



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN
LIC. EN PLANIFICACIÓN PARA EL DESARROLLO
AGROPECUARIO
CENTRO DE PRÁCTICAS PRODUCTIVAS**



MANUAL DE CONTROL DE CLIMA Y RIEGO EN UN INVERNADERO

ELABORO:

Mtro. Eugenio Cedillo Portugal

**“Trabajo realizado con el apoyo del Programa UNAM DGPA PAPIME” Clave:
203116**

Abril de 2019

INDICE

	Página
Introducción	3
1. El clima y los invernaderos	4
2. El riego en los invernaderos	6
3. El uso de sensores para monitorear los elementos climáticos y La humedad del sustrato	6
4. Manejo del control climático dentro de un invernadero	7
4.1 Sistema de control climático inteligente	8
4.1.1 Sensores de elementos climáticos y humedad del sustrato	8
4.1.2 Cables de transmisión de datos de los sensores	9
4.1.3 Cerebro de procesamiento de datos	9
4.1.4 Computadora	9
4.1.5 Actuadores mecánicos	9
Bibliografía	11

MANUAL DE CONTROL DE CLIMA DE UN INVERNADERO

INTRODUCCIÓN

La agricultura a cielo abierto tiene cada día más inconvenientes, especialmente el manejo de plagas y enfermedades, así como las condiciones adversas de clima y tiempo atmosférico, por ejemplo, el exceso de humedad, sequías, granizadas, heladas y vientos muy fuertes. Para ello se ha empezado a trabajar con la agricultura protegida, que es un sistema de cultivo que maneja cubiertas para proteger a las plantas cultivadas de los factores antes mencionados. Para Cedillo y Calzada (2012), la agricultura protegida es también conocida como Horticultura Protegida, ya que la mayoría de las especies cultivadas con este sistema son hortalizas, y además se encuentra en constante crecimiento en superficie cultivada. Bastida (2009) define a la agricultura protegida de la siguiente manera: “La agricultura protegida un sistema de producción que se realiza bajo estructuras construidas con la finalidad de evitar las restricciones que el medio ambiente impone para el desarrollo óptimo de las plantas”, por otra parte, Sánchez (2008), utiliza el termino horticultura protegida y lo define así: “Son una serie de técnicas o sistemas de producción que permiten modificar el ambiente natural en el que se desarrollan los cultivos a favor de ellos, con el propósito de alcanzar un crecimiento y desarrollo óptimos, y con ello un alto rendimiento, o bien, obtener cosechas en fechas en las que los cultivos conducidos tradicionalmente no pueden obtenerse, si no es con un alto riesgo”.

Existen varios tipos de agricultura protegida, como los microtúneles, macrotúneles, casas sombra y los invernaderos. Todos estos tipos de agricultura protegida presentan diferentes niveles de protección a las plantas cultivadas, donde los invernaderos representan la máxima protección a los cultivos, ya que dentro de ellos se pueden controlar varios elementos climáticos.

Los invernaderos son construcciones a base de estructuras metálicas cubiertas con plásticos especiales tratados contra la radiación ultravioleta con filtración de luz y mallas antiáfidos en las laterales y frontales de dicha construcción. De acuerdo con la norma mexicana NMX-E-255-CNCP-2008 para la construcción de invernaderos, citada por la AMPHI (s/a), “Un invernadero es una construcción agrícola de estructura metálica usado para el cultivo y/o protección de plantas, con cubierta de película plástica traslúcida que no permite el paso de la lluvia al interior y tiene por objetivo reproducir o simular las condiciones más adecuadas para el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas establecidas en su interior, con cierta independencia del medio exterior, y cuyas

dimensiones posibilitan el trabajo de las personas en el interior. Los invernaderos pueden contar con un cerramiento total de plástico o plástico en la parte superior y mallas en las laterales”.



Figura 1. Invernadero tipo túnel con ventila cenital

Como se señaló anteriormente, los invernaderos representan el máximo nivel de protección a las plantas, sin embargo, es necesario realizar un diseño adecuado para obtener la máxima eficiencia y dotarlo de equipos que ayuden a tener un control adecuado de los elementos climáticos dentro de dicho invernadero.

1. El clima y los invernaderos

La mayoría de los estudiosos del clima lo definen como el estado promedio o más frecuente de la atmosfera, este estado más frecuente depende de los factores del clima como la latitud, altitud, la distribución de tierras y mares, la circulación general de la atmosfera y las corrientes oceánicas. De esta manera, dependiendo de la ubicación de un lugar específico, se define su clima. Por otra parte, se tienen los elementos climáticos como la radiación, temperatura, precipitación, humedad ambiental (conocida como humedad relativa), presión atmosférica y el viento; a través de estos elementos pueden caracterizarse el clima de un lugar determinado. Entonces decimos que los factores climáticos definen como es el clima y que con los elementos climáticos lo caracterizamos y conocemos.

