



NUEVAS ESTRATEGIAS DE  
CLIMATIZACIÓN EN  
INVERNADEROS:

# SISTEMAS SEMICERRADOS



# » ÍNDICE

## A. EVOLUCIÓN DE LOS INVERNADEROS.

1. DEFINICIÓN DE INVERNADERO.
2. VENTAJAS DEL CULTIVO EN INVERNADEROS.
3. EL INVERNADERO EN CIFRAS.
4. TIPOS DE INVERNADEROS.
5. CAMBIOS EN LAS ESTRUCTURAS Y TIPOS DE INVERNADEROS.
6. TENDENCIAS ACTUALES EN EL DISEÑO DE INVERNADEROS.
7. RETOS DEL SECTOR DEL INVERNADERO.
8. EL INVERNADERO COMO HERRAMIENTA DE CONTROL DEL CLIMA.

## B. SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN SEMICERRADOS.

9. SISTEMAS SEMICERRADOS. DEFINICIÓN.
10. SISTEMAS SEMICERRADOS. VENTAJAS.
11. SISTEMAS SEMICERRADOS. FUNCIONAMIENTO.
12. ESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DE LOS SISTEMAS SEMICERRADOS.

## C. HACÍA EL INVERNADERO RESIDUO CERO.

13. EL INVERNADERO RESIDUO CERO.

EVOLUCIÓN DE LOS INVERNADEROS

## 1. DEFINICIÓN DE INVERNADERO

El invernadero es una **instalación cubierta y cerrada artificialmente con materiales transparentes** para proteger las plantas de acciones climatológicas adversas (bajas temperaturas, vientos fuertes, granizos, lluvias torrenciales, baja humedad del aire y fuertes radiaciones solares).

En el interior del invernadero se crea un microclima que **beneficia el desarrollo de cultivos en todo su ciclo vegetativo**. Obteniéndose mayor nivel de producción y crecimiento de las plantas que en el cultivo en el exterior.

En definitiva, los sistemas de **invernadero**:

- **Mejoran las condiciones de crecimiento** de cultivos hortícolas, frutales y ornamentales.
- La envoltante del invernadero protege, a las plantas, de los agentes atmosféricos adversos y, junto al equipamiento adecuado, influye y en última instancia **modifica el microclima del cultivo**.
- Se alarga así, la disponibilidad de mercado de los productos, mejorando su calidad y permitiendo mayores rendimientos.
- **La producción de invernadero tiene un rendimiento más alto por unidad de área que los cultivos en campo abierto.**



*“La agricultura protegida surgió como una forma de resguardar los cultivos de las condiciones climáticas adversas, permitiendo la producción durante todo el año, y la aplicación de una actividad agrícola integrada y enfocada en la gestión de la protección para obtener un mayor control de las plagas y enfermedades”.*

FAO. Good Agricultural Practices for Greenhouse Vegetable Crops).

## EVOLUCIÓN DE LOS INVERNADEROS

### 2. VENTAJAS DEL CULTIVO EN INVERNADEROS

- ✓ Poder **cultivar fuera de época y conseguir mayor precocidad.**
- ✓ Permitir la creación de un **microclima adecuado al cultivo.**
- ✓ Ampliar la **variedad de cultivos** disponibles.
- ✓ Aumento de la **producción y la calidad.**
- ✓ Mejor **control de las plagas y enfermedades.**
- ✓ **Evitar riesgos de catástrofes naturales** sobre el cultivo.
- ✓ Trabajar con **más comodidad y seguridad.**

El invernadero, tanto en agricultura convencional como ecológica, es una barrera física entre el medio exterior y el interior, donde se mantienen las plantas.

Desde este concepto, es posible construir modelos productivos sostenibles, por la incorporación de elementos que generen **condiciones adecuadas para la obtención de alimentos sanos.**



EVOLUCIÓN DE LOS INVERNADEROS

### 3. EL INVERNADERO EN CIFRAS

La superficie mundial de invernaderos permanentes es 500.000 has (40.000 has de vidrio y el resto de plástico).

Europa (210.000 has) es la zona mundial con mayor implantación de invernaderos, por delante de Asia (180.000 has). Aunque este último es donde el área invernada se está expandiendo con más intensidad.

