



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN**

**“DESARROLLO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO EN LA  
REGIÓN VI DEL ESTADO DE MÉXICO”**

**INFORME DEL EJERCICIO  
PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERA MECÁNICO ELECTRICISTA**

**ÁREA: INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PRESENTA:**

**ROCÍO MERINO HERNÁNDEZ**

**ASESOR:**

**ING. ALFREDO ALDAZ BENÍTEZ**

**MÉXICO, 2012.**

---

---





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Objetivo .....	4
Justificación.....	4
Capitulado .....	7
I ANTECEDENTES DE LA FLORICULTURA MEXICANA.....	9
I.1 ANTECEDENTES .....	9
I.2. LAS FLORES EN EL MUNDO.....	10
I.3 LA FLORICULTURA EN MÉXICO .....	14
I.4 PROBLEMÁTICA DEL SECTOR DE MÉXICO .....	15
I.5 COMERCIALIZACIÓN INTERNA Y EXTERNA .....	17
I.6 PRINCIPALES IMPORTADORES DE FLORES PROCEDENTES DE MÉXICO .....	17
I.6.1 Canadá.....	17
I.6.2 Estados Unidos de América .....	17
I.6.3 Otros destinos .....	18
I.7 CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES PAÍSES PROVEEDORES MUNDIALES .....	19
I.7.1 Holanda.....	19
I.7.2. Colombia.....	19
I.7.3 Israel .....	20
II LA PRODUCCIÓN DE FLOR EN MÉXICO .....	22
II.1 AUGE DE LA PRODUCCIÓN.....	22
II.2 PROBLEMÁTICA DE LA PRODUCCIÓN DE FLOR EN MÉXICO.....	25
II.3 LA FLORICULTURA EN EL ESTADO DE MEXICO .....	25
II.4 MÉXICO EXPORTADOR.....	26
II.5 EL DESARROLLO TECNOLÓGICO.....	26
II.6 EL CAMINO DE LA EXPORTACION .....	27
II.7 ZONAS PRODUCTORAS.....	29
II.8 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN .....	29
II.8.1 Sistema de producción en invernadero.....	29

II.8.2 Sistema de vivero .....	29
II.8.3 Producción a cielo o campo abierto .....	29
III LA FLORICULTURA Y EL AGUA EN MÉXICO .....	33
III.1 LA VOCACIÓN AGRÍCOLA EN MÉXICO .....	33
III.2 PROBLEMÁTICA DEL RIEGO EN MÉXICO.....	34
III.3 DISTRIBUCION DEL AGUA PARA FINES DE RIEGO.....	35
III.4. IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE RIEGO.....	36
III.5 PRINCIPALES SISTEMAS DE RIEGO EN MÉXICO .....	36
III.5.1 Métodos de riego superficial.....	36
III.5.1.1 Ventajas del riego superficial .....	36
III.5.1.2 Desventajas del riego superficial .....	37
III.5.2 Riego por aspersion .....	37
III.5.2.1 Ventajas del riego por aspersion .....	37
III.5.2.2 Desventajas del riego por aspersion.....	37
III.5.3. Métodos de riego localizado .....	38
III.5.3.1 Ventajas del riego por goteo .....	38
III.5.3.2. Desventajas del riego por goteo .....	38
III.5.3.3 Ventajas del riego por microaspersion.....	39
III.5.3.4 Desventajas del riego por microaspersion .....	39
III.6 DISTRITOS DE TEMPORAL TECNIFICADO .....	39
III.7. AMPLIACION DE LA FRONTERA AGRÍCOLA.....	40
III.7.1 Marco legal.....	40
III.7.2 Marco institucional.....	40
III.8 ESTRATEGIA DEL GOBIERNO PARA EL SECTOR DE REGADÍO .....	42
III.9. TARIFA DEL AGUA Y RECUPERACION DE COSTOS .....	42
III.10 INVERSIÓN Y FINANCIACIÓN.....	43
IV MÉTODOS DE RIEGO .....	46
IV. 1 MÉTODOS SUPERFICIALES O DE GRAVEDAD TRADICIONALES .....	46
IV.2 MÉTODOS SUPERFICIALES O DE GRAVEDAD TECNIFICADOS .....	47
IV.3 MÉTODOS PRESURIZADOS.....	47
IV.4 RIEGO POR ASPERSIÓN.....	48

IV.5 RIEGO POR MICROASPERSION .....	48
IV.6 RIEGO POR GOTEO.....	49
V IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO.....	51
V. 1 INFORMACIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO .....	51
V.1.1 Diseño del sistema .....	52
V.1.2 Componentes del Sistema .....	54
V.1.2.1 Fuente de Suministro de Agua.....	54
V.1.2.2 Bombas.....	54
V.1.2.3 Prevención del Contraflujo .....	54
V.1.2.4 Sistemas de Filtración.....	55
V.1.2.5 Sistema de Quimigación .....	55
V.1.2.6 Flujómetros y Manómetros.....	55
V.1.2.7 Válvulas de Control .....	55
V.1.2.8 Válvulas de Admisión/Expulsión de Aire (AEA).....	56
V.1.2.9 Equipo de Automatización .....	56
V.1.2.10 Tuberías y Conectores.....	56
V.1.2.11 Emisores .....	57
V.2 ARRANQUE DEL SISTEMA.....	57
V.2.1 Lavado, Presurización, Prueba y Ajuste del Sistema.....	57
V.2.2 Conexión de las Líneas Laterales a las Líneas Secundarias.....	59
V.2.3 Prueba de la Operación del Sistema de Riego y Relleno de Zanjas.....	60
V.2.4 Parámetros de Operación.....	61
V.3 OPERACIÓN BÁSICA DEL SISTEMA.....	64
V.3.1 Monitoreo de los Parámetros de Operación Clave .....	64
V.3.2 Programación del Riego .....	65
V.3.3 Fertiriego y Quimigación.....	72
V.3.4 Manejo de la Salinidad .....	76
V.3.5 Mantenimiento del Sistema .....	77
V.3.6 Optimización de la inversión.....	82
CONCLUSIONES.....	84
BIBLIOGRAFÍA .....	90

## **Objetivo**

Describir, analizar y aplicar la implementación del sistema de Riego por Goteo en la Región VI del Estado de México.

## **Justificación**

Existe una gran industria en el mundo, corresponde a flores frescas naturales cortadas, con destino al ornato. Actualmente se han desarrollado enormes agronegocios en torno a la floricultura, siendo el país de Holanda el primer productor en el mundo en este rubro, la flor forma parte de su cultura. El segundo exportador a nivel mundial lo encontramos en América Latina y es el país de Colombia. Por su parte México posee gran potencial en materia florícola, hasta ahora es un gigante que ha permanecido dormido, donde se observa, que lejos del agave, el maíz y la caña no se hablaba de proyectos agrícolas que fueran verdaderamente rentables a nivel nacional. No es fácil romper con las culturas agrícolas, pero los esfuerzos han llevado a desarrollar proyectos de floricultura, en dimensiones pequeñas, y están enfrentando el reto de mejorar su calidad.

La floricultura en México se encuentra regionalizada, el 90% de la floricultura del país se encuentra en el Estado de México, en los municipios de: Tenancingo, Villa Guerrero, Coatepec de Harinas e Ixtapan de la Sal. La floricultura bien entendida, es la rama más rentable de la agricultura legal. Quien cultiva flores, no le debería temer a la comercialización, a diferencias de otras actividades agrícolas que se desarrollan en México.

Solamente la ciudad de Guadalajara, consume 500 millones de pesos en flores naturales frescas cortadas, con destino al ornato. Cabe señalar que arriba del 90% de las flores que son consumidas, son importadas del estado de México. Los negocios florícolas requieren de tres condiciones indispensables para poder tener éxito en el mercado local y extranjero: calidad, continuidad y volumen.

En este sentido, la regla de oro de la comercialización, es presentar un producto de buena calidad, que tenga presencia en el mercado y volumen de producción para cubrir los compromisos. A estas tres condiciones cuando se reúnen en una sola los floricultores la denominan: consistencia. Si los cultivadores actuales que carecen de estas características, cuando se acerca el día de la madre estarán tristes, por no contar con mayores cantidades del producto. Dentro del calendario, encontramos picos que elevan el precio del producto como: 14 de febrero, día de las madres, día de las secretarías, graduaciones, día de los muertos, día de las Lupes y navidad. Para aprovechar estas

fechas es posible calcular la producción en invernadero para cubrir la demanda y obtener mejores precios.

Los tres tipos de flores más vendidas en México son: rosas, crisantemos y claveles. Una sola rosa vale de 2 a 3 pesos en tiempo de baja demanda y hasta 5 pesos en las fechas señaladas. En cuanto a los crisantemos oscilan entre 10 y 20 pesos cada uno, las lilas de 70 a 100 pesos el paquete de 10 tallos, la orquídea: 60 a 70 pesos. La floricultura debe ser abordada siempre y cuando la gente se entusiasme por la actividad, normalmente los consumidores de este producto no advierten, que es un producto suntuario de lujo y caro, que no es necesario para vivir, por lo que se requiere de consistencia. La floricultura ha sido un excelente negocio en Colombia y Ecuador.

En Estados Unidos una rosa llega a costar un dólar, pero se requiere buena calidad. Aún con el Tratado de Libre Comercio a los americanos les sale carísimo producir flores. Por lo que es un mercado atractivo en este sentido. En el interior de México, Jalisco, tiene todo para hacer floricultura: clima, suelos, comunicaciones, mano de obra. Todas las condiciones óptimas para hacer floricultura de exportación. Una planta de rosa da: 15 tallos, por 70 mil rosales por hectárea de invernadero es capaz de producir más de 1 millón de rosas por hectárea por año.

El cultivo de la gerbera en invernadero posee una población de 54 mil plantas por hectárea, por 35 flores por planta por año: casi 2 millones de gerberas por planta por año. La gente se concentra en el mercado de Guadalajara, pero existen otros mercados en el que pueden ser exportados, en el interior de México para mandar el producto a lugares como Tijuana, en donde carecen de producción y existe gran demanda por la flor.

Se carece de un marco de planeación de mediano y largo plazo que le dé rumbo y definición estratégica en la formulación de políticas y proyectos. Es sumamente precario en el análisis y sistematización del mercado. No se realiza un seguimiento de los proyectos, que permita reconocer y atender los obstáculos a su consolidación; tampoco se ha establecido un mecanismo efectivo para la recuperación de apoyos crediticios otorgados en los últimos años. No se tiene elementos informativos que orienten al productor hacia modelos productivos, mercados y especies más atractivas. Un alto costo de los paquetes tecnológicos, falta de capital y operación, falta de asistencia técnica adecuada y carencia de capacitación y redes modernas de comercialización, elementos que inciden directamente en el desarrollo de la horticultura ornamental.

Asimismo, es necesario el apoyo a centros reproductores de material vegetativo, construcción o rehabilitación de invernaderos y viveros, tecnificación de los mismos, mayor manejo integrado de plagas e infraestructura para la comercialización, emparadoras, contenedores refrigerados, transporte especializado, tecnologías postcosecha, etc.

Los impactos de las políticas en el sector se han centrado en el desarrollo de la infraestructura productiva en invernaderos, dejando en un plano secundario otros elementos de igual o mayor importancia, tales como la tecnificación de los propios invernaderos, la construcción de centros de reproducción de material vegetativo, la infraestructura para la comercialización y la provisión de una asistencia técnica apropiada a la especificidad de la actividad.

Las ventajas competitivas de nuestro país, por su clima y ubicación geográfica, no han sido suficientes para promover la competitividad en el sector de horticultura ornamental, el cual se ha basado en el uso de mano de obra barata. Por ello, es urgente establecer un programa a nivel nacional y estatal que contribuya al fortalecimiento de las capacidades del sector, mediante políticas integrales de apoyo en la capitalización, inversión, tecnificación, capacitación y conformación de cadenas de valor; así como inversiones en tecnología de producción y postcosecha y desarrollo de canales de comercialización. Lo anterior, en un marco de equidad social y de mejoramiento de los niveles de bienestar de los que participan en esta actividad. La estrategia a seguir deberá ser lograr la competitividad del sector hortícola ornamental, a través del fortalecimiento del mercado interno, sin perder de vista la evolución hacia la profesionalización e inserción en el mercado internacional, aprovechando las ventajas comparativas que tiene México. Es recomendable actuar bajo esquemas de agricultura por contrato con las empresas, que ya tienen un emplazamiento competitivo en los mercados de mayor potencial y que han iniciado esquemas de desarrollo de proveedores. Impulsar el desarrollo de proyectos demostrativos y replicables, a cargo de organizaciones de productores bien establecidos en la actividad, que conjuguen todas las fases de desarrollo del negocio e integrar a grupos de productores interesados mediante el desarrollo de proyectos productivos viables.



## **Capitulado**

Capítulo I. Se presentan los antecedentes de la floricultura en México, el lugar que ocupa la comercialización de las flores en el contexto mundial,

Capítulo II. Dentro de este capítulo se plantea la problemática de la producción de la flor en México, su desarrollo tecnológico, y los sistemas de producción utilizados.

Capítulo III. En este capítulo se plantea la floricultura frente a las reservas de agua, la distribución del agua para fines de riego, la importancia de la tecnificación de los sistemas de riego empleados en México.

Capítulo IV. Se describen los diferentes métodos de riego, sus características, ventajas y condiciones.

Capítulo V. Se detalla el sistema de Riego por goteo, indicando paso a paso su implementación, diseño, puesta a punto, arranque del sistema, mantenimiento y la optimización de la inversión, realizado en conjunto con floricultores de la Región VI del estado de México, específicamente los municipios de Villa Guerrero, Tenancingo, Ixtapan de la Sal, Coatepec Harinas, Tonatico, Malinalco y Zumpahuacan.

**CAPÍTULO I**  
**ANTECEDENTES DE LA FLORICULTURA**  
**MEXICANA**

## **I ANTECEDENTES DE LA FLORICULTURA MEXICANA**

### **I.1 ANTECEDENTES**

México tiene una larga tradición en el cultivo de flores tales como rosas, claveles, geranios, girasoles, y noche buenas. Nuestro país cuenta con una gran variedad climática para cultivar diversas especies de flores que son altamente demandadas en el resto del mundo, particularmente en Estados Unidos y Europa. Sin embargo, la floricultura mexicana requiere de un impulso mayor para volverse más competitiva, producir un mayor volumen y variedad de flores y conquistar más mercados en el exterior.

Según la Asociación Nacional de Productores de Horticultura, en 2008 se sembraron a nivel mundial 533 mil hectáreas de flores y plantas. El valor de la producción mundial de flores y plantas alcanzó 31 mil millones de dólares, concentrándose en Europa el 46%.

México cuenta con 16 mil hectáreas dedicadas al cultivo de flores de ornato en las cuales se producen cerca de 83 mil toneladas de flores. El 80% de la producción nacional se destina al consumo interno. El Estado de México concentra la mitad de la superficie destinada a la siembra de flores. A pesar de que la superficie a nivel nacional se ha duplicado desde 1990, aún no alcanza la magnitud necesaria para posicionar a México como uno de los mayores productores de flores a nivel mundial.

El mayor valor agregado en la venta de flores se obtiene en el último eslabón de la cadena de producción, es decir, en las florerías, cuyo negocio es la presentación del producto de manera atractiva y sofisticada al consumidor final y cuyos costos son relativamente bajos, por lo que, una mayor organización de los productores con miras a incorporarse en toda la cadena de valor, les brindaría mayores ingresos al colocar su producto de una manera más directa.

El desafío principal es lograr los volúmenes requeridos, lo que se puede impulsar ampliando la superficie de tierras dedicadas a esta actividad. Pero hasta ahora la producción de flores se ha llevado a cabo primordialmente en pequeños predios de entre 1 y 3 hectáreas. Esta baja escala de producción socava los esfuerzos de los más de 10 mil productores de flores y plantas del país para generar un nivel de producción elevado con bajos costos del mismo.

Uno de los efectos de la pulverización de la tierra es que el productor se limita a cultivar variedades de flores que no necesitan una amplia extensión territorial para ser cosechadas

y que históricamente han funcionado para la venta en el mercado nacional, como los crisantemos, rosas y claveles. Esto implica recibir precios bajos por su producto, en lugar de producir otras especies que les proporcionarían mayores beneficios.

La tendencia mundial ha variado en los últimos años; la demanda de flores exóticas como las aves del paraíso, los anturios y las orquídeas está creciendo rápidamente. Esta alternativa de producción es factible en México. Si se incorporara esta nueva tendencia en nuestro país, se traduciría en una opción que representaría un mayor valor comercial para el productor y una oportunidad de exportación a diferentes mercados selectos en el consumo de flores de alto valor.

Para lograr lo anterior, el sector necesita acceder a financiamiento para la adquisición de nueva infraestructura, así como recibir una adecuada capacitación para el uso de la tecnología de punta, que permita desarrollar técnicas de utilización de fertilizantes y plaguicidas más limpios y seguros para el organismo humano y el medio ambiente. Las organizaciones y uniones de productores deben fortalecerse, de manera que puedan distribuir y comercializar las flores en los mercados nacional e internacional, reduciendo sus costos e incrementando sus ingresos y así elevar la calidad de vida de todas las familias que participan en dicha actividad.

## I.2. LAS FLORES EN EL MUNDO

Los mercados internacionales con más alta potencialidad de crecimiento son las hortalizas, los productos ornamentales y las flores frescas. El mercado mundial de flores está valorado en \$49 mil millones de dólares americanos anuales; la Unión Europea se ubica como uno de los principales productores, importadores y consumidores en el mundo.

**Tabla 1. Principales países productores y Consumidores de Ornamentales**

País / Región	Superficie (Ha)	Producción
Europa		9,679
Estados Unidos	20,181	3,116
Japón	17,569	2,550
Mundial	189,000	17,000

*Fuente: Floricultores Internacionales, 2004. World Floriculture Industry, Part III Publishers. The Netherlands*

Los países europeos se ubican como los mayores consumidores de plantas ornamentales; dadas las condiciones climáticas y económicas estos países constituyen un mercado potencial muy atractivo para México. Por otra parte, la elasticidad ingreso de la demanda por estos productos favorece que bajo una estructura de costos apropiada se pueda considerar como un mercado de altas posibilidades a la exportación.

Las rosas son el producto más demandado por las naciones europeas; aunque es un producto delicado por ser perenne, existen oportunidades de que incorporando conocimiento tecnológico y las facilidades de comunicación internacional se pueda favorecer la exportación de este producto.

Alemania presenta una alta demanda de flores cortadas en las variedades más comunes de nuestro país. Esta situación, aunada a su elevado ingreso contribuye a percibir a este país como un destino atractivo para la exportación de estos productos. No obstante debe tomarse en cuenta que Holanda es un productor importante de follaje y flores; además de que su cercanía al mercado alemán lo coloca como un competidor cercano. Sin embargo, dado que la estación invernal es prolongada, México puede aprovechar esta ventaja climática para incidir en el mercado. Aunque en términos de consumo Italia es proclive a la demanda de flores, su clima y nivel de ingreso lo hace un país menos atractivo a esta exportación. Las otras naciones europeas de fuerte inclinación a la demanda de estos productos son los países nórdicos aún cuando en menor medida que el mercado alemán.

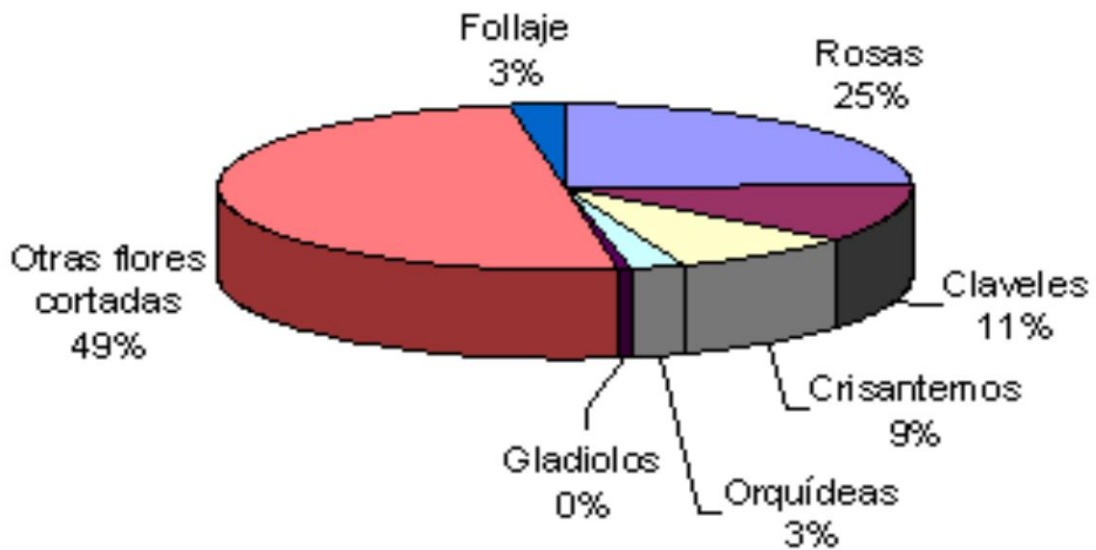
**Tabla 2. Consumo per cápita (U.S. dólares) de plantas ornamentales, en los principales países consumidores**

País	Flores	Plantas	Total
Noruega	58.09	68.66	126.75
Suiza	55.45	63.37	118.83
Suecia	40.67	62.58	103.51
Dinamarca	33.27	68.13	101.40
Italia	67.07	26.93	94.01
Alemania	64.29	18.37	82.66
Austria	35.38	33.80	69.18
Holanda	40.67	25.35	66.02

<b>Bélgica</b>	31.16	29.57	60.73
<b>Francia</b>	26.93	24.29	51.23
<b>Estados unidos</b>	23.77	19.54	43.31
<b>Gran Bretaña</b>	20.60	7.39	27.99
<b>España</b>	12.15	8.98	21.12

Fuente: Floricultores Internacionales, 2004. World Floriculture Industry, Part III Publishers. The Netherlands

**Imagen 1. Principales Productos Demandados por Países Europeos**



Fuente: Eurostat.

