

E.E.S.A. n° 1 de Hurlingham

Curso: 7º año

Prácticas profesionalizantes

Prof. Gustavo Almaras

ACTIVIDAD N° 5:

1. Leer el material bibliográfico.
2. Indicar las estrategias de manejo de altas temperaturas.
3. Indicar las estrategias de manejo de bajas temperaturas.
4. Imagínese que es contratado por una empresa que quiere plantear un manejo muy intensivo de producción hortícola para proveer a los dos polos turísticos del país: Puerto Iguazú y Ushuaia. Ambas producciones se realizarían en la proximidad de los puntos turísticos. ¿Lo ve viable? Haga un informe de no más de una carilla donde plantea las ventajas y desventajas, comerciales y tecnológicas del proyecto. Además debería intentar enmendar alguna de las desventajas del proyecto.

FECHA DE ENTREGA: LUNES 29 DE JUNIO.

Via mail: almarasgus@gmail.com

Via WhatsApp: 11-5585-8373

Via Classroom de Google.

d) Colocación y fijación de las coberturas

La sujeción de la cubierta a la estructura es fundamental para evitar que los agentes atmosféricos como lluvias, viento, temperaturas, granizo y nieve, causen graves perjuicios en los cultivos y/o la destrucción del invernadero. Al realizar la sujeción, se debe tratar de clavar o perforar lo menos posible la lámina plástica ya que estos serán puntos de entrada de agua y/o facilitadores de rasgaduras del plástico.

Actualmente los polietilenos térmicos se encuentran de 1,8 a 12 m de ancho en 100-150-200 μ de espesor por 50 a 100 m de largo.

Para canaletas es posible utilizar polietileno largo duración de 1,40 m de ancho en 200 μ de espesor en 100 m de largo.

CLIMATIZACIÓN DEL INVERNADERO

En los sistemas de cultivos protegidos se han obtenido grandes avances, tanto desde el punto de vista tecnológico como de gestión. Así, mediante distintos sistemas de climatización se puede lograr optimizar el ambiente del invernadero en función de los requerimientos del cultivo.

El cultivo, en sus diferentes fases de crecimiento y desarrollo, está condicionado fundamentalmente por cuatro factores ambientales: temperatura, humedad relativa, luz y CO_2 . De allí que al analizar la climatización del invernadero se consideren:

- 1) La regulación de los parámetros ambientales:
 - regulación de temperatura
 - regulación de luz
 - regulación de humedad
 - regulación de CO_2
- 2) El rendimiento general del sistema:
 - el aspecto ingenieril
 - el aspecto agronómico biológico.

Regulación de la temperatura

La regulación de la temperatura o acondicionamiento térmico se efectúa para:

- a) prevenir daños producidos por descensos bruscos de temperatura
- b) proporcionar condiciones óptimas de temperatura al cultivo.

La regulación de la temperatura comprende:

- Control de bajas temperaturas
- Control de altas temperaturas

Control de bajas temperaturas

Se realiza a través de dos sistemas:

- a) **Sistemas pasivos:** comprende los sistemas que producen un incremento de temperatura sin empleo de combustible.

Los principales son:

1. Doble pared: Consiste en colocar una pared de PE, separada de su cubierta, de modo que se forme una capa de aire entre ambas disminuyendo así la pérdida de calor por conducción y convección a través de la cubierta del techo y de los laterales. Se utiliza polietileno cristal en ancho que varían de 3,6 a 7,2 en 40 μ por 100 m de largo
2. Pantalla térmica: compuestas por materiales que reflejan la radiación emitida dentro del invernadero. Se ubican normalmente a nivel de las canaletas, constituyendo un techo horizontal; disminuyen las pérdidas de calor por conducción y convección a través de la cubierta del techo. (Mallas aluminizadas)

b) **Sistemas activos:** producen un incremento de la temperatura mediante el uso de combustible. Comprende los distintos sistemas de calefacción.

Sistemas de calefacción

La calefacción del invernadero se puede realizar:

- a través de la atmósfera del invernadero
- a través del suelo del invernadero
- a través de la atmósfera y el suelo.

Los calefactores transmiten la energía fundamentalmente de dos formas:

- a) por radiación: sistemas radiantes o estáticos.
- b) por convección: sistemas convectivos o termodinámicos.

a) **Sistemas estáticos:** transmiten el calor al ambiente desde una superficie caliente. Por ejemplo, radiadores, calderas (con caños). La calefacción es por medio de agua caliente.

