

# El proceso de producción y las oportunidades de innovación tecnológica en la horticultura sinaloense de exportación

Ramon Martinez Huerta\*

---

## I. El proceso de producción de hortalizas

La producción de hortalizas recorre diferentes etapas que van, desde la planeación de la temporada, preparación del terreno, hasta el transporte y la distribución del producto en el mercado norteamericano; en el mercado nacional o en los mercados nacionales o locales. En cada una de ellas son numerosas las posibilidades de introducir innovaciones al proceso productivo de hortalizas. Una descripción muy breve de las principales etapas en la producción de hortalizas se presenta en los cuadros 1 y 1.a.

En cada etapa del proceso de producción existe la posibilidad de introducir o desarrollar innovaciones que aumenten la productividad de los recursos empleados y fortalezcan la competitividad del sector.

Del conjunto de innovaciones posibles vinculadas a cada una de las etapas del proceso de producción de hortalizas, interesa llamar la atención sobre dos de ellas. Una relacionada con las actividades de preparación del terreno y cuidados de la tierra, la otra tiene que ver con la producción de plantas, en particular con el uso de variedades de semillas especialmente diseñadas para obtener altos rendimientos en cantidad y calidad del producto de exportación.

En ambas tecnologías convergen distintas disciplinas que hacen posible obtener resultados eficientes, por encima de los promedios registrados hasta antes de mediados de la década de los años ochenta en el siglo XX. Estas tecnologías han experimentado un rápido proceso de difusión en la región que ha estado acompañado de transformaciones en la estructura organizativa de las empresas en el perfil de los servicios y productos que se ofrecen al sector hortícola de la región y en las habilidades y conocimientos de los recursos humanos empleados en los diferentes niveles de operación de las empresas hortícolas en el Estado de Sinaloa en el Noroeste de México.

\* Socio fundador de una empresa de consultoría especializado en comercio exterior, estrategias de negocios y análisis de mercados. Forma parte del equipo de investigación Red de Investigadores Sobre Cuencas del Norte (CIESAS-NORESTE).

**Cuadro 1**  
**Proceso de producción de hortalizas**

<i>Etapas del proceso productivo</i>	<i>Descripción</i>
Planeación de la temporada	En esta etapa se evalúan las posibilidades del mercado, las condiciones del mercado productor extranjero y del mercado productor nacional, para efectos de tomar decisiones en materia de superficie a sembrar, insumos a utilizar y necesidades de recursos financieros
Preparación de la tierra	Análisis de suelo y estudios de nivelación del terreno
Producción de planta	Producción de planta en invernadero utilizando vermiculita, sistema de riego por aspersión, instalaciones de ambiente controlado, semillas híbridas para propósitos específicos
Transplante	Traslado de la planta del invernadero a cielo abierto, esta actividad puede hacerse mediante mecanización o trabajo manual
Colocación de estacón e hilo	Colocación del estacón para que la planta suba por éste y pueda aprovecharse una mayor superficie de terreno sembrado. Se utiliza originalmente vara blanca, en la actualidad se está utilizando estacón de plástico o varas de bambú.
Cuidados de la tierra	Control de plagas mediante el uso de agroquímicos o mediante el uso de plaguicidas biológicos  Nutrición de la planta utilizando riego por goteo. En el riego por goteo se incorporan los nutrientes que la planta necesita durante su desarrollo.  Uso de cubiertas flotantes, malla sombra y acolchados plásticos que sirven para el control de plagas y enfermedades virosas y para favorecer el desarrollo de la planta <sup>1</sup>

<sup>1</sup> El Dr. Ramírez Villapudúa afirma que la combinación de riego por goteo, cubiertas flotantes, malla sombra y acolchado plástico se favorece el rápido desarrollo del cultivo, mejora el rendimiento y la calidad de la cosecha, es posible la cosecha de algunos cultivos fuera de la temporada normal, es protección contra heladas, reduciendo la contaminación ambiental que representa la quema de llantas, y se reduce la presencia de enfermedades virosas en los cultivos evitando la entrada de insectos transmisores de éstas. Ver: Ramírez Villapudúa, José. Cubiertas Flotantes para Desarrollar Cultivos Hortícolas y Controlar Virosis. Cuadernos Agropecuarios, Serie Agricultura No. 1 Editorial Universidad Autónoma de Sinaloa 1994. página 10.

**Cuadro 1.a**  
**Proceso de producción de hortalizas**

Recolección del fruto	Se lleva a cabo en forma manual en el caso del producto de exportación  En el caso de tomate industrial se utiliza maquinaria
Traslado a empaque	Se utilizan tractores como herramienta de arrastre de depósitos de fibra de vidrio sin bordes para evitar daños en la fruta que acelere su proceso de maduración en el anaquel, estos depósitos sirven de contenedor para trasladar la fruta del campo a las instalaciones del empaque
Selección de la fruta	Consiste en separar la fruta de acuerdo con diferentes estándares de calidad, como tamaño y color. La fruta se separa al menos en tres categorías: calidad mercado extranjero, calidad mercado nacional y rezaga.  Este proceso se puede hacer manual o automático, utilizando seleccionadoras automáticas equipadas con rayo laser para separar la fruta según el color.
Invasado	Se utiliza maquinaria automática para el llenado de los bultos. También se utiliza, como parte del proceso de envasado, maquinaria para el armado de cajas de cartón
<i>Empaque y Transporte a la Frontera</i>	
Etapas del proceso productivo	Descripción
Refrigeración y control de maduración	Se utilizan cuartos refrigerados a temperatura controlada para retardar la maduración del fruto y alargar la vida en el anaquel del supermercado
Traslado al mercado	Se realiza utilizando cajas refrigeradas con control de temperatura, para mantener la fruta en estado fresco hasta su destino provisional en la frontera.

## II Difusión de tecnologías. El programa de validación de semillas de hortalizas

Las semillas constituyen una parte fundamental del componente tecnológico de la producción de hortalizas, por el papel fundamental que desempeñan en la producción y por ser una parte importante de la estructura de costos de la producción hortícola. Se requiere que el productor tenga la certeza de que este insumo cubre las necesidades que él requiere para obtener un producto de calidad en cantidades suficientes para tener presencia en el mercado internacional.