Imagen 2. Principales Importadores de Flores Cortadas

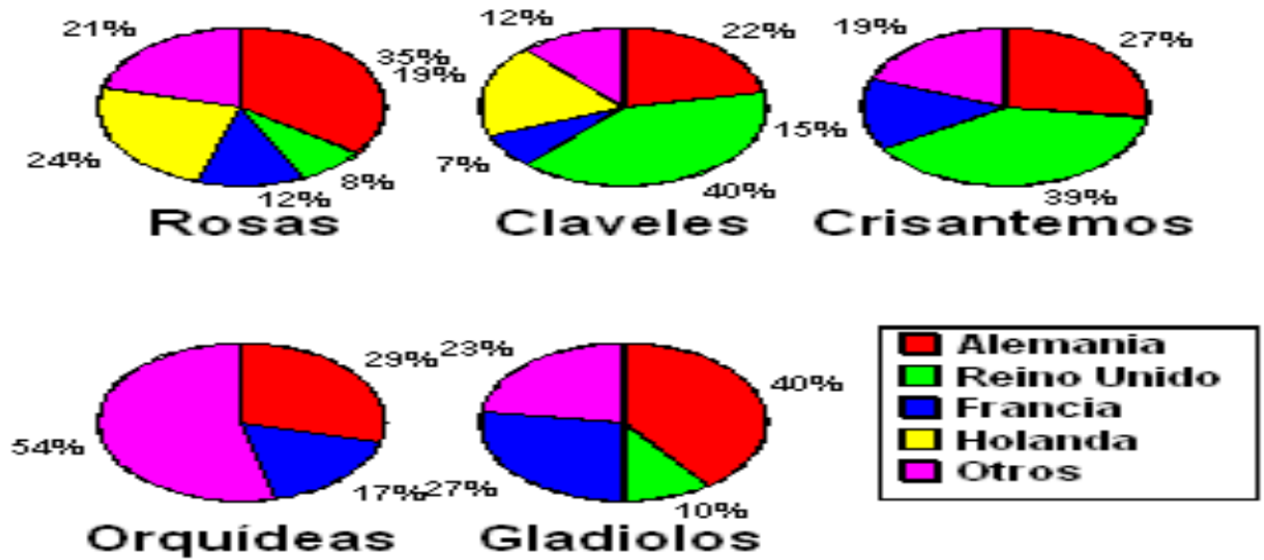
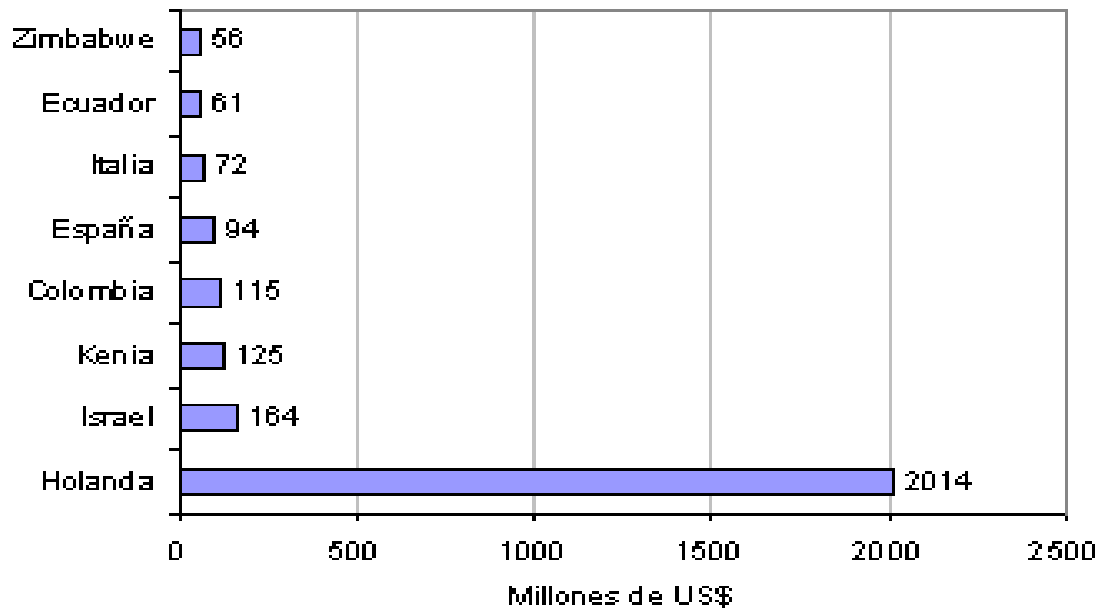


Imagen 3. Principales Proveedores de Flores y Follaje



Otro mercado atractivo para esta industria es el americano. Entre los principales proveedores de este mercado se encuentran:

- Canadá
- Colombia
- Costa Rica
- México
- Peru
- Israel
- Ecuador

### **I.3 LA FLORICULTURA EN MÉXICO**

En México se ha observado un incremento en la horticultura ornamental en los últimos años debido a que la situación económica del país ha obligado a la diversificación de ésta.

La ventaja que ofrece la explotación de los ornamentales es la gran variedad de diseños y especies por las que se puede optar ya que no existe un estándar en las dimensiones de los terrenos para la instalación de un módulo para la explotación ornamental. Se estima que la floricultura nacional cuenta con una cifra superior a las 8,000 ha. (2004), de las cuales, el 95% se encuentra representado por cultivos a cielo abierto y tan sólo el 5% por superficie bajo invernadero (Fuente: CECAF).

La exportación de ornamentales se ha incrementado notoriamente desde 1979 y actualmente representa un valor de 30 millones de dólares, sin embargo, esta tendencia no se considera de una magnitud significativa si se toma en cuenta que tan sólo abastecemos el 3% del volumen que importa Estados Unidos (Colombia cubre el 60% de estas importaciones). Son doce las especies principales en las exportaciones mexicanas a los Estados Unidos.

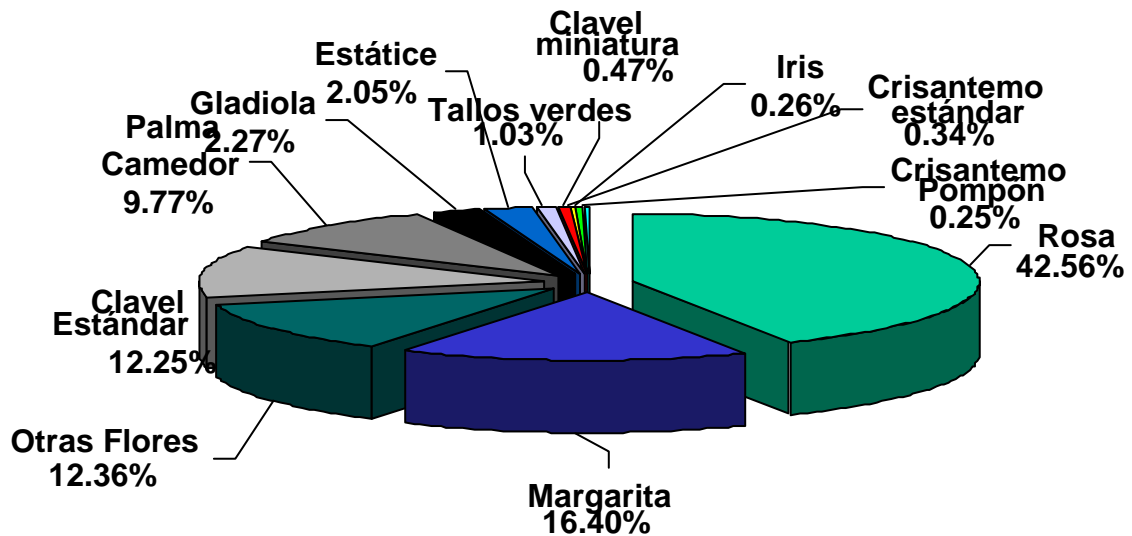


**Tabla 3. Valor de las exportaciones de México en plantas ornamentales**

Año	Millones de Dólares
2007	58.1
2008	58.4
2009	53.4
2010	56.0

Fuente: bancomext

**Imagen 4. Importaciones realizadas por EUA de Flores frescas de México, 2010**



Fuente: CECAF

#### I.4 PROBLEMÁTICA DEL SECTOR DE MÉXICO

Aún cuando el valor de las exportaciones y la variedad de los productos exportados no son de gran magnitud, se participa en un amplio número de mercados. En 1990 México

exportó 13.8 millones de dólares a 18 países. Del total exportado, 98% se envió a Estados Unidos y Canadá, y 12% a otros 16 países.

A raíz de 1994, con la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio, el sector de la floricultura no fue la excepción en empezar con problemas. En 1994 México ya exportaba una buena cantidad de productos florícolas a Estados Unidos y Canadá, pero la reglamentación vigente en el mercado, como los requisitos de embalado, marcado, requisitos fitosanitarios, etc., aunados a la política de desgravación arancelaria impidieron el crecimiento proyectado para los años siguientes al TLC.

La competencia internacional también fue un factor importante. En esta época, países como Colombia, Israel y Holanda, invirtieron en la mejora de sus procesos productivos de la floricultura desplazando a los productos mexicanos en cantidad y calidad.

Por otro lado, México no se ha preocupado por abarcar otros mercados. Hoy, más del 85% de las exportaciones se dirigen a Estados Unidos y una pequeña parte se dirige a Europa, que es un mercado potencialmente más grande para comerciar. Los mercados asiáticos también están en crecimiento; su consumo de flores es cada vez mayor lo que sin duda debe ser aprovechado por nuestro país.

La producción de flor de exportación representa actualmente el 10% de las 8,416 hectáreas totales de flores y plantas que se cultivan en el país y ha generado una captación promedio de 20.3 millones de dólares anuales.

No obstante, la respuesta de la floricultura no fue la esperada debido a:

- Parcial intercambio tecnológico entre productores, falta de capacitación.
- Baja respuesta a la organización para integrar un transporte en bloque a la exportación.
- Escasa seriedad y fiabilidad ante el importador.
- Deficiente transporte aéreo comercial para la floricultura.

Si se solucionaran los problemas anteriores, la participación de la floricultura nacional incrementará su participación en el mercado externo, no tan sólo en flores de corte, sino también en esquejas y plantas de follaje.

## **I.5 COMERCIALIZACIÓN INTERNA Y EXTERNA**

Alrededor del 90% de la producción nacional se destina a los mercados nacionales y el resto es enviado a los mercados internacionales. Las características principales de la comercialización nacional son:

1. Inexistencia de índices de calidad
2. En el manejo postcosecha, las flores son atadas o depositadas en cajas y trasladadas en camiones descubiertos, junto con otros productos, repercutiendo en la vida de anaquel del producto.

De 1989 a 1993 creció en valor las exportaciones de flores frescas o de corte, esto se debió en gran parte, por la diversificación de mercados de destino, ya que, en 1989 el 95% del valor de la exportación mexicana estaba destinado a los Estados Unidos. Sin embargo, entre 1990 y 1991 la República Federal de Alemania, Francia y Japón comenzaron a figurar como mercados alternativos para la flor mexicana.

También se ha ampliado la red de países que importan flores vivas de México, sin embargo, Estados Unidos y Canadá continúan siendo los principales importadores de estos productos.

## **I.6 PRINCIPALES IMPORTADORES DE FLORES PROCEDENTES DE MÉXICO**

### **I.6.1 Canadá**

Canadá tiene una población altamente consumidora de flores frescas y su producción local no logra satisfacer su demanda, por lo cual se ven obligados a importar flores del exterior. El país que más flores exporta a Canadá es Colombia, seguido por Ecuador, EUA, los países Bajos y en quinto lugar México

### **I.6.2 Estados Unidos de América**

Algunos factores que han influido en la transformación del mercado de flores frescas son: los nuevos estilos de vida donde se tenga más eficiencia y comodidad, el aumento de la población, los diferentes usos que se les dan a las flores, y las tradiciones y costumbres traídas a este país por los inmigrantes.

Colombia también es el principal exportador de flores frescas a Estados Unidos, seguido por Ecuador y en cuarto lugar se encuentra México (1994-1997).

### I.6.3 Otros destinos

México, como ya mencionamos, tiene su principal comercio de flores con EUA y Canadá.

Para los floricultores mexicanos, el mejor punto de comercio es Vancouver, Canadá, por la cercanía, calidad, clima, además del TLC, entre otros.

Entre las variedades con mayor potencial exportador son: el ave de paraíso, anturio, gladiolo, clavel, rosa y follaje.

México ha aumentado sus exportaciones de flores a Canadá en los últimos años, siendo los principales competidores: Colombia, Ecuador, Estados Unidos y los Países Bajos, ninguno de los cuales se encuentra tan cercano geográficamente hablando, a excepción de Estados Unidos.

**Tabla 4. Canadá: importaciones mundiales de Flores (Millones de dólares)**

País	2008		2009		2010	
	Valor	%	Valor	%	Valor	%
<i>El mundo</i>	62.6	100.0	62.8	100.0	67.8	100.0
<b>Colombia</b>	29.2	46.6	27.9	44.5	28.5	72.1
<b>Ecuador</b>	8.9	14.2	10.1	17.5	13.7	20.2
<b>EE.UU.</b>	10.9	17.4	10.2	16.2	9.5	13.1
<b>Países Bajos</b>	4.5	7.1	4.1	6.6	5.6	8.2
<b>México</b>	1.5	2.4	1.7	2.8	2.0	2.1

Fuente: World Trade Atlas 2010

México debe reorientar el destino de su producción florícola y atender el mercado de exportación, que durante doce años se han estancado con una participación inferior al 5% en el mercado de Estados Unidos, donde Colombia, Costa Rica y Ecuador lo superan, a pesar de no contar con acuerdos comerciales y ubicarse más distantes respecto a esta nación. El mercado de plantas y flores, Floracopio, ubicado en el Estado de México, puede ser una alternativa para fortalecer el comercio de estos productos en el ámbito local e internacional.

La floricultura del país ha crecido en superficie sembrada, en últimos ocho años sumó 5 mil hectáreas, posicionando a México entre los primeros cinco países en extensión de ornamentales. La producción se realiza en 15 estados, gracias a la diversidad de microclimas y México tiene una posición privilegiada con respecto a uno de los mercados de consumo más importante del mundo, Estados Unidos.

## **I.7 CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES PAÍSES PROVEEDORES MUNDIALES**

### **I.7.1 Holanda**

En Holanda hay 5,000 productores de flores, 7,625 hectáreas cultivables, de las cuales el 70% es de invernadero. La mayor parte de su producción florícola es obtenida a través de invernaderos. El éxito de este país como exportador de flores se debe al sistema de comercialización interno y externo, el cual se hace a través de una subasta, única en su género. La calidad de las flores holandesas es alta, pues han desarrollado diferentes y eficientes métodos de cultivo. Además de la incorporación importante de mecanismos automatizados para su cultivo (Fuente: Bancomext).

### **I.7.2. Colombia**

Es el segundo luego de los Países Bajos. Sus principales productos exportados son: claveles, crisantemos y rosas, aunque ahora incluye diversas especies de flores.

Causas de su éxito como exportador de flores:

- Posee un clima favorable, condiciones climáticas tropicales.
- Mano de obra barata.
- Tiene normas de producción elevadas y la industria se ha ganado una buena reputación por su constancia en la producción de alta calidad.
- Cuenta con tecnología de producción y postcosecha de punta.
- Captación de inversión extranjera.
- Apoyo gubernamental: subsidios a insumos, carga arancelaria a la importación nula.
- Desarrollo de canales de comercialización en los mercados objetivos.
- Programa de capacitación principalmente en la mano de obra.

### **I.7.3 Israel**

Su sector florícola está formado por un gran número de pequeños productores. El control de calidad es estricto y las flores se manipulan en una cadena fría completa del campo a la empacadora y al centro de distribución.

# **CAPÍTULO II**

## **LA PRODUCCION DE FLOR EN MÉXICO**

## II LA PRODUCCIÓN DE FLOR EN MÉXICO

### II.1 AUGES DE LA PRODUCCIÓN

La floricultura en México se expande notablemente entre 1980 y 1990, pues la superficie dedicada a ella crece de cerca de 3 mil hectáreas a más de 13 mil en estos años. Aunque el porcentaje que significa la superficie sembrada de flores en relación con el total agrícola nacional es mínimo –de apenas 0.04% de la superficie agrícola cosechada total en 1991–, destaca que el valor de este producto resulta significativo en relación con la superficie, sobre todo en los estados de México y Morelos. En el primero, el valor de las flores representa 8.7% del total agrícola estatal y en el segundo 18.5%. Con respecto a las gruesas (doce docenas) cosechadas en 1991, la gladiola es el producto más significativo, con 297 gruesas cosechadas, seguido del clavel, con 228 y del maragaritón con 141.

El volumen producido creció en los ochenta, pues la superficie cosechada se incrementó en 3.49% entre 1981 y 1984. En particular, la producción de rosa casi se triplicó, al pasar de 2 480 toneladas en 1996 a 7 220 en 1999. Para 1991, aunque la superficie ha disminuido 29%, la producción en toneladas aumentó a 7 822, lo que puede relacionarse con una intensificación de la producción, por el crecimiento de la superficie bajo invernaderos.

En México existen alrededor de 10 mil floricultores de campo abierto y entre 100 y 150 productores de exportación en invernadero, que ocupan alrededor de 600 hectáreas. Es en Villa Guerrero, estado de México, donde se localiza el 70% de la floricultura de exportación (Floricultura intensiva, 1992). La mayor empresa de México en el ramo es Visaflor, que está claramente adelante del resto y tiene 30 hectáreas de invernadero en producción. Cuenta con un sistema de producción refinado y un punto de distribución en Houston. Esto permite entender que cuente con capital de riesgo para su expansión en proyectos.

Existen otras empresas en plena expansión: Florymar, de Villa Guerrero, Estado de México, exportó flores con valor de 100 mil dólares en Estados Unidos en 1991. Entre las principales empresas exportadoras podemos mencionar: Agroindustria la Rosa Azul y Q-Flor, Querétaro; Unión de Productores de Flor el Edén, Atlixco, Puebla; Fiestamor, Morelos (el proyecto de participación gubernamental); Flor de Altura, Puebla; Súper Rosa Monrog y Florymar de Villa Guerrero, Estado de México; Gimsaflor y Mexblumen, de Tenancingo, Estado de México.

Para México, sólo Estados Unidos constituye una oportunidad importante, aunque hay floricultores en Villa Guerrero que comercializan su producción regularmente en Canadá y existe un proyecto del grupo visaflor, con financiamiento de Nacional Financiera, para



alcanzar los mercados japonés y europeo. Dicho proyecto es ambicioso: pretende una capacidad instalada para producir anualmente 53.1 millones de tallos (mdt) de rosas; 3.1 de clavel; 1.2 de gerbera; 2.2 de nerine; 3.5 de liliium y 0.8 millones de tallos de otras variedades.

El monto total de las inversiones a efectuar es de 23 521 millones de dólares (mdd), de los cuales: 20.1 (el 86%) serán inversión fija; 3.4 (14%), inversión diferida y 100 mil dólares al capital de trabajo inicial. El proyecto se ha denominado cosmoflor y en él participan las empresas filiales y asociadas al grupo Visaflor, integradas vertical y horizontalmente, entre las que se pueden mencionar: Visaflor, Flores Selectas de México, Invernaderos Tecnificados (Invertec), Empacadora Mexicana de Flores, Florcalli, Multivía, Transamérica Floral, Hulco Blumen y Flores de Oro. .

México tiene un enorme mercado interno, una riqueza apreciable en germoplasma no menor de 30 mil especies, y la producción históricamente se ha destinado al mercado interno. Por ello, la producción de exportación había quedado sólo como posibilidad, hasta los años ochenta, en que la política económica de liberalización comercial creciente evidenció ventajas en producir flores para el mercado internacional, principalmente el estadounidense.

En los años noventas, Fira y Bancomext han puesto en práctica un Programa Especial para la Floricultura de Exportación (pefe), el cual ha identificado 33 proyectos que implican la ampliación de 639 hectáreas para cultivar flores en invernadero. Para echar a andar el pefe se han destinado 812 millones de dólares, de los que aproximadamente la mitad es capital de riesgo. Este programa tiene como meta generar divisas por 200 millones de dólares anuales como mínimo, la actual es de 25 millones de dólares. Ello implica aumentar la participación de México en el mercado mundial de 1% con el que participa en 1989, a 2% (fira, 1989, p. 28).

Resulta evidente, dentro de la pérdida de importancia del sector agropecuario en el actual proyecto neoliberal, el interés gubernamental por promover la floricultura de exportación, la cual se inserta perfectamente en los objetivos de esta política económica como generadora de divisas. No cabe duda de que la exportación de flor mexicana, sobre todo a Estados Unidos, está registrando un incremento significativo. Según datos de SECOFI, en 1990, cuarenta y dos empresas mexicanas de floricultura fueron responsables de exportar a Estados Unidos 112.5 millones de tallos de diversas flores, con un valor de 13.8 millones de dólares. El valor total de las exportaciones a este país en 1990 fue de 12.866 millones de dólares y el 93.32% de éstas se vendió en el mercado estadounidense. Canadá siguió con distancia a Estados Unidos como el principal comprador, con el 4.25% de las exportaciones mexicanas.

La transportación se hace en su mayor parte por vía aérea, que resulta lo más viable por la atomización de la demanda: no existen compradores de grandes volúmenes en el mercado norteamericano, aunque los productores tengan capacidad de mayor escala. Es una rama sumamente competitiva. Una ventaja que se puede tener es la relación con un comprador confiable, dado que es frecuente que los compradores norteamericanos hagan falsas reclamaciones por el deterioro del producto o retrasen pagos. Esta información se confirmó en las entrevistas a los productores de Villa Guerrero, en 1993.

Otra debilidad de los exportadores mexicanos es que adolecen de información acerca de los mercados, dado que el mercado de la flor se caracteriza por súbitas y bruscas variaciones de precios. Además, ciertos meses representan fechas pico importantes: el 14 de febrero, que coincide con el invierno y abre nichos para exportadores a Estados Unidos, así como el 10 de mayo en México y una fecha cercana móvil en Estados Unidos, época de primavera en que comienza a aumentar la oferta estadounidense. Estos meses marcan dos temporadas de distinta demanda de la flor, pues la producción de exportación en invierno (noviembre a febrero en algunas zonas de Estados Unidos y noviembre a marzo en Canadá) se da en la época en que el precio es rentable, por la escasez de producción interna en los países compradores. Durante el verano, la oferta interna de flores en Estados Unidos y Canadá conduce a que el precio baje y resulte más atractivo para los floricultores mexicanos vender al mercado nacional.

Es conocido el dominio que ejercen las grandes corporaciones holandesas, francesas y estadounidenses respecto al material genético de la floricultura. La inversión extranjera puede ser atraída para usar a México como puente para introducirse en el mercado estadounidense, ya que el mercado florícola interno resulta limitado para la cobertura de estas empresas.

En lo que respecta a los floricultores tradicionales a cielo abierto, se dedican al mercado nacional, el cual no demanda alta calidad. Estos floricultores no pueden lograr la calidad de exportación por falta de infraestructura e insumos. Dicho sistema de producción adolece de un manejo y de un modo de cosechar adecuados. A pesar de ello, no se puede minimizar la importancia de la floricultura tradicional para mercado interno, que en Xochimilco, Distrito Federal, representa una fuente importante de empleos e ingresos, según consta en estudios recientes acerca del tema (Canabal et. al., 1992).

Los productores tradicionales representan un sector potencial importante de aplicación de la biotecnología, que en la actualidad no ha tenido acceso a estas técnicas. Ello contrasta con el hecho de que la mayor parte de los centros e institutos de investigación que realizan cultivo de tejidos y micropropagación, lo hacen en especies ornamentales. De cualquier manera, para que las plantas clonadas puedan rendir todo su potencial, requieren de las condiciones controladas del invernadero, por lo cual la innovación tecnológica induce un aumento de costos en capital fijo.

## II.2 PROBLEMÁTICA DE LA PRODUCCIÓN DE FLOR EN MÉXICO

A pesar del enorme potencial que existe en el mercado florícola y de las amplias ventajas competitivas de la flor mexicana, ésta no ha logrado atender la demanda internacional.

Así, la nuestra ha sido desplazada por la flor colombiana y ecuatoriana, que, además de calidad, ofrecen lo que todavía parece un reto inalcanzable para México: producir grandes volúmenes.

La flor mexicana está muy lejos de poder aprovechar el Tratado de Libre Comercio con la Unión Europea y exportar en forma a aquellos países, a pesar que las exportaciones al viejo continente quedarían libres de aranceles, principalmente por la falta de tecnología, recursos y conocimiento para hacer de la producción florícola un negocio redondo.

Los floricultores de la región mexiquense, encargados de atender parte de la demanda extranjera, reconocen que aún no están preparados para irrumpir en un nuevo mercado, porque ni siquiera han logrado acabarse el pastel que tienen en la unión americana.

## II.3 LA FLORICULTURA EN EL ESTADO DE MEXICO

La floricultura es una actividad joven en el Estado de México. Pese a que inició hace 55 años, en el municipio de Villa Guerrero, cuando una familia japonesa empezó a sembrar flores y a demostrar a los campesinos de la zona que esta actividad es mucho más rentable que la siembra de hortalizas y maíz; el auge lo tuvo apenas hace 12 años, cuando se fue expandiendo a más de una decena de municipios, que la adoptaron como su principal actividad económica.

