



Calefacción de invernaderos mediante biomasa

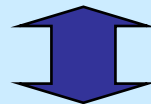
Juan Carlos López Hernández
FUNDACION CAJAMAR

Temperatura mínima

Niveles inferiores a la temperatura mínima biológica provocan:

- Reducción del transporte y distribución de asimilados
- Disminución de la absorción de agua y sales
- Pérdida de fertilidad
- Reducción del crecimiento

T^a media nocturna invernal ($7-9^{\circ}\text{C}$) < T^a óptima nocturna ($15-20^{\circ}\text{C}$)



↓ Productividad

↓ Calidad frutos

↑ Precios altos



Variedad de sistemas disponibles

- La incorporación de sistemas de calefacción al invernadero aumenta la cantidad y calidad de la producción.
- El coste de la instalación en orden creciente es:
 - aire caliente combustión directa
 - aire caliente combustión indirecta
 - agua caliente a baja temperatura
 - agua caliente a alta temperatura



En todos los casos se consumen combustibles fósiles de elevado coste y generadores de emisiones de CO₂

Generador de aire caliente



Calderas de calefacción por agua



Combustibles

•Combustibles fósiles:

Debido al alto coste de los combustibles fósiles, la incorporación de estos sistemas necesitan de un mercado que 'garantice' el precio final del producto



Poder calorífico inferior (PCI) combustible:

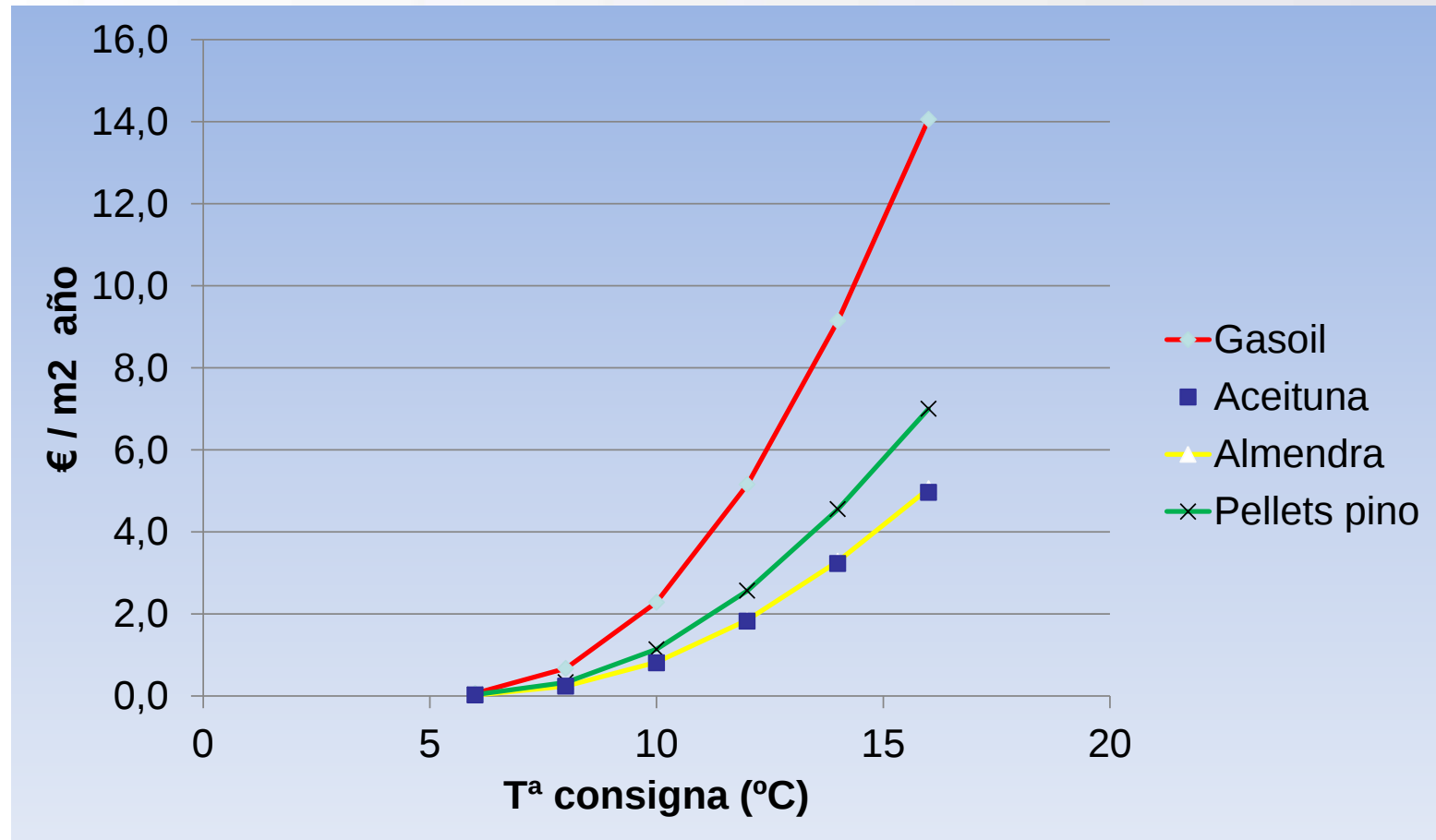
Gasoil	10.146 kcal kg ⁻¹
Propano	11.450 kcal kg ⁻¹
Fueloil	9.600 kcal kg ⁻¹
Biomasa	3.000-4.500 kcal kg ⁻¹

