



PONENCIA

## **INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA MURCIANA**

**Antonio L. Alarcón Vera**

Dpto. Producción Agraria. Área Edafología y Química Agrícola. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica. Universidad Politécnica de Cartagena

### **¿Qué se entiende por tecnología?**

Todo el mundo identifica un teléfono móvil (por ejemplo) con tecnología, y sin embargo no se le ocurre pensar que un tomate pueda ser fruto de la tecnología. Es más socialmente está mal visto “un tomate tecnológico”, no se identifica con los parámetros de calidad actualmente aceptados.

Trataremos de ver cómo, en el caso de la agricultura murciana, detrás de muchos de sus productos agrícolas existe un sofisticado componente tecnológico, que permite unos sistemas productivos con todos sus procesos controlados, lo cual asegura optimización en el aprovechamiento de recursos, calidad de producto, seguridad del trabajador, respeto al medio, etc.

El avance tecnológico no está reñido con el respeto medioambiental, al contrario son líneas aliadas, y como tales deben ser entendidas.

### **Murcia como referencia a nivel mundial**

Tradicionalmente y por necesidad (“la necesidad agudiza el ingenio”) el agricultor murciano ha ido innovando y tecnificando sus sistemas de producción.

Esto ha llevado a Murcia a tener una agricultura espectacularmente competitiva, capaz de abrirse paso en los mercados más exigentes (EEUU, Japón, Alemania, países escandinavos...), incluso desbancando a productores tradicionalmente con más medios tecnológicos (Holanda).

Esta tecnificación e incorporación tecnológica se ha efectuado no sólo en grandes obras infraestructurales, como los sistemas de modernización y gestión automatizada e informatizada de los Regadíos de Mula o la actualmente en marcha en el regadío del Campo de Cartagena, que por otra parte son motivo de merecidos elogios y un modelo a imitar en muchas partes del mundo, o las grandes plantas desaladoras promovidas por Comunidades de Regantes.

También y de manera especial, el agricultor de a pie incorpora tecnologías de vanguardia para uso privado en sus explotaciones agrarias. Es en este aspecto en el que vamos a centrar el tema expuesto.

### **Tecnología agraria murciana**

Las empresas murcianas fabricantes de tecnología, guiadas por las necesidades de sus clientes (agricultores) se vieron en la obligación de aprender de la vanguardia tecnológica mundial y ADAPTARLA a nuestras condiciones.

Esto permitió en principio el aumento de producciones (cantidad), para después, y por necesidad de mercados, una calidad inmejorable. Entendiéndose el término calidad como el compendio de una serie de parámetros, que han ido variando a lo largo del tiempo y que son diferentes en función de mercados, productos, etc. En la actualidad el concepto calidad debe englobar entre otras cosas cualidades organolépticas, sanidad del producto, seguridad del trabajador que participa en su producción y respeto medioambiental en sus procesos productivos.

El Sureste peninsular se fue convirtiendo en el punto neurálgico de la I+D+I de todas las empresas relacionadas con tecnología y biotecnología agrícola. El motivo es claro, existen países con más tradición en tecnología aplicada a la agricultura (Holanda), pero el modelo español es más fácilmente exportable a todas aquellas zonas productoras de similares condiciones agroclimáticas, es decir, la mayor parte de las zonas productoras mundiales.

Los productos tecnológicos obtenidos aquí por cualquier empresa tienen un panorama de rentabilidad comercial mucho mayor que los obtenidos en otras zonas.

De esta forma comenzó a establecerse una competencia entre las empresas y personas vinculadas a la tecnología agrícola que ya venían trabajando aquí y otras que vienen de fuera.

Los fabricantes de tecnología agrícola vinculados desde años a la agricultura murciana tienen dos grandes ventajas:

1. La confianza del agricultor que es, mediante sus necesidades y muchísimas veces mediante su inventiva, el verdadero impulsor del desarrollo tecnológico (no olvidemos que a diferencia de otras zonas productoras, en Murcia sí existe una marcada tradición agrícola).
2. La experiencia acumulada durante años de mejora tecnológica para paliar los inconvenientes de nuestra agricultura (escasez de agua y de malísima calidad, suelos poco fértiles y difíciles de manejar, microclimas diversos, etc.).

En el Sureste español, el modo convencional de incorporación de tecnología a la agricultura, es decir, “copia y mejora”, pasa gradualmente a “visualización de detalles y adaptación” valiéndose de la grandísima experiencia acumulada junto a agricultores, sobre como cultivar en climas cálidos y con frecuencia en condiciones adversas de cultivo.

En los últimos años este modo de funcionar también va empezando a ser insuficiente, y va cobrando cada vez más relevancia la innovación, por encima de la incorporación o adaptación tecnológicas.

Es en este punto donde, como después veremos, las entidades de investigación públicas y privadas, juegan un papel fundamental, y se propicia un clima de colaboración entre las mismas, los productores y las empresas fabricantes de tecnología.

El problema asociado al manejo de la escasez y la mala calidad de nuestros recursos hídricos ha sido, sin lugar a dudas, el principal desencadenante del espectacular desarrollo tecnológico sufrido en la agricultura murciana en los últimos 25 años.

El regadío moderno exige una fuerte inversión en infraestructuras a acometer por parte del agricultor, generalmente con crédito externo, con plazos cortos de amortización, dado el rápido envejecimiento de las instalaciones, la competitividad del mercado y los numerosos factores de riesgo de la agricultura.