En la zona colindante con Morelos y Guerrero, está ubicado lo que hoy se conoce como el corredor florícola mexiquense, integrado por los municipios de Tenancingo, Villa Guerrero, Ixtapan de la Sal, C Tonatico, Zumpahuacán, Malinalco y Coatepec Harinas.

En esta zona se siembra una superficie superior a las 2 mil 500 hectáreas, de las cuales 80% son al aire libre y el 20% restante, con tecnología de invernaderos.

De acuerdo al presidente del Consejo Mexicano de la Flor, Ricardo Degollado Gutiérrez, el consumo mundial de las flores, follajes y plantas de maceta en 1999 fue de aproximadamente 30 mil millones de dólares; mientras que el valor del comercio internacional de productos florícolas alcanzó los 6 mil 200 millones de dólares. De éstos, 62% correspondió a flores cortadas, 10% a follajes y 28% restante a flores de maceta.

## II.4 MÉXICO EXPORTADOR

Las exportaciones de México durante 2009 representaron 55 millones de dólares y ubicaron a esta nación en el número 17 a nivel mundial, superada por Colombia y Ecuador, cuya exportación de flores alcanzó 560 millones y 160 millones de dólares, respectivamente, es decir, 10 y dos veces más que México.

Existe amplio potencial en México para superar estas exportaciones, pero hace falta apoyo de los tres niveles de gobierno para que la floricultura repunte.

Además de Estados Unidos, la flor mexicana ha llegado a Japón, Taiwán, Filipinas y además países europeos, aunque no con el mismo nivel que lo hace al país del norte, donde existe una amplia demanda insatisfecha por falta de volumen; y es que muchos floricultores le temen a exportar y se han conformado con atender el mercado interno, pese a presentar signos de saturación.

Ya existen acuerdos con la Unión Europea para intercambiar tecnología en materia de floricultura y para que se den subsidios de 50% del valor de cada nueva infraestructura que se construya.

Vendrán técnicos florícolas franceses y holandeses a la entidad para brindar asesoría especializada en el sector; se importarán materiales de la más alta calidad para que sigan conservándose las 75 mil fuentes de empleo.

## II.5 EL DESARROLLO TECNOLÓGICO

Los floricultores reconocen que uno de los principales problemas que les impiden consolidarse como exportadores, es la falta de tecnología, recursos y conocimiento; la mayoría de quienes hoy se dedican a esta actividad eran campesinos de chícharo o haba, que optaron por sembrar un cultivo más rentable.

En el Estado de México se destinan 2 mil 605 hectáreas al cultivo de ornamentales y existe un padrón de 5 mil 530 floricultores distribuidos en 16 municipios, comprendidos en cinco regiones.

La mayoría de ellos son pequeños y microproductores, quienes cuentan con talleres familiares que no tienen la vocación exportadora como algo nato, donde están agrupados 38 productores, más de la mitad son del Estado de México, el resto de Oaxaca, Michoacán y Puebla.

Esta asociación, indica, agrupa a organizaciones con un nivel tecnológico superior a la media; todos tienen potencial exportador. Además de Aspoflor existen por lo menos cinco organizaciones que agrupan a productores de menor cantidad de hectáreas y del sector más tradicional.

Otra gran diferencia entre los pequeños y grandes productores es el tipo de cultivo, pues mientras los pequeños siguen tratando de cultivar a cielo abierto casi 80% de su extensión, sin tomar en cuenta el tipo de cultivo, los grandes floricultores dedican 80% de su tierra al invernadero, donde suele tener mayor control en la siembra y combatir las plagas.

Los pequeños productores siguen optando por el mercado nacional, pese a sus vaivenes económicos y a que tienen que hacer mayor esfuerzo de venta.

Como las flores suelen ir a centrales de abasto, el mercado está ya muy saturado; todo tiende a centralizarse y a generar una competencia interna, enfrentándose en la misma central el micro y gran productor, entre quienes la diferencia sigue siendo la calidad del producto, que permite alargar más el tiempo de vida de la planta.

## **II.6 EL CAMINO DE LA EXPORTACION**

Quienes exportan lo hacen por sí solos, en ocasiones ofreciendo su producto en otro país y en otras, recibiendo ofertas en sus ranchos; sin embargo, la fuerte demanda que existe en el interior del país, orilla a muchos floricultores a conformarse con esta parte del mercado y a minimizar la exportación.

En cambio, en países como Colombia y Ecuador, donde el consumo interno es casi nulo, la exportación es el único camino para vender y han logrado colocar su producto por encima de otros países y superar hasta 10 veces en ventas a México, que a pesar de estar más cerca del mercado estadounidense, y tener el tiempo y fletes a su favor, no ha logrado desbancarlos.

Los colombianos y ecuatorianos, tienen a la exportación siempre en la mira, sus estándares de producción, metas y estrategias están bien definidas porque conocen el mercado.

México, en cambio, en ocasiones exporta. Pero no es sólo por problemas económicos, por la falta de créditos, sino por la inexistencia de estudios de mercado que permita afinar y planear sus esfuerzos para dar tiros más certeros; además de que el mercado extranjero exige volúmenes muy altos de producción, y sin alianzas o asociaciones esto parece ser imposible.

Cuando un cliente quiere establecer una relación comercial pide variedad de especies, entre ocho y 10 tipos de flores, cuando los productores tienden a especializarse en dos o tres variedades o especies, entonces el comprador tiene que visitar a diferentes productores, hacer negociaciones con ellos, para poder llevarse el surtido completo para tener descuento en el flete.

De la calidad, indicó que la flor mexicana es bastante competitiva, pero aún se tiene que mejorar su imagen, pues no basta sólo ofrecer un mejor precio, sino garantizar un volumen determinado de producción.

En México la horticultura ornamental toma lugar principalmente en 12 estados, siendo estos: Baja California Norte, Chiapas, Colima, Distrito Federal, Jalisco, Estado de México, Morelos, Puebla, Veracruz, Yucatán, Michoacán y Guerrero. A nivel nacional se estima una superficie cultivada de 15 mil hectáreas de plantas en contenedor (maceta y bolsa), flor de corte, follaje de corte, árboles, arbustos, enredaderas, setos, cubre suelos, y exóticas, entre otras. Esta actividad genera en promedio de 8 a 12 empleos por hectárea de manera permanente beneficiando alrededor de 150 mil familias.

A nivel nacional no se cuenta con estudios y diagnósticos actualizados relativos a la horticultura ornamental que puedan servir de apoyo a la definición de estrategias y la formulación de políticas y programas. En el ámbito estatal, son pocas las entidades gubernamentales que cuentan con algún estudio o diagnóstico.

En el aspecto de apoyo institucional, el Programa Desarrollo de la Horticultura Ornamental inició sus actividades en 1998, como un componente más de "Alianza para el Campo". En el empeño de lograr estándares internacionales de competitividad de la actividad de ornamentales y en el marco de un desarrollo sustentable, los gobiernos federal y estatal han asignado una importante cantidad de recursos técnicos y financieros a dicho Programa

Existen organizaciones de productores de ornamentales en varias entidades del país. Sin embargo, su participación en el diseño y planeación de programas ha sido nula o incipiente. El Consejo Mexicano de la Flor integra a una parte importante de productores y dentro de sus funciones está organizar congresos con temas de actualización de la producción mundial de cultivos ornamentales, determinar la potencialidad de México sobre mercados y productos, acercando además a proveedores.

En términos generales, las organizaciones existentes sobre ornamentales tienen un marcado propósito político; y el productor recurre a ellas como una forma para acceder a subsidios gubernamentales, y son pocas las organizaciones que trascienden hacia ámbitos de fortalecimiento económico, mayor poder de negociación en los mercados y consolidar volúmenes de producción para su venta.

## **II.7 ZONAS PRODUCTORAS**

Las principales zonas productoras de ornamentales en el país se encuentran localizadas en: Estado de México: Villa Guerrero, Tenancingo, Coatepec de Harinas, Atlacomulco, Texcoco, Tepetlixpa, Toluca y Malinalco, esta región es conocida como “El corredor florícola de la entidad”.

Solamente Villa Guerrero genera el 56% de la producción total estatal. Las ornamentales cultivadas son: rosa, crisantemo, noche buena, clavel, gerbera y gladiola. El Estado de México produce el 80% de las flores que exporta el país.

## **II.8 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**

Existen tres sistemas de producción de ornamentales en el país, los cuales se diferencian por tipo de productor y nivel tecnológico.

### **II.8.1 Sistema de producción en invernadero**

Se caracteriza por un buen nivel tecnológico, estrictos controles sanitarios, con fines hacia el mercado de exportación. El segmento de los grandes productores se especializan en flores de corte, algunos realizan agricultura por contrato con productores medianos. Los principales estados con invernaderos son: Estado de México, Chiapas, Distrito Federal, Veracruz, Morelos y Puebla, todos ellos en conjunto representan el 80% de la cifra nacional de unidades de producción con invernaderos dedicados a los ornamentales.

### **II.8.2 Sistema de vivero**

Es un sistema menos tecnificado, su control sanitario no es tan estricto y su producción se orienta principalmente al mercado nacional y regional. Se utiliza media sombra e invernaderos rústicos, la mano de obra es familiar y en época de cosecha se recurre a jornaleros contratados. Los estados con mayor superficie de vivero son: Guerrero, Morelos, Veracruz, Michoacán, el Distrito Federal, Puebla y Colima; cada uno de esos estados con más de 50 hectáreas de vivero, y que en conjunto representan el 77.5% de la superficie nacional de viveros dedicados a ornamentales.

### **II.8.3 Producción a cielo o campo abierto**

Corresponde a floricultores de pequeña escala, quienes poseen una porción reducida de tierra y se contratan como jornaleros en los grandes invernaderos. Producen los mismos

cultivos, no reciben asistencia técnica y sus controles sanitarios son mínimos. La comercialización de sus productos es a través de intermediarios. Los principales estados productores a campo abierto son: Estado de México, Sonora, Veracruz, Puebla, Morelos, Guerrero, Michoacán, Baja California y Oaxaca; todos ellos con más de 100 hectáreas plantadas, que en conjunto cubren el 95% de la superficie nacional dedicada a cultivos ornamentales a campo abierto.

En México solo 10% de la producción nacional se destina a la exportación, mientras que el 90% restante abastece el mercado interno, el cual está centralizado en las tres principales regiones metropolitanas del país: Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey. Las mayores demandas y ventas de estos productos en México se presentan principalmente en febrero, mayo, noviembre y diciembre; no obstante, durante todo el año existe mercado, ya que las plantas ornamentales se utilizan en arreglos para oficinas, hogares y diversos eventos sociales.

Ante los cambios que se han presentado en el entorno mundial, los productores tienden a agruparse en diferentes formas organizativas con el propósito de hacer más eficiente y rentable esta actividad.

Algunas empresas cuentan con canales de comercialización bien definidos y ciertos productores han comenzado a integrarse en comercializadoras con el propósito de ofrecer mayor diversidad de especies en un solo lugar, unificar precios de venta en la región, realizar compras de insumos y lograr mayores ganancias. Se cuenta con tres centros de comercialización de suma importancia en el país: Central de Abastos de la Ciudad de México, Mercado de Jamaica (D.F.) y el Mercado de la Flor de Tenancingo, estado de México; de éstos se distribuye a los principales centros de consumo que son la ciudad de México, Monterrey y Guadalajara.

En estos centros prevalecen prácticas de elevado intermediarismo. Se estima que del precio final de los productos, el floricultor recibe únicamente entre un 30 a 40% de las ganancias; puesto que la mayoría de los productores venden su producción a pie de vivero o invernadero (SAGARPA,. 2004b).

El 90% de la producción del país se va al mercado interno. El principal mercado de exportación lo constituye Estados Unidos de América, país que ha duplicado sus importaciones totales en los últimos diez años, al pasar de 600 millones de dólares en 1992 a 1,157 millones en el año 2001. La participación en ese mercado pasó de 3% a 4% en ese periodo, en tanto que Ecuador tuvo un desempeño sobresaliente al incrementar su participación del 2.5% al 9%. Lo cual remite las bajas condiciones en que está cayendo la floricultura nacional que a diferencia de los principales países productores, ésta se realiza para consumo interno y no para exportación.



Es recomendable la construcción y rehabilitación de invernaderos o estructuras de producción, así como su equipamiento y tecnificación; asimismo, hay que promover el establecimiento de cámaras de refrigeración, salas de empaque y bodegas. También hay que fomentar la inversión necesaria para el establecimiento y equipamiento de centros de investigación y desarrollo tecnológico de material vegetativo, que tengan funciones comerciales y que, a su vez, sirvan para la validación y desarrollo de tecnologías bajo un esquema de apoyos recuperables.

Finalmente, es conveniente desarrollar y fomentar acciones participativas (productores, técnicos, funcionarios, académicos) para la integración de diagnósticos regionales de la actividad, que sirvan de base para la formulación de planes estratégicos de mediano y largo plazo. Lo anterior con el fin de disponer de elementos consistentes de información para la formulación de propuestas que contribuyan a la orientación de la política sectorial y brindar elementos de juicio para definir prioridades en la asignación de recursos públicos destinados a fortalecer la actividad.

## **CAPÍTULO III. LA FLORICULTURA Y EL AGUA EN MÉXICO**

### **III LA FLORICULTURA Y EL AGUA EN MÉXICO**

México es un país con gran tradición en el diseño y construcción de obras hidroagrícola, la cual se remonta a la época prehispánica. Esta tradición en el diseño y la construcción de infraestructura hidroagrícola continuó enriqueciéndose durante la época colonial y la independencia. Sin embargo, no fue sino hasta después de la Revolución Mexicana que se inicia la construcción de las grandes obras de riego, con la formación de la Comisión Nacional de Irrigación en 1926. Al crearse la Secretaría de Recursos Hidráulicos en 1946, nacen los distritos de riego, dando así mayor fortaleza institucional al país para el mejor aprovechamiento del agua en las áreas de riego. En 1976, las Secretarías de Agricultura y Ganadería, y de Recursos Hidráulicos se fusionan en la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, en donde la Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica continuó con la construcción de los distritos de riego. En 1989 se creó la Comisión Nacional del Agua como la autoridad ejecutiva única del agua.

México tiene una extensión de territorio total de 2 millones de km<sup>2</sup> y está clasificado como país árido y semiárido. El sector agrícola desempeña un papel importante en el desarrollo económico del país y representa 8,4 puntos del producto interno bruto (PIB) agrícola y emplea al 23% de la población activa. La agricultura de regadío aporta cerca del 50% del valor total de la producción agrícola y representa cerca del 70% de las exportaciones agrícolas. El gobierno de México ha puesto en marcha una serie de reformas estructurales en el sector del agua dirigidas a introducir administración y sistemas de riego modernos.

#### **III.1 LA VOCACIÓN AGRÍCOLA EN MÉXICO**

La superficie dedicada a la agricultura en México es de aproximadamente 21 millones de hectáreas (10.5% del territorio nacional) y en promedio, durante el periodo 2000-2004 la superficie cosechada aproximada fue de 19.6 millones de hectáreas por año. De la superficie cosechada, 6.5 millones de hectáreas son de riego y 14.5 de temporal. Los cultivos que se siembran en superficies de riego reciben agua extraída de fuentes de abastecimiento superficiales o subterráneas, y es conducida a través de diversos canales a los sitios de cultivo. En lo que corresponde a las áreas de temporal, éstas se benefician básicamente con la lluvia que cae directamente en las parcelas.

La productividad de las áreas de riego es, en promedio, 3.7 veces mayor que las de temporal y, a pesar de su superficie sustancialmente menor, la agricultura de riego genera más de la mitad de la producción agrícola nacional.

De los 6.5 millones de hectáreas de riego, 3.5 millones (54%) corresponden a 86 grandes áreas que se conocen como Distritos de Riego y 3.0 millones (46%) a aproximadamente 39,400 Unidades de Riego.

### III.2 PROBLEMÁTICA DEL RIEGO EN MÉXICO

Dentro de la problemática que ha afectado al riego, destaca por su importancia lo siguiente:

- El uso de métodos que requieren volúmenes excesivos de agua, lo que disminuye la disponibilidad y crea una creciente competencia por el recurso en diversas zonas.
- La falta de estructuras de control y medición de los volúmenes de agua empleados en las diferentes parcelas.
- El hecho de que aún se continúan sembrando cultivos poco rentables.
- Un alto porcentaje de la infraestructura de riego es obsoleta y se encuentra en mal estado.
- El incremento en los costos de extracción de agua subterránea debido a las deficientes condiciones de los equipos de bombeo y a la sobreexplotación de los acuíferos, situación que obliga a bombear agua a profundidades cada vez mayores.
- Existen suelos que han perdido su valor agrícola por problemas de salinidad y desertificación.
- La tenencia de la tierra está muy fraccionada, lo cual dificulta la aplicación de inversiones y la toma de decisiones.

En virtud de lo anterior, las acciones en materia hidroagrícola se han orientado a mantener la productividad, al mismo tiempo que se han reducido los consumos de agua en las parcelas, lo cual cobra especial relevancia si se considera que en promedio, el 78% del agua que se utiliza en el país se destina a la producción de alimentos de una población en constante aumento.

En este contexto, la Comisión Nacional del Agua ha impulsado la modernización del riego, superando la meta planteada en el periodo 2000-2006. De hecho, el volumen de agua empleado en cada año agrícola ha sido menor a lo previsto, lo cual es resultado de la tecnificación del riego, la capacitación de los usuarios y la ocurrencia de diversas lluvias en el país.

Además, en conjunto con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, se han realizado las acciones que han permitido que en los Distritos de Riego se establezcan cultivos cada vez más congruentes con las asignaciones anuales de agua al conciliar en forma previa los planes anuales de riego (los cuales son avalados por

la Comisión Nacional del Agua), con los planes de siembra (que son aprobados cada año por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación).

### **III.3 DISTRIBUCION DEL AGUA PARA FINES DE RIEGO**

Cada Distrito de Riego debe tener un título de concesión que es otorgado por la Comisión Nacional del Agua, el cual le da la posibilidad de utilizar determinado volumen de agua al año; en el título se establece también la fuente de abastecimiento de donde se le proporciona el agua y se señala claramente que el volumen que se le asignará cada año depende de la disponibilidad de agua.

La mayor parte de los Distritos de Riego se abastecen con aguas superficiales, que se aprovechan a través de presas de almacenamiento, derivadoras y diversos canales y la Comisión Nacional del Agua determina el volumen que les será asignado en función del almacenamiento que exista en las presas en el mes de octubre, y el volumen que se calcula recibirán en los doce meses siguientes. Es oportuno comentar que el año agrícola comprende de octubre a septiembre del siguiente año.

En función del volumen asignado, el Distrito de Riego formula su plan de riego, en el cual establece el tipo de cultivos que sembrará a lo largo del año agrícola y la manera en que irá requiriendo los volúmenes que le fueron autorizados.

Por lo que se refiere a las Unidades de Riego, su fuente de abastecimiento principal son aguas subterráneas, las cuales se aprovechan mediante pozos.

En materia de descentralización de funciones hacia el ámbito local, resulta adecuado comentar que a la fecha se han transferido a los usuarios 3.48 millones de hectáreas de los Distritos de Riego, lo que representa el 99.3% de la superficie total de los 86 Distritos del país.

Sobre este punto, conviene precisar que en cada año agrícola, los usuarios de los Distritos de Riego han venido aplicando recursos económicos importantes para llevar a cabo trabajos de conservación que les permitan mantener en buen estado la infraestructura y sus parcelas.

Por otra parte, es conveniente mencionar que para verificar el buen funcionamiento de las presas de almacenamiento de agua, la Comisión Nacional del Agua implanta cada año un programa de monitoreo que ha permitido precisar sus condiciones y efectuar en su caso, las acciones correctivas correspondientes.

### **III.4. IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE RIEGO**

Como ya se ha mencionado, la agricultura de riego utiliza alrededor del 78% del agua superficial y subterránea extraída en el país; los métodos de riego aplicados son tradicionales en más del 80% de la superficie (riego superficial) y su eficiencia total en el aprovechamiento de agua es baja, pues oscila entre el 33 y 55% .

Con el empleo de mejores tecnologías y la modernización de la infraestructura de riego, la eficiencia en el uso del agua podría ser entre el 50 y 63%, lo cual disminuiría notablemente los volúmenes extraídos y permitiría, por tanto, que los volúmenes liberados se emplearan en diversos usos o para la preservación de los ríos, lagos y acuíferos del país.

### **III.5 PRINCIPALES SISTEMAS DE RIEGO EN MÉXICO**

Los principales sistemas de riego utilizados en México son:

- Riego superficial.
- Riego por aspersión.
- Riego localizado.

#### **III.5.1 Métodos de riego superficial**

En este tipo de riego la conducción del agua desde el sistema de distribución (canales ó tuberías) hasta cualquier punto en la parcela se realiza a nivel de suelo; la energía necesaria para mover el agua se logra por diferencia de los niveles del terreno, por lo que también se le denomina como de gravedad.

Existen distintas variantes en el método de riego superficial, pero en México se utilizan principalmente dos técnicas: riego por surcos o rodado y riego por inundación. Para aplicarlas se requiere de un terreno uniforme con pendientes suaves.

##### **III.5.1.1 Ventajas del riego superficial**

- El costo de los sistemas es bajo.
- El costo de mantenimiento es prácticamente nulo y requiere de muy poca energía eléctrica.

### III.5.1.2 Desventajas del riego superficial

- Se requiere el empleo de mucha agua, ya que las eficiencias totales oscilan entre el 35 y 55%.
- Es difícil dosificar el volumen de agua requerido por los cultivos.

Una variante del riego por surcos es el riego por cintilla, que consiste en enterrar tuberías de plástico de diámetro pequeño en la parte alta, por medio de las cuales se proporciona el agua que requiere el cultivo en forma directa a la raíz. En esta variante, el volumen de agua se reduce sustancialmente, ya que se minimizan las pérdidas.

En el riego por inundación se cubre el suelo con una capa de agua y se puede aplicar en forma continua, como en el caso del arroz; o intermitente, como en el caso de la alfalfa. En México, el riego por inundación se utiliza principalmente en el cultivo del arroz, el cual es un alto consumidor de agua.

### III.5.2 Riego por aspersión

En este sistema el agua se aplica a los cultivos en forma de lluvia, utilizando dispositivos especialmente diseñados para ello, que se conocen como aspersores.

#### III.5.2.1 Ventajas del riego por aspersión

- Puede utilizarse en suelos con pendientes irregulares y el volumen de agua suministrado se puede controlar fácilmente.
- Se pueden aplicar fertilizantes líquidos o solubles (ferti-irrigación) y sustancias de uso fitosanitario junto con el agua, distribuyéndose mucho mejor y a menor costo.
- Sus requerimientos de mano de obra son bajos.

#### III.5.2.2 Desventajas del riego por aspersión

- En áreas con vientos de moderados a fuertes, el agua no se puede aplicar de manera uniforme y se incrementan las pérdidas por evaporación.
- Requiere una mayor inversión inicial en equipamiento y los costos de funcionamiento y mantenimiento suelen ser elevados.
- La falta de presión proporcionada al agua puede ocasionar una deficiente aplicación.

- Los dispositivos empleados son sensibles a las variaciones de la calidad del agua empleada.

### **III.5.3. Métodos de riego localizado**

Se refiere básicamente al riego por goteo y al riego por microaspersión.

El riego por goteo permite suministrar el agua, los nutrientes y los agroquímicos a la zona de la raíz de las plantas, lo que beneficia su crecimiento y optimiza la humedad del suelo.