En un invernadero, los elementos climáticos cambian con respecto al exterior, ya que se tienen cubiertas y mallas antiáfidos, por lo cual es importante conocer aspectos como el diseño y el manejo de los elementos climáticos dentro del invernadero.

El diseño del invernadero incluye orientación, altura, ancho, tipo de plástico, tipo de mallas antiáfidos e inclusión de una o dos ventilas cenitales. Todo esto hace que mejoren las condiciones internas del invernadero, pero no siempre son suficientes y en la mayoría de los casos hay que incluir un sistema de control climático para mejorar el ambiente del invernadero.

Al construir un invernadero, las condiciones climáticas dentro del mismo cambian con respecto al exterior. Los plásticos de la cubierta superior dejan filtrar la radiación y una vez que se ha saturado el ambiente la empiezan a reflejar, lo anterior hace que suba la temperatura y por lo tanto en las horas de más radiación se tengan altas temperaturas dentro del invernadero. De ahí viene el concepto utilizado en el tema de cambio climático “Efecto Invernadero”, que no es más que un incremento en la temperatura de la tierra. Al aumentar la temperatura, la humedad del aire, que se conoce como humedad relativa disminuye, ya que ambos elementos climáticos son inversamente proporcionales; Esta relación de incremento de la temperatura y disminución de la humedad relativa no es óptimo para el crecimiento de las plantas, y este fenómeno depende principalmente de la radiación solar.

La radiación solar puede clasificarse en los siguientes grupos de la longitud de onda expresada en nanómetros (nm) (Cuadro 1), y las plantas absorben, transmiten y reflejan en diferentes proporciones a las diferentes longitudes de onda. Siendo la PAR por sus siglas en inglés (Photosyntec Radiation Active) o radiación fotosintéticamente activa (RFA) en la que mejor crecen y se desarrollan. Por lo tanto, se necesita que los plásticos tengan una transmisión de luz de esa longitud de onda, que generalmente son plásticos con poco sombreado (15% de sombreado) que indudablemente aumentaran la temperatura interna y que por lo tanto tendrá que controlarse.

Cuadro 1. Clasificación de la radiación solar en función de la longitud de onda

UV	Visible	RFA	IR Cercano	IR lejano	Radiación Solar total
300-380 nm	380-760 nm	400-700 nm	760-2,500 nm	2,500-40,000 nm	300-2,500 nm

Fuente: Castellanos, 2009. Manual de producción de Tomate en Invernadero

Por otra parte, al instalar mallas antiáfidos en las laterales y frontales del invernadero, se reduce la ventilación natural, por lo cual al aire fresco del exterior le cuesta más penetrar al invernadero e influye en un incremento de la temperatura, estas mallas deben estar fijas, ya que, si se llegan a quitar para mejorar la ventilación, las plagas no tienen ningún impedimento para atacar a los cultivos que se encuentran en el invernadero.

2. El riego en los invernaderos.

La aplicación de agua y los nutrientes a través del riego en los cultivos bajo invernadero es una actividad básica y necesaria para las plantas cultivadas. La cantidad de agua que se aplica depende principalmente de la transpiración, que se refiere al flujo de agua de las raíces a todos los órganos de la planta (tallos, hojas, flores y frutos) y varía a través de las etapas de crecimiento de las plantas (crecimiento vegetativo, floración y fructificación), además depende de la variación de los elementos climáticos como la radiación, temperatura y humedad relativa. En el riego convencional en los invernaderos, se utiliza el riego por goteo con controladores de riego conocidos como "Timers", que aplican periódicamente a través del día una cantidad conocida de agua y la única variación depende de las observaciones que realice el técnico sobre las plantas y el tiempo atmosférico, lo cual implica que el personal debe estar todo el tiempo haciendo las observaciones pertinentes para modificar la cantidad de agua y nutrientes a aplicar.

3. Uso de sensores para monitorear los elementos climáticos y la humedad del sustrato

Por todo lo anterior, es importante manejar el clima interno y el riego de los invernaderos, que mejoren la temperatura y la humedad relativa, sin afectar drásticamente la radiación fotosintéticamente activa (RFA).

De preferencia, este control debe ser automatizado e inteligente. Que permita realizar las adecuaciones de temperatura y humedad del aire y el sustrato de acuerdo a las condiciones atmosféricas imperantes en un momento determinado y que dichas adecuaciones no dependan directamente de la presencia del personal.