•Biomasa:

La biomasa es la que presenta una mayor relación PCI/coste, por lo que es el combustible más barato.

Su combustión elimina un problema medioambiental derivado de la descomposición natural "incontrolada" de la misma.

Coste de combustible



Gasto anual en calefacción del invernadero para diferentes combustibles a distintas temperaturas de consigna durante un año en El Ejido

Calefacción por biomasa



Tipos de biomasa-residuos agrícolas

RESIDUOS DE CULTIVOS

- HERBÁCEOS:



- LEÑOSOS



RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

- FRUTOS SECOS



- ALMAZARAS



RESIDUOS VEGETALES DE INVERNADERO



Acondicionamiento de la biomasa (3)

Compactación (peletizado)

Se basa en la presión ejercida por una serie de rodillos (de 1 a 5) sobre los residuos situados sobre una matriz metálica dotada de orificios de calibre variable (0,5 a 2,5 cm.)



- 6-12 mm de diámetro
- 20-60 mm de longitud
- densidad 600 kg/m³



Calderas de biomasa para la calefacción de invernaderos

Las caldera más adecuada para su empleo en invernadero, debe ser un equipo **robusto**, de **fácil manejo** y con **alimentación** de combustible **automatizada**

A. Calderas de agua



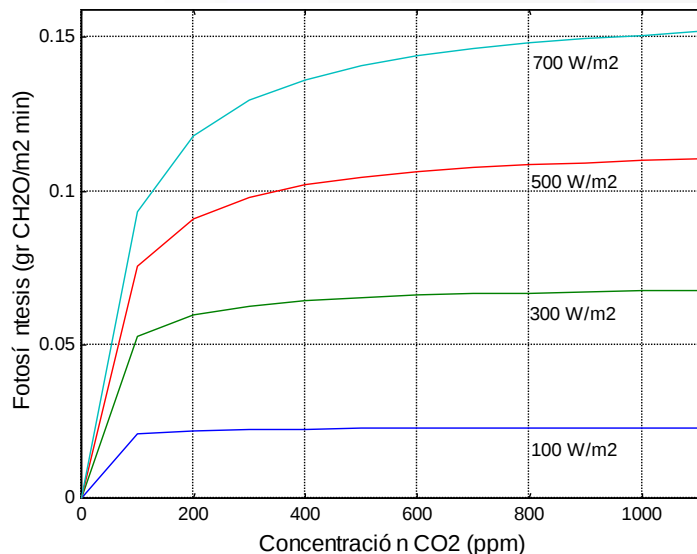
B. Generadores de aire



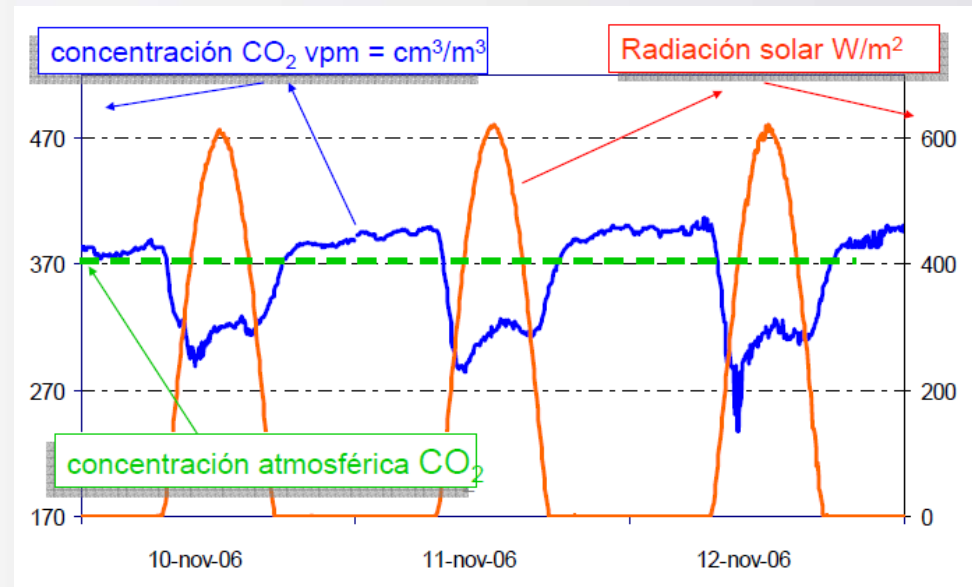


Concentración de CO₂

- La temperatura y concentración de dióxido de carbono (CO₂) son, junto con la disponibilidad de radiación solar, los factores determinantes de la fotosíntesis, y por tanto del crecimiento y productividad.
- La concentración de CO₂ óptima para el desarrollo de las especies hortícolas se ha establecido entre el rango de 700 - 1000 $\mu\text{mol mol}^{-1}$.
- Debido al proceso de asimilación del dosel vegetal, en el interior del invernadero se produce un decremento respecto de la concentración de CO₂ atmosférica (370 $\mu\text{mol mol}^{-1}$), limitando los cultivos.



(Rodríguez, F.)



Beneficios del control de clima y CO₂

Hay una sinergia entre CO₂ y temperatura



Producción de fruto
(kg m⁻²)