En este método se conduce el agua a presión a través de mangueras suspendidas que se ubican a los lados de las hileras del cultivo. Las mangueras tienen válvulas que dejan salir gotas que mojan la tierra en el lugar donde se ubican las raíces.

Este método se emplea principalmente para frutales, hortalizas y plantas de invernadero y tiene poca aplicación en cultivos extensivos.

El movimiento del agua abastecida por goteo ocasiona que los nutrientes y las sales se movilicen hacia la superficie, lo que obliga a fertilizar los cultivos permanentemente cuando se opta por esta técnica.

#### **III.5.3.1 Ventajas del riego por goteo**

- Se aplica el agua directamente a la zona de la raíz de la planta y existe la posibilidad de incorporar ferti-irrigación.
- Emplea menos agua en relación con otras técnicas.
- Se puede realizar en forma automática si se instalan sensores de humedad.

#### **III.5.3.2. Desventajas del riego por goteo**

- Se requiere realizar una inversión inicial importante en equipamiento la reposición periódica de materiales.
- Es necesario contar con mano de obra calificada capacitada para operar y mantener el sistema.
- Se requiere fertilizar los cultivos permanentemente.

El riego por microaspersión se realiza árbol por árbol, en forma de pequeña lluvia que moja la zona ocupada por las raíces. En este sistema los goteros son sustituidos por microaspersores.



El volumen de agua se puede cambiar en función de los requerimientos de los cultivos con tan solo cambiar las boquillas del micro aspersores.

### **III.5.3.3 Ventajas del riego por microaspersión**

- Las eficiencias en el uso del agua son altas y se puede aplicar ferti-irrigación.
- Presenta menor peligro de propagación de enfermedades y plagas, evita los efectos nocivos de depósitos salinos en las hojas de los árboles y reduce la evaporación del agua suministrada.
- Requiere presión de agua menor en comparación con el riego por aspersión.

### **III.5.3.4 Desventajas del riego por microaspersión**

- Para funcionar eficientemente necesita que el emisor se encuentre siempre en posición vertical y tanto los emisores como los tubos son dañados con frecuencia por los animales.
- Resulta de un 20 a 25% más costoso que el riego por goteo.

## **III.6 DISTRITOS DE TEMPORAL TECNIFICADO**

En lo que se refiere a las superficies de temporal, es importante señalar que en las zonas del país donde existen lluvias abundantes y prolongadas, lo que se busca es drenar en forma adecuada el agua para evitar que se afecten los cultivos por exceso de la misma.

Al respecto, se han agrupado superficies de temporal para formar lo que se ha denominado como Distritos de Temporal Tecnificado, también conocidos como Distritos de Drenaje. Existen 21 Distritos de Temporal Tecnificado en el país que cubren una superficie de 2.6 millones de hectáreas.

Las obras que se realizan en ellos consisten principalmente en la construcción de caminos de acceso y drenes que desalojan el exceso de agua. Como parte de sus actividades, la Comisión Nacional del Agua ha conservado y continúa ampliando la superficie de temporal tecnificado. En algunas ocasiones, se ha construido infraestructura para dar un riego de apoyo o auxilio en algunas zonas de temporal tecnificado, con el fin de asegurar mejores rendimientos en los cultivos cuando no se presenten las lluvias esperadas.

### **III.7. AMPLIACION DE LA FRONTERA AGRÍCOLA**

La crisis económica de los años 80 llevó a cambios drásticos en la política de riego de México. El Plan Nacional de Desarrollo (1989-1994) requería aumentar la eficiencia del riego y el uso de la infraestructura existente. Bajo el Programa Nacional de Descentralización de los Distritos de Riego, derivado del Plan Nacional de Desarrollo, el gobierno mexicano inició la transferencia del manejo de los distritos de riego a las organizaciones de usuarios de agua (OUA). El programa nacional, implementado por CONAGUA, planeó, inicialmente, la transferencia del funcionamiento y el mantenimiento de 21 distritos de riego, que abarcan 1,98 millones ha. En la actualidad, las metas reales superan el 1,98 millones de ha de superficie.

En aquellos lugares donde existe disponibilidad de agua, año con año se ha venido ampliando la superficie agrícola, tanto de riego como de temporal tecnificado.

Las acciones de ampliación se realizan en conjunto con los gobiernos de los Estados, Municipios y usuarios; básicamente, la Comisión Nacional del Agua aplica los siguientes programas para tal fin: Ampliación de Distritos de Riego, Ampliación de Unidades de Riego y Ampliación de Áreas de Temporal.

Cada uno de estos programas tiene sus propias Reglas de Operación, en las que se establece su objetivo, requisitos y criterios de elegibilidad.

#### **III.7.1 Marco legal**

En 1992, el gobierno mexicano promulgó la nueva Ley de Aguas Nacionales, y dictó la reglamentación correspondiente en 1994. Estos instrumentos legales, junto con la Constitución mexicana, son la principal base jurídica para el manejo del agua y el riego del país, a la vez que otorgan a la nación la propiedad original sobre prácticamente todas las aguas.

La Ley Nacional del Agua declara explícitamente que el desarrollo sostenible es su objetivo principal. Además, esta última ley es coherente con los esfuerzos iniciales de México relativos a la descentralización, a la participación de los usuarios de agua, al uso eficiente del agua, a la expansión de la participación del sector privado y a las políticas fiscales relativas a la recaudación de impuestos del agua tanto para el uso del agua como para el control de la contaminación de ésta.

#### **III.7.2 Marco institucional**

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) se creó en 1989, como la Autoridad Nacional del Agua, un organismo autónomo integrado en la Secretaría de Agricultura y Recursos

Hidráulicos. CONAGUA es la encargada de coordinar inversiones en el sector del agua, fijar prioridades y restricciones que reflejen la situación real de cada cuenca.

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) se creó en 1986 para fomentar el esfuerzo tecnológico necesario para la implementación de políticas, en especial las relativas al uso eficiente del agua y a la conservación de la calidad del agua en todos los sectores de uso del agua. (Tsur).

Los funcionarios de ambas agencias gubernamentales tienen relaciones y contacto cercanos con las personas que administran los distritos de riego.

Con respecto a los cultivos, la responsabilidad del manejo de los recursos hídricos se ha asignado a tres grupos principales de instituciones: los distritos de riego, las unidades de riego y los pequeños proyectos de regadío.

Los distritos de riego, que abarcan 3,4 millones de ha (o el 53% de la superficie irrigada), son proyectos de riego a gran escala abastecidos, principalmente, con agua superficial y algunos con agua subterránea. La responsabilidad de su funcionamiento y mantenimiento se transfirió a las asociaciones civiles de usuarios (ACU) en los años 90, a excepción del 5% de la superficie todavía operada por CONAGUA, así como parte de la infraestructura fluvial, como presas y grandes canales.

Las unidades de riego, que abarcan alrededor de 2 millones de ha (o el 32% de la superficie de regadío), son proyectos públicos de riego más pequeños, abastecidos tanto con agua superficial como subterránea y mantenidos, desde el principio, por productores agrícolas.

Los proyectos de riego privados de pequeño tamaño, que abarcan cerca de 0,9 millones de ha (15% de la superficie de regadío), se abastecen principalmente con agua subterránea. Los productores agrícolas se encargan de su funcionamiento y administración.

La Asociación Nacional de Usuarios de Riego, constituida en 1994, representa los intereses de las ACU en las negociaciones con el Gobierno.

Las asociaciones civiles de usuarios (ACU) están formadas por productores agrícolas interesados en organizar sistemas de regadío comunes. La Ley de Aguas Nacionales de 1992 y su reglamentación de 2004, Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, reconocen a las ACU como asociaciones civiles sin fines de lucro responsables de la administración de la infraestructura de regadío así como de los distritos y unidades de riego. A pesar del creciente papel de los productores agrícolas, CONAGUA sigue siendo el actor dominante del sector en cuanto a políticas, subsidios, programas y normas.

Las ACU están formadas por usuarios de agua y sus funciones son el abastecimiento de agua para riego, así como la operación y el mantenimiento de los canales, y la resolución de disputas. Las ACU también pueden construir su propia infraestructura o participar en proyectos de construcción financiados por el Gobierno. Las ACU deben llevar un registro actualizado de sus miembros y sus respectivos derechos sobre el agua.

Las ACU pueden obtener derechos sobre el agua. Para obtener derechos sobre el agua, las ACU deben adoptar un estatuto interno que indique, entre otros: condiciones para la distribución y manejo del agua, organización interna de la ACU, derechos y obligaciones de los miembros, provisiones sobre la administración financiera (ingresos y egresos), provisiones para la transferencia de derechos sobre el agua entre los miembros y provisiones sobre la disolución de la ACU.

La fuente de ingresos de las ACU son los ingresos de la cobranza de los cargos por servicio y cuotas de membresía.

### **III.8 ESTRATEGIA DEL GOBIERNO PARA EL SECTOR DE REGADÍO**

La transferencia de los mayores sistemas de riego o distritos de riego (53% de la superficie total de regadío) del gobierno federal a las asociaciones civiles de usuarios (ACU) es un elemento clave de la nueva política de aguas.

Junto con el programa de transferencia, el Gobierno, con el apoyo del Banco Mundial y del Banco Interamericano de Desarrollo ha invertido en rehabilitar y mejorar el riego y los sistemas de drenaje, y en los equipos de operación y mantenimiento transferidos a las ACU junto con los sistemas. Como resultado de ello, ha habido ciertas mejoras en la operación y el mantenimiento, sostenibilidad financiera de las ACU y menos conflictos entre los usuarios.

### **III.9. TARIFA DEL AGUA Y RECUPERACION DE COSTOS**

La tarifa del agua para riego varía entre 40 US\$ por ha/año para regadíos abastecidos con agua superficial y 150-200 US\$ por ha/año para regadíos abastecidos con agua subterránea. Las tarifas del agua debían cubrir tanto los costos de operación como los de administración y mantenimiento en el nivel de módulo, así como la participación en los costos de los módulos en los niveles de canal principal y fuente de agua.

La ACU correspondiente determina los cargos por el agua para cada perímetro. La tarifa se calcula todos los años dividiendo el presupuesto estimado de operación y mantenimiento entre la cantidad de agua autorizada para cada módulo. Sin embargo, esto

implicaría que los servicios de agua se cobren por volumen. De hecho, las tarifas se calculan según el total de hectáreas, las hectáreas regadas, el tipo de cultivo y la superficie cultivada, y solo en pocos casos, según el volumen. En la mayoría de los distritos de riego, se requiere que los usuarios paguen el servicio por adelantado. De esta manera, la mayoría de las ACU reciben la mayor parte de sus ingresos al comienzo del ciclo de riego. Aún durante la sequía y la crisis financiera, más del 90% de los usuarios pagaron los cargos por el agua.

La recuperación de costos de los DR representa el 72% de los costos de operación y mantenimiento, lo cual se considera bajo. Entre 1998 y 2002, los agricultores cubrieron más del 90% de los costos de administración, operación y mantenimiento de 14 de 82 DR. La recuperación de costos en los 68 DR restantes fue menor.

### III.10 INVERSIÓN Y FINANCIACIÓN

El gasto general en el sector del agua se aproximó a los 3.900 millones US\$ en 2004, equivalente al 0,5% de PIB. De este monto, el sector público gastó más de 3.500 millones US\$, casi el 2,5% del presupuesto de México, mientras que el sector privado se ocupó del resto. Un porcentaje significativo de los recursos gastados en el sector, incluidos tanto los gastos de inversión como los recurrentes, proviene directa o indirectamente de los usuarios de agua. La CONAGUA es responsable del 30% de los gastos totales del sector del agua.

Desde 2000 a 2005, la CONAGUA invirtió 1,28 millones US\$ en el sector de riego, es decir, cerca del 40% de las inversiones totales de la CONAGUA. El 70% de dichas inversiones se asignó a los DR y el 30% se asignó a las UR. La mayoría de los programas de inversión de la CONAGUA están cofinanciados por el Estado y los agricultores. Por ejemplo, en 2005, el Programa Sectorial de Riego y Drenaje fue financiado por CONAGUA (50%), los Estados (15%) y los agricultores (35%), y el Programa de Desarrollo Parcelario fue financiado por CONAGUA (56%), los Estados (5%) y los agricultores (39%). (Olson)

México es propenso a sufrir diversos fenómenos climáticos, incluidos huracanes, tanto en la costa del Pacífico como del Caribe. Los huracanes contribuyen a recargar las reservas superficiales y subterráneas, lo que aumenta las reservas de agua para las ciudades, el riego y la generación de electricidad. Los huracanes también suponen una amenaza para la distribución de servicios, las infraestructuras y, en última instancia, para los ecosistemas y la vida humana. La situación se ve agravada por la deforestación aguas arriba así como por los asentamientos humanos ubicados en las áreas propensas a las inundaciones. (CONAGUA)

Con más del 85% del territorio mexicano definido como tierra árida o semiárida, y un promedio de precipitaciones interanual muy variable, México también es propenso a sufrir sequías, especialmente en el área del norte. Las sequías más severas de México ocurridas en décadas recientes coinciden con las variaciones en la temperatura superficial del Pacífico asociadas con El Niño. Los impactos económico, social y ambiental de las sequías en México son notables. En 1996, cuatro años de precipitaciones más escasas de lo normal produjeron pérdidas en la agricultura estimadas en 1.000 millones US\$ y un conflicto político interestatal entre Sonora y Sinaloa. ( Liverman)

El cambio climático producirá una disminución del caudal de agua y un aumento de la demanda de agua debido a las crecientes temperaturas, la disminución de las precipitaciones y condiciones climáticas más extremas, tales como sequías e inundaciones debido a Oscilación del Sur de El Niño y La Niña.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) estima que las temperaturas aumentarán entre 1 y 6 grados Celsius. El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua espera, para 2050, una disminución del 7-12% en el nivel de precipitaciones en las cuencas del sur, del 3% en la cuenca del Golfo de México y del 11% en la cuenca central. Se estima que las precipitaciones continuarán disminuyendo en el transcurso de los próximos 50 años. Un flujo hidrográfico disminuido también contribuirá a una mayor evapotranspiración. También se espera un aumento en la cantidad de huracanes de categoría 5.

Durante algunos años de El Niño/La Niña, las precipitaciones invernales pueden ser tan grandes que el flujo de los cursos de agua y los niveles del agua pueden superar los observados durante el verano. Por el contrario, las sequías de verano durante estos sucesos pueden provocar un déficit grave en los niveles de los reservorios y en la producción de maíz que se alimenta de las lluvias. Los costos estimados de las anomalías climáticas asociadas con El Niño en México durante 1997, cuando 2 millones ha (5 millones de acres) se vieron gravemente afectadas por una dura sequía, fueron de 900 millones US\$, en particular en las actividades agrícolas.

## **CAPÍTULO IV MÉTODOS DE RIEGO**

## IV MÉTODOS DE RIEGO

La eficiencia de un método de riego se refiere a la cantidad de agua que queda almacenada en la zona radicular, en relación con la cantidad total de agua que se usa.

El riego localizado en cultivos anuales tiene el inconveniente de que la densa red de tuberías situada sobre el terreno dificulta muchas tareas agrícolas, sobre todo las que emplean maquinaria: labores, tratamientos, cosecha etc. Lo normal es que, para algunos de estos trabajos, se recojan los ramales portagoteros, lo que implica un importante costo en mano de obra y equipos de recogida y extendido, así como en almacenes o lugares donde guardar las tuberías. Por tanto, la idea de riego subterráneo es muy atractiva, ya que todas las tuberías, incluso las laterales, se mantienen enterradas, sin los inconvenientes citados.

**Tabla 5. Principales métodos de riego**

MÉTODOS DE RIEGO		
Métodos superficiales o de gravedad		Métodos presurizados
Superficiales tradicionales	Con pendiente	Riego por aspersion
	Sin pendiente	Riego por microaspersion
	Surcos	Riego por goteo
	Melgas	
Superficiales tecnificados	Conducción por tuberías	
	Dosificadores a los surcos	
	Riego discontinuo o con dos caudales	

### IV. 1 MÉTODOS SUPERFICIALES O DE GRAVEDAD TRADICIONALES

El agua se desplaza sobre la superficie del área a regar, cubriéndola total o parcialmente, conducida solamente por la diferencia de cota entre un punto y otro por la acción de la fuerza de la gravedad (de ahí el nombre de métodos gravitacionales).

No requieren inversiones en equipos de bombeo, tuberías, válvulas, etc., pero en cambio sí que precisan de un alto grado de sistematización previa de los cuadros a regar, esto es, nivelaciones y sistematización para poder conducir el agua adecuadamente.



Según la topografía y el tipo de sistematización que se haya realizado en la finca se pueden dividir en dos grupos principales: Con pendiente o Sin Pendiente.

Dependiendo de la forma de conducción del agua se pueden dividir en dos tipos: Surcos y Melgas.

Cuando se riega sin pendiente, es decir, cuando la superficie a regar es “llana”, el método consiste en “llenar” el surco o la melga con el volumen deseado de agua y luego cerrar este “recipiente” y pasar a regar otros. El surco o la melga permanecen con agua hasta que el volumen se infiltra. Las PÉRDIDAS se producen por percolación excesiva en cabecera.

Cuando se riega con pendiente, el riego consiste en hacer escurrir el agua durante un tiempo suficientemente para que se infiltre el volumen que deseamos aplicar. Las PÉRDIDAS, además de producirse por infiltración diferencial en cada punto se producen por escurrimiento al pie de la parcela.

#### **IV.2 MÉTODOS SUPERFICIALES O DE GRAVEDAD TECNIFICADOS**

Son métodos que buscan evitar alguna de las pérdidas que se producen en los métodos gravitacionales tradicionales, con el objeto de mejorar el control y la homogeneidad en que el agua es aplicada.

Entre ellos destacan; conducción por tuberías, que reducen las pérdidas por conducción fuera de los límites de los cuadros de cultivo; dosificadores a los surcos, son métodos que logran que el caudal que recibe cada surco sea el mismo, esto se logra mediante el uso de “sifones” para tomar de canales a cielo abierto o de orificios uniformes y regulables si los surcos son abastecidos desde mangas o tuberías; riego discontinuo o con dos caudales, especialmente diseñado para riego con pendiente, buscan mejorar la uniformidad de infiltración a lo largo de los surcos y reducir a un mínimo las pérdidas por escurrimiento al pie, mediante la interrupción del caudal o el uso de caudales variables, ya que con caudal grande logran un mojado más rápido de la totalidad del surco y luego aportan un caudal mínimo que se infiltra casi en su totalidad.

#### **IV.3 MÉTODOS PRESURIZADOS**

Requieren de una terminada presión para operar. El agua se obtiene por una diferencia de cota entre la fuente de agua y el sector a regar, o mediante un equipo de bombeo. El agua se conduce al suelo mediante tuberías a presión. Existen diferentes tipos en función de los emisores que se utilicen.

VENTAJAS que presenta:

- Se adaptan mejor a las aplicaciones frecuentes de escaso volumen a las que las plantas reaccionan mejor.
- Son más eficientes en el uso del agua.
- Manejo más económico al no requerir mucha mano de obra y al no humedecer todo el suelo.
- No precisan sistematización del terreno.

El principal inconveniente, radica en la mayor inversión que requiere, tanto en lo que a equipos de riego se refiere como a las infraestructuras.

#### **IV.4 RIEGO POR ASPERSIÓN**

Simula de alguna manera el aporte de agua que realizan las lluvias. Consiste en distribuir el agua por tuberías a presión y aplicarla a través de aspersores en forma de lluvia. Se busca aplicar una lámina que sea capaz de infiltrarse en el suelo sin producir escorrentía.

Si el equipo está bien diseñado respecto al tipo de suelo a regar se obtiene una lámina muy uniforme sin que se presente escurrimiento.

Los diversos sistemas existentes van desde los equipos autopropulsados como los cañones regadores o los equipos de avance frontal, hasta equipos de diferentes dimensiones de alas móviles.

Ventajas:

- La conducción fuera del cuadro de cultivo se hace por tuberías sin pérdidas.
- La aplicación, si el sistema está bien diseñado es muy uniforme.
- Los equipos móviles se prestan para la aplicación de riegos complementarios debido a que son desplazables y no precisan sistematización de los terrenos.

Aplicaciones: Se usa en una diversa gama de cultivos que van desde hortalizas, pasturas, cereales y en riegos complementarios de cultivos extensivos, patatas, hortalizas etc.

#### **IV.5 RIEGO POR MICROASPERSION**

Similar al anterior pero a escala muy reducida. Se disponen de una gran cantidad de mangueras de riego que recorren las líneas del cultivo con emisores individuales o para

un grupo de plantas “microaspersor”, que con diferentes diseños moja una superficie relativamente pequeña.

Ventajas:

- No moja la totalidad del suelo
- Permite el riego por debajo de las copas de las plantas sin mojarlas

Usos: Principalmente frutales y vid

#### **IV.6 RIEGO POR GOTEO**

El agua se conduce a presión por tuberías y luego por mangueras de riego que recorren las hileras del cultivo.

El emisor, externo o incorporado a la manguera de riego es un “gotero” de caudal y separación variable, según el suelo y los cultivos aplica el agua en forma de gotas que se van infiltrando a medida que caen.

Ventajas

- No moja la totalidad del terreno.
- No moja las hojas por lo que no es tan exigente en calidad de agua.
- No tiene piezas móviles y es de fácil mantenimiento.
- Gran uniformidad

Usos: Floricultura, Vid y frutales.

**CAPÍTULO V**  
**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA**  
**DE RIEGO POR GOTEÓ**

## V IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

### V.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

El riego localizado o riego por goteo es la aplicación del agua al suelo, en una zona más o menos restringida del volumen radicular. Sus principales características son: utilización de pequeños caudales a baja presión, localización del agua en la proximidad de las plantas a través de un número variable de puntos de emisión, al reducir el volumen de suelo mojado y por tanto su capacidad de almacenamiento, se debe operar con una alta frecuencia de aplicación, a dosis pequeñas. Este método trae consigo las siguientes ventajas:

- Una importante reducción de la evaporación del suelo y de las pérdidas por percolación, lo que trae una reducción significativa de las necesidades netas y brutas de agua. No se puede hablar de una reducción en lo que se refiere a la transpiración del cultivo, ya que la cantidad de agua transpirada (eficiencia de transpiración) es una característica fisiológica de la especie. Al contrario, se puede pensar que la transpiración del cultivo en riego localizado sería generalmente superior a la que se observaría en riego que cubre totalmente la superficie del suelo (riego por aspersión) debido al efecto de "ropa tendida" o "efecto oasis", que incrementa el proceso de evaporación a la superficie de las hojas.
- La posibilidad de automatizar completamente el sistema de riego, con los consiguientes ahorros en mano de obra. El control de las dosis de aplicación es más fácil y completo.
- La posibilidad de utilizar aguas más salinas que en riego convencional, debido al mantenimiento de una humedad relativamente alta en la zona radical (bulbo húmedo).
- Una adaptación más fácil en terrenos rocosos o con fuertes pendientes.
- No se moja el dosel vegetal, lo que disminuye los riesgos de problemas fitosanitarios.
- Reduce la proliferación de malas hierbas en las zonas no regadas.
- Permite la "fertirrigación", es decir, el aporte controlado de nutrientes con el agua de riego.

A su vez, las siguientes limitantes:

- El costo elevado de la instalación.
- Se necesita una inversión elevada debida a la cantidad importante de emisores, tuberías, equipamientos especiales en el cabezal de riego y la casi necesidad de un sistema de control automatizado (electroválvulas). Sin embargo, el aumento relativo de costo con respecto a un sistema convencional no es prohibitivo.