Lo planteado conduce a unos costes de amortización muy elevados en los primeros años de vida de las instalaciones, que obligan a adoptar sistemas tecnológicos complementarios que minimicen las pérdidas en la producción, que en determinados casos, podrían causar la quiebra de la inversión por la imposibilidad de costear los gastos anuales de amortización.

De esta forma, y de forma gradual, el Sureste español se convierte en el verdadero punto de referencia a nivel mundial, de las tecnologías aplicadas a cultivos de alto rendimiento en zonas de clima templado-cálido (por encima de países como Holanda, Israel o, por supuesto, EEUU).

Las empresas para poder competir en el mercado tan selecto que supone nuestra zona se ven obligadas a innovar y crecer técnica y tecnológicamente. Esto lleva a que este mercado ya es insuficiente para sostener la rentabilidad de muchas empresas, las cuales deben buscar mercados externos.

Mercados externos que son conquistados por nuestras empresas desbancando a proveedores como Israel, Holanda o EEUU, países que ya buscan y establecen alianzas con nuestras empresas de tecnología agrícola y utilizan el Sureste español como punto de operaciones.

Así, ya se conoce la existencia de “Tecnología Española” vs otras tecnología, en la cual las empresas murcianas representan un papel protagonista. Sirva como ejemplo, que las exportaciones de tecnología ligada al riego estuvo en torno a los 100 millones de € en el año 2001. No hay más que ver cualquiera de los países latinoamericanos que están implementando su tecnología agrícola (México, Chile, Colombia...), donde a nivel agrícola comentan que “los murcianos están reconquistando América”.

### **Tecnología en el agricultor murciano**

Abordaremos aquí, aquella tecnología que ya está plenamente implantada entre los productores, sin entrar a valorar aquellos sistemas de los que empieza a haber iniciativas a nivel agricultor y que aún están en la fase previa de desarrollo, puesta a punto o validación práctica por parte de diferentes investigadores.

### **Objetivos**

Los avances actuales en Tecnología para Cultivos de Alto Rendimiento buscan los objetivos siguientes:

- Obtención de altas producciones con rendimientos constantes y de elevada calidad de producto.
- Independencia de factores climáticos externos para poder adaptarse a las demandas de las grandes cadenas comerciales.
- Máximo aprovechamiento de los recursos (agua, nutrientes, energía, espacio, etc.).

- Control exhaustivo de todas las variables implicadas en los sistemas agrícolas, de modo que se pueda optimizar el proceso productivo desde un punto de vista agronómico y económico.
- Máximo respeto al medio ambiente como consecuencia del aprovechamiento de recursos y control de parámetros antes mencionados.
- Adaptación tecnológica a las características agroclimáticas y de mercado concretas de cada comarca agrícola, e incluso de cada productor, en cuanto a materiales, equipos e infraestructura (material vegetal, material de riego, estructuras de invernadero, plásticos, fertilizantes, etc.).

Estos avances se centran fundamentalmente en implementaciones tecnológicas en fertirrigación, hidroponía, invernaderos y control climático, automatización e integración de sistemas, etc.

### **Fertirrigación**

El término “fertirrigación” se define como aplicación simultánea y conjunta de agua de riego y fertilizantes. Evidentemente es un concepto diferente al de riego localizado, o al de riego por goteo (que no deja de ser un tipo más de localización del riego). Pero el hecho de que a nivel práctico la fertirrigación se aplique casi con exclusividad en sistemas de riego localizados, y que el riego por goteo sea el sistema de riego localizado más extendido, provoca, en la mayor parte de los ámbitos de conversación o publicaciones agrícolas, la utilización de un término u otro indistintamente, para referirnos a una misma técnica de producción agrícola intensiva.

En el contexto económico actual, el objetivo de las explotaciones agrícolas es la obtención del máximo rendimiento, incluyendo la búsqueda de sistemas de cultivo más racionales y eficaces que los tradicionales. Un adecuado manejo de estos sistemas incide en una plena disponibilidad para que las raíces puedan obtener el agua y los nutrientes esenciales para un óptimo crecimiento.

Además de la vertiente económica o productiva de los sistemas agrarios, actualmente cobra mucha importancia el valor medioambiental, es decir, el desarrollo tecnológico sostenible con el medio. De este modo, la práctica de la fertilización exige una aplicación racional de fertilizantes, preservando al medio de contaminaciones. En este sentido, la técnica de la fertirrigación que permite el fraccionamiento de los fertilizantes según las necesidades diarias de la planta, así como un máximo aprovechamiento de los recursos hídricos, adquiere una especial importancia.

El área de riego mundial abarca cerca de 250 millones de Ha, equivale al 18% de la tierra cultivada, y produce el 40% de los alimentos. Parece claro que la agricultura de regadío proveerá el alimento adicional que demanda el planeta en las próximas décadas. Ahora bien, el escenario que se presenta a nivel global es de una creciente escasez de agua, lo que ha llevado a que durante las dos últimas décadas el crecimiento explosivo del riego haya empezado a declinar.

Parece oportuno pensar, que ante el objetivo de aumentar la productividad del agua, la implantación y mejora de una técnica que, sólo en principio ya la triplica, sea una de las acciones prioritarias a acometer a nivel mundial. Siendo importante centrar esta incidencia, sobre todo, en la voluntad de que los pequeños agricultores tengan acceso al riego tecnificado.

