



FUNDACIÓN PRODUCE

Sinaloa A.C.

ENLACE, INNOVACIÓN Y PROGRESO

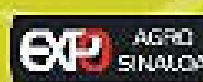
Producción de hortalizas bajo invernadero

MEMORIA



Memoria

Producción de hortalizas bajo invernadero



**Curso de
Producción de hortalizas bajo
invernaderos**

MEMORIA

Contenido

Fundamentos técnicos para el diseño y construcción de invernaderos.....	7
Manejo de cultivos en invernadero.....	17
Manejo de cultivos en altas temperaturas.....	25
Manejo biorracional de plagas insectiles en la producción de hortalizas en ambiente controlado.....	35
Equipos automáticos para la optimación de la producción.....	59
Importancia de la luz en la producción de pimiento morrón del tipo <i>blocky</i> bajo condiciones protegidas en México.....	77

FUNDAMENTOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE INVERNADEROS

José Alex Pacheco Abraham¹

Introducción

El uso de invernaderos actualmente se justifica mediante la corriente mundial de calidad en la que estamos viviendo. Los mercados son cada vez más exigentes en calidad, inocuidad, presentación y certificación del contenido, ya que el cliente final observa las diferencias entre este tipo de producto que se presentan en los mercados con respecto a otros. Esto hace que los productos de invernadero estén en nichos de alto nivel.

La agricultura bajo invernadero es producto de las condiciones ambientales de países, principalmente del Hemisferio Norte, que su principal limitante para la producción es el clima. En la actualidad el uso de esta tecnología está disponible para la mayor parte de los esquemas productivos y de los productores en general del resto del mundo.

México mantiene a la fecha un constante avance en la implementación de las diversas tecnologías existentes. La introducción de esta tecnología se incrementará conforme las condiciones climáticas lo hagan y las necesidades de su población lo requieran.

I. Descripción del mapa regional geográfico-climático de México

México muestra un mosaico muy diverso de regiones y climas. Ubicado geográficamente dentro de las zonas tropical y subtropical del Hemisferio Norte, el clima en México está determinado por varios factores, entre los que se encuentran: la altitud sobre el nivel del mar, latitud, diversas condiciones atmosféricas y la distribución existente de tierra y agua. Por lo anterior, el país cuenta con una diversidad de climas, los cuales de manera muy general pueden clasificarse, según su temperatura, en cálido y templado; y de acuerdo con la humedad existente en el medio, en húmedo, subhúmedo y muy seco.

¹ Asesores en Construcción y Asesoría Agrícola (ACEA).

Las condiciones anteriormente señaladas sólo son algunas de las que forman parte de la gran diversidad de factores a considerar que existen en México; todos ellos bien definidos tanto en mapas climáticos como cartográficos.

II. Cronología de adopción de tecnología para invernaderos en México

En México, los primeros invernaderos con interés comercial fueron instalados en la región oriente del Estado de México por emigrantes alemanes y japoneses; destacaron la casa Matsumoto y la familia Barto como las empresas pioneras en la construcción y manejo de invernaderos. Entonces sus construcciones eran de concreto, herrería y cristal.

A finales de los 70, la COPLAMAR (Comisión para el Desarrollo de las Zonas Marginadas) promovió el uso y construcción de invernaderos, sobre todo de estructura de madera y cubierta de películas de plástico. Asimismo, se iniciaron proyectos empresariales como Rosemex, Summa, Flora y otros, los cuales adoptaron otras tecnologías basadas en la fibra de vidrio y estructuras metálicas.

En la década de los 80, se presenta un auge en el desarrollo de los invernaderos, principalmente para floricultura, viverismo y producción de plántulas de hortalizas, con la formación de varias empresas, que se instalaron en el sur del Estado de México, concretamente en la región de Villa Guerrero y en otras partes del país. Desarrollo que se basa en la construcción de estructuras multicapilla a dos aguas con ventila cenital tipo colombiano.

Para la década de los 90, ya existen todo tipo de invernaderos en México país, que adoptan avances e innovaciones tecnológicas de vanguardia consistentes en el uso de invernaderos con estructuras de materiales más ligeros con cubiertas de plástico en sustitución del vidrio, sistemas sencillos de control climático-automatizado y equipos de riego automatizado con fertirrigación.

Es a partir del 1995, durante la etapa de crisis económica generada por la devaluación ocurrida en México, cuando se presentan las condiciones oportunas para la inversión en producción hortícola bajo invernadero, y cobran gran interés entre los mayores productores de hortalizas de los estados de Sinaloa, Sonora, Baja California, Jalisco, en la zona de El Bajío y algunos otros estados del sur del país.

Es en los últimos años, cuando los productores nacionales requieren de mayores avances en lo referente a controles y automatización de operaciones en invernaderos.

III. Tecnología mexicana

En este contexto, Asesores en Construcción y Extensión Agrícola S.A. de C.V. viene participando desde 1980 con diseños, desarrollos y adaptaciones de las diferentes tecnologías usadas en el mundo. Para ello se toman en cuenta factores climáticos específicos del lugar donde se realizará la instalación para que sean económicos y de eficiencia operativa que resuelvan las necesidades específicas de los productores según su región. Para cada proyecto es necesario estudiar todos los factores que intervendrán en el proyecto: desde lo climático, hasta vías de comunicación, preparación y disponibilidad de mano de obra.

Entre los diseños de invernaderos que han estado en continua evolución, destacan para medianas y grandes superficies los modelos Vertitúnel, Bativenital, Batisierra, Star Grow y casa de sombra.

En el diseño de estos invernaderos se considera el uso de perfiles estructurales de acero y lámina con recubrimientos de zinc. Esto garantiza durabilidad a la estructura. Asimismo, se utilizan secciones tubulares cuadradas, troqueladas y estrechadas; tornillería y accesorios que facilitan el montaje de la estructura, que reducen los costos.

El análisis estructural considera las siguientes normas nacionales:

- Instituto Mexicano para la Construcción en Acero (IMCA), basado en las normas del American Institute for Steel Construction (AISC).
- Manual de diseño de obras civiles de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) (Sección C-14), la cual define las condiciones de viento y sismo a considerar de acuerdo a la ubicación de la estructura dentro de la República Mexicana.

Ambos documentos (IMCA y CFE) complementados con las normas National Institute of Agricultural Engineering, UK y las normas UNE 76-208-92 permiten lograr diseños y un nivel de análisis comparable al existente en países con mayor tecnología.

En los análisis para diseño se toma en cuenta lo siguiente:

- Peso propio de la estructura.
- Viento de diseño de 120 km/hr. (el cual puede ser modificado de acuerdo a requerimientos específicos de la región).
- Peso del cultivo (18-25 kg/m², o variable (dependiendo del tipo de cultivo).
- Peso producido por granizo.
- Cargas durante el montaje de la estructura.
- Sismo. Esto cuando se ubique en zona sísmica y contemple cultivo sobre tutoreo.

IV. Principales modelos de invernaderos de acuerdo a la zona y al cultivo

Modelo Vertitúnel

Invernadero sencillo de gran resistencia; se ajusta a casi todo tipo de terreno sin tener problema con la ventilación; muestra ser un invernadero muy versátil en cuanto a la producción. Se recomienda ampliamente para floricultores y viveristas, aunque ya ha sido utilizado por productores de hortalizas, que incluye otros materiales para el soporte de éstas.



Modelo Batitúnel

Este invernadero carece de una ventila cenital. Esto lo limita a su número en batería, pero que es muy útil cuando la superficie se quiere aprovechar al máximo en climas templados; sin embargo, se puede tener problemas con la ventilación en la parte interna de la nave cuando la nave tenga en uno de sus lados más de 30 metros.

Si se presentan bajas temperaturas, el calefactor Centinela 250 es una alternativa, ya que la generación de 250, 000 BTU por hora son suficientes para solucionar heladas.



Modelo Baticenital

Es un invernadero con ventila cenital que permite una gran eficiencia en la ventilación y ha mostrado un buen comportamiento en climas templados, cálidos y tropicales.

La estructura, basada en perfiles cuadrados galvanizados y cables de acero, proporciona una resistencia óptima a los vientos, soportando el tutoreo del cultivo. Con sus arcos compuestos por dos secciones, además de ser aerodinámico, cuenta con una ventila cenital. Presenta buen drenaje mediante un canalón estructural.



Modelo Batisierra

Este invernadero presenta buena resistencia y con una ventilación novedosa, principalmente por su forma de sierra, lo que da su nombre; tiene un buen comportamiento en climas templados, cálidos y tropicales; además de esto, es de muy fácil armado y con buena capacidad de carga (hasta de 25 kg/m²). Cabe destacar en este modelo la utilización de un elevador para el tensado del plástico; también se puede poner una doble capa de polietileno, el cual puede ofrecer una mejor climatización del recinto.



Modelo Megavent

Este invernadero es muy recomendable para zonas tropicales y muy cálidas, debido principalmente a las ventilas cenitales y laterales; es un invernadero muy resistente, recomendado en zonas con vientos muy fuertes: puede resistir hasta 120 km/hora.

La ventilación en este invernadero no es problema: sus ventilas cenitales le permiten una excelente aireación al cultivo, sin problema alguno.



Modelo Star Grow

Es un invernadero completamente automatizado; cuenta con un excelente sistema de ventilación y ha mostrado un buen comportamiento en climas que van de templado a cálido con todas sus variantes. Tiene buena capacidad de carga de 25 kg/m². Ambas ventilas (cenitales y laterales) se operan automáticamente con un sistema de motoredutores, ejes, cremalleras, engranes, relevadores y controladores, aunque también cuentan con un sistema de operación manual.

Se ofrecen dos versiones de automatización:

- La serie MC cuenta con un microcontrolador en el interior del invernadero. Este recibe las señales, tanto de los sensores internos como externos, y a través de un microprocesador toma todas las decisiones de control que comandan el funcionamiento de cortinas bajo los parámetros marcados por el operador. Este sistema opera localmente en cada invernadero.
- La serie PC integra una computadora personal que permite controlar las condiciones al recibir señales de los sensores internos y externos; incluye un *software*, una interfase y una red de comunicación para el monitoreo remoto que permite almacenar la información de todos los parámetros que envían los sensores, graficarla y visualizarla en tiempo real. Este sistema permite controlar nuevos invernaderos desde la misma PC central.

En todos los modelos su cubierta es de polietileno tratado contra rayos ultravioleta. Pueden usarse otros materiales como el acrílico o el policarbonato. Para fijar las cubiertas flexibles se utiliza el sistema único de perfil y resorte Poly-Grap de diseño y patente propia. Para minimizar el efecto de orilla se utiliza malla antiáfidos o sombra tras las cortinas. Esta malla, además, sirve

de protección contra insectos y significa menor cantidad de plaguicidas aplicados.



Casa sombra

Es una protección para mejorar las condiciones climáticas de un área de cultivo. El elemento fundamental son las mallas que se utilizan como cubierta y puede variar la densidad de sombra, e inclusive se pueden utilizar mallas antiinsectos.

Se puede utilizar este tipo de estructura en lugares donde el daño causado por viento es muy importante, reduce la evapotranspiración y evita el ingreso de gran cantidad de insectos.

Se está utilizando para producir intensivamente en regiones donde los problemas son más de tipo sanitario que climático, ya que en este tipo de invernadero no se puede controlar los factores climáticos como la lluvia.

Por su costo económico, con relación a los otros tipos de invernaderos, ha hecho que la superficie de estas estructuras se incrementara, especialmente en Culiacán, San Quintín y Sonora.



V. Conclusiones

El uso de construcciones agrícolas, como los invernaderos, deben considerarse herramientas que ayudan a aumentar los rendimientos, pero esos rendimientos no se obtienen sólo con instalar un invernadero. Para ello es necesario considerar otros aspectos como el manejo eficiente del agua y la fertilización (mediante la hidroponía y la fertirrigación), el manejo apropiado de los cultivos, el uso de variedades de alto rendimiento, consideraciones climáticas regionales y una planeación adecuada de todas las actividades, dado que son elementos que permiten obtener altos rendimientos dentro de los invernaderos.

El diseño, construcción y manejo de invernaderos presenta algunos inconvenientes o desventajas que se deben tener en cuenta antes de emprender la empresa de construir o comprar un invernadero, y así estar preparados para enfrentar o minimizar los efectos negativos:

1. **Inversión inicial alta.** La primera desventaja consiste en los costos. La construcción de invernaderos representa una inversión relativamente alta que, en la actualidad, sólo se justifica para cultivos altamente rentables como las hortalizas, frutales y especies ornamentales. No son recomendables, por el momento, para los cultivos básicos.
2. **Alto nivel de especialización y capacitación.** El cultivo y manejo de plantas en invernadero requiere de capacitación apropiada de productores, técnicos y trabajadores para un mejor desarrollo de sus funciones.

Sobretudo si se emplean sistemas hidropónicos, si se siembra en sustratos y se adquieren sistemas y equipos. Asimismo, se requiere una especialización empresarial para comercializar los productos, recuperar la inversión inicial y hacer la empresa rentable.

3. **Altos costos de producción.** Se refiere a los gastos de operación. Algunos de los costos de insumos, como semillas y fertilizantes, son más altos que los mismos productos utilizados en cultivos a campo abierto en la misma superficie. Sin embargo, los rendimientos obtenidos bajo los invernaderos son mayores si el cultivo se atiende bien, situación que permite obtener mayores ganancias por unidad de superficie.
4. **Alto riesgo de propagación de enfermedades y plagas.** Así como los invernaderos propician condiciones óptimas para el desarrollo de los cultivos, también aportan las condiciones ideales para la proliferación de enfermedades y el desarrollo de plagas que, de no controlarse, pueden acabar con la producción y hacer fracasar la empresa.

Los invernaderos, finalmente, son estructuras de apoyo a la producción agrícola; y deben usarse como parte fundamental de un sistema productivo constituido por una serie de elementos, igualmente importantes para aumentar los rendimientos. Los invernaderos por sí solos no son una panacea ni la solución universal a los problemas que enfrenta la agricultura mexicana. Como estructuras para proteger cultivos son herramientas modernas que impulsan el desarrollo de la agricultura, basadas en una serie de tecnologías que definen la agricultura de precisión, como parte de los métodos modernos de producción empleados en la agricultura tecnificada.

MANEJO DE CULTIVOS EN INVERNADERO

Sergio Navarro de Torres¹

La principal ventaja que ofrecen los cultivos protegidos es la capacidad que confieren al usuario de modificar a conveniencia determinadas condiciones climáticas y contrarrestar los efectos negativos derivados del medio ambiente en forma de precipitación, vientos o plagas.

Los rendimientos en invernadero o malla sombra son superiores a los obtenidos al aire libre, puesto que la planta trabaja en ambientes más húmedos donde las temperaturas fluctúan con moderación, las corrientes de aire son más débiles y la incidencia de plagas es menor que en ambientes descubiertos.

A todas estas ventajas inherentes a cualquier invernadero o malla sombra, se le deben sumar las derivadas de un buen manejo del sistema productivo para modificar a conveniencia las condiciones del medio ambiente vegetal de manera que repercutan en una mejora del rendimiento final.

En este artículo se relacionará el manejo de un invernadero o malla sombra, como sistema productivo, con la incidencia que tienen las condiciones climáticas sobre el desarrollo de los vegetales.

I. Aireación

Mantener unos niveles óptimos de aireación dentro del invernadero es esencial para que exista una continua renovación de carbono en la atmósfera aérea y de oxígeno en la atmósfera radicular.

Cualquier cultivo protegido presenta una diferencia básica con respecto a otro al aire libre: la atmósfera vegetal se mantiene estable. Esto supone una ventaja en lo que se refiere a la temperatura y a la humedad relativa, pues en ambientes templados la tasa neta de fotosíntesis se mantiene en unos niveles

¹ Doctor en ciencias. Asesor independiente.

altos y el metabolismo del carbono es muy eficiente.

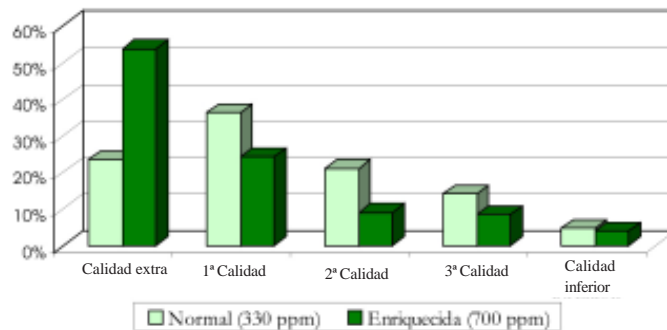
El ambiente protegido presenta una desventaja respecto al aire libre, ya que la atmósfera se mantiene estable porque existe una baja renovación de aire, y normalmente es necesario ventilar para que entre bióxido de carbono (CO_2) y se incorpore al medio ambiente del umbráculo. La deficiencia relativa de carbono implica menor capacidad vegetal para reponerse a condiciones de estrés, como las aplicaciones de herbicidas, las intoxicaciones por tratamientos y las enfermedades de raíz. La virulencia de cualquiera de estas condiciones de estrés es mayor en umbráculos, debido a los altos niveles de humedad relativa en el suelo y en el ambiente.

Asimismo, la aireación en los surcos de siembra aumenta la incorporación de oxígeno ambiental al agua del suelo. La presencia de oxígeno en el extracto saturado es esencial para que la raíz desarrolle procesos respiratorios, y estados carenciales provocan anoxia (asfixia radicular) que supone la muerte del tejido radicular.

El buen manejo de la aireación es una medida muy eficiente de control integrado para reforzar tratamientos contra *Phytophthora infestans*, *Botrytis*, *Sclerotinia* y la mayoría de hongos y bacterias de la zona aérea.

La aireación de los cultivos se puede regular mediante el uso de cortinas en los invernaderos, modificando los marcos de plantación diferentes, realizando labores de poda específicas o mediante ventiladores.

En la siguiente tabla, se exponen las diferencias de calidad entre un tomate redondo cultivado en atmósfera enriquecida con CO_2 y otro de la misma variedad, cultivado en condiciones atmosféricas normales. La cantidad en porcentaje de las ordenadas, es el tanto por ciento de la producción total.



La diferencia de producción total fue un 20% superior en el cultivo con atmósfera modificada. En condiciones atmosféricas normales, las condiciones óptimas de aireación se reflejan en la calidad y no tanto en la cantidad producida.

II. Manejo de riegos

Teniendo en cuenta que el invernadero es un medio donde el aire se renueva muy lentamente, un exceso en el tiempo de riego puede provocar encharcamientos o estados de saturación que prolongarán durante el tiempo que tarde la humedad en incorporarse a la atmósfera aérea, donde se acumulará en forma de humedad.

En invierno las temperaturas descienden hasta el punto de provocar una saturación de humedad en el ambiente del invernadero. Las bajas temperaturas inducen niveles máximos de humedad relativa, que provoca condensación del vapor de agua ambiental que se recoge en forma líquida sobre la superficie foliar. Las gotas de agua son el mejor medio posible para el desarrollo de poblaciones microbianas, por lo que se consideran vehículo de enfermedades criptogámicas.