Actualmente se han empezado a utilizar sensores de los parámetros anteriormente descritos que transmiten los valores directamente a una computadora, guardan la información, la procesan y mediante instrucciones definidas hacen funcionar a los actuadores para mejorar las condiciones de clima y humedad del sustrato como ventiladores, pantallas térmicas, nebulizadores y bombas de riego.

Los sensores son dispositivos que transforman en señales eléctricas los valores de los elementos climáticos y son procesados por una computadora para utilizarlos para accionar actuadores mecánicos como ventiladores, nebulizadores y motores. La diferencia entre el uso de los sensores y los timers o controladores, estriba en que los sensores monitorean las condiciones climáticas y se establecen los parámetros críticos para hacer funcionar a los actuadores, de tal manera que pueden

tomar decisiones de activar los actuadores o no, dependiendo de las condiciones climáticas (por eso ahora se usa el término “Control inteligente”), en cambio con los timers o controladores, los actuadores funcionan en base a tiempos predeterminados y no modifican su trabajo si cambian las condiciones climáticas (Figuras 2 y 3).



Figura 2. Sensores de elementos climáticos



Figura 3. Sensor de humedad del sustrato

4. Manejo del control climático dentro de un invernadero.

Para poder manejar el clima de un invernadero en primer lugar es importante un buen diseño del mismo. Para ello, necesitamos que la altura del invernadero sea bastante elevada, ya que de esta manera en las paredes laterales se tendrá un área de ventilación natural bastante grande (se recomienda que la altura al cenital sea mayor a 5 m). También deberá contar con por lo menos una ventila cenital, ya que ayudará a eliminar el aire caliente por la parte superior del invernadero. Es importante construir el invernadero alejado de construcciones y árboles que limiten la circulación del aire y orientar el largo del invernadero norte-sur para la latitud de México, ya que con esto se logra mayor iluminación interior y estar en posición perpendicular a los vientos dominantes para ayudar a la ventilación del mismo. Por otra parte, el tejido de la malla antiafido, no debe de pasar de 25x40 hilos por pulgada cuadrada, ya que un tejido más fino evita un buen intercambio de aire del exterior al interior, un tejido más abierto mejora la ventilación, pero deja pasar a la mayoría de las plagas.

Es importante señalar que en el presente manual se hace énfasis en el control de la alta radiación y las elevadas temperaturas del invernadero. No así, el control de las bajas temperaturas, ya que son fenómenos más difíciles de controlar y además de un alto costo inicial y de mantenimiento.

4.1 Sistema de control climático Inteligente.

El diseño y construcción del invernadero ayuda a disminuir daños de alta radiación y altas temperaturas dentro del mismo, sin embargo, para las condiciones de México en la mayor parte del año, esto no es suficiente, y entonces los cultivos crecen en un ambiente de mucho estrés y obviamente, el rendimiento no es el más adecuado. Es por ello, que se justifica la instalación de un sistema de control climático inteligente.

Un sistema de control climático inteligente cuenta con los siguientes componentes:

- a. Sensores de elementos climáticos humedad del sustrato
- b. Cables de transmisión de datos de los sensores
- c. Cerebro de procesamiento de datos
- d. Computadora con software para el control de clima
- e. Actuadores mecánicos que ventilan, nebulizan, mueven pantallas térmicas y riegan el sustrato.

Estos componentes actúan como un sistema de control climático inteligente y responden a los valores mínimos o máximos definidos previamente de las condiciones de radiación, temperatura y humedad del sustrato para brindar las mejores condiciones a las plantas cultivadas.

4.1.1 Sensores de elementos climáticos y humedad del sustrato. Estos dispositivos monitorean en tiempo real, la radiación solar, la temperatura ambiental, la humedad relativa y la humedad del sustrato. La información se visualiza de forma instantánea en la PC y se pueden consultar datos previos que se guardan en una base de datos en la computadora. Con estos valores se definen los parámetros adecuados para hacer funcionar a los actuadores. Por ejemplo, si la temperatura ambiental supera los 35°C se pone a funcionar a los actuadores (ventiladores y nebulizadores y/o pantalla térmica). En el caso del sensor de la humedad del sustrato se establece un valor mínimo expresado en voltaje, por ejemplo, cuando mida 600 volts, es momento de activar el sistema de riego. Los sensores permiten que los actuadores funcionen sólo cuando se requieran, de tal manera si esta nublado o lluvioso, dichos actuadores no funcionan y por lo tanto se ahorra energía, agua y fertilizantes.