España es el segundo país en superficie bajo fertirrigación (unas 450.000 Ha) y la Región de Murcia es la que muestra el mayor porcentaje respecto al total de tierras de regadío.

La Región de Murcia tiene unas 190.000 Ha de regadío, que a pesar de constituir poco más del 30% de la superficie cultivada, proporcionan alrededor del 93% de la producción agrícola total, debido en buena parte por elevada tecnificación de la superficie irrigada.

Se estima que unas 80.000 Ha de regadío en la Región de Murcia, carecen de infraestructuras de uso común adecuadas y no disponen de sistemas de riego de nueva tecnología. Otras 40.000 Ha, sí disponen de esas infraestructuras de uso común, pero aún carecen de sistemas de riego de tecnología avanzada. Las restantes 70.000 Ha ya disponen de una dotación infraestructural de riego modernizada, y funcionan mediante técnicas de fertirrigación. De esta manera, la superficie potencial máxima de dotación de riego tecnológicamente avanzado, con sistemas de fertirrigación, asciende a unas 110.000 Ha en la actualidad, de las cuales más del 60% ya están bajo fertirrigación.

Por ejemplo, la comarca agrícola del Campo de Cartagena es la que cuenta con mayor porcentaje de superficie fertirrigada, en torno al 75% de la superficie total de cultivo, lo que probablemente constituya el mayor nivel de implantación de fertirrigación en una comarca agrícola a nivel mundial. En el Campo de Cartagena las posibilidades de expansión en superficie fertirrigada están limitadas, lo que no quiere decir, que no esté en una continua expansión en cuanto a modernización y tecnificación de sus instalaciones, más que probablemente en esta comarca se esté dando el mayor crecimiento a cuanto a implementación tecnológica de toda Europa.

## **Materiales de riego**

En la Región de Murcia se venden más de 10.000 Km de tubería/cinta de riego por goteo mensuales, tanto de renovación como de nuevas instalaciones. En cultivos herbáceos (hortícolas) se instalan más 10.000 m de tubería por Ha, mientras que en frutales, cada árbol supone 5-6 m de tubería. Haciendo un cálculo se puede estimar que en la Región de Murcia existen en la actualidad más de 350.000 Km de tubería/cinta de riego por goteo instalada. Para hacernos una idea de esta cantidad, podríamos con ella dar 9 veces la vuelta al mundo o prácticamente llegar con ella de la Tierra a la Luna.

Las demandas actuales por parte del usuario marca los diseños y los volúmenes de fabricación de redes de riego y emisores empleados. Existe una amplísima oferta de mangueras y emisores que permiten adaptarse a la demanda de cada usuario, en la actualidad existe una tendencia hacia emisores integrados en la manguera (con el caudal y a la distancia que se necesite) imponiéndose las mangueras de menor espesor (cintas de riego, con una duración media de 2 años) en los cultivos hortícolas y mangueras de mayor espesor (con una duración media de 10 años) en cítricos y frutales. También tienen una gran utilización los emisores pinchados (sobre todo en plantaciones arbóreas donde hay que ir suplementando emisores con el crecimiento del árbol y en cultivos hidropónicos, donde se utiliza un microtubo terminado en una piqueta unido al emisor, para situar el punto de descarga en el lugar exacto que se desee).

Existe en la actualidad una amplísima gama de diseño de emisores capaces de hacer frente a las peculiaridades de cada situación de cultivo, bien es cierto que existe una cada vez más importante utilización de emisores tecnológicamente más avanzados, autocompensantes (mantienen el mismo caudal de descarga aunque varíe la presión) y antidrenantes (no se vacía la tubería tras la finalización del riego), y siempre con un grado de uniformidad en la fabricación altísimo, todo ello motivado por fuertes demandas concretas como son hidroponía, superficies con fuerte desnivel, etc.

También mencionar los carros de riego automatizados, que se instalan en semilleros y se programan para fertirrigar de manera independiente a determinado número de bandejas.

Merece una especial mención el riego subterráneo o enterrado, está previsto un aumento espectacular de las superficies bajo fertirrigación con mangueras y emisores enterradas. Debido a ventajas como mayor eficiencia hídrica dada la limitación de la evaporación, mejor control de malas hierbas, disminución drástica de roturas fortuitas y vandalismo, etc., grandes

superficies de olivo, viña, horticolas y, por supuesto, jardinería, verán enterradas sus mangueras o cintas.

### Filtrado

La fertirrigación exige un eficaz cabezal de filtrado del agua de riego que prevenga los efectos perjudiciales de las partículas sólidas en suspensión, orgánicas o minerales, que de no ser eliminadas obstruirían los emisores y tuberías, incluso podrían dañar o alterar el funcionamiento de otros elementos de la instalación con elementos móviles. En la actualidad existe una tendencia a instalar, en la medida de lo posible, filtros de malla y, sobre todo, de discos, en sustitución de los voluminosos filtros de arena.

Este tipo de filtros con una mayor sofisticación tecnológica, con diseños cada vez innovadores que surgen continuamente, se presta más fácilmente a un proceso automatizado de limpieza, bien programado de forma horaria, por una señal remota, cuando pase un determinado volumen de agua o bien ejecutado cuando la suciedad de los filtros genera una determinada diferencia de presión entre la entrada y la salida.