El exceso de humedad en el ambiente es una de las contrariedades de los sistemas protegidos en invierno, ya que en ocasiones la acumulación de humedad no es remediable a corto plazo porque las condiciones para la ventilación son malas.

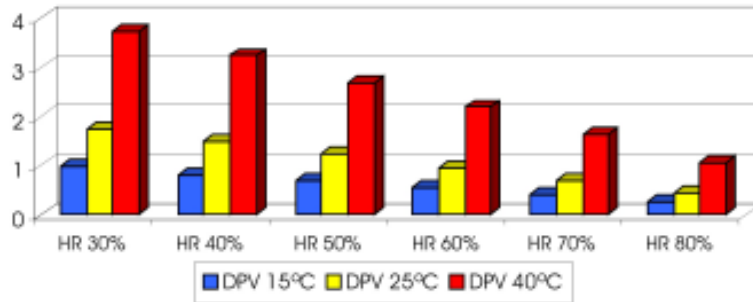
Un exceso de humedad en el suelo disminuye la tasa de renovación de aire en el suelo, por lo que disminuyen los niveles de oxígeno (O_2) e indirectamente reducen la actividad radicular.

Al ser el invernadero una parcela relativamente pequeña y poco permeable, la operación de riego sirve para humedecer el medio ambiente y puede utilizarse como inductor de la tasa de fotosíntesis en horas de máxima sequedad.

Es conocido que en su proceso respiratorio las raíces liberan CO_2 y consumen oxígeno, por lo que la atmósfera edáfica contiene un aire rico en bióxido de carbono. La operación de riego sirve también para liberar el aire edáfico, cuyo CO_2 alimentará los procesos fotosintéticos.

La Deficiencia de Presión de Vapor (DPV) es un parámetro que determina la eficiencia en el aprovechamiento del agua de la planta. Los valores bajos de DPV (inferiores a 0.5 kPa) suelen responder a bajos niveles de transpiración asociados a excesos de humedad relativa, mientras que valores altos (superiores a 1.5 kPa) se asocian a condiciones de estrés hídrico a causa de una atmósfera aérea demasiado seca.

La humedad relativa es el factor climático que mayor incidencia tiene en la DPV, como se aprecia en esta gráfica:



III. Textura del suelo

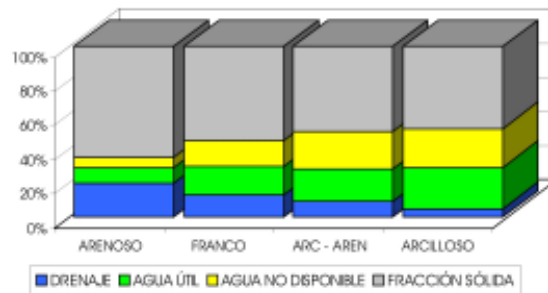
Principalmente la textura del suelo determinará la capacidad del vegetal para desarrollar los procesos de enraizamiento, así como las probabilidades de acumular humedad en el ambiente durante largos periodos de tiempo.

En suelos arenosos la precocidad de los vegetales es significativamente mejor que en suelos pesados, pero la calidad de la fruta suele ser mejor en suelos pesados, ya que acumulan e intercambian mayor cantidad de minerales.

Los suelos arenosos requieren riegos frecuentes, mientras que en los suelos arcillosos los aportes de agua son intermitentes para que se favorezca la aireación del suelo. Debido a que la arcilla retiene gran cantidad de agua no disponible para las raíces, debe ser mantenida con niveles altos de hidratación que dificultan una buena aireación en los surcos.

Los suelos retienen el agua de tres formas y en función de cada una de ellas, se clasifica como: 1) agua gravitacional: drenaje, 2) agua útil: retenida por el suelo pero accesible para la raíz, y 3) agua no disponible: retenida por el suelo con mayor tensión que la que puede ejercer el sistema radicular.

En la gráfica adjunta se muestran las características de algunos tipos de suelos:



La gráfica permite deducir que un suelo arcilloso tardará más tiempo en drenar que un suelo arenoso, por lo que el tiempo de riego deberá ser mayor. No obstante el suelo arcilloso acumulará más humedad, por lo que los riegos deberán espaciarse.

IV. Labores de cultivo

Entutorado: En esta práctica se guían los brazos de la planta en vertical, con el objetivo de mejorar la aireación y la luminosidad incidente. Esta práctica puede realizarse en la mayoría de especies cultivables en invernadero, pudiendo desarrollarse a 1, 2 ó 3 brazos. El objetivo de esta práctica es mantenerse en unos niveles de calidad superiores al 85%, seleccionando la producción al eliminar la fruta de los brazos axilares.

Enfajado. Las plantas se acomodan entre hilos horizontales que se superponen cada 30 ó 40 cm; se sacrifica calidad, pero se evita excesivo gasto en mano de obra. En estos casos la aireación suele ser deficitaria, y las escasas labores de poda deben ser muy eficientes. Es recomendable en aquellos cultivos donde no resulte fundamental producir primera calidad, utilizando variedades capaces de amarrar en condiciones de baja intensidad lumínica y altos niveles de humedad relativa.

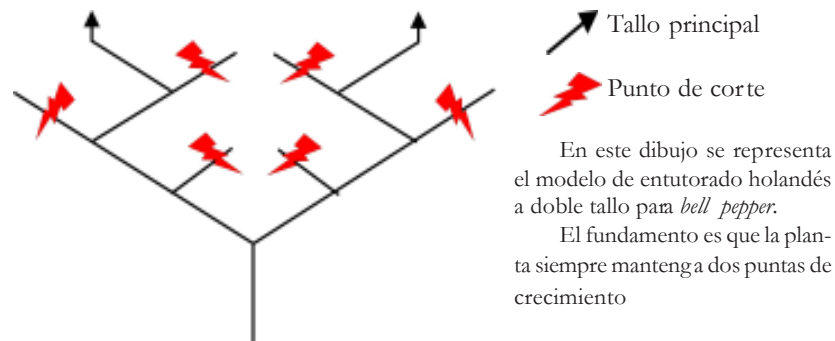
Aclareo de frutos. Es muy importante en cultivos cuyos frutos se comercializan por piezas como el tomate en rama o el pepino holandés, así como en cualquier otro cultivo que empiece a formar fruto demasiado pronto o emita demasiados tallos. En ocasiones el aclareo sirve para eliminar frutos que no van a servir, como pepinos curvados o pimientos partenocárpicos, y en otras consiste en amarrar los primeros frutos formados para que la planta se fortalezca y emita un sistema radicular vigoroso antes de entrar en producción, como ocurre en sandías, melones, pepinos y algunas variedades de pimiento.

Enmallado. En algunas variedades de pepino y frijol reata de enrame se utilizan mallas que se cuelgan de la parilla de entutorado, guiando a las plantas para que se desarrollen a lo alto, sin que la fruta toque en el suelo, que a su vez dispone de una buena aireación. Esta labor permite mantener todos los tallos sin necesidad de podar, pero da mejores resultados si se seleccionan los tallos más vigorosos de cada planta.

La primera consecuencia de una poda es una mejor ventilación que optimiza la aireación del cultivo, y aumenta la fruta de primera calidad. Las funciones de amarre de fruto se optimizan en condiciones no limitantes de luminosidad que, a su vez, regulan la actividad microbiana.

A continuación se muestra un ejemplo de poda para un cultivo de pi-

miento *bell pepper*, siguiendo el modelo de entutorado holandés:



La poda acarrea una serie de inconvenientes, entre los que destaca su elevado costo. Además, se provocan heridas en la planta, que suponen un elemento de alto riesgo en un ambiente tan húmedo y propenso a la condensación como es un invernadero, y deben ser selladas regularmente. Cuando las bacteriosis en tallos son muy persistentes en cultivos entutorados, puede ser necesario que un trabajador repase una a una todas las plantas, aplicando una pasta antibiótica a los tallos dañados.

No obstante, la poda mejora la aireación, por lo que dificulta la actividad de microbios patógenos.

V. Radiación solar incidente

El hecho de disponer de invernadero o malla sombra permite regular la radiación solar incidente sobre el cultivo. La radiación solar regula el metabolismo vegetal por su influencia en la actividad estomática, la tasa de fotosíntesis neta y la secreción hormonal.

Los niveles altos de radiación solar incidente inhiben la conjugación de auxinas en los tallos en desarrollo, por lo que dichos tallos se alargan menos y la distancia entre horquetas se acorta, promoviéndose una mayor floración. Asimismo el exceso de radiación provoca quemaduras internas y externas por oxidación de los tejidos, consecuencia de una tasa de fotosíntesis excesiva que sobreexcita a las moléculas de clorofila. A esta fisiopatía se la conoce como golpe de sol, y puede llegar a provocar caída de flores y quemaduras en fruto.

Los niveles bajos de radiación inducen un alargamiento de la planta, consecuencia de unos entrenudos más largos que a su vez son consecuencia de la

acumulación de auxinas en los mismos.

En tiempo frío, la radiación solar penetrará en el suelo: aumentará su temperatura del mismo, y favorecerá las funciones de respiración radicular que disminuyen y desaparecen a temperaturas bajas. Dicha radiación evapora moléculas de agua disueltas en el ambiente, y disminuye la humedad relativa.

En tiempo de calor es muy útil sombrear el cultivo, pues con ello aumentará la humedad relativa y en consecuencia descenderá la DPV. Una DPV moderada (inferior a 1.5 kPa) tiene efectos positivos sobre la conductancia estomática (que determina el consumo de CO_2). Valores óptimos de conductancia estomática repercutirán en un aumento de la tasa de fotosíntesis neta, optimizando el ciclo de carbono en el conjunto del vegetal.

MANEJO DE CULTIVOS EN ALTAS TEMPERATURAS

Boaz Guy¹

Introducción

La idea de cultivar en un invernadero empezó hace muchos años. Primeramente en regiones frías con la finalidad de proteger los cultivos de las condiciones climáticas, así como mantener el sistema de producción cuando esto no era factible de realizarse en campo abierto. Un ejemplo claro para el empleo de invernaderos, es cuando se requiere establecer un cultivo durante el invierno. En algunas regiones sería necesario establecerlo con una anticipación de dos a tres meses, considerando que el establecimiento de la plantación se efectúa durante los meses cálidos; o bien, cuando se establecen dos ciclos anuales, lo cual indica que el cultivo se encontrará sometido bajo diferentes regímenes ambientales; o cuando se establece un cultivo de ciclo largo, como por ejemplo el tomate, cuya permanencia en campo requiere de 10 meses.

En el caso de las regiones cálidas, el uso de invernaderos no tiene el objetivo de incrementar la temperatura, sino más bien, son empleados por las otras ventajas que provee, como son la protección contra plagas, enfermedades, maleza, lluvia, viento, inclemencias climáticas, entre otras; así mismo, suele ser necesario el control de la temperatura, para reducirla y mantener el cultivo dentro de las condiciones óptimas.

Desde el punto de vista económico, si bien la inversión en un invernadero es alta, ello conlleva a la necesidad del productor a cultivar durante todo el año, con el fin de acrecentar la producción, para que la inversión sea amortizada rápidamente y se genere una ganancia significativa. Y desde el punto de vista de mercado, es más atractivo un agricultor con posibilidades de producción a lo largo del año.

Además, para el productor, el poder controlar las condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa, intensidad lumínica, riego) y el manejo

¹Ingeniero agrónomo. Netafim de México.

de plagas, enfermedades y, o maleza, significa una mayor seguridad tanto para su cultivo como para su inversión.

El dilema: agua contra fotosíntesis

La temperatura está relacionada con otros factores como la humedad, la luz y el cambio del aire. Cuando se incrementa la temperatura dentro del invernadero, la humedad relativa baja, pero la cantidad total del vapor de agua en el aire sube. Esta agua que se agregó al aire viene del suelo mojado y de la planta.

La planta necesita transpirar para enfriarse y poder obtener más agua y nutrientes del suelo, pero cuando la temperatura está demasiado alta y la humedad demasiado baja, la planta pierde bastante agua.

La planta se encuentra en un dilema: por un lado quiere abrir sus estomas para absorber más bióxido de carbono (CO_2) y aprovechar la luz para producir más azúcares en la fotosíntesis, y a su vez no quiere perder tanta agua. Si la temperatura continúa subiendo y no hay suficiente agua en el suelo, llega un momento en que la planta cierra parcial o totalmente sus estomas, baja la fotosíntesis y mejora su condición hídrica.

El problema que tiene la planta es que por cada molécula de CO_2 que consume, pierde 500 de agua. El vapor sale de las estomas y el CO_2 entra por difusa, que es el movimiento de material de su concentración alta a su concentración baja. El vapor de agua tiene una diferencia que es 50 veces más grande que la del bióxido de carbono entre su concentración en las estomas y en el aire y por eso sale más vapor que entra bióxido de carbono. El tamaño de las moléculas también es diferente, el bióxido de carbono es más grande que el agua y también por eso el vapor de agua sale más rápido y el bióxido de carbono entra despacio a la estoma.

Transpiración y su control

La transpiración de vapor de agua del follaje depende en dos factores:

1. La diferencia en la concentración del vapor entre la estoma y el aire. Mayor humedad relativa significa menos diferencia y menor transpiración. Cuando se incrementa la temperatura, la humedad relativa baja y se incrementa también la transpiración.
2. La resistencia a la difusa. La resistencia se forma por dos razones: la abertura de la estoma y la capa del aire pegada a la hoja.

La abertura de los estomas depende de la existencia de la luz, la concentración de CO_2 en el estoma y en el estado hídrico de la planta. En la noche, cuando no hay luz, la planta minimiza la abertura de los estomas, para de un

lado minimizar la pérdida de agua y a su vez permitir el intercambio de los gases en la respiración (entrada de oxígeno y salida de CO₂).

En la mañana cuando sale el sol y hay altos niveles de bióxido de carbono (en la noche la planta sólo respiró y no hizo fotosíntesis.), la planta abre sus estomas al máximo para poder hacer la máxima fotosíntesis, pero así la planta también pierde mucha agua. Por eso es muy importante asegurar que la planta tenga suficiente agua en el suelo por la mañana. Así la planta continúa fotosintetizando en lo máximo posible y produciendo azúcares para su crecimiento y producción.

Para cerrar los estomas, las dos células pegadas a la abertura (células de guardia) tienen que absorber agua para aumentar su volumen en 40-100 %. Para poder absorber agua, primero tienen que absorber algunos iones de manera activa. Eso baja la concentración del agua en estas células y permite la entrada del agua. La otra resistencia es de la capa del aire pegada a la superficie de la hoja.

Para que el vapor salga al aire del invernadero, tiene que pasar primero a través de una capa de aire que es diferente al aire del invernadero. En general esta capa es más húmeda y fría que el aire del invernadero. El grosor de esta capa es el factor que determina la resistencia a la transpiración. Cuando la capa húmeda es gruesa, la planta transpira menos y viceversa.

El viento, los circuladores de aire y los ventiladores desplazan el aire de la capa húmeda y la mezclan con el aire del invernadero; de esta forma, la capa se adelgaza y la planta transpira más.

La planta tiene distintas características morfológicas que le ayudan a transpirar menos en altas temperaturas y humedades bajas. La mayor parte de los estomas están ubicadas en la parte inferior de la hoja donde hay más sombra, menos calor y más humedad. Una planta de pimiento que se encuentra en un estado hídrico adecuado, voltea sus hojas para que los estomas se encuentren hacia arriba, y la planta pueda transpirar y enfriarse más.

En ocasiones, los estomas se encuentran ubicados en una cavidad donde el aire entra menos y se forma un microclima húmedo. Algunas plantas, como el tomate, tienen pelos pequeños que quiebran el flujo del aire. La forma de la hoja y su grosor también influyen en la pérdida del agua: hojas grandes, como las del pepino, pierden mucho más agua si se comparan con las hojas del espárrago, por ejemplo. Estas características son fijas, la planta no las puede cambiar rápido. El mecanismo que la planta usa más para balancear su estado hídrico durante el día, es el mecanismo del cierre y la abertura de los estomas.

La planta trata también de absorber menos calor y así protegerse, para lo efectúa de diferentes maneras:

1. De la cantidad total de la energía solar, la planta utiliza solamente un 5%, pues si absorbiera la totalidad de energía, ésta hubiera acumulando demasiado calor.
2. Radiación de rayos infrarrojos de la superficie de la hoja.
3. Hay plantas como la “hiedra” que pueden modificar la cantidad de clorofila, para poder adecuar la cantidad de energía absorbida en diferentes condiciones de luz. En la sombra, la hoja tiene más clorofila que bajo el sol.

Diferencia en la temperatura diurna y nocturna

A veces la temperatura elevada afecta al cultivo no solamente en el verano, sino también durante las otras estaciones, cuando la diferencia entre la temperatura diaria y nocturna es amplia. Una amplia diferencia térmica provoca dos problemas principales.

Primero, el aire que se calienta durante el día, acumula mucho vapor y cuando se enfría demasiado durante la noche, puede llegar al punto de rocío, que es la temperatura en la cual el aire no puede contener esta cantidad de vapor, formando neblina y condensándose sobre el follaje, el plástico y la estructura del invernadero.

La neblina y la condensación de agua en el follaje favorecen el desarrollo de las enfermedades de humedad provocadas por hongos como *Botrytis* spp., *Alternaria* spp. y bacterias. Para evitar esto, es necesario asegurar el cambio del aire interior que acumuló humedad durante el día por aire exterior que es aire más frío y con menos vapor. Esto se puede hacer con una máxima ventilación durante la tarde, abriendo las cortinas cenitales y laterales, y si hay extractores de aire operándolos por unos minutos. Si no hay calefacción, lo más conveniente es no cerrar el invernadero totalmente durante la noche, sino dejar las cortinas abiertas 30 cm.

El segundo problema es cuando hay una diferencia alta entre la temperatura diurna y nocturna; se nota por la mañana cuando el aire se calienta más rápido que el suelo. La planta que abre sus estomas al máximo para hacer fotosíntesis, transpira rápido en el aire caliente, pero la raíz que tiene que entregar esta cantidad perdida, aún se encuentra en un ambiente frío y no puede entregar el agua en la misma rapidez que la planta la pierde. Un riego temprano en estas condiciones mejoraría la conductividad del calor en el suelo y ayuda a elevar su temperatura; cuando se cultiva en sustratos, las canaletas de color negro absorben el calor, teniendo una ventaja en estas condiciones.

En esta situación, la planta entra a un estado de estrés, minimiza la apertura de sus estomas, baja su actividad de fotosíntesis y pierde las horas de alta

concentración de bióxido de carbono que existe en la mañana.

En ocasiones, con estrés fuerte se interrumpe el flujo de agua y entran burbujas de aire al sistema de transportación vasculares. El punto de crecimiento pierde turgencia y se marchita; en ocasiones reversible sin que se note ningún daño, pero en otras ocasiones, las manchas permanecen aun cuando la planta se haya recuperado.