Ventajas:

- La mayor inercia térmica del agua hace que averías en el sistema no produzcan cambios bruscos de temperatura.
- Son aptos para calefaccionar el suelo.
- Mayor vida útil de la instalación por menor número de veces de su encendido y apagado.

Inconvenientes:

- Distribución del calor más desuniforme por no producir movimientos de aire.
- Mayor costo.

Usos:

Plantas ornamentales, cultivos de alta rentabilidad, enraizamiento de esquejes y camas de germinación.

b) **Sistemas termodinámicos:** calientan el aire y provocan su circulación en el invernadero. Un ventilador empuja el aire a través de un generador de calor. Tenemos entre estos sistemas: el generador de aire caliente (calefacción por aire); aeroterms (calefacción por agua caliente).

Se colocan en el centro del invernadero para mayor uniformidad en la distribución del calor, o en un costado y distribución por mangas plásticas, o bien fuera del invernadero con entrada al mismo por tubos (cuando un equipo calefacciona varios invernaderos).

Ventajas:

- Mayor uniformidad del calor en el invernadero (más usando mangas perforadas a la salida del aire caliente).
- Menor costo.
- Menor espacio.
- El movimiento del aire es beneficioso para disminuir la condensación de agua en las paredes y disminuir la humedad relativa.
- La regulación de la temperatura es más sencilla.
- Se pueden utilizar los ventiladores en verano.

Inconvenientes:

- no sirven para calentar el suelo (salvo que se coloquen las mangas a nivel del suelo),
- averías en el sistema de combustión producen gases tóxicos,
- averías en el equipo producen enfriamiento rápido,
- desuniformidad en la distribución del calor si no se usan mangas,
- mayores pérdidas de calor por movimientos de aire (velocidad del aire es de unos 5 m/seg. a 50-60°).

Tipos de calefactores

Se pueden dividir los distintos tipos de calefactores según el sistema que utilizan para transmitir la energía calórica al medio a calefaccionar.

1. Sistemas por agua caliente

Tuberías radiantes. Es el más tradicional. Una caldera calienta agua que circulará por tubos ramificados y distribuidos por el invernadero por la parte aérea (calefacción de la atmósfera) o bien a nivel del suelo (calefacción del suelo). Las tuberías pueden ser metálicas (hierro, acero) o de plástico (polipropileno, polietileno reticulado), o bien combinación de ambas, usándose más las plásticas para calefaccionar el suelo.

El combustible de la caldera puede ser: fuel oil, gas o leña. El agua es impulsada al invernadero por bombas o termosifón.

Son instalaciones costosas y, por lo tanto, usadas en cultivos de alta rentabilidad.

Aerotermino. Utiliza agua caliente pero es un sistema esencialmente convectivo pues toma el calor del agua caliente (procedente de una central térmica: caldera y quemador) y llega al invernadero por una tubería de hierro, pasa por el radiador del aerotermino y posee un ventilador que distribuye el calor a través de deflectores. Se colocan suspendidos en el interior del invernadero. La distribución vertical de la temperatura es más uniforme en el sistema de tuberías radiantes que en el aerotermino.

Acolchado radiante. Se ubican mangas de plástico flexible (PVC) entre las líneas de cultivo, que cubren entre el 40-80% de la superficie del suelo. Por el interior de las mangas circula agua caliente a temperatura variable (20-40 °C) y cuya procedencia es diversa (solar, central térmica, etcétera). Las mangas tienen soldaduras circulares donde se depositan las plantas.

2. Sistemas por aire caliente

La calefacción por aire caliente consiste en hacer pasar aire a través de una fuente calorífica (quemador de combustible) y luego impulsarlo dentro de la atmósfera del invernadero. Existen dos sistemas:

Generadores de aire caliente. Consta de una cámara de combustión que quema el combustible y calienta el intercambiador de calor alrededor del cual circula el aire impulsado por un ventilador que lo extrae del exterior o interior del invernadero. El quemador de combustible funciona a gas oil, gas, leña.

La salida del aire en los generadores es a través de deflectores direccionales o bien con mangas de polietileno con orificios. La potencia térmica de los generadores oscila entre 25.000 y 1.000.000 kcal h⁻¹. El consumo de combustible oscila entre 2,5 y 11,1 L h⁻¹. Los gases de descarga de la combustión pueden eliminarse dentro o fuera del invernadero, siendo recomendable esto último si hay gases de combustión tóxicos para el cultivo.