En los últimos años los cambios en el comportamiento de la demanda del mercado ha orientado el desarrollo de variedades de semilla que generen un producto con características muy específicas y con propiedades determinadas. Las semillas

ideales deben contribuir también al logro de los objetivos de los productores hortícolas de la región:

- Escalonar la producción a lo largo del año.
- Reducir costos totales unitarios incrementando el volumen de producción.
- Incrementar el volumen de producción.
- Reducir la incidencia de enfermedades.
- Mayor resistencia a la salinidad del agua.
- Mayor facilidad de cultivo.
- Mejorar la calidad de la fruta en aspecto externo, color, tamaño homogéneo.
- Resistencia al manejo y al transporte.

Los adelantos genéticos han permitido el desarrollo de variedades de semillas para los productores de hortalizas que cumplen con las expectativas mencionadas.<sup>2</sup>

Como parte de CAADES, la Comisión para la Investigación y Defensa de las Hortalizas<sup>3</sup> coordina desde hace diez años, el programa de Validación de Hortalizas, el cual pretende generar información aplicada y útil para el desarrollo de la producción hortícola en Sinaloa.

El renglón más atendido en este programa, se refiere a la evaluación de los diversos híbridos de hortalizas en los atributos de rendimiento, calidad para exportación y mercado nacional, adaptación del insumo a las etapas del cultivo de cada una de las zonas productoras y la capacidad de respuesta a las enfermedades de la región.

**Cuadro 2**  
**Resultados de la validación de semillas de hortalizas 2001**

Producto	Exportación	Bultos* Calidad	
		Nacional	Rezaga
Tomate Bola	7453.	5474.	1292.
Tomate Roma	5984.	6968	4086
Chile bell	3885.	2897	1313

Nota: un bulto equivale aproximadamente a 10.5 kgs.

Fuente: elaboración propia con base en datos proporcionados por la CIDH.

<sup>2</sup> Fundación Produce A.C. Comisión Para la Investigación y Defensa de las Hortalizas-Validación de Hortalizas 2000. Campo Experimental del Valle de Culiacán. Otoño-Invierno 2003. pag. 1.

<sup>3</sup> La Comisión para la Defensa e Investigación de las Hortalizas (CIDH) fue creada con el propósito de "la defensa en general de los intereses de los productores, el fomento de la investigación agrícola y la promoción de los productos en los mercados internacionales. La CIDH fue creada a iniciativa de los productores afiliados a la CAADES para que promoviera la investigación y transferencia de tecnología y para que fomentara la participación de los productores en eventos internacionales relacionados con la promoción de sus productos.

La validación funciona como una institución, es decir periódicamente se organiza un programa de validación de hortalizas cuyo propósito es probar en campo la calidad de diferentes variedades de semillas que se introducen en el mercado. En este programa participan CAADES, agricultores, empresas productoras y distribuidoras de semillas e insumos agrícolas complementarios como fertilizantes, agroquímicos, plásticos, etcétera, todos con el propósito de aportar insumos para la validación de las semillas.

En el año agrícola 2000-2001 se validaron un total de 120 semillas de hortalizas y en el año agrícola 2001-2002 se validaron 142 variedades de semillas de tomate bola, tomate roma, chile picoso<sup>4</sup> y chile *bell pepper* en variedades verde, rojo y amarillo. Las características evaluadas en el programa son rendimiento, calidad adaptabilidad de las variedades a las condiciones ambientales de producción en la región. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 6.8.

### III Difusión de tecnologías en la horticultura sinaloense.

#### La tecnología de fertirriego.

La difusión tecnológica es uno de los componentes más importantes del proceso de innovación tecnológica. En los años posteriores a la década de los cincuenta del siglo XX, la introducción del tractor, dio un impulso formidable a la mecanización de la agricultura. La combinación de mecanización, semillas mejoradas, agroquímicos y uso intensivo del agua que representó la “revolución verde” tuvo un impacto importante en los niveles de producción agropecuaria, primero en los cereales y, posteriormente las innovaciones se difundieron rápidamente al resto de los cultivos. Este hecho marcó una línea divisoria entre la agricultura antes y después del uso del tractor, convirtiendo la mecanización de la actividad en un importante factor determinante de la productividad de los factores de producción agrícola.

Actualmente, se vive en estos años el desarrollo de la tecnología mecánica aplicada al riego. Los sistemas de fertirrigación están contribuyendo a la transformación de la productividad agrícola a pasos agigantados con resultados tan espectaculares como los que, en su momento, generó la introducción del tractor, es precisamente este hecho el que ha favorecido su rápida difusión en la agricultura. En el ámbito nacional se estima que la superficie bajo sistemas de fertirrigación asciende a poco más de 600 mil hectáreas.<sup>5</sup> Esta estimación se apoya en lo siguiente:

<sup>4</sup> Es un producto genérico que incluye las variedades de chile jalapeño, chile serrano, chile anaheim, chile caribe y chile ancho o poblano.

<sup>5</sup> Arellano García, D. Catalán Valencia E. A. e Ignacio Sánchez Cohen. *Guías de Riego (Región Lagunera)* IX Congreso Nacional de Irrigación. Simposio 6 Reglamentación de Sistemas de Riego. Culiacán, Sinaloa, México, octubre de 1999., artículo ANEI-S69913.

1. El argumento más importante ha sido los incrementos alcanzados en la producción con sistemas de fertirriego, en contraste con los alcanzados utilizando riego por gravedad. Esto gracias a la ventaja que representa en la misma operación realizar dos actividades que antes se efectuaban en forma separada, el riego y la fertilización.
2. La necesidad de aprovechar en forma más eficiente el agua disponible para riego e incrementar la superficie bajo riego con un volumen de agua dado.
3. La posibilidad de irrigar y fertilizar, en forma más homogénea, superficies que se encuentran muy por encima de la localización de las fuentes de abastecimiento de agua.
4. Las dificultades para encontrar mano de obra calificada que desarrolle las labores de riego bajo los sistemas de riego por gravedad, con habilidad para controlar los flujos de agua. En los sistemas de fertirriego, esa actividad la lleva a cabo la maquinaria.