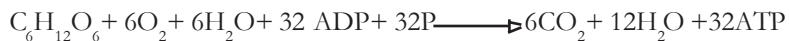
Balanza de azúcar

La planta trabaja, elabora fotosíntesis y gana azúcar. Este azúcar, la planta lo necesita para respirar y para convertirlo a otras sustancias necesarias como proteínas (enzimas, DNA, etc.), pigmentos, fibras, etc. que son los elementos esenciales para vivir, crecer y reproducirse.

En la fotosíntesis, la planta convierte bióxido de carbono y agua a azúcar y oxígeno.



La respiración es un proceso que consume azúcar y oxígeno para producir agua, dióxido de carbono y lo más importante, ATP, que es una molécula que contiene mucha energía.



De 30 a 60% del carbono diario que la planta convierte en azúcar, se pierde por la respiración. La pérdida puede llegar hasta 70 a 80% en lugares tropicales donde las temperaturas diarias y especialmente las nocturnas son altas, causando alta respiración y alto consumo del azúcar producido. Existen investigaciones donde se ha demostrado que cada aumento de 10°C en la temperatura puede duplicar la respiración.

En pocas palabras, el objetivo es, por un lado intentar y producir lo máximo posible de azúcar por medio de un incremento de luz, altos niveles de CO₂, una área foliar adecuada y suficiente agua en la raíz; y por otra parte, consumir el mínimo de azúcares durante la respiración, de tal forma que se concentre una mayor cantidad de azúcar para ser empleado en el crecimiento y la producción.

Sin embargo, no es fácil hacerlo, debido a la interacción de los factores. Por ejemplo, por un lado, queremos la máxima luz, pero la luz aumenta la temperatura y se empieza a incrementar la respiración y la transpiración; la

planta consume más azúcar y, por falta de agua, cierra sus estomas y produce todavía menos azúcar. El objetivo es intentar y mantener la balanza entre todos los factores para quedar al final del día con más azúcar.

Los efectos del calor

Después que entendimos la fisiología de la planta en calor vamos a detallar los efectos de la temperatura alta en tomates.

Para el cultivo de tomate, una temperatura óptima sería de 23-26°C durante el día y 14-17°C durante la noche. Cuando la temperatura diaria es mayor de 30°C o la nocturna mayor de 20°C, se puede encontrar los siguientes efectos negativos: menor cantidad de polen, menor fertilidad del polen, menor cantidad de floraciones por planta, menos flores, el pistilo se alarga y sale de la flor (en chiles también), floraciones asimétricas, más tiempo hasta la primera floración, entrenudos largos, tallos delgados y mala formación del pigmento rojo, el licopeno.

Para evitar estos efectos tenemos que usar distintos métodos para bajar La temperatura adentro del invernadero:

- Ventilación natural: cortinas laterales y cenitales, invernaderos altos, etc.
- Ventilación forzada: extractores y circuladores.
- Sombreado: blanqueo del techo, malla sombra y pantallas
- Evaporación de agua: pared húmeda y nebulización
- Ventilación natural y forzada cambian el aire interior por el exterior.

Entra aire más frío y por eso también más seco (tiene menos cantidad de vapor y no necesariamente humedad relativa más baja). Primero, por la baja temperatura, la planta transpira menos. Luego, este aire, se calienta adentro del invernadero y la humedad relativa baja. Cuando la humedad relativa baja, la planta puede transpirar más para enfriarse mejor, la humedad sube otra vez y se necesita cambiar el aire de nuevo.

Entra también aire que tiene más bióxido de carbono que el aire interior. El nivel del CO₂ va bajando durante el día. Aunque hay respiración, suelta CO₂; siempre su ritmo es más bajo que el ritmo de la fotosíntesis. Niveles más altos de CO₂ permiten más fotosíntesis. El flujo del aire mueve la capa húmeda que está pegada a la hoja, baja la resistencia a la transpiración y aumenta la transpiración. En total, estos sistemas reducen la temperatura y la humedad dentro del invernadero, pero la planta transpira más y ello implica la necesidad de incrementar los riegos.

Igual que nosotros, cuando hace calor y hay viento, el sudor se evapora rápido, podemos sudar más y así enfriarnos más, pero bajo la condición que estemos tomando suficiente agua para no deshidratarnos. En condiciones de

altas temperaturas con viento, es mejor dejar las cortinas abiertas solamente 30 cm, para minimizar el cambio del aire, acumular humedad y minimizar la transpiración. Igual a lo que hace la gente que vive en el desierto, baja el cambio de aire cerca de su cuerpo y aumenta la humedad. Esta gente usa ropa con mangas largas para no dejar ninguna piel que suda al aire libre, pues el sudor moja la ropa y forma una capa húmeda que minimiza la pérdida del agua. Este sudor se evapora despacio en el aire y su temperatura baja.

Sombreado

El empleo de sombra es otra manera para reducir la temperatura dentro del invernadero. Se puede hacer mediante el blanqueo de los plásticos o poner mallas sombras o pantallas. La mayor parte de los cultivos necesitan luz en grandes cantidades, por lo que una sombra fija no permitiría aprovechar las horas luz de la mañana y de la tarde, cuando la temperatura no es tan elevada y la planta puede aprovechar más luz para incrementar su nivel de fotosíntesis.

Por este motivo se prefieren los sistemas móviles más que los fijos.

Las mallas o pantallas móviles están programados por dos condiciones: temperatura y radiación solar. Solamente cuando las dos se cumplen la pantalla se cierra y sombrea. Sombra en exceso, especialmente cuando está combinada con altas temperaturas, puede tener un efecto negativo sobre el cultivo. Por un lado, la planta no puede hacer bien la fotosíntesis por falta de luz y, por otro, como consecuencia de una elevada tasa respiratoria, gran parte de los azúcares son consumidos, reduciéndose las reservas y limitando el desarrollo y crecimiento de la planta.

El efecto de la sombra

% de sombra	Flores por floración	Tomates por floración	% de cuaje	% de deformación
12	10.0 A	7.1 A	71 A	29 B
34	10.4 A	6.7 B	66 B	32 B
55	9.0 B	5.6 C	63 B	41 A

Como se puede observar en el cuadro anterior, más sombra significa menos flores por floración, menos cuaje y más tomates deformes y huecos. Por este efecto negativo que tiene la sombra, se diseñaron los sistemas que se basan en evaporación de agua. Principalmente el sistema de la pared húmeda y la nebulización.

Existen tres tipos de enfriamiento por evaporación:

1. Evaporación basada en gotas muy finas y livianas, con mayor permanencia en el aire y se evaporan sin tocar a la planta. 1 gramo de agua

consume 560 calorías para cambiar su estado líquido a gaseoso, siendo la energía del aire la que se consume, por ende, el aire pierde energía calorífica y se enfría.

2. Evaporación basada en gotas más grandes que por su peso no quedan mucho tiempo en el aire, no alcanzan a evaporarse y caen sobre el follaje. El calor del follaje contribuye la energía para evaporar estas gotas y la temperatura del follaje baja. (Igual pasa cuando salimos mojados de la alberca.)

3. Gotas grandes que caen sobre el follaje absorben su calor y continúan su trayectoria al suelo.

Los sistemas que emplean paredes húmedas y nebulización se basan en el primer tipo, pero con una diferencia: en el sistema de la pared húmeda el agua se evapora en la pared, en el aire externo que entra por la succión que forman los ventiladores puestos en la pared apuesta, de tal forma que el aire entrante al invernadero ya es un aire fresco. En el sistema de nebulización, el agua se evapora en el aire interno del invernadero.

Ambos sistemas exigen aire caliente y seco (humedad relativa menor al 50%) que puede absorber mucho vapor y por eso permite más evaporación de agua y mejor efecto de enfriamiento.

La manera de operar el sistema de nebulización determina el tipo de evaporación que se presentará.

Cuando la operación es corta (3-5 segundos) casi todas las gotas se van a evaporar en el aire y no van a mojar la planta. En operaciones más largas una parte del agua se va a evaporar en el aire, pero la otra parte va a caer sobre el follaje y se evaporará. En todo caso es necesario determinar el tiempo entre operaciones de tal manera que se asegure el secado de las hojas que se mojaron.

El sistema de coolnet de Netafim se basa en nebulizadores de alta presión (4 bar) y caudal de 30 l/h, operado según sensores de temperatura y humedad. Generalmente se opera el sistema cuando la temperatura es mayor de 28-30 °C y, o cuando la humedad relativa es menor del 65-75%.

Adicionalmente al control de las variaciones térmicas del aire y del follaje mismo, se tiene un efecto positivo con el aumento de la humedad relativa a su nivel óptimo: entre 60-80%. En estos niveles la transpiración baja y se previenen problemas de humedad baja como:

- Problemas en el cuaje. El polen se seca encima del estigma antes de germinar, teniendo como resultado tomates con pocas semillas, pequeños, deformes y huecos

- Baja humedad = alta transpiración. En ocasiones la raíz no absorbe

agua tan rápido y la planta pierde turgencia en el punto de crecimiento.

- Más “*blossom end rot*” por falta de calcio. En condiciones de humedad baja, el agua llega más a las hojas viejas que hacen la mayor parte de la transpiración, pero el agua no alcanza a pasar y transportar el calcio a las hojas jóvenes y a los frutos, denotándose la deficiencia de dicho elemento.

Resumen

En este artículo detallé los principios físicos y fisiológicos relevantes en estado de calor y las distintas opciones que existen para reducir la temperatura dentro del invernadero.

El manejo del cultivo depende en muchos factores que influyen uno al otro, lo cual complica la elección del sistema más adecuado

Yo creo que al conocer estos principios uno pueda tomar una mejor decisión para tener una mejor producción.

MANEJO BIORRACIONAL DE PLAGAS INSECTILES EN LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS EN AMBIENTE CONTROLADO

Edgardo Cortez Mondaca¹

Introducción

Históricamente la actividad hortícola en México ha estado basada en la producción en campo abierto; sin embargo, en años recientes se ha registrado un cambio significativo a la producción en ambiente controlado (PAC), especialmente en el caso de tomate, el cual representa alrededor del 70% de las hortalizas PAC (AMPHI, 2004), aunque todavía el 90% de ésta se sigue obteniendo en campo abierto (Steta, 2004). De acuerdo con lo anterior, la mayoría de las prácticas generadas e implementadas en invernadero están orientadas a la producción de dicha hortaliza.

La principal ventaja de cultivar en un invernadero respecto al campo abierto, es la de poder controlar con precisión el suministro de insumos de acuerdo a su desarrollo fenológico, aunado al manejo de las condiciones de temperatura, ventilación, humedad, luminosidad, bióxido de carbono control de organismos nocivos, etc. (León, 2001). El resultado final se traduce en una mejor productividad, mayor rendimiento y calidad al menor costo posible.

No obstante lo anterior, las condiciones favorables a las plantas dentro de un invernadero, pueden también ser ideales para la presencia de insectos plaga y enfermedades. Si es posible hacer una alegoría, podríamos igualar a un invernadero con una isla, en la que hasta cierto punto es factible evitar la introducción de organismos indeseables, pero una vez dentro, bajo condiciones ambientales ideales, resulta difícil eliminar, y por otra parte la producción en ambiente controlado tiene una exigencia de mayor calidad en sus productos para obtener el sobreprecio objetivo.

Decir que el manejo de los organismos dañinos se debe realizar mediante un manejo integrado de plagas (MIP) hasta cierto punto resulta obvio, pues sabemos que es la forma ideal en que se deben manipular las plagas; sin

¹ Doctor en ciencias. Campo Experimental Valle del Fuerte del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

embargo, no existe un MIP definido a manera de receta de cocina. Un programa de MIP es singular de acuerdo a las condiciones particulares del ambiente en que se va a aplicar y de acuerdo al nivel de desarrollo de las tácticas que se pueden seleccionar, integrar e implementar; además, una de las más importantes características es que el diseño de un MIP se debe hacer con todo el tiempo de antelación; de esta forma, cuando se aplica se trata ya de un paquete de tácticas integrado. No se pone en práctica y sobre la marcha se definen las estrategias de manejo requeridas; cuando así sucede inevitablemente nos vemos siempre obligados a utilizar el control químico, la última medida de control que se debe implementar (Byerly, 1996).

Principales componentes de un programa de MIP

1. Monitoreo biológico. Registro continuo del estado que guardan las plagas en relación de cada una de sus etapas biológicas, sus enemigos naturales y fenología del cultivo.
2. El resultado de la conjugación de todos los organismos involucrados, principalmente cultivo, plaga y enemigos naturales, determinan el estado sanitario del mismo cultivo. Se deben utilizar las técnicas y materiales de muestreo evaluadas y aprobadas de acuerdo a la plaga de que se trate y que provean la confianza suficiente para la toma de decisiones.
3. Monitoreo ambiental. Registro continuo de los factores climatológicos que caracterizan a determinado agroecosistema. Su conocimiento e interpretación permiten predecir fenómenos o resultados.
4. Modelos fenológicos. Los modelos fenológicos de las plagas daves y los cultivos hospederos son el corazón de la toma de decisión de los programas de MIP.

El ahorro que los agricultores puedan tener realizando sólo el número necesario de aplicaciones, programadas oportunamente de acuerdo a los resultados del monitoreo biológico, ambiental y con la implementación de modelos fenológicos, de manera que sean efectivas, representa uno de los principales incentivos económicos para realizar el monitoreo (Byerly, 1988).

En el presente documento trataremos sobre el manejo biorracional de plagas insectiles en la producción de hortalizas en ambientes controlados.

Tácticas de manejo de las principales plagas insectiles en la producción de hortalizas en condiciones controladas

Minador de la hoja o mosquita minadora *Liriomyza trifolii* Burgess y *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae)

Está considerado como una plaga secundaria, aunque en algunas ocasiones la

incidencia se incrementa considerablemente por la eliminación de los enemigos naturales, que en condiciones normales mantienen reguladas sus poblaciones, debido a la aplicación temprana de insecticidas sintéticos de amplio espectro. En esta situación, la plaga causa severas defoliaciones que reducen el área foliar y con ello la actividad fotosintética de las plantas, y finalmente afecta el rendimiento, a menos que se controle con insecticidas específicos de elevado precio y de acuerdo al manejo de los grupos toxicológicos, ya que selecciona resistencia rápidamente a insecticidas de uso común. El daño propicia la entrada de fitopatógenos como bacterias y hongos, además *L. trifolii* está reportado como vector de virus (Zitter *et al.*, 1980).

Descripción del insecto

El adulto del minador de la hoja mide alrededor de 2.0 mm de longitud, tiene el cuerpo rechoncho, de color amarillo y el dorso del tórax y el abdomen negro; las alas son de color transparente y con el sol se aprecian de colores brillantes. Las especies señaladas son muy parecidas entre sí, pero se les puede distinguir debido a que *L. sativae* es de coloración negro brillante y presenta la porción posterior de la cabeza, detrás de los ojos, de color negro; *L. trifolii* es de color gris oscuro y el área detrás de los ojos es mayormente amarilla (Figura 1).

Durante el día, los adultos son muy activos, se dedican a ovipositar y a alimentarse de las hojas, causando pequeñas perforaciones; las marcas de alimentación son redondas, mientras que las de oviposición son ovaladas. Una hembra puede ovipositar de 600 a 700 huevecillos durante su etapa reproductiva; insertan los huevecillos en el follaje y al emerger las larvitas se empiezan a alimentar del mesófilo, causando pequeñas galerías. A medida que la larva se desarrolla, las galerías son de mayor tamaño y grosor; en ataques severos producen un sinnúmero de galerías en las hojas y es capaz de defoliar al cultivo.



Figura 1. Adulto de *Liriomyza trifolii*.

Los huevecillos miden entre 0.12 a 0.27 mm, son blancos lechosos y ova-les. Las larvas llegan a medir alrededor de 1.7 mm, son de color amarillo verdoso, ya que inician a alimentarse y tienen el cuerpo en forma de cuña, más anchas en la parte posterior que en la apical; se desarrollan a través de tres estadios larvales. Al final de su desarrollo, las larvas se dejan caer al suelo, en donde se introduce para pupar, aunque en ocasiones se les puede encontrar en el follaje, o bien en el sustrato o incluso en los pliegues del plástico. Las pupas son de color amarillo, al principio, y después se tornan de color café dorado y miden un poco más de 1.0 mm.

La duración del ciclo de vida del insecto varía mucho de acuerdo a las temperaturas; si éstas oscilan de los 18 a los 30 °C, la mosquita minadora se desarrolla en aproximadamente 17 días, de la etapa de huevecillo a adulto y en 313.7 unidades calor (UC) con umbrales de desarrollo de 9.7 (temperatura umbral inferior) y 35.0 °C (temperatura umbral superior), de acuerdo con Leibee (1984).

Monitoreo

Una forma práctica de determinar la población del minador de la hoja es colocar debajo de las plantas, charolas de plástico impregnadas con alguna sustancia pegajosa (aceite, grasa o pegamento entomológico) que permita que las prepupas y, o pupas queden adheridas al dejarse caer para pupar en el suelo. Se pueden utilizar alrededor de 15 trampas por hectárea. El número de minadores se contabiliza semanalmente y se obtiene el promedio diario. Las medidas de control químico se recomiendan al obtener alrededor de 15 ejemplares en promedio por día y se observe entre un 15 a 20% de follaje dañado.



Figura 2. Larva viva de minador de la hoja.



Figura 3. Larva muerta de minador.

Prácticas culturales

- Iniciar el cultivo con plántulas libres de mosquita minadora.
- Mantener un estricto control de puertas, ventanas y orificios, a brir sólo por el tiempo necesario.
- Utilizar puerta doble.
- Mantener los alrededores limpios de plantas silvestres o maleza hospederas.
- Usar batas para visitantes o personas ajenas al invernadero que puedan introducir contaminación.

Control mecánico

Deshoje. Eliminación de hojas infestadas con larvas vivas de minador de la hoja. Es importante aprender a diferenciar las larvas vivas de las muertas. Las primeras son de color verde amarillo y están succulentas, mientras que las larvas muertas y, o parasitadas son de color oscuro y en ocasiones se puede apreciar la larva o pupa del parasitoide (Figuras 2 y 3).

Trampeo masivo de adultos. Los adultos se pueden monitorear utilizando: a) 25 trampas amarillas pegajosas/ha, de 25 x 40 cm. B) Mediante bandas delgadas de plástico amarillo-anaranjado con pegamento entomológico, colocadas en las ventanas superiores, en las esquinas y sobre los pasillos centrales, o c) Mediante rollos de plástico amarillo-anaranjado adhesivo, colocados 20 cm por arriba de la altura de las plantas.