- El alto riesgo de obturación de los emisores y el consiguiente efecto sobre la uniformidad del riego. Esto puede ser considerado como el problema No. 1 en riego localizado.
- La presencia de altas concentraciones de sales alrededor de las zonas regadas, debida a la acumulación preferencial en estas zonas de las sales. Esto puede constituir un inconveniente importante para la plantación siguiente, si las lluvias no son suficientes para lavar el suelo

### V.1.1 Diseño del sistema

El diseño de un sistema de riego por goteo puede ser una tarea complicada. A continuación se resumen los aspectos importantes que se debería considerar durante los procesos de diseño y selección del sistema

Se recomienda corroborar los siguientes aspectos con el Ingeniero antes y después de diseñar e instalar un Sistema de Riego por goteo, para garantizar que opere correctamente y se comporte conforme a las expectativas

### Imagen 5. Diseño de un sistema de Riego por goteo



## Lista de verificación de la Etapa de Diseño del Sistema

Vida del Sistema	El ciclo de vida útil del sistema que se desea determina la calidad y el tipo de los componentes que debe adquirir. Los sistemas pueden durar más de 10 años o incluso 20, si son de alta calidad y reciben el mantenimiento adecuado.
Uniformidad del Sistema	La uniformidad esperada del patrón de riego también influirá en la calidad y el tipo de componentes. Los sistemas de riego, por lo general operan a más del 90% de uniformidad, si se eligen componentes de alta calidad y se les da mantenimiento adecuado.
Análisis del Agua	Analizar el agua antes de diseñar y construir el sistema de riego. La calidad del agua determinará la selección de filtros y los emisores, así como la aplicación de sustancias químicas por medio del sistema de riego. La calidad del agua puede variar dependiendo de la temporada o cuando el bombeo es excesivo.
Análisis del suelo	Analizar el suelo donde va a sembrar, a fin de elegir bien el emisor conforme al caudal adecuado, el espaciamiento y la tasa de aplicación. El análisis de suelo también ayudará a manejar cualquier problema físico o químico que presente el suelo desde la etapa de diseño.
Información sobre el cultivo	El diseñador deberá contar con información sobre el costo y la cantidad de agua y fertilizante que requerirá el cultivo (s), así como las prácticas de cultivo y las dimensiones de siembra.
Prueba de Bombeo	Si se cuenta con sistema de bombeo, se calculará la curva de desempeño de las bombas para asegurar que operen de manera eficiente, con el flujo y presión adecuada.
Información sobre el sitio	El diseñador deberá tener acceso a información topográfica, climática, hídrica, combustibles y datos sobre la infraestructura.
Mano de obra	El costo y disponibilidad de mano de obra es un elemento importante para la selección del equipo y las decisiones referentes a la automatización
Ampliación	Los pequeños ajustes en el diseño actual facilitarán, de ser necesaria, la ampliación del sistema en el futuro.
Mantenimiento	El diseñador deberá contemplar el abastecimiento seguro y efectivo de todos los productos químicos que serán necesarios, incluyendo fertilizantes, ácido y cloro. Asimismo, el diseñador deberá asegurarse de que el procedimiento de lavado de la cinta sea suficiente.
Automatización	Si se desea automatizar el sistema desde un inicio, o si se proyecta automatizarlo después, se deberá considerarlo dentro del diseño.
Monitoreo	Especificar el tipo de equipo básico de monitoreo de flujo y presión que desea utilizar, si se consideran equipos de monitoreo adicional para el suelo, el clima o las plantas, se deberá también considerarlo como parte del equipo de control de riego.

### **V.1.2 Componentes del Sistema**

Los sistemas de riego por goteo tienen la particularidad de que gran parte del sistema queda enterrado. Como se puede apreciar en la ilustración *Esquema de un Sistema de Riego por Goteo*, tanto la fuente de agua como la unidad de bombeo, los filtros, el equipo de inyección de químicos y el programador de riego están a simple vista. Sin embargo el resto del sistema de riego se encuentra enterrado. Esta es una característica típica de los sistemas de riego por goteo subterráneos (SDI), sistemas de riego para hortalizas (tanto de ciclo corto como largo), viñedos y huertos. A continuación veremos los aspectos importantes y descripciones de cada uno de los componentes de un sistema de riego.

#### **V.1.2.1 Fuente de Suministro de Agua**

La calidad del agua influye en muchos aspectos del sistema de riego, incluyendo a los filtros, a los patrones de humedad, a la compatibilidad de los fertilizantes y al desarrollo de las plantas. Aún cuando en ciertas ocasiones se utiliza agua limpia potable proveniente del Distrito de Riego para regar los cultivos, lo más común es utilizar agua de ríos, arroyos, lagos, canales o perforar pozos para extraer agua del subsuelo. Dependiendo de la calidad del agua, es preciso implementar un prefiltrado, filtrado de malla, o bien, filtrado de discos y/o arena para eliminar arena, algas y otros contaminantes que pueden tapan el sistema de riego por goteo. Si hay ciertos minerales en el agua, o si el pH no es el correcto, puede llegar a requerir la aplicación de un tratamiento químico. El análisis de la calidad del agua ayudará de inmediato a tomar decisiones importantes sobre el manejo de su sistema de riego por goteo.

#### **V.1.2.2 Bombas**

Se debe asegurar que las bombas tengan la capacidad necesaria y operen de manera eficiente conforme a las necesidades de presión y flujo de su sistema. Al menos de que el agua de la fuente de suministro salga presurizada, el sistema requerirá una bomba para conducir el agua a través de las tuberías y los emisores. Por lo general, en los pozos se utilizan bombas verticales operadas por turbinas y para el suministro de agua superficial, se utilizan bombas centrífugas. Se calculará la curva de desempeño de la bomba para realizar cambios necesarios en caso de que no sea la correcta. El ahorro de electricidad que obtendrá, servirá para cubrir la inversión que deba hacer en las mejoras de su sistema de bombeo, además de mejorar también la operación de su sistema y finalmente la producción del cultivo.

#### **V.1.2.3 Prevención del Contraflujo**

Se evita que el contraflujo de agua contamine de manera accidental las fuentes de suministro, colocando un dispositivo de control. Los diferentes tipos de sistemas de prevención de contraflujo pueden incluir sensores de flujo y conexiones eléctricas de interbloqueo que apagan tanto la bomba de riego como la de quimigación, cuando el sistema presenta fallas. Estos dispositivos evitan que los productos químicos entren a la



fuente de suministro de agua y al sistema de riego cuando hay alguna falla en la operación.

#### **V.1.2.4 Sistemas de Filtración**

Un buen filtrado es esencial para asegurar la operación correcta del sistema y el buen funcionamiento a largo plazo. Los filtros se utilizan para eliminar arena, limo, minerales precipitados y materia orgánica del agua de riego con el propósito de evitar el taponamiento de los emisores. La calidad del agua y las especificaciones de los emisores determinarán el tipo de filtración, el nivel y la cantidad que se requiere; sin embargo, la mayor parte de los sistemas de riego requieren filtración con mallas de 120-200. Los filtros de riego NO remueven sales, sólidos disueltos, ni otros elementos tóxicos, tampoco ajustan el pH del agua. Incluso si se usa agua potable, se requiere un filtro básico de malla para eliminar arena y minerales. Para un buen filtrado, los filtros deben ser lavados a presión para quitarles la suciedad.

#### **V.1.2.5 Sistema de Quimigación**

Si se usa un sistema de quimigación, se debe asegurar que el producto químico que inyecte no tape ni dañe de alguna otra manera el sistema de riego. Antes de la quimigación deberá realizar una sencilla “prueba del frasco” y/o consultar el cuadro de compatibilidad. Los inyectoros de sustancias químicas suministran nutrientes a las plantas junto con el agua al mismo tiempo que aplican los productos químicos de mantenimiento del sistema, tales como el ácido, el cloro y otros limpiadores de las líneas de riego. Algunos sistemas utilizan una bomba independiente, mientras que otros utilizan un dispositivo tipo Venturi que usa la presión diferencial en el circuito para crear succión, al estar conectado a los tanques de sustancias químicas.

#### **V.1.2.6 Flujómetros y Manómetros**

Aunque sencillos y relativamente poco costosos, estos medidores son pasados por alto con frecuencia, o no se les da el mantenimiento adecuado. Estos dispositivos de monitoreo son esenciales para la operación correcta del sistema. Es preciso conocer el caudal del sistema a fin de detectar las fugas o los problemas de taponamiento. Conocer la presión de operación del sistema también ayuda a detectar las fugas y los problemas de taponamiento y es un dato esencial para el control de los filtros, los inyectoros de productos químicos y el rango de operación del sistema.

#### **V.1.2.7 Válvulas de Control**

Las válvulas de control deben ser “ajustadas” correctamente para asegurarse que el flujo y la presión del sistema sean los adecuados. Algunas veces se utilizan válvulas de mariposa o de bola sencillas, aún cuando es más frecuente el uso de válvulas sofisticadas para regular el flujo y la presión. Las válvulas más grandes controlan el flujo de la bomba hacia

los filtros y de ahí al campo de cultivo, por lo que algunas veces reducen el flujo destinado al campo para mejorar el retrolavado de los filtros. Las válvulas de zonas controlan el suministro de agua por bloques, y las válvulas de lavado al final de todas las tuberías del sistema permiten que el sistema quede limpio de impurezas. Aún cuando las válvulas son operadas de manera manual, hay equipos de riego que cuentan con sistemas automáticos.

#### **V.1.2.8 Válvulas de Admisión/Expulsión de Aire (AEA)**

Las válvulas AEA ayudan a evitar la formación de vacío que puede ocasionar graves problemas de taponamiento, especialmente cuando las líneas laterales están enterradas o están en contacto constante con el suelo del cultivo establecido. Por lo general, las válvulas AEA se instalan en puntos elevados al final de las tuberías de riego, incluyendo las líneas de suministro, las líneas principales, las líneas secundarias y cabezales de control, para permitir que el aire escape al momento de llenar las tuberías y para permitir la entrada del aire cuando éstas están siendo drenadas; así como liberar el aire atrapado en los puntos altos, y para evitar la formación de vacío en las líneas laterales después de que se apaga el sistema. En la mayoría de los casos, el taponamiento ocasionado por la ingesta de suelo puede evitarse al instalar correctamente válvulas de alivio de vacío en la entrada de la línea lateral, en un punto alto y en otras líneas secundarias de salida; o pueden instalarse válvulas de lavado al final de cada línea lateral.

#### **V.1.2.9 Equipo de Automatización**

El equipo de automatización consiste en controladores, válvulas y/o sensores que pueden ayudar aprovechar al máximo los beneficios del sistema de riego por goteo. Muchos sistemas incluyen un controlador que se comunica con las válvulas y los sensores mediante cables o por medios inalámbricos. El usuario programa el controlador para encender y apagar las válvulas en el momento deseado. Debido a que la mayoría de los controladores también tienen capacidad para controlar sensores, los sistemas pueden automatizarse conforme a las condiciones del clima, el suelo o el sistema. Es preciso observar que los sistemas automatizados también pueden ser operados manualmente.

#### **V.1.2.10 Tuberías y Conectores**

Es importante asegurarse que las tuberías y los conectores tengan el tamaño adecuado para soportar las presiones operativas máximas y que conduzcan el agua sin elevar o reducir excesivamente la presión. Las tuberías transportan agua de la bomba a los filtros, a las válvulas y a los emisores. Se puede utilizar tubería de PVC en todo el sistema, o se puede combinarla con tubería de acero en la estación de bombeo, con PVC flexible; con polietileno (PE) Layflat para las líneas secundarias y con manguera de polietileno o con cinta con goteros para las líneas laterales. Se debe considerar la expansión y la contracción del material que ocurren bajo condiciones normales de operación en exteriores, y que las tuberías estén instaladas correctamente, bien ensambladas y conectadas con soldadura, pegamento o por medio de conectores de fricción. Es

importante limpiar los conectores y la tubería de PVC antes de aplicar el pegamento. Debido a que gran parte de la tubería está enterrada y es difícil de acceder y reparar, en especial después de que crece el cultivo, los conectores deben quedar bien instalados para evitar fugas.

#### **V.1.2.11 Emisores**

Los emisores deben seleccionarse y ser instalados con extremo cuidado, ya que los problemas a este nivel son difíciles de resolver. Dentro de un sistema típico existen literalmente cientos o miles de goteros que suministran agua y nutrientes directamente a la zona radicular de las plantas. Las cintas y mangueras con goteros tienen los emisores integrados, mientras que la manguera de polietileno puede tener goteros, micro-jets o micro-aspersores. La calidad es esencial, ya que un sistema típico de riego por goteo incluye cientos o incluso miles de emisores. Cada emisor debe ser durable, resistente al taponamiento y emitir la misma cantidad de agua incluso bajo presiones variables. Además de la calidad, el caudal y el espaciamiento de los emisores son factores importantes que determinan el patrón de humedad, así como las probabilidades de que se presenten problemas de escurrimientos o de percolación profunda. Un sistema de riego por goteo bien manejado aporta agua y nutrientes a la zona radicular del cultivo sin problemas de escurrimiento o percolación profunda. Los emisores de mala calidad requieren más mantenimiento, no proporcionan la eficiencia óptima del riego y necesitan ser reemplazados mucho antes que un emisor de buena calidad. En términos sencillos, no hay forma de recortar costos en esta área, la calidad es esencial. Como mínimo, los emisores deben tener un coeficiente de variación bajo (CV), el sistema debe ser diseñado con alta Uniformidad de Emisión (UE), y todos los componentes deben estar garantizados.

## **V.2 ARRANQUE DEL SISTEMA**

Los sistemas de riego por goteo que son diseñados, instalados, operados y mantenidos correctamente, pueden llegar a tener una vida útil indefinida. No obstante, los sistemas de riego por goteo son vulnerables al exceso de presión y al taponamiento, los cuales pueden reducir de manera drástica la vida y el desempeño del sistema. La siguiente guía muestra, paso por paso como presurizar y afinar el sistema al arrancarlo, así como la manera de operarlo y monitorearlo de manera rutinaria para alcanzar su óptimo desempeño.

### **V.2.1 Lavado, Presurización, Prueba y Ajuste del Sistema**

- a. Abrir todas las válvulas de control y de lavado
- b. Cerrar las válvulas de control de las líneas secundarias

- c. Encender la bomba, llenar lentamente el sistema y lavar las líneas principales, liberando el aire del sistema por medio de las válvulas de alivio. De ser necesario, desviar el flujo del agua de lavado por medio de las válvulas de lavado.
- d. Después de lavar perfectamente las líneas principales, cerrar las válvulas de lavado de la línea principal y elevar la presión al nivel de la presión de prueba.
- e. Mantener presurizado el sistema durante 24 horas. Si la línea principal presenta fugas, apagar de inmediato el sistema, reparar las fugas, lavar la línea principal nuevamente y repetir el procedimiento de presurización.
- f. Después de lavar la línea principal y comprobar la hermeticidad del sistema, lavar las líneas secundarias hasta que queden perfectamente limpias, abriendo las válvulas de control de las líneas secundarias y las válvulas de lavado.
- g. Después de que las líneas secundarias hayan quedado perfectamente limpias, ajustar las válvulas de control de la sección de líneas secundarias, de tal forma que la presión agua abajo no exceda la presión nominal máxima de las líneas laterales que serán conectadas después de cerrar las válvulas de lavado. Las cintas de goteo con paredes delgadas llegan a tener una presión nominal máxima de 10 psi (0.7 Bar), mientras que la manguera de polietileno y la manguera con goteros de pared gruesa soportan 50 psi (3.5 Bar) o más.
- h. Mientras se están lavando las líneas secundarias, asegurarse de que los filtros trabajen correctamente y que hayan sido bien retrolavados. Si se utiliza un controlador de retrolavado, ajustar el diferencial de presión al que se iniciará automáticamente el retrolavado. Dependiendo de la marca y del modelo del filtro, el diferencial de presión entre la entrada y la salida debe de ser de 2 a 3 psi (0.1 - 0.2 Bar) cuando los filtros estén limpios, y alrededor de 10 psi (0.7 Bar) cuando los filtros estén sucios. Si los filtros no tienen controlador, asegurarse de revisar frecuentemente el diferencial de presión para retrolavarlos antes de que se tapen por completo. Es importante considerar la variación en las lecturas de los manómetros a causa de desniveles topográficos. Recuerde que 2.31 pies (70cm) de desnivel, equivalen a 1 psi (0.07 Bar). Igualmente, 1 metro de desnivel equivale a 0.1 Bar de presión. Durante la operación de retrolavado, hay que ajustar cuidadosamente la válvula de desagüe de los filtros de arena. Esta válvula debe ejercer suficiente contrapresión sobre los filtros durante el retrolavado, para evitar que la arena se salga de los tanques. Al mismo tiempo, la válvula debe permitir el paso de suficiente volumen de agua para que la cama de arena se levante y se lave correctamente. La mejor forma de detectar que la válvula ha sido ajustada correctamente es al observar la aparición de una pequeña cantidad de arena en el agua de lavado.
- i. Después de ajustar tanto las válvulas de los filtros como las de la sección de líneas secundarias, cerrar las válvulas de lavado de las líneas secundarias. Esto elevará la

presión del sistema y así podrá comprobar la hermeticidad del sistema. En caso de que haya fugas, apagar el sistema, hacer las reparaciones necesarias y repetir la prueba de hermeticidad.

### **V.2.2 Conexión de las Líneas Laterales a las Líneas Secundarias**

a. Después de lavar y efectuar la prueba de hermeticidad en las líneas secundarias, abrir las válvulas de las líneas secundarias y las terminales de todas las líneas laterales para lavar después de realizar la conexión. Si todas las líneas laterales han sido conectadas a la línea secundaria de drenaje, abrir las válvulas utilizadas para lavar la línea secundaria.

b. Conectar las líneas laterales a la línea secundaria y lavarlas hasta que queden perfectamente limpias. De ser necesario, cierre las válvulas de las líneas secundarias para alcanzar el volumen de lavado adecuado en las líneas laterales.

c. Después de lavar las líneas laterales hasta dejarlas perfectamente limpias, cerrar todas las válvulas de las líneas laterales y secundarias y permitir que el sistema se estabilice hasta alcanzar la presión de operación.

d. Calibrar las válvulas de la sección de riego secundaria conforme a las especificaciones de presión del diseño del sistema, cuidando no exceder la presión nominal máxima en las líneas laterales.

Es sumamente importante que las líneas laterales estén conectadas adecuadamente a las líneas secundarias para evitar fugas, líneas torcidas y obstrucciones. Los orificios deben ser barrenados correctamente y es preciso eliminar todas las virutas y el material sobrante. También es preciso tomar en cuenta la gran variedad de conectores terminales de líneas laterales que ofrece el mercado para facilitar el lavado del sistema, ya sea de manera automática o manual. Aunque las válvulas de lavado al final de la línea o las líneas secundarias para lavado son más costosas, mejoran en gran medida la capacidad que tiene el productor de lavar las líneas laterales manualmente, en lugar de cerrar cada lateral con un conector, un tapón roscado, una válvula, o en el caso de la cinta, con un nudo

**Las imágenes 6, 7,8 y 9. muestran aplicaciones en campo.**





### V.2.3 Prueba de la Operación del Sistema de Riego y Relleno de Zanjas

Una vez hechas las conexiones del sistema, el lavado, la prueba de presión, el ajuste de la presión, después de haber confirmado que todos los componentes enterrados, incluyendo las tuberías, los conectores, el cableado de control y los tubos están operando correctamente, se iniciará el proceso de rellenar las zanjas. Es preciso realizar el relleno

con cuidado para evitar que la tubería sufra daños o se colapse, en especial con las tuberías anchas de paredes delgadas. Es importante recordar que las zanjas abiertas pueden ser peligrosas y deben estar protegidas antes de rellenarlas. En algunos casos, es preferible rellenar las zanjas antes de revisar la presión.

#### **V.2.4 Parámetros de Operación**

Debido a que gran parte del sistema de riego por goteo se encuentra enterrado y no puede ser visto con facilidad, los manómetros y los flujómetros son esenciales para diagnosticar problemas y revisar las condiciones de operación. Después de que el sistema haya sido conectado, lavar y probar la presión con las válvulas de control ajustadas correctamente (primero verificar que todos los componentes enterrados estén funcionando bien), tomando las siguientes lecturas de referencia:

- Registrar las lecturas de todos los manómetros y los medidores de flujo, incluyendo los que están colocados antes y después de las bombas, los filtros, las válvulas de control principales y secundarias, así como las entradas y salidas de la cinta.
- Examinar las condiciones del agua de lavado que sale del sistema de filtración para verificar que la válvula de retrolavado haya quedado bien ajustada.
- Examinar el agua de lavado que sale de cada bloque de cinta, recolectando agua en un frasco para asegurarse de que no haya riesgo de taponamiento.

Las lecturas registradas serán utilizadas para verificar que el sistema cumpla con las especificaciones de diseño y deben servir como parámetros operativos de referencia en el futuro. La lectura del medidor de flujo se utilizará para determinar y/o verificar la tasa de aplicación requerida para programar el riego.

**Tabla 6. Lecturas de referencia para el sistema de Riego**

Lecturas de Referencia para el Sistema de Riego con Cinta Subterránea

Zona de Riego No. \_\_\_\_\_

	Caudal del Sistema	Presión de la Bomba	Presión de entrada de Filtro	Presión de salida de Filtro	Presión de salida de la válvula de control de la Línea principal	Apariencia del agua de lavado a la salida del filtro	Presión de entrada de la válvula de bloque	Presión de salida de la válvula de bloque	Presión de entrada de la cinta	Presión de salida de la cinta	Apariencia del agua de lavado de la cinta
Ejemplo: Valor objetivo de la lectura dada por el ingeniero	400 GPM	40 psi	38 psi	30-37 psi	28 psi	Sin arena, transparente después del retrolavado	18-23 psi	15 psi	12-14 psi	4 psi	Transparente
Primer Riego:											
Semana 1											
Semana 2											
Semana 3											
Semana 4											
Semana 5											
Semana 6											
Semana 7											
Semana 8											
Semana 9											
Semana 10											
Semana 11											



### ¿Cuándo tomar las Lecturas?

Como regla general, las lecturas de referencia y el monitoreo subsecuente deben realizarse después de que la presión del sistema y el flujo se hayan estabilizado. El sistema debe ser llenado lentamente para que el aire tenga suficiente tiempo de escapar a través de las válvulas de alivio y evitar el golpe de ariete en los filtros, las válvulas y las conexiones importantes en la tubería. Para facilitar el llenado lento se coloca una válvula de mariposa, operada manualmente, preajustada o automatizada después de la bomba y antes de los filtros, a fin de regular el flujo de llenado.

### ¿Cómo Determinar el Tiempo de Estabilización?

Los siguientes cálculos le pueden ayudar a determinar el tiempo que debe operar el sistema hasta que la presión y el flujo se estabilicen. De esta manera, el operador sabrá cuando tomar las lecturas. Por ejemplo, si el área de todas las tuberías y la cinta consume 5,000 galones de agua y el caudal del sistema es de 500 GPM, el sistema se estabilizará después de 10 minutos de estar operando.

#### Ecuación Sistema Inglés:

1. Calcular el volumen total de área de las cintas con goteros y las tuberías de conducción en pies cúbicos. Utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen de la Tubería (pies cúbicos)} = 3.14 \times D^2 / 4 \times L.$$

Nota: D= Diámetro Interno de la Tubería (en pies) y L= Longitud de la Tubería (en pies).

2. Convertir este volumen a galones multiplicando por 7.48 galones por pie cúbico.

3. Comparar el volumen con el caudal del sistema. Dividir el volumen total en galones (del paso 2).

Entre el caudal en galones por minuto (gpm), a fin de determinar cuántos minutos se requerirán para llenar la tubería.