Por consiguiente se tiene:

5. Ahorro de agua y de fertilizantes, con la consiguiente disminución de costos en la utilización de estos insumos. La combinación de menores costos variables y totales con una mayor producción se traduce en costos unitarios bajos y, eventualmente, si las condiciones de precios de venta son las adecuadas, una mayor rentabilidad del cultivo.

### III. 1 Riego por goteo y tomate sinaloense

En la agricultura de exportación en el estado de Sinaloa, una de las innovaciones que experimentaron un rápido proceso de difusión y adaptación a las condiciones locales de producción fue la tecnología de riego, particularmente la fertirrigación en su variante de riego por goteo.

Entre el grupo de las hortalizas el cultivo más importante lo representa el tomate, por varias razones. Entre las más frecuentemente citadas, tenemos el de la producción por total y por hectárea, la superficie sembrada, el valor de la producción y las exportaciones, el empleo. De todas estas variables se han elaborado una amplia variedad de estudios, desde tesis doctorales, ensayos de investigación, ponencias, hasta artículos periodísticos, en todas ellas se destacan los diferentes ángulos de la producción de tomate en el país y particularmente en Sinaloa, como el estado con la mayor producción, rendimientos y valor del país. Sin embargo, hay un aspecto marginado de la atención de los interesados en el tema, es el de la innovación tecnológica que ha acompañado a este cultivo desde los primeros años en que la producción de tomate se convirtió en una actividad de gran importancia para la región.

Los estudios que se interesan en la relación entre el desarrollo tecnológico y el tomate como un cultivo rentable han sido más bien escasos, a pesar que tomate e innovación tecnológica es un binomio que históricamente ha tenido una fuerte vinculación en nuestro estado, incluso nos atreveríamos a afirmar que buena parte del Sinaloa moderno ha girado alrededor de la producción de tomate y de las hortalizas en general.

El tomate sinaloense ha sido un cultivo que ha basado su competitividad en el mercado internacional, en la capacidad de adaptación tecnológica de las empresas productoras de estos cultivos, la gran mayoría de las innovaciones que se han incorporado al resto de los cultivos de hortalizas fueron introducidas, originalmente, al cultivo de tomate. Tal es el caso de la utilización del riego por goteo en el cultivo de este fruto.

La adopción de esta innovación en la horticultura sinaloense es un cambio importante en las formas de producción de esta actividad, los primeros sistemas de riego utilizados en Sinaloa originarios de Israel, se introdujeron por Tampico y fueron instalados en la zona centro-norte del estado, en el valle de Guasave para irrigar a una superficie de cien hectáreas. En los años siguientes más productores de hortalizas se inclinaron por instalar en sus predios riego por goteo, a pesar del alto costo que en aquel entonces representaba su importación,<sup>6</sup> en menos de una década, la tecnología de riego se difundió por todos los valles hortícolas del estado de Sinaloa de tal forma que hasta la fecha, en poco más del noventa por ciento de la producción hortícola, principalmente el tomate, se utiliza riego por goteo, el equipo de riego por goteo introducido entonces fue hecho bajo la figura de “maquinaria de riego”.

El riego por goteo o la maquinaria de riego representa un paso adelante en el proceso de industrialización de la agricultura, la producción de hortalizas es un claro ejemplo de ello. Se define como un sistema que permite aplicar el agua en forma artificial a un cultivo, gota a gota, conducida por medio de conductos cerrados -tubería- hasta los dispositivos emisores que se conocen como goteros, bien, como un sistema de humedecimiento limitado del suelo, en el cual se aplica agua únicamente a una parte del volumen de suelo ocupado por las raíces del cultivo.

En general los equipos de riego por goteo están constituidos por las mismas partes integrantes, cambiando algunas de las características según la compañía que lo fabrica. Los componentes de un sistema de riego por goteo se muestran en el cuadro 5.8.

El cabezal de control es una de las partes más importantes del sistema de riego, consta de el sistema de fertirrigación y filtrado. Con el sistema de fertirrigación se incorporan y distribuyen a través del agua de riego los abonos, productos fitosanitarios y otros tipos de productos a aportar al cultivo. Aún es común el uso de tanques de fertilización, por sus bajos costos, aunque cada vez son más empleados los sis-

<sup>6</sup> Archivo personal del licenciado Luis Antonio Martínez Huerta, fundador de Asesoría Microeconómica, empresa de consultoría en comercio exterior en el Estado de Sinaloa.

temas que introducen los fertilizantes mediante inyectores *venturi* o por bombas de inyección e incluso aquellos en los que la incorporación se realiza aprovechando la aspiración del equipo de bombeo.

La utilización de inyectores implica el uso de tecnologías complementarias. Así, es necesario incorporar un programa para controlar el funcionamiento del equipo, uno o varios depósitos para preparar las soluciones de abono, una o varias bombas de inyección que aspiren las soluciones y las introduzcan a la red de riego, contadores de agua, electroválvulas, convertidora de señales, y medidores de PH.

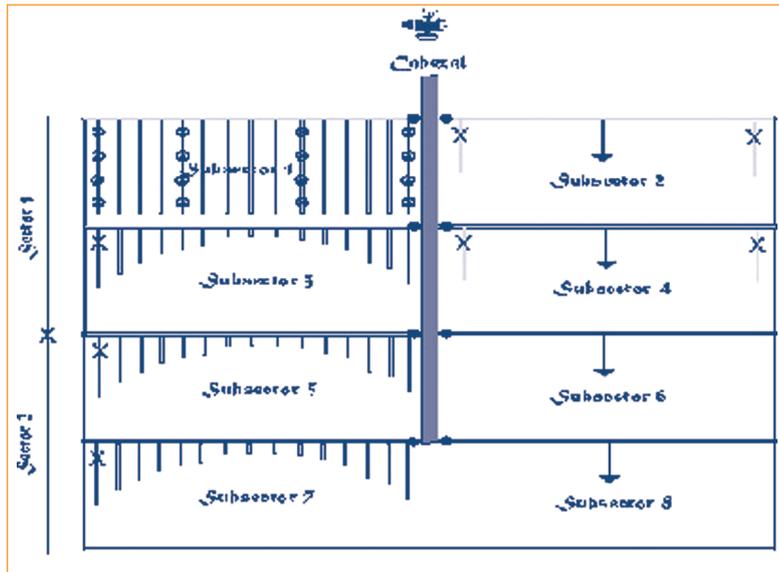
**Cuadro 3**  
**Componentes de un sistema de riego por goteo**