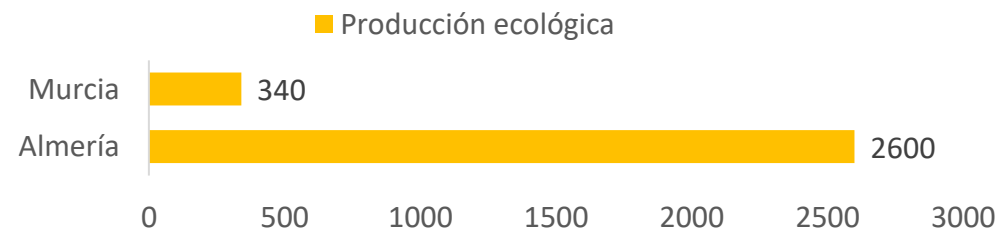
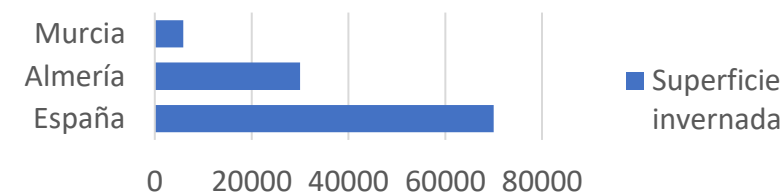
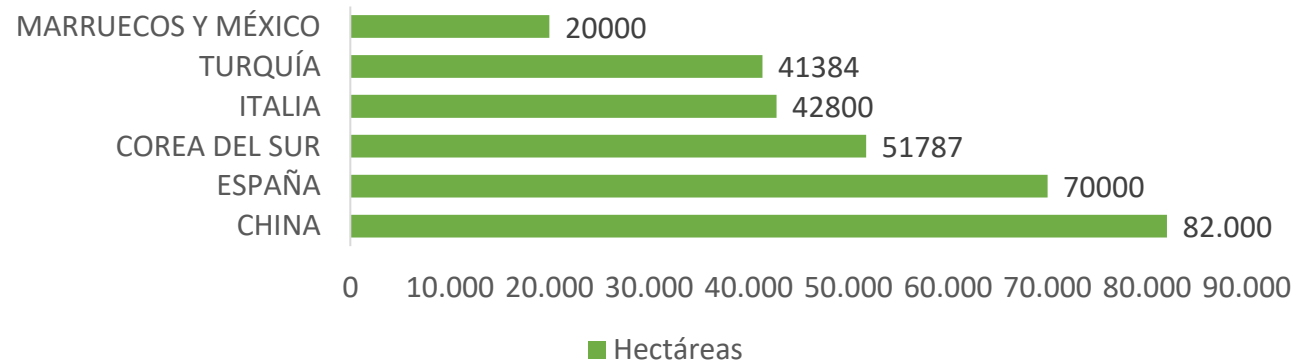
La distribución de las 70.000 has invernadas de España es de la siguiente:

- Almería: 30.000 has.
- Murcia: 5.861 has

Producción agrícola ecológica en invernadero en España:

- Almería: 2.600 has, y se prevé llegar a 5.000 has en 5 años
- Murcia: 340 has

FUENTES: (fuente: Departamento de estudios. Rabobank. 2018). (Centro Regional de Estadística de Murcia, 16-06-20). EFE AGRO, 15 de mayo de 2018). CREM, Centro Regional de Estadística de Murcia. Datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Estadísticas de agricultura ecológica).



EVOLUCIÓN DE LOS INVERNADEROS

## 4. TIPOS DE INVERNADERO

La clasificación es según sus características constructivas:

- **Tipo Parral:**
  - **“Raspa y amagao”:** es el invernadero típico de Almería.
  - **Casasombra:** el cerramiento es completamente en malla.
- **Tipo multitúnel:** Tienen un óptimo reparto de la transmisividad luminosa en el interior del invernadero. Se clasifican por la forma de la cubierta.
  - **Capilla**
  - **Gótico**
  - **Asimétrico/trópic**
- **Túneles:** Son estructuras metálicas de techumbre curva.
- **Vidrio:**
  - **Venlo**
  - **Wide Span**



EVOLUCIÓN DE LOS INVERNADEROS

## 5. CAMBIOS EN LAS ESTRUCTURAS Y EQUIPAMIENTOS

La producción de hortalizas se ha multiplicado en las últimas décadas por la **agricultura bajo plástico**. Buen ejemplo son las provincias de Almería y Murcia, donde estas técnicas de cultivo han supuesto una importante mejora del nivel económico local.

### 1970

- **Invernaderos de techumbre plana**, plástico, sistema de fertirrigación por abonadoras y cultivo en enarenado.

### 1990

- **Modelo “raspa y amagado”** (con evoluciones locales en Mazarrón y Campo de Cartagena) y aparecen los primeros multitúnel. Las condiciones microclimáticas mejoran, uso de *filmes* de larga duración con mejores propiedades, sistemas de fertirrigación automatizados más precisos, comienzo de los cultivos sin suelo, medidas preventivas para el control de plagas y enfermedades.

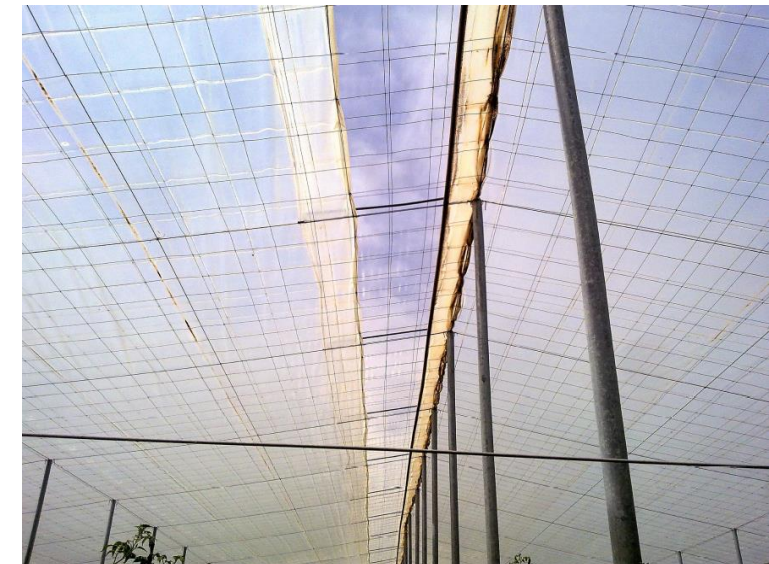
### Siglo XXI

- Se incorporan, de modo general, los sistemas activos de control de clima.
- Se producen, aún lentamente, mejoras en las estructuras de los invernaderos. **Predomina el “raspa y amagado”** de mayores dimensiones y más herméticos. Progresivamente se desarrollan proyectos de multitúnel. Aumento en las dimensiones de los invernaderos, incremento del volumen de aire interior que permite mejorar el microclima por mayor inercia térmica y de la capacidad de renovación del aire.
- Incorporación de equipos y sistemas de control climático. Pero sigue predominando la **ventilación natural pasiva**, se extiende el uso de la ventilación cenital simple o doble.
- Los sistemas de fertirrigación son con diseño específico dotados de autómatas programables.
- Utilización de sistemas informáticos de control del clima, integradores de los parámetros climáticos y sus actuadores: ventanas, ventilación forzada, nebulización, calefacción, inyección de CO<sub>2</sub>, etc.