### Equipos automáticos de fertirrigación

La evolución tecnológica asociada al concepto de fertirrigación va encaminada al diseño y fabricación de sistemas, materiales, automatismos, sensores y otros elementos, que permiten sacarle el máximo rendimiento y que aseguren la fiabilidad y eficacia del sistema.

La uniformidad en el riego lograda en este tipo de técnicas, junto a la posibilidad de llevar a cabo otro tipo de labores como aplicación de fitosanitarios y otros productos químicos (quimigación) o las marcadas ventajas de índole fisiológico que posibilitan un rendimiento económico más ventajoso del cultivo, han supuesto la proliferación en el mercado de los nuevos equipos de fertirrigación, que automatizan y controlan todos los procesos relativos a las redes de riego y al proceso de dosificación de fertilizantes.

Estos equipos automáticos de fertirrigación constan de una serie de elementos de regulación y manejo que, intercalados o no en la red de riego, aseguran un control racional y exhaustivo de los procesos de riego y fertilización. Las posibilidades de manejo adaptables a las necesidades del usuario de los modernos equipos de fertirrigación son enormes.

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/sustrato, cultivo o ambiente. Además el controlador de riego suministra 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 nutriente aplicada (CE, pH, temperatura, etc.), caudales, incidencias, alarmas, averías, etc.

Esto permite un elevado grado de precisión en la dosificación del agua y los fertilizantes, ajustando en todo momento los aportes a la demanda del cultivo, lo que se traduce en una optimización en el uso de los recursos, minimizando los aportes en exceso y manteniendo unas óptimas condiciones para el desarrollo productivo de la plantación.

El mercado ofrece una enorme cantidad de controladores de fertirriego, 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. Así por ejemplo ya existen equipos capaces de funcionar con fertilizantes líquidos concentrados, mediante la estimación de su densidad y viscosidad, si así lo requiere el usuario.

Todos los equipos de fertirrigación tienen salidas de alarmas para valores programables de presión, pH y conductividad, máximos y mínimos, que detienen el aporte de fertilizantes, la adición de ácidos o el suministro de agua, al alcanzar los valores predeterminados. El siguiente paso que se está acometiendo en la actualidad con cierta asiduidad, es la instalación de centralitas que, mediante avisadores telefónicos o el envío de mensajes cortos a un móvil, permiten al usuario conocer a tiempo real que una alarma ha saltado, y de esta forma poder resolver el problema de forma inmediata.

Además de las debidas protecciones hidráulicas y eléctricas ya asumidas por todos las instalaciones de fertirrigación, de cara a una mayor seguridad en el sistema, se está optando en algunas instalaciones grandes por la instalación de una doble o triple sonda (de pH o conductividad) que garantice la seguridad del sistema, incluso de la misma forma que en determinados procesos industriales, se recurre a un sistema supervisor, es decir, un segundo equipo que controla la actuación del primero. El coste del segundo equipo es perfectamente asumible para instalaciones de cierta envergadura, y sí permite una plena seguridad en el proceso de fertirrigación de la instalación.

Otra cuestión de cara a la prevención de averías eléctricas, además del reconocimiento pleno de fallos eléctricos que quedan registrados por los equipos, es la instalación que se está acometiendo y ya implantada de forma general, de equipos con supervisores de alimentación que detectan las caídas inminentes de tensión y llevan al equipo a un nivel de reposo con parámetros perfectamente definidos, que evitan daños irreversibles del sistema y paralizaciones graves en el proceso de fertirrigación.

### **Riego por demanda**

Todos estos equipos de fertirrigación automáticos, contemplan la posibilidad de ejecutar el riego según dosis (por tiempo o por volumen) o según frecuencia (por horario programado o por demanda del cultivo).

El riego por demanda actúa de acuerdo a los procesos evapotranspirativos que sufre el cultivo, siempre y cuando esté bien planteado el proceso de riego y fertilización, presenta la gran ventaja de que los riegos se efectúan cuando las necesidades fisiológicas del cultivo así lo requieren, con lo que se asegura un óptimo estado de nutrición hídrica y mineral del cultivo, uniforme a lo largo del tiempo y en cierta medida, independiente de factores microclimáticos, a la vez que se ahorra agua y fertilizantes. Dentro del riego por demanda encontramos distintos sensores o controladores conectados al equipo automático de fertirrigación que gobiernan el riego. Los de uso más generalizado entre los agricultores son: sondas de radiación, bandejas de lixiviación (sencillas con un controlador de nivel o implementadas con contador de drenaje y sonda de radiación), evaporímetros, balanza-lisímetro, tensiómetros, enviroscan, otros sensores que estiman el estado hídrico del suelo/sustrato, etc.

Un paso innovador relacionado con este aspecto, es la entrada en el mercado de equipos que efectúan una fertilización a la demanda, es decir, equipados con diferentes electrodos selectivos para medir iones (nutritivos o fitotóxicos) de manera continua y automatizados, para ir ajustando los aportes fertilizantes en función de la demanda instantánea del cultivo.