Agentes de control biológico

- *Diglyphus isaea* (Walker), (Hymenoptera: Eulophidae): 0.1 – 1 individuos/m², con temperaturas superiores a 20 °C.
 - *Dacnusa sibirica* Telenga (Hymenoptera: Braconidae): 0.25 2 avispidas/m², con temperaturas menores a 20 °C.
- Tanto *L. trifolii* como *L. sativae*, tienen decenas de enemigos naturales parasitoides, depredadores y entomopatógenos; sin embargo, las dos especies de parasitoides señaladas antes son los únicos que se reproducen para su empleo a escala comercial.

Control químico

- Cyromazina (Trigard[®]), regulador de crecimiento selectivo para dípteros; aplicar de 100 a 150 g/ha, posee acción sistémica. Bueno en MIP.
- Abamectina (Agrimec[®]), insecticida – acaricida selectivo; aplicar de 0.5 a 1.0 L/ha, presenta acción translaminar. Bueno en MIP.
- Oxamyl (Vydate[®]), insecticida – acaricida de amplio espectro; aplicar de

2.0 a 3.0 L/ha, sólo a través del sistema de riego (es una sustancia agresiva para la raíz del cultivo), posee acción sistémica. Bueno en MIP.

· Aceite parafínico de petróleo (Saf-T-Side®), insecticida mineral; aplicar de 1.0 a 2.0 L/ cada 100 L de agua. Regular en MIP.

· Ácidos grasos de aceites vegetales (Protek®), insecticida de contacto, natural de amplio espectro; aplicar de 1.0 a 4.0 L/ha. Regular en MIP.

· Insecticidas botánicos: extracto de ajo, de nim. Tabaco en extracción por cocción. Bueno en MIP.

Las aplicaciones de los insecticidas de contacto pueden estar orientadas a la emergencia de los adultos, mediante el pronóstico de la emergencia de los mismos pronosticando el evento con el método de unidades calor.

Pulgonos o áfidos *Myzus persicae* Sulzer (Hemiptera: Aphididae)

Existen alrededor de 300 especies de áfidos de importancia agrícola, de las cuales 20 especies se han reportado en el noroeste de México, 59% de éstas se capturaron en diferentes hortalizas en el ciclo otoño-invierno (Lucho-Constantino *et al.*, 2003). *M. persicae* es la más importante por ser transmisora de más de 100 tipos de virus en casi 30 familias de plantas (CABI, 2000).

Los áfidos en general transmiten virus persistentes, como: virus amarillo del oeste de la remolacha (BWYV, siglas en inglés), virus amarillo de la remolacha (BYV), virus amarillo clorótico de la remolacha (BMYV), virus del mosaico enano del chícharo, virus de la hoja enrollada del frijol, etc., y virus no persistentes: virus mosaico del pepino, virus de la venación amarilla de la alfalfa, virus mosaico de la alfalfa, virus moteado del chile, virus de la pústula de la ciruela, virus mosaico de la lechuga y virus moteado del tabaco.

El daño por alimentación directa puede ser de importancia económica en algunos cultivos, además de provocar efectos tóxicos al inyectar la saliva (Van Emden *et al.*, 1969).



Fig 4. Colonia de pulgón verde.

Las poblaciones de áfidos se pueden detectar en la región a partir de que las temperaturas bajan en noviembre, pero es a partir de la segunda quincena de febrero en que empiezan a incrementarse y en mayo presenta los picos poblacionales más altos (Armenta *et al.*, 2000).

En condiciones de invernadero, las especies más comunes son el pulgón verde del durazno *M. persicae*, el pulgón del algodónero o del melón *Aphis gossypii* y el pulgón verde del tomate *Macrosiphum euphorbiae*.

Descripción del insecto

Los áfidos en general son de tamaño pequeño a medio, alrededor de 2.0 mm de longitud (de 1.5 a 2.5 mm), las formas ápteras son comúnmente de color verde pálido o amarillento, pero también hay especies de coloración café; el cuerpo es ovoide, con la parte posterior redondeada y con dos apéndices en la parte apical, conocidos como sífúnculos y también erróneamente llamados cornículos.

M. persicae tiene las patas y las antenas ligeramente oscurecidas. En la frente presenta tubérculos antenales convergentes bien desarrollados en forma de “w” y antenas casi tan largas o más que el cuerpo (Peña y Bujanos, 1999). Las formas aladas presentan coloraciones oscuras en la cabeza y en tórax, son muy parecidos a los pulgones sin alas, pero presentan las bases de las alas. Los alados se encargan de colonizar las plantas en nuevos cultivos, los pulgones ápteros se encargan de procrearse y alimentarse.

La reproducción de este insecto es muy rápida porque no se requiere de la participación del macho. De acuerdo a la cantidad de recurso, la descendencia puede constituirse sólo de hembras, las cuales además pueden reproducirse antes de llegar a la madurez sexual (pedogénesis).

Monitoreo

Por su baja capacidad de movilidad de las formas ápteras, es muy fácil detectar las poblaciones de pulgones que, además, se presentan formando colonias en manchones en la superficie del cultivo. La incidencia del insecto se presenta inicialmente por los márgenes del cultivo, por donde provienen los vientos dominantes y, o donde se encuentran plantas hospederas silvestres o cultivadas. Lo más importante es detectar el arribo de la población colonizante mediante trampas amarillas pegajosas ubicadas en los sitios por donde pue-

da darse el ingreso de la plaga.

Prácticas culturales

- Mantener un estricto control de puertas, ventanas y orificios, abrir solo por el tiempo necesario.
- Utilizar puerta doble.
- Mantener los alrededores limpios de plantas silvestres o maleza hospedera.
- Usar batas para visitantes o personas ajenas al invernadero que puedan introducir contaminación.

Control mecánico

Empleo de bandas de plástico repelentes. Contrario a lo practicado en campo, se recomienda establecer en la pared externa de los invernaderos bandas de plástico de color aluminio, que repelen la presencia de este tipo de insectos, así como pulgones y mosquita blanca. Las bandas de color amarillo son atraerentes y en muchos casos no todos los insectos plaga quedan atrapados en las mismas.

Trampeo masivo de adultos. Los adultos se pueden monitorear utilizando:

- a) 25 trampas amarillas pegajosas por hectárea, de 25 x 40 cm.
- b) Mediante bandas delgadas de plástico amarillo-anaranjado con pegamento entomológico, colocadas en las ventanas superiores, en las esquinas y sobre los pasillos centrales.
- c) Mediante rollos de plástico amarillo-anaranjado adhesivo, colocados 20 cm por arriba de la altura de las plantas.

Agentes de control biológico

Existen numerosos enemigos naturales de áfidos, pero sólo unas cuantas especies se reproducen en laboratorio para utilizarse como agentes de control biológico.

Depredadores: crisopa *Chrysoperla* spp., introducir 5 larvas por m² al observar los primeros áfidos; mosquito cecidómido *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani), liberaciones semanales preventivas a dosis de 0.1 depredador/m² o de cinco a 10 mosquitos por m² en infestaciones severas; *Harmonia axyridis* Pallas, liberar 5 larvas por metro ; catarinita roja *Cycloneda sanguinea* (L.), liberaciones semanales de 5 larvas por m².

Parasitoides: avispa *Aphidius colemani* Vierek realizar tres liberaciones a intervalos semanales a dosis de 0.5 a 1.0 avispa por m²; avispa *Aphidius ervi* Haliday, se recomienda como complemento de *A. colemani*, cuando se

tienen especies de áfidos como *Macrosiphum euphorbiae* y *Aulacorthum solana*, que no parasita el primero; *Abelinus abdominales* Dalman, este afelínido también parasita las especies que *A. colemani* no parasita, además de *M. persicae*.

Entomopatógenos. *Verticillium lecanii* (Zimmermann) Viegas; *Entomophthora vinulenta* Hall & Dunn. La dosis para ambos productos depende de la formulación; aplicar la dosis recomendada por el fabricante al observar las primeras colonias de pulgones.

Control químico

- Pirimicarb (Pirimor[®]), de 200 a 500 g/ha; insecticida muy selectivo contra áfidos. Bueno en manejo integrado de plagas (MIP).
- Imidacloprid (Confidor[®]), 1.0 ml/1000 plantas en pretrasplante; de 300 a 500 cm³/ha en aplicación en charolas previo al trasplante; 0.75 L/ha aplicado al cuello de la raíz. Insecticida sistémico, bueno en MIP.
- Pymetrozine (Plenum[®]), de 300 a 500 cm³/ha. Insecticida selectivo de acción sistémica y de contacto. Bueno en MIP.
- Diclorvos (DDVP[®]), de 1.0 a 1.5 L/ha. Insecticida de amplio espectro y de contacto, tóxico para la fauna benéfica, pero con residualidad muy corta, que permite realizar liberaciones de insectos benéficos en pocos días. Regular en MIP.
- Aceite parafínico de petróleo (Saf-T-Side[®]), insecticida mineral; aplicar de 1.0 a 2.0 L/ cada 100 L de agua. Regular en MIP.
- Ácidos grasos de aceites vegetales (Protek[®]), insecticida de contacto, natural de amplio espectro; aplicar de 1.0 a 4.0 L/ha. Regular en MIP.
- Piretro + Nim (Pironim[®]), de 0.5 a 1.0 L/ha. Insecticida de amplio espectro. Regular en MIP.
- Insecticidas botánicos: extracto de ajo, de nim. Tabaco en extracción por cocción. Bueno en MIP.

Trips amarillo *Frankliniella* spp. (Thysanoptera: Thripidae)

El trips amarillo daña al cultivo al raspar el tejido de las partes de crecimiento de las plantas y en las inflorescencias, para luego succionar la savia; sin embargo, su mayor importancia se debe a la transmisión del virus permanente del tomate, el cual se sospecha transmite también en tomatillo. En pepino, el trips es un problema importante por la deformación que causa en los frutos, algo parecido ocurre en Chile.

Descripción del insecto

El trips adulto mide un poco más de 1.0 milímetro de largo y es de color claro

amarillento, posee dos pares de alas delgadas con flecos (Figura 5). Los huevecillos son depositados en las hojas; después de cuatro días a temperaturas de 27 °C, o hasta 13 días a 15 °C, emergen las ninfas, las cuales son de color claro y pasan por cuatro instares; en los primeros dos se alimentan y tienen mayor actividad, por lo que se les encuentra en las hojas del cogollo y en las inflorescencias. Luego, caen al suelo para pasar allí el tercer y cuarto instar, etapas también denominadas como prepupa (semi-inactiva) y pupa (inactiva) (Pacheco, 1985; CEVAF, 2003). Los dos primeros instares pasan en alrededor de una semana con temperaturas de 27 °C o 12 días a 15.0 °C, mientras que los dos siguientes estadios ninfales requieren de nueve días o más, de acuerdo con la temperatura. Igualmente el ciclo de vida completo de huevecillo a adulto varía de 44.1 a 15, días a temperaturas de 15 y 30 °C, respectivamente (CABI, 2005).



Figura 5. Trips amarillo.

Monitoreo

El monitoreo de trips se realiza sacudiendo los puntos de crecimiento de las plantas, botones y flores, sobre una superficie blanca, en donde contrasten fácilmente. Sin embargo, cuando el insecto es portador de virus fitopatógeno, es muy importante detectar el arribo de la población colonizante mediante trampas amarillas pegajosas instaladas en los sitios por donde pueda darse el ingreso de la plaga. En condiciones de baja luminosidad es preferible emplear trampas color azul.

Se recomienda emplear de 20 a 50 trampas por hectárea e inspeccionarlas al menos en dos ocasiones por semana, para detectar el arribo de los adultos; los estados inmaduros se detectan mediante el muestreo de puntos de crecimiento e inflorescencias.

Prácticas culturales

- Mantener un estricto control de puertas, ventanas y orificios, abrir solo por el tiempo necesario.

- Utilizar puerta doble.
- Mantener los alrededores limpios de plantas silvestres o maleza hospedera.
- Usar batas para visitantes o personas ajenas al invernadero que puedan introducir contaminación.
- Desinfectar herramientas de poda y accesorios que entren en contacto con las plantas, mediante sales cuaternarias de amonio.

Control mecánico

Empleo de bandas de plástico repelentes. Contrario a lo practicado en campo, se recomienda establecer en la pared externa de los invernaderos bandas de plástico de color aluminio, que repelen la presencia de este tipo de insectos, así como pulgones y mosquita blanca. Las bandas de color amarillo son atraentes y en muchos casos no todos los insectos plaga quedan atrapados en las mismas.

Usar malla antitrips 10x 14 a 26x26 hilos por cm. Utilizar trampas pegajosas amarillas grandes en los sitios de entrada al invernadero. Emplear bandas plásticas amarillas con pegamento en áreas de mayor incidencia y cerca de ventanillas a una altura superior a la del cultivo.

Agentes de control biológico

Depredadores: crisopa *Chrysoperla* spp., misma dosis que para áfidos (5 larvas/m²); ácaro depredador *Amblyseius cucumeris* Oudemans, 50 ácaros/m² en dosis preventiva y 100/m² en dosis curativa baja en liberaciones cada 14 días; *Amblyseius degenerans* (Berlese), sólo dosis preventiva de 0,2/m². Chinche pirata *Orius insidiosus* Say, liberaciones de 0.5, 1.0 y 10 chinches/m² en liberaciones preventivas, curativas bajas y curativas altas, respectivamente, cada 14 días con presencia de la plaga.

Entomopatógenos: *Verticillium lecanii* (Zimmermann) Viegas; *Entomophthora virulenta* Hall & Dunn; *Paecilomyces lilacinus* (Thom). Aplique la dosis recomendada por el fabricante al observar los primeros grupos de trips en las plantas.

Control químico

- Imidacloprid (Confidor®), 1.0 ml/1000 plantas en pretrasplante; de 300 a 500 cm³/ha en aplicación en charolas previo al trasplante; 0.75 L/ha aplicado al cuello de la raíz. Insecticida sistémico (no aplicar vía foliar), bueno en MIP.
- Thiametoxam (Actara®), 600 g/ha, aplique sólo en agua de riego. Insecticida con acción por contacto y sistémica. Bueno en MIP.

- Spinosad (Spintor[®]), de 10 a 20 ml/100 L de agua; de preferencia aplique en mezcla con aceite parafínico de petróleo. Insecticida de contacto e ingestión de baja residualidad (excepto para chinche pirata), regular en MIP.
- Diclorvos (DDVP[®]), de 1.0 a 1.5 L/ha. Insecticida de amplio espectro y de contacto, tóxico para la fauna benéfica, pero con residualidad muy corta, que permite realizar liberaciones de insectos benéficos en pocos días. Regular en MIP.
- Aceite parafínico de petróleo (Saf-T-Side[®]), insecticida mineral; aplicar de 1.0 a 2.0 L/ cada 100 L de agua. Regular en MIP.
- Ácidos grasos de aceites vegetales (Protek[®]), insecticida de contacto, natural de amplio espectro; aplicar de 1.0 a 4.0 L/ha. Regular en MIP.
- Piretro + Nim (Pironim[®]), de 0.5 a 1.0 L/ha. Insecticida de amplio espectro. Regular en MIP.
- Insecticidas botánicos: extracto de ajo, de nim. Tabaco en extracción por cocción. Bueno en MIP.

Mosquita Blanca *Bemisia* spp. y *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae)

La mosca blanca de los invernaderos *Trialeurodes vaporariorum* Westwood, la mosca blanca del tabaco *Bemisia tabaci* Gennadius y la mosca blanca de la hoja plateada *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring, representan una de las mayores plagas en muchos cultivos en invernadero, ya que ocasionan daños severos al alimentarse, propician la presencia de fumagina y transmiten virus fitopatógenos, causando siniestros parciales y totales. Además, desarrollan rápidamente poblaciones resistentes a la mayoría de los insecticidas convencionales.

Descripción del insecto

Los adultos miden aproximadamente 1.5 mm, tienen el cuerpo de color amarillo y alas que descansan sobre el cuerpo y están cubiertas por una especie de polvillo ceroso de color blanco; en las patas presenta tarsos de dos artejos; depositan los huevecillos generalmente por el envés de las hojas y quedan en posición vertical; uno de sus extremos es de forma redonda considerada como la base por encontrarse en este lugar un pedicelo. El huevecillo se va adelgazando hacia la parte superior, terminando en forma de punta; la superficie es lisa, no presentan estrías, recién depositados son transparentes brillantes y miden 0.186 mm de largo por 0.089 mm de ancho; en la medida que se acerca su eclosión se tornan de color oscuro (Hernández, 1972; Johnson,

1981). La ninfa del primer instar presentan antenas y patas funcionales que sirven para trasladarse hacia el lugar que seleccionará para alimentarse y permanecer sésil durante el resto de la fase inmadura. (Butler *et al.*, 1983); es de forma oval, vista dorsalmente su cuerpo es más ancho en la parte anterior que en la posterior y son aplanadas como escamas; las ninfas de primer instar se diferencia de las siguientes fases inmaduras por no contar con antenas y patas.

Los criterios para reconocer los instares ninfales de *Bemisia* son el tamaño y en que el segundo y tercer instar secretan cera (Andreas, 1996). El último estadio inapropiadamente recibe el nombre de “pupa”, debido a que las alas se forman internamente durante la metamorfosis; el cuerpo es más expandido, de color blanco opaco con procesos cerosos dorsales y laterales, posee ojos de color rojo y el cuerpo amarillo. Los adultos emergen a través de una abertura en forma de “T” localizada en la parte superior del cuerpo de la pupa (Universidad de California, 1991).



Figura 6. *Bemisia argentifolii*

Monitoreo

Para detectar el arribo del insecto se recomienda utilizar de 20 a 50 trampas amarillas de impactación con pegamento entomológico por hectárea, instaladas en los sitios por donde pueda darse el ingreso de la plaga, e inspeccionarlas al menos en dos ocasiones por semana.

La presencia de adultos e inmaduros de mosca blanca puede ser monitoreada semanalmente mediante la inspección de plantas: en el caso de adultos, revisando la quinta hoja de la parte apical de ramificaciones principales y los inmaduros en hojas más desarrolladas del estrato medio de la planta, pegadas al tallo principal.

Prácticas culturales

- Iniciar el cultivo con plántulas sanas, libres de mosca blanca.
- Mantener un estricto control de puertas, ventanas y orificios, abrir solo por el tiempo necesario.
- Utilizar puerta doble.
- Mantener los alrededores limpios de plantas silvestres o maleza hospedera.
- Usar batas para visitantes o personas ajenas al invernadero que puedan introducir contaminación.
- Desinfectar herramientas de poda y accesorios que entren en contacto con las plantas, mediante sales cuaternarias de amonio.

Control mecánico

Empleo de bandas de plástico repelentes. Contrario a lo practicado en campo, se recomienda establecer en la pared externa de los invernaderos bandas de plástico de color aluminio, que repelen la presencia de este tipo de insectos, pulgones y trips.

Trampeo masivo de adultos. Igual que los áfidos, los adultos de mosca blanca se pueden monitorear utilizando:

- a) 25 trampas amarillas pegajosas por hectárea de 25 x 40 cm.
- b) Mediante bandas delgadas de plástico amarillo-anaranjado con pegamento entomológico, colocadas en las ventanas superiores, en las esquinas y sobre los pasillos centrales.
- c) Mediante rollos de plástico amarillo-anaranjado adhesivo, colocados 20 cm por arriba de la altura de las plantas.