Enriquecido
+
Calefactado

Calefactado

Testigo

15,7

12,4

10,0

Incremento

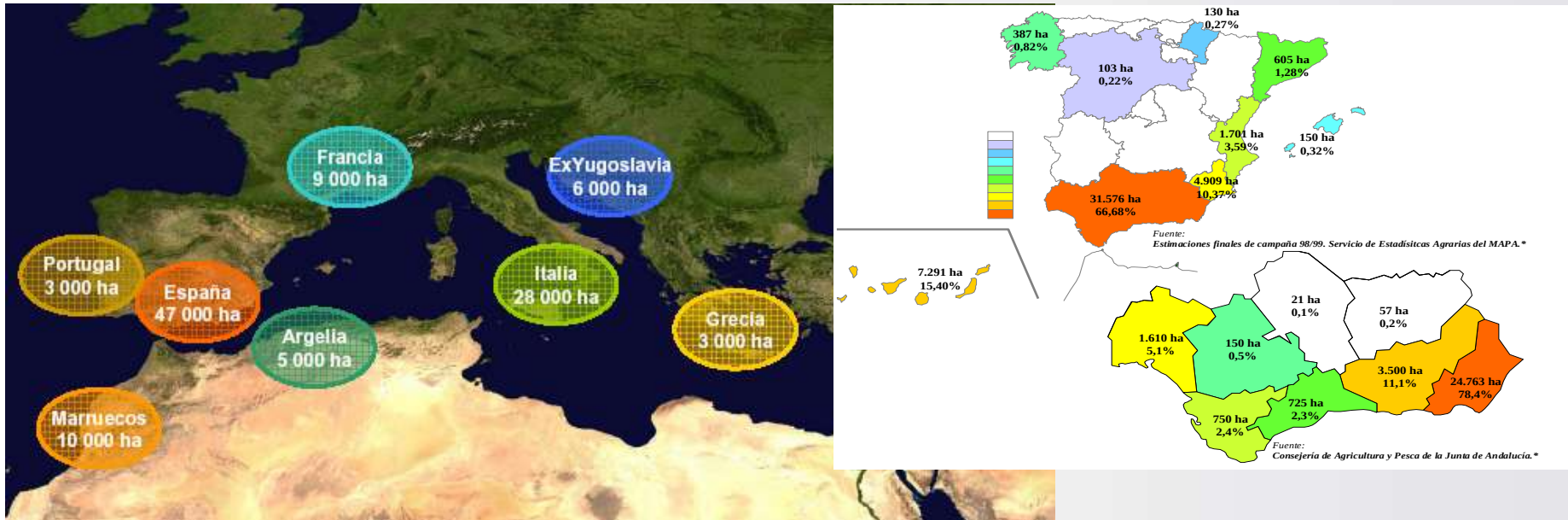
26%

24%

56 %

(Lorenzo, P.)

Beneficios ambientales del uso de CO₂ en invernaderos



- Los cultivos bajo plástico constituyen un sumidero “natural” de CO₂
- El enriquecimiento carbónico mejora la productividad
- El uso no se han extendido por el coste del CO₂ (0,2 €/kgCO₂)
- Cada hectárea fija de forma natural 37 TmCO₂/Ha año
 - 9,2·10⁵ TmCO₂/año en Almería, 1,7·10⁶ TmCO₂/año en España

Estrategias de aporte de CO₂

- *Inyección de CO₂ almacenado en tanques o bombonas:*

Consiste en inyectar CO₂ procedente de bombonas o tanques. Es un método sencillo de instalar y regular, no depende de la actividad de otros elementos dentro del invernadero para su actividad y el aporte es inmediato. El gas se inyecta sin impurezas. El mayor inconveniente es el coste del CO₂.

- *Utilización de gases de combustión de la instalación de calefacción*

Este método consiste en recuperar los gases de combustión de la calefacción e introducirlos en el invernadero. Tiene el inconveniente de proporcionar CO₂ en el momento donde es menos efectivo, durante la noche, que es cuando suele funcionar la calefacción. Es importante la naturaleza del combustible utilizado, ya que los gases de combustión pueden contener compuestos tóxicos.

Optimización del enriquecimiento carbónico

APLICACIÓN DE COMBUSTIÓN DIRECTA PARA CALOR Y/O CO₂

Estudiar las concentraciones máximas admisibles de gases tóxicos en los gases de combustión. Determinar el aumento de producción por el uso de sistema de enriquecimiento carbónico con gases de combustión directa. Minimizar las pérdidas de CO₂ y maximizar el rendimiento de los cultivos combinando control de temperatura y CO₂ con gases de combustión directa

APLICACIÓN DE CAPTURA DE CO₂ ACOPLADA A PRODUCCION DE CALOR

Demostrar la posibilidad de utilizar calderas de biomasa en sistemas de calefacción de invernaderos. Desarrollar un sistema de enriquecimiento carbónico a partir de los gases de combustión generados.

Optimización de la inyección directa



Límites de toxicidad

La combustión directa permite aportar calor y/o CO₂ pero pueden presentarse toxicidades para personas y plantas.

