



Estudio de la regulación del clima para invernaderos con el objetivo principal de desarrollar un proyecto de instalación, que nos permita mantener durante la mayor parte del año (o durante todo el año) unas condiciones climáticas idóneas para el tipo del cultivo a desarrollar.

Recorrido por la regulación climática en invernaderos

MANUEL COLINO VEGA
EVA GUTIÉRREZ ESTÉVEZ
I+D+i ULMA Agrícola
jacriado@ulmaagricola.com

A lo largo de estos años en Ulma Agrícola, hemos sido testigos y en muchos de los casos hemos tenido la oportunidad de participar en el proceso de gestación de nuevos proyectos de instalaciones de invernadero. Se ha pretendido plasmar parte de las sensaciones y experiencias acumuladas a lo largo de este tiempo dedicado

al estudio e implementación de algoritmos para la regulación del clima en invernaderos.

La principal función de un invernadero es la de proporcionarnos un clima controlado para el cultivo de distintas especies vegetales. En la actualidad se están estudiando y ensayando múltiples aplicaciones, algunas de ellas muy curiosas e in-

Invernadero multicapilla Ulma con cultivo hidropónico en suelo, pantalla térmica/sombreo y recirculadores de aire.

novadoras. Principalmente un invernadero es una “máquina” que produce calor a través de la energía que libera el sol en modo de radiación. Por lo tanto, es una máquina que produce calor a través de una energía que nos llega de modo gratuito.

Nuestro objetivo principal será el desarrollo de un proyecto

de instalación, que nos permita mantener durante la mayor parte del año (o durante todo el año) unas condiciones climáticas idóneas para el tipo del cultivo a desarrollar. Cada una de las decisiones que tomemos deberá estar dirigida en esta línea y condicionará, en mayor o en menor medida, la efectividad de nuestra instalación.

Definición de nuestro proyecto

Factores como la situación geográfica, la orientación de las naves, el tamaño, el desnivel y geometría del invernadero, el tipo y el número de ventilaciones y los equipamientos (pantalla, calefacción, ventiladores, fog, etc.) con los que complementemos la instalación, resultarán del todo determinantes.

Como guía general para climas cálidos, debemos maximizar la tasa de ventilación del invernadero. Para ello, será imprescindible dotar a la instalación de un buen sistema de ventanas cenitales y laterales, en conjunción con una geometría y orientación, que favorezcan la entrada de aire del exterior a todos los puntos del invernadero, para lograr un clima lo más homogéneo posible. Las ventilaciones supercénit (sobre todo en configuración mariposa), junto a ventilaciones laterales, se destacan como las ventilaciones más efectivas. Para que el efecto de las ventilaciones laterales tenga influencia en las condiciones climáticas del conjunto del invernadero, no será conveniente establecer invernaderos excesivamente anchos.

¿Qué importancia tiene en todo esto la elección del regulador climático? pues como nos podemos imaginar a estas alturas, mucha, sobre todo si hemos llegado a este punto del proyecto con los deberes bien hechos.

¡Poco a poco, nos vamos metiendo en harina!

De qué elementos consta un sistema de regulación climática

La mayoría de reguladores climáticos del mercado, no están

pensados para el control de superficies inmensas de invernadero. El regulador solamente toma la lectura de temperatura y la humedad de un punto del invernadero, por lo que este punto será la referencia en la que basaremos todas las actuaciones. Es decir, estamos suponiendo que la temperatura y la humedad son las de este punto de referencia en todos los puntos del invernadero, cosa que se puede comprobar que no es así. Se recomienda no superar superficies de 0.5 hectáreas por cada regulador, aunque la experiencia nos dice que normalmente se coloca un regulador por hectárea.

Factores como la situación geográfica, la orientación de las naves, el tamaño, el desnivel y geometría del invernadero, el tipo y el número de ventilaciones y los equipamientos con los que complementemos la instalación, resultarán determinantes

Una instalación estándar, constará de un regulador climático, sensores interiores, sensores exteriores, cofres inversores y amplificadores de señal.

En relación a los sensores interiores, se debería hacer especial hincapié en la gran importancia que tiene contar con un sensor de humedad. ¡Con medir la temperatura no es suficiente! nuestra manera de percibir "el calor" es distinta en función de la humedad ambiente y por supuesto para la planta también. Si alguien todavía no está concienciado con lo mucho que necesita tener en cuenta la influencia de la humedad en su ex-

plotación, le recordaremos el gran número de enfermedades que tienen como factor desencadenante el no contar con unos niveles adecuados de humedad. El exceso prolongado de humedad, resulta especialmente alarmante.

