



Un cultivo de tomate por cada m<sup>3</sup> de agua empleada produce:

17-20 Kg Exterior

37 Kg Invernadero

# Manual de Tomate Kumara

MANUAL PARA EL PAQUETE TECNOLÓGICO  
PRODUCCIÓN DE TOMATE KUMARA

Pilar Carolina Mazuela Águila  
Editora



Colección frutas y hortalizas  
Ediciones Universidad de Tarapacá  
2013





# Manual para el paquete tecnológico producción de tomate Kumara

Editora: Pilar Carolina Mazuela Águila

Colección **frutas** y hortalizas

Departamento de Producción Agrícola,  
Universidad de Tarapacá

2013



Manual para el paquete tecnológico producción de tomate Kumara  
© Universidad de Tarapacá, Arica, Chile  
Registro Propiedad Intelectual N° 234.709  
ISBN: 978-956-7021-38-3

Editora:  
Pilar Carolina Mazuela Águila

Colección **frutas** y hortalizas  
Facultad de Ciencias Agronómicas  
Universidad de Tarapacá  
Ediciones Universidad de Tarapacá  
2013

Diseño y maquetación: Andros, Santiago  
Imprenta: Andros, Santiago  
Tiraje: 500 ejemplares

La Universidad de Tarapacá no se responsabiliza de la información y opiniones contenidas en esta publicación, siendo responsabilidad exclusiva de los autores.

© Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación, así como la edición de su contenido por medio de cualquier proceso reprográfico o fónico, electrónico o mecánico, especialmente imprenta, fotocopia, microfilm, offset o mimeógrafo, sin la previa autorización escrita del editor.

## Agradecimientos

Queremos agradecer al Gobierno Regional de Arica y Parinacota por la iniciativa de aportar recursos del Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC) al CONICYT para el III Concurso Nacional Regionalizado de Proyectos de Investigación y Desarrollo FONDEF-R 2009-2010.

Un especial agradecimiento al Seremi de Agricultura, señor Jorge Alache González, por las sugerencias que ha hecho para el desarrollo de este proyecto. También queremos agradecer al equipo del proyecto FONDEF-R D10R1026, verdaderos artífices en la generación de información que nos ha permitido conocer la forma cómo se fertiliza el cultivo de tomate en el valle de Azapa.

LOS AUTORES



## Presentación

FONDEF de CONICYT tiene como objetivo fundamental contribuir al aumento de la competitividad de la economía nacional y al mejoramiento de la calidad de vida de los chilenos, promoviendo la vinculación entre entidades de investigación, empresas y otras entidades, en la realización de proyectos de investigación aplicada de interés para el sector productivo u orientados al interés público. El objetivo del Programa FONDEF Regional es contribuir al desarrollo científico, tecnológico y de innovación requerido por las regiones.

Este manual es un resultado del proyecto FONDEF-R D10R1026 “Desarrollo e implementación de un innovador paquete tecnológico para la producción de hortalizas que dé sustentabilidad al acuífero del río San José Región de Arica y Parinacota” cuyo objetivo fue mejorar la eficiencia en el uso del agua del valle de Azapa. Este proyecto se focalizó en la mejora en el proceso de producción de tomates debido a que es la hortaliza de mayor valor comercial en la región, tanto por la superficie cultivada como por el valor económico de este producto.

De esta manera, los autores de este manual hacen una importante contribución para mejorar los sistemas productivos del cultivo del tomate para zonas con problemas de disponibilidad y calidad de agua, salinización de suelos y cambio climático. Este manual está dirigido a productores y asesores del sector agrícola, como un aporte de la Universidad de Tarapacá a la sustentabilidad de la horticultura en la región de Arica y Parinacota.

LA EDITORA



# Índice

## **CAPÍTULO 1**

### **Kumara y el cultivo de tomate en la Región de Arica y Parinacota**

*Pilar Carolina Mazuela Águila, Elizabeth Bastías Marín, Alejandro Riquelme Garcés, Francisco González Vallejos* ..... 11

## **CAPÍTULO 2**

### **Análisis de agua y su interpretación**

*Patricia Pacheco Cartagena* ..... 17

## **CAPÍTULO 3**

### **Efecto del contenido de materia orgánica (M.O.) en la absorción de boro en tomate Poncho negro en condiciones de salinidad en ambiente controlado**

*Wladimir Esteban N., Patricia Pacheco C., Elizabeth Bastías M.* ..... 27

## **CAPÍTULO 4**

### **Principios de Manejo Sustentable de Enfermedades Vegetales: intervención en el control de enfermedades de las plantas**

*Germán F. Sepúlveda Chavera, Ricardo Salvatierra* ..... 43

## **CAPÍTULO 5**

### **Bioseguridad, química verde y sostenible en la horticultura protegida ¿cómo usar las mezclas peroxiacéticas de forma segura en la horticultura protegida?**

*Miguel Urrestarazu* ..... 59

## **CAPÍTULO 6**

### **Paquete tecnológico para la sustentabilidad del cultivo de hortalizas en el valle de Azapa**

*Pilar Carolina Mazuela Águila* ..... 75

## **CAPÍTULO 7**

### **Sustentabilidad y las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) para la agricultura intensiva del valle de Azapa**

*Juan Trevizan Rispoli* ..... 91



## Capítulo 1 Kumara y el cultivo de tomate en la Región de Arica y Parinacota

Pilar Carolina Mazuela Águila\*  
Elizabeth Bastías Marín  
Alejandro Riquelme Garcés  
Francisco González Vallejos

### I. Importancia agronómica del valle de Azapa

El valle de Azapa es el gran productor de hortalizas que abastece a todo el país durante el invierno. Los productos de mayor valor comercial son tomate, pimiento, poroto verde, zapallito italiano y pepino de ensalada. Otros cultivos como berenjena, ají y lechuga son cultivados bajo sistemas intensivos en pequeñas superficies para satisfacer la demanda local y de ciudades de altos ingresos per capita como Iquique, Antofagasta y Calama. Otros cultivos de importancia local, con gran potencial de crecimiento, son la caigua y el locoto (o rocoto). Este último muy requerido por la gastronomía peruana.

En diciembre del año 2004, el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) de Chile declaró a la provincia de Arica como un lugar libre de la mosca de la fruta (*Ceratitis capitata*) y el principal efecto de esta medida fue la diversificación de la agricultura del valle de Azapa, en la comuna de Arica, caracterizada, hasta entonces por el monocultivo del tomate que era la única hortaliza autorizada para salir fuera de la comuna previo tratamiento cuarentenario. Al comparar la superficie cultivada en diez años (Tabla 1), se observa que todas las hortalizas aumentaron su producción, excepto la superficie destinada a poroto verde que bajó al 56% de la superficie cultivada en 1997. Al liberar a la comuna de la mosca de la fruta, productos de gran valor comercial como tomate y pimiento casi duplicaron la superficie cultivada en desmedro de poroto verde.

Tabla 1. Evolución de la superficie cultivada de hortalizas en la comuna de Arica y rendimientos medios, por región y nacional. El año 1997 había restricciones fitosanitarias para las hortalizas de fruto por la existencia de la mosca de la fruta.

Especie	Superficie cultivada (ha)		<sup>3</sup> Rendimiento kg o unidades ha <sup>-1</sup>		
	<sup>1</sup> 1997	<sup>2</sup> 2007	Unidad	XV Región	Nacional
Ajo	80,87	29,14	Kilos	6.150	9.510
Cebolla	142,93	341,37	Kilos	30.260	48.050
Choclo	1024,77	1001,45	Unidades	44.060	46.420
Lechuga	18,50	54,91	Unidades	25.170	42.880
Pimiento	85,80	138,37	Kilos	46.500	36.960
Poroto verde	308,37	171,64	Kilos	9.810	8.370
Tomate	448,52	840,13	Kilos	112.860	71.100
Total	2.109,76	2.577,01			

Fuente: <sup>1</sup>Instituto Nacional de Estadísticas, 1997; <sup>2</sup>Instituto Nacional de Estadísticas, 2008; <sup>3</sup>Instituto Nacional de Estadísticas.

\* pmazuela@uta.cl.

## II. Ubicación y clima y sus efectos en la producción

El valle de Azapa es el de mayor importancia agronómica de la región de Arica y Parinacota. Su nombre es de origen aimara “jasapa” que significa tierra blanda, suave. Por su ubicación geográfica pertenece a la zona tropical, sin embargo, no hay lluvias ni se alcanzan las altas temperaturas que caracterizan al trópico sudamericano. La corriente Humboldt, que circula por el océano Pacífico, modifica el clima, evitando temperaturas extremas, tanto en invierno como en verano (Zollner, 1972). Este valle se sitúa en las coordenadas 18°31'2"S 70°11'31"O. Predominan las condiciones de clima de desierto costero con nubosidad abundante, ausencia de heladas, vientos moderados, alta humedad relativa y alta radiación solar directa, durante todo el año. La temperatura media anual es de 18° C, máximas medias anuales de 23,6° C y mínimas de 13,8° C. El clima benigno permite la producción de hortalizas durante todo el año; sin embargo, para los agricultores no es atractivo producir durante el verano principalmente por el menor precio que obtienen, debido a la entrada en producción de hortalizas provenientes de la zona central, con menor costo de producción y más cercanos a los centros de consumo.

Sin embargo, tal como el clima benigno permite la producción de hortalizas durante todo el año, también posibilita el crecimiento, desarrollo y reproducción de plagas y enfermedades, especialmente por la práctica del monocultivo. Desde el año 2009 se han instalado cerca de 500 hectáreas de cultivo bajo protección, principalmente mallas antiáfidos, como una forma de mejorar las condiciones fitosanitarias de la parte aérea de los cultivos. Los sistemas de cultivo bajo protección disminuyen el uso de pesticidas, permiten el uso de insectos benéficos, tanto polinizadores como controladores biológicos, disminuyen las pérdidas de agua por evaporación y mejoran las condiciones de trabajo en la zona de cultivo.

## III. Hortalizas bajo sistemas intensivos de producción

Una de las características de los sistemas hortícolas intensivos es que han pasado de ser un sistema que busca mayor producción a uno que busca calidad porque se valoran aspectos como la salud de los productores, la salud de los consumidores y el cuidado del medioambiente. En la actualidad, los países que utilizan más tecnología en los procesos de producción hortícola cultivan bajo invernadero y en sistemas de cultivo sin suelo como una alternativa a dar sustentabilidad a la agricultura. Hoy no se entiende un cultivo y su producción desligado de las consideraciones medioambientales y sus efectos sobre la salud de consumidores y productores. Es común utilizar una serie de términos descriptivos o indicativos de una normativa o “etiqueta” que regula los procesos de producción y comercialización. Como ejemplo de estos términos cada vez más familiares para el horticultor que quiere ser competitivo tenemos: cultivo ecológico, cultivo biológico, agricultura sostenible, sustentable, agricultura no contaminante y amigable con el medioambiente, producción controlada, producción integrada, etc. Todos ellos

tienen de común un intento de racionalizar la producción con mayor o menor grado de exigencia y limitaciones en el sistema productivo.

Cuando se piensa en agricultura intensiva, esta comienza con la mejora en el regadío, la introducción de híbridos de altos rendimientos y la aplicación de fertilizantes. Con la exigencia de los consumidores por el cuidado del medioambiente en el proceso productivo se ha generado una serie de normativas que obligan a la producción sostenible. Sin embargo, la sostenibilidad de una agricultura de zonas áridas está muy vinculada a la viabilidad económica, pues si un agricultor no tiene la rentabilidad esperada a su esfuerzo puede reestructurar o abandonar la actividad hortícola. Existen condiciones naturales que requieren de alta tecnología para alcanzar el máximo potencial productivo. La mayoría de las veces, las tecnologías que se adoptan son transferidas tal como en el lugar de origen, sin considerar que las condiciones de suelo, clima y agua son diferentes. Estas condiciones generan características fitosanitarias específicas, por lo tanto, cuando no se adaptan las tecnologías, estas encarecen el proceso productivo y limitan el número de seguidores. Poner en valor los productos originales, pese a las desventajas que presenta, es un desafío que se vincula con la identidad de los productores donde también se les debe apoyar, por ejemplo, en la forma de comercializar estos productos.

#### **IV. Limitantes para el cultivo de tomate en el valle de Azapa**

Algunos problemas que podrían limitar la producción son el agua, la energía y los efectos sobre el medioambiente de la agricultura intensiva. Por lo tanto, algunas intervenciones que dan sostenibilidad al proceso productivo son:

1. Aprovechar las condiciones climáticas de luz, radiación, temperatura y humedad relativa para producir en ciclos acordes con las condiciones agroclimáticas.
2. Disminuir el uso de agroquímicos para minimizar o evitar los residuos tóxicos.
3. Mejorar la eficiencia hídrica, mantener la misma producción con menos agua, mejorando los sistemas de cultivo y formas de riego. Es muy importante evitar la sobreexplotación del acuífero y la degradación de la calidad del agua.
4. Reducir el uso de desinfectantes de suelo (especialmente los vinculados al efecto invernadero como el bromuro de metilo que estará prohibido a contar del año 2015).
5. Reducir los desechos y vertidos, reutilizando, en lo posible, los elementos. También se fomentará la utilización de nuevos materiales con mayor vida útil.
6. Los residuos orgánicos pueden reciclarse como abono verde, compost, enmiendas de suelo o sustrato.
7. Los residuos plásticos como envases, restos de rafia, mangueras, goteros deben llevarse a un vertedero donde depositarlos y, con posterioridad, reciclarlos.
8. Disminuir el uso de energía o sustituirla por energía ambientalmente sustentable (el efecto invernadero, GEI y emisión de CO<sub>2</sub> son los principales responsables del calentamiento global). También se requiere energía para el bombeo del agua de riego,

el fertirriego, para la iluminación, ventilación y el control automatizado, que incluye los computadores.

9. Amortiguar la degradación del paisaje, en especial si se encuentran en lugares turísticos o de importancia patrimonial (pukara, tambos, zonas protegidas, etc.).

## V. Tomate Kumara

Kumara, palabra derivada del aimara *K'umara*, que significa sano, saludable.

Actualmente, una de las grandes ventajas de la industria hortícola es la puesta en valor de productos regionales que destacan por sus condiciones de adaptabilidad a suelos y aguas característicos del lugar de origen que generan productos únicos como el tomate “Poncho negro” en el valle de Lluta, similar al “RAF” de España, el “Margariteño” en Venezuela o el “Heirloom” de Estados Unidos, todos de tipo asurcado. En el valle de Azapa se cultivan diversos híbridos de tomate tipo sueltos, larga vida, redondos y de calibres tamaño GG (diámetro ecuatorial de 82 a 102 mm), G (67 a 82 mm), M (57 a 67 mm) y MM (45 a 57 mm). En menor escala se producen tomates tipo cocktail y tipo cherry, y unos pocos agricultores están produciendo tomate en rama.

Si bien es cierto existen híbridos que se cultivan en mayor superficie que otros, es muy importante que la focalización del paquete tecnológico se haga en el manejo del cultivo más que en el proceso de producción, de esta forma se facilita poder asociar los atributos de un producto como Kumara. De esta manera, un productor de tomate cherry o de tomate larga vida podría etiquetar su producto como Kumara, si durante las labores culturales se han respetado las normas que garanticen la calidad, seguridad e inocuidad del fruto. Con este criterio se tiene la ventaja de que, eventualmente, podrían etiquetarse otras hortalizas como producto Kumara.

## VI. Atributos para tomate Kumara

Los atributos deseados para que un producto sea etiquetado como Kumara se basa en los principios generales de higiene alimentaria del Codex Alimentarius (Alinorm 97/13: Códigos Internacionales de prácticas recomendadas en materia de higiene de los alimentos). Como norma general se deben definir las directrices básicas de buenas prácticas agrícolas; establecer medidas preventivas a lo largo de todo el proceso de almacenamiento y respetar las normas de manipulado y envasado para prevenir los peligros de naturaleza microbiológica.

Algunos de los factores que pueden causar la contaminación de los productos son: el agua de uso agrícola, los abonos orgánicos y fertilizantes nitrogenados, los productos fitosanitarios, la higiene de los trabajadores y condiciones sanitarias de la explotación. En el caso del valle de Azapa, además de análisis químico del agua, se recomienda hacer un análisis microbiológico y nunca usar aguas residuales.

## **Abonos orgánicos y fertilizantes nitrogenados**

El uso incorrecto de los abonos orgánicos puede constituir una fuente de microorganismos patógenos susceptibles de contaminar frutas y hortalizas. Para evitar esto, se recomienda:

- Respetar el período mínimo entre aplicación y recolección
- Aplicar los abonos antes del establecimiento del cultivo
- Evitar la diseminación del estiércol
- Reducir al máximo el contacto con el producto
- Lavar los equipos que hayan estado en contacto con el estiércol
- Los abonos poco fermentados se deben incorporar a la tierra antes de plantar
- En el caso de los fertilizantes nitrogenados, cuando se cultivan hortalizas de hojas, se debe adecuar el programa de fertilización para que no se sobrepase el contenido de nitratos permitido

## **Productos fitosanitarios**

Debemos enfatizar que un uso incorrecto puede causar toxicidad en los productos. El correcto uso de fitosanitarios se indica a continuación:

- Se deben utilizar únicamente productos autorizados, con número de registro y seguir las instrucciones.
- Se deben respetar los períodos de espera entre la aplicación y recolección de frutos, para no sobrepasar los límites máximos de residuos fijados en la legislación.
- No se deben reutilizar los envases de pesticidas.
- Se debe llevar un equipo adecuado para realizar los tratamientos.
- Los aplicadores de productos fitosanitarios deben estar autorizados para esta labor.
- El almacenamiento de productos químicos debe ser en zonas con buena ventilación y solo deben ser manipulados por el personal asignado.

## **Higiene de trabajadores agrícolas y condiciones sanitarias de las explotaciones**

Es muy importante que los trabajadores tengan conocimientos de higiene y sanidad. Las zonas destinadas al aseo personal deben estar apartadas de las zonas de cultivo y se debe usar la zona de aseo para realizar las necesidades fisiológicas. Se debe lavar las manos adecuadamente y evitar que los guantes se conviertan en medio de diseminación de microorganismos. Otras normas de higiene en la recolección y poscosecha del producto se indican a continuación:

- No se debe permitir que una persona con una enfermedad infectocontagiosa trabaje en zonas de recolección o manipulado de productos.
- Los cortes y heridas se deben cubrir con vendajes impermeables.

- Se debe mantener un buen aseo personal.
- Lavarse las manos con frecuencia.
- Mantener los guantes en perfectas condiciones de higiene.
- Es conveniente usar batas de trabajo para cada sector de manera de evitar propagar enfermedades de un lugar a otro.
- Las visitas deben usar ropa protectora y cumplir con las normas de aseo personal.

## **VII. Otras características del manejo del cultivo para tomate Kumara**

El tomate Kumara se diferencia de otros tomates por el manejo del cultivo que garantiza un producto de calidad, sano y saludable tanto al consumidor como al cuidado del medioambiente. El concepto engloba otras características como el cuidado en el uso del agua, del suelo, uso racional de los agroquímicos, manejo de residuos, vertidos y emisiones al medioambiente, con un mayor control sobre los objetivos de producción.

## Capítulo 2 Análisis de agua y su interpretación

*Patricia Pacheco Cartagena\**

El conocimiento de la calidad del agua de riego es fundamental para elegir el método de riego y el cultivo a utilizar, de esa manera podremos obtener mejores rendimientos y un mejor aprovechamiento del agua, lo que en nuestra región es muy relevante debido a su escasez. En nuestro país nos regimos por la Norma Chilena 1333, oficializada el año 1978 y modificada el año 1987 y que hace referencia a los contenidos máximos permitidos de algunas sales, principalmente aquellas que son fitotóxicas o que destruyen la estructura del suelo.

Parámetro	Límite permitido
CE dS/m	Hasta 0,75
pH	7 –8 (Ideal 5,5 –6,5)
Sodio %	35% del total de cationes
Cloruros mg/L	200
Sulfatos mg/L	250
Nitratos mg/L	10
Boro mg/L	0,75

Palacios y Aceves en 1970 indicaron que si bien es relevante considerar la calidad química de las aguas, actualmente al emplear el riego por goteo/microaspersión, es también relevante considerar la calidad física y biológica del agua.

El objetivo de este capítulo es enseñar a sacarle el mejor provecho al análisis fisico-químico del agua de riego, para ello tomaremos como ejemplo un análisis realizado a un agua de riego tomada en el valle de Azapa km 14.

La interpretación de los análisis de agua de riego se ha planteado en dos grandes campos, en primer lugar el referido a los riesgos de uso que tiene cada tipo de agua de riego, y en segundo se comenta la valoración de los nutrientes aportados por esa misma agua de riego.

\* ppacheco@uta.cl

## Normas para la toma de muestra

- *Recipiente:* El recipiente debe ser de plástico de 1L de capacidad.
- *Condiciones de muestreo:* Enjuagar varias veces el recipiente con el agua a muestrear. Si el agua es de pozo, la muestra debe tomarse después de algunas horas de su puesta en marcha.  
Si el agua procede de ríos o arroyos la muestra debe tomarse en zonas donde el agua esté en movimiento.  
Tomar la muestra entre 5 y 15 cm por debajo de la superficie.
- *Almacenamiento y conservación:* Conservar la muestra en nevera a 4° C y protegida de la luz solar.

Se realizará un análisis de agua de pozo del km 14 del valle de Azapa, y de acuerdo con cada parámetro que se muestre se hará una interpretación parcial del análisis presentado como ejemplo.

### Validez del análisis

Podemos comprobar la validez del análisis mediante los siguientes procedimientos.

La suma de los me/L de cationes debe coincidir con la suma de los me/L de aniones, debiendo dar la relación catión/anión aproximadamente 1.

Otra manera de comprobar el análisis es multiplicando los me/L de cationes por 0,08 y por 0,11, la conductividad eléctrica (CE) deberá estar dentro del intervalo obtenido.

Análisis agua de riego valle de Azapa km 14.

Parámetro	Forma	mg/L	Peso equivalente PE	me/L
CE dS/m		2,08		
pH		6,98		
Calcio	Ca <sup>2+</sup>	260,00	20	12,25
Magnesio	Mg <sup>2+</sup>	28	12,16	2,30
Sodio	Na <sup>+</sup>	85	23	3,70
Sodio porcentual		19%		
Potasio	K <sup>+</sup>	15	39	0,38
Cloruro	Cl <sup>-</sup>	372,75	35,50	10,50
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	272,64	48	5,68
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	29	62	0,48
Bicarbonatos	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	140,30	61	2,30
Boro	---	1,24		
Sólidos disueltos	CE*640	1.331		

### **Análisis de validez**

#### *Cationes y aniones*

Suma de cationes =  $12,25 + 2,30 + 3,70 + 0,38 = 18,63$

Suma de aniones =  $10,50 + 5,68 + 0,48 + 2,00 = 18,96$

Relación catión/anión =  $18,63 / 18,16 = 1,02$

### **Conductividad eléctrica**

$2,08 / 0,088 = 23,64$

$2,08 / 0,11 = 18,91$

La suma de cationes o de aniones debe estar comprendida en este intervalo, la suma de cationes dio 19,38 y la de aniones 18,96.

Examinados estos dos puntos entonces se puede decir que el análisis es confiable.

### **Interpretación de agua para riego agrícola**

La interpretación se hará basándose en tres aspectos:

- Riesgo de salinización
- Riesgo de obturaciones en emisores
- Aporte de nutriente para las plantas

### **Análisis químico del agua**

Los cationes y aniones más importantes desde el punto de vista de su abundancia dentro del sistema agua son:

CATIONES:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{NH}_4^+$

ANIONES:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$  y boro

### **Salinidad, presión osmótica y conductividad eléctrica**

Mediante el cálculo de la CE, la salinidad efectiva (SE), salinidad potencial (SP) y presión osmótica (PO) del suelo podemos dar cuenta de las características de salinidad del agua de riego.

De la conductividad eléctrica podemos sacar la cantidad de sólidos totales disueltos, la cantidad de me/L de cationes o aniones y la presión osmótica en atmósfera (Marín *et al.*, 2002).

CE dS/m x 640 = mg/L de sólidos totales disueltos.

CE dS/m x 10 = a la suma de cationes o de aniones.

CE dS/m x 0,36 = presión osmótica (atm).

### Sólidos totales disueltos (STD)

Es importante conocer este valor puesto que tiene especial incidencia en la presión osmótica de la solución el suelo que está en contacto con las raíces de la planta, valores altos de PO producen disminución en los rendimientos del cultivo (Palacios y Aceves, 1970; Del Valle, 1992)

Riesgo	Bajo	Medio	Alto
STD mg/L	< 160	160 - 960	> 960
PO atm	< 0,1	0,1 - 0,54	> 0,54

### Salinidad efectiva (SE)

Es una estimación más cercana a los problemas que podrían presentar las sales de un agua de riego al pasar a ser parte de la solución del suelo, considera la precipitación de carbonatos de calcio, magnesio y sulfato de calcio, este problema es más relevante cuando el contenido de bicarbonatos y carbonatos del agua es alto.

La salinidad efectiva se puede calcular de la siguiente manera:

si  $Ca > (CO_3 + HCO_3 + SO_4)$  entonces

$$SE = \text{suma de cationes} - (CO_3 + HCO_3)$$

Si calcio es  $< a (CO_3^- + HCO_3^- + SO_4^{2-})$ , pero  $> a (CO_3^- + HCO_3^-)$ , entonces

$$SE = \text{suma de cationes} - (CO_3^- + HCO_3^-),$$

Si calcio es  $< a (CO_3 + HCO_3)$ , pero  $Ca + Mg < a (CO_3^- + HCO_3^-)$

$$SE = \text{Suma de cationes} - (CO_3^- + HCO_3^-)$$

Si  $(Ca + Mg) < (CO_3 + HCO_3)$

$$SE = \text{suma de cationes} - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

En el agua en estudio la suma de cationes es 18,63 y la cantidad de calcio presente es mayor a la suma de los bicarbonatos y carbonatos, por lo que podríamos calcular la SE por la primera ecuación entregada.

Suma de cationes –  $(\text{CO}_3^- + \text{HCO}_3^-)$   $18,63 - 2,3 = 16,33$

Sería  $< 15$  por lo que es un agua no recomendable desde el punto de vista de su salinidad efectiva.

Clasificación del agua según su Salinidad Efectiva.  
(Palacios y Aceves, 1970; Del Valle, 1992).

Salinidad efectiva SE	Clase
$< 3$	Buena
3 - 15	Condicionada
$< 15$	No recomendable

### Salinidad potencial (SP)

Si la humedad aprovechable del suelo disminuye por debajo del 50%, las últimas sales en la solución del suelo son los cloruros y los sulfatos, aumentando considerablemente la PO del suelo.

$$SP = \text{Cl} - \frac{1}{2} \text{SO}_4$$

$$SP = 10,50 + 2,84 = 13,34$$

Según la salinidad potencial sería un agua condicionada.

Clasificación de las aguas según SP.  
(Aceves y Palacios, 1970).

SP	Clase
$< 3$	Buena
3 - 15	Condicionadas
$< 15$	No recomendables

### Contenido de sodio

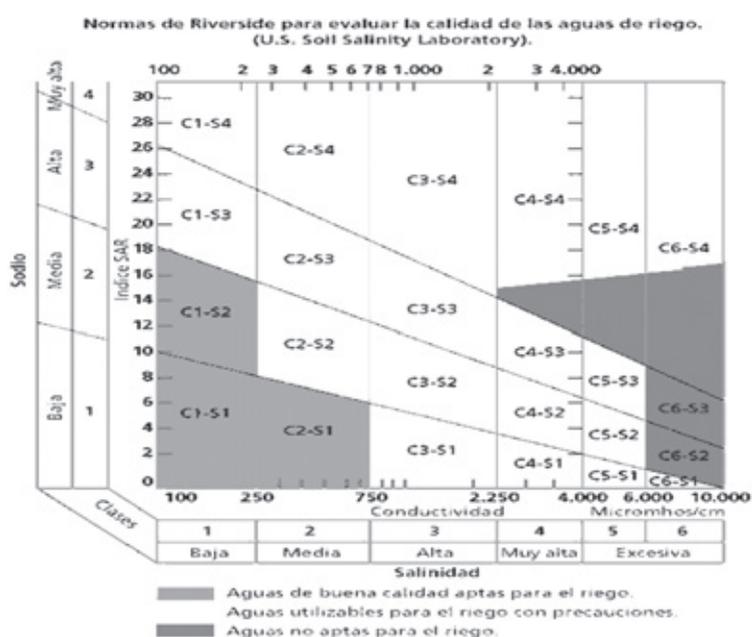
Una concentración elevada de sodio produce pérdida de estructura del suelo y problemas de fitotoxicidad. Existen diversas normas que valoran la calidad del agua según la salinidad y contenido de sodio, una de ellas es la *Norma de Riverside*, es la única que valora ambas cosas: salinidad y sodicidad del agua.

La norma de Riverside valora la conductividad eléctrica en conjunto con la RAS (relación de absorción de sodio), donde se calcula la relación entre los me/L de sodio y los me/L de calcio más magnesio, según la siguiente ecuación:

$$\text{RAS} = \text{Na} / \sqrt{(\text{Ca} + \text{Mg})/2}$$

La RAS es utilizada para estimar el problema de permeabilidad esperado en el suelo después de ser utilizada por cierto período.

Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego. (U.S. Soil Salinity Laboratory).



Fuente: Blasco y De la Rubia (Lab. de suelos IRYDA, 1973).

- **C<sub>1</sub>** Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas solo en suelos de muy baja permeabilidad.
- **C<sub>2</sub>** Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.
- **C<sub>3</sub>** Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
- **C<sub>4</sub>** Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Solo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
- **C<sub>5</sub> y C<sub>6</sub>** **excesiva salinidad**, no recomendable.

- **S<sub>1</sub>** Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.
- **S<sub>2</sub>** Agua con contenido medio en sodio y, por lo tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina (arcillosos y franco-arcillosos) y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y el nivel de sodio cambiante del suelo, corrigiendo en caso necesario.
- **S<sub>3</sub>** Agua con alto contenido en sodio y gran peligro de acumulación de sodio en el suelo. Son aconsejables aportaciones de materia orgánica y empleo de yeso para corregir el posible exceso de sodio en el suelo.
- **S<sub>4</sub>** Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.

