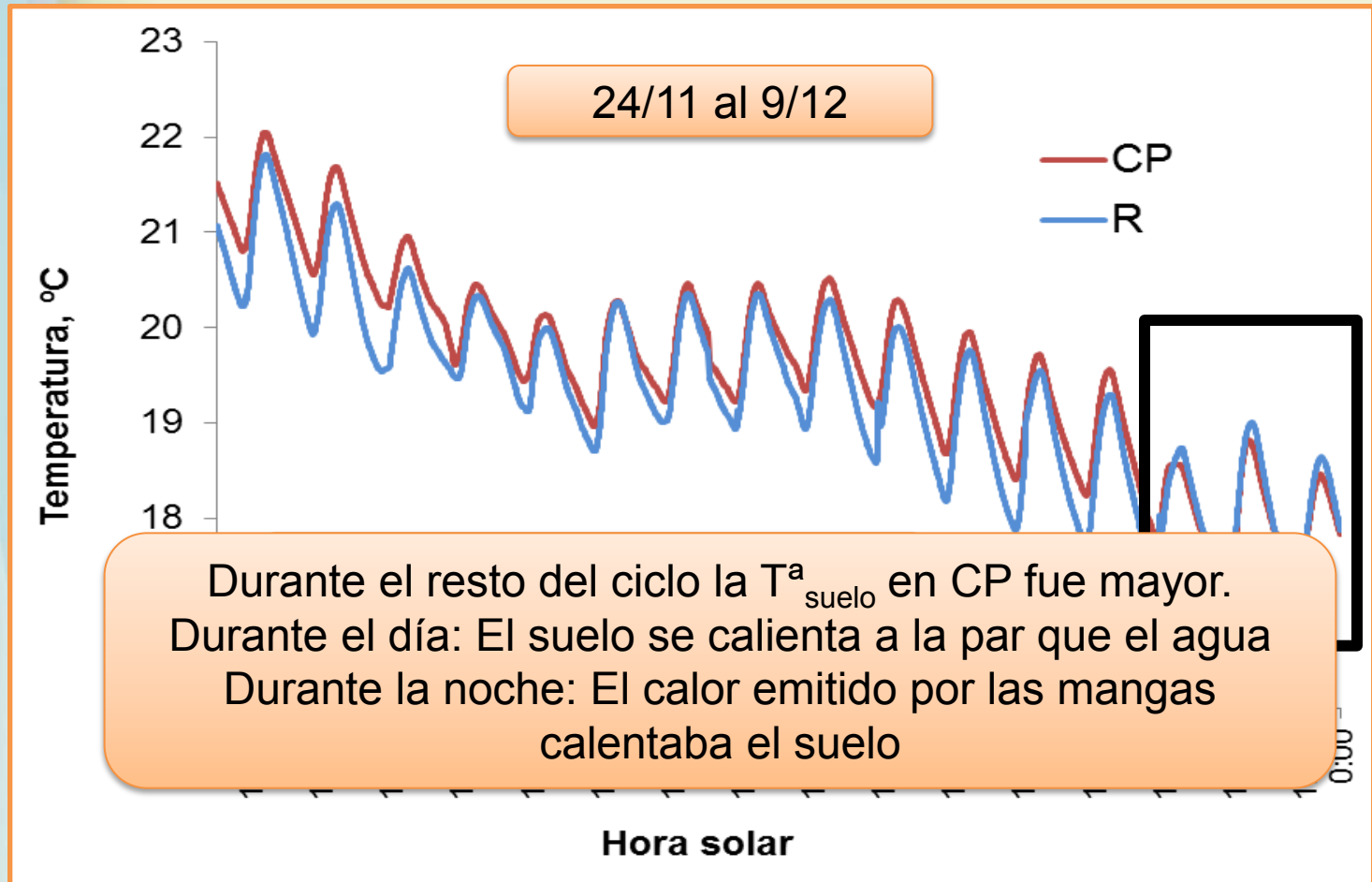
Un incremento térmico de 1,5 a 3 °C puede ser crucial para el desarrollo de cultivo de pimiento, ya que T^a limitantes se sitúan entre 10 – 12 °C