■ Evolución económica de la Agricultura de Almería



Fuente: CAJAMAR



EVOLUCIÓN DE LOS INVERNADEROS

## 5. CAMBIOS EN LAS ESTRUCTURAS Y EQUIPAMIENTOS

Hasta el momento actual, y desde finales de los años noventa, este auge no se ha traducido en una mejora de las estructuras y del control climático de los invernaderos, debido fundamentalmente al largo periodo de tiempo necesario para renovar las estructuras, y a la fuerte inversión necesaria para ello.

La situación hoy del sector productor de la horticultura protegida española se caracteriza por: **una mayor competencia internacional y un menor peso en los mercados internacionales**, esto hace necesario:

- Mejorar la calidad de los productos, como factor diferenciador.
- Mantener los niveles de beneficio, apoyados antes, en un incremento de superficie productora, ahora se deben basar en un **aumento de la producción y del rendimiento del cultivo**.

Se está trabajando en la tecnificación de los invernaderos:

- **Mejora de los sistemas de climatización:** necesidad de poder producir lo más independientemente posible con respecto al clima exterior. Se exige poder controlar las variables climáticas, de forma que el agricultor pueda modificar ciertos parámetros ambientales.
- En los invernaderos situados en la región mediterránea, el principal problema de control climático es las **altas temperaturas estivales** que demandan **sistemas de climatización activos** en combinación con los de tipo pasivo vigentes.

Este **mix tecnológico de acciones facilitará el cultivo a lo largo de todo el año**, permitiendo el acceso de nuestras producciones de modo continuo a los grandes mercados europeos.





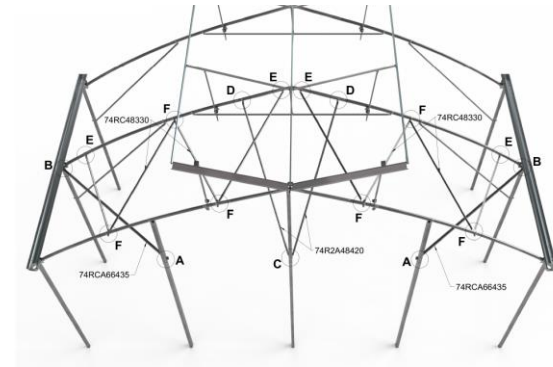
## 6. TENDENCIAS ACTUALES EN EL DISEÑO

Puntos críticos en el diseño de nuevas estructuras de invernadero multitúnel:

- **ESPACIO:** El invernadero debe optimizar al máximo el espacio disponible.
- **MENOS OBSTÁCULOS INTERIORES:** que faciliten las labores de cultivo y se reduzcan elementos para la entrada de la radiación solar al interior, para tener **más luminosidad. Anchos de 9,6 y 12,8 m.**
- **MAYORES ALTURAS:** la altura es un elemento para controlar el clima. Se alarga el ciclo de cultivo y se permite mejorar la climatización al incrementar, considerablemente, la inercia térmica. **Alturas de 6,00-6,50 m a la canal.**
- **MEJOR VENTILACIÓN:** se reduzca la humedad relativa interior y, así, la incidencia de enfermedades. La ventilación natural no es suficiente por si misma.

Nuevas estructuras caracterizadas por:

- Reducción de elementos estructurales.
- Mayores secciones en perfiles.
- Pintado/lacado de la estructura.
- Cubiertas con mayor ángulo para la captación de la radiación solar: la inclinación adecuada favorece la entrada de la radiación PAR con la mejora en el crecimiento y condiciones de las plantas.



EVOLUCIÓN DE LOS INVERNADEROS

## 7. RETOS DEL SECTOR DEL INVERNADERO

**HERMETICIDAD:** El necesario aislamiento es uno de los valores de mayor peso.

- Estructuras más estancas para la lucha contra plagas y enfermedades.
- La tipología del invernadero adquiere mayor importancia.
- Menos exposición a estos patógenos conlleva **reducción en los tratamientos cifrada en 20-30%** y la capacidad de desarrollar una agricultura más sostenible.

### RECOGIDA DEL AGUA DE CONDENSACIÓN

### AUMENTO DE LA CAPACIDAD DE CLIMATIZACIÓN:

- Posibilidad de producir en cualquier época del año.
- Diseño de nuevos invernaderos que puedan albergar grandes volúmenes de aire, de manera que se puedan manejar con distintos actuadores climáticos.
- Modelos dimensionados para distintas climatologías.

### INVERNADEROS ADAPTADOS A DISTINTOS TIPOS DE CULTIVO:

- Nuevas especies a la agricultura protegida (*cannabis* medicinal, frutas tropicales como papaya, pitaya, variedades de hortalizas tipo *gourmet* con elevadas exigencias de mantenimiento y calidad).