concentraciones máximas aceptables (vpm) para humanos y plantas

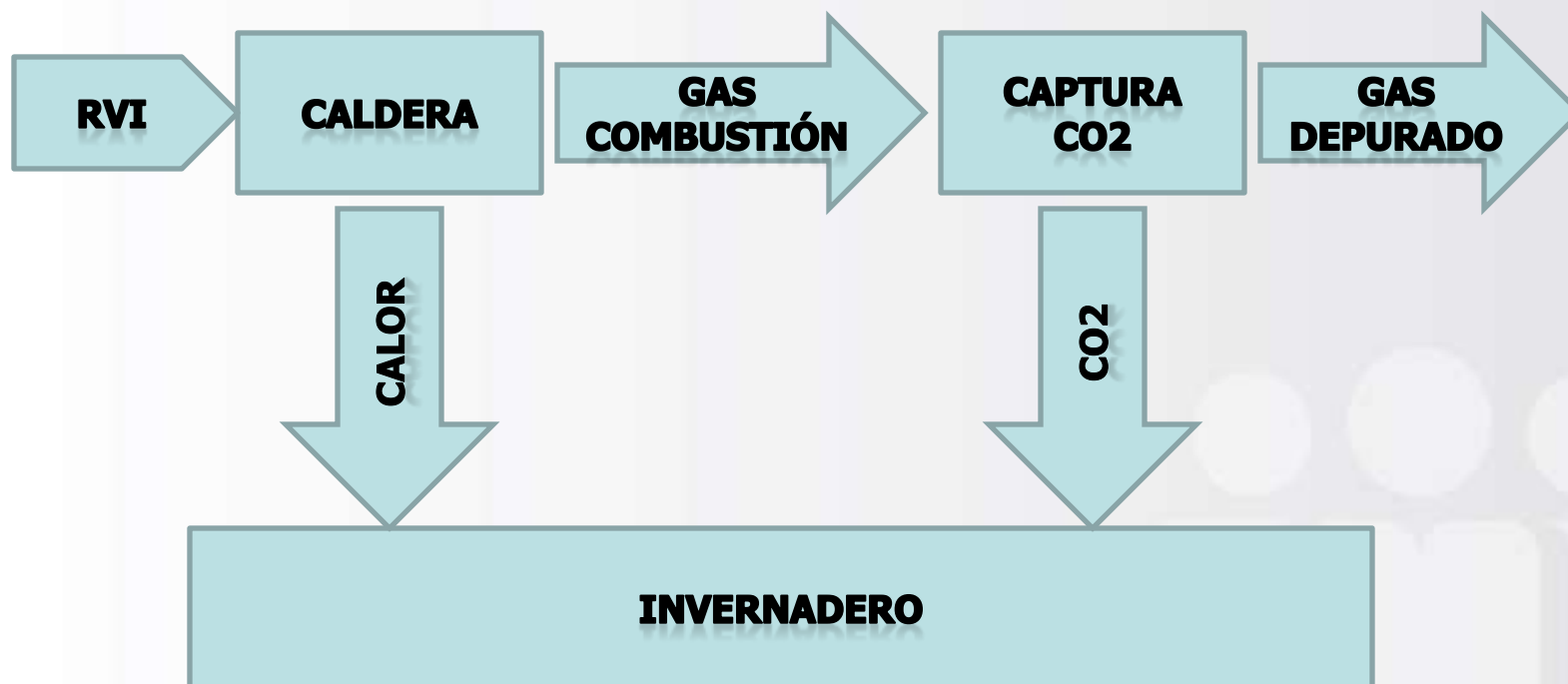
GAS	PERSONAS	PLANTAS	PLANTAS³
CO₂	5000	4550¹	1600
CO	47	100¹	
SO₂	3,5	0,1¹	0,015
H₂S	10,5	0,01¹	
C₂H₄	5,0	0,01¹	0,020
NO	5,2¹ / 5,0²	0,5¹ / 0,01-0,1²	0,250
NO₂	5,0²	0,2-2,0²	0,100

La concentración de los gases nocivos que puede dañar los cultivos depende de: duración de la exposición del gas, cultivo, radiación, temperatura, humedad, etc.

Los síntomas observados en las plantas cultivadas bajo gases tóxicos son: reducción en el crecimiento, color verde oscuro de las hojas, hojas deformes, reducción del área foliar y abortos florales.

Descripción del sistema

- Las calderas de biomasa pueden utilizarse en sistemas de calefacción convencionales, con el consiguiente ahorro en combustible y sostenibilidad del proceso.
- Debido al desacoplamiento de los requerimientos de calor y CO₂ para aprovechar tanto el calor como el CO₂ generados durante la combustión es necesario almacenar uno u otro. Se pretende almacenar el CO₂.