Considerando el agua tomada como ejemplo, desde el punto de vista de su salinidad

$$\text{mg/L} = \text{CE mS/cm} \times 640 = 2,08 \times 640 = 1331$$

$$\text{PO atm} = \text{CE mS/cm} \times 0,36 = 2,08 \times 0,36 = 0,74$$

Comparándolo con los valores de la tabla entregada, el contenido de sólidos totales disueltos estaría provocando un riesgo alto de salinización puesto que el valor es mayor a 960 mg/L. La PO es mayor a 0,54 atm, por lo tanto, el riesgo de disminución en la producción del cultivo es alto.

### **RAS del suelo**

La RAS calculada para esta agua es de 2,60.

Considerando la RAS calculada para el agua en estudio, e interpolando los valores de Ce y RAS en el diagrama de la University Riverside, quedaría clasificada como C<sub>3</sub>S1, es decir, es de alta salinidad, puede ser utilizada en suelos de buen drenaje, puede haber problemas en cultivos muy sensibles al sodio.

### **Carbonato sódico residual (CSR)**

Indica la peligrosidad del sodio una vez que han reaccionado los cationes calcio y magnesio con los aniones de carbonato y bicarbonato. Se calcula a partir de los valores obtenidos en el análisis del agua.

$$\text{CSR} = (\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^{-}) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}), \text{ las concentraciones se deben expresar en me/L.}$$

$$\text{CSR} = (0 + 2,3) - (12,50 + 2,3) = -12,50 \text{ es un agua bastante buena desde este punto, no habría peligrosidad por sodio.}$$

### Criterios para la evaluación de este índice

CSR > 2,5 me/L	No es bueno
CSR 2,5 – 1,5 me/L	Dudosa
CSR < 1,5	Buena

Dentro de los aniones el que provoca mayores problemas debido a su fitotoxicidad es el ion cloruro, la fitotoxicidad del sulfato es baja y más que nada se puede asociar a una baja importante de pH.

Riesgo	Bajo	Medio	Alto
Cloruros me/L	< 4	4 - 10	< 10
Sulfatos me/L	<10	10 - 15	<15

El agua que se está usando de ejemplo presenta un valor levemente mayor a 10 me/L, por lo tanto, el riesgo de fitotoxicidad es alto. El sulfato presente en el agua es menor a 10 me/L, el riesgo es bajo.

### Boro

En suelos de textura gruesa, pobres en materia orgánica, la concentración de boro tiende a ser baja, también un pH alcalino disminuye la disponibilidad de boro, elevadas concentraciones de calcio disminuyen el boro asimilable por las plantas.

El agua utilizada como ejemplo contiene 1,24 me/L, según la NCh 1333, el máximo tolerable en agua para regadío es de 0,75, por lo que estaría sobrepasado.

### Riesgo de obturaciones

Las obturaciones de los emisores usados en riego por goteo suelen ser provocadas por tres aspectos:

- *Físicas*: Partículas de arcilla, limo o arena.
- *Biológicas*: microorganismos que crecen en el agua.
- *Químicas*: dependen de la calidad del agua de riego y cantidad de fertilizantes disueltas en ella.

Considerando los aspectos químicos causantes de este problema se considerará la dureza del agua y el pH del suelo.

La dureza del agua de riego implica alto contenido de calcio y magnesio; esto puede causar problemas de precipitaciones y obturaciones del sistema de riego. En contraparte un agua dura ayuda a mitigar los problemas por sodio en el suelo.

Clasificación	Valor grado francés °f
Muy dulce	< 7
Dulce	7-14
Medianamente dulce	14-22
Medianamente dura	22-32
Dura	32-54
Muy dura	> 54

$$\text{Dureza } ^\circ \text{f} = \frac{(\text{me/L Ca} + \text{me/L Mg}) \times \text{PE CaCO}_3}{10}$$

$$\text{Peso molecular CaCO}_3 = 100$$

$$\text{PE} = 100/2 = 50 \quad \frac{(14,56 + 2,90) \times 50}{10} = 87,32$$

El agua que se está analizando es un agua muy dura, lo más probable es que produzca obturaciones en los emisores.

### Carbonatos y pH

Cuando el contenido de calcio es elevado, la concentración de bicarbonatos es superior a 2 me/L y el pH es también superior a 7,50 el riesgo de obturaciones es también importante.

### Contenido de bicarbonato en me/L

Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
< 1,5	1,5 – 4,5	4,5 - 8	> 8

El agua tomada como ejemplo tiene un contenido de 2,3 me/L de bicarbonato, el pH es menor a 7,50, por lo tanto según este aspecto el riesgo sería moderado, pero si consideramos la dureza del agua, el riesgo finalmente sería muy alto

### Aporte de nutrientes

Las aguas son una fuente importante de nutrientes. Para calcular el aporte de nutrientes en kg/m<sup>3</sup> de agua se consideran los PE de cada nutriente:

Parámetro	PE	me/L	g/m <sup>3</sup> de agua
Calcio	20	12,25	245
Magnesio	12,16	2,30	28
Potasio	39	0,38	15
Azufre	48	5,68	273
Nitratos	62	0,48	30

Valores que deberán ser considerados en el momento de realizar un plan de fertirriego.

## **Bibliografía**

PÉREZ LEÓN, José Manuel. 2011. *Manual para Interpretar el agua de riego agrícola*.

URBANO TERRÓN, P. (1992). *Tratado de Fitotecnia General*. Ed. Mundi Prensa. Madrid.

*Páginas de Internet consultadas*

[http://www.unesco.org.uy/phi/libros/uso\\_eficiente/warkentin.html](http://www.unesco.org.uy/phi/libros/uso_eficiente/warkentin.html)

[http://www.infoagro.com/riegos/diagnostico\\_aguas.asp](http://www.infoagro.com/riegos/diagnostico_aguas.asp)

[http://www.infoagro.com/riegos/energia\\_solar.asp](http://www.infoagro.com/riegos/energia_solar.asp)

## Capítulo 3

### Efecto del contenido de materia orgánica (M.O.) en la absorción de boro en tomate Poncho negro en condiciones de salinidad en ambiente controlado

*Wladimir Esteban N.  
Patricia Pacheco C.  
Elizabeth Bastías M.\**

#### Introducción

La agricultura moderna ha multiplicado los impactos negativos sobre el ambiente, como la destrucción y salinización del suelo, la contaminación por plaguicidas y fertilizantes, la aparición de nuevas plagas, la deforestación o la pérdida de biodiversidad genética. A medida que el número de habitantes ha aumentado y con ello sus necesidades, los seres humanos han utilizado una proporción cada vez mayor de la superficie y de los recursos del planeta para cubrir sus propias necesidades. De acuerdo con el programa de las Naciones Unidas para el medioambiente, las regiones áridas del mundo abarcan 5 mil millones de hectáreas equivalentes al 36% del área continental del planeta. En Chile, las zonas áridas y semiáridas corresponden aproximadamente al 40% de la superficie de su territorio continental. La XV y I región del país presentan una superficie total de aproximadamente 59.000 km<sup>2</sup>, el 86% corresponde a desierto absoluto. Por otra parte, en esta macrorregión norte del país y salvo situaciones excepcionales, como es el caso de los valles de Azapa y Pica, predominan condiciones de suelos y aguas con alta concentración salina y toxicidad por iones específicos, como Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> y B (Doussoulin, 2006).

La agricultura es uno de los grandes sustentos económicos de la nueva Región de Arica y Parinacota, donde el clima es su fortaleza, pero la escasez hídrica es una gran debilidad. La actividad agrícola se desarrolla en pequeñas quebradas y valles costeros; entre los últimos se destaca la actividad agrícola en los valles de Azapa y Lluta (Doussoulin y Quezada, 2008).

En el valle de Lluta predominan condiciones de suelos y aguas con alta concentración salina y toxicidad por iones específicos, como sodio (Na<sup>+</sup>), cloruro (Cl<sup>-</sup>) y B. Lo que sumado a problemas de drenaje han afectado históricamente el espectro de cultivos en diferentes ecosistemas, a nivel de valles costeros, pampa intermedia y precordillera, limitando la diversificación de los sistemas productivos agrícolas (Doussoulin y Quezada, 2008). El valle presenta una superficie total de 4.869 ha (Ingendesa, 2004), de estas solo se cultivan alrededor de 2.784 ha, por razones de disponibilidad de agua de riego. El problema en Lluta, a diferencia de Azapa, no es la cantidad, sino la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, siendo los cultivos principales el maíz (*Zea mays*) (amiláceo),

---

\* ebastias@uta.cl

la alfalfa (*Medicago sativa*), la cebolla (*Allium cepa* L.), el ajo (*Allium sativum* L.) y la betarraga (*Beta vulgaris* var. *Hortensis* L.) (Torres y Acevedo, 2008).

Figura 1. Tomate Poncho negro, valle de Lluta.



### 1. La materia orgánica (M.O.) en los cultivos

La materia orgánica (M.O.) de los suelos corresponde a compuestos orgánicos de diferentes características químicas, que se presentan estrechamente interrelacionados con la fracción inorgánica del suelo (Sierra y Rojas, 2002). Sánchez *et al.* (2005) describen una serie de efectos beneficiosos sobre la fertilidad del suelo y el crecimiento de las plantas, no solo por la suplencia de nutrientes, sino, además, por sus efectos favorables sobre las propiedades físicas (tiende a mejorar la estructura del suelo, aumenta la capacidad de retención de agua), químicas (aumenta la capacidad de intercambio catiónico, mejora la capacidad amortiguadora de pH) y biológicas del suelo (por ser fuente de nutrientes y energía para los microorganismos).

Su aplicación en agricultura es milenaria, sufrió a mediados de este siglo un olvido, probablemente, por la introducción de los abonos químicos que producían mayores cosechas con un menor costo. Además, estos fertilizantes inorgánicos, que son de 20 a 100 veces más concentrados en elementos básicos como N, P, K<sup>+</sup>. No obstante,

durante los últimos años se ha observado un creciente interés por la M.O., habiendo experimentado un gran auge ligado al tema de los residuos orgánicos que encuentran, así, una aplicación y al desarrollo de nuevas tecnologías (extractivas, pelletización, etc.), que permiten disponer de productos comerciales de calidad (Burés, 1999).

Se estima que la composición de la M.O. en el suelo estaría definida por: un 10% de carbohidratos; un 10% de compuestos nitrogenados (incluyendo proteínas, péptidos, aminoácidos, amino, azúcares, purinas, pirimidinas, y otros compuestos); un 15% de grasas, ceras, resinas, etc., y un 65% de sustancias húmicas. Estos porcentajes son variables y dependientes de numerosos factores externos e internos (Labrador, 1996). En la práctica, se suele distinguir entre dos tipos de M.O.; la total, que incluye todo tipo de compuestos orgánicos y la oxidable, que está totalmente estabilizada y que, por lo tanto, es la que influye en mayor medida en las propiedades fisicoquímicas del suelo.

La calidad de la M.O. es una de las características más complejas de evaluar. Generalmente, los métodos empleados para su análisis, permiten determinar su contenido total, pero no así su capacidad de mineralización. Existen consenso de los diferentes estados o fracciones de la M.O. que en los suelos son:

- ✓ Materia orgánica humificada: corresponde a polímeros orgánicos de cadenas largas, que se encuentran altamente estabilizadas con la fracción arcillosa, formando compuestos organometálicos, muy estables y poco accesibles al ataque de la microflora bacteriana del suelo. Representaría alrededor del 50% de la M.O.; su composición es muy compleja (húmina, ácidos húmicos y fúlvicos) (Julca *et al.*, 2006).
- ✓ Materia orgánica estabilizada: formada por sustancias orgánicas de cadenas de tamaño intermedio, moderadamente estabilizadas, susceptible de ser atacada por la biomasa microbiana del suelo. Representaría alrededor del 40% de la M.O., aportando cantidades importantes de elementos nutritivos.
- ✓ Materia orgánica activa: fracción más lábil de la M.O., fácilmente mineralizable por la microflora bacteriana. La integran residuos de raíces, tallos, hojas, excreciones orgánicas radicales, deyecciones del ganado (estiércol y orina), etc.

Se reconoce la importancia de la M.O. por su intervención en procesos como la formación y estabilización de agregados, el ciclo biogeoquímico de nutrientes, el pH del suelo y el balance de agua y energía. La capacidad de tampón del suelo favorece la acción de los abonos minerales y facilita su absorción a través de la membrana celular de las raicillas. Como también la aireación y la retención de humedad. Además de formar el complejo de cambio de las sustancias húmicas, gracias a sus numerosos grupos funcionales (COOH, OH, etc.), tiene una alta capacidad de cambio; esto aumenta la potencialidad para la absorción e intercambio iónico del suelo, aumentando el efecto beneficioso que esto supone para la fertilidad global de los suelos agrícolas. Y también modifica la densidad aparente y la estructura del suelo (García *et al.*, 2003).

Además, los ácidos húmicos y el humus adsorben en su superficie algunas sustancias tóxicas, como pesticidas y desechos industriales, evitando, así, la lixiviación de estos a los mantos freáticos o cuerpos de aguas.

Sierra y Rojas (2002) señalan que la presencia de carbón permite un incremento de la población activa de hongos, bacterias, actinomicetes y algas, las cuales aceleran el flujo del ciclo orgánico en el suelo. Esto permite incrementar la biodiversidad, además, que sirve de alimento a una multitud de microorganismos y estimula el crecimiento de la planta en un sistema ecológico equilibrado.

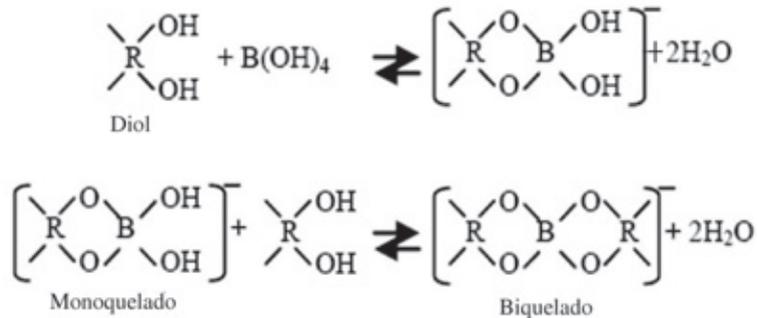
## 2. Interacción entre la M.O. y el B

La M.O. juega un papel importante en la disponibilidad de B en los suelos, ya que el B asimilable está de preferencia concentrado en las capas superficiales de los suelos bien drenados, donde está íntimamente ligado a la M.O. Sin embargo, Moraghan y Mascagni (1991) indican que si bien la adsorción de B en la M.O. es insignificante, esta es considerada la principal fuente de B disponible mediante la mineralización. Existe una correlación altamente significativa (muy próxima a 1), entre el B natural, el B soluble en agua caliente, el B retenido y la retención máxima de B, respecto del contenido de carbono orgánico en dichos suelos. Sobre la base de un gramo se ha establecido que la M.O. del suelo adsorbe más B que sus constituyentes minerales, lo cual puede ser incrementado por la adición de abonos contentivos de carbono orgánico a estos tipos de suelo (Yermiyahu *et al.*, 2001).

La M.O. de los suelos, así como aquella agregada (guano u otra forma), también interactúa con los boratos. Esto se debe a que forma complejos con algunos radicales dihidroxílicos, por ejemplo: los fenoles, generando un mecanismo de retención de B. No obstante, el tiempo preciso para que ocurra la desorción no depende de la concentración de B en el suelo, sino de sus propiedades coloidales. Estudios realizados sobre la desorción del B en coloides orgánicos demuestran que existe una relación entre la cantidad de B liberado y la relación ácidos húmicos / ácidos fúlvicos: la liberación es mayor sobre los coloides más ricos en ácidos fúlvicos, que tienen más grupos -OH y pueden fijar más aniones borato.

La fijación se produce, ya que los grupos hidroxilos de las sustancias húmicas pueden condensarse con el ácido bórico. Se cree que esta retención es más firme que la de los hidróxidos de  $Fe^{3+}$  y  $Al^{3+}$ , en condiciones neutras o ácidas. Además, la afinidad de la M.O. por el B es mayor que la de los minerales de arcilla. Por otro lado, Loue (1988) indica que el B sería retenido al unirse con compuestos intermedios de la descomposición de la M.O. y sería temporalmente inasimilable. El proceso de retención de B en la M.O. ocurre muy rápido, estableciéndose el equilibrio de reacción después de tres horas mediante un probable mecanismo de formación de complejos B-diol, monoquelados y biquelados, a partir de los productos de ruptura de la M.O. del suelo (Yermiyahu *et al.*, 2001) (Figura 2).

Figura 2: Esquema de formación de complejos B-diol, monoquelados y biquelados, a partir de los productos de ruptura de la M.O. del suelo.



Fuente: Yermiyahu *et al.*, 2001; Malavé, 2005.

No obstante, la M.O. también es una clara fuente de liberación de B disponible por medio de la actividad microbial (Rojas, 2004). La M.O. es descompuesta por los microorganismos y libera el B disponible a la solución del suelo, en donde es absorbido por las plantas; una parte puede ser lavada por el agua de infiltración y una pequeña parte puede ser fijada o retenida por las arcillas (Bolaños y García, 2002). De ahí que la M.O. es importante en la distribución de B entre las fases sólida y líquida en los suelos, determinando su consumo por las plantas, dependiendo del contenido total. De esta manera, en un suelo con alto contenido en B total se logra una reducción de su forma soluble, adicionando M.O. evitando así la toxicidad en la planta; mientras que en suelos arenosos, donde la lixiviación reduce los niveles de B total, la adición de M.O. puede reducir la lixiviación e incrementar la nutrición del elemento en la planta. En un contenido total de B dado, se espera que la absorción de B hecha por las plantas disminuya, a medida que el contenido de M.O. en los suelos aumente. Esta hipótesis se respalda con los resultados obtenidos por Yermiyahu *et al.* (2001), en donde la cantidad de B en las plantas de morrón (*Capsicum frutescens* L.) era relativamente pequeña en comparación con el contenido total de B en el sistema, e incluso en relación con el contenido de B en la solución del suelo. Respuestas similares a las observadas en el tomate Poncho Negro (Bastías *et al.*, 2009) (Figura 3).

Figura 3. Efectos del B en hojas del tomate Poncho negro (*Solanum lycopersicum* L).



A B

A: Plantas con 6% de M.O.; B: Plantas con 4% de M.O.

### 3. Efecto de la salinidad y el B en los cultivos

La salinidad se entiende como la alta acumulación de sales en la zona radical, que limita el rendimiento potencial de un cultivo. Estas sales son el potasio ( $K^+$ ), el magnesio ( $Mg^{2+}$ ), el calcio ( $Ca^{2+}$ ), los cloruros ( $Cl^-$ ), los sulfatos ( $SO_4^{2-}$ ), los carbonatos ( $CO_3^{2-}$ ), los bicarbonatos ( $HCO_3^-$ ) y el sodio ( $Na^+$ ). La concentración de  $Na^+$  también se denomina sodificación. En las zonas áridas, la alta evapotranspiración contribuye al proceso de acumulación de sales, especialmente cuando las aguas son en exceso salinas. La concentración de los distintos iones, disueltos en el agua de riego de los ríos Lluta, Camarones, Copiapó y Huasco sobrepasa con creces los estándares de calidad establecidos en la Norma Chilena 1333 (Celis y Letelier, 1999; Santibáñez, 1999).

La salinización primaria implica el depósito de sal mediante procesos naturales, debido a un alto contenido de sales en la propia tierra o en las aguas subterráneas. La salinización secundaria está causada por las intervenciones del hombre, principalmente por las prácticas agrícolas. Desde el punto de vista salino, las plantas pueden ser clasificadas como aquellas que requieren altas concentraciones de sales, en cuyo caso se denominan halófitas o las que no toleran la presencia excesiva de sales, denominadas glicófitas. Existen categorías intermedias entre ambos grupos (pseudohalófitas) así, como plantas que sin ser halófitas requieren  $Na^+$  como elemento esencial (Delatorre, 2001).

La tolerancia es una propiedad desarrollada por las plantas durante el proceso evolutivo para poder perpetuar la especie, en condiciones donde se producen estrés climático o edáfico constante, o que se repiten periódicamente (González *et al.*, 2002). En plantas halófitas, los mecanismos de tolerancia a salinidad, en algunos casos, viene dada por la presencia de estructuras especializadas, como glándulas secretoras o vesículas almacenadoras de sales. En cambio, la fisiología de la tolerancia a la salinidad en glicófitas, que toleran solo bajas concentraciones salinas, no está bien caracterizada. La totalidad de los cultivos pertenecen a la categoría de glicófitas y cubren un amplio rango del grado de tolerancia, desde las muy sensibles a las muy tolerantes. Además, este rango de tolerancia no varía solo con las especies, sino también entre variedades y cultivares de una misma especie (Laüchli, 1984; Bastías, 2005).

En condiciones de salinidad de los suelos, el crecimiento de las plantas se ve afectado, como consecuencia del funcionamiento anormal de los procesos fisiológicos y bioquímicos en la planta; además, la movilidad del agua disminuye, por lo que su disponibilidad se hace menor y, por consiguiente, la eficiencia en el uso de este importante recurso se reduce, afectando los rendimientos agrícolas. La sensibilidad de las plantas a las sales cambia durante el desarrollo fenológico, dependiendo de la especie, el cultivar y factores ambientales (Munns, 2002; Rodríguez-Pérez, 2006). Los efectos de la salinidad en las plantas incluyen déficit hídrico o estrés osmótico, toxicidad iónica, deficiencia de nutrientes, alteraciones fisiológicas y bioquímicas, o una combinación de cualquiera de estos efectos, causando así la disminución de la productividad en los cultivos (Yeo, 1998; Hasegawa *et al.*, 2000; Bastías, 2005).

Según Munns (2005), el impacto de la salinidad en plantas es, esencialmente, en dos sentidos: estrés osmótico y iónico. Aunque, Karimi *et al.* (2005) señalan que también se produce un desbalance nutricional. Para Tadeo (2000) el efecto osmótico deriva de la dificultad de las plantas para compensar los valores tan negativos, que puede alcanzar el potencial hídrico del suelo salino. Los espacios capilares del suelo contienen agua con solutos disueltos y, por tanto, su potencial hídrico es negativo, con valores que se sitúan entre  $-0,1$  y  $-0,5$  MPa. En estas condiciones, las plantas pueden absorber el agua con facilidad, ya que las células de la raíz consiguen alcanzar potenciales inferiores. Cuando la concentración de solutos en el agua de los suelos salinos se incrementa, el potencial hídrico se reduce más, y las plantas experimentan dificultades para absorber agua. El efecto iónico de la salinidad radica en la toxicidad iónica. Los iones que más problemas inducen son el  $\text{Cl}^-$  y el  $\text{Na}^+$ , aunque otros como  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  o el  $\text{NH}_4^+$ , también son tóxicos. Su acumulación en las hojas reduce la tasa fotosintética, induce la pérdida de pigmentos y provoca la senescencia y la abscisión. Delatorre (2001) señala que también se producirá una disminución en la síntesis de proteínas, situación que puede ser provocada por un desbalance en la relación  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ , como consecuencia de que el  $\text{Na}^+$  puede reemplazar al  $\text{K}^+$  en el balance iónico, pero no puede hacerlo en la síntesis de proteínas. El desbalance nutricional afecta la absorción y el transporte de otros nutrientes, influyendo de esta manera en la disponibilidad de  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ , P,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , Mn y  $\text{Cu}^{2+}$ , entre otros (Munns, 2002; Rodríguez-Pérez, 2006).

Las altas concentraciones de B a menudo se asocian con suelos salinos en climas áridos o semiáridos y, frecuentemente, los cultivos están expuestos a ambas influencias simultáneamente (Martínez-Ballesta *et al.*, 2008), y con problemas de irrigación provocado por aguas contaminadas con altos niveles de B, lo que contribuye, así, a una acumulación excesiva de los niveles de B en el suelo (Bastías, 2005), causando toxicidad en el campo y la disminución de los rendimientos de los cultivos, en diferentes regiones del mundo (Nable *et al.*, 1997).

El B se obtiene, principalmente, a partir de minas de B situadas en regiones áridas de Turquía y EE.UU., y también en Argentina, Chile, Rusia, China. En Chile, la fuente natural del mineral quizás más importante es la ulexita,  $\text{CaNaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ , muchas veces, concentrada en importantes salares, ubicados en gran altitud sobre el nivel del mar, y a veces en zona de cabecera de fuentes de aguas superficiales, como el de Surire, en la provincia de Parinacota en Chile (Figuerola *et al.*, 1994). La disponibilidad del elemento en los suelos agrícolas de Chile fluctúa, generalmente, entre 0,1 y 3  $\text{mg kg}^{-1}$  de suelo, debido a una dinámica reacción con los suelos y la extracción por los cultivos (Rojas, 2004). Sin embargo, el B consumido por las plantas está controlado por sus niveles en la solución del suelo más que por su contenido total, representando usualmente alrededor del 10% disponible para las plantas (Malavé, 2005). Alarcón (2001) señala que el B total que puede hallarse de forma asimilable es inferior al 5%. Bañuelos *et al.* (1999) señala que en el valle de Lluta, localizado en el norte de Chile, el suelo cultivable y el agua de riego se caracterizan por altos contenidos de sal y B.

Durante la investigación de este elemento ha sido establecido que los rangos de concentración en la solución del suelo, que causan síntomas de deficiencia o toxicidad en las plantas, son más pequeños que para cualquier otro elemento; estos varían de acuerdo con la especie, es decir, un intervalo de concentraciones de B puede ser normal para un determinado tipo de plantas, mientras que para otras puede resultar tóxico o deficiente.

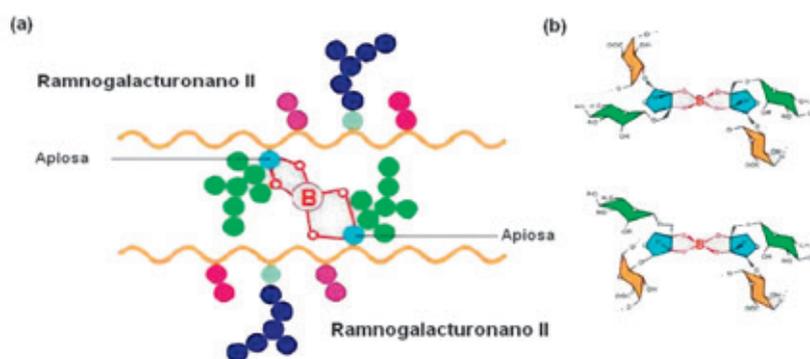
#### 4. Funciones del B en los cultivos

Los biólogos despertaron su interés por el B en 1923, cuando fue definido como un elemento esencial para el desarrollo de las plantas (Warington, 1923). Sin embargo, Kyrkby y Römheld (2007) señalan que el B es el menos entendido de todos los nutrientes, a pesar de que, en términos molares, las dicotiledóneas lo requieren en mayores cantidades que otros micronutrientes. Parece que no es requerido por hongos o bacterias y no existe evidencia que sea un activador o un constituyente de alguna enzima. Algunas investigaciones han ayudado a mejorar el entendimiento de algunos procesos en las plantas, en cuanto a su consumo y transporte (Brown *et al.*, 2002; Takano *et al.*, 2002), formación de la pared celular (O’Nelly *et al.*, 2004; Malavé y Carrero, 2007), funciones de la membrana celular y de defensa antioxidativa (Cakmak y Römheld, 1997). Además, se piensa que participa en el transporte de azúcares, metabolismo de los carbohidratos, metabolismo del ARN, respiración, metabolismo del AIA, metabolismo de los fenoles, fijación de  $\text{N}_2$ , metabolismo de ascorbato y disminución de la toxicidad del Al (Kyrkby y Römheld, 2007). También controla la floración, la producción de polen, la germinación, la formación de semillas y frutos.

En condiciones fisiológicas, el B está presente en forma de ácido bórico ( $\text{BO}_3\text{H}_3$ ) en más de un 98%, y en forma libre o como anión borato ( $\text{B}[\text{OH}]_4^-$ ), en menos de un 2%. El rol primario del B, en todo sistema, consiste en estabilizar moléculas de importancia biológica, mediante la formación de puentes diésteres con grupos *cis*-diol, independientemente de la función de cada una de ellas. Esta capacidad particular del átomo de B radica en su química, la cual no sería posible para otros átomos, como fósforo o azufre, que aunque puedan formar uniones mediante puentes diésteres, la estructura molecular resultante sería inestable, debido a una densidad electrónica marcadamente grande, propia de los átomos más pesados.

Almeida y Carpita (2006) señalan que la pared celular es fundamental en la determinación del crecimiento y desarrollo de la célula vegetal, que involucra una dinámica y continua modificación durante la diferenciación celular. Recientemente, se ha aceptado por primera vez que el B está implicado en el mantenimiento de la estructura y la funcionalidad de la pared celular. Esto ha sido posible gracias al aislamiento y la caracterización de los complejos rhamnogalacturonano-II-B (RG-II-B), que ponen de manifiesto la presencia de enlaces entre el B y residuos de apiosa unidos a pectinas (Figura 4), lo que permite estabilizar la compleja red péptica y ayuda a regular el tamaño de los poros de la pared celular (O'Neill *et al.*, 2004; Cervilla, 2009).

Figura 4: Dos moléculas de ramnogalacturonano-II se unen mediante un complejo borato bis (diol) formado entre los residuos de apiosa (a). Representación de dos residuos de apiosa unidos por un enlace borato éster donde puede observarse cómo el átomo de B es quiral (b).



Fuente: O'Neill *et al.*, 2004; Cervilla, 2009.

Se ha propuesto que el B podría establecer enlaces con constituyentes de la membrana, que presentan grupos *cis*-hidroxilo, como por ejemplo fosfoinositoles, glicoproteínas y glicolípidos (Cervilla, 2009). En tejidos deficientes de B, la actividad de la enzima ATPasa ligada a la membrana plasmática y la tasa de absorción de iones disminuyen. Este efecto de la deficiencia de B en la reducción de la actividad de la membrana plasmática puede estar relacionado con los cambios en el metabolismo de los fenoles en la pared celular,

asociados con esta deficiencia. Así, una deficiencia de B produce una alteración en los procesos de transporte, actividad y composición de la membrana (Bastías, 2005; Kyrkby y Romheld, 2007).

## 5. Toxicidad de B en las plantas

Los suelos constituyen la fuente de B para las plantas de donde es consumido por las raíces. Estos puede ser divididos en dos tipos: aquellos con bajo contenido ( $<10 \mu\text{g g}^{-1}$ ) o alto contenido ( $10\text{-}100 \mu\text{g g}^{-1}$ ) (Malavé, 2005) del cual la mayor parte no es asimilable por las plantas (Bolaños *et al.*, 2002). Este es absorbido por las raíces como ácido bórico ( $\text{B}[\text{OH}]_3$ ) y como borato ( $\text{B}[\text{OH}]_4^-$ ). La absorción se produce por tres mecanismos: difusión pasiva, transporte facilitado por los canales proteicos y transporte activo por proteínas específicas (Brown *et al.*, 2002; Torres y Acevedo, 2008). Las aguas de riego contaminadas con B son una de las causas principales de toxicidad de B en las plantas. Además, el uso continuo y la concentración de B en el suelo (especialmente, en zonas áridas con alta evapotranspiración) conducen a problemas de toxicidad.