La variedad de sensores exteriores es mayor. Podremos disponer de sensores que miden la velocidad y la dirección del viento, la temperatura exterior, la radiación solar y detectar si hay presencia de lluvia o no. Es muy conveniente que el regulador cuente con todos los sensores que soporta, ya que de lo contrario tomará las decisiones sin evaluar la influencia de todas las variables que contempla el algoritmo pertinente. Esto sin duda, implica una reducción en las características que el regulador nos ofrecía en un principio, cosa que no nos beneficia y que ocasionará que parte de la inversión que hemos hecho en un buen regulador no sea aprovechada.

Sería interesante despejar ciertas dudas que hay relativas a las características de la medición del piranómetro, mediante la utilización de un ejemplo. Un método sencillo para asegurarnos de que un termómetro funciona correctamente, puede ser, comparar la lectura de dos de ellos que estén colocados en el mismo lugar. De este modo las lecturas de ambos deberán ser muy semejantes. Si hacemos esto mismo con dos piranómetros podemos llevarnos la sorpresa de que las lecturas sean dispares y aun así, ambas sean correctas. Esto es porque ambos piranómetros no están midiendo el mismo rango del espectro electromagnético. Otra conclusión que podemos sacar de todo esto, es que en función de la utilización que pensemos hacer del piranómetro, nos puede interesar medir un rango de radiaciones u otro distinto. Si queremos saber la actividad de la planta, nos interesará medir la radiación PAR (radiación fotosintéticamente activa). Si queremos saber si es de día, nos interesará medir la luz visible. Si queremos saber el aporte calorífico del



sol, deberemos al menos medir, la radiación infrarroja corta y para otro tipo de aplicaciones, nos interesará medir todo el espectro electromagnético o la mayor parte posible.

Siguiendo con el resto de elementos, los cofres inversores, como su nombre indica, son los encargados de invertir el sentido de giro del motor en función de la señal recibida desde el regulador. Además, contarán con una protección para el motor. Es decir, son aparatos de maniobra y teniendo en cuenta su cometido, deberemos pedirles que sean elementos sólidos, estancos y muy fiables. Sería recomendable que estos elementos se colocasen debajo del motor que tienen que gobernar, aunque en algunas ocasiones el cliente prefiere que estos cofres se centralicen en un gran armario lo cual conlleva que se utilicen más metros de cable para hacer lo mismo encareciendo la instalación.

El regulador climático debe estar situado en el invernadero, ya que esto nos proporciona ventajas, como el hecho de economizar en cable, lo cual redundará en nuestro bolsillo y además favorecerá la transmisión de ciertas señales, que pueden ser susceptibles a la longitud del conductor. A la hora de modificar los parámetros del regulador, también será interesante tener los distintos elementos del in-

**Invernadero multicapilla
Ulma con cultivo hidropónico en suelo, pantalla térmica/sombreo y calefacción de aire.**

vernadero a la vista, para poder observar las consecuencias que tienen las modificaciones, en el clima del invernadero y en el modo de funcionamiento de los distintos actuadores. Esto nos ayudará en nuestro proceso de aprendizaje y complementará la información que nos representa el regulador en pantalla, con la que percibimos mediante la inspección visual del invernadero.

Será muy conveniente contar con un control manual por grupos, de todos los elementos de la instalación. Un lugar adecuado para su posicionamiento, puede ser bajo el mismo regulador o al lado de éste. Esto nos vendrá bien, por si queremos en algún momento posicionar algún grupo de elementos (ventilaciones, pantalla, calefactores, recirculadores) en modo manual o también en previsión de que en alguna ocasión se pueda producir alguna avería en un regulador climático. En este último

■ El regulador climático debe estar situado en el invernadero, ya que esto nos proporciona ventajas, como el hecho de economizar en cable, lo cual redundará en nuestro bolsillo y además favorecerá la transmisión de ciertas señales, que pueden ser susceptibles a la longitud del conductor



caso, al menos podremos manipular la instalación en modo manual hasta que el problema quede subsanado.

En ocasiones puede ser interesante la incorporación de un ordenador con un programa SCADA (Supervisory, Control And Data Acquisition), en algún edificio anexo a la instalación o en una oficina remota. Un sistema SCADA nos permitirá actuar sobre la instalación, recibir datos en tiempo real y la creación de históricos de las distintas lecturas de los sensores y las posiciones de los actuadores, lo cual también será una buena herramienta de aprendizaje. Mediante gráficos podremos saber lo que acontece en la instalación en cualquier periodo del día y detectar momentos críticos y establecer estrategias de funcionamiento.