Descripción del sistema

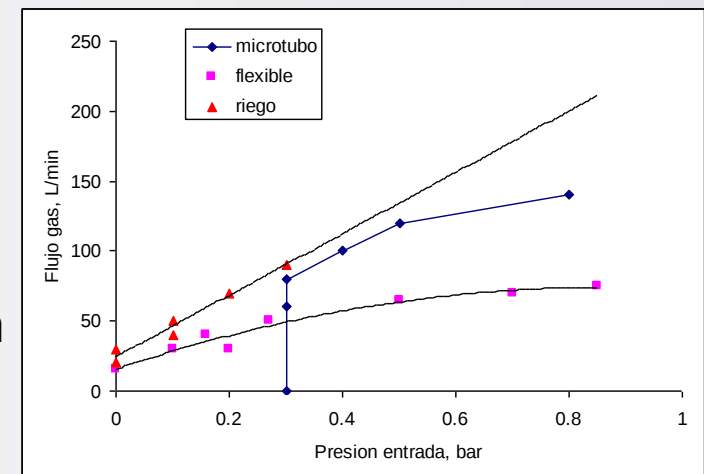
SISTEMA DE CAPTURA DE CO2



Depósito de 2 m³, carbón activo, soplante de baja presión, válvula de regulación y sensor de CO2

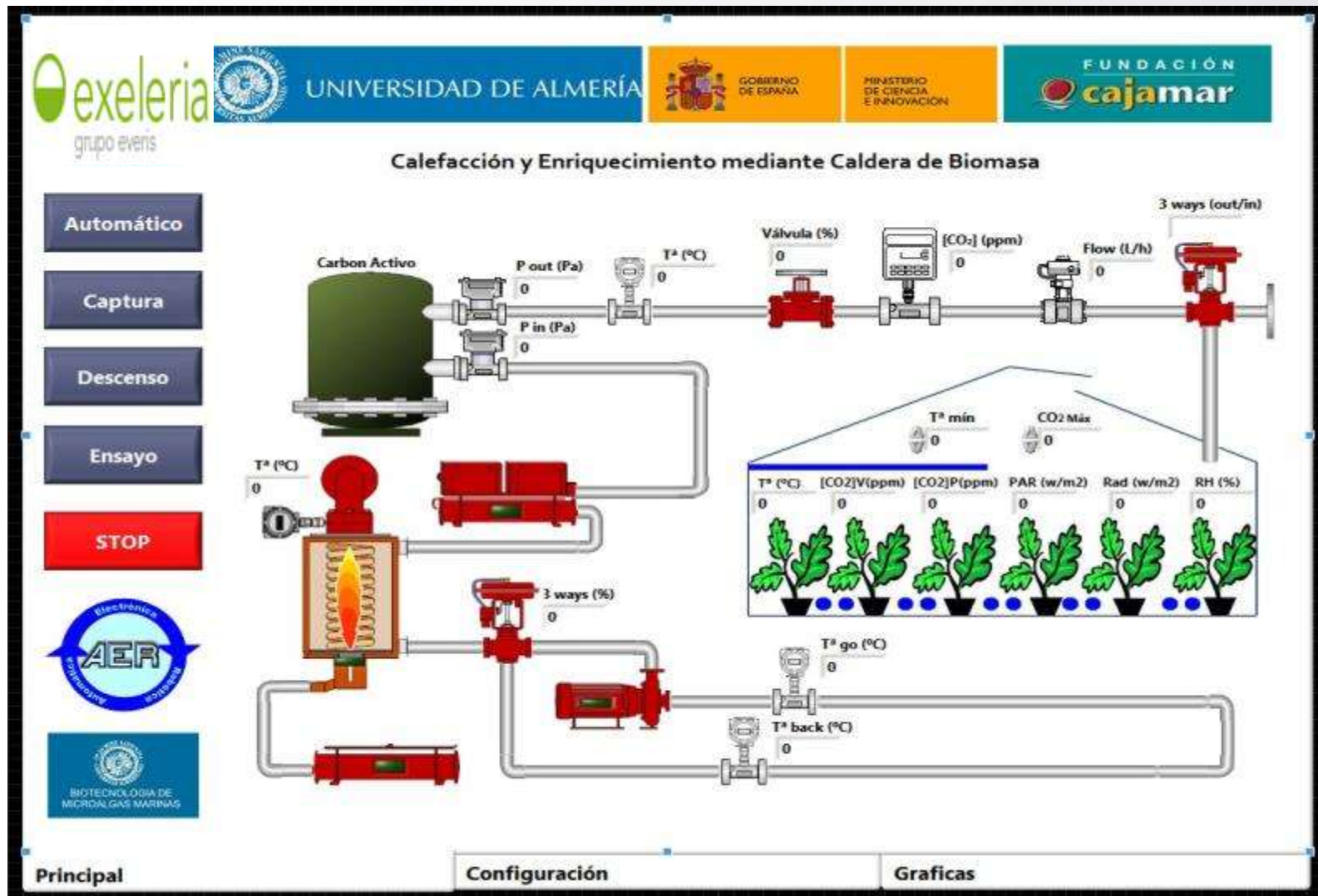
Tuberías de polietileno de riego por goteo