Agentes de control biológico

Existen numerosos enemigos naturales de mosca blanca, pero sólo unas cuantas especies se reproducen en laboratorio para utilizarse como agentes de control biológico.

Depredadores: crisopa *Chrysoperla* spp., introducir 5 larvas por m² al observar los primeros huevecillos en plantas. Chinche *Dicyphus hesperus* Knight, introducir medio por m² en dosis preventiva cada 14 días o la misma cantidad en liberación curativa cada semana, o bien 5 por m² curativa alta. Este depredador también se alimenta de trips, pulgones, huevecillos de lepidópteros y araña roja, pero no debe introducirse sin presencia de presas, ya que el adulto también puede alimentarse de las plantas. Chinche *Macrolophus caliginosus* (Warner), utilizar a mismo criterio que la chiche *D. hesperus* respecto a dosis a utilizar y otras presas y hábitos fitófagos de los adultos. Ca tarinita *Delphastus*

pusillus (Leconte), un individuo/m² en liberaciones cada 14 días.

Parasitoides: *Encarsia formosa* Gahan, dosis preventiva de 3/m² en liberaciones cada siete a catorce días; dosis curativa baja 6/m² y dosis curativa alta de 9 por m², en mínimo tres liberaciones a intervalos semanales. La introducción de las avispitas se realiza cuando se detecten ninfas de tercero y cuarto estadio. Avispita *Eretmocerus eremicus* (= *Californicus*) (Howard), mismas dosis y liberaciones que para *E. formosa*, con ninfas de segundo y tercer instar. *Eretmocerus mundus* Mercet, mismas dosis, liberaciones y criterios para inicio de liberaciones.

Entomopatógenos: *Paecilomyces fumosoroseus*, *Beauveria bassiana* y *Aschersonia aleyrodís* disponibles comercialmente, a la dosis recomendada por el fabricante.

Control químico

- Buprofesin (Applaud[®]), 1.0 L/ha en aplicaciones sobre ninfas de primeros instares de desarrollo. Insecticida regulador de crecimiento. Bueno en Manejo Integrado de Plagas (MIP).
- Piroproxifen (Knack[®]), de 300 a 500 cm³/ha en aplicaciones sobre ninfas de primeros instares de desarrollo. Insecticida regulador de crecimiento con acción translaminar. Bueno en MIP.
- Imidacloprid (Confidor[®]), 1.0 ml/1, 000 plantas en pretrasplante; de 300 a 500 cm³/ha en aplicación en charolas previo al trasplante; 0.75 L/ha aplicado al cuello de la raíz. Insecticida sistémico (no aplicar vía foliar). Bueno en MIP.
- Thiametoxam (Actara[®]), 600 g/ha. Aplicar sólo en agua de riego. Insecticida con acción por contacto y sistémica. Bueno en MIP.
- Diclorvos (DDVP[®]), de 1.0 a 1.5 L/ha. Insecticida de amplio espectro y de contacto, tóxico para la fauna benéfica, pero con residualidad muy corta, que permite realizar liberaciones de insectos benéficos en pocos días. Regular en MIP.
- Aceite parafínico de petróleo (Saf-T-Side[®]), insecticida mineral; aplicar de 1.0 a 2.0 L/ cada 100 L de agua. Regular en MIP.
- Ácidos grasos de aceites vegetales (Protek[®]), insecticida de contacto, natural de amplio espectro; aplicar de 1.0 a 4.0 L/ha. Regular en MIP.
- Piretro + Nim (Pironim[®]), de 0.5 a 1.0 L/ha. Insecticida de amplio espectro. Regular en MIP.
- Insecticidas botánicos: extracto de ajo, de nim. Tabaco en extracción por cocción. Bueno en MIP.

El pulgón saltador del tomate *Baterycera (Paratrioza) cockerelli* (Sulc.) (Hemiptera: Psyllidae)

La importancia de *B. cockerelli* es debida a la asociación con un fitoplasma que provoca la punta morada de la papa y el permanente del tomate (Garzón, comunicación personal). El daño directo consiste en amarillamiento y achaparramiento de las plantas infestadas. Investigadores de Estados Unidos no reconocen el papel de la paratrioza como vector de fitoplasma, ellos señalan que los síntomas (*Psyllid Yellow*) se debe a una toxemia clorótica producida por la alimentación del insecto (Carter, 1950). Blood *et al.* (citados por CABI 2000) reportó que los síntomas no fueron inducidos por inoculación cuando menos de 30 psílicos y si los insectos eran removidos las plantas se recuperaban; Carter (1950) encontró que no todas las ninfas tienen la habilidad de provocar dichos síntomas. Intentos por eliminar la habilidad hereditaria de causar los efectos tóxicos a través de la cría del psílido en plantas sanas fueron repetidamente fallidos (Carter, 1950; Daniels, 1954).

Descripción del insecto

Los adultos son pequeños, con alas claras plegadas sobre el abdomen y se asemejan a pequeñas cigarras (Pletsch, 1947) que miden de 0.2 a 0.4 cm de largo. Su color varía gradualmente cambiando de amarillo brillante a verde pálido cuando recién emergen, hasta tornarse gris o negras alrededor de los cinco días de edad (Pletsch, 1947). La cópula ocurre primero dos o tres días después de la emergencia de los adultos (Knowlton y Janes, 1931). Las hembras depositan arriba de 510 huevecillos durante su periodo reproductivo y puede sobrevivir tres veces más que en los machos (Pletsch, 1947; Wallis, 1955). El abdomen de la hembra madura termina en un corto ovipositor, está bien redondeado y es más robusto que el del macho.

Los huevecillos son usualmente depositados en los bordes de las hojas, sobre las venas de las hojas por el lado del envés y en algunas ocasiones escondidos sobre los puntos de crecimiento de las plantas; depositados individualmente sobre un pedicelo corto de dos a tres veces la longitud del huevecillo son oblongos-ovalados semejándose a un balón de fútbol americano, de color amarillo brillante, después cambian su coloración a anaranjado con el desarrollo del embrión durante el periodo de incubación, el cual ocurre en un intervalo de 3 a 9 días. Los huevecillos de mayor edad muestran los ojos rojos del estado ninfal cerca del extremo apical.

El primer instar ninfal presenta un color amarillo ligero, son ovales y se asemejan a escamas con ojos rojos. El color de la ninfa varía a pálido en el segundo instar y a verdoso pálido en el tercero, y es verde o café grisoso en el

cuarto y quinto instar. El desarrollo del paquete alar inicia en el tercer instar y se vuelve obvio en el cuarto y quinto instar (Pletsch, 1947). Knowlton y Janes (1931) reportaron que el periodo del desarrollo ninfal ocurre de 12 a 21 días.



Figura 7. Adultos y huevecillo de *Paratrioxa*.

Monitoreo

Para detectar el arribo del insecto se recomienda utilizar de 20 a 50 trampas amarillas de impactación con pegamento entomológico por hectárea, instaladas en los sitios por donde pueda darse el ingreso de la plaga, e inspeccionarlas al menos en dos ocasiones por semana.

La presencia de adultos e inmaduros de *Paratrioxa* puede ser monitorcada semanalmente mediante la inspección de plantas: en el caso de adultos, revisando hojas de la parte apical de ramificaciones principales y los inmaduros en hojas más desarrolladas del estrato medio de la planta, pegadas al tallo principal.

Prácticas culturales

- Iniciar el cultivo con plántulas sanas, libres de la plaga.
- Mantener un estricto control de puertas, ventanas y orificios, abrir solo por el tiempo necesario.
- Utilizar puerta doble.
- Mantener los alrededores limpios de plantas silvestres o maleza hospedera.
- Usar batas para visitantes o personas ajenas al invernadero que puedan introducir contaminación.

Control mecánico

Empleo de bandas de plástico repelentes. Contrario a lo practicado en campo, se recomienda establecer en la pared externa de los invernaderos bandas de plástico de color aluminio, que repelen la presencia de este tipo de insectos.

Trampeo masivo de adultos. Igual que los áfidos y adultos de mosquita blanca, la *Paratrioza* se pueden monitorear utilizando: a) 25 trampas amarillas pegajosas/ha, de 25 x 40 cm. B) Mediante bandas delgadas de plástico amarillo-anaranjado con pegamento entomológico, colocadas en las ventanas superiores, en las esquinas y sobre los pasillos centrales, o c) Mediante rollos de plástico amarillo-anaranjado adhesivo, colocados 20 cm por arriba de la altura de las plantas.

Agentes de control biológico

Existen numerosos enemigos naturales de paratrioza, pero sólo unas cuantas especies se reproducen en laboratorio para utilizarse como agentes de control biológico.

Depredadores: crisopa *Chrysoperla* spp., introducir 5 larvas/m² al observar los primeros huevecillos en plantas. *Nabis ferus* (L.). *Orius tristicolor* B. White

Parasitoides: *Tamarixia trioxae*

Entomopatógenos: *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) y *Venturaria lecanii* (Zimm.) disponibles comercialmente, a la dosis recomendada por el fabricante.

Control químico

- Abamectina (Agrimec[®]), insecticida – acaricida selectivo; aplicar de 0.5 a 1.0 L/ha, presenta acción translaminar. Bueno en MIP.
- Spinosad (Spintor[®]), de 10 a 20 ml/100 L de agua; de preferencia aplique en mezcla con aceite parafínico de petróleo. Insecticida de contacto e ingestión de baja residualidad (excepto para chinche pirata), regular en MIP.
- Piroproxifen (Knack[®]), de 300 a 500 cm³/ha en aplicaciones sobre ninfas de primeros instares de desarrollo. Insecticida regulador de crecimiento con acción translaminar. Bueno en MIP.
- Buprofesin (Applaud[®]), 1.0 L/ha en aplicaciones sobre ninfas de primeros instares de desarrollo. Insecticida regulador de crecimiento. Bueno en MIP.
- Imidacloprid (Confidor[®]), 1.0 ml/1000 plantas en pretrasplante; de 300 a 500 cm³/ha en aplicación en charolas previo al trasplante; 0.75 L/ha aplicado al cuello de la raíz. Insecticida sistémico (no aplicar vía foliar),

bueno en MIP.

· Thiametoxam (Actara[®]), 600 g/ha, aplique sólo en agua de riego. Insecticida con acción por contacto y sistémica. Bueno en MIP.

· Diclorvos (DDVP[®]), de 1.0 a 1.5 L/ha. Insecticida de amplio espectro y de contacto, tóxico para la fauna benéfica, pero con residualidad muy corta, que permite realizar liberaciones de insectos benéficos en pocos días. Regular en MIP.

· Aceite parafínico de petróleo (Saf-T-Side[®]), insecticida mineral; aplicar de 1.0 a 2.0 L/ cada 100 L de agua. Regular en MIP.

· Ácidos grasos de aceites vegetales (Protek[®]), insecticida de contacto, natural de amplio espectro; aplicar de 1.0 a 4.0 L/ha. Regular en MIP.

· Piretro + Nim (Pironim[®]), de 0.5 a 1.0 L/ha. Insecticida de amplio espectro. Regular en MIP.

· Insecticidas botánicos: extracto de ajo, de nim. Tabaco en extracción por cocción. Bueno en MIP.

· Cal hidratada 500 g/ha. Bueno en MIP.

Araña roja *Tetranychus urticae* Koch (Acariformes: Tetranychidae)

La araña roja es una plaga que aparece en muchos cultivos. Su gran capacidad de reproducción le permite causar daños en un corto periodo de tiempo y en muchos cultivos bajo plástico es una de las plagas más importantes. Las ninfas y adultos de araña roja se alimentan en el envés de las hojas y originan manchas de color amarillo cubiertas con una fina tela araña que puede cubrir toda la hoja, afectando con esto el vigor del cultivo y disminuye el desarrollo, y finalmente el rendimiento. Las plantas severamente infestadas pueden marchitarse por completo.

Descripción del ácaro

El adulto mide alrededor de 0.5 mm de longitud, es de color rojo y de forma elíptica, poseen cuatro pares de patas y no tienen antenas; *T. urticae* presenta dos manchas oscuras en el abdomen, por lo que también se le conoce como araña de dos puntos. Los huevecillos son esféricos y transparentes recién ovipuestos y después se tornan opacos, tienen un diámetro de 0.14 mm y son depositados en el envés de las hojas (Figura 8). A temperatura de 26 °C, los huevecillos eclosionan entre 5 ó 7 días; las arañitas tienen seis patas recién emergidas, son de color café claro y miden 0.2 mm de largo, pasan por dos o tres mudas para alcanzar el estado adulto (CABI 2000; 2005; Campo Experimental Valle del Fuerte, 2003); en el segundo estadio aparecen las dos manchitas características de la especie.

Al convertirse en protoninfas presentan cuatro pares de patas como los adultos. En esta etapa su coloración varía del verde claro al verde oscuro. Los machos tienen el cuerpo fusiforme y las patas más largas con relación al tamaño del cuerpo; son más alargados y pequeños que las hembras, las cuales son más redondas, llegando a medir de 0.5 a 0.6 mm de largo y pueden variar de coloración amarillenta, verdosa, roja e incluso marrón, pero siempre presentan las dos manchas oscuras en las zonas laterales del dorso. Cada hembra puede ovipositar un promedio de 90-110 huevecillos durante su etapa reproductiva en aproximadamente 30 días, por lo que el número de ácaros puede incrementarse rápidamente durante el verano o en condiciones de invernadero (CABI, 2005).

El desarrollo de los ácaros es muy rápido, particularmente a temperaturas altas, a 30-32°C, el cual es el rango óptimo de desarrollo de *T. urticae*, la fase de huevecillo dura de 3-5 días, el estado larval/ninfal dura de 4-5 días, y tienen un periodo preoviposición de 1-2 días; el ciclo de vida completo, toma sólo de 8-12 días.

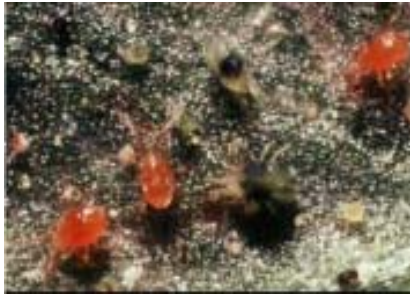


Figura 8. Colonia de araña roja.

Monitoreo

Se recomienda muestrear una vez por semana la presencia de araña roja en el envés de hojas maduras, en el tercio medio o basal de las plantas. Al detectar el primer foco de infestación es necesario muestrear dos veces por semana el desarrollo de las infestaciones localizadas, para determinar su evolución. Se recomienda obtener el promedio de especímenes de acuerdo a la etapa de desarrollo/hoja, así como el número de hojas y plantas infestadas/muestreo.

Prácticas culturales

- Iniciar el cultivo con plántulas sanas, libres de la plaga.
- Mantener un estricto control de puertas, ventanas y orificios, abrir solo por el tiempo necesario.
- Utilizar puerta doble.

- Mantener los alrededores limpios de plantas silvestres o maleza hospedera.
- Usar batas para visitantes o personas ajenas al invernadero que puedan introducir contaminación.
- Evitar el acarreo y diseminación del ácaro por el personal, señalando los focos de infestación.
- Evitar condiciones de humedad relativa bajas que favorecen a la araña roja.

Control mecánico

Deshoje. Eliminación de hojas infestadas en los focos de infestación; las hojas se deben incinerar inmediatamente.

Agentes de control biológico

Depredadores: *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (ácaro depredador), dosis preventiva baja 2/m², al detectar la presencia de la plaga; dosis curativa baja 6/ m² a intervalos semanales; dosis curativa alta de 20 a 50/ m², en una o dos liberaciones. *Amblyseius californicus* McGregor (ácaro depredador), misma dosis preventiva y curativa baja que para *P. persimilis*. *Chrysoperla* spp., introducir 5 larvas/m² al observar los primeros ácaros en plantas. Chinche *Dicyphus hesperus* Knight, introducir 1/2/m² en dosis preventiva cada 14 días o la misma cantidad en liberación curativa cada semana, o bien 5/m² curativa alta. Chinche *Maclophus caliginosus* (Warner), utilizar a misma criterio que la chiche *D. hesperus*. *Feltiella acarisuga* Kieffer (mosquito cecidómido), dosis curativa baja 10/m², en áreas infestadas cada siete días en tres liberaciones; dosis curativa 1/4/m², en superficie total, cada siete días en tres liberaciones. Otros depredadores son *Stethorus punctillum* (Weise) y *Scolothrips sexmaculatus* (Pergande).

Entomopatógenos: *Hirsutiella thompsonii* Fisher.

Control químico

- Abamectina (Agrimec[®]), insecticida – acaricida selectivo; aplicar de 0.5 a 1.0 L/ha, presenta acción translaminar. Bueno en Manejo Integrado de Plagas (MIP).
- Amitraz (Mitac[®]), insecticida-acaricida selectivo; aplicar 1.5 L/ha. Regular en MIP.
- Oxido de fenbutatin (Torque[®]) acaricida selectivo; aplicar 0.5 L/ha. Bueno en MIP.
- Clofentezine (Acaristop[®]), acaricida/ovicida selectivo; 0.5 L/ha. Regular en MIP.
- Aceite parafínico de petróleo (Saf-T-Side[®], Impide[®], Safer[®]) insecticida

mineral; aplicar de 1.0 a 2.0 L/ cada 100 L de agua. Regular en MIP.

- Ácidos grasos de aceites vegetales (Protek®), insecticida de contacto, natural de amplio espectro; aplicar de 1.0 a 4.0 L/ha. Regular en MIP.
- Piretro + Nim (Pironim®), de 0.5 a 1.0 L/ha. Insecticida de amplio espectro. Regular en MIP.
- Insecticidas botánicos: extracto de ajo, de nim y de canela. Buenos en MIP.