### **Desalación**

En la actualidad se desalan en España unos 800.000 m<sup>3</sup>/día, y se estima que la agricultura es el destino del 30% de total de agua desalada, con una aportación significativa de unos 80 Hm<sup>3</sup>/año, lo que supone unas 8.500 Ha regadas con agua desalada. Si separamos la desalación de aguas salobres de la de agua de mar, podemos comprobar como las diferencias son tremendamente significativas. En el caso de la desalación de agua salobre, alrededor del 50% del volumen generado se destina a agricultura, mientras que en el caso de agua de mar,

en la actualidad no llega al 1% el volumen destinado a fines agrícolas, aunque se prevé un importante incremento de este valor en un futuro inmediato, ya que están previstas plantas desaladoras de agua de mar de grandes dimensiones mediante ósmosis inversa, en diferentes lugares, y que dan caudales hasta hace unos pocos años sólo pensables para sistemas evaporativos.

La desalación con fines agrícolas viene utilizándose desde hace 10-15 años, aunque es en los últimos 5-6 cuando se produce el gran crecimiento, tanto en número como en capacidad de las instalaciones.

Hay que tener en cuenta que la mayor parte de las instalaciones de desalación de uso agrícola son de pequeña capacidad (200-1000 m<sup>3</sup>/día), por lo que el número de ellas es bastante elevado, y existen muchos agricultores ya familiarizados con la desalación de aguas. Si bien es cierto que hace unos años predominaban las instalaciones con capacidad inferior a 500 m<sup>3</sup>/día, y en la actualidad se construyen plantas con una media superior a esta cifra. Tanto los agricultores como los instaladores, han puesto a punto la técnica de desalación por ósmosis inversa en nuestras condiciones, y ya se contempla como una alternativa viable para garantizar y asegurar la rentabilidad de sus cultivos.

En la Región de Murcia se pueden contar por cientos las instalaciones de desalación de aguas salobres subterráneas, con un potencial productivo de unos 150.000 m<sup>3</sup>/día, o sea, 40 Hm<sup>3</sup> anuales. La mayoría de estas plantas se han construido con la finalidad de salvar de la sequía cultivos leñosos, fundamentalmente cítricos, es decir, para otorgar el criterio de seguridad al agricultor, pero no como única dotación hídrica del cultivo.

La importante expansión de la desalación para uso agrícola en nuestra región, no se ha producido sólo por la existencia de unos recursos de escasa calidad, sino también por la existencia de una agricultura muy especializada, capaz de obtener altos ingresos por sus productos, esencialmente por aquellos destinados a exportación y producidos fuera de temporada, y como recurso tecnológico válido para asegurar la no desaparición de los cultivos ante situaciones críticas de abastecimiento hídrico.

### **Invernaderos y control climático**

La horticultura de precisión en invernadero de alta tecnología y totalmente automatizado es ya una realidad entre los agricultores murcianos. En Murcia existen unas 5500 Ha de

invernaderos, pero al contrario que otras zonas españolas de cultivo bajo invernadero, en los últimos años un 60-70% de los invernaderos construidos (sobre todo en la comarca agrícola del Campo de Cartagena) son estructuras de última generación, tipo multitúnel, y preparadas para cultivar con un elevado nivel tecnológico (control climático, hidroponía, automatización integral de sistemas, control en estaciones remotas, automatización de labores culturales, pleno rendimiento de lucha biológica, adecuado control de plagas con mínimo impacto, etc.).

Por medio de la integración de sensores que miden temperaturas, porcentajes de humedad, radiación solar, fuerza y dirección del viento, de redes informáticas y de nuevas técnicas avanzadas de control, junto a técnicas agronómicas como la modelización de procesos físicos y fisiológicos (clima del invernadero, absorción de agua y fertilizantes por las plantas), se consiguen grados de control nunca sospechados, que permiten al horticultor afrontar en mejores condiciones la competencia creciente y las exigencias de calidad del mercado.

El control del clima del invernadero se hace a través del manejo integrado de sistemas de:

- **Calefacción:** Mediante aerotermos y circuitos de calefacción de agua caliente. Estos últimos bien a través de tuberías plásticas para calefactar ambiente o sustratos o por conducciones de acero, que pueden a su vez utilizarse como raíles para vehículos automáticos para realización de labores culturales del cultivo o facilitar las labores de tratamiento o recolección.
- **Ventilación:** Se establecen importantes mejoras en los diseños de las ventanas de invernaderos, extractores y removedores de aire, unidos a complejos sistemas informáticos para regular y optimizar su ventilación, de cara a conseguir unos niveles óptimos de temperatura y humedad, evitando roturas por exceso de viento, abriéndose una u otra ventana en función de la dirección del mismo, etc. No olvidemos que en nuestras condiciones, es más dificultoso técnicamente el enfriamiento del ambiente en situaciones de calor, que su calentamiento en épocas frías.
- **Humidificación:** Diferentes sistemas diseñados para refrigerar el ambiente como nebulización (fog system), paneles evaporativos (cooling system), unidades humidificadoras con ventiladores centrífugos incorporados (tipo higrofán), etc.
- **Pantallas:** Tanto de sombreo que se activan en función de parámetros preestablecidos de radiación incidente y/o temperatura, y de ahorro energético, para evitar que en noches frías se escape en forma de radiación IR de onda larga el calor acumulado en

los elementos sólidos del invernadero, lo que contribuye de manera determinante al ahorro en combustible de calefacción o que es capaz de mantener diferencias de 5-7°C respecto al exterior en invernaderos con ausencia de sistema de calefacción. También cabe mencionar las pantallas de fotoperíodo utilizadas en cultivos de flor.