También se debería hacer mención a la posibilidad de tener acceso permanente al estado de

Invernadero multicapilla gótico Ulma con cultivo de flor y doble pantalla térmica y de sombreo.

su instalación conociendo la posición y estado de las ventilaciones, pantalla, calefacción, etc. pudiendo recibir mensajes de alarma sobre anomalías en la misma e incluso realizar maniobras sobre la instalación por medio de un SMS desde su móvil gracias al sistema GSM.

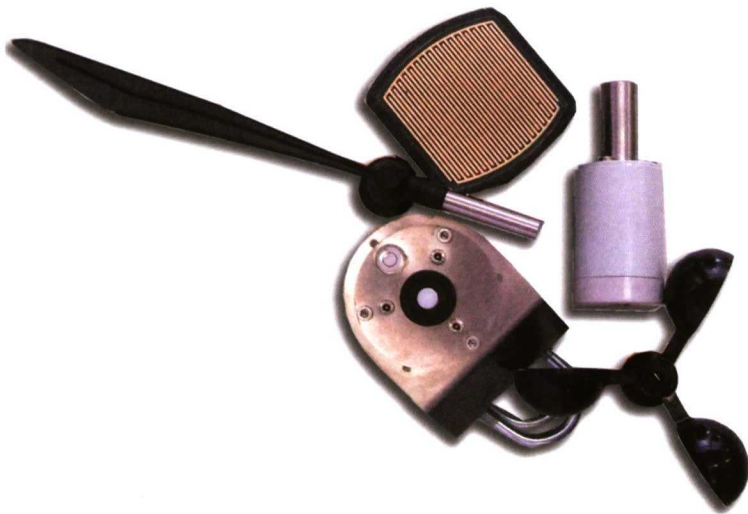
Características de un buen regulador climático

La temperatura y la humedad

están fuertemente vinculadas y esta característica condicionará en gran medida la estrategia de funcionamiento del regulador climático. Este vínculo se traduce, en que una modificación en la temperatura, también producirá una modificación en la humedad y viceversa. La relación entre ambas magnitudes es inversa, lo que quiere decir que un aumento de la temperatura, provocará una disminución de la humedad y viceversa.

Anteriormente ya se ha adelantado la importancia que tiene el control de la humedad y ahora añadimos, la imposibilidad de estar dentro de unos márgenes de humedad correctos, sin modificar para ello la temperatura. Está claro que será del todo imposible disponer en todo momento de una temperatura ideal y una humedad ideal en el mismo instante. La solución pasa por llegar a una relación de compromiso entre ambas magnitudes; es decir, cambiamos

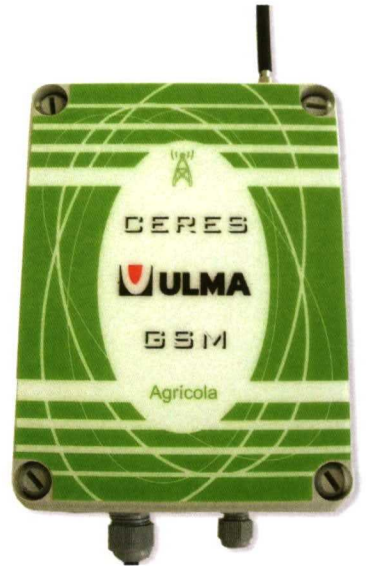
■ Puede ser interesante la incorporación de un ordenador con un programa SCADA que nos permitirá actuar sobre la instalación, recibir datos en tiempo real y la creación de históricos de las distintas lecturas de los sensores y las posiciones de los actuadores



Aquí podemos apreciar algunos sensores (anemómetro, veleta, pluviómetro, sondas de temperatura, etc).

Un Ceres desarrollado por Ulma con sistema GSM.

Un Microclimatic, regulador climático desarrollado por Ulma.



nuestro objetivo (a priori muy complicado), por el de disfrutar de una temperatura y una humedad que se encuentren dentro de unos márgenes adecuados para el cultivo.

Todos los elementos del invernadero (ventilaciones, calefacción, pantalla, etc) deben modificar su modo de actuar para colaborar en la misión de tener la humedad bajo control. ¡Así es! ¡trabajo en equipo, para lograr el objetivo!