- 4.1.2 Cables de transmisión de datos de los sensores. Se utiliza un cable UTP exterior categoría 6, utilizado para transmitir datos, su función como se indica, es únicamente la transmisión de datos de los sensores al cerebro de procesamiento de datos. Para que este cable funcione debe existir corriente eléctrica.
- 4.1.3 Cerebro de procesamiento de datos. Es una placa electrónica donde viene montado un microcontrolador AVR con todo lo necesario para realizar su programación en base a la información transmitida por los sensores. Puede utilizar adicionalmente resistencias, leds, transistores, etc., dependiendo de que lo que se quiera obtener del microcontrolador.

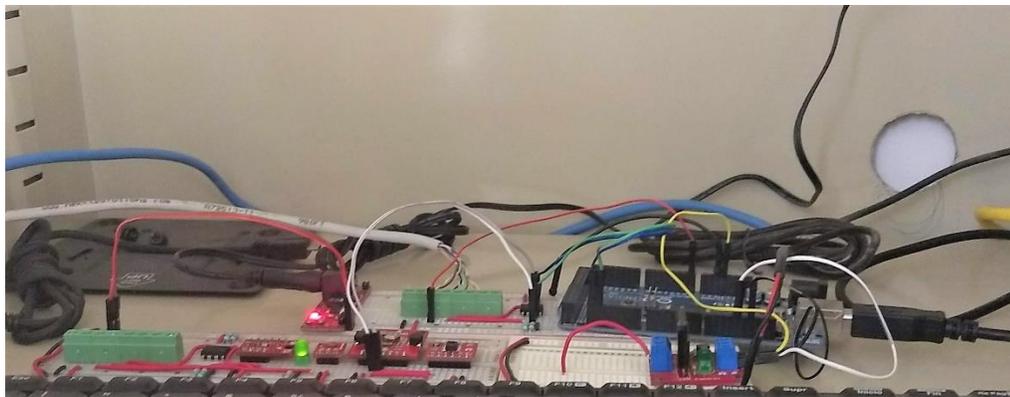


Figura 4. Cerebro de control

- 4.1.4 Computadora. Es el dispositivo donde se instala el software de funcionamiento del sistema de control ambiental, donde se hacen las programaciones del trabajo de los actuadores, en base a la programación del cerebro de procesamiento de datos, además almacena una base de datos de la información de los sensores, para consulta o graficar dichos datos en el tiempo.
- 4.1.5 Actuadores mecánicos. Se refiere a los equipos que llevan a cabo el trabajo para mover al aire, nebulizar, mover la pantalla térmica y llevar a cabo el riego. Para ello se tienen dos tipos de ventiladores: recirculadores de aire, que mueven suavemente el aire dentro del invernadero y extractores de aire, que expulsan el aire caliente del invernadero; un sistema de nebulización que cuenta con un presurizador de agua, una compresora de aire y boquillas nebulizadoras; un motor a pasos nema 23 para mover la pantalla térmica y bombas de agua para activar el riego por goteo.