EVOLUCIÓN DE LOS INVERNADEROS

## 7. RETOS DEL SECTOR DEL INVERNADERO

- EL MANEJO
- LOGRAR EL EQUILIBRIO HUMEDAD-TEMPERATURA.
- ESTRATEGIAS DE VALOR COMO CULTIVO EN MESES DE VERANO, VARIEDADES SIN RESISTENCIAS.
- REDUCIR LA HUELLA HÍDRICA Y DEL CARBONO

**INVERNADERO DE RESIDUO CERO:** Aquel capaz alcanzar un nivel cero en la emisión de residuos. Existe cada vez más consumidores preocupados por la sostenibilidad en los alimentos que consumen.

- **Invernadero hermético:** cerrado o **semicerrado**, para reducir la incidencia de plagas.
- **Control climático de precisión:** se ajustan las condiciones ambientales, y la renovación de aire. Este sistema es, también, una barrera física para los insectos.
- **Fertirrigación:** en cultivos sin suelo, se ajustará el aporte de agua y fertilizantes.

*El futuro de los invernaderos de alta tecnología con la máxima producción y mínimo uso de pesticidas será semicerrado. Este sistema disminuye la presión de las plagas y genera un clima favorable al cultivo todo el año.*



EVOLUCIÓN DE LOS INVERNADEROS

## 8. EL INVERNADERO COMO HERRAMIENTA DE CONTROL DEL CLIMA

El invernadero tiene la capacidad de permitir el control de las variables climáticas que afectan al cultivo: **es una herramienta de control del clima.**

### MODOS DE MODIFICAR EL CLIMA EN UN INVERNADERO:

- **Elevar temperatura:** la radiación solar entra, pero no sale.
- **Disminuir temperatura:** a través del diseño (altura) y con sistemas de ventilación
- **Reducir humedad:** su control evita enfermedades fúngicas en los cultivos.
- **Aumentar la humedad:** reducción efectiva de la temperatura en el interior del invernadero.
- **Variar la radiación solar:** la regulación tiene efecto directo en la temperatura interior.
- **Concentración de CO<sub>2</sub>:** las plantas requieren una concentración de 700-1000 ppm para tener un óptimo de producción y calidad.

### NECESIDAD DE VENTILACIÓN PARA:

- **Regular la temperatura.**
- **Controlar el nivel de humedad en el interior del invernadero.**
- **Aporte de CO<sub>2</sub>.**
- **Ventilación cenital:** es la más efectiva. Deja salir el aire caliente estratificado.

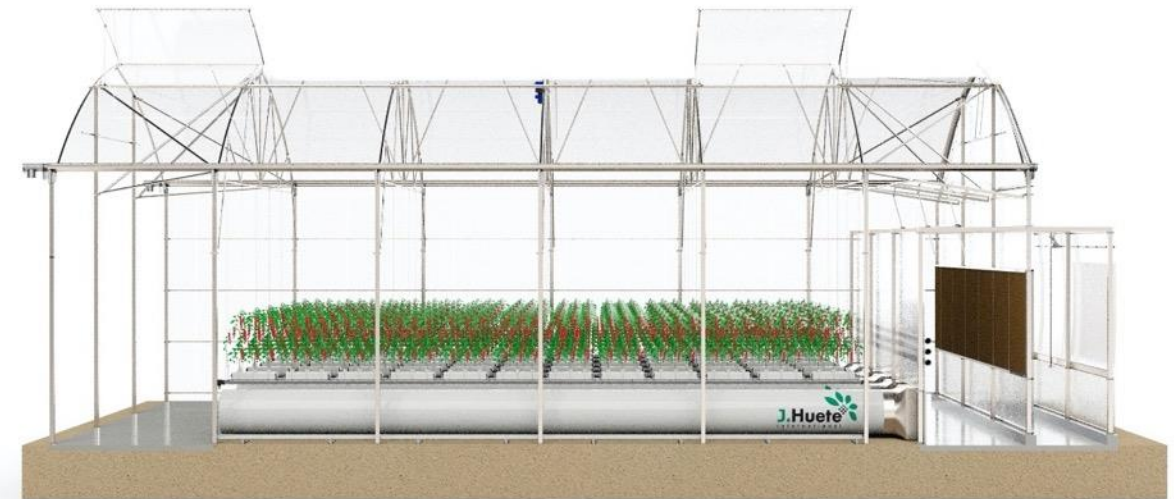


# Invernaderos semicerrados



# DEFINICIÓN

- Es una **solución de mayor productividad, mejor estanqueidad, menor necesidad de agua, ahorro de energía y menor uso de químicos (alimentos producto final más saludable).**
- Se define como un **sistema de control climático que permite la ventilación de presión positiva con aire interior y exterior o una combinación de ambos. Asegura un mejor control de la temperatura y la humedad.**
- Integra en la propia estructura del invernadero un espacio, **cámara climática**, donde se mezcla el aire para según las necesidades aportar de modo localizado el **aire a la temperatura óptima** para el cultivo.



# VENTAJAS

## LIBRE DE PLAGAS

- Presión positiva: impide la entrada de plagas.
- Evitamos el uso de plaguicidas.

## ESTANQUEIDAD

- Mayor estanqueidad que permite mejor control del clima y menor gasto energético.