Cuando adquirimos un regulador climático debemos exigir que las ventilaciones y demás elementos, no se muevan del mismo modo que los caballitos suben y bajan en un tiovivo. Debemos exigir que el regulador climático regule, valga la redundancia y la obviedad. No es suficiente con que las ventilaciones se abran y se cierren, con que la calefacción se encienda y se apague...sino que todo ello debe perseguir un objetivo, que es estabilizar la temperatura y la humedad dentro de unos márgenes adecuados para el cultivo.

Un buen regulador, siempre que las condiciones climáticas externas lo permitan (no podremos conseguir 22°C, si en el exterior hay 45°C), en pocos movimientos de las ventilaciones conseguirá un valor muy próximo a la consigna de temperatura y en el caso que

las condiciones externas (velocidad del viento, radiación o temperatura) sufran una variación brusca, se adaptará rápidamente para evitar fluctuaciones bruscas en las condiciones de temperatura y humedad internas. Hay que evitar por todos los medios, movimientos erráticos de la ventana, que provocarán grandes fluctuaciones en las condiciones interiores, además de un desgaste innecesario de los elementos mecánicos móviles y un consumo absurdo de energía eléctrica.

En relación a la calefacción de aire

Todavía se encuentran instalaciones que funcionan utilizando termostatos para el encendido de la calefacción. Estos elementos tienen dos grandes problemas. El primero es que no permiten variar la consigna de calefacción en función de la humedad; es decir, no

■ **Todos los elementos del invernadero (ventilaciones, calefacción, pantalla, etc) deben modificar su modo de actuar para colaborar en la misión de tener la humedad bajo control**

permiten utilizar la calefacción para regular la humedad. El segundo problema, es que cuentan con grandes zonas muertas, por encima y por debajo del valor de consigna, que producen una regulación muy tosca, con grandes sobrepasamientos sobre el valor de consigna deseado. ¿Se puede hacer mejor? ciertamente existe un margen de mejora muy grande. Podemos conseguir una temperatura estable y además mantener la humedad controlada, además de reducir el consumo de gasóleo hasta en un 25%. ¿He captado su atención?

Las necesidades de luz y temperatura que tiene la planta, no son las mismas en todas las fases del día y los problemas a los que nos tenemos que enfrentar, en cuanto a la regulación climática se refiere, tampoco. De aquí la necesidad de dividir el día en periodos, que nos permitan por un lado ajustar las condiciones climáticas a las nece-



sidades del cultivo en cada momento del día y por otro lado nos facilite la variación de la estrategia de regulación, para enfrentarnos con mayor efectividad a las distintas casuísticas que nos encontraremos.

En una orquesta hay un único director, y en un invernadero debe haber un único regulador climático, que controle todos los elementos relacionados con el clima. Es la única manera de que todo funcione de una manera armónica, sin que unos elementos entren en conflicto con otros.

...y aquí viene el auténtico reto....desarrollar un regulador que pueda hacer estas cosas y muchas más, de un modo sencillo para que el usuario pueda sacarle todo el rendimiento posible, sin volverse loco o hacer un master en regulación. Es interesante señalar que no es un buen negocio disponer de un buenísimo y carísimo regulador que no entendemos y el cual no nos atrevemos a manipular por pánico a modificar

Invernadero multicapilla Ulma con producción de planta en mesas de cultivo, pantalla térmica/sombreo y recirculadotes de aire.

un parámetro que no comprendemos y cuyas consecuencias desconocemos. Los reguladores de clima no son cuadros que se cuelgan en el invernadero y no hay que volver a tocar. Realmente son nuestra mano derecha, en cuanto al control de clima se refiere, y tenemos que entender su funcionamiento y “jugar” con sus parámetros y modificarlos, para adaptarlos a cada época del año y fase del cultivo.

Por último se debería aprovechar para hacer un pequeño homenaje a los manuales, ese conjunto de hojas en varios idiomas, que tan

discretamente acompañan a multitud de aparatos electrónicos y en nuestro caso también a los reguladores. El manual se debe convertir en una documentación de consulta, que conviene siempre tener al alcance de la mano y será nuestra primera guía de clima. Por lo tanto, es una lectura obligada que hay que hacer con el máximo de atención.

El artículo expone un breve recorrido por lo que implica realizar una buena regulación del clima; comenzando con la definición del invernadero y como broche final echándole un vistazo al manual del regulador climático.

■ En una orquesta hay un único director, y en un invernadero debe haber un único regulador climático, que controle todos los elementos relacionados con el clima

Para saber más...

- Puede encontrar otros artículos relacionados y más información sobre el tema en la Plataforma Horticom www.horticom.com.

- ' Invernadero para la producción sostenible en áreas de clima de invierno suaves' www.horticom.com?71373.