Componentes	Funciones
Equipo de bombeo	Compuesto por un motor y una bomba que toma el agua de los depósitos y la bombea hacia el cabezal de control.
Cabezal de control	Se encuentra enseguida del equipo de bombeo. Está constituido por medidores de caudal, filtros de arena, inyectores de fertilizante, filtros de tela o malla, válvulas de control de presión, llaves de paso, manómetros.
Línea principal o primaria	Conduce el agua desde el equipo de bombeo hasta la línea de derivación. La tubería es de polietileno o PVC normalmente esta tubería se encuentra enterrada para seguridad del sistema y para facilitar el uso de la maquinaria de trabajo del suelo.
Líneas de derivación o secundaria	Son tuberías que unen la tubería principal con las tuberías laterales.
Líneas laterales o terciarias	Son las mangueras donde van colocados los goteros. Se colocan en forma espaciada a lo largo de las líneas de derivación a una distancia de 45 cm, determinada por el espaciamiento de las líneas de cultivo.
Goteros	Es uno de los elementos principales del sistema, disipan la presión del agua que conduce la tubería terciaria aplicando cantidades muy pequeñas de ésta en forma constante. El espaciamiento de los goteros se halla determinado por la separación de las plantas en el surco. El diámetro del gotero es de 0.3 y 1 milímetros para lograr bajos caudales de agua.

Fuente: elaboración propia a partir de Ciencia y Tecnología. Agricultura, riego artificial (Sistemas de riego) [http://www.escuelas.edu.ar/tecno/sistemas\\_riego/riegoloc.htm](http://www.escuelas.edu.ar/tecno/sistemas_riego/riegoloc.htm)

El sistema de filtrado es fundamental para evitar que se taponen las salidas del gotero. Suelen utilizarse filtros de arena, filtros de malla o filtros de anillas y es común que aparezcan a la vez filtros de malla y de anillas en el cabezal de riego y filtros de malla en la red de distribución.

Figura 1



Fuente: Tomado de [www.larural.es/servagro/sta/evaluac0.htm](http://www.larural.es/servagro/sta/evaluac0.htm)

La red de distribución está integrada por todo el sistema de líneas de distribución del agua, líneas principales, secundarias, laterales. Se encarga de distribuir el agua desde el cabezal hasta la tubería portagotero y el gotero.

El gotero es el elemento último, de importancia fundamental, en el funcionamiento del sistema, disipa la presión del agua que conduce la tubería terciaria, aplicando cantidades muy pequeñas de agua en forma constante. Dado su diámetro pequeño es común que se taponen, por lo que se han desarrollado diferentes tipos de gotero que toman en cuenta el caudal nominal de agua que se suministra, el cual depende del coeficiente de descarga y la presión a la entrada del gotero, la presión a la que sale el agua, los puntos de emisión del agua, y que incorporan sistemas de limpieza y conexión.

El riego por goteo, como una maquinaria, es un sistema que implica la integración de diferentes partes relacionadas entre sí, que dan como resultado un mayor control en el riego de los cultivos, en la fertilización de las plantas, en el manejo de plagas, tanto de hierbas como de insectos. Riego por goteo y uso de semillas de hibridación sofisticada o de tecnología genéticamente modificada representan la unión de tecnologías complementarias que se traducen en una mayor fortaleza en términos de competencia de los productores hortícolas sinaloenses.

Utilizar riego por goteo en la producción hortícola implica hacer uso de habilidades y conocimientos muy distintos a los que se utilizan en la operación del riego tradicional por gravedad. Conocimientos en materia de nutrición vegetal,

para la preparación de las fórmulas de nutrientes que se van a incorporar al riego, operación de equipo de cómputo para manejar los controles que abren y cierran las válvulas para conducir el agua a las distintas áreas del predio de acuerdo con las condiciones particulares de humedad en el suelo o en el ambiente, son dos de las nuevas habilidades requeridas en las actividades de irrigación que ahora son utilizadas en el riego por goteo.

La difusión del riego por goteo cruzó por una etapa en la cual la tecnología se difundió lentamente en virtud de su elevado costo de introducción, posteriormente al popularizarse su uso en la producción de hortalizas se introdujeron equipos más pequeños con un menor costo de adquisición. Adicionalmente, con la liberación comercial, se favoreció la instalación en la región de sucursales de compañías distribuidoras de riego por goteo que distribuyen en las principales ciudades del estado de tradición hortícola equipo de riego vendiendo directamente refacciones para la maquinaria, además de asesorar en forma directa a los usuarios, cabe mencionar que las compañías, cuando se inicia la difusión de la tecnología de riego por goteo, invirtieron en capacitación del personal que estaría al frente de las sucursales distribuidoras de sistemas de este tipo.

### III.2 Comparación de dos tecnologías de riego.

#### Riego por gravedad y riego por goteo

##### *Riego por gravedad*

El riego por gravedad funciona mediante una serie de canales construidos previamente. La distribución del agua a todas las plantas se hace con herramientas de mano: palas y azadones, el agua es desviada hacia las partes del predio donde interesa que se conserve la humedad. En esta operación el gasto en agua y en mano de obra del riego por gravedad supera al que se realiza con riego por goteo.