## TECNOLOGÍA

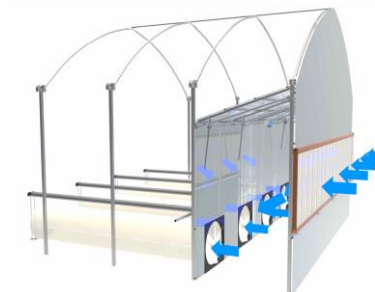
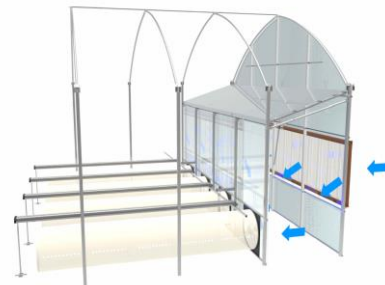
- Toda la tecnología necesaria se concentra en una misma zona.
- Facilita el manejo y el mantenimiento.

## DIMENSIONES

- No hay limitaciones en cuanto a las dimensiones para el diseño de las instalaciones.

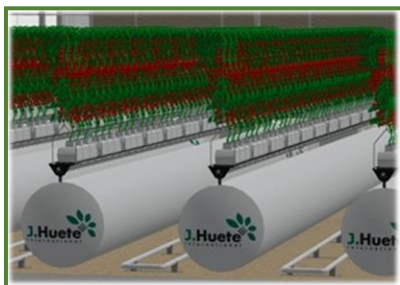
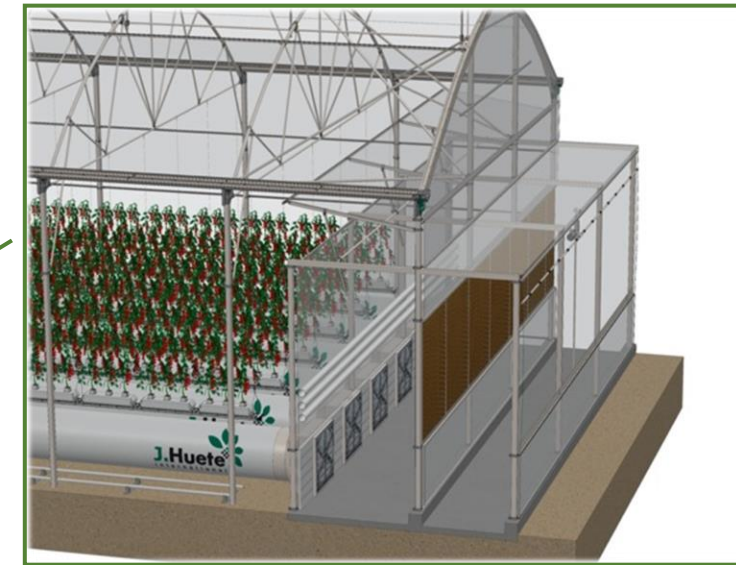
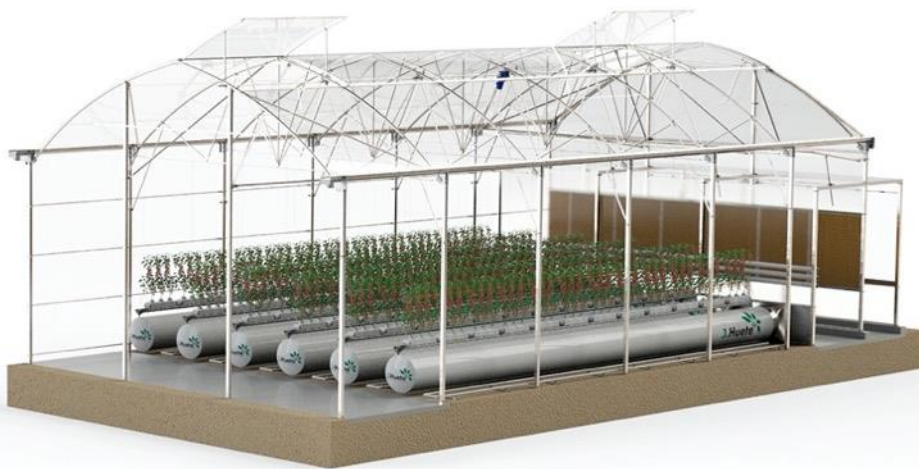
## CLIMA

- Temperatura y humedad uniformes dentro del invernadero.
- Mejor control del clima



# ESTRUCTURA

Ventanas de sobrepresión, una ventana cada 50 m. aprox. (opcional ventanas de seguridad)



Mangas para reparto homogéneo del aire dentro del invernadero

Pasillo “climático”. En este pasillo es dónde se ubicará la mayor parte del equipamiento destinado al control del clima. Cuenta con una ventana cenital y una ventana lateral protegida con malla anti insectos.



# EQUIPAMIENTO

## Cooling System

- Llegando a longitudes de más de 120 metros. (Optimización de invernaderos),
- Reparto más uniforme de temperaturas en todo el invernadero. Con gradientes de temperatura, entre el inicio y el final inferior a 2°C

## Calefacción

- Instalación de tuberías de generales en el pasillo.
- En sitios no muy fríos se pueden instalan aerotermos (intercambiadores de calor)
- La ventana interior del pasillo, permite recircular el aire caliente que se concentra en las capas altas de invernadero a través de las mangas (ahorro en calefacción)

## CO2

La inyección del CO2 se realiza en el pasillo y se distribuye homogéneamente por las mangas.

## Deshumidificación

- En lugares con mucha Humedad se instalan los Deshumidificadores en el pasillo.
- Se consigue un reparto uniforme del aire deshumidificado.