#### Ejemplo Sistema Inglés:

200 pies de tubería (L) con un diámetro interno de 3.284 pulgadas (D) tendría el siguiente volumen interno en pies cúbicos (recuerde convertir las pulgadas a pies):

$$\text{Volumen de la Tubería (pies cúbicos)} = 3.14 \times (3.284 \text{ pulgadas} / 12 \text{ pulgadas/pie})^2 / 4 \times 200 \text{ pies}$$

$$\text{Después de convertir pulgadas a pies: } 3.14 \times (.27372)^2 / 4 \times 200 \text{ pies}$$

$$\text{Por lo tanto: } 3.14 \times .0187 \times 200 = 11.74 \text{ pies cúbicos}$$

Ya que 7.48 galones ocupan un pie cúbico, el volumen de agua en esta sección de 200 pies de la tubería deberá ser: 11.74 pies x 7.48 galones por pie cúbico= 88 galones. Si el caudal del sistema es de 10 gpm, se requerirían 88 galones/10 gpm= 8.8 minutos para llenar la tubería

### V.3 OPERACIÓN BÁSICA DEL SISTEMA

Una vez instalado y comprobado el funcionamiento del sistema de riego, es posible empezar a regar. Sin embargo, con el propósito de optimizar la inversión, se recomienda monitorear el sistema rutinariamente para identificar y corregir desperfectos.

#### V.3.1 Monitoreo de los Parámetros de Operación Clave

Una vez iniciado el ciclo de riego, es preciso monitorear las presiones y los caudales del sistema, así como evaluar el agua de lavado y la integridad del sistema de manera rutinaria.

##### Monitoreo del Diferencial de Presión y Flujo del Sistema

Una vez que el sistema de riego se estabilice, es necesario comparar las lecturas de presión y caudal del agua con las lecturas de referencia registradas después del arranque inicial, a fin de asegurarse que el sistema está operando conforme a diseño. Se debe recordar que el caudal y la presión del agua están intrínsecamente relacionados, por lo que las lecturas de referencia pueden indicar lo siguiente:

- Que los parámetros de ajuste del equipo de control están equivocados o que el equipo de control está fallando.
- Que los filtros o los emisores están tapados por la acumulación de precipitados minerales, o material orgánico e inorgánico.
- Fugas de las tuberías o fallas en la cinta, conectores sueltos, daño ocasionado por roedores e insectos.

A continuación se describen algunos ejemplos hipotéticos, con el fin de utilizar el registro de lecturas de presión y caudal para detectar y resolver problemas

**Anomalía A:** *El responsable del riego observa un aumento drástico en el caudal con una pequeña reducción de la presión en la entrada de la zona, así como una gran reducción de presión a la salida de la línea de lavado. Revisa la manguera con goteros, encuentra daños ocasionados por roedores y los repara.*

**Anomalía B:** *El responsable del riego observa una reducción drástica del caudal junto con un ligero incremento tanto en la entrada de la Zona como a la salida de la línea de lavado. Revisa y encuentra una colonia bacteriana visible en la manguera con goteros. Aplica de inmediato cloro y acidifica el sistema para remediar el problema.*

**Anomalía C:** *El responsable del riego observa una disminución drástica de presión desde la última vez que aplicó riego, con reducciones de presión tanto a la entrada de la Zona, como a la salida de*

la línea de lavado. Una inspección rápida revela una caída importante en la presión del sistema de filtración, indicando la necesidad de limpiarlo. Después de limpiar el sistema de filtrado la presión y el caudal recuperarán sus niveles operativos normales.

**Anomalía D:** El responsable del riego observa una disminución gradual del caudal durante los últimos cuatro servicios de riego, con aumentos de presión a la entrada de la Zona y a la salida de la línea de lavado. Revisa el sistema y detecta que las tuberías se están tapando poco a poco. Aplica un tratamiento químico de inmediato para remediar el problema

## Monitoreo de Daño Mecánico

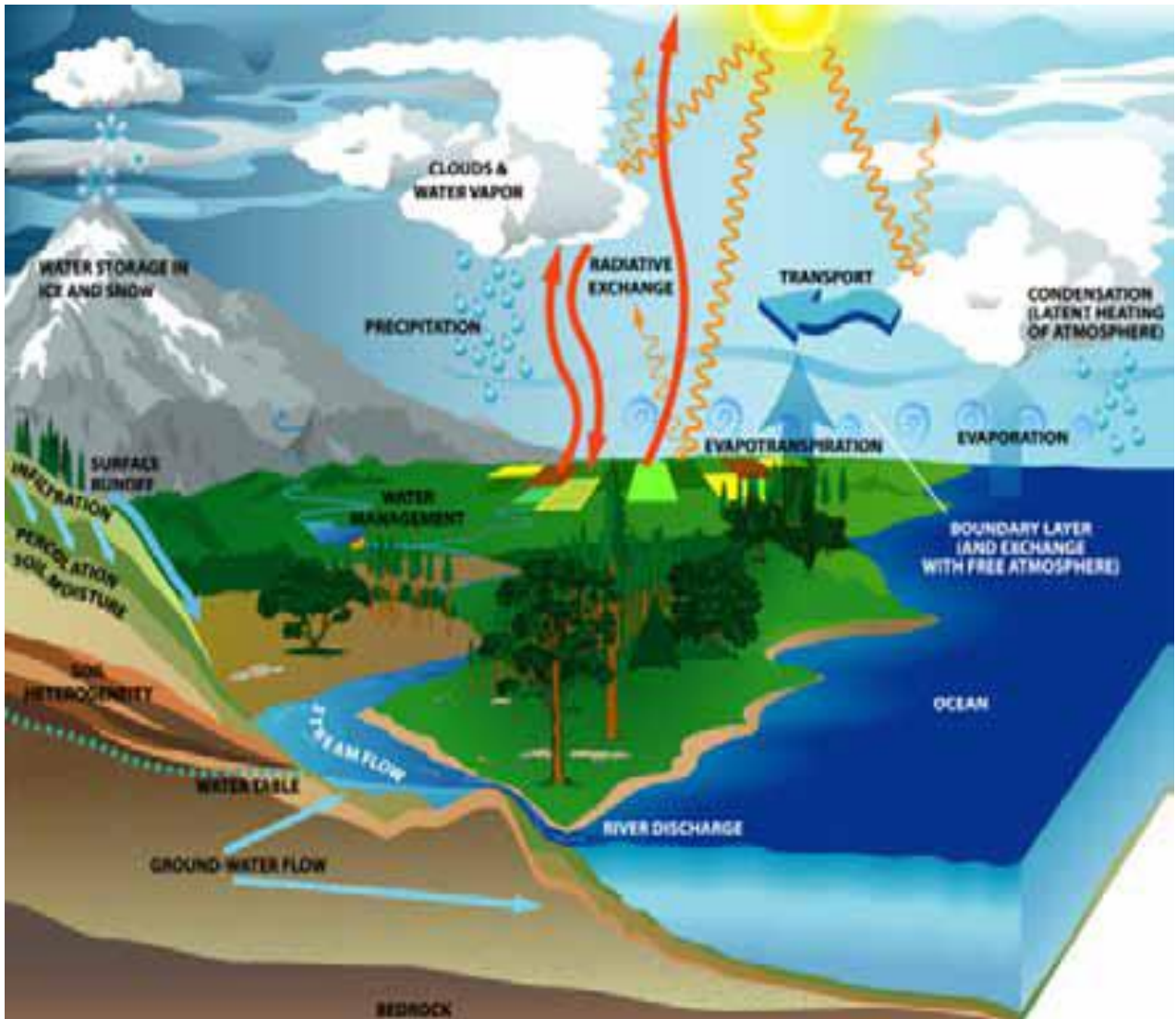
Las líneas laterales de polietileno y la cinta enterrada pueden sufrir daños mecánicos producidos por diferentes causas, incluyendo el equipo de instalación, el equipo de labranza, insectos, aves, roedores, presión excesiva, o el efecto de lupa ocasionado por la luz solar magnificada por la condensación acumulada por debajo del acolchado plástico transparente.

El equipo de inyección de cinta debe ser inspeccionado de manera rutinaria, además de revisar el sistema de goteo en búsqueda de evidencia de daño mecánico, indicado por charcos de agua, chorros de agua, pérdida de presión o pérdida del cultivo. Cuando encuentre este tipo de daños deberá implementar un control de plagas o efectuar los ajustes necesarios al equipo de inyección de cinta para evitar problemas futuros. Las siguientes fotografías muestran los distintos tipos de daño mecánico que pueden presentarse. Hacemos hincapié en que el daño ocasionado por el efecto de lupa es poco común en la cinta enterrada, ya que la cinta está en el subsuelo y no se ve sometida al efecto de magnificación de la luz solar bajo el acolchado plástico transparente. Sin embargo, los sistemas de cinta enterrada son los más susceptibles al daño ocasionado por roedores, ya que las poblaciones de estos animales no pueden ser controladas por medio de aplicaciones de riego, ni con prácticas de cultivo.

### V.3.2 Programación del Riego

La programación del riego es el proceso por el cual se decide cuándo y por cuánto tiempo se debe de operar el sistema de riego. Es un tema complejo pero de suma importancia, ya que de él depende si el cultivo obtiene la cantidad necesaria de agua y nutrientes, al igual que determina si el agua se desperdicia en escurrimientos o por percolación profunda o si se desplazan las sales de la zona radicular.

Imagen 10. Ciclo hidrológico de la NASA 2009



La Ilustración del Ciclo Hidrológico (NASA 2009) demuestra cómo el entorno formado por el clima, el suelo, la geografía, la geología y el desarrollo del cultivo influyen en el movimiento y uso del agua. La programación del riego utiliza tanto el arte como la ciencia para equilibrar factores conocidos, como el tipo de suelo, el gasto del sistema de riego y el tipo de cultivo, con condiciones cambiantes como el clima, la química, la etapa de desarrollo de la planta y las prácticas de cultivo. Por un lado del espectro, el responsable del riego puede tomar decisiones al evaluar físicamente el contenido de humedad en una muestra de suelo, o mediante el monitoreo visual de la apariencia y el color del cultivo. Por otro lado, pueden utilizarse instrumentos sofisticados para recabar datos sobre la humedad del suelo, el estrés hídrico de la planta, las condiciones climáticas y el consumo de agua teórico que requiere el cultivo.

La imagen del proceso de Transpiración (Techalive, 2009) muestra el proceso de consumo de agua de las plantas, pasando por las raíces y moviéndose por el tallo, transpirando hacia la atmósfera. Los investigadores han generado datos de este proceso para muchos cultivos y la información está a disposición de los productores. También es posible utilizar programas de software para interpretar esta información y generar recomendaciones de programación para aplicaciones avanzadas y operaciones automáticas.

### Imagen 11. Transpiración vegetal



#### Proceso de transpiración:

1. El agua es absorbida por los pelos radicales
2. El agua se mueve por el tallo mediante los vasos del xilema, encargados de conducir el agua y los minerales hacia las hojas.
3. Las células protectoras se abren creando un poro mediante el cual pueda escapar el vapor.
4. El vapor de agua escapa a través de estomas abiertas, que se encuentran principalmente en el revés de las hojas.

En resumen, el responsable del riego debe decidir cuándo y cuánto tiempo debe de regar para lograr los mejores resultados, dependiendo del cultivo y sus condiciones particulares.

Se hará referencia al Método de Balance de Agua y luego se explorara algunos factores adicionales que afectan la programación del riego, antes de elaborar un programa típico de riego basado en condiciones teóricas.

#### Uso del Método Balance de Agua

El Método Balance de Agua supone que la zona radicular del cultivo actúa como depósito de agua, de manera semejante a una cuenta bancaria. Cuando el cultivo empieza a consumir agua a través del proceso de Evapotranspiración (ET), el agua va siendo retirada de la cuenta bancaria. Esta agua puede ser reemplazada por agua de lluvia o por depósitos de riego. Se realiza un balance para monitorear el nivel teórico de agua que

queda en el depósito de agua. El monitoreo en campo sirve para verificar el balance teórico antes de tomar las decisiones finales sobre el riego.

### ¿Cómo calcular el Programa y el Ciclo de Riego?

Como mínimo, se requieren dos datos para calcular el tiempo de riego teórico y el programa de riego por medio del Método del Balance de Agua: 1) El consumo de agua del cultivo (la cantidad de agua que se requiere diariamente) y 2) La tasa de aplicación neta del sistema de riego (cuánta agua se aplica por hora de riego). Ambos factores se utilizan para calcular el tiempo de operación teórico. La evapotranspiración (ET) de referencia, el Coeficiente de Cultivo y la Cobertura Vegetal en forma decimal, están disponibles a través de universidades y dependencias gubernamentales.

El distribuidor del sistema de riego deberá proporcionar la tasa de aplicación neta del sistema. Sin embargo, también puede recurrir a los mismos fabricantes o a consultores particulares. También puede calcularse las siguientes formulas para determinar el Tiempo Teórico de Riego, el Consumo de Agua del Cultivo y la Tasa de Aplicación Neta.

Ecuación 1 Sistema Inglés – Tiempo Teórico de Riego:

Tiempo de Riego (mins.) = Consumo de agua del cultivo (pulgadas)/ Tasa de Aplicación Neta del Sistema (pulgadas/hr) x 60

Ejemplo Sistema Inglés:

Si el consumo de agua es 0.33” por día y la tasa de aplicación neta del sistema de riego es 0.08”/hora; ¿cuánto tiempo debe operar el sistema diariamente para reabastecer el consumo de agua que tenga el cultivo?

#### **Tiempo de Riego Teórico por Día**

Consumo de agua del cultivo ÷ Tasa de Aplicación Neta x 60 = Tiempo de Riego por Día

Ejemplo:

0.33 pulg./día ÷ 0.08 pulg./hora x 60 = 248 minutos/día

Debido a que la tasa de aplicación neta del sistema no cambia casi nunca, solo se deberá recabar de manera frecuente los datos sobre consumo de agua del cultivo para calcular el tiempo de riego teórico. Monitoreando las condiciones de las plantas y el suelo en el campo de cultivo para verificar que el programa de riego calculado esté aportando los resultados deseados y en caso de no ser así, poder detectar cuáles valores teóricos deberán ser ajustados.

### **Determinación del Consumo de Agua del Cultivo**

El consumo de agua se expresa de manera típica en pulgadas de agua por día, ó ET (evapotranspiración del cultivo). Se calcula multiplicando la tasa de evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>), generada a partir de la información diaria proporcionada por la estación climatológica local, el coeficiente del cultivo (K<sub>c</sub>), el cual solo se aplica a un cultivo específico y datos sobre la geografía donde se desarrolla el cultivo. El propósito de K<sub>c</sub> es ajustar la información genérica del clima al cultivo específico que se esté produciendo. Los

datos de clima y coeficiente de cultivo pueden ser obtenidos de las dependencias gubernamentales locales.

### **Consideraciones Adicionales que Afectan el Programa de Riego**

Después de calcular el tiempo teórico de operación, el responsable del riego deberá ajustar la teoría a las condiciones de campo reales, para definir con qué frecuencia deberá operar el sistema para reabastecer el agua extraída diariamente. La decisión dependerá del control sobre el Déficit Permisible de Humedad (DPH), así como de otros aspectos agronómicos, de cultivo y climáticos.

### **Patrón de Humedad Deseado**

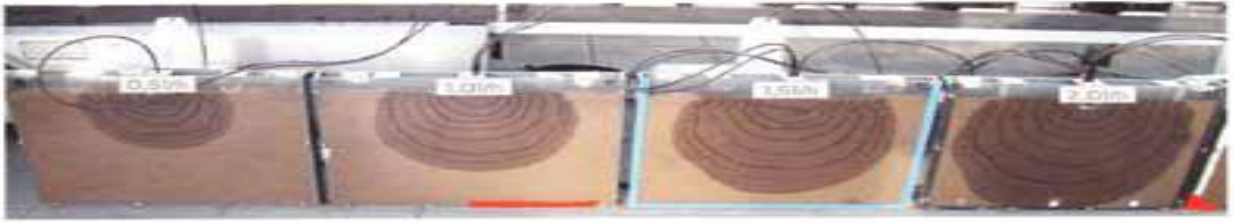
El movimiento del agua en el suelo está determinado por la acción capilar antes de alcanzar el punto de saturación, tal y como se muestra en la siguiente fotografía, donde el agua se está trasladando por la cama, aún contra la fuerza de gravedad. Los patrones de humedad están determinados principalmente por la textura del suelo, pero también pueden estar influenciados por la labranza del suelo, la estructura, la compactación, la química, el caudal de los goteros y el espaciamiento, el espaciamiento de las líneas laterales y la profundidad con que están enterradas, la presión del sistema y el programa de riego. En términos generales, el agua de un gotero puede presentar más movimiento lateral y horizontal en suelos arcillosos pesados, y mayor movimiento vertical descendente en suelos arenosos más ligeros. Las siguientes fotografías e imágenes muestran las formas relativas de los patrones de humedad que pueden formarse debajo de un gotero tomando en cuenta diferentes tipos de suelo, caudales y condiciones de operación.

### **Imagen 12. Variaciones en patrones de humedad**



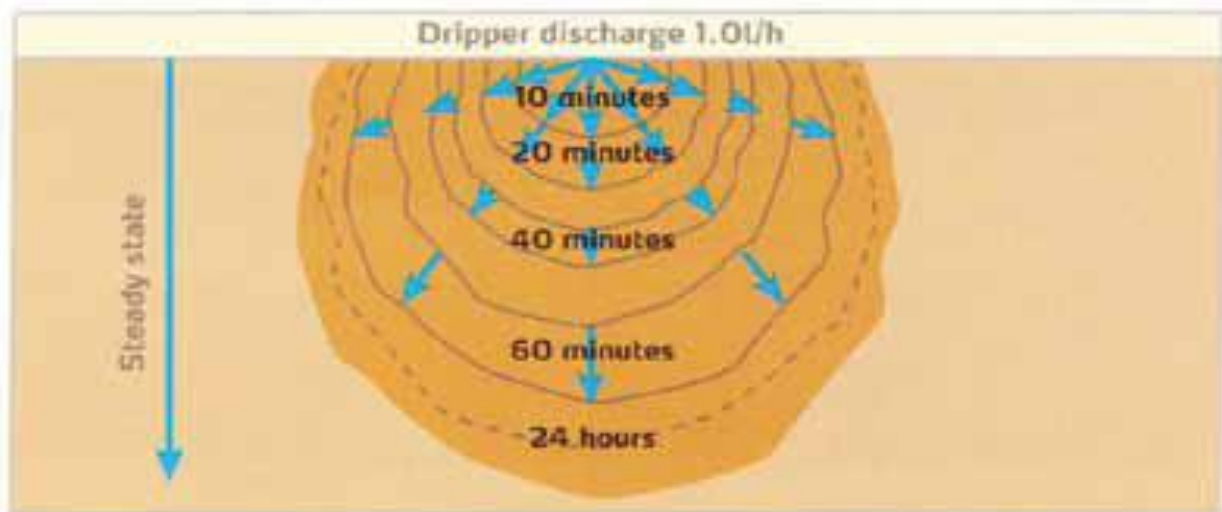
Note que el caudal del gotero también determinará el patrón de humedad tal y como se muestra en las fotografías anexas. Las fotografías muestran como varía el patrón de humedad al cambiar el caudal del gotero, utilizando la misma textura de suelo y condiciones de operación del sistema de riego. (Mikkelsen, 2009).

**Imagen 13. Variación de humedad al cambio de caudal del gotero.**



El diagrama muestra el movimiento lateral y descendente típico del agua durante las primeras 24 horas de la descarga de un gotero con 1.0 l/h.

**Imagen 14. Volumen típico de suelo humectado**



### **Monitoreo de los Patrones de Humedad**

Tal y como los responsables del riego monitorean la humedad del suelo, los patrones de humedad también deben ser monitoreados para garantizar los resultados deseados. Es preciso observar el diámetro de la superficie húmeda, así como el patrón de humedad del subsuelo “mapeándolo” por medio de un sondeo sistemático y la evaluación de la humedad del suelo. Si hay exceso de humedad evidente más allá de la zona radicular o de la cama sembrada, deberá ajustar el programa de riego conforme sea necesario.

### **Riego por Pulsos**

El riego por pulsos es la práctica de aplicación de agua por periodos cortos con intervalos entre cada pulso. Algunas veces se utiliza para mejorar el movimiento lateral del agua. A pesar de las diversas experiencias prácticas y de investigación, hay muy poca evidencia conclusiva de que el riego por pulsos realmente mejore los patrones de humedad. Sin embargo, el riego por pulsos deberá considerarse como una opción cuando el movimiento horizontal del agua represente un problema. En lugar de aplicar la cantidad deseada de agua en un solo servicio de riego, sería mejor programar dos servicios de riego más cortos



con intervalos entre cada uno. Por ejemplo, en lugar de dejar operando el sistema una sola vez durante cuatro horas continuas, operarlo por dos horas, apagar el sistema una hora y volver a encender durante dos horas más. El monitoreo y las observaciones cuidadosas ayudarán a determinar si esta táctica resulta efectiva bajo las condiciones con las que opera.

### **Goteros con poco espaciamiento**

El uso de goteros con poco espacio entre sí está cobrando popularidad con mucha rapidez debido a la capacidad de alcanzar patrones de humedad excelentes en muy poco tiempo, en comparación con los sistemas con goteros separados a mayor distancia. Los agricultores prefieren que las camas se humedezcan rápidamente, especialmente al trasplantar plántulas o germinar semillas.

### **Evitando el Encharcamiento y los Escurrimientos**

Los programas de riego también pueden ajustarse para evitar los escurrimientos y los encharcamientos en suelos pesados y/o cuando se presentan problemas con los productos químicos, ya que las tasas de infiltración se reducen en ambos casos, las tasas bajas de aplicación de riego ayudan a reducir los escurrimientos en suelos con tasas bajas de infiltración, como son los suelos arcillosos y franco arcillosos. El riego por pulsos aplicado por periodos cortos y frecuentes también puede ayudar a evitar los problemas de escurrimientos y encharcamiento.

En el caso de suelos salinos y/o sódicos, donde la química del suelo y/o del agua representa un problema, puede aplicar el método de lixiviación en presencia de yeso, ya que éste material intercambia el sodio dañino por calcio que beneficia las condiciones del suelo. Si el suelo contiene limo, la aplicación de ácido puede ser de mucho provecho. La adición de materia orgánica también puede ser de gran beneficio. Las sales dañinas deben ser lixiviadas fuera de la zona radicular.

El acondicionamiento del agua por medio de yeso ha sido una técnica que ha dado buenos resultados en ciertos casos. Algunos productores han reportado haber tenido éxito con la aplicación de yeso a través del sistema de riego por goteo, aún cuando se recomienda tener mucho cuidado con esa práctica para evitar taponamientos. Hay otros acondicionadores de agua disponibles a nivel comercial que producen diversos resultados.

### **C. Equipo de Monitoreo**

Hay varias formas de predecir el consumo de agua del cultivo y medir el contenido de humedad del suelo, así como el estrés hídrico de las plantas. Aún cuando sean datos históricos, por lo general los consultores y universidades locales tienen datos reales y proyecciones que pueden servir para determinar el consumo de agua del cultivo. La humedad del suelo y el estrés hídrico deben ser medidos en el campo de cultivo.

La humedad del suelo puede calcularse de manera precisa a través de una gran variedad de métodos. En primer lugar, una mano experimentada puede usar el “método del tacto” mencionado anteriormente. Un segundo método para medir la humedad del suelo es a través del emisor del cuerpo poroso como los sensores de matriz granular (GMS), y los tensiómetros,

Los tensiómetros miden el vacío en “centibars” que las raíces de las plantas ejercen sobre el suelo en contacto directo con el instrumento, mientras que los GMS miden la resistencia eléctrica, tomando la lectura en centibars del sensor GMS que está en contacto con el suelo. En ambos casos, entre más alta la lectura, más seco el suelo. Además las lecturas pueden hacerse en campo de manera manual, o se pueden transmitir los datos de manera automática a una bitácora electrónica. Es preciso considerar que los tensiómetros requieren servicio periódico para substituir el agua perdida por succión cuando se reseca el suelo.