Brown y Hu (1998) indican que la diferencia de movilidad determina la diferente expresión de los síntomas de toxicidad de B en las plantas. En aquellas donde el B es inmóvil, el nutriente se acumula siempre en el ápice y en los bordes de las hojas viejas, los síntomas de toxicidad de B en estas especies se presentan siempre como quemaduras en los márgenes y en las puntas de las hojas. Por otro lado, en las plantas donde el B es móvil, la toxicidad de B se presenta como muerte descendente de los brotes jóvenes, abundante secreción de resina en la axila de la hoja y presencia de lesiones corchosas de color café a lo largo del tallo y los pecíolos. Por el contrario, no parecen desarrollarse señales visibles en las raíces, donde la concentración de B es relativamente inferior incluso a altos niveles de aplicación al medio de dicho micronutriente (Nable *et al.*, 1997). Independientemente de la especie, el exceso de B va a producir un retraso del desarrollo y una reducción del crecimiento en las plantas, así como del número, tamaño y peso de los frutos. Esto ocurre como consecuencia de la alteración, que a nivel fisiológico o metabólico produce el exceso de B en las células vegetales (Cervilla, 2009).

Se considera que las plantas de tomate son tolerantes a la salinidad y capaces de crecer y producir comercialmente cuando son cultivadas en suelos salinos y regadas con aguas salinas (Jaramillo *et al.*, 2007). Sin embargo, Chinnusamy *et al.* (2005) señalan que cuando se cultiva en suelos salinos no se encuentran ajenos a una disminución de los rendimientos, puesto que es una especie glicófito, medianamente sensible a las sales y que presenta un umbral respecto del contenido total de sales cuantificadas en el extracto de saturación del suelo y expresadas como conductividad eléctrica (CE) de  $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ . Tjalling (2006) agrega que para no reducir su rendimiento potencial, la CE del agua de riego debe ser  $< 1,7 \text{ dS m}^{-1}$ . Sin embargo, en algunos casos se desea una CE más alta para mejorar el sabor, en ° Brix y vida de poscosecha.

El cultivo del tomate en áreas con problemas de salinidad provoca en las plantas un sinnúmero de efectos fisiológicos, morfológicos y bioquímicos, como disminución de la fotosíntesis y cambios cuantitativos y cualitativos en la síntesis de proteínas por

cambios en la expresión de genes a causa de la salinidad, entre otros (Singh y Chatrath, 2001). En el caso del B, el tomate es una especie tolerante al B, desarrollándose bien con concentraciones entre 2,0 y 4,0 mg L<sup>-1</sup> en el agua de riego.

Actualmente, Yermiyahu *et al.* (2001) observaron que la aparición de ambos tipos de estrés al mismo tiempo presenta efectos menos tóxicos en la planta de lo que se pudiera esperar cuando cada uno de ellos actúa por separado, algo que se ha atribuido a la reducida captación de Cl<sup>-</sup>, bajo exceso de B y viceversa. En condiciones salinas un óptimo balance hídrico es importante para mantener la homeostasis de la planta y la presencia de acuaporinas puede ser uno de los mecanismos involucrados en los cambios ambientales y de desarrollo. Sin embargo, no hay información relativa a la absorción de agua y el transporte en respuesta al exceso de B combinado con la salinidad (Martínez-Ballesta *et al.*, 2008).

## 6. Resultados de la aplicación de dos dosis M.O. en el tomate Poncho negro

Plantas de tomate cv. "Poncho negro" fueron cultivadas en un sustrato de la mezcla de compost y suelo de Lluta, que contenía altos niveles Na<sup>+</sup>, B y con la aplicación de M.O., con 4% y 6% de M.O. Las plantas estuvieron sometidas a los diferentes estreses y tratamientos de M.O. durante 30 días.

Figura 5: Cultivo de tomate en macetas con suelo del valle de Lluta, M.O. y perlita, cultivadas en invernadero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Tarapacá.



Los resultados del trabajo de investigación mostraron efecto positivo en la fisiología del tomate Poncho negro, especialmente con la aplicación de 6% M.O. al sustrato en condiciones de salinidad y exceso de B:

- ✓ El contenido de biomasa, expresado en la acumulación de materia seca, se vio estimulado con la aplicación de 6% M.O. al sustrato, incluso en presencia de NaCl. También permitió que las plantas de tomate cv. "Poncho negro", expuestas a la salinidad, mantuvieran la capacidad de entrada de agua a la planta. Esto se complementa, posiblemente, por el control estomático que realiza este cv. y la distribución del Na<sup>+</sup> en las estructuras de la planta.
- ✓ La asimilación de CO<sub>2</sub> fue afectada en forma leve en "Poncho negro" en las plantas estresadas con la aplicación de 6% M.O. y el contenido de clorofilas totales aumentó significativamente solo en condiciones de salinidad y con 6% de M.O., permitiendo que este pigmento no sea limitante para la tasa fotosintética en las plantas con estrés salino.
- ✓ La acumulación de B en "Poncho negro" fue mayor en la hoja. La absorción de B se favorece mediante la corriente transpiratoria debido a una mayor conductancia estomática, además, es importante destacar que la disponibilidad de B, en presencia de NaCl, disminuye en forma significativa, así como su transporte a la parte aérea.
- ✓ Respecto de la acumulación de Na<sup>+</sup> en las diferentes estructuras de la planta, con la aplicación de 6% M.O. al sustrato, estas mostraron una menor entrada del Na<sup>+</sup>. Esto se debería, posiblemente, al efecto mitigador que tendría la M.O. Este efecto notorio en "Poncho negro" podría favorecer la mantención de la tasa fotosintética en las plantas estresadas similar a la obtenida en las plantas controles.
- ✓ Es de destacar que la presencia de salinidad, exceso de B o la interacción de ambos estreses, no produjeron deficiencia de micronutrientes en las diferentes estructuras de la planta con la aplicación de M.O. Sin embargo, la absorción de K<sup>+</sup> y Ca<sup>2+</sup> en condiciones de salinidad y de interacción fue parcialmente afectada. El contenido de N presentó solo leves disminuciones con la salinidad pero con M.O., esta reducción fue menor.
- ✓ El contenido de prolina aumentó con la salinidad y la interacción. Sin embargo, este aumento fue en menor grado en las plantas con aplicaciones de 6% de M.O. al sustrato, lo que significó un menor gasto de energía para la síntesis de este aminoácido.
- ✓ Finalmente, el aumentar el contenido de M.O. en el sustrato, más la solución nutritiva ultrasol, basada en la solución Hoagland, en condiciones de invernadero, presentó las condiciones óptimas para el crecimiento de "Poncho negro", posiblemente por un efecto mitigador de la M.O. (6%) en condiciones de estrés.
- ✓ En general, podemos concluir que el desarrollo de cultivos adaptados a condiciones de estrés son una buena alternativa productiva y mediante un eficiente manejo agronómico considerando la aplicación de M.O. al sustrato y monitoreo permanente es posible obtener una buena producción de frutos, con calidad aceptable para mercados local o regional, considerando el bajo costo que significa la utilización de suelos y aguas marginales.

## Bibliografía

- ALARCÓN, A. 2001. El boro como nutriente esencial. *Revista de Industria Distribución y Socioeconomía Hortícola*, ISSN: 1132-2950.
- ALMEIDA, I.P.; CARPITA, N. 2006. Las  $\beta$ -galactosidasas y la dinámica de la pared celular. *Interciencia* 31: 476-483.
- BAÑUELOS, G.; AJHA, H.; CÁCERES, L.; DYER, D. 1999. Diferencias de acumulación y tolerancia de boro de especies agrícolas entre el Norte de Chile y California, Estados Unidos. *Idesia* (Chile) 17: 31-40.
- BASTÍAS, E. 2005. Interacción del boro en la tolerancia a la salinidad de *Zea mays* L. amylcea originario del valle de Lluta (Arica-Chile). Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco. España.
- BASTÍAS, M.; PACHECO, P. y MAZUELA, P. 2009. El tesoro del valle de Lluta tomate Poncho negro. *Horticultura*, 20-21.
- BOLAÑOS, M.; GARCÍA, A. 2002. Dinámica del boro en un suelo cultivado con plátano (*Musa* AAB cv. Dominico hartón) en el Quindío, Colombia. *INFOMUSA* (Colombia) 11, N° 1: 30-31.
- BROWN, P.H.; BELLALOU, N.; WIMMER, M.A.; BASSIL, E.S.; RUIZ, J.; HU, H.; PFEFFER, H.; DANNEL, F.; RÖMHELD, V. 2002. Boron in plant biology. *Plant Biol* 4: 205-223.
- BROWN, P. y HU, H. 1998. Manejo del boro de acuerdo a su movilidad en la planta. *Informaciones Agronómicas* N° 36.
- BURÉS, S. 1999. La materia orgánica. *Terralia* (Chile). 8.
- CELIS, A. y LETELIER, E. 1999. Ruralidad, agricultura y sustentabilidad. En: *Por un Chile sustentable*, Santiago-Chile, p. 486.
- CERVILLA, L. 2009. Respuesta fisiológica y metabólica a la toxicidad por boro en plantas de tomate. Estrategias de tolerancia. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. España.
- DELATORRE, J. 2001. Los suelos salino/sódicos y los cultivos. *Agenda del salitre*, Soquimich, pp. 81-97.
- DOUSSOULIN, E. 2006. Prólogo. En: *Seminario Internacional: Manejo de Suelos y Aguas en Zonas Áridas de Chile*, Arica, pp. 7-9.
- DOUSSOULIN, E. y QUEZADA, C. 2008. Manejo de suelos en zonas áridas. Cap. 3. Introducción al problema de los suelos de las zonas áridas de Chile. Eds.: Quezada, C.; Sandoval, M. y Zagal, E., pp. 22-30.

- FIGUEROA, L.; TAPIA, L.; BASTÍAS, E.; ESCOBAR, H.; TORRES, A. 1994. Niveles de Boro en aguas de riego y suelos que sustentan olivos en el Norte de Chile. *Idesia* 13: 63-68.
- GARCÍA, D.; MORENO, C.; ATIENZA DEL REY, J. y MARINERO, P. 2003. Variabilidad espacial del contenido de materia orgánica en el suelo de una plantación de viñedo. Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. (España). Vol. VI: 223-228.
- GONZÁLEZ, L.; GONZÁLEZ, M. y RAMÍREZ, R. 2002. Aspectos generales sobre la tolerancia a la salinidad en las plantas cultivadas. *Cultivos tropicales*. La Habana (Cuba). Vol. 23. N° 2, pp. 27-37.
- HASEGAWA, P.M.; BRESSAN, R.A.; ZHU, J.K.; BOHNERT, H.J. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51: 463-499.
- JARAMILLO, J.; RODRÍGUEZ, V.; GUZMÁN, M.; ZAPATA, M. y RENGIFO, M. 2007. *Buenas prácticas agrícolas (BPA) en la producción de tomate bajo condiciones protegidas*. Convenio: FAO-MANA. Proyecto UTF/COL/027/COL.
- JULCA, A.; MENESES, L.; BLAS, R. y BELLO, S. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. *Idesia* (Chile) 24, N° 1: 49-61.
- KARIMI, G.; GHORBANLI, M.; HEIDARI, H.; KHAVARI, R. y ASSAREH, M. 2005. The effects of NaCl on growth, water relations, osmolytes and ion content in *Kochia prostrata*. *Biologia Plantarum* 49 (2), 301-304.
- KYRKBY, E. y RÖMHELD, V. 2007. Micronutrients in plant physiology: functions, uptake and mobility. Proceedings 543. The International Fertilizer Society, P. O. Box, York, YO32 5YS (United Kingdom).
- LABRADOR, J. 1996. *La materia orgánica en los agrosistemas*. Madrid (España), Mundi-Prensa, pp. 19-73.
- LOUE, A. 1988. *Los microelementos en agricultura*. Madrid, Mundi-Prensa, pp. 354.
- MALAVÉ, A. 2005. Los suelos como fuente de boro para plantas. *Revista UDO Agrícola* 5 (1): 10-26.
- MALAVÉ, A.; CARRERO, P. 2007. Desempeño funcional del boro en las plantas. Universidad de Oriente. Núcleo de Monagas, Maturín-Estado Monagas, 6201. Venezuela.
- MARTÍNEZ-BALLESTA, M.; BASTÍAS, E. y CARVAJAL, M. 2008. Combined effect of boron and salinity on water transport. *Landes Bioscience*. 3:11, 1-2.

- MORAGHAN, J.T. y MASCAGNI, H.J. 1991. Environmental and soil factors affecting micronutrient deficiencies and toxicities. In *Micro nutrients in Agriculture*. S.H. Mickelson, R.J. Luxmoore, Ed., pp. 371. 2nd ed.-SSA Book Series, N° 4.
- MUNNS, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment* 25: 239-250.
- MUNNS, R. 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist*, 167, 645-663.
- NABLE, R.; BAÑUELOS, G. y PAULL, J. 1997. Boro toxicity. *Plant and Soil* 193: 181-198.
- O'Neill, M.A.; Ishii, T.; Albersheim, P.; Darvill, A.G. 2004. Rhamnogalacturonan II: structure and function of a borate cross-linked cell wall pectin polysaccharide. *Annu. Rev. Plant Biol.* 55: 109-139.
- RODRÍGUEZ-PÉREZ, L. 2006. *Implicaciones fisiológicas de la osmorregulación en plantas*. Agronomía Colombiana. Universidad de Cundinamarca, sede Fusagasugá y Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA), Bogotá (Colombia). Vol. 24 N° 1, pp. 28-37.
- ROJAS, C. 2004. Nutrición boratada de los cultivos. *Tierra dentro* (Chile), pp. 40-43.
- SÁNCHEZ, B.; RUIZ, M. y RÍOS, M. 2005. Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud, en la cuenca del río Maracay, Estado Aragua. *Agronomía Tropical*, diciembre, vol. 55, N° 4, pp. 507-534.
- SANTIBÁÑEZ, F. Suelos. 1999. En su: *Estado del Medio Ambiente en Chile*, por Sunkel, O. (Chile), Capítulo II, pp. 205-244.
- SIERRA, C. y ROJAS, C. 2002. *La materia orgánica y su efecto como enmienda y mejorador de la productividad de los cultivos*. INIA. [en línea] Consultada: 13 de septiembre de 2008, <<http://alerce.inia.cl/envios/Documentos/NR28123.pdf>>.
- SIERRA, C. y ROJAS, C. 2004. *La materia orgánica y su efecto en las características físico-químicas y biológicas del suelo*. INIA. [en línea] Consultada: 13 de septiembre de 2008 <<http://alerce.inia.cl/envios/Documentos/NR28123.pdf>>.
- TADEO, F. Fisiología de las plantas y el estrés. En: *Fundamentos de Fisiología Vegetal*, por Azcón-Bieto, J. y Talón, M. España, McGraw-Hill Interamericana, 2000, pp. 481-498.
- TAKANO, J.; NOGUCHI, K.; YASUMORI, M.; KOBAYASHI, M.; GAJDOS, Z.; MIWA, K.; HAYASHI, H.; YONEYAMA, T.; FUJIWARA, T. 2002. Arabidopsis boron transporter for xylem loading. *Nature* 420: 37-340.

- TJALLING, H. 2006. *Nutrición vegetal de especialidad Tomate*. Soquimich S.A.
- TORRES, A. y ACEVEDO, E. 2008. El problema de salinidad en los recursos suelo y agua que afectan al riego y cultivos en los valles de Lluta y Azapa en el norte de Chile. *Idesia* (Chile). 26, N° 3: 31-44.
- YEO, A. 1998. Molecular biology of salt tolerance in the context of whole-plant physiology. *Journal Experimental of Botany* 49: 915-929.
- YERMIYAHU, U.; KEREN, R. y CHEN, Y. 2001. Effect of Composted Organic Matter on Boron Uptake by Plants. Published in *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65: 1436-1441.

## Capítulo 4

# Principios de manejo sustentable de enfermedades vegetales: intervención en el control de enfermedades de las plantas

*Germán F. Sepúlveda Chavera\**  
*Ricardo Salvatierra\**

### Introducción

El intercambio de conocimientos e información, elementos fundamentales de la red vital de la sociedad del conocimiento, el planteamiento de objetivos comunes entre la conservación de la biodiversidad (en el sentido más amplio) y la seguridad alimentaria estructuran una estrategia viable para valorizar cultivos tradicionales que han sido desplazados con la modernización de la agricultura. La biosfera, es decir, el conjunto de microorganismos, plantas, animales y pueblos ricos en conocimientos establecen una potente red de diversidad biológica modelada por la influencia moderada a veces e intensa otras veces, que explica la pérdida, conservación y éxito de una especie sobre otra, en la vorágine de vida que cubre todos los hábitats de la Tierra.

La biodiversidad agrícola se apoya en la trama que sustenta los agroecosistemas y resulta de la interacción entre los componentes abióticos y los recursos genéticos, esto es información contenida en la biosfera, y sus sistemas de intervención, generando una red génica que interactúa inducida por las prácticas agrícolas y no siempre respondiendo de manera esperada a los estímulos agronómicos y, las más de las veces, respondiendo de manera inesperada a la intervención antrópica. Un excelente ejemplo de esto es el concepto de enfermedad vegetal. De hecho, existe consenso en sostener que las enfermedades epidémicas son más frecuentes en las plantas cultivadas que en la vegetación natural y una tendencia de pensamiento sostiene que las enfermedades son el resultado de la interferencia humana en el delicado y dinámico balance de la naturaleza. Los agroecosistemas son una simplificación de la naturaleza (Altieri, 1980) donde existen una o dos especies predominantes, muchas veces introducida, rompiendo con esto los equilibrios y la sustentabilidad que existe en ecosistemas naturales (Figura 1).

---

\* Ingeniero Agrónomo. Núcleo de Patología Vegetal-Centro de Agricultura y Biodiversidad, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Tarapacá, gsepulve@uta.cl

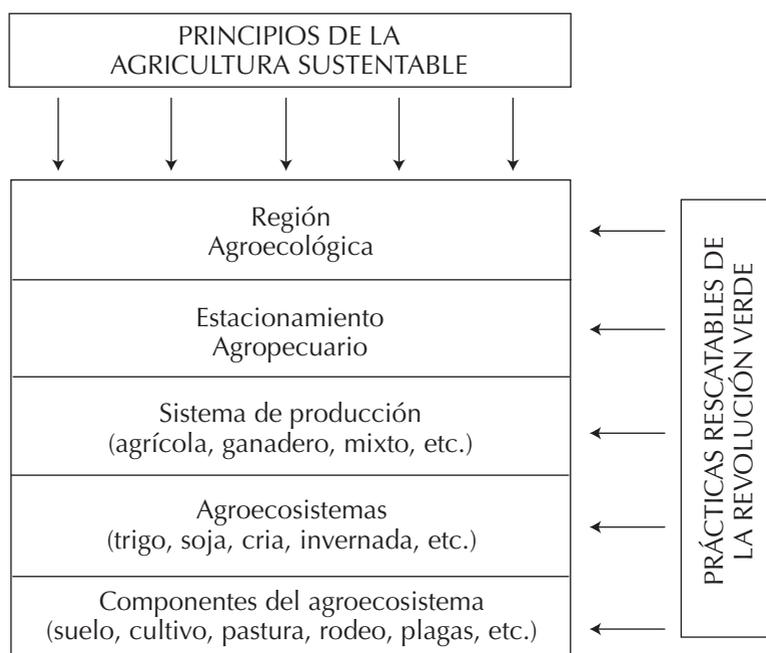
Figura 1. Cultivo intensivo de hortalizas bajo malla antivectores, donde existe una única especie vegetal predominante. La homogeneidad genética y de manejo agronómico determinan alta susceptibilidad para la manifestación de enfermedades parasitarias y alteraciones nutricionales. Fotografías originales.



La sustentabilidad de los agroecosistemas plantea un cambio de modelo que obliga a pasar desde la revolución verde al paradigma de la agricultura sustentable, iniciando una etapa de evolución científica a la que estamos asistiendo actualmente (Requesens, 2006).

Si bien en el nuevo escenario agroproductivo se visualizan cambios de paradigmas, no se pueden dejar de lado todos los conocimientos y tecnologías generadas en la revolución verde (Figura 2).

Figura 2. Modelo de articulación entre los principios de la agricultura sustentable y las prácticas de la revolución verde (Requesens, 2006).



Como concepto, la sustentabilidad supone un sistema perdurable en el tiempo y con capacidad de regeneración. Entonces, en un sistema agrícola productivo y sustentable la intervención debe propender a generar el menor deterioro de los "elementos" que entregan y conforman la capacidad productiva y regenerativa del agroecosistema. Elementos dentro de la "capacidad productiva y regenerativa" son el suelo o sustrato con sus propiedades fisicoquímicas y biológicas, el agua, el entorno (animales, plantas etc.) ya sea campo abierto y/o ambiente protegido (invernadero), y las personas o capital humano dentro del agroecosistema. En términos amplios, un sistema donde se espera insertar y perder la menor energía e información posible.

Para lograr el objetivo de reducir o erradicar las enfermedades dentro de una explotación agrícola, la intervención comienza desde el diseño del mismo, por ejemplo, se debe tener el mayor conocimiento de cada uno de los patosistemas que puedan ocurrir asociados al sistema productivo.

El manejo sustentable de enfermedades vegetales busca reducir o eliminar el inóculo de los fitopatógenos, donde el fitopatógeno ya esté establecido o evitar el establecimiento del fitopatógeno en lugares donde este no se encuentra.

Existen varios métodos de erradicación que buscan disminuir o eliminar la cantidad de inóculo del fitopatógeno, como:

- *Tratamientos químicos, físicos o biológicos del suelo, semillas, plantas o implementos*

La aplicación de sustancias químicas sintéticas o de origen natural protege a las plantas cultivadas contra el establecimiento de fitopatógenos o limita/reduce una infección que está en desarrollo. El Decreto Ley N° 3.557 (1980) del Ministerio de Agricultura de Chile define plaguicida como todo compuesto químico, orgánico o inorgánico, o sustancia natural que se utiliza para combatir malezas o enfermedades o plagas potencialmente capaces de causar perjuicios en organismos u objetos. Los plaguicidas, incluyendo los fungicidas, se pueden clasificar de acuerdo con diferentes criterios (Tabla 1):

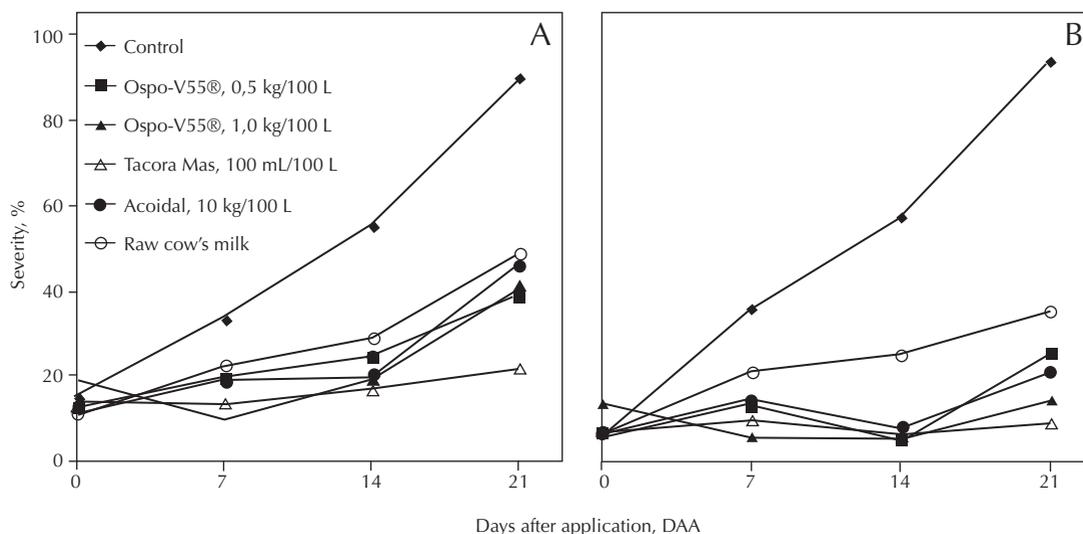
Tabla 1. Clasificación de los plaguicidas.

<b>Destino o plaga que controla</b>	Acaricidas	Ácaros, arañas
	Bactericidas	Bacterias
	Fungicidas	Hongos
	Herbicidas	Malezas
	Insecticidas	Insectos
	Rodenticidas	Roedores
	Molusquicidas	Moluscos, caracoles y babosas
<b>Mecanismo de acción</b>	Contacto	Actúan por contacto directo
	Sistémicos	Actúan por translocación en las plantas tratadas
	Inhalación	Actúan a través del sistema respiratorio del insecto
	Digestivos	la plaga debe ingerir el alimento tratado
	De acción protectora	Su acción es específica en el lugar donde se aplica
	De acción repelente	Su aplicación hace al cultivo poco atractivo para la plaga
	De acción residual	Producto aplicado al suelo que actúa inhibiendo la germinación de semillas
	De acción erradicante	Su aplicación elimina las formas vivas de la plaga o patógeno

<b>Grupo químico</b>	Botánicos Biológicos Carbamatos Organofosforados Piretoides Nicotinoides Neonicotinoides Estrobilurinas Tiocarbamatos	
<b>Grado de toxicidad</b>	Ia Sumamente peligroso Ib Muy peligroso II Moderadamente peligroso III Poco peligroso IV Producto que normalmente no ofrece peligro	Muy tóxico Tóxico Nocivo Cuidado
<b>Formulación</b>	Sólida      Líquidas   Gaseosas	Polvo seco Polvo mojable Polvo soluble Granular Cebos tóxicos Concentrado emulsionable Suspensión concentrada Aerosol Fumigantes

Las evaluaciones de campo y laboratorio responden a la necesidad de generar información local respecto del comportamiento de una enfermedad. Debido a que las condiciones son cambiantes, estas evaluaciones se basan en conocimiento epidemiológico básico, tal como la curva de progreso de la enfermedad (Figura 3).

Figura 3. Efecto de seis tratamientos en el control del complejo cenicilla en Azapa, Chile.



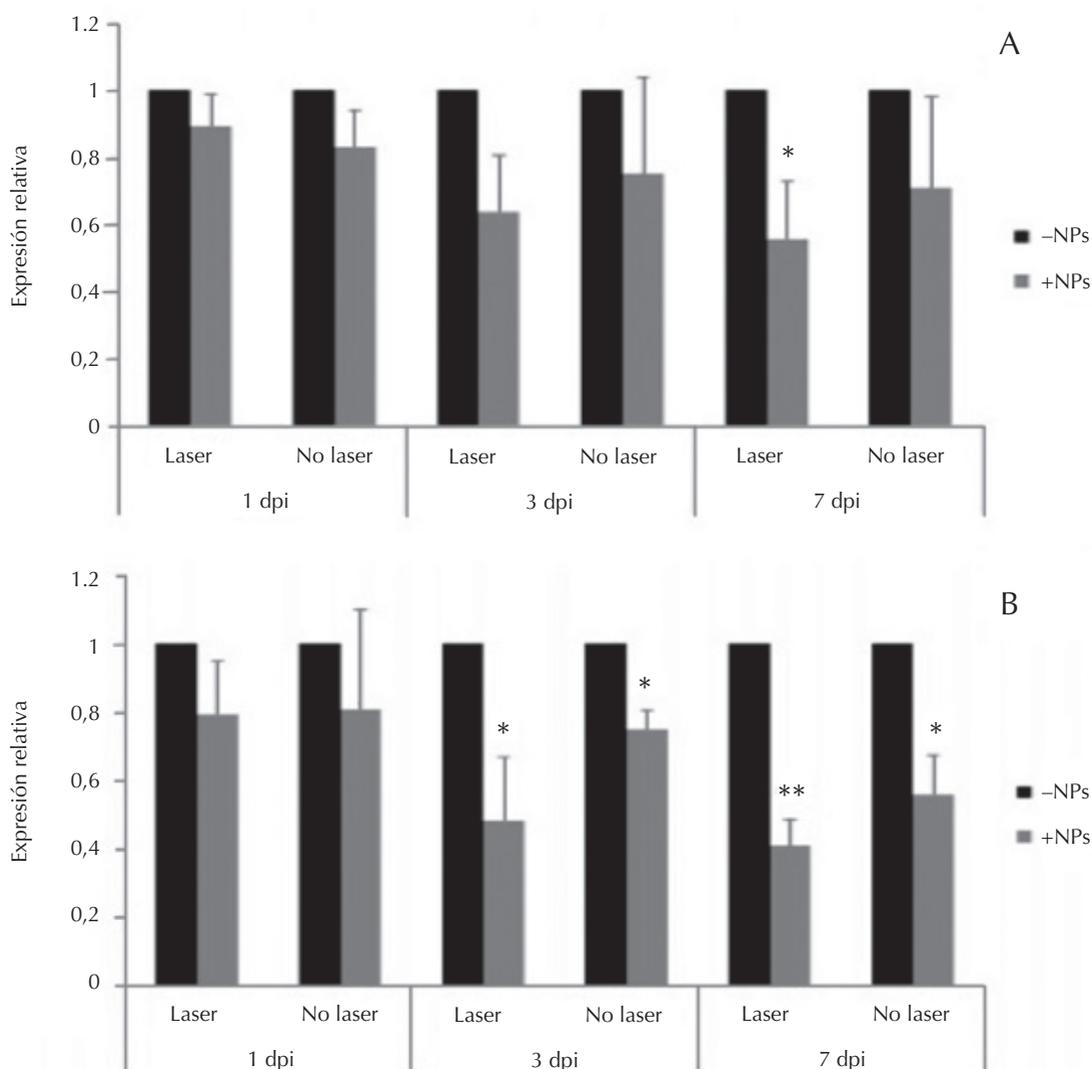
A: Superficie adaxial, B: superficie abaxial. Valores obtenidos con una escala diagramática se transformaron a % de severidad de acuerdo con Townsend-Heuberger (1943). Cada punto representa el promedio de 10 repeticiones (Sepúlveda *et al.*, 2013).