SISTEMA DE DISTRIBUCION DE CO2



CAPTURA DE CO2 ACOPLADA A PRODUCCION DE CALOR

Control del sistema



Demostración del sistema

SISTEMA DE CALEFACCIÓN

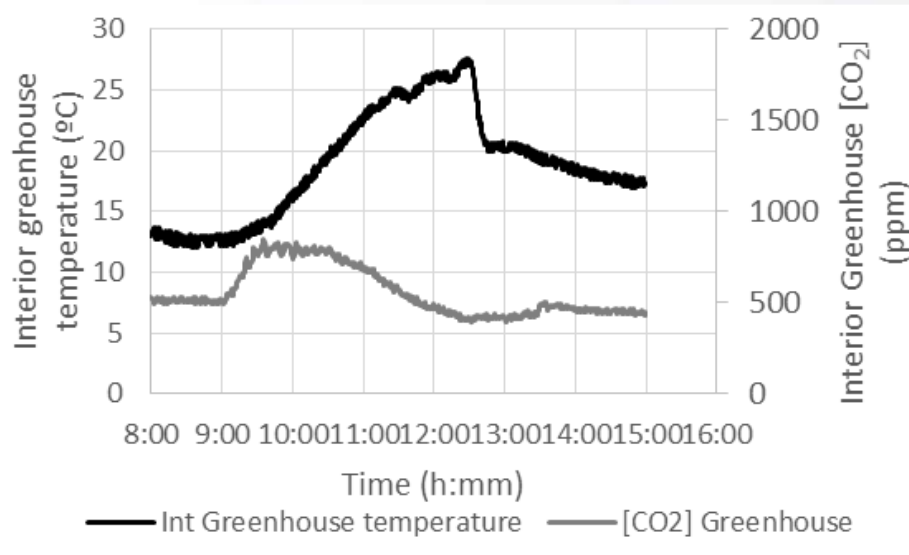
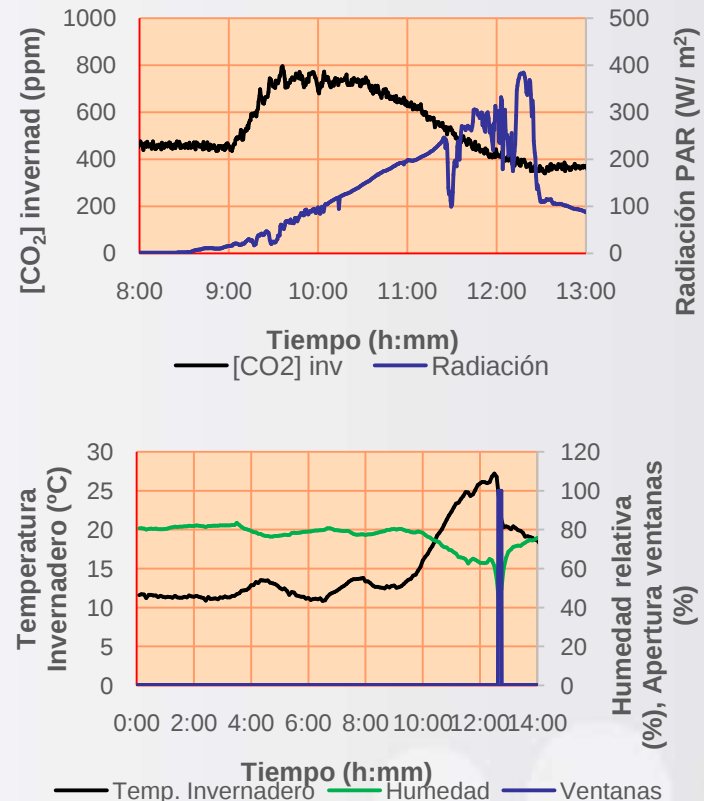


Figure. Greenhouse air temperature during the CO₂ supply with closed vents.