Los resultados deben ser interpretados para tomar decisiones sobre la programación del riego. Por ejemplo, una lectura dada del tensiómetro puede traducirse en diferentes contenidos de humedad del suelo, dependiendo de su textura, los agricultores tienen suelos más ligeros con menor capacidad total de retención de agua es preferible mantener las lecturas del tensiómetro a niveles más bajos que cuando se tienen suelos más pesados. Es muy importante conocer con exactitud cuál es la textura del suelo para poder interpretar los datos de manera eficiente.

En tercer lugar, la humedad del suelo puede medirse mediante otras tecnologías, incluyendo la Reflectometría de Dominio de Tiempo (TDR), la Reflectometría del Dominio de Frecuencia (FDR) y las sondas de neutrones. La selección de la tecnología dependerá de un cierto número de factores, incluyendo el tamaño de las operaciones, la variabilidad de los suelos, la disponibilidad de mano de obra, la exactitud deseada, la capacidad de automatización, el costo y el apoyo local disponible. Ya que los resultados deben ser interpretados, una de las consideraciones más importantes es estar bien capacitados para aprovechar e interpretar dichos resultados.

El estrés hídrico puede medirse de diversas maneras. El productor experimentado puede simplemente observar el campo de cultivo y encontrará ciertos indicios basados en el semblante de hoja, cambios de color, marchitez y la pérdida de frutos. Sin embargo, tales indicios son subjetivos y cualitativos. Las bombas de presión y los termómetros infrarrojos son tecnologías que proporcionan mediciones cuantitativas del estrés hídrico de las plantas. Sin importar cuál sea el método, las mediciones de estrés hídrico en las plantas se utilizan conjuntamente con las mediciones atmosféricas (consumo de agua del cultivo) y la humedad del suelo, para predecir y determinar cuándo regar y por cuánto tiempo.

### **V.3.3 Fertiriego y Quimigación**

Relación Agua/Suelo/ Planta: Hay muchas razones por las que se puede desear aplicar productos químicos mediante el sistema de riego por goteo. Estos son algunos ejemplos:

- Se pueden aplicar productos químicos para darle mantenimiento al sistema, ya sea para tratar o para evitar el taponamiento, tanto de fuentes orgánicas como de fuentes inorgánicas.
- Se pueden aplicar tratamientos para mejorar desequilibrios químicos del suelo y del agua que impiden la infiltración del agua en el suelo, o que amenazan la salud de las plantas.

- Los nutrientes pueden ser aplicados con facilidad y precisión directamente al suelo y a las raíces, sin mojar el follaje.
- Se pueden aplicar otros productos agroquímicos para acabar con las plagas o mejorar su desarrollo.

En resumen, el sistema de quimigación debe ser diseñado para aplicar con seguridad los productos químicos correctos en las cantidades adecuadas, en el momento en que se necesitan.

### **Pruebas de Nutrientes**

El riego por goteo aplica el agua y los nutrientes al suelo para que las raíces puedan absorberlos. Se requieren tanto hechos científicos como conocimiento local del ambiente creado por la relación entre el agua, el suelo y la planta para determinar el estado nutricional.

- Antes de diseñar un sistema de riego, es necesario realizar análisis de suelo y agua para asegurarse de que la tasa de aplicación del sistema sea adecuada a la capacidad que tiene el suelo de aceptación de agua; así como para descubrir y corregir cualquier desequilibrio o toxicidad que representen un riesgo para la infiltración, o para la salud vegetal.
- Durante la etapa de desarrollo del cultivo también se aplican agua, fertilizantes y otros productos químicos. Es importante monitorear y corregir los desequilibrios físicos o químicos que puedan presentarse.
- Los avances en el equipo de monitoreo de campo permiten realizar análisis frecuentes de suelo y plantas para supervisar el desarrollo del cultivo y su estado nutricional.

Al manejar los tres parámetros (suelo, agua y plantas) correctamente, se podrá aumentar al máximo la rentabilidad de las operaciones y reducir al mínimo el riesgo de aplicar agua y productos químicos de manera incorrecta.

### **Extracción de Una Muestra de Agua**

Es preciso tomar una muestra representativa de agua. Si la fuente es un pozo, la muestra debe ser recolectada después de que la bomba haya operado durante media hora. Cuando la línea de suministro de agua es de la red potable, o cuando el agua proviene de un grifo, es necesario dejar correr el agua varios minutos antes de tomar la muestra. Al tomar muestras de una fuente de agua superficial como canales, ríos o lagunas, éstas deben tomarse lejos de la orilla, cerca del centro y por debajo de la superficie del agua. Cuando la fuente de agua superficial sufra variaciones en la calidad del agua a lo largo de las diferentes estaciones del año, será necesario tomar las muestras y analizarlas cuando la calidad del agua esté en su peor momento.

Los envases de vidrio o plástico de medio galón (2 litros) son ideales para recolectar las muestras. Es necesario limpiarlos y enjuagarlos perfectamente con el agua de muestra para evitar contaminación cruzada. Se deberán recolectar dos muestras. La primera muestra se utiliza para realizar todas las pruebas, con excepción del hierro y no se requieren aditivos. La segunda muestra se utiliza para realizar el análisis de hierro.

Después de recolectar el agua, se añaden 10 gotas de HCl. Por lo común, el se consigue en forma de ácido muriático.

Las botellas de muestra deben quedar perfectamente llenas, hasta la tapa (sacando todo el aire) antes de etiquetarlas con cuidado, sellarlas muy bien y guardarlas en un lugar seguro (no deben congelarse). Las muestras deben ser enviadas de inmediato a un laboratorio de pruebas de agua.

### **Análisis de Suelo e Interpretación**

La tecnología del riego por goteo permite a los productores aplicar los nutrientes y los elementos para ajustar el suelo de manera más precisa que otros métodos convencionales. Además de los análisis de laboratorios tradicionales que se realizan antes de la siembra para determinar la cantidad total de fertilizante que requiere el cultivo, las “pruebas rápidas” de campo reportan el estado nutricional de la solución de suelo (agua retenida en el suelo). Con estos datos, se pueden ajustar las aplicaciones de fertilizante y productos mejoradores de suelos para optimizar la producción y la rentabilidad del cultivo.

Es preciso hacer notar que el análisis de suelo y el análisis de la solución de suelo son diferentes, al igual que sus interpretaciones. La siguiente guía lo ayudará a asegurar el éxito:

- Recorra a un laboratorio con buena reputación y/o a análisis rápidos de campo que sean confiables.
- Sea cuidadoso al interpretar los resultados, utilizando las unidades correctas. Los laboratorios a veces expresan los resultados en diferentes unidades y/o formatos, que pueden prestarse a malas interpretaciones.
- Pregunte al personal del laboratorio sobre los procedimientos exactos que deben utilizarse para el muestreo de análisis de suelo y/o siga las recomendaciones de los fabricantes sobre los análisis de solución de suelo en campo.
- Recuerde que los resultados de los análisis de solución de suelo se interpretan de manera distinta que los análisis de suelo y dependen en gran medida del cultivo, el tipo de suelo, el porcentaje de humedad del suelo y el método de riego. Por esta razón, los análisis de solución de suelo se utilizan de manera típica para detectar si los niveles de nutrientes son suficientes y se usan en conjunto con los análisis de tejido vegetal. Algunos consideran que los análisis de solución de suelo son más útiles para monitorear las tendencias nutricionales, que para determinar los niveles óptimos de nutrientes)

### **Guía para la Inyección de Químicos**

Se puede aplicar ácido, cloro, pesticidas y otros productos químicos al sistema de riego para mantenerlo limpio y evitar que sus componentes sufran daños. Asimismo, se aplican productos químicos de manera rutinaria con propósitos agronómicos.

Es importante aplicar los productos químicos adecuadamente para evitar el taponamiento del sistema de riego, poner en peligro los componentes, contaminar la fuente de suministro de agua y/o el medio ambiente circundante, o poner en peligro la seguridad de las personas que tienen acceso al sistema de riego. La quimigación puede ser un proceso

complicado y riesgoso y debe ser realizado con sumo cuidado. Los distribuidores locales, los fabricantes, las universidades y los consultores pueden proporcionar información adicional sobre las tasas de inyección de productos químicos, las fórmulas y la información relacionada con inocuidad y normatividad. Se recomienda ampliamente consultar con otras fuentes de información sobre el tema antes de tomar alguna decisión sobre su uso, así como leer y seguir cuidadosamente todas las instrucciones en las etiquetas de los productos químicos.

## **Guía para la Aplicación de Químicos**

Realizar la prueba de compatibilidad (Prueba de Frasco). Siempre se debe realizar una prueba sencilla de compatibilidad, también conocida como “prueba de frasco” antes de inyectar cualquier producto químico al sistema, incluyendo los fertilizantes. Se debe disponer de un frasco limpio llenarlo con el agua que abastece al sistema de riego, añadir una pequeña cantidad del producto químico que se desea inyectar en una concentración un poco mayor a la que planea inyectar.

Colocar el frasco en un lugar donde permanezca en reposo durante 24 horas y después examinarlo, revisando que la substancia no se haya vuelto turbia, que no haya sedimentos en el fondo y que no se haya formado nata sobre la superficie. Si ocurre alguna de estas reacciones, se recomienda no inyectar este producto químico al sistema.

A continuación se presenta una guía de carácter general de los aspectos que debe considerar para la aplicación de productos químicos.

1. Los productos químicos deben de ser razonablemente solubles.
2. Si se mezcla dos o más productos químicos para preparar una solución patrón que será inyectada en el sistema de riego, deberá realizar antes una “prueba de frasco” para asegurarse de que los productos que está mezclando no reaccionen entre sí y formen precipitados.
3. Los productos químicos deben ser compatibles con el agua de riego. Los factores tales como la salinidad y el pH pueden afectar la solubilidad de los productos químicos inyectados. El cloro y varios sólidos disueltos pueden reaccionar con los productos inyectados después de haber sido introducidos al agua de riego.
4. Cuando se disuelva los productos químicos en el agua, verificar que no formen una capa de suciedad ni sedimentos que puedan entrar en el sistema de riego y crear problemas, los productos químicos deben estar razonablemente limpios de impurezas que puedan ocasionar taponamiento.
5. Los productos químicos no deben atacar, corroer, ni afectar de alguna otra forma los materiales o componentes utilizados en el sistema de micro-riego. Algunos productos químicos pueden resultar muy dañinos; por ejemplo, el cloro puede dañar los componentes de bronce utilizado en los manómetros, medidores o propulsores de bombas y algunos plaguicidas atacan el PVC y otros plásticos.
6. El punto de inyección química debe ubicarse antes del sistema de filtrado, para poder eliminar cualquier impureza o precipitado que llegue a formarse después de la inyección de los productos químicos.

7. PRECAUCIÓN: Anadir siempre el ácido al agua, nunca añadir agua al ácido.
8. PRECAUCIÓN: No mezclar ni almacenar juntos el ácido y el cloro.

### V.3.4 Manejo de la Salinidad

Es común que el agua de riego contenga sales disueltas que permanecen en el suelo después de consumirse el agua durante el proceso de evapotranspiración. Cuando el agua de lluvia no es suficiente, ésta puede complementarse con el riego para lixiviar las sales de la zona radicular, ya que la mayoría de los cultivos son sensibles a la presencia de sal y puede ser la causa del bajo rendimiento del cultivo.

En las regiones áridas donde se utiliza agua salina para regar, es frecuente encontrar sales acumuladas en la superficie del suelo. Sin embargo, las sales también se concentran por debajo de la superficie en la zona delineada por el perímetro de la franja húmeda circundante a cada gotero.

En la ausencia de lluvia, la acumulación de sales puede ser tolerada aplicando riego de manera ocasional para lixiviarlas. Sin embargo, si llueve antes de que las sales hayan sido lixiviadas por medio del riego, estas serán transportadas por la lluvia una vez más hacia la zona radicular, amenazando la salud del cultivo. A fin de evitar niveles tóxicos de sales en la zona radicular durante la lluvia, opere el sistema de riego MIENTRAS LLUEVE, hasta que las sales se lixivien fuera de la zona radicular.

El espacio entre goteros y la forma de la cama pueden ayudar. El manejo de la salinidad es especialmente importante durante la germinación y la emergencia de la semilla y los goteros espaciados a corta distancia, así como la forma de la cama de siembra pueden ayudar. Se sugiere utilizar cinta superficial (o cinta enterrada a unos cuantos centímetros) con goteros espaciados a corta distancia para lixiviar las sales hacia abajo.

En zonas áridas, los goteros muy distanciados entre sí (por ejemplo, una cinta por cada dos hileras, o un espacio entre goteros mayor de 40 cm), pueden ocasionar acumulación de sales en el espacio intermedio. Las semillas que siembre más tarde en esas áreas saladas no emergerán. El riego rodado han enseñado a los productores a formar los surcos de tal manera que el agua de riego cargada con sal se evapore en las crestas de las camas, lejos de las áreas bajas donde se encuentran las semillas y las plantas.

Asimismo, las camas regadas por goteo deben tener una hendidura donde se acumulen las sales lejos de la línea de semillas sembradas por debajo de esa hendidura. El manejo de la salinidad es importante para establecer huertos y viñedos con riego por goteo. Las líneas con goteros laterales típicamente mojan menos del 40% de la superficie total del suelo. Con el tiempo, las sales arrastradas hacia esa franja húmeda mediante el agua de riego, serán lixiviadas fuera del área cercana al gotero, sin afectar el cultivo. No obstante, las sales se concentrarán en el suelo en la medida en que aumente la distancia entre los goteros. Por esta razón, no se pueden aplicar las ecuaciones y los principios estándar de “requerimientos de lixiviación” tradicionales al riego por goteo y al micro-riego.

En lugar de ellos, es necesario realizar una lixiviación periódica de “corrección” para remover la sal fuera del suelo sembrado.

### **La Lixiviación Enfocada Reduce el Desperdicio de Agua**

Para acondicionar suelos es común utilizar el riego por aspersión o el riego rodado para lixiviar las sales concentradas en la zona radicular. Sin embargo, estas prácticas pueden implicar un gran desperdicio de agua, ya que tal vez solo del 20 al 40% del área del huerto o el viñedo requieran lixiviación. Si moja el 100% del suelo para tratar este 20 o 40% de área, estará aplicando 2.5 a 5.0 más volumen de agua que la que realmente se requiere para una buena lixiviación. En lugar de ello, los investigadores de ITRC sugieren el uso de un sistema de cinta de goteo portátil, para “lixiviar con precisión” la zona del huerto o viñedo que lo requiera. En el 2005, Burt e Isbell demostraron haber removido las sales de un huerto de pistachos usando seis líneas de cinta de goteo superficial removible con goteros colocados a corta distancia y separadas a 12 pulgadas (30 cm) entre sí, para “lixiviar con precisión” la zona de riego. Los experimentos de lixiviación llevados a cabo posteriormente arrojaron resultados muy similares a los obtenidos en el huerto de pistachos. Después de terminar el proceso de lixiviación, la cinta de goteo puede ser removida y reutilizada. De esta manera, los goteros de la cinta colocados a corta distancia entre sí realizan la lixiviación con menos consumo de agua.

### **Mejorando el rendimiento**

El riego por goteo también puede ayudar a diluir la salinidad del suelo para mejorar el rendimiento del cultivo. Los rendimientos disminuyen después de que la salinidad del suelo alcanza un valor crítico, además de que la concentración de las sales se incrementa rápidamente al secarse el suelo entre cada riego. En casos como este, es recomendable regar más frecuentemente con un menor espaciamiento entre goteros. Los estudios y la experiencia demuestran que si se maneja el riego por goteo de tal forma que la salinidad siempre se encuentre diluida, asumiendo que ambos casos utilizan la misma calidad de agua, se tendrán mejores rendimientos con el riego por goteo que con el sistema de riego por aspersión o riego rodado. De acuerdo con algunos estudios (Hanson y May, 2003) realizados con tomates para la industria de alimentos procesados, los altos niveles de salinidad en campos con suficiente dilución no ocasionan daños al cultivo, a diferencia de lo que ocurre en los campos altamente salinos cultivados con métodos tradicionales, donde el rendimiento puede sufrir caídas drásticas.

### **V.3.5 Mantenimiento del Sistema**

Los sistemas de riego requieren de un programa de mantenimiento preventivo rutinario para optimizar su desempeño. A pesar de que las innovaciones recientes en el diseño de cinta de goteo las han hecho más resistentes al taponamiento, los retos que imponen la naturaleza de las fuentes de suministro de agua para la agricultura, las prácticas de inyección de fertilizantes, las limitantes naturales del equipo de filtrado, y en general, todo el entorno de cultivo agrícola, inducen a considerar al mantenimiento preventivo como una actividad de alta prioridad. Un sistema de riego por goteo tapado podría ocasionar pérdidas en el cultivo poniendo en riesgo una inversión cuantiosa. Como ya se ha

mencionado anteriormente, es necesario establecer parámetros de operación y monitorear el flujo, la presión y las condiciones del agua de lavado periódicamente, a fin de elaborar un programa de mantenimiento preventivo efectivo.

### **Aplicación de Químicos**

Por lo general el ácido y/o el cloro se inyectan en el sistema de riego por goteo desde tanques independientes y por medio de distintos inyectoros. Estas aplicaciones se realizan para tratar el agua y evitar el taponamiento provocado por crecimiento orgánico, precipitación mineral y/o intrusión de raíces. Cabe recalcar que todos los tratamientos excepto uno (aeración y sedimentación) implican el uso de cloro o ácido, y que la concentración de minerales aún en proporciones bajas como 0.1 ppm, pueden originar taponamiento. Asimismo, recordar la importancia del control del pH y que las opciones de tratamiento incluyen estrategias de inyección continua o intermitente.

### **Lavado del Sistema**

Es común que a los sistemas de riego por goteo superficiales se le dé menos prioridad e inclusive se olvide de lavarlos rutinariamente. Sin embargo, en los sistemas de riego subterráneos (SDI), es necesario darle prioridad al lavado del sistema por lo poco práctico que resultaría estar cambiando la cinta, sobre todo cuando el sistema fue diseñado para durar 20 o más años. Incluso si la cinta se usa durante periodos cortos, es importante lavar el sistema para mantener su uniformidad. Por lo tanto, sin importar si el sistema de riego por goteo es superficial o subterráneo (SDI), es imprescindible que el sistema no solo sea diseñado para tener una alta uniformidad en la aplicación de riego, sino también para eliminar los residuos de material sedimentado en las tuberías y en los goteros.

En la mayoría de los casos, la longitud y los diámetros de las tuberías serán determinados por el requisito de optimizar la velocidad del agua durante el proceso de lavado, en lugar de optimizar la uniformidad de riego del sistema. Por tal motivo, el tamaño de las bombas deberá ir de acuerdo con los requerimientos del caudal requerido durante el proceso de lavado.

Asimismo, ocurrirán cambios por elevación entre la cinta, el múltiple de lavado y la válvula de lavado. Estas pérdidas por fricción deben ser consideradas desde la etapa de diseño del sistema, antes de determinar la presión y el flujo de lavado del sistema que se requieren para lograr suficiente velocidad de lavado.

### **Control de Plagas**

La cinta de riego por goteo es susceptible a sufrir daños mecánicos a causa de mamíferos, roedores e insectos; por lo tanto, es importante controlar este tipo de plagas. Existe un amplio rango de opciones de tratamiento, incluyendo la quimigación. Antes de aplicar sustancias químicas por el sistema de riego, asegúrese de que el producto sea el recomendado para su caso y que todas las indicaciones y buenas prácticas de seguridad hayan sido satisfechas.

Los daños ocasionados por animales a los sistemas de riego subterráneos (SDI) pueden llegar a ser un problema grave, en especial cuando las áreas de cultivo se encuentran cerca de terrenos baldíos. Los roedores que cavan madrigueras o túneles, tales como



ratones, ratas, ardillas, topos o castores, pueden causar daños a la cinta de riego superficial o subterráneo. En lugar de buscar agua, estos roedores mordisquean los materiales duros para desgastarse los dientes que les crecen continuamente.

Se sabe de otros animales, incluyendo los cuervos y los coyotes que dañan las líneas laterales de riego, aparentemente en su búsqueda de agua. Si hay suficiente número de ellos, estos animales pueden ocasionar graves daños a los sistemas de micro-riego.

Las cuatro soluciones básicas para los problemas de plagas son:

1. Usar repelentes para mantener a los animales alejados de las líneas laterales.
2. Poner cebo o trampas para controlar la población de animales.
3. Eliminar la fuente de alimento de los animales.
4. Colocar una fuente alterna de agua para beber para que se mantengan alejados de las líneas laterales.

El sistema debe de ser lavado con la frecuencia necesaria para mantener las líneas limpias, misma que dependerá tanto de la calidad y la temperatura del agua utilizada durante el ciclo agrícola como de la efectividad del sistema de filtrado. Las líneas principales, las secundarias y las líneas laterales deben ser lavadas en secuencia hasta que el agua de lavado salga transparente por lo menos durante dos minutos. Deseche el agua de lavado de la manera adecuada para evitar deteriorar la calidad del agua con la que alimenta al sistema y/o la calidad del medio ambiente cercano a sus operaciones.

Debido a que las presiones de entrada y el caudal del sistema son mucho más altos durante el proceso de lavado, es importante asegurarse de que las tuberías, mangueras y cintas sean lo suficientemente resistentes para asegurar un buen lavado.

### **Repelentes**

Los repelentes mantienen a los animales alejados mediante ciertos tipos de sustancias químicas que saben o huelen mal. Los repelentes pueden ser inyectados por el mismo sistema de riego o bien pueden ser aplicados al costado de las líneas laterales al momento de su instalación. En términos generales, la técnica preferida es la inyección de sustancias químicas por medio del sistema de riego ya que los productos químicos aplicados durante la instalación perderán su eficacia al pasar del tiempo o bien pueden ser lixiviados. Existen una serie de productos químicos que irritan los sentidos de los animales como el hidróxido de amonio (agua de amoniaco) y los insecticidas.

### **Trampas**

Las trampas son muy efectivas, sin embargo debido a la intensidad de la mano de obra requerida para su instalación, pueden no ser prácticas en campos grandes. Su uso también puede ser útil para determinar el tipo de animal responsable del daño. La aplicación de cebo puede hacerse por inyección en el subsuelo mediante un tractor equipado con un cincel o bien superficialmente sobre las áreas infestadas. En la mayoría de los casos, este método es muy efectivo y de bajo costo.

### **Fuente de Alimentos**

Las malezas o el cultivo mismo pueden servir como fuente de alimento para los animales que cavan túneles. Si se alimentan de malezas, el problema se resuelve controlando el crecimiento de maleza. Si se alimentan del cultivo, entonces será necesario controlar la población de animales, para beneficio de la salud y el rendimiento del cultivo. Los animales sedientos pueden dañar las líneas laterales superficiales y subterráneas al mordisquearlas en búsqueda de agua. Algunos productores han reducido estos daños colocando cubetas de agua en sitios estratégicos. Puede mantener las cubetas siempre llenas colocando un gotero a la línea lateral.

### **Control de Plagas**

Para controlar las plagas, se recomienda lo siguiente:

- 1) Utilizar cinta de pared gruesa.
- 2) Encender el sistema de riego tan pronto se instale la cinta.
- 3) Aniquilar a los insectos con productos químicos como Vapam, Ridamil y Diazinon.
- 4) Usar jaulas para controlar a los topos.
- 5) Hacer “ruido” para ahuyentar a los animales.
- 6) Colocar vasijas con agua en espera de que los animales beban de ellas, en lugar de mordisquear las líneas de riego.
- 7) Dejarles huesos de vaca para que jueguen con ellos en lugar de atacar las líneas de riego.
- 8) Eliminar a los animales.