El complejo cenicilla (*Leveillula taurica* y *Erysiphe* sp.) es una limitación importante en la producción de solanáceas (tomate, pimentón, ají, berenjena), especialmente en cultivos protegidos donde las opciones químicas se reducen debido al fenómeno de resistencia. Al evaluar el efecto de 0,5 y 1,0 kg·100 L<sup>-1</sup> de un extracto de algas marinas y concentrado de microorganismos que contiene flavonoides y alcaloides, fenoles, oligo y polisacáridos, 8,6% proteínas, 0,5% de magnesio y cantidades traza de riboflavina, niacina y ácido ascórbico, y leche de vaca al 10%, como alternativas al control químico tradicional, comparando con Tacora Mas® (25% tebuconazol y 12,5% carbendazim), y Acoidal WG (azufre humectable), validando una escala diagramática para evaluar severidad, se cuantificó el daño y efecto de los tratamientos en un cultivo de tomates con infección natural.

Tacora Mas® proporcionó mejor control del cenicilla en campo, seguido del extracto de algas marinas 1,0 kg·100 L<sup>-1</sup> y Acoidal. Sin embargo, el extracto de algas marinas fue más eficaz que Acoidal WG®. Todos los tratamientos incluyendo leche de vaca cruda redujeron significativamente ( $P \leq 0,05$ ) la severidad de la enfermedad en comparación con el control. Al evaluar ambas superficies de la hoja, los mejores resultados se obtuvieron en la superficie abaxial, lo que se asoció a las diferencias en mojamiento. Acoidal fue el tratamiento más eficaz para inhibir la germinación conidial, sobre un 98,2%, significativamente diferente de Tacora Mas® y a los tratamientos alternativos. El extracto de algas marinas y leche cruda de vaca mostraron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) (Figura 3).

De manera más avanzada, Shun-Yu y colaboradores (2013) demostraron el incremento de la resistencia de plantas de orquídeas a los virus CymMV y ORSV, al inyectar nanopartículas bimetálicas Au/Ag (Figura 4). Al inyectar nanomateriales, al evaluar con RT-PCR y test de ELISA, se verificó una reducción en la expresión del gen de la cubierta proteica de CymMV y ORSV en hojas de *Phalaenopsis* aumentando la resistencia de las plantas contra los virus fitopatógenos.

Figura 4. Expresión relativa del gen de la cubierta proteica de CymMV (A) y ORSV (B) en hojas de *Phalaenopsis* por RT-PCR.



Las hojas de *Phalaenopsis* se inocularon solo con uno u otro virus. Siete días después de la inoculación (dpi) con el virus las hojas infectadas se inyectaron con nanopartículas. Las hojas se expusieron a láser inmediatamente después de la inyección, tomando muestras 1, 3 y 7 días después de la inyección, comparando con muestras no tratadas. (Fuente: Shun-Yu et al., 2013).

- *Eliminación de insectos vectores de fitopatógenos, por métodos químicos, físicos o biológicos*

Para las enfermedades causadas por virus, el modo más importante de diseminación es mediante insectos vectores. Los principales grupos de insectos vectores son Aphididae, Cicadellidae, Delphacidae, Aleurodidae, Coccoidae, Membracidae, Hemiptera, Thysanoptera y Coleoptera. Ocasionalmente se ha registrado Orthoptera. Resulta claro que eliminando o regulando la población de estos artrópodos se limita la diseminación de los virus que infectan plantas. Tradicionalmente la aplicación de insecticidas responde a la necesidad de controlar las plagas mencionadas, sin embargo, debido al hábito alimentario o a la eficiencia de aplicación de los agroquímicos, no siempre el resultado es eficiente. De esta forma, se han explorado otras estrategias de control y una de ellas es el monitoreo poblacional a través de trampas cromotróficas (Figura 5).

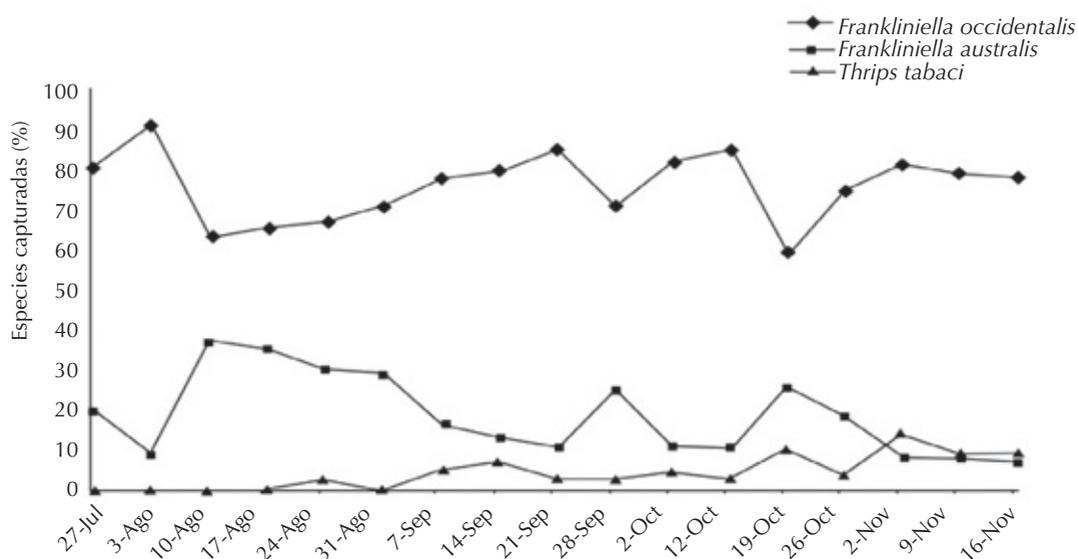
Figura 5. Trampas cromotróficas para los principales insectos vectores de enfermedades virales en cultivos protegidos en el valle de Azapa.



Amarilla: Mosquitas blancas como insecto objetivo; Azul: Trips como insecto objetivo.  
Fotografías gentileza del Ing. Agrónomo Sr. Robinson González.

Para el trips occidental de las flores o trips de California (*Frankliniella occidentalis* (Pergade), la estimación del nivel poblacional es necesaria para maximizar la eficiencia de las acciones de control y detectar en forma precoz las infestaciones en los cultivos. De acuerdo con Larraín y colaboradores (2006), la longitud de onda del espectro visible reflejada por el cultivo es uno de los factores que influyen en la percepción de los patrones visuales de los insectos pudiendo determinar el color más atractivo para capturar a los insectos mediante trampas cromotróficas pegajosas dentro de un programa de manejo integrado. Estos investigadores determinaron la composición de especies de trips con trampas adhesivas blanco-azul (Figura 6) y determinaron que en cultivos de pimiento al aire libre trampas blancas, blancas con franja azul, y azul permitieron capturar una cantidad significativamente superior que las trampas amarillas.

Figura 6. Composición de especies de trips en trampas adhesivas blanco-azul. Ovalle 2001-2002.



Fuente: Larraín et al., 2006.

- *Exclusión*

Evitar el ingreso de las plagas a un área o territorio determinado puede ser una tarea difícil y, por lo tanto, requiere de un conjunto de herramientas que deben activarse simultánea y coordinadamente. Las inspecciones en barrera fronteriza son una aplicación del control legal que busca excluir o evitar el ingreso de potenciales agentes plaga o patógenos al territorio y, en ese sentido, la legislación chilena instruye al Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) a efectuar tal función. Complementariamente, es de responsabilidad ciudadana contribuir a reducir el riesgo de ingreso de plagas y fitopatógenos al territorio nacional. De esta forma, las campañas publicitarias y la información que se entrega a la comunidad son valiosas y parte de la estrategia de exclusión.

Además de este mecanismo, la estrategia de exclusión considera el uso de barreras físicas o biológicas que limiten o impidan el ingreso de plagas al territorio, campo o cultivo como el uso de mallas antivectores (Figura 7).

Sepúlveda y colaboradores (2011) desarrollaron una serie de evaluaciones respecto de la presencia y manejo de la mosquita blanca del tabaco, *Bemisia tabaci*, insecto vector de una variedad de virus, polífaga y de amplia distribución en América. La información generada por estudios moleculares determinó la presencia del biotipo C. Durante tres temporadas consecutivas se evaluó el uso de manto térmico (cubierta de polipropileno) como barrera física en el cultivo y como una estrategia de exclusión, concluyendo que es una posibilidad efectiva de manejo de esta plaga y de los fitopatógenos que puede transmitir. De esta forma, el manto térmico (tela fabricada con fibras de polipropileno,

orientadas en distintas direcciones, no tóxica, estable a la UV, fina y liviana) forma una barrera física que impide que los insectos vectores colonicen los cultivos, y a la vez, genera un microclima entre la planta y el ambiente al retener el calor que libera el suelo, formando un colchón de aire que actúa como escudo térmico logrando un diferencial de temperatura de 3 a 5 °C. Este tejido de uso agrícola es muy liviano ( $17 \text{ gr}\cdot\text{m}^{-2}$ ), pudiendo estar directamente sobre el cultivo, sin producir daño por roce o peso. Además, reduce significativamente el uso de agroquímicos y pesticidas en los cultivos.

En situaciones donde la presión de la plaga es constante, como es el caso de Azapa, Chile, el uso de tela agrícola puede representar el diferencial entre el éxito y el fracaso del cultivo.

Figura 7. Cultivos protegidos con malla antivectores en el valle de Azapa.



- *Aplicación de materia orgánica al suelo para estimular el incremento de la población de microorganismos antagonistas y la reducción de la población de fitopatógenos.*

Stirling (1991) sostiene que el primer efecto de agregar materia orgánica al suelo cultivado es incrementar la tolerancia de las plantas a los nematodos. El efecto directo de enmiendas orgánicas sobre nematodos fitoparásitos se ha reportado en forma independiente por diferentes grupos de investigación (Rodríguez-Kabana *et al.*, 1989; Oka y Yermiyahu, 2002).

El estiércol contiene compuestos orgánicos con actividad nematicida, como ácido butírico, propiónico y amonio (Kaplan y Noe, 1992; Hollis y Rodríguez Kabana, 1966). Sin embargo, las evaluaciones del efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas sobre

la población de nematodos es variable, dependiendo de la composición química, proceso de elaboración, forma de aplicación, especies de nematodos presentes, y condiciones climáticas (McSorley y Gallaher, 1996; Oka y Yermiyahu, 2002).

Rivera y Aballay (2008) evaluaron el efecto de diferentes enmiendas orgánicas sobre la población del nematodo fitoparásito *Meloidogyne ethiopica* en el valle de Casablanca, zona central de Chile. Verificaron que el tratamiento químico redujo significativamente la multiplicación, infestación y agallamiento de *Meloidogyne* en las raíces de vid, comparado con el control sin tratamiento (Tabla 2). Sin embargo, la población final no se redujo. Por otro lado, solo el segundo estado larval del nematodo fue afectado por el tratamiento orgánico de manera similar al tratamiento químico. Los resultados correlacionan positivamente el peso de la raíz y el número de nódulos presentes, aun cuando una raíz con un alto número de nódulos también puede incrementar su peso. Para este estudio el Índice reproductivo (R) presentó un valor estadísticamente menor y diferente al control. Los tratamientos Compost A incorporado al suelo, Compost B incorporado al suelo, orujo de uva en cobertera, residuos de té en cobertera, residuos de té incorporados al suelo presentaron el mismo comportamiento, siendo estadísticamente iguales. Los tratamientos evaluados suprimieron la población de *M. ethiopica*, en un nivel significativamente comparable al tratamiento químico.

Tabla 2. Efecto de enmiendas orgánicas sobre *Meloidogyne ethiopica* asociada a uva de mesa.

Tratamientos	Huevos por raíz (gramos)	Nódulos por raíz (gramos)	2 <sup>do</sup> estado larval por maceta	R (Pi/Pf)
<b>Compost A incorporado al suelo</b>	55,2 abc	3,1 ab	441,6 ab	3,0 ab
<b>Compost A en cobertera</b>	17,2 abc	6,3 abc	868,8 abc	7,3 b
<b>Compost B incorporado al suelo</b>	99,8 abc	10,4 d	1.022,4 bc	6,2 ab
<b>Compost B en cobertera</b>	95,3 abc	9,2 d	801,6 abc	8,5 b
<b>Residuos de té incorporado al suelo</b>	94,8 abc	7,2 bcd	902,4 abc	6,2 ab
<b>Residuos de té en cobertera</b>	45,2 ab	3,8 bcd	504,0 ab	3,5 ab
<b>Orujo de uva incorporado al suelo</b>	289,0 d	8,4 cd	585,6 ab	16,0 c
<b>Orujo de uva en cobertera</b>	51,7 abc	2,3 ab	379,2 a	3,4 ab
<b>Tratamiento químico</b>	21,8 a	1,5 a	369,6 a	1,1 a
<b>Guano de pollo</b>	145,2 c	6,8 bcd	806,4 abc	8,4 b
<b>Control</b>	136,4 bc	6,9 bcd	1.334,4 c	7,7 b

Fuente: Adaptado de Rivera y Aballay, 2008.

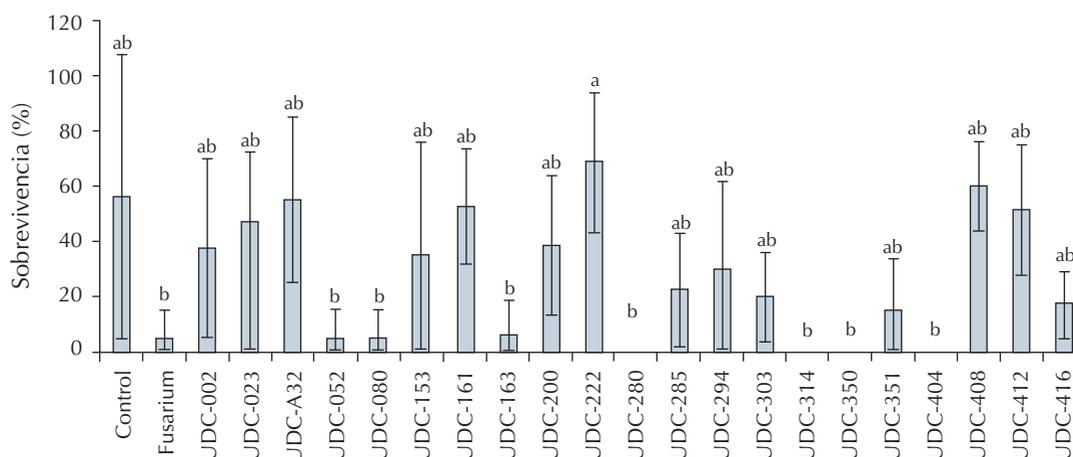
Valores de la misma columna seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Compost A: residuos de té, guano de broiler y orujo de uva; Compost B: residuos de té y orujo de uva. R: Índice reproductivo; Pf: población final por maceta, incluyendo huevos más juveniles en estado 2, 7 meses después de establecido en tratamiento; Pi: población inicial, 2.000 huevos por maceta.

- *Aplicación de microorganismos antagonistas al suelo, sustrato o en la planta (raíces, hastes, hojas, frutos y semillas)*

La aplicación de microorganismos antagonistas al suelo o sustrato para controlar hongos fitopatógenos tiene una larga trayectoria, desde que Rifai (1969) describió los grupos de especies en su monografía clásica. Destacan los trabajos de Harman en EE.UU. con más de 30 años de evaluaciones y estudios. En Chile la aplicación de antagonistas se ha centrado en caracterizar y describir los mecanismos de acción de *Trichoderma*, en cultivos hortícolas, frutales, post cosecha y forestales, incorporando otros antagonistas esporádicamente.

La presencia de *Fusarium circinatum* Nirenberg & O'Donnell sobre *Pinus radiata* fue reportada en 2011 en Chile en las regiones del Libertador General Bernardo O'Higgins y Los Ríos (Wingfield *et al.*, 2002). El comportamiento de la enfermedad en el país es similar a la observada en Sudáfrica sobre *Pinus patula* Schlttdl. & Cham. Esta enfermedad carece de una estrategia de control eficiente, especialmente en vivero. Moraga-Suazo y colaboradores (2011) evaluaron aislamientos de *Trichoderma* spp. y *Clonostachys* spp. en el control de *F. circinatum* en plántulas de *P. radiata*. Los antagonistas evaluados presentaron efecto inhibitorio *in vitro*, sobre el fitopatógeno. Registraron que algunos aislamientos de *Trichoderma* presentaron mayor velocidad de crecimiento micelial que *F. circinatum*. *Clonostachys* presentó menor velocidad de crecimiento. En este trabajo se reportó que *Clonostachys* UDC-222 fue capaz de parasitar las hifas de *F. circinatum*, sin mostrar antibiosis (Figura 8).

Figura 8. Sobrevivencia (%) de plántulas de *Pinus radiata* en sustrato enriquecido con antagonistas antes de la inoculación de *Fusarium circinatum*.



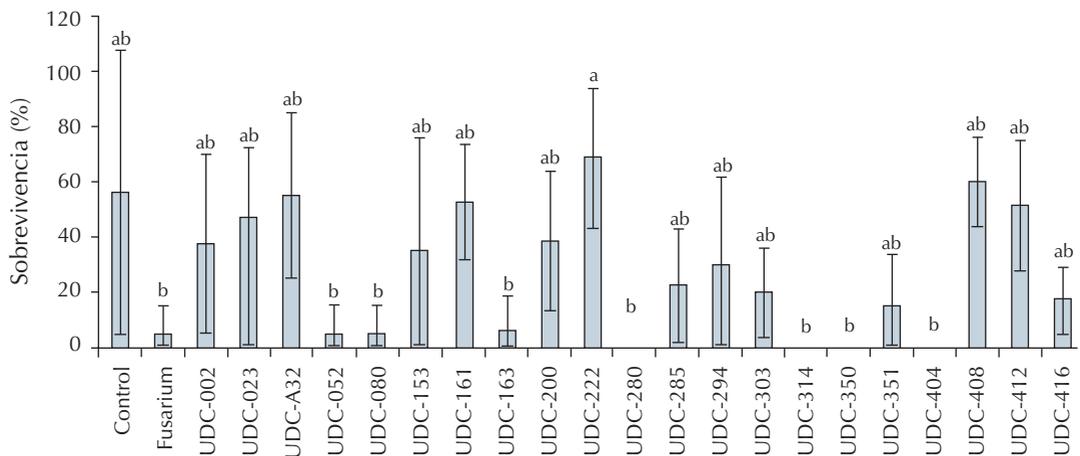
Letras diferentes indican diferencia estadística significativa de acuerdo con el Tukey Test,  $\alpha = 0,05$ .

Fuente: Moraga-Suazo y colaboradores, 2011.

*C. rosea* UDC-222 tiene la capacidad de reducir la incidencia de *F. circinatum* en plántulas de *P. radiata*, estableciendo el uso potencial de antagonistas para el control de este fitopatógeno en viveros forestales (Moraga-Suazo *et al.*, 2011).

De la misma forma, Sanfuentes y colaboradores (2002) demostraron la eficiencia de los hongos antagonistas *T. inhamatum* (UFV-2 e UFV-3) y *T. longibranchiatum* (UFV-1) en la reducción de la densidad de inóculo de *Rhizoctonia* spp., en condiciones controladas, constatando una amplia variación en los niveles de supresividad. Las diferencias entre los ensayos en condiciones controladas se asocian principalmente al aumento en la disponibilidad de la fuente alimentaria en los antagonistas. En el ensayo 1, con 5 g de harina de trigo por litro, en las primeras semanas los antagonistas redujeron significativamente la actividad saprofitica de *Rhizoctonia* spp., pero el efecto supresivo disminuyó de manera gradual hasta 28 días. Paralelamente, en el ensayo 2 el uso de 50 g de harina de trigo por litro redujo la actividad saprofitica de *Rhizoctonia* spp., a niveles que no permitieron su detección. Para determinar la actividad supresiva de los antagonistas en el suelo se trabajó con cebos y se determinó que los antagonistas *Trichoderma* 1 y 2 redujeron la actividad de *Rhizoctonia* en las dos primeras evaluaciones (Figura 9).

Figura 9. Colonización de cebos de eucalipto (*Eucalyptus* spp.) por *Rhizoctonia* spp. en función de antagonistas, y compuestos de hojas de eucalipto, en el suelo AR (Aracruz - ES) artificialmente infectado con *Rhizoctonia solani* (Ensayo 1).



Adaptado de Sanfuentes *et al.*, 2002.

Tabla 3. Algunos micoparásitos de *Rizoctonia solani*

Micoparásito	Referencias
<i>Artrobotrys oligospora</i>	Persson, 1991
<i>Botryotrichum piluliferum</i>	Turhan, 1990
<i>Coniothyrium sporulosum</i>	
<i>Dicyma olivacea</i>	
<i>Gliocladium catenulatum</i>	Jager <i>et al.</i> , 1979
<i>Gliocladium roseum</i>	
<i>Gliocladium virens</i>	
<i>Hormiactis fimicola</i>	
<i>Laetisaria arvalis</i>	Burdsall <i>et al.</i> , 1980
<i>Papulaspora stoveri</i>	Warren, 1948
<i>Penicillium vermiculatum</i>	Boosalis, 1956
<i>Pythium oligandrum</i>	
<i>Stachybotrys chartarum</i>	Turhan, 1990
<i>Stachybotrys elegans</i>	
<i>Stachylidium bicolor</i>	
<i>Talaromyces flavus</i>	McLaren <i>et al.</i> , 1986
<i>Trichoderma hamatum</i>	Chet <i>et al.</i> , 1981; Chet & Baker, 1981; Chu & Wu, 1981; Elad <i>et al.</i> , 1983
<i>Trichoderma harzianum</i>	Roy & Sayre, 1984
<i>Trichoderma longibrachiatum</i>	Chu & Wu, 1981
<i>Trichoderma pseudokoningii</i>	
<i>Trichoderma viride</i>	Weindling, 1932
<i>Trichotecium roseum</i>	Turhan, 1990
<i>Verticillium biguttatum</i>	Boogert, 1989
<i>Verticillium chlamidosporum</i>	Turhan, 1990
<i>Verticillium lamellicola</i>	Kuter, 1984
<i>Verticillium lecanii</i>	
<i>Verticillium nigrescens</i>	
<i>Verticillium psalioetae</i>	
<i>Verticillium tenerum</i>	Turhan, 1990
<i>Volutella ciliata</i>	Jager <i>et al.</i> , 1979

Fuente: Jeffries y Young, 1994.

- Rotación de cultivos con plantas no hospederas de fitopatógenos, por períodos que reduzcan la población de los fitopatógenos

Cuando las condiciones de establecimiento y desarrollo son óptimas, las poblaciones de organismos crecen sin limitaciones. Aplicando este simple criterio, el monocultivo

atenta, por definición, contra la producción agrícola sustentable. Considerando que muchos fitopatógenos establecen estrechos nexos con sus hospederos, y que muchos de sus requerimientos nutricionales son suministrados por las plantas hospederas, al repetir el mismo cultivo una temporada tras otra sobre el mismo territorio/espacio, se potencia el desarrollo de poblaciones de fitopatógenos fuertemente vinculadas al cultivo. Si a esto se agrega la relativa homogeneidad genética del agroecosistema al incorporar híbridos de alto rendimiento, el resultado no puede ser otro que epifitias devastadoras.

Perturbaciones del suelo, interferencias alelopáticas, disrupción mecánica y variaciones de los patrones de competencia aseguran el éxito de la rotación de cultivos en la supresión de las enfermedades. Las condiciones señaladas contribuyen a crear un ambiente poco favorable para el establecimiento de determinadas especies plaga (Roger *et al.*, 1989). Existen reportes del efecto de cultivos de maíz, arvejas, arroz y frejoles sobre la densidad de población de *Pratylenchus zae* en cultivos de tierras altas en Filipinas (Aung y Prot, 1990), señalando que los cultivos de cereales fueron buenos hospederos para el nematodo, mientras que los cultivos leguminosos fueron resistentes al fitoparásito. Estos mismos autores observaron que se necesitaron dos estaciones de cultivo sucesivas para reducir la población del nematodo a densidades aceptablemente bajas.

#### *Otros medios de reducción de la población de fitopatógenos*

- Sanitización o eliminación de plantas o partes de plantas enfermas que pueden actuar como fuente de inóculo del fitopatógeno.
- Eliminación de hospederos alternativos o secundarios que albergan al patógeno.
- Rotación de cultivos con plantas no hospederas de fitopatógenos, por períodos que reduzcan la población de los fitopatógenos.
- Solarización de suelos.

### **Bibliografía**

- AUNG, T. and PROT, J-C. 1990. Effects of crop rotation on *Pratylenchus zae* and on yield of ricecultivar UPL Ri-5. *Revue de Nematologie* 13: 445-447.
- HOLLIS, J.P. and RODRÍGUEZ-KABANA, R. 1966. Rapid kill of nematodes in flooded soil. *Phytopathology* 56: 1015-1019.
- JEFFRIES, P. y YOUNG, T.W.K. 1994. Interfungal Parasitic Relationships. CAB International Wallingford. UK. 296 pp.
- KAPLAN, M. and NOE, J.P. 1992. Effect of chickenexcrement amendments on *Meloidogyne arenaria*. *J. Nematol.* 25: 71-77.

- McSorley, R. and R.N. Gallaher. 1996. Effect of yard waste compost on nematode densities and maize yield. *J. Nematol.* 28: 655-660.
- MORAGA-SUAZO, P.; OPAZO, A.; ZALDÚA, S.; GONZÁLEZ, G. and SANFUENTES, E. 2011. Evaluation of *Trichoderma* spp. and *Clonostachys* spp. Strains to control *Fusarium circinatum* in *Pinus radiata* seedling. *Chil. J. of Agr. Res.* 71 (3): 412-417.
- OKA, Y. and YERMIYAHU, U. 2002. Suppressive effects of composts against the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* on tomato. *Nematology* 4: 891-898.
- RIFAI, M.A. 1969. A revision of the genus *Trichoderma*. *Mycological Papers.* 116: 1156.
- RIVERA, L. and ABALLAY, E. 2008. Nematicide effect of various organic soil amendments on *Meloidogyne ethiopica* Whitehead, 1968, on potted vine plants. *Chil. J. of Agr. Res.* 68 (3): 290-296. Rodríguez-Kabana, R.; Boube, D. and R.W. Young. 1989. Chitinous materials from blue crab for control of rootknot nematode. *Nematopica* 19: 53-74.
- SANFUENTES, E.; ALFENAS, A.; MAFFIA, L.; SILVEIRA, S.; PENCHEL, R. and R. SARTORIO. 2002. Supressão da atividade saprofítica de *Rhizoctonia* spp. em solos de jardim clonal de *Eucalyptus*. *Fitopatologia Brasileira* 27: 461-467. 2002.
- SEPÚLVEDA-CHAVERA, G.; SALVATIERRA-MARTÍNEZ, R. y ANDÍA-GUARDIA, R. 2013. Control alternativo del complejo cenicilla (*Leveillula taurica* and *Erysiphe* sp.) en tomate en el valle de Azapa, Chile. *Cien. Inv. Agr.* 40 (1): 119-130.
- SHIN-YU, CHEN; LIANG-CHIEN, CHENG; CHIEH-WEI, CHEN; PO-HAN, LEE, FENGJIAO, YU; WUZONG, ZHOU; RU-SHI, LIU; YI-YIN, DO and PUNG-LING, HUANG. 2013. NIR-assisted orchid virus therapy using urchin bimetallic nanomaterials in *Phalaenopsis*. *Adv. Nat. Sci.: Nanosci. Nanotechnol.* 4 (2013) 045006 (6 pp) doi:10.1088/2043-6262/4/4/045006.
- STIRLING, G.R. 1991. Biological control of plant-parasitic nematodes: Progress, problems and prospects. CAB International, Wallingford, UK. 275 p.
- WINGFIELD, M.; JACOBS, A.; COUTINHO, T.; AHUMADA, R. and B. WINGFIELD. 2002. First report of the pitch canker fungus, *Fusarium circinatum*, on pines in Chile. *Plant Pathol.* 51: 397-397.

## Capítulo 5

# Bioseguridad, química verde y sostenible en la horticultura protegida ¿cómo usar las mezclas peroxiacéticas de forma segura en la horticultura protegida?

Miguel Urrestarazu\*

### Introducción

La bioseguridad es un concepto global que también se aplica a la horticultura protegida en todas sus fases desde la semilla hasta que las plantas ornamentales, hortalizas y frutas están en la mesa o nuestros hogares. Se plantea mantener la bioseguridad tanto por el aislamiento físico, entre los patógenos y sus agentes transmisores, como por la llamada *química verde* (Carrasco y Urrestarazu, 2010).

Se puede considerar la bioseguridad en un invernadero como un programa global de sanidad que esté diseñado para evitar la entrada y propagación de enfermedades o riesgo microbiológico en el sistema (Urrestarazu *et al.*, 2006). Las medidas físicas, mediante las buenas prácticas agrícolas, son algunas de las más recomendables y aceptables por la moderna horticultura (Moreno *et al.*, 2007), por otro lado está aumentando cada vez más la preocupación por los residuos de pesticidas presentes en los cultivos, o provenientes de ellos, tanto en el medioambiente como en los propios productos hortícolas (Santos *et al.*, 2007).

### Principios de la química verde

Los principios de la química verde están basados en los factores de sostenibilidad de un sistema. Armonizan la posibilidad de la síntesis de nuevos productos con las condiciones exigidas de que (i) sean productos que aseguren su posible degradación final y (ii) la exigencia de que no sean tóxicos también para el medioambiente (Kirchoff, 2005).

Estos principios son:

1. Prevenir la generación de residuos, prever es mejor que los tratamientos después de su fabricación.
2. El diseño de los métodos de síntesis de productos debe considerar desde su inicio hasta el final del ciclo de vida.
3. El diseño químico debe asumir la mínima toxicidad del producto tanto para la salud humana como para la protección del medioambiente.
4. El diseño químico del producto debe preservar la eficacia de los productos para reducir la toxicidad del mismo.

---

\* Departamento de Agronomía, Universidad de Almería, España, mgavilan@ual.es

5. Procurar que los productos de insumo de las reacciones de síntesis sean seguros, con ello se garantiza que tanto los agentes como el propio proceso de síntesis sea seguro.
6. Reconocer e identificar los requerimientos energéticos de los impactos económicos y medioambientales. Los procedimientos de síntesis deberían realizarse a baja presión y temperatura.
7. Usar materiales renovables.
8. Evitar los subproductos no deseados. Los reactivos y la reacción en sí de fabricación deben ser seguros.
9. Para utilizar reactivos catalíticos (lo más selectivos posible) en mayor proporción que los reactivos estequiométricos.
10. Diseñar productos biodegradables.
11. Analizar los procesos químicos en tiempo real para evitar la contaminación.
12. Minimizar el riesgo de accidente durante y fugas durante el proceso de síntesis.