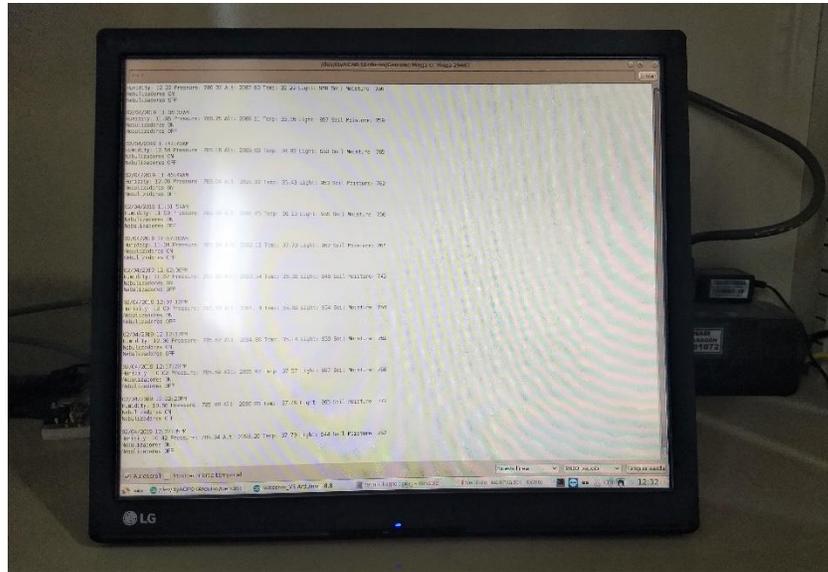


Figura 5. Computadora para el manejo de datos y control del sistema

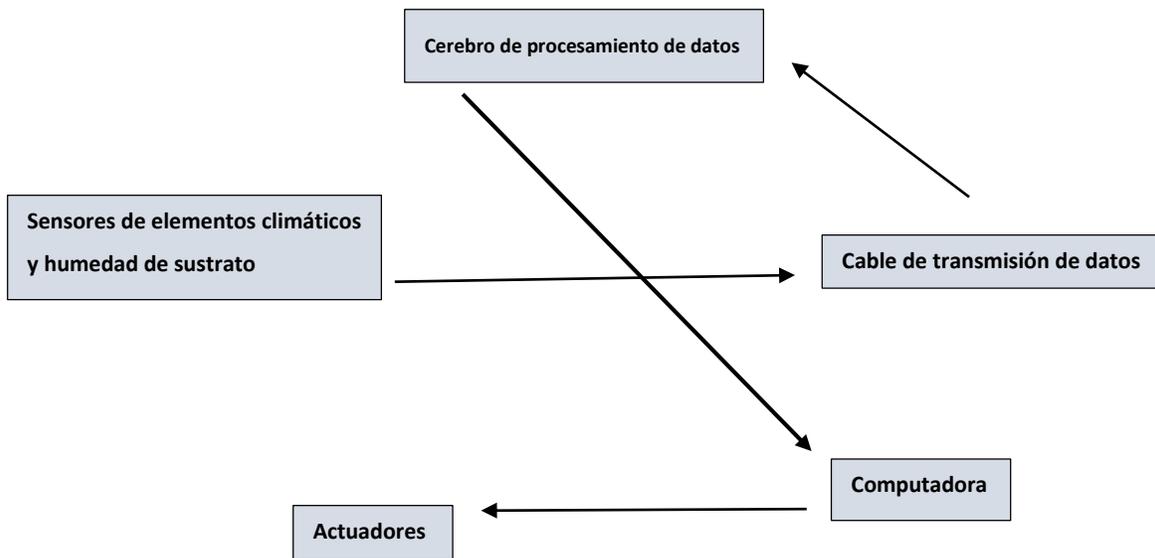


Figura 1. Esquema básico del funcionamiento del sistema de control climático

El sistema de control climático inteligente se programa de acuerdo a los datos obtenidos de los sensores de clima y humedad del suelo, de tal manera que los actuadores trabajan de acuerdo a las variaciones de los elementos climáticos y de la humedad del sustrato.

De tal manera que el procedimiento básico es el siguiente:

- a. Se recaban los datos de los sensores.

- b. Con la información recabada se establecen criterios predeterminados de los valores óptimos de los elementos climáticos y de la humedad del sustrato.
- c. Se programa de acuerdo a los valores óptimos, para en caso de salirse de los mismos, los actuadores puedan funcionar y llevar dichos valores a los óptimos.
- d. Se evalúa continuamente la información y el funcionamiento del sistema.



Figura 6. Bomba de riego (actuador)



Figura 7. Nebulizador y recirculador de aire (actuadores)

El sistema de control climático es una herramienta muy útil en el manejo de los cultivos bajo invernadero, provee de datos climáticos en tiempo real, y puede modificar el trabajo de los actuadores para hacer un uso más eficiente de los recursos, como el agua, los fertilizantes y la energía utilizada para su funcionamiento. Por otra parte, establece las condiciones ambientales más propicias para el cultivo para obtener mayores rendimientos por unidad de superficie. El uso de las nuevas tecnologías, como los sensores y los sistemas computacionales en la agricultura es una realidad y una necesidad para la situación actual.

BIBLIOGRAFIA

Asociación Mexicana de Horticultura Protegida A.C, S/A. Agricultura Protegida en México. Presentación Power Point. www.amhpac.org. Consultado el 14 de junio de 2014.

Bastida T., A. 2009. "Panorama General de la Horticultura Protegida en México y su Tendencia Futura. Módulo II. Diseño Agronómico y Manejo de Invernaderos. Segundo Curso de Especialización en Horticultura Protegida. UACH. Departamento de Fitotecnia.

Cedillo P., E. y Calzada S., M.L. 2012. La Horticultura Protegida en México, Situación Actual y Perspectivas. Revista Digital Encuentros, FES Aragón-UNAM.
<http://www.revistaencuentros.com/especialistas-comunidad/la-horticultura-protegida-en-mexico-situacion-actual-y-perspectivas/>

Sánchez del C., F. 2009 "Perspectivas de la Horticultura Protegida en México". Modulo I. Introducción y Fundamentos de la Horticultura Protegida. Segundo Curso de Especialización en Horticultura Protegida. UACH. Departamento de Fitotecnia.