Literatura citada

- AMPHI. 2004.
- Andreas, S.C. 1996. Muestreo de moscas blancas. Metodología para el estudio y manejo de moscas blancas y geminivirus. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza. Unidad de fitoprotección. Turrialba, Costa Rica. Serie materiales de enseñanza. No. 37.
- Armenta, C.I. 2000. Dinámica poblacional de insectos asociados a la canola en el Valle del Mayo, Sonora. Informe Técnico Canola. CEVY-CIRNO-INIFAP. Navojoa, Sonora. s/n p.
- Butler, G.D. Jr. T.J. Henneberry, F. D. Nelson, 1983. *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) Development oviposition and longevity in relation to temperature. Ann. Entomol. Soc. Amer. 76: 310-313
- Byerly, K.F. 1988. Manejo Integrado de Problemas Fitosanitarios. Primer taller sobre Manejo Integrado de Plagas en tomate, México- Estados Unidos. 27-29 de Enero de 1988. Culiacán, Sinaloa.
- Byerly, M. F. K. 1996. El Enfoque Filosófico del Manejo Integrado de Problemas Fitosanitarios del Algodonero. In: Cortez, M. E. Memoria: Capacitación en el Manejo Fitosanitario de las Plagas Principales en Baja California Sur. Fundación Produce Baja California Sur, A. C. CESTOD-INIFAP. Cd. Constitución, B. C. Sur. s/n.
- CAB International, 2000. Crop Protection Compendium. Wallingford, UK: CAB International.
- CAB International, 2005. Crop Protection Compendium. Wallingford, UK: CAB International.
- Carter, R. D. 1950. Toxicity of *Paratrioxa cockerelli* to certain solanaceous plants. Ph.D. Dissertation, University of California. 128 pp.
- CEVAF. 2003. Guía Para la Asistencia Técnica Agrícola para el Área de Influencia del Campo Experimental Valle del Fuerte. INIFAP-CIRNO, Campo Experimental Valle del Fuerte. Agenda Técnica, Sexta Edición. Juan José Ríos, Sinaloa, México. 208 p.
- Daniels, L. B. 1934. The tomato psyllid and the control of psyllid yellows of

- potatoes. Colorado Agriculture College. Bulletin 410. June.
- Hernández, R. F. 1972. Estudios sobre mosquita blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) en el estado de Morelos. Agricultura Técnica en México. 3 (5) p
- Johnson, W.H. 1981. Whiteflies cause problems for California growers. Department of Entomology. University of California. USA. 13 p.
- Leibee, G.L. 1984. Influence of temperature on development and fecundity of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) on celery. Environ. Entomol. 13: 497-501.
- León, G. H.M. 2001. Manual para el Culivo de Tomate en Invernadero. Gobierno del estado de Chihuahua. Chihuahua, Chi. 239 p.
- Knowlton, G. F. and M. J. Janes. Studies on the biology of *Paratrioza cockerelli* (Sulc.) Entomol. Soc. Am. Ann. 24: 283 – 291.
- Pletsch, D. J. 1947. The potato psyllid *Paratrioza cockerelli* (Sulc.), its biology and control. Montana Agric. Expt. Stn. Bull. 446: 95 pp.
- Steta, M. 2004. IV Foro de Expectativas del sector Agroalimentario y Pesquera. Oral Presentation. ISHS Conference, F.L. March.
- University of California. 1991. Integrated pest. Management for citrus. Univ. Of Calif. Div. Agriculture and Natural Resources. Publication 3303, 2ª. De. Library of Congress. Oakland, C.A. 144 p.
- Van Emden H.F, Eastop V.F, Hughes H.D, Way M.J. 1969. The ecology of *Myzus persicae*. Annual Review of Entomology, 14:197-270.
- Wallis, R. L. 1955. Ecological studies on the potato psyllid as a pest of potatoes. USDA Tech. Bull. 1107: 25.
- Zitter T.A., Tsai J.H., Harris K.F. 1980. Flies. In: Harris KF, Maramorosch K. Vectors of Plant Pathogens. New York, USA: Academic Press, 165-176.

EQUIPOS AUTOMÁTICOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

David Robleño Jara¹

Introducción

En el contexto económico actual, en el que el sector agrario representa una de las principales fuentes de riqueza del Sudeste español, el objetivo principal de las modernas explotaciones agrícolas es la obtención del máximo rendimiento, viéndose obligadas para ello, a buscar sistemas de cultivo más racionales y eficaces que los tradicionales.

Como respuesta a esta búsqueda, surgen los cultivos protegidos de alto rendimiento, en los que es muy necesario, por no decir prácticamente imprescindible, controlar adecuadamente dos aspectos fundamentales: el riego y la fertilización.

Riego. España es un país seco en el que se viene tomando conciencia, sobre todo en la vertiente mediterránea, de que el agua es un bien escaso, por lo que una aplicación, lo más eficiente posible, hará que estos recursos se aprovechen al máximo.

La máxima eficiencia en el riego se obtiene mediante la utilización de los sistemas localizado, ya que éstos lo aplican con la debida dosificación, oportunidad y fraccionamiento. Esto presenta cierta complejidad, y para el óptimo aprovechamiento de las ventajas que este tipo de riegos ofrece se hace muy necesaria una correcta automatización del sistema.

Fertilización. El uso racional y adecuado del aporte de fertilizantes a los cultivos conlleva, por un lado, un ahorro económico muy importante y, por otro, evitan la contaminación medioambiental, sobre todo de los elementos minerales fácilmente lixiviables (nitratos, fosfatos y otros). Si además se tienen en cuenta las ventajas de aplicar esos fertilizantes conjuntamente con el agua, se entiende lo importante y necesario que se hace el contar con un automatismo.

¹Ingeniero agrónomo. Escuela Tecnológica de Investigación y Formación Agrícola de Almería, España.

Evolución de los equipos automáticos de fertirrigación

La introducción, a mediados de los 70 del siglo pasado de las primeras electroválvulas accionadas manualmente desde un cuadro eléctrico, de tal manera que permitieran controlar la sectorización del riego, fue el primer paso que se dio en la automatización de procesos en el campo agrícola.

Unos cinco años después, comenzaron a instalarse sencillos programadores de riego de jardinería, provenientes en su mayoría de Estados Unidos e Israel, los cuales solamente podían realizar un control horario del riego, no pudiendo efectuarse con ellos otras operaciones más complejas como puede ser la adición de abonos al agua de riego.

A mediados de los 80 del siglo XX, empezaron a instalarse los primeros programadores y controladores pensados específicamente para agricultura, siendo la mayoría de ellos importados de países del norte de Europa. Este tipo de programadores ya presentaba una serie de salidas independientes, que junto con una programación muy básica, permitían realizar operaciones más complejas que los anteriores.

A principios de los 90, estos programadores evolucionaron un poco más, permitiendo configurarlos de tal manera que se pudieran adaptar a las necesidades de las explotaciones en las que se instalaban. Este tipo de programadores ya permitían el uso de agitadores de abono, bombas inyectoras, electroválvulas, etc., con lo que ya se podía realizar un control del pH y de la conductividad eléctrica del agua de riego, pero tenían un inconveniente: requerían cuadros eléctricos muy complejos (con temporizadores, retardadores, etc.), lo cual encarecía mucho su instalación.

Pero es ya a mediados de los noventa del pasado siglo XX, con la utilización de ordenadores industriales por una parte, y microprocesadores mucho más potentes por la otra, cuando se produce un auténtico avance en la automatización agraria, ya que permiten utilizar una electrónica y programación muchísimo más compleja, lo cual se traduce en equipos que controlan de una forma muy exacta una gran cantidad de parámetros, a la vez que son totalmente configurables y adaptables a las necesidades particulares de las explotaciones en las que se instalan.

Hoy en día, y tal vez como consecuencia del notable crecimiento que los cultivos protegidos de alto rendimiento y, dentro de ellos, los cultivos sin suelo están experimentando, se tiende a monitorizar el entorno que rodea la planta (suelo, sustrato, ambiente, etc), de tal manera que se puedan controlar, de una forma automática, los factores que afectan a su crecimiento. De esta forma se distinguen dos líneas claramente diferenciadas, la fertirrigación y el control climático.

En fertirrigación se están desarrollando sondas de medida cada vez más específicas y precisas, así como programas informáticos y equipos que son capaces de interpretar las lecturas de una forma rápida y exacta con la finalidad de que sea la propia planta la que determine el momento exacto en que deben producirse los riegos e inyecciones de los distintos abonos necesarios.

Los actuales equipos automáticos de fertirrigación han sido el resultado de la evolución producida, a lo largo de las cuatro últimas décadas en la técnica del riego localizado (evolución de los abonos para fertirrigación, evolución en los equipos de filtrado, etc.), así como de los avances tecnológicos producidos tanto en los programadores de riego, como en la automatización de sistemas hidráulicos de inyección de abono.

Conceptos y usos

Antes de entrar en materia, conviene aclarar y definir algunas palabras o términos que se utilizarán con bastante frecuencia en este tema:

Equipo automático de fertirrigación: es un sistema automático y, o informatizado que hace posible que la incorporación de agua de riego se realice de manera programada y controlada, y que la dosificación de sales fertilizantes se inyecte de forma proporcional y equilibrada, para poder obtener la mayor respuesta de producción y calidad de sus cultivos.

Fertirrigación: Es la aplicación de las sales fertilizantes o elementos nutritivos requeridos por los cultivos, disueltos en el agua de riego para su distribución vía la instalación de riego localizado.

Los equipos automáticos de fertirrigación se instalan sobre todo en cultivos intensivos, tanto al aire libre, como en invernadero. Últimamente se observa una tendencia cada vez mayor a la utilización de estos equipos en instalaciones frutícolas. Existen equipos automáticos de fertirrigación en los más diversos cultivos si bien el uso más frecuente se puede ver en el cuadro 1.

Cuadro 1. Usos de los equipos automáticos de fertirrigación.

Tipo	Cultivos
Hortícolas en invernadero	Tomate, pimiento, pepino, calabacín, melón, sandía, frijol, etc.
Hortícolas al aire libre	Lechuga, brócoli, melón, sandía, alcachofa, patata, judía, apio, cebolla, etc.
Cítricos	Naranja, mandarino, limonero, pomelo, etc.
Vid	Uva de mesa, uva de vino
Frutales	Melocotonero, albaricoquero, ciruelo, manzano, peral, olivo, almendro, granado, níspero, aguacate, chirimoya, etc.
Cultivos industriales	Caña de azúcar, algodón, maíz, etc.

Componentes de un equipo automático de fertirrigación

Un equipo automático de fertirrigación está compuesto de distintos elementos que pueden agruparse en tres:

- Sistema de medición de la dosificación: sonda de pH, sonda de conductividad eléctrica y sensor de temperatura.
- Sistema de inyección de abono: inyector venturi o bomba dosificadora.
- Automatismo de control. Programadores y controladores de riego.

Sistema de medición de la dosificación

Mediante el control de únicamente dos parámetros, pH y la conductividad eléctrica, se puede realizar la dosificación de diferentes sales fertilizantes de forma proporcional y equilibrada. Mediante el control del pH regularemos el aporte de un abono ácido o una básico. Con el control de la conductividad eléctrica regularemos la dosificación de forma independiente de varias sales fertilizantes, desde dos sales fertilizantes en los equipos más sencillos, hasta 12 sales diferentes en los equipos más sofisticados.

Tanto la medición de pH, como conductividad eléctrica, se haya afectada directamente por otro parámetro, la temperatura. Por este motivo es aconsejable que la medición de los equipos sea corregida por la lectura de la temperatura.

Por tanto, un equipo automático debe tener como mínimo una sonda de pH y una sonda de conductividad eléctrica. Muchos equipos disponen de una sonda de conductividad eléctrica del agua de alimentación, utilizada para dosificar en función del agua de entrada. Algunos equipos disponen de doble sonda de pH y conductividad eléctrica, como medida de seguridad.

Importancia de la conductividad eléctrica y pH.

La conductividad eléctrica es una medida de la resistencia que presenta un material conductor al paso de la corriente eléctrica. Evidentemente cuanto mayor sea la resistencia menor será la facilidad de paso de la corriente eléctrica y por tanto la conductividad eléctrica será menor.

En fertirrigación, la medida de la conductividad eléctrica es un parámetro que indica la concentración de sales en una disolución. Mientras que un agua destilada no conduce la electricidad, un agua con sales sí conduce la electricidad, y la conductividad eléctrica será mayor cuanto mayor sea la concentración de sales de la solución.

El ajuste del pH en fertirrigación proporciona múltiples aspectos ventajosos, los dos principales son:

- pH óptimo para la disponibilidad de elementos nutritivos.

- Prevención y, o eliminación de obstrucciones y depósitos en redes de riego y emisores.

Sondas y tarjeta adaptadora

Una sonda es un dispositivo capaz de transformar una magnitud física en una señal eléctrica. Existen diversos modelos en el mercado y su caracterización es función de los rangos de medida y la sensibilidad.

Una tarjeta adaptadora o interfaces es un dispositivo encargado de convertir la señal eléctrica proporcionada por la sonda, en una magnitud eléctrica fácilmente medible.

Tipos de señales eléctricas

Las señales eléctricas pueden clasificarse, según su naturaleza, en señales analógicas y señales digitales. La conductividad eléctrica y el pH son magnitudes físicas que normalmente se miden mediante señales eléctricas analógicas.

Las señales analógicas son señales continuas en el tiempo. Este tipo de señal puede registrar la evolución de la magnitud medida a lo largo del tiempo. A su vez se clasifican en:

- Señales analógicas en tensión.
- Señales analógicas en corriente.

Las señales digitales son discontinuas en el tiempo. La información que ofrecen se limita a dos estados definidos: Sí/No, 1/0, Todo/Nada. Este tipo de señal es proporcionada en aquellos sensores destinados a informar de la presencia o no de un determinado evento, alarmas, presostatos, caudalímetros, sensores de nivel, sensores de demanda, etc, y en los que no se precisa cuantificar una magnitud determinada. Pueden ser señales directamente en tensión (pulsos de tensión), o a través de un contacto libre de tensión.

Sistema de inyección y dosificación

En este apartado nos referimos a los diferentes sistemas, normalmente empleados en los equipos automáticos de fertirrigación que se comercializan. Haremos dos subdivisiones: por un lado en cuanto a la forma de instalación y por otro en cuanto al sistema de inyección.

Tanto si utilizamos bombas de inyección o venturis, el control de la inyección se realiza por medio de electroválvulas. Se trata de electroválvulas que funcionan mediante pulsos, fabricadas en acero inoxidable, PVC, vitón o cualquier material resistente a corrosión. Los diámetros de paso oscilan de 4 a 10 mm.

Estas válvulas se encuentran normalmente cerradas y abren cuando son

activadas por el automatismo del controlador. El control de la inyección se realiza en función del tiempo de apertura de las mismas. Cuando el controlador precisa de un incremento en la inyección para aumentar la conductividad eléctrica o reducir el pH, ordena el incremento del tiempo de apertura, y viceversa. Es preciso que la respuesta de apertura y cierre de las electroválvulas sea muy rápida. Los valores de incremento – decremento de los tiempos de apertura son del orden de milisegundos.

El sistema de inyección por pulsos es el que normalmente emplean los equipos de fertirrigación; sin embargo, el sistema ideal sería el que permitiera controlar la cantidad de apertura de la electroválvula en lugar del tiempo. De esta manera, a variaciones de inyección solicitadas, la válvula aumentaría o disminuiría el tamaño de su apertura. La inyección sería mucho más constante y continúa.

En el mercado existen las llamadas “válvulas motorizadas” que funcionan de esta manera, pero están disponibles en grandes diámetros. Para los pequeños diámetros que se necesitan en nuestro caso, la escala de precisión de estas válvulas hace inviable su utilización.

Inyección con venturis

Se suelen instalar venturis de alto caudal, que necesitan una gran diferencia de presión para su funcionamiento. La batería de venturis (en el número deseado) se monta sobre colectores de entrada y salida. En el colector de entrada se introduce agua de la red desde un punto de alta presión, normalmente aguas abajo del cabezal de filtrado. El colector de salida se debe conectar a un punto de baja presión o presión negativa (por ejemplo, succión de la bomba de riego).

Existen dos posibilidades de instalación: de inyección directa o con depósito auxiliar de mezclas.

- **Inyección directa:** existen a su vez dos posibilidades, conectar el colector de salida a la aspiración de la bomba principal para aprovechar la succión producida o instalar una bomba auxiliar de alta presión que inyecta aguas debajo de los filtros. En este caso, es necesario incrementar la presión de la red, entre 1 y 2 kg/cm², para que se produzca la inyección.

- **Inyección depósito auxiliar** la presión de entrada es la de la red de riego, y la de salida la presión atmosférica. El flujo de agua pierde la presión al pasar por los venturis y cae “muerta” sobre el depósito. Para inyectar la solución mezcla en la red se precisa de una bomba de presión.

En ambos casos, en las derivaciones al depósito de fertilizantes de cada uno de los venturis, se instalan las electroválvulas, que son las que controlan

la mayor o menor inyección de fertilizantes.

Inyección con bombas

Son bombas de diafragma o membrana fabricadas en materiales resistentes a la corrosión y autoaspirantes, si bien su capacidad de impulsión es reducida.

Normalmente se instalan en circuito cerrado, aspiran del depósito de los fertilizantes y por medio de un circuito de retorno, devuelven la solución al mismo depósito. Sobre este circuito cerrado existe una derivación en “T” en el que se ubica la electroválvula mencionada anteriormente. Esta electroválvula es realmente el elemento que controla la fertirrigación.

Estos sistemas exigen la instalación de un depósito de mezclas. La presión existente en el circuito cerrado del fertilizante es muy pequeña y no permite la inyección directa en la red de riego. Una electrobomba es la que tomará el agua de este depósito para incorporarla o inyectarla en la red.

Inyección en línea (*on line*)

Según la forma de la instalación se puede realizar la inyección de fertilizantes en línea (*on line*) o en *by-pass*. En la inyección en línea todo el agua de la red de riego pasa por el equipo de fertirrigación, independientemente del sistema de inyección empleado (venturi o bomba).

Estos equipos necesitan obligatoriamente un depósito intermedio, en el que se mezclan los fertilizantes aportados y el agua de suministro. A la salida del depósito se instala la bomba que aportará el caudal y la presión necesaria para la red de riego. La presión necesaria para la entrada del agua de suministro al depósito de mezclas puede ser provista por una electrobomba, presión natural, bomba sumergible, etc, según las condiciones de la instalación.

El principal problema que presentan las instalaciones en línea es la estandarización de los equipos. Tanto en el caso de la utilización de venturis o bombas, los diámetros de los colectores de entrada y salida al depósito deben estar diseñados en función del caudal del sector de máxima demanda.

Por otro lado, si los sectores de riego presentan caudales muy diferentes, el ajuste de la entrada – salida del agua al depósito intermedio se complica bastante. Efectivamente, las curvas de las bombas deben ajustarse perfectamente a los caudales mínimos y máximos, al mismo tiempo que se precisa la instalación de válvulas con reguladores de presión de alta calidad.

Su uso se justifica en pequeñas instalaciones en las que los caudales de los sectores son homogéneos y los caudales máximos no superan los 15 m³/h, pues, en caso contrario, se necesitarían colectores de grandes diámetros que complicarían la operatividad del sistema. Lo recomendable es usar colectores

de diámetro 75 como máximo.

Inyección en *by-pass*

El equipo se instala en paralelo con la red de riego independientemente de los caudales de trabajo y del diámetro de la tubería principal. La inyección no se produce sobre la totalidad del agua existente en la red, sino en una parte proporcional de ésta, mayor o menor según los caudales de trabajo.

Para que se realice la mezcla del agua de riego sin fertilizar con la solución concentrada, es preciso que haya un punto dentro de la red de riego con un flujo lo suficientemente turbulento. Normalmente, el agua de entrada al sistema de inyección proviene de aguas arriba del cabezal de filtrado (agua real de riego). La inyección de la solución concentrada se realiza aguas abajo de manera que es el propio cabezal de filtrado quien provee del flujo turbulento necesario para que se produzca la mezcla.