Las mezclas peroxiacéticas (MPAs) es una herramienta útil y amigable con el medioambiente en la horticultura. El ácido peroxiacético ( $C_2H_4O_3$ ) (APA) es una mezcla de ácido acético ( $CH_3COOH$ ) y peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) en solución acuosa estabilizada (Urrestarazu *et al.*, 2007) (Figura 1). En el mercado se pueden encontrar varias formas comerciales algunas de ellas se observan en la Tabla 1. En la horticultura se están usando las mezclas peroxiacéticas (MPAs) en varias fases de la producción y comercialización de sus productos (Figura 2). Básicamente en su uso en horticultura protegida, hay cuatro ventajas sustanciales y un inconveniente a considerar. Las ventajas son: 1. es un agente desinfectante contrastado (Santos *et al.*, 2007), 2. si se usa en el fertirriego o en los sustratos es un importante agente oxigenante de las raíces y por ello tiene un valor añadido muy significativo (Urrestarazu y Mazuela, 2005; Carrasco *et al.*, 2011a, 2011b); 3. los productos finales o subproductos consecuencia de su actuación son el anhídrido carbónico y el agua (además del oxígeno), y que contrasta con el potencial

Figura 1. Esquema de las reacciones que intervienen en la desinfección y oxigenación mediante las mezclas peroxiacéticas.

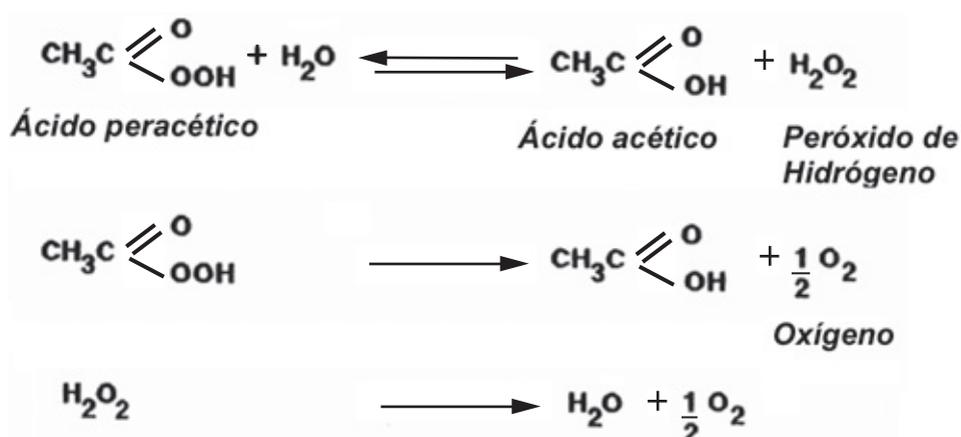


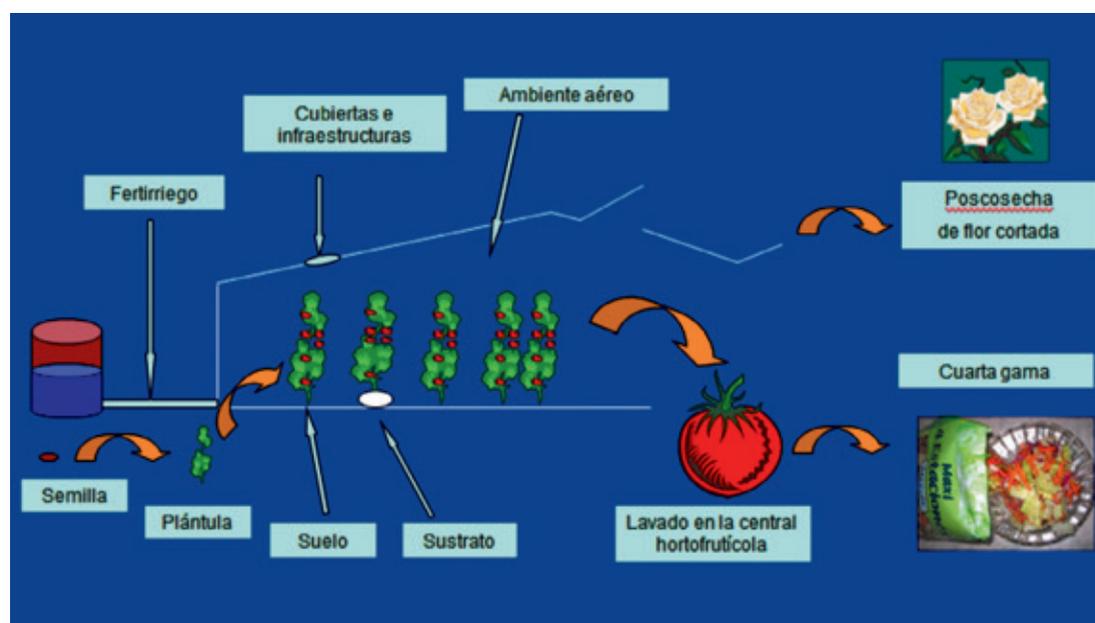
Tabla 1. Algunos de los peróxidos que se comercializan susceptibles de ser utilizados en horticultura protegida.

Productos en el mercado	Porcentaje en peso					
	Ácido peroxiacético	Ácido acético	Peróxido de hidrógeno	Peróxido de potasio	Peróxido de calcio	Oxígeno disponible
Mezclas peroxiacéticas	12	20	18,5			
	5	10	20			11
	15	16	23			14,0
	5	15	18			9,5
	3	30	3			
	1	35	1			
Peróxido de hidrógeno			8			
			35			
			50			
			60			
			70			
Peróxido de Potasio				7		
Peróxido de calcio					aprox. 100	
Sinónimo de ácido peroxiacético:	Sinónimos del peróxido de hidrógeno:					
Ácido peroxiacético	Peróxido de hidrógeno					
Acido peracético, anhídrido acético, Anhídrido etanoico, óxido de acetilo, acetilo hidroperóxido, ácido etanoperoxoico, ácido peroxietanoico	Agua oxigenada, bióxido de hidrógeno, peróxido de perhidrol					

Fuente: Urrestarazu et al., 2007.

cancerígeno de otros desinfectantes como los hipocloritos (Chu et al., 1982; Carpenter y Beresford, 1986; Maxwell et al., 1991; Morris et al., 1992; Dunnick y Melnick, 1993; Pilotto, 1995; Villanueva et al., 2000; Ritter et al., 2002); y 4. constituye un importante agente desincrustante de las sales precipitadas tanto en las tuberías secundarias como en el propio gotero. Frente a sus ventajas evidentes presenta un inconveniente que es la fitotoxicidad potencial (Fotografía 1) por encima de ciertas dosis aparece una clara fitotoxicidad, por ello exige ser tratado bajo un manejo profesional, con independencia de que está regulado su uso, como material biocida que es, por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (en España). Recordemos que un biocida es aquella sustancia activa y preparados que contienen una o más sustancias activas, presentados en la forma en que son suministrados al usuario, destinados a destruir, contrarrestar, neutralizar, impedir la acción o ejercer el control de otro tipo sobre cualquier organismo

Figura 2. Esquema de algunas fases o puntos donde se puede aplicar en horticultura las mezclas peroxiacéticas.



Fuente: Urrestarazu et al., 2007.

nocivo por medios químicos o biológicos (Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición). Para el uso en horticultura protegida, estas MPAs deben estar registradas para cada aplicación y autorizadas y fabricadas con materiales que a su vez estén también permitidos y autorizados, tanto las propias materias activas como los estabilizantes incorporados. Su utilización y manejo está regulado por estricta metodología (BOE 2002, BOE 2010).

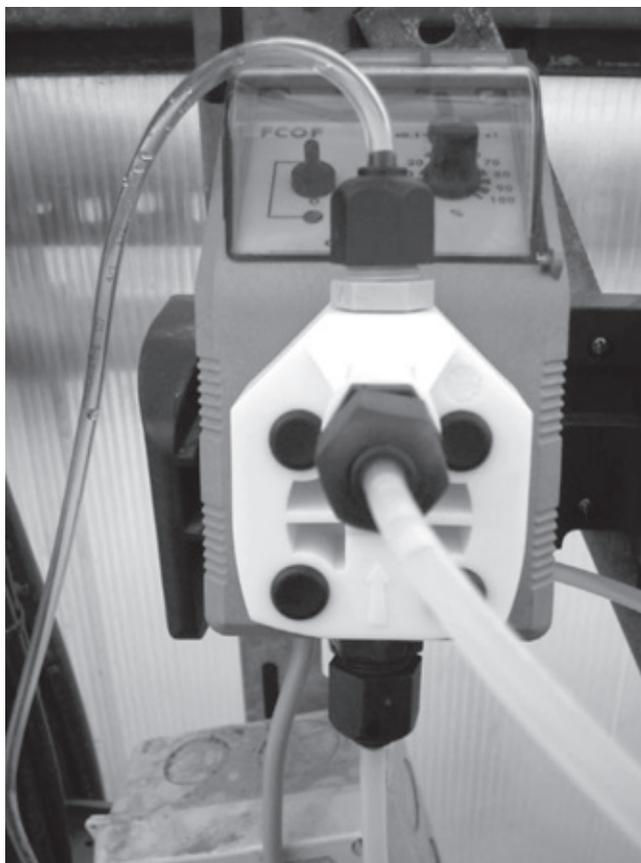
Es muy importante que los productos estén garantizados por una casa comercial con suficiente confianza, muchas veces los productos son diluidos o reenvasados por otras casas comerciales y las ventajas aquí descritas desaparecen.

Es un error frecuente que se diluya el producto previamente para que la aplicación se realice a las dosis prescritas, y consecuentemente este producto se desestabiliza y cuando tiene que ejercer su acción está alterado o se ha descompuesto, perdiendo por tanto su efecto biocida y/o oxigenante. Estos últimos factores son muy importantes, pues son los que garantizan que el producto llegue a mantener su función tanto tras la fabricación hasta su uso, como durante la propia aplicación. Cuando se hace una manipulación del producto los elementos que contacten con la solución comercial estabilizada deben tolerar la concentración de este, siendo frecuente que se vean alterados y los resultados terminen sobre las plantas o simplemente descompongan estos elementos. Especial cuidado hay que tener cuando se incorporan directamente al fertirriego o riego mediante una bomba inyectora, en este caso la válvula y todos sus elementos tienen que estar diseñados para este fin, es decir, tolerar el contacto directo con las MPAs concentradas y la emisión de gases que va generando (Fotografía 2).

Fotografía 1. Fitotoxicidad en un cultivo de tomate donde se ha aplicado una dosis excesiva en el fertirriego de MPAs.



Fotografía 2. Ejemplo de bomba dosificadora capaz de utilizar MPAs de forma adecuada.



Por tanto, el uso de mezclas peroxiacéticas en relación con las dosis aplicadas se puede establecer en tres posibles intervalos: una primera donde la cantidad aplicada está dentro de un intervalo que no da los niveles para cumplir su efecto, y por tanto supone un gasto inútil (aplicación deficitaria); un segundo intervalo, donde muestra su utilidad a las dosis y manejo técnico adecuado (aplicación correcta); y por último una aplicación dentro de un intervalo donde se muestra la fitotoxicidad (aplicación en exceso) (Fotografía 1). En otras palabras, existe un estrecho margen de eficacia, eficiencia y utilidad en su aplicación, por encima de él puede aparecer la fitotoxicidad y por debajo supone un gasto innecesario.

Estos tres comportamientos son dependientes de varios factores interrelacionados. Uno de ellos es la especie y cultivar sobre el que se aplica. Los patógenos que se quieran controlar y su fase del ciclo de infestación, es evidentemente otro de los factores a considerar. Por último, entre los factores importantes que aquí queremos señalar destacamos el método de aplicación; así por ejemplo, si recomendamos usarlo con un surfactante para aumentar su eficiencia, debemos considerar las dosis de este y su compatibilidad con las propias MPAs, con el fin de que pueda servir de coadyuvante y por ende hacerlo más óptimo.

Entre las aplicaciones y protocolos de uso o aplicación que se han y se están desarrollando se pueden ver en la Tabla 2.

Tabla 2. Algunas de las utilidades de las mezclas peroxiacéticas en horticultura.

Aplicación	Descripción	Estado-observación	
Desinfección de semillas	Se puede aplicar para evitar que las semillas porten patógenos en su superficie o evitar su pudrición	No regulada	
En la zona de cultivo y semilleros	Higienización del agua de riego	Se debe aplicar en continuo bajo manejo técnico	Utilidad ampliamente comprobada y usado comercialmente. Productos autorizados. Tiene la ventaja de la oxigenación radical y alargar la vida media de la infraestructura de fertirrigación
	Desinfección de los suelos y sustrato	Se aplica entre cultivos	Utilidad ampliamente comprobada y usado comercialmente. Producto autorizado
	Desinfección de las estructuras de los invernaderos	Se debe tratar mediante los diferentes equipos de pulverizadores de aplicación de fitosanitarios	Ampliamente comprobada, aplicación comercial en varios productos autorizados peroxiacéticos
	Desinfección de las herramientas y maquinarias, incluye cajas y superficies que estarán en contacto directo con productos alimenticios	Se aplica por toda la cubierta. Todos sus elementos en el conjunto de las superficies: plásticos, tubos, agrotexiles, etc.	Ampliamente comprobada, aplicación comercial en varios productos autorizados peroxiacéticos
	Desinfección de heridas y ambiente	Se aplica para controlar las esporas en el ambiente, desinfectar heridas de destallado, desbrotado, etc.	Comprobado. No regulado
	Lavado y mantenimiento de las instalación de fertirrigación	Se aplica entre cultivos para labor de prevención y mantenimiento de la instalación, para desinfectar totalmente la infraestructura, mantener goteros y tuberías limpios de precipitaciones y biopelículas	Utilidad ampliamente comprobada y usado comercialmente. Producto autorizado a través del agua de riego
En las centrales hortofrutícolas	Lavado de frutas	Se aplica directamente sobre las hortalizas y frutos: automatizado, mecanizado o manual	Ampliamente comprobado. Aplicación comercial autorizada
	IV Gama	Se aplica directamente en el líquido de lavado	Ídem del anterior
	Limpieza de cámaras de enfriamiento, almacenes, etc.	Igual a la desinfección de las zonas de producción	
Poscosecha de la flor cortada	Se aplica en poscosecha prolongando la vida en jarrón	Comprobado. No regulado (De la Riva <i>et al.</i> , 2009; Mazuela <i>et al.</i> , 2009)	
Acondicionamiento de compost para su uso en sustrato	Se aplica en todo tipo de compost para su uso directo como sustrato hortícola	Comprobado. Aplicación con Patente de uso por la Universidad de Almería (Patente N° P200702714, WIPO 2007)	

 Fuente: Urrestarazu *et al.*, 2007b.

## **Desinfección del agua de riego mediante MPAs en uso en continuo en la solución nutritiva**

En los agrosistemas en horticultura protegida la disolución nutritiva en contacto con las raíces puede transportar hongos, bacterias y virus adaptados a la vida acuática, y caracterizados por una gran facilidad en su dispersión por este medio. Los patógenos más habituales son hongos como *Pythium*, *Phytophthora*, *Colletotrichum*, *Verticillium* o *Fusarium*, bacterias (*Pseudomonas*, *Clavibacter* o *Erwinia*) e incluso virus como el Virus del Mosaico del tomate (ToMV) o el Virus de la Necrosis del Tabaco (TNV) (Santos *et al.*, 2007). Este potencial riesgo ha sido descrito tanto en otras partes del mundo (Gill, 1970; Shokes y McCarter, 1979), como en el sudeste español (Sánchez y Gallego, 2002), y en concreto para diversos patógenos que afectan a la floricultura: *Fusarium* (Lomas, 2005) o *Phytophthora* (Berenguer *et al.*, 2001).

La aplicación MPAs para controlar en parte estas enfermedades debe ser usada en forma continua, es decir, el agua que se utiliza en el fertirriego ha de estar sometida a un tratamiento preventivo de forma que se mantenga una dosis constante desde la balsa de riego hasta el emisor de riego, considerando los factores arriba indicados. Este concepto es similar al utilizado en la potabilización de las aguas de consumo humano o en granjas pecuarias. Se debe utilizar una bomba dosificadora proporcional adecuada para dichos fines (Fotografía 2), ya que la técnica de aplicación puede ser corrosiva para una convencional, terminando por dañar el mecanismo de inyección de la misma modificando sus proporciones o inyectando productos fitotóxicos provenientes de la descomposición interna de la bomba. La dosis de aplicación debe variar entre 20 y 60 mg L<sup>-1</sup> de la solución comercial directa, esto sería válido para plantas como tomate, pepino y pimiento, sin embargo, hay que considerar que cada planta tiene su comportamiento frente a la toxicidad (Figura 3). Para evitar el problema de la corrección de las bombas muchos productores diluyen los productos comerciales que les vende el fabricante, esto es un error que hace que el procedimiento se vuelva ineficaz. Conviene recordar que el producto comercial está estabilizado, y es por ello que mantiene su acción por el tiempo que indica el fabricante (asegurar que este sea autorizado). Una vez mezclado con agua o fertirriego, pierde su función rápidamente, por lo que en la práctica la dilución de aplicación se ha de hacer en tiempo real. Para ejemplos de plantas en sistemas hidropónicos como sistemas flotantes, NFT o NGS, y para plantas como lechuga, berros o rúcula la proporción sería la misma, pero esta habría que conseguirla directamente en su preparación inicial con la solución nutritiva. Esta regla de dosificación también serviría para la solución de refresco que se añade tras el consumo por la planta.

En la Figura 4 se observan los beneficios obtenidos con esta aplicación en un sistema de mesa flotante en un cultivo de rúcula y de berro en la Tabla 3.

### Desinfección de los sustratos y utensilios

Para ser competitivos, fundamentalmente en horticultura protegida, los sustratos y los suelos naturales entre los distintos ciclos de cultivo necesitan una desinfección para no asumir riesgos fitosanitarios innecesarios. Igual consideración se hace necesaria tanto en los contenedores que se reciclan como en los utensilios de poda, aclareo, desfoliado, etc. Para ello las MPAs suponen también una herramienta muy útil. Los distintos ensayos realizados han dado unos resultados muy positivos al compararlos con otros desinfectantes más tradicionales como el metam sodio (Saldaña, 2007). La fitotoxicidad es sensiblemente inferior al metam sodio. Por ello el plazo de espera tras su aplicación en la desinfección de sustratos es prácticamente nulo. Consecuentemente, considerando que el metam sodio en la práctica tiene un plazo de seguridad en torno a un mes (y la necesidad de un fuerte aclarado con consumo de agua), el mayor coste por kg de materia usado de la desinfección con MPAs queda compensado. En general para la desinfección de suelos y sustratos se recomienda una proporción del 0,3 al 0,6% en un vehículo acuoso que asegure el 100% del contacto con toda la superficie que posteriormente se utiliza en el cultivo, ya sea sobre suelo o en sustrato. Por tanto el volumen a utilizar dependerá de la porosidad real efectiva del sustrato o suelo. Es

Figura 3. Hipótesis conceptual del funcionamiento de la acción de las mezclas peroxiacéticas.

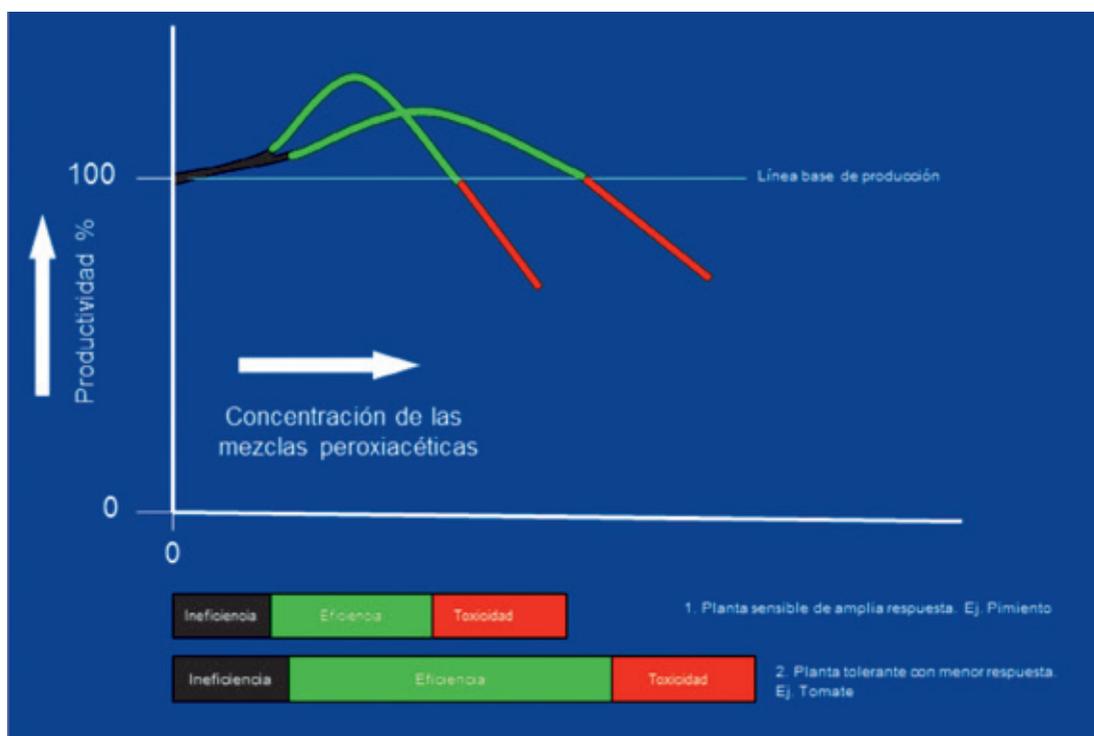
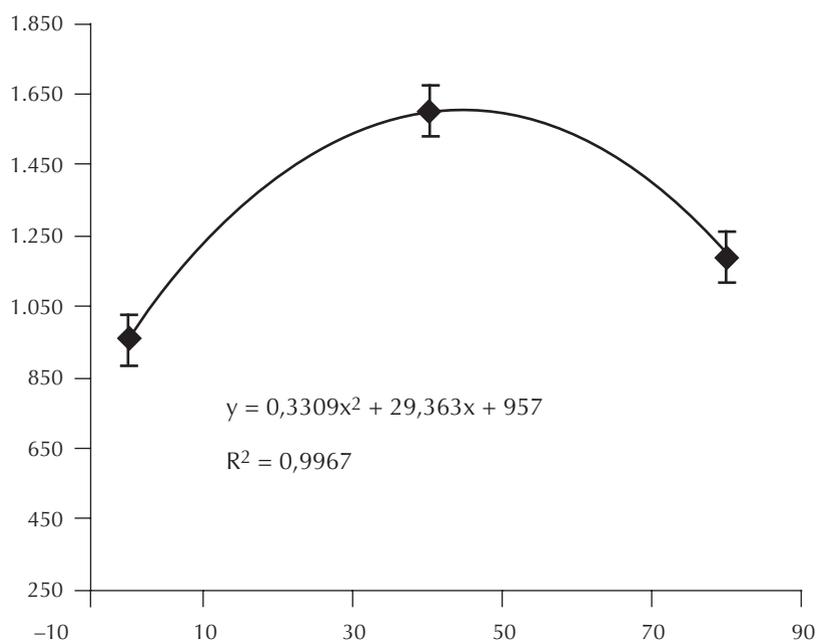


Figura 4. Incremento de la producción en gramos plantas de un cultivo de rúcula (ordenada) en sistema flotante con la incorporación de MPAs en miligramos litros de la solución nutritiva (abscisa).



Fuente: Carrasco et al. 2011a.

Tabla 3. Rendimiento de tres cosechados de plantas de berros cultivados en hidroponía con diferentes dosis de mezclas peroxiacéticas (MPA, g plant<sup>-1</sup>).

MPA	Cosecha		
	1°	2°	3°
	Peso fresco		
0	5,8	1,5	1,3 a
20	6,2	1,6	1,9 a
40	6,9	2,5	3,4 b
	n,s,	n,s,	*
	Peso seco		
0	0,50	0,10 a	0,11 a
20	0,62	0,14 a	0,21 b
40	0,63	0,24 b	0,34 c
	n.s.	*	*

Las letras entre filas indican diferencias significativas en un test de Tukey. Media de tres repeticiones.

Fuente: Carrasco et al., 2011b.

conveniente que a la mezcla desinfectante se le añada un mojante no fitotóxico que permita una mejor cobertura de este sobre la totalidad de las superficies del volumen a desinfectar. Aunque esta proporción de MPAs no debe tener un comportamiento fitotóxico transcurridas entre 48 y 72 horas, si se hace el trasplante o siembra directa se debe recomendar un riego de seguridad para lavar el exceso de producto aplicado, recomendándose de 1/4 a 1/3 del volumen anterior. Esta misma proporción se puede aplicar sobre superficies a desinfectar tras una limpieza física previa.

Para la desinfección de heridas de podas y/o de los utensilios de corte y poda, se recomienda usar proporciones entre 0,5 y 1% de los productos comerciales de MPAs.

Los pediluvios y rodaluvios pueden usar la concentración 0,6-1,2% de la MPAs y asegurarse que debe ser repuesta con la suficiente frecuencia.

### **Efecto sobre la infraestructura de fertirrigación**

Es muy conocido el efecto de mejora de las condiciones radicales y de productividad gracias a la liberación lenta de oxígeno como arriba se ha indicado. Sin embargo, son aspectos menos conocidos los beneficios sobre la infraestructura de fertirrigación. Este segundo valor añadido se debe a dos factores: evitar la precipitación de sales (tanto las del agua de riego como las aportadas por los fertilizantes) y en segundo lugar el control que este puede ejercer sobre las biopelículas (= *Biofilm*). Las biopelículas no solo están relacionadas con el aspecto de obturación, sino que también lo están con los aspectos fitosanitarios, ya que en ellas se "refugian" multitud de patógenos (Kornegay y Andrew 1968; Bungay *et al.*, 1969; Roques *et al.*, 1983), por tanto, se trata de un tema de durabilidad de los goteros y el resto de los elementos de fertirriego (filtros, tuberías, piquetas, etc.) y de bioseguridad.

A partir de nuestras experiencias en el campo hemos constatado que mediante el uso adecuado de disolución acuosa de MPAs inyectadas en continuo en el agua de fertirrigación se mejora considerablemente el control de las biopelículas y el control sobre el acumulo de sales en las instalaciones de riego por goteo (ver Fotografía 3), de modo que podemos indicar la idoneidad del MPAs para el manejo de la bioseguridad en el invernadero así como para el tratamiento contra la obturación en el sistema de riego.

En resumen las mezclas peroxiacéticas parecen constituir una herramienta adecuada para la desinfección y mejora de las condiciones de bioseguridad en general y de la infraestructura de producción hortícola, que además es amigable con el medioambiente.

Fotografía 3. Arriba: aspecto de dos goteros autocompensantes y antidrenantes después de su uso durante una campaña agrícola con el tratamiento de mezclas peroxiacéticas (b) y testigo de comparación (a). Abajo: detalle de la piqueta de esos mismos goteros emisores. Observe la diferencia del precipitado de sales.



## Agradecimientos

La investigación que da sustento a este capítulo ha sido financiada por el proyecto del Ministerio de Educación y Ciencia (AGL2007-648327/AGR-AGL2010-18391).

## Bibliografía

- BERENGUER, J.J.; ESCOBAR, I.; GARCÍA, M.; GÓMEZ, J.; ALVÁREZ, A. 2001. Methods to control *Pythium* and *Phytophthora* in cold plastic houses. *Acta Horticulturae* 559, 759-763.
- BUNGAY, H.R.; WHALEN, W.J.; SANDERS, W.M. 1969. Microprobe technique for determining diffusivities and respiration rates in microbial slime systems. *Biotechnol. Bioengng*, 11, 765-772.
- BOE, 2003. Boletín Oficial del Estado. Real Decreto 1054/2002. Reglamentación técnico-sanitaria para la fabricación, comercialización y utilización de plaguicidas. BOE, núm. 247. Disponible en: <http://www.boe.es/boe/dias/2002/10/15/pdfs/A36188-36220.pdf>.
- BOE, 2010. Boletín Oficial del Estado. Real Decreto 830/2010. Normativa reguladora de la capacitación para tratamientos biocidas. Disponible en: <http://www.boe.es/boe/dias/2010/07/14/pdfs/BOE-A-2010-11157.pdf>.
- CARPENTER, L.M.; BERESFORD, S.A. 1986. Cancer mortality and type of water source: findings from a study in the UK. *International Journal of Epidemiology* 15 (3), 312-320.
- CARRASCO, G.; URRESTARAZU, M. 2010. Review: Green Chemistry in Protected Horticulture: The Use of Peroxyacetic Acid as a Sustainable Strategy *Int. J. Mol. Sci.* 11 (5), 1999-2009.
- CARRASCO, G.; GAJARDO, J.M.; ÁLVARO, J.E.; URRESTARAZU, M. 2011a. Rocket Production (*Eruca sativa* Mill.) in Floating System using Peracetic Acid as Oxygen Source Compared with Substrate Culture. *Journal of Plant Nutrition*, 34 (11), 1397-1401. Disponible en: <http://www.mdpi.com/1422-0067/12/12/9463>.
- CARRASCO, G.; MOGGIA, C.; OSSES, I.J.; ÁLVARO, J.E.; URRESTARAZU, M. 2011b. Use of Peroxyacetic Acid as Green Chemical on Yield and Sensorial Quality in Watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) Under Soilless Culture. *Int. J. Mol. Sci.*, 12, 9463-9470. Disponible en: <http://www.mdpi.com/1422-0067/12/12/9463>.
- CHU, I.; VILLENEUVE, D.C.; SECOURS, V.E.; BECKING, G.C.; VALLI, V.E. 1982. Toxicity of trihalomethanes: the acute and subacute toxicity of chloroform, bromodichloromethane, chlorodibromomethane and bromoform in rats. *Journal of Environmental Science and Health*. 17 (3), 205-224.