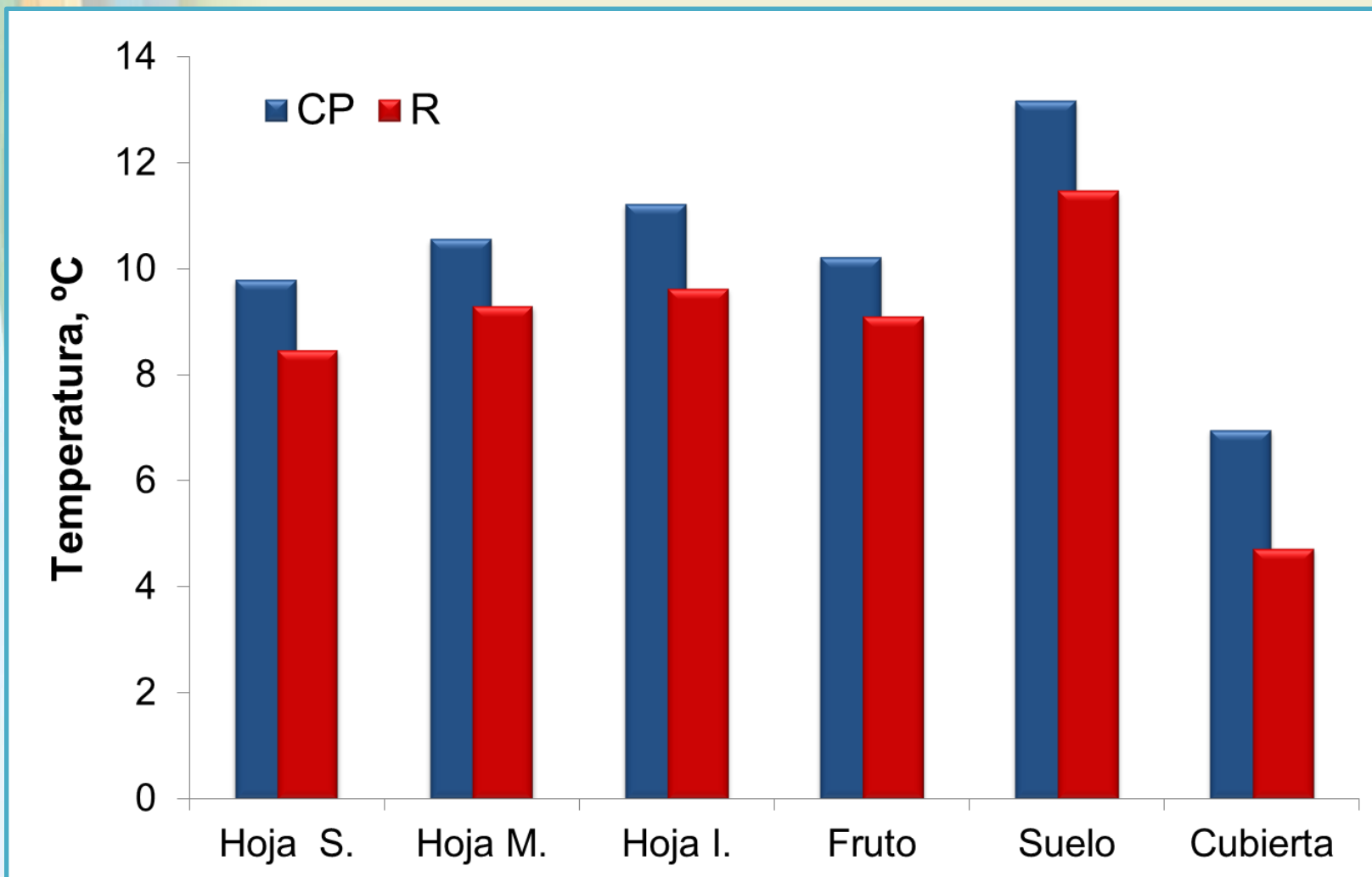
INFLUENCIA SOBRE LA TEMPERATURA DEL SUELO



INFLUENCIA SOBRE LA TEMPERATURA DEL SUELO



INFLUENCIA SOBRE LA TEMPERATURA EN EL CULTIVO



INFLUENCIA SOBRE LA BIOPRODUCTIVIDAD

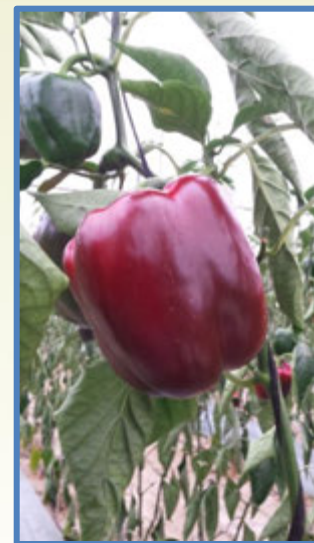
BIOMASA: Más materia seca de fruto en CP respecto R.
Hojas de igual tamaño, pero más finas.

Módulo	Hoja (g/m ²)	Tallo (g/m ²)	Fruto (g/m ²)	LAI (m/m ²)	SLA (m ² /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 ²)	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

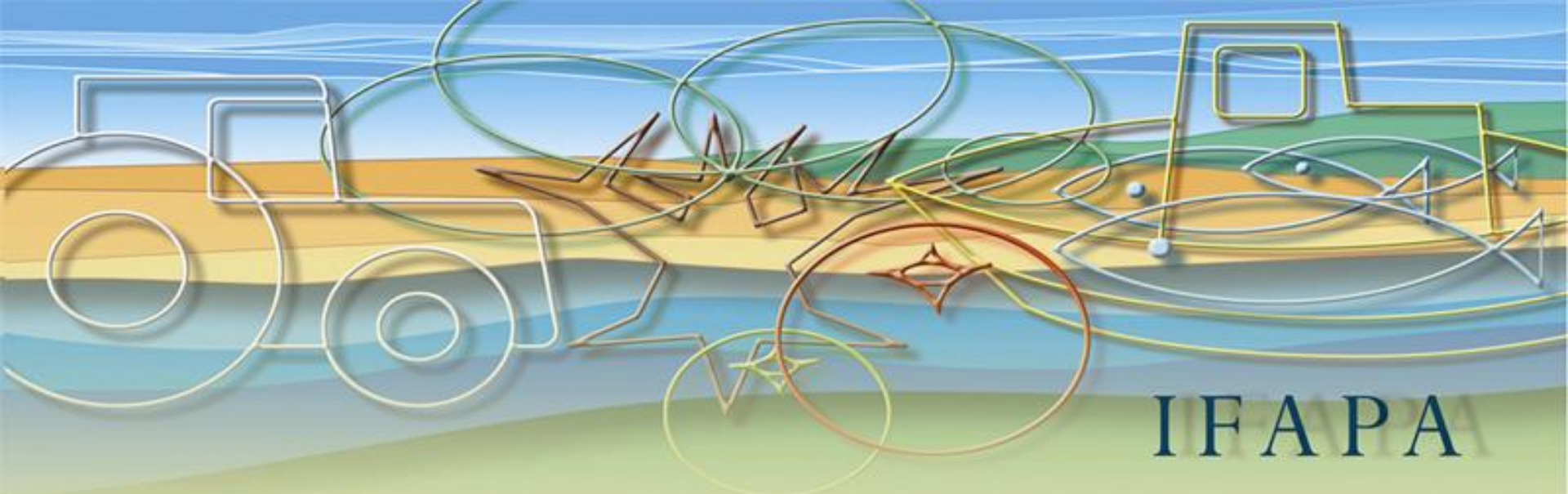
Los acumuladores de calor mejoran la temperatura de la planta y del suelo lo que permite incrementar en un 12% la producción de fruto comercial debido al desarrollo de un mayor número de frutos durante el ciclo.

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

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