En caso de no querer emplear el cabezal de filtrado para este cometido, se precisaría instalar un mezclador, exclusivamente destinado a este fin.

Automatismo de control

Los grandes avances que se han producido en los últimos años en el mundo de la informática, también se han notado en la evolución de los equipos que se emplean para la fertirrigación. En cuanto al *hardware*, microprocesadores de mayor velocidad, tarjetas de entradas y salidas, tarjetas de sondas y nuevos sistemas de comunicación. En cuanto al *software*, programas cada vez más adaptados a las exigencias de sus usuarios, con un tratamiento informático de los eventos e históricos en tablas, listados, gráficas y bases de datos exportables.

Características generales de los automatismos

El controlador

El controlador de riego es el elemento de automatización que centraliza todas las órdenes encaminadas a un eficaz funcionamiento del sistema. Un controlador de fertirrigación completo debe contemplar la puesta en marcha y el paro en el momento preciso de bombas, válvulas de mando, agitadores y dosificadores de fertilizantes, dispositivos de control, medida, regulación, seguridad, emergencia, etc.

Todo ello como respuesta tanto a programas prefijados como a condicionantes, previsibles o fortuitos, en la instalación, suelo o sustrato, cultivo o ambiente. Además, el controlador de riego debe suministrar una información completa y permanente de lo que acontece en la instalación,

programas ejecutados y en curso, tiempo y, o volumen de agua y fertilizantes aplicados, parámetros definitorios de la solución nutritiva aplicada (conductividad eléctrica, pH, temperatura, etc.), caudales, incidencias, alarmas, averías, etc.



Controlador de riego, y detalle de la pantalla o *display*.

El mercado ofrece una enorme cantidad de controladores de fertirrigación, adaptables a cualquier tipo de instalación en función del grado de automatización que se quiera conseguir y de la relación prestación/precio de cada aparato.

Sistemas de control

Los equipos de fertirrigación permiten la lectura del pH, la conductividad eléctrica y de los volúmenes de agua de riego y fertilizantes. Existen, sin embargo, dos posibilidades a la hora de decidir quien rige la fertirrigación.

1. Por volumen: el control de la fertirrigación se realiza con base en la relación volumen de agua en la red de riego y el volumen de solución nutritiva. La programación consiste en determinar el porcentaje de inyección de cada fertilizante en función del volumen total de agua que va al cultivo. Normalmente existe un control de segundo orden que permite conocer la conductividad eléctrica del agua en cada momento. El sistema de inyección de ácido para el control del pH se realiza de forma independiente y en función del pH ideal deseado.

2. Por conductividad eléctrica: el control de la fertirrigación consiste en la determinación y fijación de unos valores de conductividad eléctrica y pH ideales, a partir de los cuales, el equipo aumenta o disminuye la inyección. También se permite la determinación del porcentaje de cada fertilizante. Estos porcentajes mantienen su proporcionalidad según el ritmo de inyección de cada momento. Existe también la posibilidad de un control de segundo orden que

indica el volumen total de agua consumida y los volúmenes de cada fertilizante.

Si bien casi todos los equipos del mercado tienen como opción la utilización de ambas posibilidades, la tendencia general es el control de la fertirrigación en base a conductividad eléctrica y pH.

Control del aporte de fertilizantes

A continuación se detallan los parámetros que determinan la fertirrigación:

- pH ideal, conseguido por adición de ácidos o de bases.
- Conductividad eléctrica ideal, conseguido por la adición de diferentes fertilizantes.
- Conductividad eléctrica del agua de entrada, es decir, la conductividad eléctrica del agua de riego sin fertilizantes.
- Conductividad eléctrica incremento, cuando interesa un incremento de conductividad fijo, independientemente del valor de la conductividad eléctrica del agua de entrada.
- Porcentajes de inyección de abonos.
- Aportaciones especiales, que se realizan con una frecuencia inferior a la de los abonos. Suelen ser productos tales como ácidos húmicos, fungicidas, quelatos, etc, que por sus características físicas pueden ensuciar las sondas de medida de los equipos.

Para que el ajuste de todos estos valores sea lo más exacto posible, existen unos parámetros internos que permiten la adaptación del equipo de fertirrigación en cada caso particular. El control de la inyección depende del ritmo de apertura y cierre de la electroválvula que deja paso a la solución madre de los depósitos de abonos. Las condiciones particulares de cada cabezal nos indican cómo realizar la programación de estos parámetros internos para que la consecución de los valores ideales deseados se produzca de forma rápida.

Control del riego

Evidentemente, los equipos de fertirrigación son programadores de riego que, de forma simultánea, realizan la inyección de fertilizantes. Sin embargo, no se trata de simples programadores, son verdaderos ordenadores de riego que integran gran cantidad de posibilidades.

Por medio de la programación se puede controlar la dosis de agua y el aporte de fertilizante en las diferentes zonas de riego de la instalación. Los programadores permiten la agrupación de las distintas válvulas o sectores de riego, adaptándose a la configuración de cada instalación de riego.

Riego horario

La activación del riego en modo horario, permite la programación de un número importante de diferentes programas, en los programas se fija:

- Hora de inicio y hora final.
- Número de activaciones o riegos.
- Tiempo entre activaciones.
- Duración de los riegos.
- Tiempos de preriego y postriego.
- Selección de sectores.
- Selección de bombas.
- Agrupación de diferentes programas.
- pH y conductividad eléctrica.
- Porcentajes de los abonos.
- Aportaciones especiales.

Riego a la demanda

Consiste en la activación del riego por sensores externos. Los factores que determinan las mayores o menores necesidades hídricas de las plantas son:

- Radiación solar.
- Temperatura ambiente.
- Humedad relativa.
- Viento.
- Humedad del suelo.

Existen sensores que determinan estos factores y que, a partir de los valores obtenidos, permitirían establecer los umbrales mínimos para la activación del riego. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la mayor o menor exigencia de agua de las plantas no dependen de un solo factor aislado, sino de la combinación de todos ellos. Se han utilizado muchos sistemas, sondas de radiación, tensiómetros, bandejas de demanda o lisímetros, etc.

Algunos de estos métodos se han desestimado, precisamente por no contemplar todos los factores que intervienen. Así por ejemplo, el riego por tensiómetros presenta el inconveniente de la heterogeneidad de los suelos de cultivo que dan lugar a lecturas incorrectas. El riego por radiación tiene el inconveniente de la falta de precisión en días nublados, pero con altas temperaturas y viento seco.

Actualmente, los métodos que se están usando se limitan a cultivos hidropónicos y bajo plástico, pues son aquéllos que permiten un mejor control y manejo de los parámetros ambientales. Los más empleados son el riego por bandeja de nivel y la demanda por radiación.

Dispositivos de seguridad

La gran complejidad de estos sistemas y el valor añadido que supone a los cultivos en que se implantan, exige que haya unas medidas de seguridad bastante elevadas.

A continuación se describen los dispositivos normalmente empleados:

Alarma de baja presión: ante problemas de roturas en la red de riego, o descarga de la aspiración de la bomba, el equipo activa la alarma al mismo tiempo que desconecta motores y maniobras.

Alarma de alta presión: debido a sobrepresiones en el cabezal por válvulas no abiertas o estropeadas.

Otra protección de la instalación de riego, con que cuentan algunos programadores, consiste en el retardo de la activación de bombas y electroválvulas de riego, con el objeto de manejar la instalación en caso de líneas de agua de suministro con presión, o instalaciones con desniveles.

Alarma de pH mínimo y conductividad eléctrica máxima: si el problema es por error en la preparación de las soluciones, se desactiva la electroválvula en cuestión. Si el problema persiste desactiva el sistema de inyección, evitando la inyección de abonos o ácido, pero si continua con el riego.

Alarma de pH máximo y conductividad eléctrica mínima: en estos casos se trata de un problema interno o un error de lectura en las sondas. El equipo actúa desactivando los sistemas de inyección.

Alarma de bajo nivel en los depósitos: el equipo inactiva la electroválvula correspondiente al depósito vacío.

Alarma de caudal. El equipo contrasta el caudal de riego real, y el programado para cada sector, si la diferencia sobrepasa unos márgenes de tolerancia, desactiva el riego. Puede ser debido a una rotura en la red, que no se haya abierto una válvula, o por el contrario que no se hayan cerrado correctamente las válvulas de otros sectores, produciéndose pérdidas.

Todas las alarmas descritas pueden limitarse a activar o desactivar los elementos problemáticos descritos, y también pueden activar dispositivos externos de aviso como sirenas, luces intermitentes, avisadores telefónicos, etc. En las instalaciones que consta de avisadores telefónicos, es posible establecer comunicación remota con el equipo, para desactivar su funcionamiento. Esto puede ser útil en caso de tormentas con aparato eléctrico, que suelen originar muchas averías en los equipos.

Registro de datos

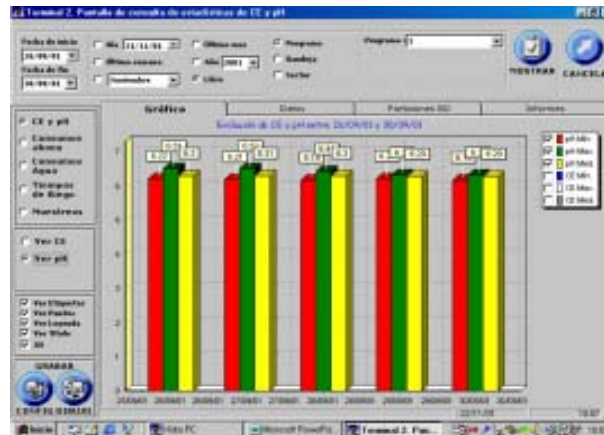
Los controladores de riego pueden almacenar algunos de los eventos más

importantes, ocurridos durante el transcurso de los riegos. Eventos tales como: horarios, tiempos, conductividades eléctricas, pH, volúmenes de riego y fertilizantes, etc. Si bien la capacidad de almacenar datos de los programadores, es relativamente limitada. Normalmente un controlador de riego puede almacenar datos durante un período de varios días (7- 8 días), dependiendo del número de variables a registrar, tras este período la información se elimina.

Unas de las soluciones que se encuentran en el mercado, para tener un registro de datos, sin límite en el tiempo, es la conexión de una impresora al controlador de riego; sin embargo, esta no es una solución óptima, puesto que el número de hojas impresas puede llegar a ser muy importante, no siendo manejable la información.

La posibilidad de comunicar el controlador de riego con un ordenador (computadora) permite poder recoger, procesar y almacenar durante un tiempo ilimitado (depende de la capacidad del disco duro del PC), toda la información y presentarla en forma de históricos o gráficos.

Se puede obtener los históricos acumulados durante un año, así como las gráficas de la evolución conductividad eléctrica y pH, el consumo de agua y fertilizantes a lo largo de un período de tiempo.



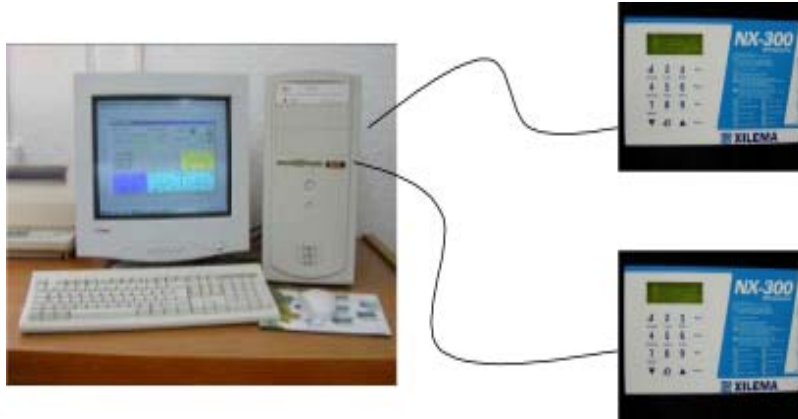
Gráfica de lecturas de pH de un equipo de fertirrigación.

Hardware de control

El equipo de control constituye la pieza fundamental del sistema. Está formado por los siguientes elementos:

- Tarjeta microcontroladora o sistema microprocesador.
- Interface de usuario.
- Interface de sistema.
- Interface de comunicación.

La comunicación puede realizarse entre PC-controlador, o entre uno o más PC y varios controladores, como se observa en la foto.



Para la implementación de este tipo de comunicación es necesario la utilización de un módem por equipo, los cuales son conectados a los respectivos puertos serie (RS-232) de cada uno de ellos.

Se ofrecen además dos alternativas:

- a). Comunicación vía módem estándar: telefonía fija.
- b). Comunicación vía módem GSM: telefonía móvil.

Riegos a la demanda en cultivos hidropónicos

En la actualidad los sistemas de cultivo sin suelo o cultivos hidropónicos se encuentran en auge en el sudeste peninsular de España, de forma que la superficie ocupada por los mismos dentro de la horticultura va en aumento, especialmente en la última década.

Este tipo de cultivos bajo plástico, más tecnificados, requieren de sistemas automáticos de demanda de riegos, que optimice tanto el momento como la cantidad de agua aportada.

Existen en el mercado sistemas de control automático que detectan el consumo de agua de la planta a tiempo real e indican el momento de inicio del riego de forma bastante ajustada.

A continuación se describen algunos de los sistemas de demanda comerciales de mayor uso e importancia.

Tipos de sistemas de riego a la demanda

Riego a la demanda por bandeja de nivel

Es el sistema de demanda más empleado. Consiste en una bandeja o canalón,

sobre el cual se depositan normalmente dos sacos de cultivo, y en cuyo extremo hay un pequeño depósito que acumula el agua de drenaje de los sacos. Las raíces de las plantas están en contacto con este depósito por medio de una manta porosa e hidrocópica situada en el fondo de la bandeja.

Cuando el cultivo demanda agua, la planta absorbe la solución del depósito a través de la manta hidrocópica, y de este modo, desciende el nivel de agua del depósito. Este descenso es detectado por un electrodo que, por medio de un controlador de nivel emite una señal eléctrica hacia el controlador de riego. Esta señal eléctrica es transformada en el equipo en una “orden” de activación de un riego. Se trata, por tanto, de un sistema de control directo.

Normalmente se predetermina la duración de este riego en el controlador (se suele programar entre 4 y 10 minutos) o controlar la detención del riego mediante un segundo electrodo.

Asimismo, también se puede establecer retardos entre activaciones, estableciendo en el controlador unos tiempos mínimos de espera entre cada uno de los riegos demandados.

Frecuentemente, a lo largo del día, se establece un período de activación de la demanda, fuera del cual no se permite el riego, aunque la superficie libre del agua del depósito quede por debajo del nivel del electrodo.

Por lo general, dicho periodo queda definido entre una hora después de amanecer y 1 ó 2 horas antes de anoecer y con ello se trata de conseguir una reducción del contenido de humedad del sustrato durante la noche en torno al 10 %, con el fin de favorecer la oxigenación de las raíces.

Como consecuencia de esta práctica, normalmente no se obtiene ningún drenaje tras el primer riego del día, el sustrato comenzará a lixiviar a partir del segundo o tercer riego.

La bandeja de demanda es un automatismo muy útil y práctico, aunque el ajuste del riego que realiza no es totalmente perfecto. Así, en los momentos del día de mayor demanda hídrica (mediodía) se consigue un drenaje menor que en aquéllos con demanda más baja (por la tarde). Esta situación no es la ideal y por ello se han tratado de usar otros sistemas de control del riego.

Riego a la demanda por radiación

El método de la radiación es un sistema indirecto, y a que utiliza un solarímetro para medir la radiación global incidente y el riego se activa en función de este parámetro.

Cuando se alcanza un cierto valor de radiación acumulada que previamente habrá sido indicado al programador, comienza el riego y el contador

se pone a cero para iniciar un nuevo ciclo.

El problema de este método es que la correlación entre radiación y transpiración del cultivo no es perfecta y, al no tener en cuenta otros factores ambientales, como la temperatura o el déficit de presión de vapor que también influyen sobre dicha transpiración, se producen importantes desajustes a lo largo del día, que no son tolerables en los cultivos sin suelo.

Para evitar este problema, se ha tratado de mejorar el sistema de radiación incorporando algunas modificaciones:

Una posibilidad consiste en dividir el día en varios periodos y asignar un factor de radiación acumulada distinto para cada uno de ellos. Sin embargo, aunque el ajuste a lo largo del día resulta mejor, es necesaria una reprogramación diaria de dichos factores, ya que dependen de las condiciones ambientales existentes.

Otra posibilidad consiste en combinar el solarímetro con una bandeja de drenaje, la cual mide el lixiviado producido de forma automática mediante pulsos. De esta forma, el programador es capaz de modificar por sí mismo y mediante el software adecuado el factor de radiación y ajustarlo a lo largo del día. El problema es que este sistema actúa a posteriori, es decir, trata de corregir los desajustes ya producidos con anterioridad.

Riego a la demanda por radiación y bandeja de drenaje

En los cultivos hidropónicos es de vital importancia el control del drenaje del cultivo. Se mide como el porcentaje del agua drenada sobre el agua total del riego.

El drenaje ideal es función, principalmente de la salinidad del agua de riego y del estado fenológico del cultivo. Normalmente oscila del 15 % al 50 %. La bandeja activa es precisamente un dispositivo que mide este factor.

La bandeja de radiación, en la forma es similar a la bandeja de demanda, normalmente se fabrican en fibra de vidrio y con un tamaño para alojar dos sacos de cultivo. En un extremo la bandeja dispone de un pequeño recipiente o vaso donde se recoge todo el drenaje de los dos sacos de cultivo. Cuando el recipiente o vaso está lleno es detectado por un controlador de nivel, que envía una señal eléctrica al programador de riego, el cual toma lectura de ese volumen. Simultáneamente, el recipiente se desagua por medio de una electroválvula ubicada en su fondo.

El controlador calcula el porcentaje de drenaje en base al volumen de drenaje medido y la aportación de agua realizada. Normalmente y tras un riego, el recipiente se llena y desagua varias veces, emitiendo un “pulso” cada vez que esto ocurre. Estos vasos suelen tener un volumen que ronda los 50

ml, de este modo y a modo de ejemplo; si tras un riego de 1 litro (1,000 ml) el controlador registra 5 pulsos, esto quiere decir que el drenaje ha sido de 250 ml, o lo que es lo mismo, se ha obtenido un drenaje del 25 % en el presente riego.

Por otro lado, el sistema utiliza también una sonda de radiación que registra la radiación global acumulada. El sistema consiste en utilizar la radiación como método de demanda y la lectura de drenaje como medida para ajustar y modificar la tasa de radiación acumulada programada.

En la programación del riego se establecen dos datos: el porcentaje de drenaje deseado y la radiación acumulada a la que se desea la activación del riego. El primer riego se establece en función del dato de radiación acumulada. El equipo comprueba si el drenaje es el deseado, y en caso contrario modifica el valor mínimo de la radiación para adelantar o atrasar el riego.