- DE LA RIVA, F.; MAZUELA, P.C.; ÁLVARO, J.E.; URRESTARAZU, M. 2009. Treatment with peracetic acid extends the base life of *Lisianthus (Eustoma grandiflorum)*. *HortScience* 44, 418-420. Disponible en Internet en: <<http://hortsci.ashspublications.org/>>.
- DUNNICK, J.K.; MELNICK, R.L. 1993. Assesment of the carcinogenig potential of chlorinated water: experimental studies of chlorine, chloramines and trihalomethanes. *Journal of the National Cancer Institute*. 85 (10), 817-822.
- GILL, D.L. 1970. Pathogenic *Pythium* from irrigation ponds. *Plant Disease Reporter* 54: 1077-1079.
- KIRCHOFF, M.N. 2005. Promoting sustainability through green chemistry. *Resour. Conserv. Recycl.*, 44, 237-243.
- KORNEGAY, B.H.; ANDREWS, J.F. 1968. Kinetics of fixed film biological reactor. *J. Wat. Pollut. Control. Fed.*, 40, 460-468.
- LOMAS, T. 2005. Ecología y Patología del Genero *Fusarium* aislado de las aguas fluviales y fondos litorales de Granada y Almería. PFC. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería, p. 138.
- MARTÍNEZ-CARRASCO, J.E.; DE LA RIVA MORALES, F.; URRESTARAZU, M. 2007. Bioseguridad en los sustratos. *Plantflor* 124, 14-17. Disponible en Internet en: <http://www.verdiland.com/plantflor/img/07/017/017.pdf>.
- MAXWELL, N.I.; BURMASTER, D.E.; OZONOFF, D. 1991. Trihalomethanes and maximum contaminant levels: the significance of inhalation and dermal exposures to chloroform in household water. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 14 (3), 297-312.
- MAZUELA, P.C.; DE LA RIVA, F.; ÁLVARO, J.E.; URRESTARAZU, M. 2009. Aumentar a longevidade do *lixanthus*. *Frutas legumes e flores*, 107, 24-25. Disponible en Internet en: <http://www.flfrevista.pt/flf/index6.php>.
- MORENO, S.; ÁLVARO, J.E.; URRESTARAZU, M. 2007. Bioseguridad en la producción hortícola y la seguridad alimentaria. *Vida Rural* 259, 40-45.
- MORRIS, R.D.; AUDET, A.M.; ANGELILLO, I.F.; CHALMERS, T.C.; MOSTELLER, F. 1992. Chlorination, chlorination by-products, and cancer: a meta-analysis. *American Journal of Public Health*. 82 (7), 955-63.
- PILOTTO, L.S. 1995. Disinfection of drinking water, disinfection by-products and cancer: what about Australia? *Australian Journal of Public Health* 19 (1), 89-93.

- RITTER, L.; SOLOMON, K.; SIBLEY, P.; HALL, K.; KEEN P.; MATTU G.; LINTON, B. 2002. Sources, pathways, and relative risks of contaminant in surface water and groundwater: a perspective prepared for the Walkerton inquiry. *Journal of Toxicology and Environmental Health* 65 (1), 1-142.
- ROQUES, H.; CAPDEVILLE, B.; SÉROPIAN, J.C.; GRIGOROPOULOU, H. 1983. Oxygenation by hydrogen peroxide of the fixed biomasa used in biological water treatment. *Water Res.*, 18, 103-110.
- SALDAÑA, S. 2007. Desinfección de sustratos en el control de *Fusarium oxysporum f. sp. radicum-cucumerinum* y *Phytophthora parasitica*. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería. Pags. 81.
- SÁNCHEZ, J.; GALLEGO, E. 2002. Fitopatogenicidad de *Pythium* spp. presentes en el agua de riego del Poniente almeriense (sureste de España). *Rev. Iberoamericana de Micología* 19, 177-180.
- SANTOS, M.; DIÁNEZ, F.; DEL CORRAL L.C., JUAN E.; ÁLVARO, J.E.; URRESTARAZU, M. 2007. Desinfección bacteriana del agua de riego mediante el uso de mezclas peroxiacéticas. *Vida Rural* 259, 52-56.
- SHOKES, F.M.; McCARTER, S.M. 1979. Ocurrance, dissemination, and survival of plant pathogens in surface irrigation ponds in southern Georgia. *Phytopathology* 69, 510-516.
- URRESTARAZU, M.; GARCÍA, C.D.; MORENO, S.; ÁLVARO, J.E. 2007. Bioseguridad en la horticultura protegida a través de química verde. *Horticultura*, 203, 38-43.
- URRESTARAZU, M.; MAZUELA, P. 2005. Effect of slow-release oxygen supply by fertigation on horticultural crops under soilless culture. *Scientia Horticulturae* 106, 484-490.
- URRESTARAZU, M.; SALAS, M.C.; MAZUELA, P.; MORALES, E. 2006. Algunos aspectos de bioseguridad a través del agua de riego en la horticultura protegida y su implicación con otros aspectos ambientales. *Vida Rural* 239, 56-58.
- VILLANUEVA, C.M.; KOGEVINAS, M.; GRIMALT, J.O. 2001. Cloración del agua potable en España y cáncer de vejiga. *Gaceta sanitaria*. 15, 48-53.
- WIPO. 2007. Método de acondicionamiento del compost con disolución de mezclas peroxiacética. Disponible en: <http://patentscope.wipo.int/search/es/WO2009040447>.



## Capítulo 6

# Paquete tecnológico para la sustentabilidad del cultivo de hortalizas en el valle de Azapa

*Pilar Carolina Mazuela Águila\**

### I. Antecedentes generales de la agricultura en el valle de Azapa

Cuando se piensa en agricultura intensiva, esta se inicia con la mejora en los sistemas de regadío, la introducción de híbridos de altos rendimientos y la aplicación de fertilizantes. Una característica de los sistemas hortícolas intensivos es que han pasado de ser un sistema que busca mayor producción a uno que busca calidad principalmente porque se valoran aspectos como la salud de los productores, la salud de los consumidores y el cuidado del medioambiente. Es común utilizar una serie de términos descriptivos o indicativos de una normativa o “etiqueta” que regula los procesos de producción y comercialización. Como ejemplo de estos términos tenemos: cultivo ecológico, cultivo biológico, agricultura sostenible, sustentable, agricultura no contaminante y amigable con el medioambiente, producción controlada, producción integrada, etc. Todos ellos tienen de común un intento de racionalizar la producción con mayor o menor grado de exigencia y limitaciones en el sistema productivo.

Durante la década de los 70, la Junta de Adelanto de Arica (JAA) encargó un estudio agroeconómico para determinar la producción, organización, manejo y comercialización de la agricultura del valle de Azapa. Los principales resultados de este estudio demuestran que la situación del valle no ha variado mucho en los últimos 43 años respecto del manejo cultural que impide desarrollar todo el potencial productivo de las plantas, como veremos más adelante. Cabe indicar que la productividad ha mejorado en forma significativa cuadruplicando los rendimientos medios en torno a las 30 t ha<sup>-1</sup> de principios de los años 70. Sin embargo, la introducción de sistemas de riego más eficientes, pasando del riego por caracol a riego por goteo, ha sido insuficiente para mejorar la eficiencia hídrica y la sustentabilidad del recurso hídrico, principalmente debido a que las tecnologías que se adoptan son transferidas tal como en el lugar de origen, sin considerar, que las condiciones de clima, agua y suelo son diferentes.

#### Agua

El agua que dispone Arica y el valle de Azapa proviene de la precordillera al oriente de la sierra de Huaylillas y llega por el canal Lauca o por aguas subterráneas. Sin embargo, es el río San José, o Azapa, el principal recurso hidrológico de este valle cuyas aguas provienen de las precipitaciones de las quebradas de Seca, Chusmiza y Ticnamar. El agua de este río corre superficialmente durante los años lluviosos y subterráneamente en los

---

\* pmazuela@uta.cl

años secos, apareciendo por vertientes, norias o pozos. Desde las fuentes primarias del agua, estas se infiltran en el terreno aluvial. Por las condiciones geológicas y climáticas, el agua que percola a la napa subterránea aumenta su concentración de sales a lo largo de su curso.

La sobreexplotación del acuífero del San José está afectando la disponibilidad y calidad de agua debido a: 1) habilitación de suelos para el cultivo de hortalizas; 2) ineficiencia en las técnicas de riego y 3) desequilibrios nutricionales en las plantas por técnicas deficientes en la fertilización del cultivo. El acuífero del río San José, además, es la fuente de agua potable para la ciudad de Arica. Según la Dirección General de Aguas (DGA), la explotación del acuífero de Azapa está sobre su capacidad sustentable, del orden de  $700 \text{ L seg}^{-1}$ , pues los derechos de aprovechamiento de agua superan los  $3000 \text{ L seg}^{-1}$  y la explotación real es de  $1000 \text{ L seg}^{-1}$ . En el estudio de la JAA se indica que el agua de la cuenca del valle de Azapa no solo está destinada a las explotaciones agrícolas, sino también al consumo humano de la creciente población de Arica y las industrias allí instaladas (Espina, 1971). Como se ve, hace más de cuatro décadas ya existía preocupación por la alta demanda hídrica de la agricultura y por las necesidades de una ciudad que crecía y se industrializaba.

En la Tabla 1 se observa el efecto del sistema de cultivo en tomate, al aire libre y bajo protección con malla antiáfido, sobre la producción y eficiencia hídrica. La producción media de tomate en cultivo protegido se triplica y la eficiencia en el uso del agua se duplica respecto del cultivo al aire libre. La mayor producción de tomate bajo malla se debe a las mejores condiciones de cultivo que evita el envejecimiento prematuro de la planta y aumenta el calendario de producción comercial, por lo tanto, aumenta la producción total por superficie cultivada. Sin embargo, la eficiencia hídrica está por debajo de la media en centros de producción intensiva como la provincia de Almería, en España, que logran entre  $17$  y  $20 \text{ kg m}^{-3}$  al aire libre y  $37 \text{ kg m}^{-3}$  bajo plástico, lo que indica una larga tarea para mejorar estos indicadores que den sustentabilidad a la actividad agrícola en el valle de Azapa. Como dato adicional, se observa que la contaminación por efecto de las sales que se emiten al medio, casi se duplica en el sistema al aire libre, respecto del cultivo bajo malla. La fuente de esta contaminación es el desequilibrio en la nutrición de la planta que aporta fertilizantes que la planta no es capaz de asimilar cuyo efecto inmediato es la salinización del suelo.

Tabla 1. Producción media ( $\text{kg m}^{-2}$ ), eficiencia en el uso del agua ( $\text{kg producidos m}^{-3}$  agua aportado) y emisión de iones al medioambiente ( $\text{g emitidos por kg producido}^{-1}$ ) en tomate según sistema de cultivo.

	Aire libre	Malla antiáfido
Producción <sup>1</sup>	7,6	20,6
Eficiencia en uso del agua <sup>1</sup>	12,5	25,6
Emisión iones <sup>2</sup>	79,61	42,82

Fuente: <sup>1</sup>Riquelme *et al.*, 2013; <sup>2</sup>Elaboración propia a partir de los datos de Riquelme *et al.*, 2013.

En el estudio de la JAA se hace un especial énfasis al desconocimiento generalizado de las normas técnicas elementales de dosificación de nutrientes en la planta, situación que persiste hasta el día de hoy. Por ejemplo, el agua de riego del canal Lauca no aporta nitratos ni fosfatos. Sin embargo, en la Tabla 2 se observa el efecto de distintos sustratos en la emisión de estos aniones a través del drenaje del agua no consumida por la planta. En este caso, llama la atención que un sustrato inerte, como lana de roca, tenga una mayor emisión de nitratos y fosfatos. Los sustratos orgánicos, como tienen capacidad de intercambio catiónico (CIC), son capaces de retener aniones, disminuyendo la emisión de contaminantes al medio.

Una fertilización inadecuada causa diversos problemas que afectan al productor y la sustentabilidad de la agricultura debido a: 1) salinización del acuífero por la lixiviación de sales; 2) salinización del suelo cultivado; 3) aumento en los costos de producción por exceso en la aplicación de fertilizantes; 4) menor rendimiento del cultivo por envejecimiento prematuro de la planta.

Tabla 2. Emisión diaria ( $\text{me L}^{-1} \text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) y total acumulado en 100 días ( $\text{g m}^{-2}$ ) de nitratos y fosfatos, para un cultivo de tomate, según sustrato.

	Nitratos		Fosfatos	
	Diario	Total	Diario	Total
Compost	24,38	1.024	0,97	40,74
Lana de roca	25,73	1.338	0,98	50,96
Diatomita	22,21	733	0,72	23,76

Fuente: González *et al.*, 2013.

## Suelos

El ancho del valle es variable y fluctúa entre 700 y 2.200 m; con una pendiente de 1,7% y un largo aproximado de 58 km. Los suelos son aluviales con una marcada estratificación. Las texturas más comunes: en la superficie, la franco arcillosa fina a franca y, en profundidad, se alternan las estratas de texturas arenosas y, ocasionalmente, arcillosas. Los suelos poseen una buena saturación de bases, son calcáreos, de reacción moderadamente alcalina y de buena porosidad. Sin embargo, son de poca profundidad y con un exceso de pedregosidad. A consecuencia de la calidad del agua de riego y su manejo, los suelos poseen un cierto tenor salino que limita su potencial. No obstante lo anterior, pese a que los suelos y las aguas presentan moderados problemas, el estudio liderado por Espina (1971) indica que la causa fundamental de la baja productividad de ellos se debe a factores de manejo, siendo los más importantes: 1) manejo del agua de riego (métodos de riego); 2) control fitosanitario del suelo y 3) aplicación de fertilizantes. Como hemos visto, hasta el día de hoy persisten los mismos problemas de hace cuatro

décadas que afectan directamente la sustentabilidad económica y medioambiental de la horticultura en los valles costeros de la región. Sin embargo, se observa una intensificación de la agricultura en el valle de Azapa, que ha generado una mayor competencia por los recursos naturales, especialmente suelo y agua. En pocos años, el costo de la tierra agrícola se ha cuadruplicado, lo que obliga a mejorar los sistemas productivos para hacer sostenible esta actividad.

## Clima

El clima es la principal ventaja de Arica para producir hortalizas al aire libre para consumo fresco durante todo el año. Sin embargo, dada su ubicación, distante a 2.000 km de los grandes centros de consumo, su producción se concentra en hortalizas de alto valor comercial, como el tomate. Predominan las condiciones de clima de desierto costero con nubosidad abundante, ausencia de heladas, vientos moderados, alta humedad relativa y alta radiación solar directa durante todo el año. Sin embargo, si comparamos las temperaturas medias de principios de la década de los 70 y las actuales (Tabla 3), se observa que ha bajado la temperatura media anual, principalmente por una disminución en las temperaturas mínimas medias. Sin embargo, las máximas medias han aumentado y la diferencia entre mínimas y máximas medias también ha aumentado.

En los últimos 10 años han mejorado las técnicas de cultivo al usar estructuras de protección con malla antiinsectos, con la ventaja que disminuyen el uso de insecticidas y se pueden incorporar el uso de abejorros para la polinización del tomate, logrando frutos de mejor calidad. El cultivo bajo malla permite mantener en mejores condiciones fitosanitarias las plantas, además, permite una menor fluctuación de temperaturas mínimas y máximas al interior del invernadero respecto de los cultivos al aire libre, aumentando la producción y la eficiencia hídrica como se comentó anteriormente. Algunos estudios realizados en la Universidad de Tarapacá, donde se compara la producción y calidad en un invernadero de policarbonato con otro de malla, se observa que no existe diferencia significativa entre ambos sistemas (Mazuela *et al.*, 2010).

Tabla 3. Evolución de la temperatura (°C) máxima media y mínima media en Arica, años 1971 y 2008.

	1971 <sup>1</sup>	2008 <sup>2</sup>
Temperatura media anual	19,3	18
Temperatura máxima media	21,8	23,6
Temperatura mínima media	15,2	13,8
Diferencia	6,6	9,8

Fuente: <sup>1</sup>Espina (1971); <sup>2</sup>Torres y Acevedo (2008).

## Principales hortalizas cultivadas en el valle de Azapa

La región de Arica y Parinacota presenta condiciones climáticas excepcionales para el cultivo de hortalizas durante todo el año, siendo el principal proveedor de hortalizas para el país durante el invierno. La hortaliza de mayor valor económico por superficie cultivada, uso intensivo de insumos y mano de obra es el tomate para consumo fresco, con 840 ha. Los rendimientos medios superan significativamente las medias nacionales, como se observa en la Tabla 4. El alto valor comercial del tomate se debe a la productividad alcanzada y a la condición de hortalizas de contra estación o “primor” que hace de la horticultura del valle de Azapa una actividad muy competitiva a nivel nacional.

Tabla 4. Superficie (ha), total nacional y regional; rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>), media nacional y media regional para cultivo de tomate y pimiento.

Región	Tomate		Pimiento	
	<sup>1</sup> ha	<sup>2</sup> kg ha <sup>-1</sup>	<sup>1</sup> ha	<sup>2</sup> kg ha <sup>-1</sup>
Nacional	6.309	71.100	1.567	36.960
XV	840	112.860	138	46.500
III	212	61.570	22	42.470
IV	358	30.800	601	32.450
V	1.179	94.350	127	35.020
VI	1.062	58.730	333	42.160
VII	938	68.870	116	45.900
VIII	467	49.710	1	33.980
RM	1.080	61.870	227	29.320

Fuente: <sup>1</sup>INE, 2008; <sup>2</sup>INE, 2010.

Esta característica de producción de contra estación afecta el calendario comercial del tomate pues para los agricultores no es atractivo producir durante el verano por el menor precio que obtienen al aumentar la oferta por la concentración de producción durante el verano de las zonas productoras de hortalizas desde la región de Coquimbo al Maule. Esta mayor oferta desde los centros productivos más próximos a la zona central se suma al mayor costo de transporte de los productos de la comuna de Arica hacia los centros de consumo del país. Sin embargo, hay una tendencia a mejorar los procesos de producción especialmente en lo que se refiere a protección de cultivos y eficiencia en el uso del agua de riego que permitan disminuir el efecto de la salinidad en el envejecimiento de la planta, con el objetivo de aumentar el calendario comercial colocando la producción en centros de consumo cercanos y de alto valor adquisitivo como son las ciudades de Iquique, Antofagasta y Calama.

En diciembre del año 2004, el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) de Chile declaró a la provincia de Arica como un lugar libre de la mosca de la fruta (*Ceratitis capitata*). El principal efecto de esta medida fue la diversificación de la agricultura caracterizada, hasta entonces, por el monocultivo del tomate, única hortaliza autorizada para salir fuera de la comuna previo tratamiento cuarentenario con bromuro de metilo. Al comparar la evolución de la superficie cultivada con y sin mosca de la fruta (Tabla 5) se observa un aumento del 50% del total destinado a hortalizas en un período de 10 años, principalmente tomate y pimiento.

Tabla 5. Evolución de la superficie cultivada (ha) de hortalizas en la comuna de Arica, y rendimientos medios ( $\text{kg m}^{-2}$ ), por región y nacional.

Especie	Superficie cultivada (ha)		<sup>3</sup> Rendimiento medio $\text{kg m}^{-2}$	
	<sup>1</sup> 1997	<sup>2</sup> 2007	XV Región	Nacional
Ají	4,5	13,9	s.i.	s.i.
Berenjena	1,7	9,8	s.i.	s.i.
Lechuga*	18,5	54,9	2,52*	4,29*
Pepino	20,3	37,3	s.i.	s.i.
Pimiento	85,8	138,4	4,65	3,70
Poroto verde	308,7	171,5	0,98	0,84
Tomate	448,5	840,1	11,29	7,11
Zapallo italiano	34,1	105,6	s.i.	s.i.
Total	922,1	1.371,5		

Fuente: <sup>1</sup>Instituto Nacional de Estadísticas, 1997; <sup>2</sup>Instituto Nacional de Estadísticas, 2008; <sup>3</sup>Instituto Nacional de Estadísticas, 2010. s.i. sin información. \* unidades  $\text{m}^{-2}$ .

## Manejo del cultivo

La fitotecnia clásica asume que el manejo del cultivo debe ser tal que logre desarrollar el potencial productivo de la planta donde la limitante sea el clima y/o el suelo. Los valles costeros de la comuna de Arica han aumentado la superficie bajo malla principalmente por criterios de protección fitosanitaria más que por problemas climáticos. Algunas características de los cultivos protegidos son: 1) disminución del uso de pesticidas; 2) uso de insectos auxiliares para el control biológico de plagas y la polinización, 3) permite mantener el cultivo en óptimas condiciones evitando el envejecimiento prematuro de la planta, 4) aumenta el calendario comercial de los cultivos, 5) aumenta la producción por unidad de superficie y 6) mejora la eficiencia hídrica.

## Producir para un consumidor que se informa y exige productos de calidad

Los cambios en los hábitos de consumo se deben principalmente por: 1) aumento de las expectativas de vida de las personas que demandan productos nutraceuticos; 2) campañas masivas para mejorar la alimentación promoviendo el consumo de frutas y hortalizas; 3) interés por productos exóticos, étnicos, orgánicos, ecológicos, comercio justo y/o gourmet, 4) mayor exigencia por hortalizas con procesos de producción sostenibles, social y ambientalmente y 5) consumidores informados. El consumidor busca productos de calidad en su aspecto, características organolépticas, sanidad e inocuidad y valoran que los procesos de producción sean sustentables desde el punto de vista del cuidado del medioambiente, especialmente con la huella del agua y la huella del carbono. Esto ha generado cambios en el manejo de cultivos para optimizar la producción y calidad de las hortalizas dado que los mercados requieren diferenciarse de sus competidores por el mayor conocimiento y acceso a la información que tienen los consumidores.

## II. Cultivos sin suelo y su impacto en la horticultura del valle de Azapa

Se entiende por cultivo sin suelo a todo cultivo donde el desarrollo de las raíces crece en un medio distinto al suelo *in situ*. Esto quiere decir que si sacamos tierra del suelo de cultivo y llenamos un macetero con este material para que sostenga las raíces de la planta, tenemos un cultivo sin suelo. Los cultivos sin suelo se clasifican de diferentes formas, siendo los principales el medio donde crece la raíz (Tabla 6) y el manejo que se le da a la disolución nutritiva (Tabla 7). Es muy común que se hable de cultivos hidropónicos como equivalente a los cultivos sin suelo. Como se observa en la Tabla 6, los cultivos hidropónicos son un subconjunto de los cultivos sin suelo que comprende a los cultivos que crecen en agua o en sustratos inertes. Los cultivos hidropónicos se asocian a zonas con agua de muy buena calidad, en sistemas cerrados o recirculantes, donde todos los aportes nutricionales se hacen por el agua de riego o fertirriego y la disolución nutritiva que drena es recuperada y se inyecta nuevamente al sistema.

Tabla 6. Clasificación de los cultivos sin suelo según el medio donde crece la raíz.

Cultivo en agua	}	Cultivo hidropónico
Cultivo en sustrato:		
Sustrato inerte		
Sustrato orgánico		

Fuente: Winsor y Schwarz (1990).

El cultivo hidropónico es muy común en el norte de Europa, con aguas de muy buena calidad y conductividad eléctrica (CE) menor a  $0,4 \text{ dS m}^{-1}$ , donde se debe generar un ambiente adecuado para el cultivo de tomates a un costo muy alto (invernaderos de cristal que soporten el peso de la nieve; gran demanda de energía para tener luz artificial y calefacción) que obliga a optimizar el uso de los recursos logrando plantas de gran longevidad en perfectas condiciones. En estos casos, el cultivo se hace con alta densidad de plantación y se mantiene por 14 a 16 meses, logrando rendimientos que superan las  $600 \text{ t ha}^{-1}$ . En Arica se ha intentado hacer cultivos hidropónicos utilizando agua desalinizada. Sin embargo, el alto costo de la desalinización no justifica su uso, aun cuando se recupere la disolución nutritiva.

Al sur de Europa, con aguas de conductividad mayor a  $0,4 \text{ dS m}^{-1}$ , los sistemas de producción son abiertos, o a disolución perdida, donde los principales sustratos son perlita y lana de roca, ambos inertes (Fotografía 1). Al norte de Africa, o al sur del mar Mediterráneo, los sistemas que se usan no son hidropónicos, sino sustratos orgánicos, principalmente fibra de coco, con sistemas abierto o a disolución perdida.



Fotografía 1. Tomate con sistema de cultivo sin suelo en un invernadero multitúnel al sur de España.

Tabla 7. Clasificación de los cultivos sin suelo según la recuperación de la disolución nutritiva

Sistemas cerrados	→	Recirculantes: se recupera la disolución nutritiva
Sistemas abiertos	→	A disolución perdida

En general, cuando hablamos de cultivos en sustratos (sean inertes u orgánicos), consideramos este material como un sostenedor de raíces y el aporte nutritivo se hace considerando las características del agua de riego, independientemente de los aportes nutricionales del sustrato. Esto es importante cuando se trabaja con aguas con alto contenido de sodio, calcio, cloruros y sulfatos, como elementos principales de las aguas disponibles en el valle de Azapa.

### Producción de hortalizas en cultivo sin suelo

La superficie de cultivo sin suelo ha tenido un incremento sostenido en los últimos años por el mayor control que tiene el agricultor sobre su cultivo. En los valles costeros de la comuna de Arica hay un creciente interés por este sistema de cultivo por diversas razones, como: 1) poca disponibilidad de agua en el valle de Azapa; 2) suelos enfermos, principalmente por el monocultivo de tomate; 3) suelos salinizados, por malas técnicas de fertilización; y 4) altos costos para habilitación de suelo en las laderas de los cerros. El cultivo en sustrato permite un mayor control en los objetivos de producción. Como las raíces están confinadas en un pequeño volumen de sustrato es muy fácil variar la rizosfera en el sentido que el técnico lo requiera. Al tener un mayor control sobre el sistema, el agricultor puede intervenir más sobre la producción y calidad del producto; la eficiencia del uso del agua y los fertilizantes y tener un mayor control de contaminantes al medioambiente como nitratos, fosfatos y pesticidas. Para medir estos parámetros de fertirriego es necesario instalar un gotero control (Fotografía 2) y una bandeja de drenaje (Fotografía 3) y se debe tener calibrado el conductímetro y el pH-metro para el control diario de la disolución nutritiva y drenaje.

Sin embargo la principal razón para incentivar su implementación es que son una alternativa al uso del bromuro de metilo, gas con efecto invernadero, cuyo uso estará prohibido en Chile a contar del 2015 para el control de enfermedades del suelo que afectan los principales cultivos. Otras alternativas son el uso de plantas injertadas, sin embargo, presentan la desventaja que se han desarrollado para controlar problemas específicos, por lo tanto, un injerto para mejorar las condiciones de salinidad no funciona si el problema es de una enfermedad. Otra alternativa es el uso de insumos amigables con el medioambiente como los bioestimulantes de raíces que no contaminan el medioambiente por su fácil degradación.

En Tabla 8 se observa el consumo hídrico, producción y calidad de un cultivo de tomate cherry, franco e injertado con bioestimulantes. Se observa que el uso de bioestimulante mejora el consumo hídrico y la producción total en plantas francas. En plantas injertadas hay un aumento significativo del consumo hídrico; sin embargo, esto no se refleja en una mayor producción. Respecto de la calidad de frutos, se observa que no



Fotografía 2. Gotero Control que permite controlar la disolución nutritiva aportada.



Fotografía 3. Bandeja de drenaje para medir los parámetros de fertirriego.

hay diferencia significativa entre tratamientos en plantas francas, en cambio sí se observa frutos con mayor cantidad de sólidos solubles totales en plantas injertadas sin bioestimulantes, lo que se puede atribuir al menor consumo hídrico de estas plantas. Este trabajo sugiere que en suelos salinizados el uso de bioestimulantes es una alternativa al injerto.

Tabla 8. Consumo hídrico, producción, peso de fruto y sólidos solubles totales en un cultivo de tomate *cherry* franco e injertado, según tratamiento: sin (T0) y con (T1) bioestimulante, utilizando compost como sustrato en cultivo sin suelo.

	Franco Var. Bambino				Injertado Var. Bambino sobre Multifort			
	CH	P	PF	SS	CH	P	PF	SS
T0	145	2.200	10,2	9,08	148	2.389	9,8	9,56
T1	152	2.540	10,6	8,97	154	2.446	10,0	9,16
p	*	*	ns	ns	*	ns	ns	*

Fuente: Mazuela *et al.*, 2012.

CH: consumo hídrico ( $L\ m^{-2}$ ); P: producción ( $g\ m^{-2}$ ); PF: peso fruto (g); SS: sólidos solubles totales ( $^{\circ}$  Brix)  
\*, ns son  $p \leq 0,05$  y no significativo, respectivamente.

El sistema de cultivo sin suelo permite un mayor control del sistema productivo, es una alternativa para evitar el uso de bromuro de metilo y ahorra agua y fertilizantes.

Diversos estudios con sustratos locales han dado muy buenos resultados para el cultivo de tomate. Estos sustratos son: compost de residuos orgánicos, compost de orujo de uva, diatomita y arena. También se ha trabajado con lana de roca, pero los resultados no han sido muy buenos desde el punto de vista medioambiental, tanto por la mayor emisión de nitratos y fosfatos, como por su posterior degradación una vez terminada la vida útil de este material. La emisión de más contaminantes en lana de roca se atribuye a la calidad de agua de riego que tiene un alto contenido de sulfatos, cloruros, sodio y calcio, donde un sustrato inerte no es capaz de retenerlos por su nula capacidad de intercambio catiónico.

En la medida en que la legislación se vuelve más exigente respecto del cuidado al medioambiente, aumenta la presión por procesos de producción sustentables. Una forma de disminuir el impacto ambiental generado por el uso de los sustratos es garantizar su durabilidad. Una de las ventajas de los sustratos orgánicos es que son biodegradables y dan utilidad a residuos de otra actividad industrial. En la actualidad se hacen grandes esfuerzos por potenciar y desarrollar comercialmente estos sustratos porque son más adecuados desde el punto de vista medioambiental. Son menos agresivos con el medioambiente y solucionan otro problema ambiental al reciclar residuos. Otros aspectos a considerar a la hora de buscar nuevos sustratos son la disponibilidad, potenciando el material de origen local, lo que hace que la diatomita tenga grandes posibilidades de uso por tratarse de un recurso que se encuentra en la región de Arica y Parinacota (Fotografía 4). Es necesario que el material sea de fácil manejo por lo cual se deben conocer las características físicas del sustrato (Tabla 9). Por lo tanto, son cuatro los requisitos que debiera tener un sustrato

para ser considerado agrícolamente viable y económicamente rentable. Los requerimientos son: 1) que sea biodegradable; 2) de fácil disponibilidad; 3) de fácil manejo y 4) durable.



Fotografía 4. Concentración de raíces de tomate sobre diatomita como sustrato.

Tabla 9. Propiedades físicas y fisicoquímicas seleccionadas de algunos sustratos y valores de referencia.