Combustión directa: consiste en colocar distintos combustibles (leña, carbón, aserrín), en tambores que cuelgan de la estructura o que se apoyan en el suelo o bien en pozos en el suelo, y dentro de los cuales se efectúa la combustión. Es un sistema artesanal en el que la temperatura no es regulable.

3. Sistemas por electricidad

Se utilizan solo para calefaccionar el suelo dado que transmiten calor por conducción. La calefacción se hace por cables cubiertos por vainas de plomo (15 a 20 años de vida útil) o bien por redes o hilos de hierro galvanizado (3 a 4 años de vida útil). Su aplicación es para calefacción de mesadas o contenedores con sustratos, las que se componen de las siguientes capas de abajo hacia arriba: 1) Drenaje; 2) Material aislante (lana de vidrio); 3) Arena, vermiculita, etc. (5 a 10 cm.); 4) Cables eléctricos en líneas paralelas o zig-zag; 5) Capa de arena o vermiculita; 6) sustrato.

4. Sistemas por radiación

Consisten en tubos radiantes, que contienen un gas inerte en su interior y una pantalla refractaria. Emiten radiaciones infrarrojas a la atmósfera del invernadero. Se colocan suspendidos en el techo. No provocan movimiento del aire.

Son más caros pero no requieren gastos de combustible apreciables.

CÁLCULO DE LAS NECESIDADES TÉRMICAS

La valoración de los términos del balance energético en un invernadero nos permite establecer la energía que será necesaria mantener en su interior para lograr el régimen térmico adecuado al cultivo.

El cálculo se establecerá para el período nocturno y en el que las pérdidas energéticas son más importantes y, de ser necesario, deben ser compensadas con el aporte artificial de calor.

La metodología desarrollada para el cálculo del balance térmico es complejo en la práctica, por lo tanto se puede calcular las necesidades caloríficas en forma aproximada con la siguiente fórmula:

$$Q = k \cdot S \cdot (T^{\circ} \text{int.} - T^{\circ} \text{ext.})$$

Q = cantidad de calor (kcal/h)

S = superficie de la cobertura (incluye paredes y techo)

k = coeficiente global de variación térmica. Depende de la latitud, exposición al sol, heliofanía relativa y velocidad del viento. Varía entre 3 a 7 kcal/m².h.°C.

T° int. = temperatura mínima óptima para el desarrollo del cultivo.

T° ext. = temperatura mínima media del mes más frío con incidencia de 5 días al año.

Control de altas temperaturas

La elevada temperatura del invernadero en la época estival es un problema frecuente en nuestras latitudes y difícil de resolver con los equipos de climatización que existen en el mercado actualmente.

Algunas de las técnicas que se emplean para refrigerar el invernadero son las siguientes:

Reducción de la radiación incidente

Consiste en los sistemas de sombreado. El sombreado del invernadero reduce la radiación solar en su interior, provocando así un descenso térmico.

Los sistemas de sombreado se pueden dividir en dos grupos:

a) *Sistemas estáticos*: una vez instalados sombrean al invernadero en forma constante sin posibilidad de graduación o control. Entre ellos tenemos:

- Encalado
- Mallas de sombreado
- Materiales con propiedades ópticas selectivas.

b) *Sistemas dinámicos*: permiten el control de la radiación solar que entra al invernadero en función de las condiciones climáticas que se requieran. Entre ellos podemos mencionar:

- Cortinas móviles
- Riego de la cubierta

Ventilación

Se define como ventilación a la renovación de aire dentro del invernadero.

Interviene en el balance de energía en su interior pues permite la regulación de la temperatura y de la humedad relativa (H.R.); es también un medio para restaurar la concentración de CO₂ dentro del ambiente y, finalmente, actúa distribuyendo uniformemente temperatura y humedad dentro del invernadero.

La ventilación puede hacerse de dos formas: 1) natural o pasiva; 2) forzada o activa.

a) Ventilación natural

En el caso de ventilación natural, el flujo de aire se origina por acción del viento y por acción de la temperatura (diferencia de temperatura entre el interior y exterior del invernadero).