En el riego por gravedad se presentan una serie de desventajas:

- Las decisiones de cuándo colocar las láminas de agua se toman motivados por la pérdida de rendimiento y estrés hídrico de las plantas
- Si no se cuenta con un buen sistema de drenaje pueden existir zonas donde el exceso de humedad provoque la aparición de malas hierbas o que las raíces de las plantas se saturen de humedad provocando efectos secundarios.
- Una mala planeación de la distribución de los surcos y canales puede provocar que partes del predio no tengan presencia de agua, provocando con ello, pérdida completa de la producción en esas partes.
- Si el riego de los cultivos no es adecuado, el suelo puede agrietarse lastimando las raíces, provocando efectos similares a los del estrés hídrico.
- La fertilización de las plantas se hace directamente en sobre el suelo

- Al no ser constante y continuo el riego, se tiene menos producto homogéneo con las mismas características, pues depende de la cantidad de agua que se le proporcionó y la cantidad de fertilizantes que fueron retenidos por el suelo.
- Algunas implicaciones de este sistema de riego es que el exceso de fertilizantes en el suelo, colocados con el objetivo de que la mayor parte se absorba, eventualmente provoca el ensalitramiento del suelo y la pérdida de su fertilidad; incluso la aplicación de fertilizantes de esta forma puede provocar la contaminación de mantos freáticos.
- El uso de agua en forma masiva es cada vez menos posible, pues en algunas zonas la dotación de agua disminuye considerablemente, además el costo del riego aumenta en épocas de sequía.

Para superar en parte las limitaciones de esta técnica de riego, se requiere la realización de un estudio previo del suelo al que se pretende irrigar. Interesa conocer, que no se haya sembrado tomate en el ciclo agrícola anterior y que el suelo presente la menor erosión posible.

La preparación del terreno requiere de un diagnóstico sobre la composición química del suelo, sus características topográficas, para, de no ser las adecuadas, aplicar las medidas correctivas necesarias para su uso adecuado.

Algunas tecnologías incorporadas, que buscan mejorar esta técnica de irrigación incluyen la utilización de:

1. Sistemas de medición de la humedad del suelo y de las condiciones climáticas. Estos sistemas se conectan a monitores que informan a los encargados de riego el momento en el cual es conveniente irrigar y al mismo tiempo calculan el grosor de la lámina de agua a aplicar.
2. Un sistema de información del estado del tiempo.

Con estas innovaciones es posible una buena calendarización del riego y, por tanto, un mayor control de la humedad. Esto definitivamente influirá en el producto que se obtenga. A pesar de estas innovaciones incorporadas, el riego por goteo supera al riego por gravedad, aun con las modificaciones técnicas incorporadas.

### III.3 Tecnología de riego. El riego por goteo

Como se ha mencionado el riego por goteo se ha convertido en los últimos años en el tipo de riego más eficiente y económico a largo plazo en todo el mundo. En el cultivo del tomate el proceso de irrigación se acompaña de fertilización. El sistema de riego por goteo consiste en la instalación de una serie de conexiones de mangueras que van a lo largo de los surcos donde se encuentran los cultivos. Las mangueras pueden ir por encima del surco o en la parte interna, depende del material que se utilice en las mismas.

Las conexiones se alimentan de una red principal controlada desde unas instalaciones en las cuales se encuentra el depósito de agua y el sistema de bombeo y filtrado que hace posible que el agua circule por todo el sistema de riego instalado en el terreno.

Es importante señalar que en el sistema de riego por goteo, el control se con desde una computadora desde la cual se monitorean las instalaciones en varios sentidos:

- Se identifican las partes del terreno que están siendo irrigadas
- Se cuantifica la cantidad de fertilizantes que se está utilizando
- Si detecta problemas, informa al encargado de las instalaciones para que los corrija
- Vigila constantemente la cantidad de fertilizantes que se encuentran en el agua de riego
- En general, el sistema consiste en el control del riego periódico a cada planta, gota por gota, a través de un sistema de tuberías que culminan en un tubito llamado gotero, con perforaciones a la altura del tallo de la planta en donde se deposita el agua gota a gota.

Con este sistema se asegura una hidratación continua a los cultivos logrando que el grado de humedad necesario para la alimentación de la planta sea constante con lo que se logra una mayor productividad y una proporción mayor de producto homogéneo. Al mismo tiempo, la humedad está en el lugar necesario (en la planta) y no a través de todo el terreno. Complementariamente, se elimina la proliferación de malas hierbas que afecten el rendimiento del cultivo, quiten espacio al desarrollo de las plantas y los nutrientes a las raíces.

Dado que el riego por goteo proporciona agua de manera permanente a cada planta, hace posible la incorporación; en el agua, de fertilizantes solubles logrando así una mejor nutrición para los cultivos, ya que al mismo tiempo que se transporta agua, se le agregan los nutrientes que se necesitan para una mejor productividad y calidad del producto.

La eficiencia se logra utilizando tecnologías complementarias que ayudan al funcionamiento del sistema de riego, tales tecnologías complementarias son el control de temperatura y humedad global del terreno, control de plagas y malezas.

#### *Los elementos auxiliares del sistema de riego*

- Tratamiento previo y sembrado. Aquí se incorporan sobre todo tractores de oruga que favorecen el trabajo en el terreno. Uso de tractores de oruga y la siembra de de semilla mejoradas con mayor resistencia a la falta de agua, clima, producción de planta en invernadero y transplante en forma manual o mecánica.
- Cuidados durante el proceso y cosecha. Incluyen el control de la temperatura

y humedad del terreno, mediante acolchado cuya finalidad es conservar la humedad del terreno, reducir los picos de temperatura ambiental y el control de plagas y malezas.

- Protección de cultivos. Utilización de mallas sintéticas para el control de la temperatura y de plagas.
- Manejo del producto. Aquí el producto entra a una lógica semejante al de la producción industrial, pues será trasladado a un empaque donde tendrá otra serie de tratamientos hasta dejarlo en condiciones de transportarlo al mercado consumidor.