	Compost <sup>1</sup>	Fibra de coco <sup>2</sup>	Fibra de pino <sup>3</sup>	Referencia <sup>4</sup>
Densidad aparente (g cm <sup>-3</sup> )	0,34-0,39	0,059	0,061	< 0,40
Densidad real (g cm <sup>-3</sup> )	1,79-1,83	1,51	1,46	1,45-2,65
Índice de grosor (%)	60,4-65,6	34	97,5	
Espacio poroso total (% vol)	77,9-81,2	96,1	95,8	> 85
Capacidad de retención de agua (mL L <sup>-1</sup> )	358-427	523	187	600-1000
Contracción (% vol)	7,5-13,3	14	10	< 30
Materia orgánica total (%)	54-59	93,8	99	> 80
pH en pasta saturada	7,9-8,0	5,71	5,76	5,2-6,3
CE en extracto de saturación (dS m <sup>-1</sup> )	22,95-34,3	3,52	0,63	0,75-1,99

Fuente: <sup>(1)</sup> Urrestarazu y Salas, 2004; <sup>(2)</sup> Abad *et al.*, 1997; <sup>(3)</sup> Urrestarazu *et al.*, 2002 ; <sup>(4)</sup> Abad *et al.*, 1993.

### III. Sustentabilidad de la horticultura

Para implementar un paquete tecnológico que permita dar sustentabilidad a la horticultura del valle de Azapa es necesario conocer las características del suelo, clima y agua. Se recomienda que el cultivo de tomate se haga bajo malla u otro sistema de protección del cultivo para garantizar un mejor manejo fitosanitario del cultivo, uso de insectos benéficos, mayor vigor y longevidad de la planta que permita producir frutos de calidad por períodos más largos, aumentando la producción total por unidad de superficie. Al interior del invernadero se deben tener termómetros de máximas y mínimas en cada unidad productiva y llevar registro diario de la temperatura. El uso de abejorros al interior del invernadero garantiza la polinización y permite producir frutos de mejor calidad. Este sistema disminuye considerablemente la aplicación de pesticidas y protege el cultivo de plagas y enfermedades de predios vecinos.

Se debe hacer análisis de suelo al inicio y final de cultivo: este análisis debe considerar características físicas, químicas y biológicas. Para controlar las plagas y enfermedades del suelo, se recomienda hacer una rotación de cultivos, con un cultivo corto que aproveche la estructura del tomate. Para la rotación de cultivos puede colocarse poroto verde o melón, ambos levantados.

Se recomienda hacer análisis del agua de riego, tanto químicos como biológicos, al menos, al inicio del cultivo. Basándose en este análisis de agua se debe efectuar la disolución nutritiva, aportando los fertilizantes de acuerdo con los requerimientos del cultivo. Es necesario contar con un conductímetro y un pH-metro manual para monitorear en terreno la aplicación de nutrientes según las consignas de fertirriego deseadas. Los riegos deben ser cortos y frecuentes según el cultivo, clima y estado fenológico de la planta. Riegos abundantes una o dos veces al día no se recomiendan debido a que la planta no es capaz de consumir en una hora el agua que necesita a lo largo de todo el día, en consecuencia el agua se pierde por percolación o evaporación; aumenta el volumen de suelo humedecido donde se diluyen sales que, al cabo del día terminan aumentando la salinidad de la rizosfera, al concentrar las sales al secar el volumen de suelo humedecido, durante el transcurso del día. En cambio, los riegos cortos y frecuentes mantienen la humedad en la parte radical, dejando fácilmente disponible el agua y los nutrientes.

Es muy importante que la nutrición de la planta se haga de acuerdo con el análisis de suelo, los requerimientos y estado fenológico de la planta. Una de las principales fuentes de contaminación al acuífero es una mala fertilización. El fertilizante que no es aprovechado por la planta genera un doble perjuicio al agricultor: aumenta los costos de producción y disminuye los rendimientos por envejecimiento prematuro de la planta.

El sistema de cultivos sin es una buena alternativa para mantener productivos suelos agotados, enfermos o salinizados. Los cultivos en sustrato son muy recomendados en zonas productoras como el valle de Azapa, donde el monocultivo afecta el estado fitosanitario del suelo. Es una buena alternativa al uso del bromuro de metilo, aumenta el control sobre los objetivos de producción, mejora la eficiencia hídrica y permite el uso de material residual como sustrato. Los cultivos sin suelo son técnicamente amigables con el medioambiente porque permite el control de las emisiones (nitratos, fosfatos, pesticidas) y permite reciclar materiales que son residuos de otra industria.

Es necesario conocer las características físicas del material a utilizar como sustrato porque de estos depende el manejo del fertirriego. Por las características del agua de riego en la comuna de Arica se recomienda el uso de un sustrato orgánico, de fácil manejo y disponible localmente, como la diatomita, compost de residuos vegetales, arena y otros materiales de fácil manejo y disponibles localmente.

Es muy importante el etiquetado (Fotografía 5) para diferenciar el producto final. Los consumidores valoran las hortalizas que han sido producidas de manera amigable con el medioambiente y eso debe ser indicado como una marca diferenciadora respecto de otros productores o zonas productivas del país. Siguiendo estas normas básicas de producción, es posible contar con un producto sano y saludable de fácil comercialización (Fotografía 6).



Fotografía 5. El etiquetado es muy importante para diferenciar el producto.



Fotografía 6. Comercialización del tomate.

## Bibliografía

- ABAD, M.; MARTÍNEZ, P.F.; MARTÍNEZ, M.D. y MARTÍNEZ, J. 1993. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. *Actas de Horticultura*, 11: 141-154.
- ABAD, M.; NOGUERA, P.; NOGUERA, V.; ROIG, A.; CEGARRA, J. y PAREDES, C. 1997. Reciclado de residuos orgánicos y su aprovechamiento como sustratos de cultivo. *Actas de Horticultura*, 19: 92-109.
- DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS. 2008. Las Mesas de Agua y las experiencias recientes del MOP en el ámbito de la gestión del agua. DGA, Región de Arica y Parinacota, 9 p.
- ESPINA, L. 1971. Estudio agroeconómico del valle de Azapa. Universidad de Chile-Junta de Adelanto de Arica. XXX p.
- GONZÁLEZ, F.; RIQUELME, A.; CONTRERAS, P.; MAZUELA, P. 2013. Antecedentes generales para la sustentabilidad de la producción hortícola en el valle de Azapa, Arica, Chile. *Idesia* 31 (4): 119-123.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS. 2010. Información Hortícola. Publicación Especial 2008-2009. INE Ediciones, Santiago de Chile, 128 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS. 1997. VI Censo Agropecuario 1997. Resultados preliminares. INE Ediciones, Santiago de Chile, 144 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS. 2008. VII Censo Agropecuario y Forestal 2006-2007. Resultados preliminares. INE Ediciones, Santiago de Chile, 444 p.
- MAZUELA, P.; ACUÑA, L.; ÁLVAREZ, M.; FUENTES, A. 2010. Producción y calidad de un tomate cherry en dos tipos de invernadero en cultivo sin suelo. *Idesia* 28 (2): 97-100.
- MAZUELA, P.; CEPEDA, B.; CUBILLOS, V. 2012. Efecto del bioestimulante Fartum® sobre la producción y calidad de tomate cherry. *Idesia* 30 (3): 77-81.
- RIQUELME, A.; GONZÁLEZ, F.; CONTRERAS, P.; MAZUELA, P. 2013. Manejo del cultivo de hortalizas y su efecto en la sustentabilidad de un valle costero del desierto de Atacama, Chile. *Idesia* 31 (3) 113-117.
- TORRES, A. y ACEVEDO, E. 2008. El problema de salinidad en los recursos suelo y agua que afectan el riego en los valles de Lluta y Azapa en el norte de Chile. *Idesia* 26 (3): 31-44.
- URRESTARAZU, M.; MAZUELA, P.; DEL CASTILLO, J.; SABADA, S. y MURO, J. 2005. Fibra de pino: un sustrato ecológico. *Horticultura Internacional*, 49: 28-33.
- URRESTARAZU, M. y SALAS, M.C. 2004. Cultivo en sustratos alternativos, pp. 669-690. En: M. Urrestarazu (ed.). *Tratado de cultivo sin suelo*. 3ª Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- WINSOR, G.W.; SCHWARZ, M. 1990. Soilless culture for horticultural crop production. *Ed. Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Roma, 188 pp.



## Capítulo 7

# Sustentabilidad y las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) para la agricultura intensiva del valle de Azapa

Juan Trevizan Rispoli\*

*“Estoy impulsando a los jóvenes para que sean empresarios de empresas sociales y contribuyan al mundo, en lugar de solamente hacer dinero. Hacer dinero no es divertido, contribuir y cambiar el mundo es mucho más divertido”.*

Muhammad Yunus, Premio Nobel de la Paz 2006.

### I. Introducción

En términos generales y para entender el concepto de *sustentabilidad* que se viene acuñando desde hace algún tiempo, la agricultura sustentable es aquella que permite el desarrollo de la actividad y no compromete los recursos para que las generaciones futuras puedan seguir desarrollándola.

A primera vista nuestras explotaciones distan mucho de desarrollar una actividad sustentable, ya que generalmente se ven comprometidos tanto los recursos naturales, por contaminación de las napas freáticas, por uso de energías fósiles, acumulación de basura y desechos, etc., como también se ve amenazado el recurso humano, con poco desarrollo, baja seguridad o inestabilidad, tanto económica como emocional, así como también muchas veces se ve comprometida la calidad de los productos que generamos.

Lograr superar todas aquellas barreras que se presentan para tener una agricultura sustentable se ve como una tarea muy engorrosa y una utopía el poder alcanzarla; sin embargo, hay que pensar que todo emprendimiento comienza con un primer paso y si se quiere continuar en esta actividad (la agricultura) debemos iniciar profundas transformaciones y nuestra manera de hacer las cosas.

Uno podría preguntarse para qué darse el trabajo de hacer una agricultura sustentable, si hasta el momento las cosas han andado bien y la actividad que realizo me genera ganancias suficientes para vivir. A esta pregunta puedo plantear dos observaciones que parecen pertinentes: la primera tiene que ver con la necesidad de dejarles a las generaciones futuras al menos lo mismo que nos fue entregado para que se puedan desarrollar (*La tierra no nos pertenece solo la tenemos prestada*) y lo segundo es que emprender un sistema productivo que considere todas las variables que participan demanda un esfuerzo de ordenamiento y de comprensión que por mi experiencia profesional puedo decir que siempre retribuye con creces.

En el mundo se han desarrollado varios modelos, sistemas y técnicas de producción de cultivos que cumplen con distintos objetivos o propósito, como la agricultura orgánica,

---

\* Ingeniero agrónomo Mg. jftrevizan@gmail.com

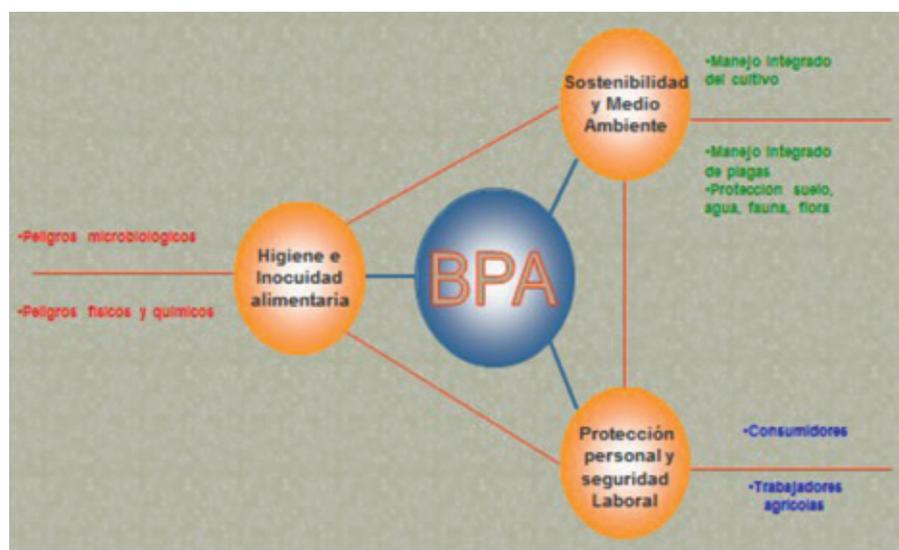
biológica o ecológica, etc. En el último tiempo los países desarrollados han implementado un concepto de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) con el objeto de que los productos que lleguen a esos mercados aseguren una inocuidad (tanto química como bacteriológica) en los alimentos que consume su población, así como también establecer algún tipo de medida de protección a sus propias producciones.

Las BPA se han establecido, en forma cada vez más creciente, como norma para la comercialización de productos hortofrutícolas destinados a la exportación a los mercados más exigentes, no siendo requisito a la fecha para los mercados internos; sin embargo, la tendencia del consumidor en todas partes del mundo (y en esto no se escapa el principal mercado de los productos que se originan en el valle de Azapa, como es el mercado del Gran Santiago) de exigir el aseguramiento de la calidad del producto, así como de los procedimientos que se realizaron para alcanzarlo.

No siendo una necesidad inmediata el incorporar las buenas prácticas agrícolas en nuestras explotaciones, sí parece cuerdo recomendar que se inicie un proceso de adopción de aquellas medidas o prácticas, que se podrán ir implementando paulatinamente, de manera que cuando se presente la obligación estar mejor preparado o simplemente porque un proceso de ordenamiento nos permitirá tener un mejor control de nuestro sistema productivo, ya que en general este se caracteriza por la improvisación, el poco control y uso excesivo de recursos muy por sobre las necesidades volviendo nuestras explotaciones ineficientes en el uso de los recursos.

Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) responden a un concepto de realizar la agricultura de manera de generar una producción, procesamiento y transporte de productos agropecuarios que permita asegurar la *inocuidad del alimento* que se produzca, así como también la *protección del medioambiente* y la *de los trabajadores* involucrados en el proceso de producción.

Figura 1. Esquema conceptual de Buenas Prácticas Agrícolas.



Las Buenas Prácticas Agrícolas incluyen las acciones involucradas en la producción primaria, desde la preparación del terreno, la cosecha, el embalaje, hasta el transporte del producto, de manera de asegurar la inocuidad de este, minimizar el impacto de la producción en el medioambiente y proteger la salud y bienestar de los trabajadores y de los consumidores.

En este capítulo no se pretende entregar un manual de BPA para la agricultura del valle de Azapa, pero sí exponer aquellas medidas que a juicio del autor pueden implementarse en el corto plazo o que deben ir considerándose para el futuro y que acarrearían beneficios directos al agricultor.

## II. Beneficios de las BPA

Para la implementación de un programa de BPA es importante el conocimiento previo de las acciones o líneas que rigen este sistema de calidad, como son: el medioambiente, la sanidad e inocuidad de los productos, su trazabilidad por medio de registros, y la seguridad para los trabajadores y consumidores. Deben tenerse en cuenta, además, otros temas como el agua, el suelo, el empaque, el transporte y la manipulación.

Los beneficios que se pueden alcanzar al implementar un sistema de buenas prácticas agrícolas se pueden resumir en:

- Mejorar las condiciones higiénicas del producto.
- Prevenir y minimizar el rechazo del producto en el mercado debido a residuos tóxicos o características inadecuadas en sabor o aspecto para el consumidor.
- Minimizar las fuentes de contaminación de los productos, en la medida en que se implementen normas de higiene durante la producción y recolección de la cosecha.
- Abre posibilidades de exportar a mercados exigentes (mejores oportunidades y precios). En el futuro próximo, probablemente se transforme en una exigencia para acceder a dichos mercados.
- Obtención de nueva y mejor información de su propio negocio, merced a los sistemas de registros que se deben implementar (certificación) y que se pueden cruzar con información económica. De esta forma, el productor comprende mejor su negocio, lo cual lo habilita para tomar mejores decisiones.
- Mejora la gestión (administración y control de personal, insumos, instalaciones, etc.) del predio (empresa) en términos productivos y económicos, y aumentar la competitividad de la empresa por reducción de costos (menores pérdidas de insumos, horas de trabajo, tiempos muertos, etc.).
- Se reduce la cadena comercial (menos intermediarios) al habilitar la entrada directa a supermercados, empresas exportadoras, etc.
- El personal de la empresa se compromete más con ella, porque aumenta la productividad gracias a la especialización y dignificación del trabajo agropecuario.
- Mejora la imagen del producto y de la empresa ante sus compradores (oportunidades de nuevos negocios) y, por agregación, mejora la imagen del propio país.

- Desde el punto de vista de las comunidades rurales locales, las BPA representan un recurso de inclusión en los mercados, tanto locales como regionales o internacionales. Asimismo, constituyen una excelente oportunidad para demostrarse a sí mismas y a otras comunidades semejantes que se pueden integrar con éxito, al tiempo que mejoran su calidad de vida y su autoestima, sin dejar de lado sus valores culturales.

A continuación se analizan una serie de Buenas Prácticas que deben ser consideradas para la implementación de cultivo en invernaderos o protegidos.

### **III. Algunas observaciones sobre la producción de tomate bajo invernadero o protegido**

Un invernadero es toda aquella estructura cerrada, cubierta por materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener unas condiciones artificiales de microclima y, con ello, cultivar plantas en condiciones óptimas.

El invernadero es una estructura en que las partes correspondientes a las paredes y el techo están cubiertos con películas plásticas, con la finalidad de desarrollar cultivos en un ambiente controlado de temperatura y humedad. Se pueden tener construcciones simples, diseñadas por los agricultores a bajo costo, o sofisticadas, con instalaciones y equipos para un mejor control del ambiente. Los invernaderos en general son utilizados para cultivos de porte alto, como tomate, pepino, pimentón, melón, flores y otros.

Los invernaderos se utilizan para asegurar la producción y calidad de los cultivos, ya que en campo abierto es muy difícil mantener los cultivos de una manera perfecta a lo largo de todo el año. El concepto de cultivos bajo invernadero representa el paso de producción extensiva de tomate a producción intensiva. Para ello, las plantas han de reunir condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo. Los controles de temperatura, humedad relativa, corrientes de aire y composición atmosférica son esenciales, como lo son, además, el control del agua y de los fertilizantes, el mantenimiento del nivel de oxígeno cerca de las raíces y la sanidad del cultivo para asegurar una calidad y una productividad óptimas.

Los invernaderos pueden ser clasificados en relación con el control de los factores meteorológicos en: climatizados, semiclimatizados y no climatizados. Los climatizados son los que poseen mecanismos eléctricos, electrónicos y mecánicos de accionamiento automático para el control de temperatura, humedad relativa, ventilación y luz, usan energía transformada en sus actividades normales y su empleo depende de una explotación agrícola económicamente rentable y elevada.

Los invernaderos semiclimatizados están dotados de cierto grado de automatización en lo relacionado con control de temperatura, humedad y luz, y se usan para explotaciones agrícolas altamente rentables.

Los invernaderos no climatizados son, por el momento, los más viables económicamente para el pequeño y mediano productor con vistas a la producción comercial de hortalizas para el mercado nacional, no poseen ningún tipo de equipo que emplee energía transformada y su utilización está condicionada a la aplicación de factores físicos de la propia naturaleza del ambiente.

Para el caso de las producciones del valle de Azapa se utilizan principalmente invernaderos de malla antiáfido, que protegen a los cultivos de la presión de insectos plagas y/o vectores de enfermedades como ser la polilla del tomate y la mosquita blanca.

Este tipo de “invernadero” si bien no protege de los factores climáticos hace que la temperatura media se incremente un par de grados, disminuya la evaporación del agua del suelo y disminuya la circulación de aire en la zona de cultivos.

### **3.1. Parámetros para la construcción de un invernadero**

#### *3.1.1. Elección del modelo del invernadero y de sus accesorios apropiados*

En la forma y modelo del invernadero se deben tener en cuenta las condiciones económicas de cada productor, siempre y cuando la estructura cumpla con los requerimientos apropiados para el desarrollo del cultivo, sea funcional y de fácil operación, permita el cultivo de otras especies, sea lo suficientemente fuerte como para soportar condiciones climáticas extremas y el peso de las plantas y de los sistemas internos, y tenga una duración prolongada y una cobertura fácil de cambiar y de fácil mantenimiento.

Se debe tener una entrada accesible para la circulación del equipo y la remoción y transporte del fruto. Estas entradas deben ser de doble puerta, de manera que nunca se deje de proteger el cultivo de las condiciones exteriores.

Un invernadero para cultivar tomate debería estar diseñado para soportar carga vertical de 35 a 50 kg/m<sup>2</sup>.

La altura del tutorado requerida para producir tomate es, como mínimo, de 2,50 m.

Un invernadero debe soportar velocidad de viento hasta 150 km/h. Es recomendable instalar tensores alrededor del invernadero para reforzar su resistencia a vientos fuertes; debería tener una vida útil de, mínimo, 10 años.

#### *3.1.2. El tipo y el peso de la cubierta*

Deben ser materiales de calidad, durables, que garanticen la mayor resistencia del invernadero y que sean de fácil mantenimiento y económicos.

#### *3.1.3. Luminosidad*

Cuando se planea la construcción es importante favorecer la máxima exposición de la luz hacia las plantas. La estructura debe estar diseñada con materiales que no obstaculicen el paso de la luz. La cubierta plástica acumula gran cantidad de polvo debido a la electricidad estática sobre su superficie, lo que reduce la transmisión de luz dentro del invernadero; esto tiene efecto negativo sobre la cantidad y calidad de la producción.

Se le debe hacer limpieza de mantenimiento para mejorar la transmisión de la luz. El plástico o malla debe ser lavado con agua y un cepillo suave para facilitar la separación mecánica del polvo, como mínimo cada año; es conveniente no adicionar ningún tipo de detergente que pueda deteriorar el plástico. Tampoco es recomendable lavarlo durante el desarrollo del cultivo, el polvo que se acumula en la cubierta tiene un alto contenido de sales y si al lavarlo se moja la planta esta se quemará con las sales.

#### 3.1.4. *Dimensión*

Las dimensiones de los invernaderos pueden ser variables y se pueden acomodar a las condiciones del predio, sin embargo, es importante tener en cuenta el clima de la zona donde se va a construir. Las instalaciones deben tener la altura necesaria que permita mejorar la inercia térmica y la ventilación que para el caso en particular de las condiciones locales se recomienda alturas de 3,5 a 4 metros que permitan disponer de un gran volumen de aire para una mejor aireación del cultivo y así prevenir enfermedades fungosas.

#### 3.1.5. *Dirección de los vientos*

En la construcción de un invernadero se debe tener en cuenta la dirección e intensidad del viento; en algunos casos se podrá utilizar para ventilación natural, y en otros será necesario disminuir su intensidad por medio de cortinas rompevientos. El invernadero debe construirse en la misma dirección del viento, con el fin de permitir que las aperturas para la ventilación estén acordes a la dirección del viento. El invernadero debe frenar, lo menos posible, la velocidad del viento, para que su estructura no se desestabilice y el plástico no sufra daños. Sin embargo, cuando el viento es demasiado fuerte se deben ubicar barreras rompevientos naturales (hileras de árboles) o cortinas artificiales (mallas) que disminuyan su velocidad. La apertura cenital debe estar en dirección contraria al viento para evitar daños a la estructura y facilitar la salida del aire caliente.

La orientación de los surcos del cultivo y dentro del invernadero no debe impedir la circulación del viento dentro de la estructura.

#### 3.1.6. *Orientación*

El invernadero se construye generalmente en dirección norte-sur, pues está probado que, en el conjunto del día, la iluminación interna es más uniforme y más constante en este sentido. Sin embargo, otros factores que la determinan son la dirección e intensidad de los vientos y la topografía del terreno.

La orientación de las líneas de cultivo (surcos) también debería ser en dirección norte/sur para mejorar la distribución de la luz en las plantas a lo largo del día. Sin embargo, en caso que la dirección del viento sea contraria y los surcos impidan la circulación del viento con esta disposición, se prefiere cambiar la orientación de los surcos para favorecer el intercambio de aire al interior del invernadero.

#### 3.1.7. *Sistema de riego*

En los cultivos intensivos en general se considera el riego por goteo, que resulta ser el más adecuado y donde uno tiene el mayor control sobre la aplicación tanto del agua como de los productos que se pueden aplicar a través de ella.

Las condiciones de un buen manejo del riego y de la fertirrigación son necesariamente motivo de un manual en sí, por lo complejo y numerosos factores que inciden en el buen funcionamiento de los sistemas, por lo que solo nos limitaremos a comentar que los sistemas de riego tienen que funcionar adecuadamente de manera de no generar exceso de humedad que haga aumentar la humedad relativa dentro del invernadero provocando una condición óptima para las enfermedades fungosas y que como regla las mangueras o cintas de goteo no se deben mover durante todo el desarrollo del cultivo ya que en nuestros suelos salinos el bulbo de mojamiento debiera ser siempre el mismo para dejar las sales alejadas de la zona de raíces de la planta.

### 3.1.8. *Temperatura*

La temperatura es el principal factor climático que influye en la mayoría de los estados de desarrollo y procesos fisiológicos de la planta. El desarrollo satisfactorio de sus diferentes fases (germinación, crecimiento vegetativo, floración, fructificación y maduración de frutos) depende del valor térmico que la planta alcanza en el invernadero en cada período crítico.

En un invernadero, cuando se produce un aumento de temperatura, esta provoca en la planta una intensificación de todos los procesos biológicos y térmicos bien definidos que es necesario conocer en las plantas cultivadas en invernadero.

El tomate es un cultivo capaz de crecer y desarrollarse en condiciones climáticas variadas. La temperatura óptima para el crecimiento está entre 21 y 27° C, y para el cuajado de frutos durante el día está entre 23 y 26° C y durante la noche entre 14 y 17° C.

Para esto se recomienda disponer dentro del invernadero uno o más termómetros de máxima y mínima y registrar las temperaturas llevando un registro de manera de conocer en que rango están las temperaturas y si debo realizar algunas medidas para el control de estas.

Tabla 1. Relación de temperaturas para distintas etapas del desarrollo del tomate.

Estado de desarrollo	T. mínima (° C)	T. óptima (° C)	T. máxima (° C)
Germinación	11	16-29	34
Crecimiento	18	21-24	32
Cuajado de frutos durante el día	18	23-26	32
Cuajado de frutos durante la noche	10	14-17	22
Producción de pigmento rojo (licopeno)	10	20-24	30
Producción de pigmento amarillo (β caroteno)	10	21-23	40
Temperatura del suelo	12	20-24	25

### 3.1.9. *Humedad*

La humedad relativa ideal para el desarrollo del cultivo de tomate debe estar entre un 65% y un 75% para su óptimo crecimiento y fertilidad.

### 3.1.10. *Claves para obtener éxito en un cultivo bajo invernadero*

- Iniciar el cultivo con plántulas de excelente calidad.
- Maximizar la fotosíntesis de las plantas brindando las condiciones ideales de luminosidad, temperatura y humedad.
- Asegurar la calidad y tamaño del fruto mediante adecuada fertilización y poda.
- Facilitar consumo de agua.
- Mantener el microclima de las hojas.
- Realizar periódicamente análisis fisicoquímicos del suelo y análisis químico del agua de riego.
- Eliminar restos vegetales del cultivo anterior y malas hierbas.
- Usar variedades adaptadas a las condiciones agroecológicas de la región.
- Utilizar densidades de siembra adecuadas para conseguir una buena ventilación e iluminación de las plantas.
- Eliminar plantas enfermas o partes de estas.
- Realizar podas oportunas.
- Fertilización equilibrada de acuerdo con las necesidades del cultivo.
- Rotar cultivos.
- Limpiar y desinfectar las herramientas de trabajo.
- Instalar doble puerta para el ingreso de trabajadores y maquinaria
- En el interior de la doble puerta instalar pediluvio y lavamanos
- Que el personal mantenga cotonas de trabajo al interior del invernadero
- Que existan basureros para el posterior retiro de basura.
- Renovar solución desinfectante periódicamente de los pediluvios.
- Limpiar y desinfectar el invernadero, si es posible, antes de iniciar un nuevo ciclo.
- Evitar el exceso de humedad con una ventilación adecuada.
- Evitar el goteo de agua de condensación de los techos.
- Realizar un adecuado mantenimiento al invernadero.
- Aplicar principio de manejo integrado de plagas y enfermedades, combinando métodos culturales, físicos, biológicos y químicos.
- Controlar costos de producción.

## **IV. Uso de productos fitosanitarios**

La protección de los cultivos contra plagas, enfermedades y malezas debe desarrollarse sobre las bases de un Manejo Integrado de Plagas, con la mínima cantidad de fitosanitarios y con el menor impacto ambiental posible, así como favoreciendo el uso

de los métodos no químicos (biológico, culturales y mecánicos). Para el uso de productos fitosanitarios, estos deben cumplir los requisitos básicos que se indican a continuación.

#### **4.1. Elección del producto fitosanitario**

- Se deben utilizar solamente productos autorizados en Chile, como lo establece la legislación nacional. El productor debe verificar que todos los productos que compre y utilice tengan en el panel central de su etiqueta la leyenda: "Autorización Servicio Agrícola y Ganadero, N° XXX".
- Se deben utilizar solamente productos con recomendación de uso para la especie. El productor debe verificar en la etiqueta, la sección "RECOMENDACIONES DE USO", donde debe aparecer el cultivo en el cual se utilizará el producto. De no figurar en la etiqueta el cultivo, significa que el producto no está autorizado para ser usado en él, debiendo cambiar el fitosanitario a uno que sí lo indique.
- Se deben utilizar solamente productos recomendados para el control de la plaga, enfermedad y/o malezas en cuestión. Si el fitosanitario no está recomendado para el cultivo deseado, deberá elegirse otro producto que sí cumpla ambas condiciones.
- Se deben usar productos selectivos y que tengan un mínimo efecto sobre las poblaciones de organismos benéficos, vida acuática y que no sean perjudiciales a la capa de ozono, como el bromuro de metilo.
- Seguir una estrategia "antirresistencia" para evitar la dependencia de fitosanitarios.
- Las recomendaciones de aplicación deben ser las indicadas en la sección "Recomendaciones de Uso" de la etiqueta del fitosanitario y estar respaldadas por escrito por un asesor capacitado o profesional competente.

#### **4.2. Almacenamiento de productos fitosanitarios**

Todo recinto productivo debe contar con un lugar exclusivo y acondicionado para el almacenamiento de productos fitosanitarios. En el lugar donde se almacenen estos productos no se debe almacenar o guardar, aunque sea en forma provisoria, otro tipo de elementos o materiales.

El almacenaje y uso de los productos debe ceñirse totalmente a las condiciones indicadas en las respectivas etiquetas y a las especificaciones dispuestas en el D.L. N° 3.557/1980 del SAG y en el D.S. N° 105/98, del Ministerio de Salud.