## Chiler

- En invernaderos con altas exigencias de frio, los equipos chiller inyectan el aire frio/caliente en el pasillo y las mangas lo distribuyen uniformemente.

# TECNOLOGÍA

## Clima

- Las principales empresas tienen desarrollado su software para el manejo de estos sistemas. Y emplean, además sondas para medir la sobrepresión y en función de ella abrir las ventanas cenitales

## Ventiladores

- Los ventiladores siempre están en funcionamiento y son de regulación electrónica, variando su velocidad en función de los parámetros climáticos.

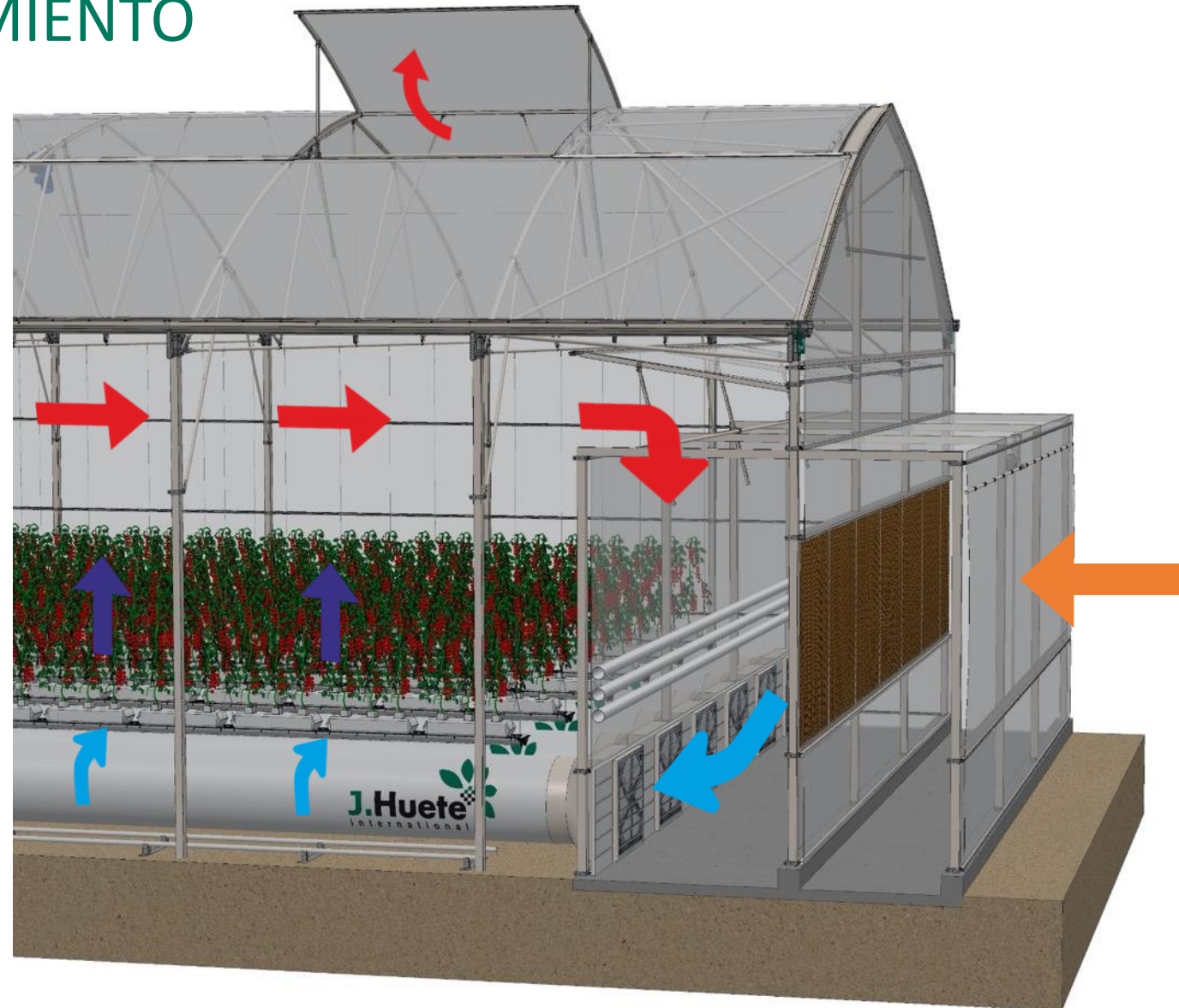
## Ventilación

- La ventana del pasillo y las ventanas de sobrepresión regulan la entrada, salida y recirculación de aire en el invernadero.