La instalación y operación de un sistema de riego por goteo requiere de la convergencia de una serie de conocimientos e innovaciones complementarias para que éste funcione eficientemente y los resultados que se obtengan, efectivamente, hagan rentable la inversión realizada. De hecho, en su funcionamiento se requiere de conocimientos de nutrición vegetal para preparar la mezcla de nutrientes que se incorporarán a los tanques de abastecimiento de agua con que se irrigará el cultivo, de tratamiento de malezas, de hidráulica, de informática, etcétera. Las ventajas y desventajas del riego por goteo se resumen a continuación:

#### *Ventajas*

- La aplicación del agua se realiza en la zona radicular de la planta conservando permanentemente la humedad del suelo en la parte donde la planta aprovecha más el consumo de nutrientes.
- El riego se realiza en condiciones de un máximo aprovechamiento de la capacidad fotosintética de las plantas.
- La frecuencia de riego está estrechamente relacionada con el ritmo de crecimiento del cultivo.
- Las raíces de la planta se encuentran en su mayor porcentaje en la zona del bulbo húmedo, en esta zona las raíces son biológicamente más activas y con mayor capacidad de absorción.
- Dado que existe la posibilidad de incorporar fertilizantes en el riego, entonces se puede adecuar el suministro de éstos a las necesidades del cultivo en sus diferentes etapas.
- Con riego por goteo es posible un mayor ahorro de agua respecto de otros sistemas, tanto en la forma de almacenar el agua como en su conducción, siendo los rendimientos por volumen de agua empleado superiores al de otros sistemas de fertirriego como el riego por aspersión.
- Con un manejo adecuado del riego es posible obtener incrementos significativos en la producción, dado que se obtiene un óptimo crecimiento, floración y maduración de los frutos.
- El sistema puede funcionar automáticamente con el uso de sensores de humedad colocados cerca de los goteros y conectados al sistema de distribución de agua.

- Posibilita la utilización de aguas de menor calidad, debido a la alta frecuencia de riego que hace que las sales estén más diluídas, disminuyendo su efecto osmótico y lavando de forma continua el bulbo húmedo que se forma alrededor del gotero.
- Favorece la concentración de la producción en pequeñas superficies con lo que se reduce la superficie a sembrar sin que se reduzcan los volúmenes de producción obtenidos.
- Se reduce la utilización de mano de obra para las tareas de riego, asimismo, se facilita el traslado de la fruta de la planta del predio a los empaques.

#### *Desventajas*

- Es necesario realizar una inversión inicial importante en equipamiento.
- Otra desventaja es la constante reposición de mangueras, y goteros expuestos a la acción de los rayos ultravioleta.
- Es necesario contar con elementos filtrantes de gran capacidad para evitar que se tapen los goteros.
- La mano de obra encargada del sistema debe ser más calificada o adquirir habilidades para el manejo del sistema de riego ya que debe hacer vigilancia continua del sistema en general, especialmente en tuberías y emisores para evitar roturas y obturaciones de las mangueras y los goteros.

### **III.4 Riego por goteo, resultados**

En el caso particular del tomate sinaloense, los resultados obtenidos con el uso del riego por goteo en la producción del mismo, han sido diversos, entre otros se pueden mencionar los siguientes:

- Se dispone de una mayor oferta productiva de calidad para el mercado de exportación.
- Menores requerimientos de pesticidas y herbicidas para el control de plagas y malezas.
- Un importante ahorro en el uso de agua por superficie irrigada.
- Un importante ahorro en la contratación y búsqueda de mano de obra que realice labores de riego con los sistemas tradicionales.
- Una mayor uniformidad en la distribución del agua y de los fertilizantes.
- Un incremento en la producción por hectárea en una proporción de tres a uno con relación al riego rodado.

La producción por hectárea se incrementó de un promedio de 25.1 toneladas por hectárea registradas a principios de la década de los ochenta a un promedio de 36.4 toneladas por hectárea en 1991. Sin embargo, lo más importante es el cambio en la proporción de la producción. Con el sistema tradicional de riego la producción ca-

*alidad exportación* era de sesenta por ciento y cuarenta por ciento la calidad mercado nacional. El riego por goteo arroja rendimientos hasta de un noventa por ciento en producto *calidad exportación* y diez por ciento en producto *calidad mercado nacional*

La rápida difusión de la tecnología de riego por goteo en la producción de hortalizas ha contribuido a que en temporadas consecutivas se registre una sobreproducción de las mismas, sobre todo de tomate. Esta sobreproducción ha impactado directamente en el precio del bulto de tomate el cual ha llegado a caer a niveles de cuatro a cinco dólares por bulto afectando sobre todo a los pequeños productores que tienen menos fortaleza para soportar temporadas consecutivas con bajos precios del producto.

#### IV Innovación tecnológica en la horticultura sinaloense.

##### Entrevistas con productores

Para finalizar la investigación se realizaron entrevistas con productores. Se trabajó con una muestra a juicio de doce empresarios hortícolas del valle de Culiacán y del valle de Guasave. Se elaboró un cuestionario para las entrevistas en el cual se incluyen ocho preguntas abiertas y dos preguntas cerradas. Se pretende obtener información de los *cambios* experimentados por las empresas agrícolas en la *producción*, las *adaptaciones* a que obliga la introducción de dichos cambios, el *impacto* en la *operación* de la empresa agrícola en cuanto a *cambios administrativos*, *requerimientos de personal* y *adquisición de nuevos conocimientos y habilidades*. Las respuestas obtenidas refuerzan afirmaciones ya formuladas anteriormente, además agregan evidencias no consideradas del impacto de la introducción de innovaciones en toda la empresa agrícola.

##### *Perfil de los entrevistados*

El perfil de los entrevistados se muestra en el cuadro siguiente. La antigüedad promedio en la actividad hortícola es de quince años

Cuadro 4  
Perfil de productores entrevistados

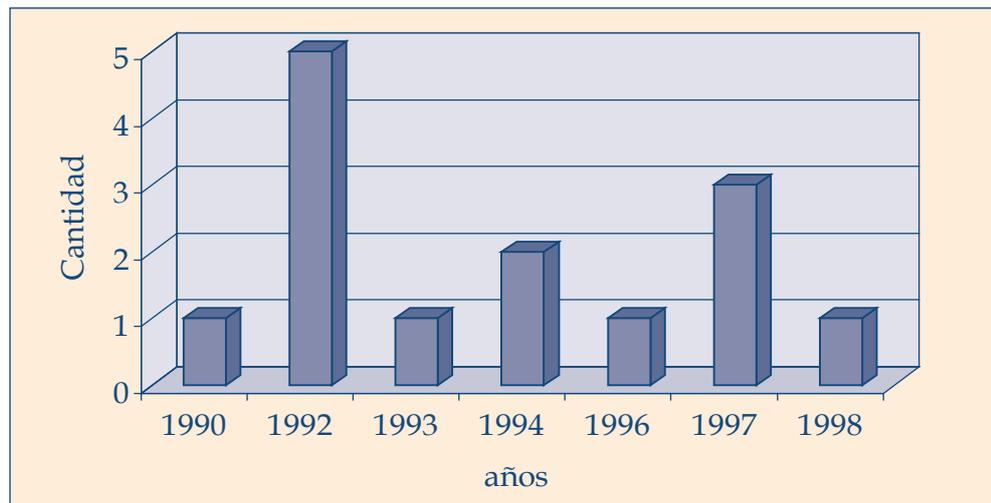
<i>Cantidad</i>	<i>Puesto</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Nivel académico</i>
8	Administradores	4	Nivel maestría
3	Propietarios	7	Licenciatura
1	Encargado producción	1	No especificado

Fuente: elaboración propia con base en entrevistas realizadas a productores.