### **Mantenimiento del Sistema de Filtración**

El mantenimiento preventivo del sistema de filtración es esencial para mantener todo el sistema de riego en buenas condiciones operativas. Los filtros de arena, los filtros ciclónicos, los filtros de malla y los filtros de disco, así como las presas de sedimentación requieren de cuidado rutinario durante y al final del ciclo de riego. Todos pueden funcionar bien bajo cualquier aplicación, siempre y cuando sean del tamaño adecuado para filtrar el agua al grado de calidad que se requiere para proteger los emisores. Los productores de la cinta de goteo especifican las necesidades de filtración de todos sus emisores y la mayoría de los fabricantes de filtros expresan la capacidad nominal de filtración de sus filtros en tamaños de malla. Si el filtro requiere limpieza con mucha frecuencia, esto se puede deber a que es más pequeño del tamaño requerido, a que se está utilizando el filtro incorrecto para la aplicación, o bien que no es necesario filtrar a un grado tan fino.

### **Monitoreo del Diferencial de Presión**

A medida en que los filtros se van tapando se incurren pérdidas progresivas de presión entre la entrada y la salida. Es importante revisar frecuentemente el diferencial de presión del filtro en especial cuando las condiciones de agua cambian a lo largo del ciclo de riego. El diferencial de presión excesivo puede hacer que los residuos pasen a través de los filtros y/o deterioren el funcionamiento del sistema de riego. Muchos sistemas de filtración son automáticos. Una vez que se alcanza un diferencial de presión predeterminado en el filtro, se limpian automáticamente mediante la activación de una válvula hidráulica de retrolavado de 3 vías. Este procedimiento consiste en invertir el flujo de agua durante un periodo corto, eliminando los residuos a través de la línea de retrolavado. También es

posible dar mantenimiento manual a los filtros, activando las válvulas de retrolavado de 3 vías manualmente, o bien, sacando la malla o el cartucho del disco fuera del cuerpo del filtro para limpiarlos con agua presurizada y/o cepillos.

### **Inspección de Filtros**

Es preciso cuidar que el sistema esté apagado y sin presurizar cuando vaya a dar servicio a los filtros. Se deben revisar los filtros de malla para asegurarse de que no estén tapados, rasgados o presenten problemas de corrosión. Asimismo revisar los filtros de disco dentro del compartimiento de discos para asegurarse de que las ranuras no estén desgastadas ni tapadas. También inspeccionar los aro-sellos en busca de señales de desgaste. Drenar los filtros de arena permitiendo que sequen para poder revisar el nivel de arena y la condición de la misma. La arena no debe de estar agrumada o presentar algún otro problema. Muchos usuarios de filtros de arena procuran reemplazar la arena una vez al año. Asimismo, se deberá inspeccionar los ajustes de la válvula de control del agua de lavado para verificar que el exceso de arena no salga del filtro cuando se retrolave el filtro. Para este propósito se instala una mirilla transparente como la que se muestra en la fotografía. Si los filtros son automáticos, es necesario revisar también que funcione bien la válvula, la bobina y el controlador. Finalmente, los filtros y las presas de sedimentación deben ser clorados de manera periódica para evitar el desarrollo de microorganismos.

### **Imagen 15. Mirilla transparente**



### **Mantenimiento de Accesorios**

Las válvulas, los reguladores, los flujómetros, los manómetros, los controles y el equipo de bombeo deben ser revisados periódicamente para asegurarse de que los parámetros de ajuste sean los correctos y que funcionen adecuadamente. Se debe revisar el buen funcionamiento de los diagramas de las válvulas, los aro-sellos, los solenoides y la tubería de control, así como la integridad del cableado eléctrico. Lubricar los dispositivos mecánicos cuando sea necesario. Los flujómetros deben ser calibrados periódicamente por profesionales y se deberá verificar las lecturas de los manómetros comparándolas con las lecturas de un manómetro confiable lleno de líquido o glicerina, de precisión comprobada.

### **Protección del Sistema Contra el Medio Ambiente (Intemperizado)**

Es importante proteger al sistema de riego de las temperaturas bajas, ya que el agua contenida dentro del mismo se puede congelar y expandir. La expansión del agua atrapada puede dañar los componentes plásticos y metálicos del sistema de riego. Las líneas laterales con goteros de polietileno no sufren este tipo de daños, ya que los goteros sirven de puntos de drenado y el polietileno es un material flexible. Sin embargo, el agua de los filtros, las válvulas, el equipo de quimigación, los reguladores de presión y todas las tuberías, debe de ser evacuada por medio de un compresor de aire. Hay que prestar atención en particular a todos aquellos tubos que quedan en las partes bajas del campo de cultivo, donde por efecto de la gravedad, se acumula el agua. Asimismo, los sistemas deben de limpiarse antes de apagarlos durante la temporada de invierno. Este procedimiento de limpieza incluye la inyección de sustancias químicas, el lavado de todas las tuberías y la limpieza de los filtros.

### **Procedimientos de Arranque**

Los procedimientos de arranque antes de un periodo de inactividad son similares a los procedimientos que se llevan a cabo después de instalar el sistema, incluyendo una revisión general de todos los componentes del sistema para asegurarse de que funcionen bien: filtros, válvulas, controladores, equipo de quimigación, flujómetros, manómetros, reguladores de presión y válvulas de lavado. Cuando el sistema ya esté en condiciones de ser operado, deberá inyectar las sustancias químicas que sean necesarias antes de lavarlo perfectamente. Se sugiere registrar las lecturas de referencia y compararlas contra las especificaciones del equipo, realizando los ajustes que se requieran.

### **V.3.6 Optimización de la inversión**

Ningún tipo de información sobre riego por goteo estaría completa si no se habla sobre el costo. Los beneficios ya han sido definidos con claridad, sin embargo el que la inversión valga la pena depende de numerosas variables específicas de cada operación que pueden afectar la rentabilidad y los beneficios generales. El cuadro siguiente contiene una lista parcial de aspectos importantes relacionados con el rendimiento económico de la inversión. No obstante, ya que la tendencia hacia la agricultura sustentable sigue creciendo, se debe enfatizar que muchos otros productores empiezan a dar gran valor (y en algunos casos aprecian más) a los beneficios no monetarios que produce el riego por goteo. Por ejemplo, la cinta enterrada para riego por goteo (SDI) puede integrarse con facilidad a las operaciones con cero labranza, contribuyendo además a la reducción de malezas y enfermedades en los cultivos en hileras y permanentes. Tal vez lo más importante sea que la tecnología del riego por goteo ayuda a reducir el uso de recursos valiosos como el agua, los fertilizantes y la energía, al mismo tiempo que ayuda a aumentar la productividad por unidad de tierra trabajada. Dentro de un contexto en el que los líderes del mundo se esfuerzan en aprovechar al máximo los recursos para alimentar a mayor población en el futuro, el riego por goteo es citado con frecuencia entre las tecnologías que ayudarán a resolver ese problema apremiante. En resumen, sin importar cuánto valor se dé a los beneficios sociales o a los económicos, son tan reales que están siendo descubiertos por un número cada vez mayor de productores en todo el mundo.

## El Riego por goteo Aumenta la Rentabilidad del Productor

### **1. Mejores Ingresos**

- o Rendimiento*
- o Calidad Mejorada/uniformidad*

### **2. Menor uso de Recursos (costos)**

- o Agua*
- o Fertilizantes*
- o Energía*
- o Mano de Obra*
- o Químicos*
- o Equipo*
- o Pólizas de seguros*

### **3. Flexibilidad**

- o Acceso al campo de cultivo*
- o Riego en terrenos poco uniformes*

### **4. Manejo ambiental**

- o Menos escurrimientos y percolación profunda*
- o Menor evaporación y arrastre por el viento*
- o Mejor hábitat para la vida silvestre*

## CONCLUSIONES

México se colocó hace poco más de una década como el cuarto exportador de floricultura en el mundo. Sin embargo, se cuenta con infraestructura deficiente y el 65% de su mercado lo comprenden los Estados Unidos de América, siendo los países europeos un buen mercado para abastecer demanda y dirigir su oferta. Es claro que la nación mexicana se ha vuelto dependiente de la economía norteamericana y de nada le ha servido ser el país con mayor número de tratados y acuerdos comerciales, sobre todo con la Unión Europea, ya que varias empresas floriculturistas se han declarado incapacitadas o rezagadas en distintas materias para establecer un mercado redondo con los países del viejo mundo.

Nuestra República no ha sido capaz de conseguir una producción de volúmenes amplios, lo que también asegura la deficiencia de la exportación para satisfacer la demanda de países como Taiwán, Japón y Filipinas.

A pesar de que los esfuerzos gubernamentales en el Estado de México, Morelos y Guerrero han sido grandes, la tecnología no comprende más que el 20% de los campos productores de flores y los empresarios aceptan el temor que tienen a exportar. Esto sin aumentarle aún la reacción del típico país tercermundista que la sociedad mexicana sufre, el rechazo a las plazas de trabajo en el campo y la explotación de la calidad del sector primario con que nuestras tierras cuentan, deseando ir a trabajar a las urbes más concentradas en la industria y los servicios.

Si consideramos que existe un exceso de oferta en el empleo floriculturista, un déficit tecnológico, de inversión y de producción, carencia de capacitación y a eso le sumamos la pésima segmentación del mercado internacional...

Es completamente irrefutable que como ciudadanos tenemos que tener en cuenta que con la base teórica que nos estamos formando: los conocimientos del diseño de embalaje, marcaje y distribución, así como la logística de éstos y los términos bajo los que se rigen; no podemos pasar por alto la mala dirección que se le está dando a una plaza mexicana evidentemente rentable. Y como un punto de vista muy particular, me gustaría agregar que la globalización le a abierto a México puertas económicas inimaginables que hasta el momento, nuestro país ha demostrado no estar preparado para aprovecharlas.

El cultivo de flores es una alternativa para ingresar al mundo de agronegocios. Sobre todo por su incipiente desarrollo. Sin embargo, como en toda actividad productiva la rentabilidad dependerá de los cuidados, la calidad, capacitación y canales de comercialización que se establezcan.

La floricultura es una actividad que de su producción destina sólo un 20% al mercado externo. Las principales zonas productoras se encuentran en Estado de México, Veracruz, Morelos.

El 45% son flores de corte (rosas, crisantemos, claveles y gladiolos, principalmente), 46% flores forrajeras o de campo y 8% flores y plantas de vivero (nochebuenas, helechos, pensamientos o petunias).

México se encuentra entre las 10 principales naciones productoras de flores; el primer lugar lo ocupa Holanda, seguida de Colombia, Ecuador, Italia y Dinamarca. Se podría decir que la floricultura mexicana todavía está en pañales, la balanza comercial de México es deficitaria, debido principalmente a que países como Colombia y Ecuador están introduciendo sus productos con gran facilidad al mercado nacional y esto está provocando un desplazamiento de los productores mexicanos.

Otro de los problemas que tiene que resolver la floricultura nacional es la falta de infraestructura, sobre todo en lo que se refiere a la introducción de nuevas tecnologías en la cosecha (fertilización y sistemas de riego eficientes) y al tratamiento post cosecha, (corte de las flores, hasta su empaque y su embalaje, así como su transportación en camiones que cuenten con equipos de refrigeración.

Todos estos factores, además de que los sistemas de producción no son de la más alta tecnología, le restan calidad a las flores. Una forma de medir la calidad, por ejemplo, es el tiempo de vida que una flor tiene en un florero, cuyo promedio normal es de 15 días.

Sin embargo, existe optimismo respecto al futuro de la floricultura mexicana ya que el mercado estadounidense es muy atractivo para los productos nacionales.

Actualmente, México exporta a Estados Unidos un promedio de 46 millones de dólares, de los cuales 30 millones corresponden a flores de corte, 9 millones a flores de follaje y 7 millones a flores y plantas de vivero.

El reto es importante: tratar de competir con otros países y, por qué no, contra Holanda, país que tiene acaparado 70% del mercado mundial.

La poca disponibilidad de agua y la necesidad de incrementar la productividad agrícola conllevan a la implantación o reforzamiento de una serie de medidas de fondo que deberán ir acompañadas de los recursos técnicos y económicos necesarios para su oportuna y adecuada implantación.

En este contexto, es necesario mantener una distribución muy controlada de los volúmenes almacenados en las presas y a seguir siendo muy cuidadosos en el

otorgamiento de los permisos de siembra y riego, considerando la disponibilidad de agua como un elemento clave, para lo cual, la Comisión Nacional del Agua debe seguir manteniendo una coordinación muy estrecha con la Secretaría de Agricultura.

Además, se requiere intensificar los trabajos de modernización y tecnificación en los Distritos y Unidades de Riego, para lo cual la experiencia acumulada en los últimos años puede ser de gran utilidad.

Es importante también establecer cultivos específicos en función de la disponibilidad de agua y la vocación del suelo; en este sentido, el direccionamiento de los apoyos de la Secretaría de Agricultura, seguirá siendo clave.

Con el fin de preservar los ríos y acuíferos y que los usuarios puedan conocer con toda claridad los volúmenes de agua de que dispondrán en cada año agrícola, será necesario establecer e implantar reglamentos para el uso y distribución de las aguas en las cuencas que aún carecen de ellos.

Es común que las presas del país estén interconectadas y formen, por tanto, sistemas, por lo que se requiere afinar, o en su caso desarrollar, los modelos que permitan precisar los volúmenes que podrán ser aprovechados en cada presa, así como aquellos que deberán ser trasvasados de una presa a otra, considerando los acuerdos que ya han sido formalizados en diferentes cuencas.

Los resultados de los modelos deben ser fácilmente interpretados por los usuarios, de manera tal, que les permitan apreciar claramente los efectos de las diferentes políticas de operación propuestas.

El diseño y evaluación de los modelos anteriores requiere: incorporar la experiencia que ha sido acumulada por el personal de la Comisión Nacional del Agua, considerar los lineamientos que se establecen en el manual de operación de cada presa, el análisis de los datos climatológicos, hidrométricos y almacenamientos históricos en las presas, así como tener presentes los volúmenes de agua que han sido concesionados a los usuarios de la cuenca.

Para el caso de las presas que a futuro se vayan a construir, sería deseable que contaran con su reglamento para el uso y distribución de sus aguas desde antes del inicio de su construcción.

Un aspecto en el que la Comisión Nacional del Agua tendrá que trabajar con gran intensidad es el relativo a la medición de volúmenes, desde que se precipitan como lluvia en las diferentes cuencas hasta que son vertidos por los usuarios, considerando por supuesto los caudales extraídos de las diferentes fuentes de abastecimiento.



En este sentido, la Institución deberá conocer con precisión los volúmenes utilizados por los usuarios. En el caso agrícola, ello implica un ambicioso programa de instalación de medidores.

Según la Ley, el usuario debe instalar sus medidores, pero existen pocos aparatos en los campos agrícolas y de ellos, una pequeña parte están debidamente colocados.

Al respecto, es necesario evaluar si lo más conveniente es que los medidores sean instalados y pertenezcan a la Comisión Nacional del Agua, para lo cual, habría que modificar la ley. En caso contrario, se debería modificar el reglamento para establecer que el usuario debe instalar su medidor conforme a las especificaciones que defina la Comisión.

Es importante destacar que sin una medición adecuada de volúmenes, la tarea de administrar las aguas nacionales se ve seriamente afectada.

De igual manera, es fundamental consolidar el sistema de medición de la calidad del agua, en principio en los principales ríos, lagos y acuíferos del país.

En virtud de que el 35% de las 2,200 presas del país tienen más de 40 años de construcción y su vida útil de diseño normalmente es de 50 años, se requiere elaborar los estudios técnicos y batimétricos que permitan conocer su estado y priorizar los trabajos a realizar para garantizar su buen funcionamiento.

Por otra parte, es oportuno comentar que algunos Organismos Internacionales han sugerido que se efectúe un cobro por la extracción de agua para riego, con el fin de propiciar su uso eficiente.

Se ha planteado que si bien los subsidios al sector agrícola son necesarios, no es conveniente que parte de ellos se realicen a través de la subvención del pago del agua, en un país que presenta muy poca disponibilidad en diferentes zonas, lo cual es un tema que requiere de un análisis más profundo.

Una opción atractiva consiste en efectuar un cobro a los usuarios por los volúmenes de agua que extraen y que los montos recaudados les sean reintegrados, siempre y cuando ellos aporten una cantidad similar para acciones de modernización y tecnificación de sus parcelas o para el mejoramiento de la infraestructura de riego.

En materia de inversiones, como ya se ha mencionado, la aplicación de los recursos asignados a la Comisión Nacional del Agua, tanto en los programas hidro agrícolas, como en los de agua potable y de saneamiento, se realiza a través de una serie de Reglas de Operación que han sido definidas por la Institución y publicadas en el Diario Oficial de la Federación.

Entre otros aspectos, en las reglas se señalan los porcentajes de aportación que puede aplicar la Comisión Nacional del Agua para las acciones de cada programa y el porcentaje que corresponde a la contraparte, el cual puede provenir de los Estados, Municipios o Usuarios, según el tipo de programa.

Al respecto, será necesario simplificar las Reglas y adecuar su lenguaje para facilitar su aplicación por parte de los usuarios e instancias estatales y municipales, así como intensificar su difusión en todo el país para garantizar que todos los interesados las conozcan y puedan beneficiarse con los programas que coordina la Institución.

Un aspecto relevante en torno a las Reglas consiste en evaluar la manera en que se puede favorecer a los municipios y usuarios agrícolas con menos posibilidades económicas, ya que en ocasiones carecen de los recursos necesarios que se establecen como contraparte.

Sin lugar a dudas, la agricultura es un factor clave en el desarrollo y bienestar de los habitantes de nuestro país; nuestra nación ha buscado su autosuficiencia.

La agricultura de riego es la actividad que emplea mayores volúmenes de agua, por lo que de continuar con los métodos de riego actuales se corre el riesgo de que a futuro se afecten aún más las fuentes de abastecimiento, lo que impactará desfavorablemente a la producción agrícola y a los demás usos de las cuencas del país.

Aún es tiempo de revertir esta situación y para ello será necesario lograr un uso más eficiente del agua mediante el empleo de métodos y técnicas de riego que permitan incrementar su productividad y reducir los consumos con el fin de liberar los volúmenes ahorrados para la preservación de nuestros ríos, lagos y acuíferos, así como para destinarlos a diversos usos.

Mediante el desarrollo de mi actividad profesional en Tubos y Válvulas junto a programas de la Asociación de Floricultores, la organización de productores y las adecuaciones institucionales, se ha promovido la modernización de las áreas de riego de la Región VI del Estado de México. En el campo de la irrigación, la modernización es un proceso continuo de capacitación de personal, de evaluación del desempeño de los sistemas productivos y de innovación, adecuación y actualización de la tecnología de riego. La gran heterogeneidad de los sistemas de riego requiere de una amplia gama de tecnologías apropiadas, la cual va desde los tradicionales revestimientos de canales y nivelación de los suelos, hasta la presurización y el entubado de las redes y el uso de acolchados y cintillas en las parcelas. Las diferentes alternativas tecnológicas dependen de la capacitación y preferencia de los productores, rentabilidad de los sistemas productivos, disponibilidad de agua, y de las políticas sectoriales para impulsar el uso eficiente del agua, el aumento de la productividad en las áreas de riego y la protección al ambiente.

La práctica del riego constituye uno de los elementos más importantes para el incremento de la producción de la floricultura. Esta práctica fue usada desde antiguos tiempos para contrarrestar las sequías que sistemáticamente han disminuido las posibilidades productivas. Actualmente la tecnología de riego ha llegado a niveles de sofisticación muy altos y se están logrando elevadas eficiencias con los distintos tipos de sistemas de riego.

La práctica del riego constituye uno de los factores más importantes para el desarrollo y crecimiento de las plantas, la cual puede llevarse a cabo mediante el sistema de riego por goteo. El mismo permite una mejor utilización de agua y permite controlar a la perfección los fertilizantes a utilizar, así como suministrar la cantidad de agua exacta requerida por el cultivo en todo momento.

En conclusión, se considera estar desarrollando una mejora continua en la aplicación de sistemas de riego eficientes dentro de la Región VI del Estado de México, con gran repercusión ecológica social, aplicando conocimientos de hidráulica que permita responder a las necesidades de un país en continuo crecimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- Zepeda Sergio. Manual de instalaciones hidráulicas, sanitarias, gas, aire comprimido y vapor, segunda edición, México: Editorial Limusa, Grupo Noriega editores. 2012
- Reyes Sánchez José, Curso internacional de sistemas de riego, Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de irrigación, México 2004
- Alexander Servat Alberto G. *Calidad Metodología para documentar el ISO-9000 versión 2000*. México: Editorial Pearson Educación. 2005
- Álvarez Héctor F. *Principios de Administración. Segunda edición, Córdoba, Argentina*, Ediciones Eudecor. 2000
- Cabrera J. R. y Orozco R. M. Diagnóstico sobre las plantas ornamentales en el estado de Morelos. Campo Experimental Zacatepec, Publicación Especial No. 38. 2003
- Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, México. La Floricultura en México se marchita. 2006.
- FAO-SAGARPA, Informe nacional de evaluación del programa desarrollo de la horticultura ornamental. Gobierno de la República. Anexo del 1er. Informe de Gobierno. 2006
- García G., Hernández C. y Martínez L. Floricultura en México y entorno mundial. Proyecciones, Año 1 Número 1 junio agosto. 2009.
- INEGI. Cultivo en invernaderos y viveros, y floricultura a cielo abierto. 2006.
- INVEDER. COVERFLOR entrega recursos para apoyar la producción de flores con alto valor comercial. 2006.
- INVERDER. Presentación a los medios de Expoflor México 2005, Toluca Estado de México 9 de Febrero del 2005.
- Pérez, H. P. Identificación y Priorización de la Megacadena Ornamental en el estado de México. 2008
- SAGARPA. <http://www.sagarpa.com.mx//boletín> informativo/órgano de comunicación social. 2006.

SAGARPA-FAO. Evaluación de la alianza para el campo 2001. Informe de la evaluación del desarrollo de la horticultura ornamental. México, Octubre 2002.

SAGARPA. Desarrollo de Horticultura Ornamental. 2006.

SAGARPA. Programas de horticultura ornamental, cultivos estratégicos y programa cítrica, 2006.

SAGARPA. Proyecto del mercado de flores de Villa Guerrero. 2006.

SAGARPA. La floricultura en México, 2006.

SAGARPA. Floricultura en México y entorno mundial. Proyecciones, Año 1 Número 1. 2006.

INEGI. Cultivo en invernaderos y viveros, y floricultura a cielo abierto, 21 de marzo del 2006.

INVEDER. COVERFLOR entrega recursos para apoyar la producción de flores con alto valor comercial. 2005.

INVERDER. Presentación a los medios de Expoflor, México 2005, Toluca Estado de México 9 de Febrero del 2005.

Pérez, H. P. Identificación y Priorización de la Megacadena Ornamental en el estado de Veracruz. FUNPROVER-Colegio de Postgraduados (Campus Veracruz). 2008.

SAGARPA-FAO. Evaluación de la alianza para el campo 2001. Informe de la evaluación del desarrollo de la horticultura ornamental. México, Octubre 2002.

SAGARPA. Desarrollo de Horticultura Ornamental. 2001

SAGARPA. Programas de horticultura ornamental. 2001

SAGARPA. Proyecto del mercado de flores de Villa Guerrero. 2004

SAGARPA. La floricultura en México. 2004