- Suministro de CO<sub>2</sub>: Aportes de CO<sub>2</sub> para inducir un mayor rendimiento fotosintético, y controlado mediante sensores de medida en continuo del CO<sub>2</sub> en el ambiente, y en relación con el resto de parámetros climáticos.

Mencionar también las redes de tratamiento instaladas en invernadero, que permiten la aplicación automatizada de fitosanitarios, con el invernadero cerrado y sin presencia de personal dentro, programándolas a la hora más conveniente para el cultivo. También comentar la presencia de robots que ejecutan de forma programada este tipo de aplicaciones.

Asimismo se pretende integrar el control climático con el ajuste del suministro del agua y los fertilizantes a las plantas, todo ello en tiempo real, es decir, de modo instantáneo.

Se establecen criterios a través de modelos matemáticos, que pueden representar y predecir las necesidades de las plantas y decirle al sistema de control como deben actuar los equipos del invernadero en cada momento. Instalando algoritmos derivados de estos modelos en el sistema de control, es posible que las decisiones más convenientes se tomen de modo automático en cada instante. Asimismo al sistema de control se le debe proporcionar información para evitar fallos, es decir, que si detecta desviaciones de las condiciones de cultivo que puedan ser peligrosas para las plantas, envíe avisos a la pantalla del ordenador y ponga en marcha alarmas de advertencia del peligro.

El sistema se desarrollan para ser conectados a Internet, de tal modo que es posible saber lo que ocurre en el invernadero desde cualquier ordenador aunque esté situado en la otra parte del mundo y además es posible tomar decisiones y dar órdenes a distancia, que se ejecutan de modo inmediato.

En la actualidad se está produciendo una auténtica revolución en el control climático y automatización integral de sistemas en invernaderos bajo clima templado-cálido.

La mayor parte de los invernaderos a nivel mundial son rudimentarios y con escaso control de su ambiente. Los países de climas fríos (Holanda a la cabeza) han ido desarrollando una serie de sistemas que permitan un control climático exhaustivo de sus invernaderos, sin los cuales el cultivo sería inviable. El control ambiental de estas estructuras pasan por estructuras robustas y

altas, cubiertas de cristal, calefacción (por agua o aire), humidificación-refrigeración (extractores, cool-system, fog-system), pantallas de sombreado y de ahorro energético, aporte de CO<sub>2</sub>, iluminación artificial, etc.

En la actualidad esta tecnología está siendo adaptada y aplicada a países de clima más benigno, permitiendo elevadas producciones de productos de alta calidad. En este tipo de adaptación las empresas y productores españoles están desarrollando un importante papel.

En la actualidad ya existen sistemas de automatización integral, que involucran el control ambiental del invernadero, junto al riego y la nutrición del cultivo, transformándose los sistemas agrarios en auténticas factorías de producción.

También en este punto, merece la pena citar la elevada tecnología existente en el tema de plásticos utilizados como cubiertas de invernadero. En la actualidad existen infinidad de combinaciones de materiales y aditivos que proporcionan la posibilidad de prácticamente tener un plástico a medida de las necesidades de cada usuario. De esta forma existen, con muchos grados de intensidad y de complementariedad, plásticos térmicos, antigoteo para evitar condensaciones interiores, antiadherentes ante partículas de polvo, de larga duración, fotoselectivos (para aprovechar mejor la luz fotosintéticamente más activa o/y como medida de control de plagas y enfermedades), que generan difusión de la luz en el interior, limitantes del calor interior, etc.

### **Cultivos sin suelo (hidroponía)**

La implantación y progresivo crecimiento de la superficie bajo hidroponía es un hecho plenamente constatable y justificado en base a las ventajas que proporciona.

Se viene produciendo una sustitución gradual del cultivo tradicional en el suelo por el cultivo hidropónico y en sustratos. Las principales razones de esta sustitución, son la existencia de factores limitantes en el suelo natural, particularmente salinización, enfermedades y agotamiento de los suelos agrícolas; los demostrados incrementos en la producción, calidad y precocidad de las cosechas y la mejor eficiencia energética referida a peso de cosecha.

Incluso en la Región de Murcia, se ofrece como una alternativa válida, y con un importante componente tecnológico que genera otras serie de ventajas, ante la inminente prohibición del Bromuro de Metilo como desinfectante de suelos.

En España actualmente existen unas 4000 Ha en cultivo sin suelo, y la tendencia es a seguir aumentando en base a las ventajas antes mencionadas. A nivel mundial es difícil establecer la superficie bajo cultivo sin suelo, ya que no existen datos al respecto, aunque ésta puede situarse en torno a 20.000 Ha, y en la actualidad se encuentra en un crecimiento progresivo de forma paralela a la tecnificación de los sistemas de cultivo.

Comercialmente la práctica totalidad de los sistemas de cultivo hidropónico en regiones templadas son protegidos para posibilitar un control de temperaturas, reducir las pérdidas de agua por evaporación, minimizar los ataques de plagas y proteger a los cultivos contra las inclemencias del tiempo como la lluvia, el granizo o el viento.