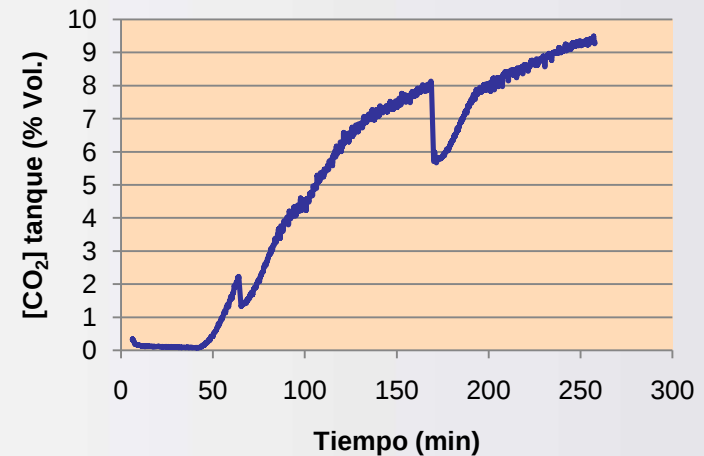
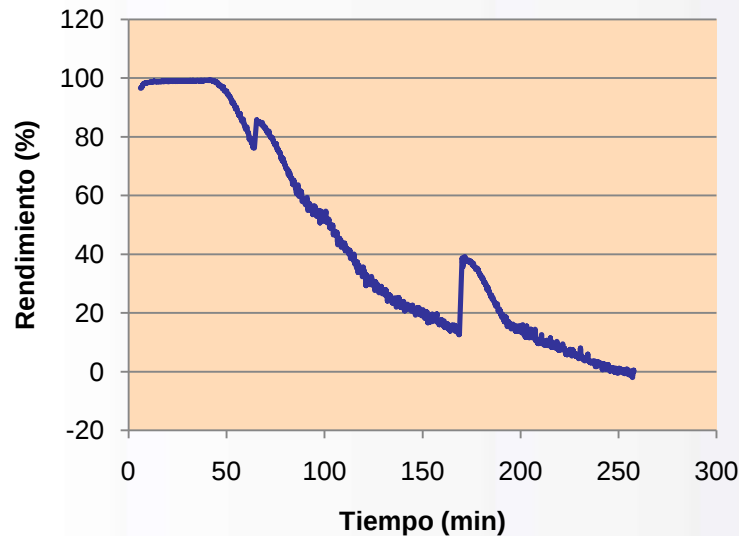
SISTEMA DE ENRIQUECIMIENTO CO₂



- Durante la noche:
 - Aumento de temperatura de 3°C respecto al sistema sin calefacción
- Durante el día:
 - Incremento de la concentración de CO₂ hasta 800 vpm a demanda

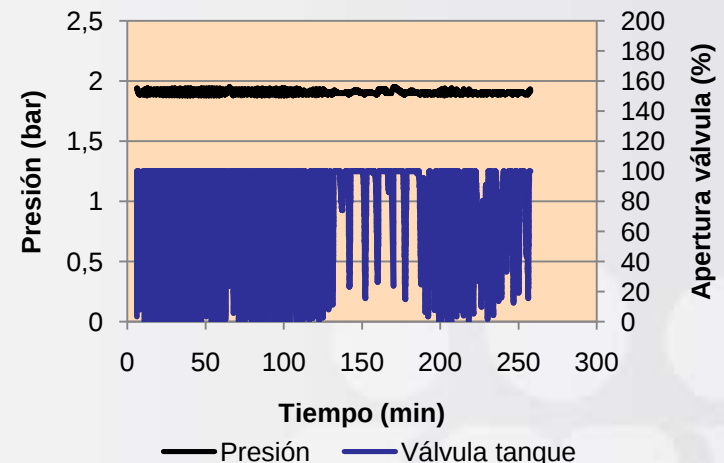
Descripción del sistema

ADSORCIÓN DE CO₂ EN TANQUE DE CARBÓN ACTIVO



Cantidad de CO₂ retenida: 35 Kg

A presión elevada se retiene el CO₂ desde el gas de combustión. El resto de gases son emitidos a ambiente al liberar gas para regular la presión.





GRACIAS