#### IV.1 Innovaciones más importantes

En cuanto a las innovaciones más importantes que se han introducido recientemente en producción hortícola, todos los entrevistados mencionaron por igual el riego por goteo y las semillas de larga vida de anaquel. El año de introducción varía a lo largo de la década de los noventa, el productor que tiene más años utilizando el riego por goteo menciona haber introducido la maquinaria de riego en el año de 1990, pero uno de ellos aclara que el riego por goteo es una tecnología que se introdujo en el norte del estado en el año de 1988, sin embargo, afirma, entonces no existían las condiciones para que su utilización se difundiera con la rapidez con que ocurrió en la década de los noventa.

Gráfica 1  
Introducción de sistema de riego por goteo a la producción de hortalizas



Fuente: elaboración propia con base en entrevistas realizadas a productores.

Al analizar el comportamiento de la difusión de la tecnología de riego, uno de los productores menciona parte de las razones que les llevaron a adoptar esta tecnología. La decisión de introducir se tomó en el año 1994 en condiciones de estabilidad cambiaria, afirma que la competitividad de las hortalizas sinaloenses estaba siendo afectada por la estabilidad del tipo de cambio, para mejorar la posición vía reducción de costos, deciden introducir el riego por goteo, además de que cumplían con los requisitos de regulación sanitaria impuesta por el gobierno norteamericano a las exportaciones mexicanas de hortalizas.

El doble propósito percibido de esta innovación tecnológica es en este caso: mejorar costos para ser más competitivos y adecuarse a las exigencias de inocuidad alimentaria que exige el mercado norteamericano.

#### **IV.2 Impacto de la introducción de innovaciones en la producción de hortalizas**

Los impactos más importantes, mencionados por los productores, en la producción de campo son: mayor producción, menor superficie sembrada, ahorro de agua, menor empleo de agroquímicos, pero también mejor administrados, mejor planeación de la producción y producto con mayor vida de anaquel.

La introducción del sistema de riego por goteo ha generado, mencionan los productores, el cambio y la adaptación de algunos sistemas de producción y administración.

Tres de las empresas visitadas cambiaron recientemente el método de selección de fruta de manual a automático, ya que con la incorporación del riego por goteo se observa que el método de selección manual no cuenta con la capacidad suficiente para clasificar la nueva producción obtenida. Uno de los productores estableció alianzas para maquila de empaque, adopción de etiquetas y garantía de cumplimiento de la normatividad en materia de regulación sanitaria exigida por la legislación norteamericana a las exportaciones mexicanas.

También el volumen de producción obtenida y empacada ha modificado el uso de materiales de empaque y embalaje del producto y ha facilitado el control de la mano de obra contratada para corte. Particularmente uno de los productores menciona que en el poco tiempo que tiene trabajando con riego por goteo en el campo se ha percatado que el margen de error entre los planes de producción y los resultados es menor, esto, considera que da certidumbre en cuanto al producto obtenido y, por tanto, mejora la comercialización del mismo y las negociaciones con la comercializadora.

Uno de los productores entrevistados menciona que ahora las nuevas regulaciones sanitarias les han obligado a asociarse con otros horticultores para efecto de exportar bajo una sola etiqueta que cumpla con las exigencias sanitarias, también menciona haberse visto favorecido con ello debido a que no tenía capacidad para reconvertir su empaque manual a automático.

Otro de los entrevistados menciona que en el corto plazo, en la producción hortícola tendrá una mayor difusión la tecnología de invernaderos y la tecnología de siembra bajo malla sombra.

**Cuadro 5**  
**Impacto de la introducción de riego por goteo en la producción de hortalizas**

Impactos en la producción	Adaptaciones a los sistemas
Mayor producción por hectárea.	Cambio de selección manual de fruta a selección automática.
Se incrementa en un rango de cinco a seis mil bultos de aproximadamente doce kg cada uno por hectárea, esto equivalente a 60-70 toneladas de producto de exportación	Nuevas instalaciones de empaque y nueva maquinaria para selección de fruta.
Mayor número de cortes.	Uso de nuevos materiales de empaque y embalaje.
Disminución de la superficie sembrada.	Mayor control sobre la mano de obra contratada, sobre los resultados del trabajo y las áreas en donde desempeña su labor.
Ahorro de agua.	
Menor uso de agroquímicos por control de plagas mediante acolchado plástico.	
Mejor planeación de la producción.	Personal calificado.
Certidumbre en el volumen de producto obtenido.	Mayor certidumbre en comercialización.
Menor empleo de mano de obra para riego y asignación a labores alternativas como hilado y puesta de vara o estación	
Mayor vida de anaquel del producto	

*Fuente:* elaboración propia con base en entrevistas realizadas a productores

**Cuadro 6**  
**Impacto de la introducción de riego por goteo en la producción de hortalizas**

Cambios administrativos	Adquisición de nuevos conocimientos y habilidades
Se administran los envíos bajo una sola etiqueta.	Trabajo en equipo.
Controles administrativos en campo y empaque.	Capacitación del personal operativo.
Facilidad para administrar el uso de insumos agrícolas. Se conoce en que se emplean y en que cantidades.	Monitoreo de novedades tecnológicas.
Asociaciones empresariales para maquila y exportación.	Aprendizaje de otros modelos de negocios.