La elevada tecnificación que exige la implantación de técnicas hidropónicas implica una inversión económica considerable, para que exista rentabilidad, los cultivos deben mantener una producción, calidad y precio de mercado elevados. Frecuentemente la demostrada mejora de productividad y calidad de las cosechas bajo cultivo hidropónico frente al tradicional cultivo en suelo, no justifican las costosas instalaciones necesarias para esta técnica a no ser que los precios de mercado sean altos, esto ocurre con la producción de hortalizas extratempranas.

El cultivo sin suelo o hidropónico supone el sistema más sofisticado de desarrollo del cultivo, de esta forma una inversión elevada en tecnología de infraestructuras (equipos, invernaderos, etc.), conlleva en la mayor parte de los casos, la adopción de este tipo de técnicas, para de esta forma obtener el máximo rendimiento del dinero invertido. Se estima que en España el cultivo en sustrato alcanza un TIR (Tasa Interna de Rendimiento) del 40%, muy por encima de los valores ofrecidos por otro tipo de sistemas de cultivo.

Los sustratos más empleados en España son perlita y lana de roca (aproximadamente en la misma proporción). Sigue existiendo una elevada superficie sobre arena (sobre todo en la zona de Mazarrón), aunque este sustrato está en recesión. En los últimos años se está introduciendo la fibra de coco como sustrato alternativo al suelo, siendo acogido con éxito entre los agricultores y estando actualmente en un período de franca expansión.

En la actualidad y un futuro inmediato se promueve la minimización de impactos ambientales la utilización como sustratos de subproductos de la zona tales como: cortezas, serrines, corcho, cascarilla de arroz, orujo, biomasa forestal, algas, residuos de la construcción y la industria, estériles de carbón, escorias, cenizas, residuos sólidos urbanos, etc.

En la actualidad existe una fuerte conciencia hacia el establecimiento de sistemas recirculantes por motivos medioambientalistas. Alrededor del 90% de los sistemas hidropónicos a nivel mundial son sistemas abiertos en los que los drenajes no se reaprovechan, fundamentalmente por lo difícil que es el control nutricional del cultivo en sistemas cerrados, sobre todo con aguas de escasa calidad como las nuestras, donde son inviables los sistemas recirculantes.

En España, la gran mayoría de los cultivos sin suelo son sistemas abiertos, bien es cierto que en los últimos años, y debido a iniciativas de productores particulares fundamentalmente murcianos, están empezando a instalarse una considerable superficie bajo sistemas de cultivo con recirculación de la solución fertilizante.

Los lixiviados de los cultivos hidropónicos presentan dos ventajas respecto a los de los cultivos tradicionales: (1) suponen un menor impacto ambiental ya que los aportes de agua y fertilizantes están sometidos a un estricto control evitando así excesos innecesarios y (2) pueden ser recogidos y reaprovechados (en su caso) con una infraestructura más o menos sencilla.

*1.1 Cada día se impone más la recogida y reutilización de lixiviados por: (1) la escasez de recursos hídricos, (2) sistema cerrado de fertilizantes y otros productos de quimigación sin contacto directo con el medio externo (3) evitar contaminación de acuíferos sobre todo por nitratos, fosfatos y plaguicidas y (4) normativas que son ya de obligado cumplimiento en países como Holanda o Bélgica y que lo serán en España en un futuro próximo.*

*1.2 Desarrollo de la telegestión, automatización integral de sistemas*

La telegestión permite una comunicación puntual para conocer el estado de las instalaciones en un momento dado y actuar sobre el mismo. En realidad, todos los equipos integrales de fertirrigación (con presencia de ordenador, lo que supone sobre el 15% de la superficie fertirrigada en la Región de Murcia), actúan bajo telegestión, es decir, permiten la transferencia de datos entre dos o más dispositivos. Dicho de otra forma, los controladores, mediante sensores y actuadores controlan el proceso, y el resto de funciones pasa al ordenador que puede a su vez telegestionar numerosos equipos/controladores de diferentes fincas, independientemente de que un controlador esté a 1 metro o a 10.000 Km de distancia.

La tendencia actual es ir a los llamados sensores y actuadores inteligentes, teniendo en cuenta que en todas estas cuestiones se va a rebufo de la industria, por lo que la viabilidad desde el

punto de vista técnico está más que demostrada, simplemente se trata de trabajar en su adaptación tecnológica y económica al campo agrícola.

De este modo, la telegestión en sí ya funciona y está plenamente implantada, otra cuestión es la adaptación de la misma a las características propias de cada instalación de fertirrigación.

La telegestión o control remoto puede establecerse de diferentes formas. Una de ellas serían las líneas analógicas o telefónicas, que son la opción más fácil de conexión a una estación remota, si bien no la más fiable y presenta una baja velocidad de transmisión de datos. Se establece a través de módem, y suele limitarse al envío de señales de alarma y descarga diaria de datos programada a una determinada hora del día.

Otra vía sería a través de telefonía móvil (GSM), de implantación fácil y operativa, dada la aceptación de los móviles como herramienta de trabajo. Se suele emplear para mensajes cortos o avisos de anomalías.

Otra posibilidad sería la comunicación inalámbrica (radiofrecuencia), establecida mediante un módem que se encarga de enviar datos convertidos en ondas de radio a través de un canal y ancho de banda determinado.