Este sistema es el que más se aproxima a las necesidades del cultivo, tal vez presenta el inconveniente de su complejidad a la hora de ponerlo a punto, y el retraso de las modificaciones.

Bandeja de peso

Es un sistema de automatización del riego a la demanda, que se está empezando a implantar principalmente en Holanda y otros países centroeuropeos, aunque en España aún no se utiliza este sistema.

Consiste en una bandeja que pesa dos sacos de cultivo. El peso de la bandeja varía a lo largo del día, y existe una relación directa entre peso y contenido de humedad del sustrato. De este modo se puede conocer de forma bastante aproximada el contenido de humedad del sustrato. Este sistema se puede utilizar en aquellos cultivos que están totalmente sustentados de la barra de cultivo, como por ejemplo tomate. Ya que el peso propio del cultivo no afecta a las medidas de peso de la bandeja.

El registro de peso se realiza de forma continua, durante las 24 horas del día. Este proporciona información sobre la variación del peso a lo largo del día y del contenido de humedad.

Este sistema genera gráficas que proporcionan diversa información acerca de la variación de la humedad; por ejemplo: cada pico representa un riego, sabemos que una variación de entre 3-4 kg de peso de la noche a la mañana es normal, pero si un día hay una variación de 5-6 kg, sabemos que la tabla está más seca de lo habitual, podemos ver como evolucionan los riegos a lo largo del día e intervenir dando más o menos riegos.

Otros sistemas de demanda

Otros métodos de automatización del riego, muy interesantes, aunque apenas se ha utilizado en el Sudeste Peninsular son:

Modelos de estimación de la transpiración. Consiste en medir a tiempo real los diferentes parámetros ambientales que influyen sobre dicho proceso y en integrarlos en un *software* adecuado, capaz de calcular la transpiración del cultivo. De esta forma, cuando se alcanza un cierto valor que previamente se habrá establecido como consigna, se activa el riego. Este sistema puede actuar con gran precisión pero requiere un alto nivel de investigación para ajustar el modelo a la zona concreta donde va a ser usado.

Otros métodos de automatización del riego tales como la medida del potencial matricial del sustrato, del flujo de savia o de las microvariaciones del diámetro del tallo también pueden emplearse en cultivos sin suelo, pero hasta el momento están menos extendidos que los sistemas anteriores.

Instalación en campo de las bandejas de demanda

A la hora de instalar las bandejas de demanda en la finca, es muy importante la elección de una ubicación adecuada, puesto que tiene que ser representativa de toda la zona que se regará cuando se active la bandeja.

Normalmente se instala una bandeja de demanda cada 5.000 m², siendo recomendable no superar los 10.000 m². En cualquier caso la superficie que controlará una bandeja dependerá de cada instalación particular.

Otro aspecto importante a contemplar es el número de bandejas a instalar. El número máximo recomendable es de 4 bandejas. Existen equipos en el mercado que son capaces de controlar mayor número de bandejas, no siendo recomendable un número mayor. En estos sistemas de demanda, es normal que se activen al mismo tiempo varias bandejas, por lo que algún sector siempre sufrirá retrasos en los tiempos de riego.

IMPORTANCIA DE LA LUZ EN LA PRODUCCIÓN DE PIMIENTO MORRÓN DEL TIPO *BLOCKY* BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS EN MÉXICO

Zvi Howard Wener¹

Introducción

Dentro de el mosaico de cultivos hortícola bajo condiciones protegidas tanto en malla como en invernadero, el cultivo de pimiento morrón tipo *Blocky* ha adquirido un importante desarrollo en la última década, llegando a tener hasta el año anterior un total de 1,300 hectáreas (ha), lo que ha llevado a buscar buenas alternativas de manejo, siendo una de las más importantes y discutidas el manejo de luz, entre otras.

Al inicio de la introducción de este material, los rendimientos oscilaban alrededor de las 30 toneladas por ha. Hoy en día, debido a la globalización de este mercado, los productores se han visto en la necesidad de encontrar los mejores manejos para poder estar al nivel de otros países productores de pimientos en el mundo como Israel, España y Canadá, entre otros, llegando hoy a encontrar cultivos con un promedio de hasta 80 toneladas por ha.

Es importante mencionar que el cultivo de pimiento morrón es por naturaleza altamente influenciado por el medio ambiente y los factores que lo rodean: temperatura, humedad relativa, cantidad de luz, entre otros, la cual está directamente relacionada con la producción y calidad de los frutos, amare de frutos, entre otros.

La calidad en la producción del pimiento

La demanda de los consumidores en el mercado es tan grande como diversificada; sin embargo, los principales parámetros a juzgar por el consumidor sería como primer punto la calidad, entendida de manera diferente, según cada zona o país donde éste se consume. Otro aspecto importante que es tomada en cuenta está enfocada a la forma del fruto, que puede ser lamuyo, *Blocky*, entre otras.

¹ Maestro en ciencias. Zeraim Gedera.

Las dimensiones también juegan un papel importante y están también determinadas por el tipo de consumidor y segmento al que esté enfocado cada productor, siendo casi como más aceptado un fruto de alrededor de 200 gramos. Otro aspecto importante es el sabor, además de la vida de anaquel, color, etcétera.

Podemos decir que todos estos parámetros anteriormente citados, juegan un papel destacado para la comercialización de este producto, lo cual ha llevado a los productores a recurrir a las técnicas más modernas de producción como es el uso de mallas e invernaderos, lo que implica el entendimiento de su manejo para poder obtener los mejores resultados de los factores antes mencionados.

La luz en condiciones protegidas

Uno de los factores, probablemente el de mayor importancia, es el tema de la luz, que será explicado a continuación, partiendo de algunos conceptos y términos básicos, los cuales nos permitirán entender y aprender su manejo y de esta manera obtener el resultado deseado.

Empezaremos por mencionar que para el manejo de la luz se requiere del uso de estructuras bajo condiciones protegidas, que pueden ser plastificadas (invernadero) o mediante el uso de mallas (malla sombras). Dichas estructuras pueden existir desde simple diseños hasta sofisticadas estructuras con movimientos mecánicos, cada tipo adaptado a la zona. Es importante mencionar algunas de las diferencias que ofrecen cada una de éstas. En invernaderos, la ventaja que ofrece es manejo de la luz, la protección contra heladas, lluvias e insectos. Mientras que en el caso de las mallas sombras, la más importante sería sólo manejo de la luz, ventilación y el control de insectos, pero con la diferencia de ser a un costo más bajo, aunque con rendimientos y calidades diferentes.

Entendemos por luminosidad, la emisión o abundancia de luz. Dentro del total de colores sólo los rayos incluidos en el rango de 0.39 a 0.76 micrómetros, son utilizados por la planta en sus procesos metabólicos y el resto no tiene influencia alguna.

La luminosidad es medida en diferentes unidades: la más comunes y utilizadas son los microeinstains, joules y watts. Existen diferentes aparatos de medición: el más conocido es el espectrofotómetro que indica la cantidad de luz recibida en determinada área y hora, El medio días es la hora más recomendable para la toma de valores. Este aparato auxilia en la toma de decisión acerca del manejo de calibres de mallas en los diferentes momentos críticos de desarrollo de una planta, así como para someter a la misma bajo cierto

estrés necesario, con la finalidad de cambiarle el mensaje de desarrollo vegetativo a generativo y obtener los amarres y por consiguiente los frutos en la época deseada.

En el caso de los pimientos, una práctica común entre algunos agricultores es extender una malla extra dentro de la estructura los primeros 35 o 40 días para aportar 35 y 40 % de sombra. De esta manera, construye una planta fuerte, teniendo como caso adverso que no existirá producción durante los primeros 70 días; sin embargo, garantiza una planta lo suficientemente vigorosa para producir gran cantidad de frutos el resto del ciclo del cultivo y lo más importante es que debido a la fortaleza que adquiere la planta le permite soportar fácilmente la carga de frutos y algunas condiciones adversas de estrés.

Es importante señalar que durante esta práctica se debe de ser muy cauteloso porque si no se retira la malla en su momento adecuado, la planta podría entender el mensaje de volverse solamente vegetativa y le tomaría tiempo volverse a convertir en generativa; además, es importante conocer el comportamiento de las diferentes variedades, ya que cada una de ellas puede tener diferente reacción al manejo de la luz.

Manejo de la luz

El rango óptimo para el desarrollo del cultivo de chile *bell pepper* es entre los 800 y los 1300 microeinsteins; sin embargo, en campo abierto bajo condiciones normales de luz, es decir, sin demasiada nubosidad los rangos en diferentes horas de día oscilan desde los 300 hasta los 2500 microeinsteins, siendo esto un factor que influye directamente el desarrollo de la planta,

En el caso de una pobre cantidad de Luz podríamos encontrar el aborto de flores y frutos, por lo consiguiente esto se traduciría en poco cuaje. Otro síntoma que reflejaría esta baja cantidad de luz es el alargamiento de los entrenudos. Esto significa menor fructificación,

El otro extremo, es decir un exceso de luz durante el desarrollo de las plantas, es el exceso amarre de flores y frutos, lo que inmediatamente ocasionaría un desbalance inmediato en la planta, ya que sería demasiado generativa, pero con una muy pobre polinización, además de una nula calidad en tamaño y forma, consecuencia de este exceso.

Una cantidad excesiva de luz significa baja humedad relativa dentro de nuestra estructura y, por lo tanto, una mayor temperatura, lo que inmediatamente se traduce en una demanda más continua de agua en la planta. Hay que recordar que un estrés por exceso hídrico se traduce en el desarrollo de ciertas enfermedades radiculares y en el fruto, como es el caso de la pudrición

apical; además, si se da una mayor cantidad de agua casi en la mayoría de los casos, es acompañada de nutrientes. Por lo tanto, habría un exceso de nutrientes y por consiguiente un crecimiento excesivo en algunos órganos de la planta como pistilos y estambres, los cuales, debido a un tamaño desequilibrado, ocasionaría una mala polinización o frutos partenocárpicos. Otro punto es el hecho que, debido a una demanda excesiva de agua pudiera darse algunos otros desórdenes fisiológicos como es el caso de *cracking*, entre otros.

La decisión de las medidas (mesh) es de vital importancia para el logro de objetivos como maduración, tamaño, color, precocidad y ventilación y lo es también conocer con claridad en qué momentos se debe de tomar la decisión de remover o poner malla. El mejor rango de sombra en estado reproductor sería entre el 22 y el 25 %, pudiéndonos auxiliar de diferentes medidas en mallas o simples labores de tipo cultural como la limpieza de la estructura; sin embargo, si esta labor no fuera suficiente, los diferentes calibres de mallas pueden llevarnos al propósito deseado; por ejemplo, la malla de 25 mesh proporciona de 20 a un 22 % de sombra. El caso de la malla de 50 mesh aporta de un 25 a 27 % de sombra. Cabe mencionar que estas condiciones de sombra es con una malla totalmente limpia.

Otro aspecto que tiene una influencia de una manera directa en la cantidad de luz es el deshoje y la cantidad plantas por hectárea, el cual es decidida por cada técnico, dependiendo de las condiciones de cada área y el que está directamente influenciada por temperaturas y condiciones de humedad relativas, siendo la densidad más común en el noroeste del país de alrededor de 33, 000 plantas por hectárea.

Conclusión

Como conclusión general, podemos resumir que el factor de la luminosidad afecta directamente de manera positiva o negativa el desarrollo del cultivo de pimiento morrón y es necesario el correcto manejo del cultivo, dependiendo de cada zona y estructuras con las que dispone cada productor.

Debemos recordar que por cada por ciento más de luz en la estructura donde se está produciendo el cultivo, se puede aumentar en un kg más de rendimiento por m² de área cultivada.

Es importante entender que las necesidades de luz variarán, dependiendo de las diversas variedades que existen en el mercado, siendo necesario conocer dichos requerimientos para poderle proporcionar lo requerido y poder cosechar en las fechas deseadas, mejores rendimientos, calidad y fecha de cosecha.

CONSEJO CONSULTIVO
ZONA NORTE
FUNDACIÓN PRODUCE
SINALOA, A.C.

Presidente

Ing. Hugo Gómez Arroyo

Vicepresidente

Ing. Roque Alan Castro Sánchez

Secretario

Ing. Rubén Leyva Sánchez

Secretario Técnico

M.C. Franklin Rodríguez Cota

Tesorero

C. Armando Gastélum Cota

Comisario

C. José Jaime Armenta Cervantes

Comisario

Ing. José Luis Mendoza Tisnado

Vocal

Ing. René Rosario Cota Llanes

Vocal

C. Rosario Soto Rubio

Vocal

MVZ. Anacleto López García Padilla

Gerente Operativo

Ing. Juan José Hernández González

OFICINAS:

Carretera México-Nogales Km 1609

Teléfono (01687) 896-16-70

Guasave, Sinaloa.

CONSEJO CONSULTIVO
ZONA CENTRO
FUNDACIÓN PRODUCE
SINALOA, A.C.

Presidente

Ing. Manuel Esteban Tarriba Urtusuástegui

Vicepresidente

Ing. Juan E. Habermann Gastélum

Secretario

Ing. Januario de los Ríos Núñez

Secretario Técnico

Dr. Jorge Luis Armenta Soto

Tesorero

Ing. Rigoberto Rivas Ayón

Comisario

Ing. José Luis Mendoza Tisnado

Comisario

C. Héctor Ayala López

Vocal

Ing. Joaquín Espinoza Bojórquez

Vocal

Lic. Carlos A. Medina Sánchez

Vocal

Ing. Ignacio León Ojeda

Vocal

Ing. Rafael Padilla Alfaro

Gerente Operativo

Ing. Jesús Alejandro Delgado Espinoza

OFICINAS:

Carretera Culiacán-Eldorado, Km 16.5

Teléfono (667) 846-10-41

Culiacán, Sinaloa, México

CONSEJO CONSULTIVO
ZONA SUR
FUNDACIÓN PRODUCE
SINALOA, A.C.

Presidente

Lic. Ignacio Jesús Quevedo Ochoa

Vicepresidente

Lic. Rafael Alfonso Ovalle Vázquez

Secretario

Ing. Gonzalo Calderón Flores

Secretario Técnico

M.C. Oscar Palacios Velarde

Tesorero

Lic. Bernardo Michel Sánchez

Comisarios

Ing. José Luis Mendoza Tisnado

Sr. Octaviano Grave Osuna

Vocal

C. Lauro Barrón López

Vocal

C. María Luisa Velásquez Hernández

Vocal

Dr. Rufino Prado Cortez

Vocal

C. Jesús Osuna Carrasco

Gerente Operativo

Ing. César Oscar Martínez Alvarado

OFICINAS:

Carretera a Chametla km 6.5

Teléfono: (01694) 955 01 79



FUNDACIÓN PRODUCE SINALOA, A.C.

Oficinas Centrales

Director General
MVZ. Juan Romero Esquerza

Gerente administrativa
C.P. Arleen López Senac

Coordinador de Seguimiento a Proyectos
Ing. Julio César Zamudio Loaiza

Coordinador del Programa Estatal
de Divulgación y Capacitación
Ing. Jaime B. Gálvez Rodríguez

Coordinador de informática
Lic. Ricardo G. Camacho González

OFICINAS

Gral. Juan Carrasco No. 787 norte,
Edificio CAADES. Segundo piso.
C.P. 80,000. Culiacán, Sinaloa.
Teléfonos y faxes: (01667) 712 02 17 y 712 02 46
Correos electrónicos:
direcciongenera@fps.org.mx
divulgacion@fps.org.mx

Diseño de portada e interiores:
L.C.C. Jesús Arturo Sánchez

Esta publicación se terminó de imprimir en la ciudad de
Culiacán, Sinaloa, México, el 24 de enero de 2006.
Su tiraje constó de 500 ejemplares.

**CONSEJO DIRECTIVO
DE FUNDACIÓN PRODUCE SINALOA, A.C.**

Presidente Honorario

Lic. Jesús Aguilar Padilla

Gobernador Constitucional del Estado de Sinaloa

Presidente Ejecutivo

Ing. Juan E. Habermann Gastélum

Presidente de la Fundación Produce Sinaloa, A.C.

Vicepresidente

Ing. Pablo Moreno Cota

Presidente del Comité Central Ejecutivo en la Liga de Comunidades Agrarias y Sindicatos de Campesinos del Estado de Sinaloa

Secretario

Ing. Ramón Osuna Quevedo

Presidente de la Asociación de Agricultores del Río Fuerte Sur

Secretario Técnico

Ing. Jorge Kondo López

Secretario de Agricultura, Ganadería y Pesca de Gobierno del Estado de Sinaloa

Secretario Técnico

M.V.Z. Enrique Sánchez Cruz

Delegado Estatal de SAGARPA

Tesorero

Lic. Walter Camacho Elenes

Secretario de Regularización Agraria de la Liga de Comunidades Agrarias y Sindicatos de Campesinos del Estado de Sinaloa

Comisario

Ing. Elías Mascareño McClonegly

Presidente de la Asociación de Agricultores del Río Mocorito

Comisario

C. Jorge Guillermo Félix Rodríguez

Presidente de la Unión Ganadera Regional de Sinaloa

Comisario

C. Justo Puerta Mariscal

Coordinador del Congreso Agrario Permanente

Vocal

Ing. Hugo Gómez Arroyo

Presidente del Consejo Consultivo Zona Norte de Fundación Produce Sinaloa, A.C.

Vocal

Ing. Manuel E. Tarriba Urtusuastegui

Presidente del Consejo Consultivo Zona Centro de Fundación Produce Sinaloa, A.C.

Vocal

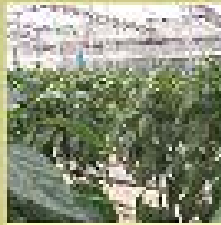
Lic. Ignacio Jesús Quevedo Ochoa

Presidente del Consejo Consultivo Zona Sur de Fundación Produce Sinaloa, A.C.

Vocal

Dr. Jorge Luis Armenta Soto

Director Estatal de Coordinación y Vinculación del INIFAP



Producción de hortalizas bajo invernadero

Oficinas centrales

Gral. Juan Carasco No. 787 norte, Culiacán, Sinaloa.
Teléfonos y faxes: (01 667) 712 02 16 y 712 02 46.
Correos electrónicos: direcciangeneral@fps.org.mx,
Divulgación@fps.org.mx

Consejo Consultivo Zona Norte

Car. Internacional México-Nogales km 1609
Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa
Teléfonos y faxes: (01 687) 896 16 70 y 896 19 33

Consejo Consultivo Zona Centro

Carretera Culiacán-Eldorado km 16.6
Teléfono (667) 846 10 41
Culiacán, Sinaloa, México

Consejo Consultivo Zona Sur

Carretera a Chamella km 6.5
Teléfono: (01 694) 955 01 79
Chamella, Rosario, Sinaloa