La eficiencia de la ventilación natural va a depender de los siguientes factores propios del invernadero:

- disposición de las ventanas (laterales y/o cenitales)
- porcentaje (%) de ventanas respecto a la superficie cubierta por el invernadero
- ancho del invernadero (Figura 8 y 9)

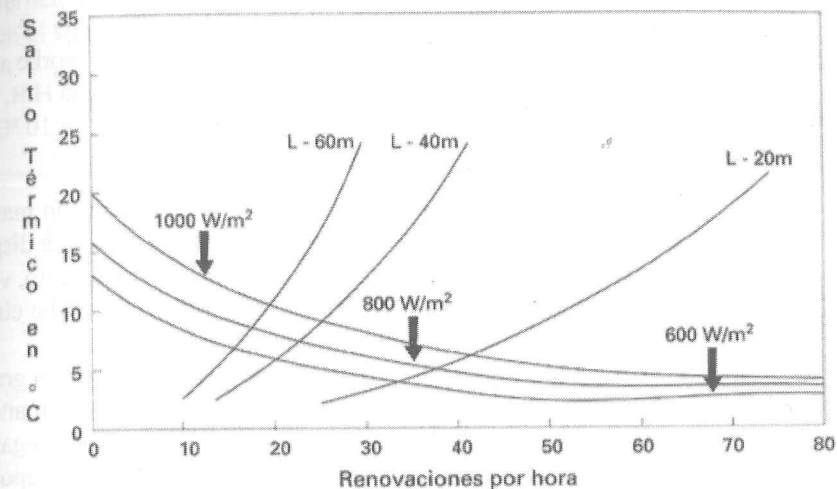


Figura 8. Temperatura y renovación de aire en invernadero con ventanas a 1 m de altura.

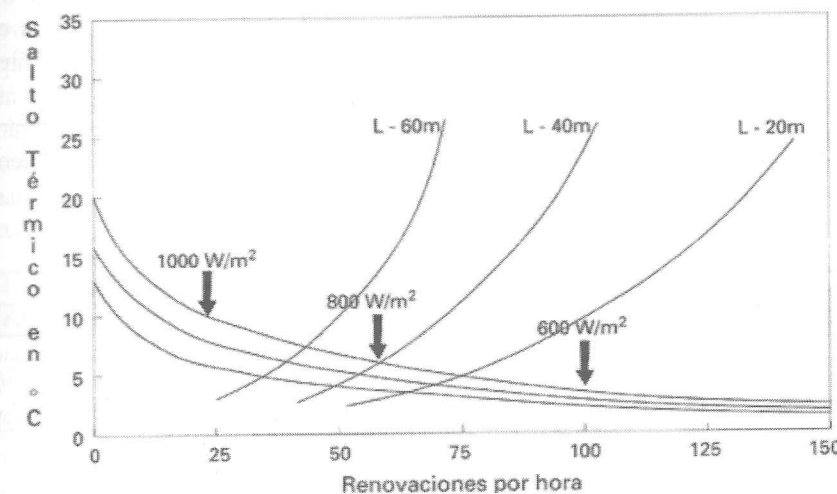


Figura 9. Temperatura y renovación de aire en invernadero con ventanas laterales a 1 m de altura y ventilación cenital del 6% de la superficie. Fte. Matallana y Montero (2001)

Referencias: L = ancho del invernadero (m), I = radiación solar incidente (W/m²)

b) Ventilación forzada

Permite un control más preciso de la temperatura que con la ventilación pasiva; entre las desventajas se mencionan el alto costo de la instalación y el consumo de electricidad.

Se requiere entre 3/4 a 1 renovación /minuto para conseguir un salto térmico de alrededor de 5 °C. La ASAE (American Society of Agricultural Engineers) recomienda 1 renovación por minuto, lo que equivale a 40/60 renovaciones/hora (índice de ventilación) y establece una serie de normas para el diseño y control de los sistemas de ventilación forzada.

Refrigeración por evaporación de agua

El agua al pasar de estado líquido a vapor, absorbe calor. Este calor se absorbe a partir del aire en el que se encuentra; como resultado la temperatura del recinto baja y la H.R. aumenta. Un buen sistema de humectación es capaz de reducir la temperatura en 10 °C.

Se emplean dos sistemas de refrigeración por humectación:

- *Pantalla evaporadora (cooling system)*: consiste en una pantalla con material poroso que se satura de agua (por medio de un equipo aspersor). Esta se dispone a lo largo de un lateral o del frente de un invernadero; en el extremo opuesto, ventiladores-extractores, expulsan aire del interior de manera que por la pantalla circula aire exterior que se humedece bajando su temperatura.
- *Nebulización (Fog)*: consiste en distribuir en el aire del invernadero un gran número de partículas de agua de tamaño diminuto (<20µ); debido a este tamaño permanecen suspendidas en el aire el tiempo suficiente para evaporarse sin llegar a mojar el cultivo (si lo hacen dadas las condiciones ambientales, el agua depositada es pequeña y no daña el cultivo).