Una cuarta vía de comunicación que ya está implantándose, sería mediante internet, es decir, líneas RDSI, que permiten la transmisión de voz, datos y sonido de forma integrada en una sola línea. Presentan una mayor rapidez, capacidad y fiabilidad en la transmisión de datos, por lo que son ideales para trabajar *on line*, es decir, en modo continuo y permanente. Sus únicos inconvenientes son la necesidad de un proveedor de internet y un punto de teléfono, aunque a la larga se impondrá, sobre todo para grandes distancias.

Evidentemente, otra posibilidad obvia sería la comunicación alámbrica (mediante cableado). La viabilidad, atendiendo exclusivamente a temas económicos, para tirar o no cableado, puede establecerse en una distancia aproximada de 1 Km.

La elección o viabilidad de un tipo u otro de telegestión depende de la distancia y de las características de la finca. Así para distancias cortas la comunicación alámbrica (cableado) sigue y seguirá siendo la que prevalezca por motivos de costo y por fiabilidad en la comunicación. Si la distancia es corta pero existen barreras que impiden o dificultan el cableado (por ejemplo una carretera en medio), es interesante la telegestión inalámbrica por radiofrecuencia.

Para las distancias largas en la actualidad la actuación vía módem, es lo más usual y depurado actualmente, aunque la utilización de telefonía móvil y de internet, sufrirán un incremento muy acentuado en un futuro próximo.

El trabajo sin cableado (radiofrecuencia) tiene una gran aplicación en el presente y futuro inmediato, en lo que atañe a las Comunidades de Regantes:

- En las mismas existen grandes distancias, con lo que el cableado es muy costoso.
- La información suele ser muy sencilla, muchas veces simplemente apertura y cierre de válvulas, con lo que se minimiza la posibilidad de fallos de emisión. Hay que tener en cuenta que se trabaja en un ancho de banda limitado, con lo que no puede hacerse frente a una gran cantidad de información.
- La envergadura del proyecto y el gran número de usuarios justifica plenamente la elaboración y presentación del correspondiente boletín y proyecto de telecomunicaciones, desde el punto de vista económico y de tramitación del proyecto.

### **La innovación en la tecnología agrícola**

No faltan ejemplos de empresas excelentes, que después de una serie de años funcionando a buen nivel, dejan de ser tan excelentes, quizá este hecho venga determinado por la falta de innovación.

El éxito de una empresa hace que los que toman las decisiones eviten muchas veces los riesgos, y recordemos que es prácticamente imposible calcular el valor de la innovación, tanto para la propia empresa como en su competitividad. La innovación no debe parar nunca, se trata de “renovarse o morir”.

Merece la pena diferenciar entre un “boom” novedoso e innovación, que es un proceso continuado y consistente, y que involucra no sólo a grandes cambios tecnológicos, si no también a cambios de al menos el 30% de las características de un producto. En esta renovación de procesos y productos, muchas veces cobra una importante relevancia, la aplicación de una innovación de otra especialidad.

En toda esta dinámica, es muy importante la velocidad de penetración de la innovación, sirva como ejemplo, que el teléfono fijo necesitó unos 100 años para ser un elemento imprescindible en nuestras vidas, mientras que el teléfono móvil tan solo ha necesitado unos meses.

En un mercado tan dinámico, la diferenciación de productos es la única posibilidad que queda, siendo imprescindible darle al consumidor no ya lo que desea, si no lo que realmente necesita. Esta necesidad puede estar presente de forma latente, y depende de la pericia, conocimientos y entendimiento del sector interesado, el dirigirse por el camino acertado. Todo ello asumiendo un importante grado de riesgo (sobre todo financiero), no olvidemos que las estimaciones pueden hablar de que se necesitan 65 ideas para lanzar al mercado 1 nuevo producto, y que después tan sólo 1 de cada 10 nuevas introducciones es un éxito.

En todo este panorama, hay que tener claro que el innovar no se hace solo, la colaboración de todos los eslabones de la cadena es esencial, lo que hace un eslabón de la cadena debe poder ser aplicado por el siguiente, y encajar en su filosofía y estrategia. Llegados a este punto la innovación es necesaria, y tal y como esbozábamos al comienzo de la presentación, juegan un papel fundamental los centros de investigación y experimentación. En la región de Murcia, ya se empiezan a ver los frutos de estas colaboraciones entre productores, empresas e investigadores, hasta hace poco tiempo, con escasa interrelación entre ellos. De esta forma diferentes entidades en la Región, al margen de las propias e importantes actuaciones del sector productor, están en la actualidad propiciando esta innovación tecnológica en el sector de la agricultura intensiva:

- Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente: a través de CIDA (próximamente IMIDA), las OCAS, las ECAS, el SIAM...
- CEBAS.
- Universidades de la Región: UMU, UPCT (especialmente a través de la ETSIA, única Escuela de Agrónomos de la Región, con personal dinámico en este tipo de actuaciones).
- Universidades próximas: UA, Universidad Miguel Hernández.
- Centros de Investigación y Experimentación privados: CIFACITA, Centros de multinacionales de semillas (Syngenta Seeds, Seminis, Rick, Zwan).
- Centros Tecnológicos: Centro Tecnológico del Metal.

Concluir diciendo que el sector de la producción agrícola murciana, se ha caracterizado y sigue haciéndolo por ser tremendamente dinámico, innovador, tecnológicamente muy avanzado y, como consecuencia de todo esto, muy competitivo. Y en la actualidad, ya está logrando que productores, fabricantes de tecnología e investigadores, trabajen en colaboración por el objetivo de que esto siga siendo así.