*Fuente:* elaboración propia con base en entrevistas realizadas a productores

### IV.3 Resumen de resultados y estructura de la entrevista

Las modificaciones administrativas hechas a raíz de la introducción del riego por goteo controles administrativos en campo y empaque, mejor administración en el uso de insumos agrícolas, asociaciones empresariales para maquila y empaque y administración de envíos en una sola etiqueta. Estas modificaciones han inducido a que la empresa agrícola ofrezca más capacitación a los operadores del sistema de riego y se fomente el trabajo en equipo. En el ámbito directivo se insiste en aprender de modelos de negocios agrícolas en otras partes del mundo, y en el monitoreo de tecnologías agrícolas (Cuadro 7).

### IV.4 Innovación tecnológica en la horticultura sinaloense. El futuro inmediato

La producción hortícola se desempeña como un sistema, se mueve uno de sus elementos integrantes y se obliga a modificar el resto de ellos en mayor o menor medida. El negocio de exportación de hortalizas con la tecnología empleada en la región es en gran parte un negocio de conocimiento de sistemas de producción, comercialización, organización industrial y mecanismos de financiamiento. Es una labor compleja que involucra distintas áreas de conocimiento, distintas actividades productivas complementarias que giran alrededor de la producción hortícola. Las cuentas de producción estatales no reflejan con precisión la influencia que ha tenido, tiene y tendrá todavía el funcionamiento de todo el sistema de producción hortícola en el estado de Sinaloa. La empresa hortícola requiere que cuando menos se le reconozca la importancia de esta actividad en lo que hoy es la economía sinaloense. Este trabajo quiere ser una contribución en este sentido.

**Cuadro 7**  
**Resumen de resultados y estructura de la entrevista**

	Hard	Soft
Introducidos en la producción	Riego por goteo. Semillas. Acolchado.	Asesoría en riego.
Período de introducción.	1989-1999	
Impacto positivos	Mayor producción. Ahorro de agua. Menor superficie sembrada. Mayor calidad de exportación.	
Impacto negativos	Sobreproducción. Mayores costos totales.	
Administración	Sistemas de control automatizado para producción y pago a trabajadores.	Capacitación a personal operativo en el sistema de riego.
Disponibilidad de recursos humanos calificados	Insuficiente.	

Fuente: elaboración propia.

Como resultado de las entrevistas realizadas a los administradores, propietarios y encargados de producción, se desprende que hay una baja conciencia de la importancia de la tecnología como el instrumento que ha sostenido la competitividad de las empresas agrícolas en la horticultura así como también del potencial de desarrollo de innovaciones que existe en el estado de Sinaloa. Al parecer, los cambios tecnológicos se asumen como obvios, con una rápida adaptación, no se percibe a la empresa hortícola como una empresa innovadora.

Esto lleva a la siguiente reflexión: si la propia empresa innovadora no se percibe como tal, es posible suponer que no tiene conciencia de su trayectoria y, por tanto, tampoco se percibe hacia el futuro como una empresa que innova; en consecuencia, la definición de las futuras estrategias de innovación serán limitadas.

Aquí se requiere que hacia fuera, en el entorno donde opera la empresa innovadora, funcionen los incentivos a la innovación y hacia adentro que se realice una gestión de la tecnología más consciente. Así será posible evaluar las distintas alternativas tecnológicas a seguir tanto en la parte de la gestión de la tecnología, y en el ámbito del sector hortícola, como integrante del sistema regional de innovación tecnológica en el estado de Sinaloa.

La difusión de la producción en invernadero y malla sombra será un paso adelante en el proceso de desarrollo de la agricultura industrial, un tipo de agricultura que se asemeja a la producción manufacturera en el hecho de que se tiene un mayor control sobre el proceso productivo sin que ello signifique que no se conserve el ciclo biológico de las hortalizas que se siembran ■

### Bibliografía

- Arellano García, D.; Catalán Valencia, E. A. e Ignacio Sánchez Cohen, *Guías de riego (región lagunera)* IX Congreso Nacional de Irrigación, Simposio 6, Reglamentación de sistemas de riego, Culiacán, Sinaloa, México, octubre de 1999, artículo ANEI-S69913.
- Cook, Roberta. *Distribution of Horticultural Products in a Globalized Market*, Department of Agricultural and Resource Economics. University of California, Davis. ASHS July 2001. Sacramento, California.
- Del Valle, María del Carmen e Isabel Lina Sánchez, "Modernización y rezago tecnológico en el campo y las agroindustrias. en Del Valle, María del Carmen y Jose Luis Solleiro (Coordinadores). *El cambio tecnológico en la agricultura y las agroindustria en México. Propuesta para una nueva dinámica en la actividad productiva*, Instituto de Investigaciones Económicas-Siglo XXI Editores México 1996.
- Fliginger, John C.; Earle E. Gavett; Levi A. Powell y Robert P. Jenkins, *Suministro de frutas y hortalizas agrícolas frescos a los mercados de los Estados Unidos durante el invierno: capacidad de las zonas productoras de los Estados Unidos y México*, Agricultural Economic Report N°, 154 Washington D.C. 1969.
- Fundación Produce A.C. Comisión Para la Investigación y Defensa de las Hortalizas. *Validación de Hortalizas 2000*. Campo Experimental del Valle de Culiacán. Otoño-Invierno 2003.
- Hayami, Yujiro y Vernon Ruttan, *Desarrollo Agrícola: Una perspectiva internacional*, Fondo de Cultura Económica, Serie Textos de Economía, México, 1989.
- Martínez Huerta, Ramón, *Pronósticos y Planeación Microeconómica*. Ciencia y Universidad, Revista del Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Número Especial 1997.
- Ramírez Villapudua, José. *Cubiertas Flotantes para Desarrollar Cultivos Hortícolas y Controlar Virosis*. Cuadernos Agropecuarios, Serie Agricultura No. 1 Editorial Universidad Autónoma de Sinaloa 1994.
- Schwentesius, Rita y Manuel Ángel Gómez Cruz "Competitividad de las hortalizas mexicanas en el mercado estadounidense", en Comercio Exterior, vol 47, num., 12 México, diciembre de 1997.
- Shinagawa, Heberto., *Sinaloa, Agricultura y Desarrollo*, Sinaloa, Colección Surco Abierto, México, CAADES, 1987.