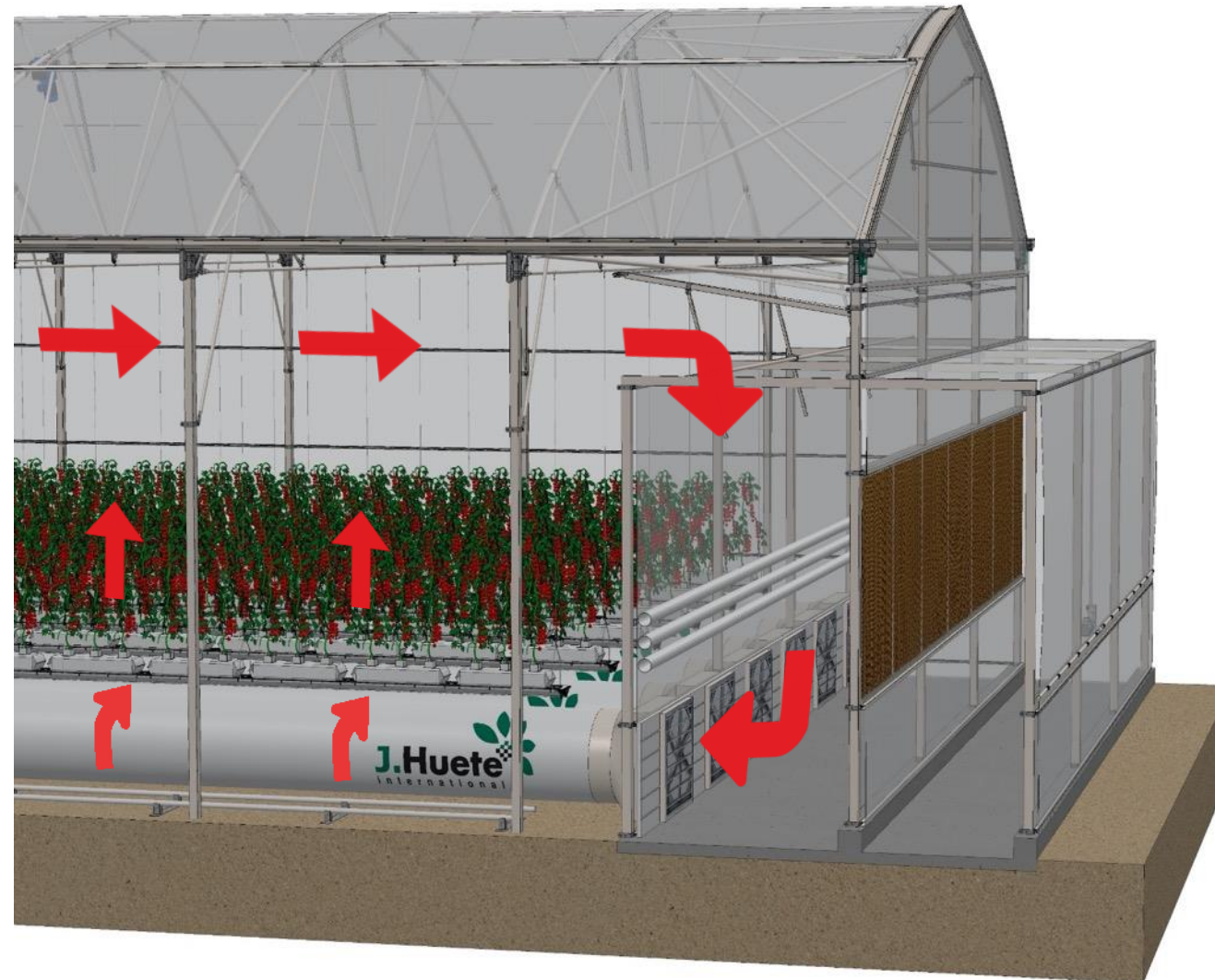
## Mangas

- Las mangas (diámetro de manga, número de perforaciones y disposición de los orificios) se diseñan en función de posición de la manga y el caudal y presión, que debe circular.