El uso combinado de éstas técnicas para refrigerar el invernadero permite mejorar el medio ambiente en condiciones calurosas y secas. Así, el sombreado, la ventilación y el cooling system funcionando en forma conjunta permiten alcanzar condiciones convenientes para el cultivo.

En la siguiente Tabla (7) se muestra una clasificación de los sistemas de refrigeración del invernadero sobre la base del consumo o no de energía o combustible para su funcionamiento.

Tabla 7: Sistema de refrigeración

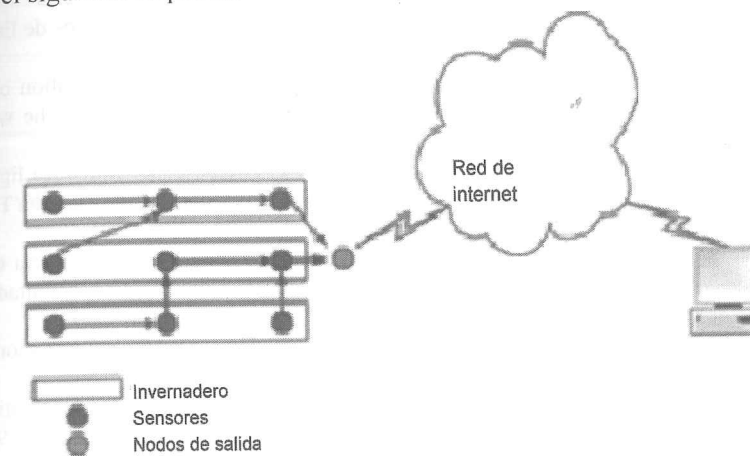
Sistemas de Refrigeración							
Pasivos				Activos			
Ventilación natural	Sombreado			Aspersión de agua		Humidificación	
	Encalado	Malla media sombra	Pantalla aluminizada	Interior	Exterior	Nebulización	Paneles evaporantes

SISTEMA DE MONITOREO DEL AMBIENTE DEL INVERNADERO POR GESTIÓN REMOTA

Actualmente, la tecnología de Red de sensores inalámbricos (WSN, Wireless sensor network) ha sido integrada también a las áreas de producción incluyendo la agricultura. Fueron diseñados para coleccionar información tal como contenido de agua del suelo, temperatura y humedad del aire, salinidad del suelo, intensidad de luz solar, concentración de CO₂, et-

cétera. Integrado a un cultivo en invernadero, permite disponer de un sistema de monitoreo del ambiente de dicho cultivo (Jiang *et al.*, 2016)

El sistema de monitoreo está compuesto de sensores, conexiones de salida y de una plataforma de gestión remota. Los sensores coleccionan los datos del ambiente del invernadero, mientras que los nodos de salida transportan la información a la plataforma a través de la red de internet, y la red de sensores inalámbricos está configurada para esa red, tal como se muestra en el siguiente esquema.



Esquema del sistema de monitoreo inalámbrico (adaptado de Jiang *et al.*, 2016)

En resumen

La producción de cultivos intensivos bajo cubierta de alta rentabilidad permite la inversión en distintos sistemas de climatización y de control y monitoreo de los cultivos.

La incorporación a los invernaderos rústicos existentes es dificultosa pero esencial para la modernización de tales instalaciones.

Finalmente, el uso racional de dichas técnicas resultará en una mayor cantidad y calidad del cultivo bajo cubierta al lograr optimizar el clima para éstos.

Bibliografía

- Alpi, A y Tognoni, F. 1999. Cultivo en invernadero. 3° Edic. Editorial Mundi Prensa. 347 pág.
- Bouzo, C. 2016. Introducción a la micrometeorología de los cultivos. Disponible en: http://www.ecofisiohort.com.ar/wpcontent/uploads/2008/08/introduccion_a_la_micrometeorologia1.pdf. Accedido: 13/12/2016.
- Castilla Prado, N. 2007. Invernaderos de plástico: tecnología y manejo. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. 392 pág.
- Espí, E. 2012. Materiales de cubierta para invernaderos. Cuadernos de Estudios Agroalimentarios | ISSN 2173-7568 | 71-88 |.
- FAO. 2013. Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable crops. Principles for Mediterranean climate areas. Plant Production and Protection Paper 217. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. Italy. 640 pag.
- Frezza, D. Pons Miquel, A. M, Logegaray, V. Leon, A., Chiesa A. 2016. Effect of light environment on growth and postharvest quality of sweet pepper minimally processed. European Scientific Journal vol.12, No.15: 406-417. ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431