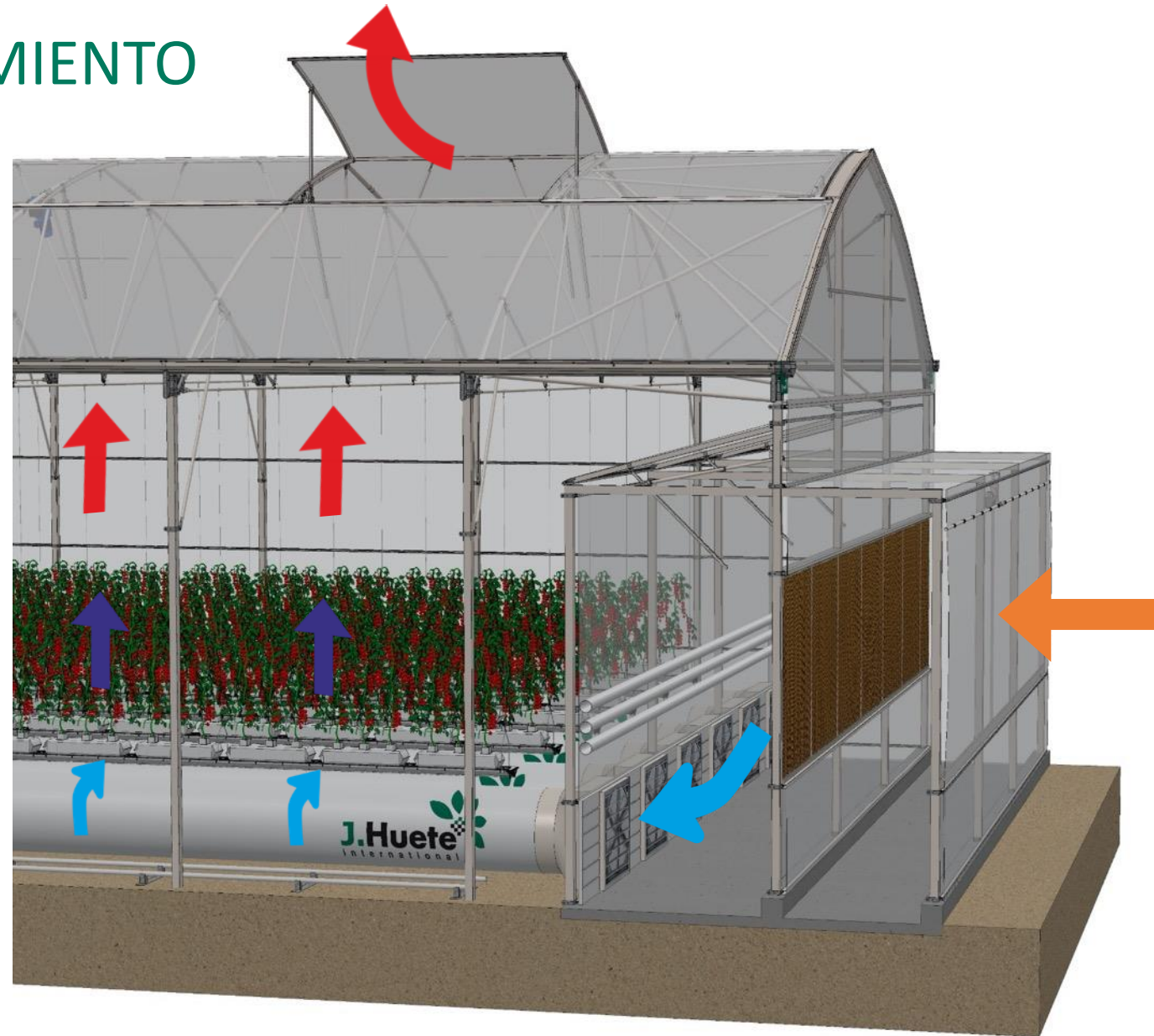
## MODO ENFRIAMIENTO



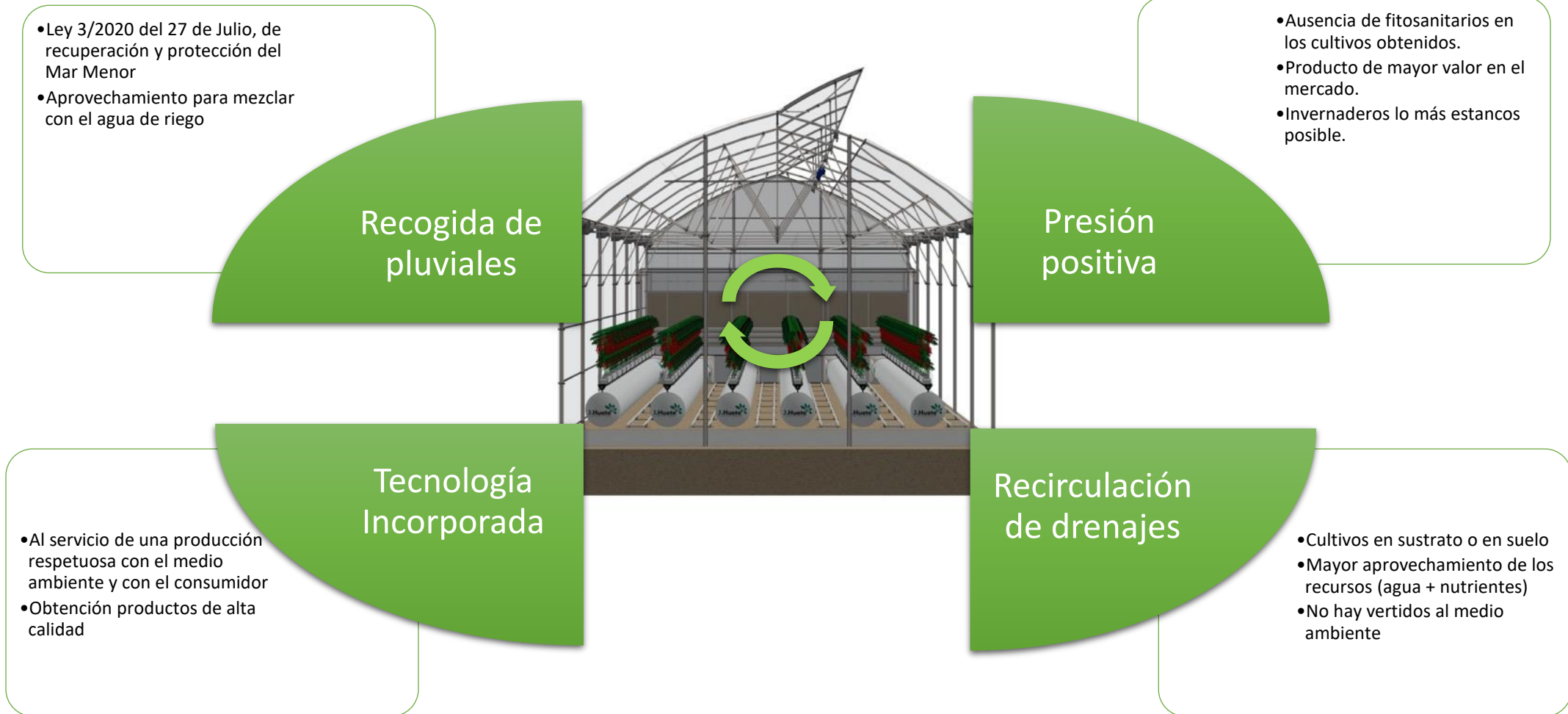
# MODO CALEFACCIÓN



# MODO ENFRIAMIENTO TOTAL



# HACIA EL INVERNADERO “RESIDUO CERO”





MUCHAS GRACIAS POR  
SU ATENCIÓN