Debe existir una bodega para productos fitosanitarios que cumpla cualquiera de estas cuatro situaciones:

Una bodega de uso exclusivo. Corresponde a la situación ideal.

Habilitar un área específica de otras bodegas como bodega de productos fitosanitarios, en cuyo caso debe estar completamente aislada.

Cuando el productor utilice bajos volúmenes de producto o adquiera solo aquellos productos que necesite en cada aplicación, se permitirá que utilice estantes, casilleros, cajones o bodegas móviles, entre otros, que cumplan con los requisitos de identificación, aislamiento y ventilación, establecidos para las bodegas generales.

El lugar donde se almacenen los fitosanitarios debe ser de uso exclusivo para estos productos, por lo cual en ella no se debe almacenar o guardar, aunque sea provisoriamente, otro tipo de elementos o materiales.

La bodega debe cumplir los siguientes requisitos:

- La construcción debe mantenerse siempre en buen estado.
- Las murallas y techos deben ser sólidos y cerrados para evitar el ingreso de lluvia, animales u otros, pero debe permitir una adecuada ventilación, ser resistente al fuego, tener pisos lisos e impermeables, paredes lisas y lavables y contar con un sistema de contención de derrames.
- En la puerta de la bodega debe colocarse un cartel claro y legible que indique: “Bodega de Productos Fitosanitarios: Precaución. Entrada solo a personal autorizado” o similar.
- También deben estar colocadas las señales de advertencia que sean pertinentes, como por ejemplo la figura de una calavera con tibias cruzadas.
- Deben existir letreros con las leyendas de seguridad adecuadas a los productos que allí se almacenan, como por ejemplo: “No comer, no beber, use su protección de seguridad, no fumar, use guantes” o leyendas similares.
- Puerta de acceso señalada y con llave. La llave debe estar en poder de personal autorizado.
- Independiente y separada de la casa habitación y áreas de almacenamiento de alimentos.
- Ventilada e iluminada por medios naturales o artificiales que permita, en el día o en la noche, leer adecuadamente las etiquetas.
- Todos los productos deben estar siempre almacenados en estanterías.
- Las estanterías deben ser de material incombustible y no absorbentes. Se recomienda que en las orillas de los estantes exista un reborde que evite que los productos puedan caer al piso en forma accidental.

Los productos deben permanecer siempre en sus envases y con sus etiquetas originales. Los productos que se encuentren vencidos deben ser almacenados de igual forma, pero separados del resto y mantenidos bajo llave.

Aquellos productos envasados en sacos o tambores deben estar sobre pallets o plataformas, nunca en contacto directo con el suelo para evitar riesgos de humedad y roturas accidentales entre otros.

Se recomienda realizar un ordenamiento de la bodega, de acuerdo con la clasificación toxicológica de los productos, tipo de uso y por fecha de compra, entre otros.

En los estantes, los productos líquidos deben estar ubicados en los compartimentos de abajo. En el caso de productos en polvo deben estar ubicados sobre los líquidos para evitar contaminación accidental por derrame. Los productos en sacos deben estar ubicados de forma que no les caigan líquidos encima.

Debe poseer extintor de incendio del tipo adecuado a los materiales combustibles que contengan y contar con algún material para contener derrames.

El recinto debe ser una zona de ingreso restringido, solo podrá entrar personal capacitado. Debe tener la señalización correspondiente.

Debe existir un protocolo de accidente y una lista de números telefónicos de contacto para casos de emergencia (bomberos, hospital, centro de información toxicológica, jefaturas y encargados).

Debe contar con un listado de los productos almacenados para ser entregado a bomberos en caso de incendio.

Debe disponerse de un mesón de trabajo con cubierta impermeable; lavadero con agua corriente fría y caliente; estanterías abiertas para almacenar los equipos de preparación y aplicación de plaguicidas.

#### **4.3. Equipamiento de protección personal**

Todo el personal que maneja productos fitosanitarios debe tener a su disposición todos los elementos de seguridad necesarios para su protección, los cuales se especifican en las etiquetas de cada producto y, por lo tanto, ser acordes a la sustancia que se está manipulando.

Debe disponerse de lentes, guantes, mascarilla, trajes impermeables completos y botas, en cantidad necesaria para las personas que trabajan con estos productos.

Estos elementos deben encontrarse en buen estado, de no ser así, no cumplen su función.

Los elementos de protección personal deben estar adecuadamente guardados, para lo cual se deben cumplir al menos las siguientes condiciones:

- Todos los elementos de protección deben estar, preferentemente, colgados.
- Los guantes, mascarillas y lentes pueden estar en estanterías o guardados en casilleros, pero siempre permitiendo su ventilación.
- Todos los elementos de seguridad deben ser guardados limpios.
- Estos elementos no deben guardarse en la bodega de productos fitosanitarios.
- Estos elementos deben estar certificados de acuerdo con lo dispuesto en el Decreto Supremo N° 18 de 1982, del Ministerio de Salud.

#### **4.4. Transporte de productos fitosanitarios**

El transporte de productos fitosanitarios se debe realizar de manera exclusiva, es decir, no se deben transportar con otros productos, menos aún con alimentos de consumo humano o animal (D.L. N° 3.557/1980 del SAG). El vehículo debe tener la cabina de conducción separada del área de carga, la cual a su vez debe tener la ventilación adecuada y contenedores para el almacenamiento de los productos. (Dto. N° 298/95 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones).

#### **4.5. Capacitación**

Todo el personal que prepare, manipule y aplique productos fitosanitarios debe estar capacitado sobre estas materias y en el uso del equipamiento de protección personal.

El entrenamiento debe ser entregado por alguna entidad de capacitación formal. Debe quedar registro de estas capacitaciones.

#### **4.6. Aplicación de fitosanitarios**

Antes, durante y después de la aplicación de los productos fitosanitarios, la empresa o el encargado debe adoptar las precauciones necesarias para la debida protección contra riesgos de intoxicación, ya sea por contaminación directa o indirecta. Asimismo debe tomar las precauciones para evitar el derrame de pesticidas a suelos, plantas, agua, etc.

Para la aplicación del producto se debe leer detenidamente la etiqueta del envase y seguir las instrucciones del fabricante del producto.

El personal debe utilizar los elementos de protección acordes al producto que se está aplicando según lo que se indica en la etiqueta del fitosanitario. En caso de aplicar mezclas, deberán usarse las protecciones indicadas por el producto de mayor toxicidad o aquel que requiera mayores precauciones.

No debe haber otras personas trabajando en el área donde se realiza la aplicación.

Chequear el buen funcionamiento de los equipos, entre otros, que las boquillas tengan un gasto uniforme y que no escurra líquido por la máquina.

Evaluar que las condiciones de temperatura del invernadero al momento de aplicar los fitosanitarios sean las adecuadas.

Está estrictamente prohibido comer, beber o fumar durante la manipulación y/o aplicación del producto.

Una vez terminada la aplicación se debe delimitar con señalización el ingreso de personas o animales al sector aplicado, respetando el tiempo de reingreso.

La eliminación de excedente de la solución aplicada debe realizarse en unidades de reciclaje si existen o aplicados en campos en barbechos, asegurando que las dosis no excedan de lo permitido y registrándolo en la bitácora de ese campo para el futuro. Bajo circunstancias normales no se deberían dar excedentes.

Los equipos utilizados para la aplicación deben ser rigurosamente lavados, esto incluye al equipamiento de protección personal.

El agua de lavado del equipo debe eliminarse en sitios eriazos, en barbecho, o en bordes de caminos interiores. Nunca se debe eliminar cerca de viviendas, bodegas, galpones, acequias, tranques u otra fuente de agua.

Todo el personal que trabaja en la dosificación y aplicación de productos fitosanitarios debe ducharse una vez terminadas sus faenas con dichos productos.

Se recomienda que los trabajadores que manipulan productos fitosanitarios sean sometidos al examen médico preventivo que les garantiza el régimen de salud al que se encuentran adscritos, con la periodicidad que en él se establezca.

Se debe llevar registro de todo lo realizado.

#### **4.7. Eliminación de envases**

Para la eliminación de los envases desocupados durante la aplicación de algún fitosanitario, se debe efectuar primero la técnica del triple lavado, lo que asegura la inocuidad de los envases. Posteriormente romperlo con el fin de inutilizarlo.

Los envases inutilizados deben almacenarse en un sitio cerrado y exclusivo para este uso. Puede ser algún contenedor, estante, cajón con tapa, armar un área tipo gallinero de acceso restringido, etc., con llave y debidamente identificado.

Aquellos envases a los que no se les ha efectuado triple lavado deben almacenarse separadamente. En ningún caso deben quemarse o enterrarse en el predio.

Cada cierto tiempo los envases se deben disponer en un sitio certificado para esto, en el caso particular del valle de Azapa, comuna de Arica, en las dependencias de la CALS ubicadas en el km 3 aproximadamente. Existe un sistema de disposición de envases de productos fitosanitarios en el cual se llevan estos y la empresa certifica mediante una boleta de recepción de envases, la que debe guardar junto con los demás registros del predio.

Nunca reutilizar los envases.

#### **4.8. Registros de aplicación de productos fitosanitarios**

Toda aplicación de productos fitosanitarios, ya sea solos o en mezclas, debe ser registrada con el mayor detalle posible.

Los registros de aplicaciones de productos deben mantener los siguientes datos:

- Nombre de la persona que hizo la recomendación técnica y la calificación con que este cuenta.
- Objetivo de la aplicación.
- Se debe individualizar la superficie de aplicación.
- Fecha y hora de cada una de las aplicaciones efectuadas al cuartel.
- Nombre comercial e ingrediente activo del producto utilizado, tal como aparece en el sector central de la etiqueta del producto. Si, además aparece la formulación y concentración, esta información también debe incorporarse al registro. En caso de aplicar mezclas, se deben detallar todos los productos utilizados.
- Se debe registrar la dosis utilizada (en g, ml o kg)/100 litros o como dosis/ha y el mojamiento real (litros por ha).
- Nombre de todas las personas que participaron en la dosificación y en la aplicación del producto.
- Se debe indicar el tipo de equipo utilizado e individualizarlo dentro del predio.

Es un requisito calibrar, al menos una vez al año, los equipos de aplicación. Las calibraciones deben ser registradas.

La calibración de los equipos debe ser efectuada por personal capacitado. El nombre de la persona y su calificación deben quedar registrados en la planilla.

Deben estar registrados en algún informe adicional los cálculos efectuados para determinar los gastos por boquilla y/o la distribución del mojamiento (esquema de distribución). Estos informes también deben incorporar la velocidad de aplicación, la marcha del tractor y la presión a la cual fue calibrado el equipo.

Es muy importante que existan registros de los períodos de carencia de los productos y del tiempo que debe transcurrir para el reingreso a los campos donde se realizó la aplicación.

Debe registrarse la conformidad de las revisiones de los equipos de protección personal y los de dosificación de productos.

## V. Uso de fertilizantes

La aplicación de fertilizantes en terrenos cultivables debe estar orientada al uso racional de estos, disminuyendo el impacto económico y al medioambiente. El manejo de la fertilización debe ser cuidadoso para evitar la contaminación del suelo y del agua.

Los cuidados en el uso de fertilizantes abarcan desde el manejo en bodegas, la calibración de los equipos, hasta la aplicación de fertilizantes en sí.

### 5.1. Aplicación de fertilizantes

Se debe tener un programa de aplicación de fertilizantes, realizado por personal capacitado, que apunte a obtener el máximo beneficio productivo, disminuir las pérdidas del producto y evitar la contaminación ambiental, así como la presencia de sustancias dañinas al consumidor.

Adquirir las cantidades de fertilizante que se demandará durante la temporada, reduciendo el riesgo de pérdidas y de contaminación durante el almacenaje de estos.

En este programa se deben considerar los siguientes puntos:

- Tipo de cultivo.
- Necesidades nutricionales del cultivo.
- Características y aporte de nutrientes del terreno.
- Contenido de nutrientes aportados por el fertilizante.
- Solubilidad del producto.
- Efecto sobre el suelo y sobre las napas freáticas.
- Dosis y momento de aplicación.

Para cumplir con los puntos del programa de fertilización se debe realizar un análisis del suelo o sustrato por un laboratorio especializado, previo a la plantación, al inicio de la temporada o bien anualmente. Además, se debe conocer el historial de manejos del terreno.

Las cantidades de fertilizantes a aplicar son un punto crítico, por esto la dosificación, pesaje de los productos y preparación de las mezclas deben ser efectuadas por un técnico capacitado para ello.

Se debe aplicar una fertilización balanceada para evitar el desarrollo de enfermedades tanto de tipo infecciosas como fisiológicas en las plantas, además de evitar la generación y acumulación de sustancias dañinas para los consumidores.

Evitar la aplicación de fertilizantes con alta solubilidad donde exista riesgo de contaminación de aguas, ya sean superficiales o profundas.

En el caso de productores que cuenten con sistemas de riego tecnificado, se podrán hacer las aplicaciones mediante el riego, teniendo especial cuidado en las características de solubilidad del producto, la dosificación de este y las necesidades del cultivo.

Los equipos de fertirrigación utilizados se deben mantener limpios y en buen estado. Se debe chequear su correcto funcionamiento cada vez que se use, y hacerles una mantención a lo menos una vez al año.

## **5.2. Almacenamiento de fertilizantes**

El área de almacenamiento de los fertilizantes debe ser techada, estar limpia y seca.

Los fertilizantes deben almacenarse separados de otros productos, en especial de los fitosanitarios. Se recomienda que sea sobre *pallets* o tarimas, de manera de evitar que se humedezcan.

Los fertilizantes se deben almacenar en sus envases originales, o en un lugar debidamente identificado si se encuentran a granel.

La zona de almacenamiento de fertilizantes debe estar debidamente señalizada.

El área de almacenamiento de fertilizantes debe incluirse en el programa de control de roedores del predio.

Se debe mantener, en el área de almacenamiento, un registro de las existencias de fertilizantes actualizado.

## **5.3. Registros de fertilización**

Todas las aplicaciones de fertilizantes deben ser registradas, indicando el invernadero donde se aplicó, especie cultivada, estado fenológico, producto, dosis, forma y fecha de aplicación, técnico que recomendó la aplicación y aplicador.

Se deben registrar las regulaciones del equipo de fertirriego y la mantención anual de estos equipos.

Las recomendaciones de aplicación deben quedar registradas.

# **VI. Uso de abonos orgánicos**

La utilización de abonos orgánicos puede contribuir a mejorar la fertilidad del suelo, ya que al incrementar la materia orgánica de este, aumenta la capacidad de retención de agua y nutrientes y reduce la erosión.

Sin embargo, se debe considerar que potencialmente son también fuente de contaminación microbiológica, por lo cual es necesario tomar todas las medidas posibles para controlar su uso y eliminar o reducir los riesgos de contaminación.

## **6.1. Aplicación de abonos orgánicos**

Se debe usar solo guano o lodo sometido a tratamiento de estabilización para reducir el riesgo de contaminación microbiológica en las aplicaciones superficiales.

La aplicación del guano se debe realizar con al menos dos semanas de anticipación a la fecha de siembra o plantación para evitar la toxicidad y/o problemas de inocuidad en la planta o en sus frutos.

Deben transcurrir más de 120 días desde la aplicación hasta realizar la cosecha.

Se debe realizar una buena preparación del suelo para tener una buena incorporación del abono al suelo, y de esta manera evitar los riesgos de contaminación microbiológica.

Solo se deben utilizar abonos de origen conocido, y que den garantías de las técnicas de tratamiento seguidas.

En caso de que se generen los abonos en el propio predio se debe considerar:

- La preparación del abono se debe realizar en un lugar retirado de las instalaciones del predio y de fuentes de agua que puedan resultar contaminadas.
- Se deben seguir en forma adecuada las técnicas para preparar abonos orgánicos.

Los sistemas de estabilización para el guano, a considerar, salvo otra autorizada por el SAG, son las siguientes:

- Compostaje.
- Reactor anaeróbico.
- Reactor aeróbico.
- Lombricultura.
- Solarización.
- Secado.
- Pasteurización.
- Estabilización con cal.

## **6.2. Almacenamiento de abonos orgánicos**

Los lugares de almacenamiento de abonos orgánicos deben estar situados lo más distante posible de las áreas de producción y manipulación del producto o envases de este.

Las condiciones de almacenamiento deben evitar el escurrimiento a recursos hídricos superficiales y la lixiviación en recursos hídricos subterráneos, además de evitar la diseminación por viento.

Se debe evitar el tránsito de maquinarias y personas por sobre los lugares de almacenamiento de abono orgánico.

## **6.3. Registros de aplicación de abonos orgánicos**

Toda aplicación de abono orgánico debe quedar registrada, indicándose fecha de aplicación, invernadero, especie vegetal, estado fenológico, tipo de abono, volumen/ha, forma de aplicación.

Debe existir un registro del proceso al que fue sometido el abono orgánico, o bien un certificado emitido por el proveedor de este, que dé fe de su calidad. El registro o

el certificado debe incluir tipo de tratamiento, fecha de inicio y término de este y sitio donde se efectuó.

## **VII. Uso y manejo de aguas**

De más está decir, y más en la región de Arica y Parinacota (Chile), que el agua se debe manejar como un recurso escaso y de gran valor, por lo que todos los manejos prediales deben apuntar a su conservación y dar un buen uso.

### **7.1. Uso de agua en el predio**

Se deben identificar las fuentes de agua que se utilizan en el predio y su sistema de distribución.

Es necesario tener debidamente inscritos los derechos de agua con que se riega.

Así también si se compra agua, se debe exigir al arrendador que acredite la tenencia legal de dicho derecho.

Se deben identificar los posibles riesgos de contaminación del agua para así destinarla a distintos usos (lavado, riego, bebida, etc.), según este riesgo.

Si el agua proviene de pozos profundos o norias, estos deben mantenerse en buen estado, deben contar con protecciones sanitarias en sus bordes para así evitar la contaminación del agua y de los sistemas de extracción.

Basándose en los riesgos de contaminación, se deben analizar las aguas destinadas a riego por lo menos una vez al año. Este análisis se debe realizar por un laboratorio de experiencia comprobada.

El agua utilizada para riego debe cumplir con los requisitos, tanto químicos como bacteriológicos, explicitados en la Norma Chilena Oficial "Requisitos de Calidad del Agua para Diferentes Usos" (NCh 1333-1978, Mod. 1987).

Nunca se deben utilizar aguas residuales o servidas para riego.

El agua utilizada en el lavado del producto cosechado debe ser potable o potabilizada.

El agua utilizada para lavado de herramientas o instrumentos para la faena debe ser potable o potabilizada. En el caso de ser reutilizada, debe estar filtrada.

El agua utilizada en pulverizaciones, desde al menos 30 días antes de la cosecha, debe ser de calidad potable.

### **7.2. Calidad del agua utilizada por el personal**

En todas las faenas del predio se debe contar con agua potable o potabilizada, destinada a la bebida y lavado de manos del personal.

Si esta agua proviene de pozos profundos o norias debe contar con la autorización del Servicio de Salud correspondiente. Estos pozos o norias deben contar con protecciones sanitarias en sus bordes para así evitar la contaminación del agua y de los sistemas de extracción.

Se debe efectuar a lo menos un análisis microbiológico anual al agua potable o potabilizada destinada al consumo del personal en las faenas. Se recomienda que este análisis se realice al inicio de la temporada.

### **7.3. Condiciones de riego**

El riego debe asegurar el uso racional del recurso agua, por lo que se debe utilizar el sistema más eficiente y práctico comercialmente.

El uso incorrecto del agua puede tener un efecto perjudicial en la calidad del producto. Para evitar un uso excesivo o insuficiente del agua, debe realizarse una planificación del riego, mediante la predicción sistemática de las necesidades de agua del cultivo.

Además en un sistema de riego se debe considerar:

- Características físicas de las plantas.
- Cercanía de la fracción comestible al suelo.
- Grado de contaminación de las aguas.
- Demandas de agua del cultivo para cada estado de desarrollo.
- Tipo de suelo.

Se debe preferir las técnicas de riego que minimicen las pérdidas de agua.

En este mismo contexto, como una forma de optimizar el uso del agua, se recomienda realizar un plan de gestión del agua, mediante riego nocturno y correcto mantenimiento de los equipos, entre otros.

En los casos en que se cuente con sistemas de riego tecnificado se deben realizar chequeos periódicos en los equipos para asegurar su buen funcionamiento.

### **7.4. Registros de riego**

Todos los productores deben mantener registros del uso de agua para riego.

Se debe llevar un registro de los análisis efectuados al agua, indicando fecha de toma de muestra, sitio de la muestra, resultados y conformidad con la norma.

## **VIII. Animales en el predio**

Los animales que se utilicen para determinadas labores en el predio deben mantenerse controlados sanitariamente.

Estos animales no pueden permanecer en el campo durante el tiempo que no realicen labores.

Otros animales no deben ingresar a las zonas de plantación, bodegas u otras instalaciones.

Deben existir cercos en buen estado para impedir el ingreso de los animales a estas áreas.

Todos los trabajadores deben estar informados de que no deben ingresar animales al lugar de producción.

Deben existir letreros indicando esta prohibición.

## **IX. Transporte de la producción**

### **9.1. Transporte de la producción**

El medio de transporte del producto, tanto dentro del predio como hacia el exterior, debe estar limpio y en buen estado. Se deben revisar sus paredes y piso.

El estado del vehículo debe ser el adecuado para que se realice el viaje de forma segura, tanto para la carga como para el conductor.

Los vehículos de transporte deben circular a una velocidad prudente para evitar daños al producto.

Es recomendable que el transporte se efectúe con el producto protegido para evitar contaminación y daños.

No se debe transportar la producción junto con otros productos, como fitosanitarios, fertilizantes, etc.

Se debe emitir la documentación reglamentaria para el transporte de la producción, según lo dispuesto por el Servicio de Impuestos Internos.

El conductor debe tener licencia de conducir según la clase de vehículo que maneje. El conductor debe estar debidamente capacitado para realizar esta labor, y debe existir un registro de esta capacitación.

Si estas labores son realizadas por un tercero, este también debe cumplir con las Buenas Prácticas Agrícolas.

## **X. Control de vectores y plagas (Ratones, moscas, baratas, pulgas, etc.)**

Las especificaciones que se presentan a continuación deben complementarse con lo planteado en el D.L. N° 3.557/1980, las Resoluciones N°s. 3.670/1999, 2.195/2000, 2.196/2000 y 2.197/2000 del Ministerio de Agricultura, el D.F.L. N° 1/1990 y Dto. N° 105/98 del Ministerio de Salud y el Código Sanitario (D.F.L. N° 725/1968), respecto del tema.

### **10.1. Control de vectores y plagas**

Todo sistema productivo debe contar con un programa de control de vectores y plagas, considerando las condiciones de cada predio, pero haciendo hincapié en las bodegas de almacenamiento y lugares donde se procesen los productos finales.

En este programa se debe definir:

- Lista de productos utilizados y su forma de aplicación.
- Mapa de ubicación de los cebos numerados, considerando como mínimo un cerco perimetral.

- Un reporte de la efectividad del procedimiento empleado, para lo cual se deben monitorear con frecuencia las instalaciones en busca de vectores o plagas.

Los productos químicos utilizados para el control de vectores y plagas deben contar con el registro y la aprobación de la autoridad competente.

La aplicación de estos productos debe ajustarse a la legislación vigente.

Para la elección del producto a utilizar se debe considerar el lugar, la dosis y la frecuencia de aplicación.

Los productos utilizados para el control de vectores y plagas se deben almacenar separados de otros productos, en un estante especialmente habilitado para dicho fin.

Como medidas de prevención de la presencia de vectores o plagas se deben mantener las instalaciones prediales ordenadas y limpias. Para esto:

- Se debe contar con lugares especialmente destinados a la basura, se recomienda que se utilicen basureros con tapa y que se indique su presencia con un letrero.
- Se deben mantener en buen estado cercos, tapas de alcantarillados y desagües y otros elementos que impidan el ingreso de vectores y plagas a las instalaciones.
- Se deben retirar aquellos equipos que ya no se utilicen para evitar que se transformen en lugares de nidificación de vectores o plagas.
- Se debe mantener la vegetación rasada en el perímetro de las instalaciones productivas.
- Se debe minimizar la presencia de material orgánico (descomposición de materia orgánica no controlada), que propicie condiciones para la proliferación de moscas u otro tipo de insectos.

## **10.2. Registros control de vectores y plagas**

Se deben registrar las acciones realizadas para el control de vectores y plagas. Se debe indicar:

- Producto utilizado.
- Forma de aplicación.
- Inspecciones realizadas y sus resultados.
- Reporte de efectividad.

Debe existir un responsable del programa de control de vectores y plagas, que, entre otras cosas, debe encargarse de mantener los registros al día.

## **XI. Condiciones de trabajo y de los trabajadores**

Uno de los ejes fundamentales de las Buenas Prácticas Agrícolas es la protección a los trabajadores de los predios agrícolas. Para esto se deben cumplir las especificaciones que se mencionan a continuación y de manera anexa se debe cumplir con toda la legislación relacionada con el tema: Código del Trabajo (D.F.L. N° 1/1994), Reglamento sobre

condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo (Dto. N° 201/2001 del Ministerio de Salud), D.S. N° 594/2001, Ley N° 16.744 y Código Sanitario (D.F.L. N° 725/1968).

Cabe destacar que todos los trabajadores deben contar con contratos de trabajo, tener sus cotizaciones previsionales al día y tener un horario de trabajo establecido. Estas mismas exigencias se deben hacer al trabajar con contratistas. Se debe guardar copia de estos documentos en el predio.

Es sin duda uno de los aspectos más complejos que existen en la región, donde un alto porcentaje de los trabajadores agrícolas corresponden a trabajadores ilegales provenientes de los países vecinos, haciendo doblemente engorroso contar con BPA en este aspecto, primero por no contar con la normativa vigente en cuanto a la relación contractual con el trabajador, sus obligaciones y beneficios claros, sino que tampoco entran al círculo virtuoso de la capacitación, necesaria para enfrentar las exigencias técnicas que un trabajador agrícola debe contar para desarrollar una actividad cada vez más competitiva.

Sin duda que siendo esta una tarea compleja, les corresponderá a las organizaciones gremiales de agricultores, a los propios trabajadores y a las autoridades competentes mediante los representantes de la región hacer planteamientos claros de manera de lograr una legislación que permita transparentar esta situación.

### **11.1. Capacitación**

Todo el personal que labora en el predio debe recibir capacitación en las labores que realiza.

Todo el personal, tanto permanente como temporal, debe recibir capacitación básica sobre higiene para el manejo de los productos. Se debe dar especial énfasis a la higiene de las manos, la protección de cortes en la piel y la limitación de fumar, comer y beber en los lugares permitidos.

Todo el personal que trabaje con productos fitosanitarios debe recibir una capacitación especial referida a la preparación, manipulación y aplicación de fitosanitarios, uso del equipamiento de protección personal y de los equipos de aplicación.

Las normas entregadas en las actividades de capacitación deben ser proporcionadas por escrito y de manera entendible para el personal.

Esta capacitación debe ser efectuada por cualquier institución, profesional o monitor con experiencia comprobable en el tema.

Cada capacitación debe quedar registrada y contar con un certificado de asistencia o aprobación. Se debe indicar tema de capacitación, fecha, encargado de la capacitación, nombre y firma del participante. Estos documentos deben quedar archivados.

Cada vez que ingrese un nuevo trabajador o que una persona sea removida de una función a otra, debe capacitarse en su nueva labor.

### **11.2. Seguridad**

Se debe desarrollar un plan de acción que promueva condiciones de trabajo seguras y saludables.

Deben prepararse procedimientos para casos de emergencia y accidentes. Estas indicaciones deben estar escritas y ser de fácil entendimiento para los trabajadores. Se deben incluir los teléfonos de emergencia para incendios, accidentes, intoxicaciones, etc.

Los distintos peligros que se presenten en el predio deben ser claramente identificados mediante señalizaciones.

Se deben tener botiquines equipados en forma adecuada en el lugar donde se esté realizando alguna faena. Este lugar debe ser de fácil acceso y ser conocido por el personal.

Los trabajadores deben contar con el equipamiento necesario para su protección personal según las labores que realicen. Especial importancia tiene este equipamiento en el caso de aplicadores de productos fitosanitarios.

Las maquinarias y equipos de trabajo y los equipos eléctricos deben mantenerse en buen estado. Se les debe realizar revisiones periódicas para evitar accidentes en los trabajadores.

### **11.3. Servicios básicos para el personal**

En todas las faenas se debe contar con agua potable o potabilizada destinada a la bebida y lavado de manos del personal.

El agua debe ser distribuida por medios sanitariamente adecuados. En caso de utilizar bidones:

- Deben estar limpios, exterior e interiormente.
- No deben tener sedimentos en su interior.
- Deben tener una llave dispensadora para sacar el agua.
- Deben estar mantenidos sobre alguna estructura que evite su contacto con el suelo.
- El agua debe estar limpia, fría y sin olores extraños.
- Los bidones con agua de bebida deben mantenerse a la sombra.

Se debe disponer de baños fijos o móviles para el personal. Estos deben mantenerse en buen estado y limpios, deben estar en número adecuado para la cantidad de trabajadores y ser de fácil acceso para el personal.

Los baños deben ubicarse a más de 100 metros de fuentes o cursos de agua.

Todos los baños deben contar con un sistema de recepción de aguas servidas. No se puede verter esta agua a cursos de agua o directamente en los campos.

Cualquiera que sea el tipo de baño existente en el predio, se debe cumplir con las siguientes normas mínimas de higiene:

- Deben ser fáciles de lavar y deben mantenerse siempre limpios, interior y exteriormente.
- Si los baños se ocupan en faenas nocturnas deben tener iluminación.
- Las puertas deben cerrar bien.
- Deben existir basureros con tapa.
- Deben contar con algún tipo de papel higiénico.
- Deben tener señalización indicando la obligación de lavarse las manos después de usar el baño.

- No deben contaminar el suelo, agua, materiales ni equipos, por ejemplo a través de filtraciones.

A la salida de los baños debe haber instalaciones para el lavado de manos. Deben contar con los siguientes elementos mínimos:

- Agua potable o potabilizada. Puede estar contenida en un bidón de plástico, cerrado y con llave dispensadora para sacar el agua.
- Dispensadores de jabón.
- Elementos para secado de manos, los cuales deben ser desechables.
- Basurero con tapa.

Se debe elaborar un programa de limpieza de los baños, incluyendo productos, dosis, frecuencia de aplicación, encargado y lista de verificación. Se debe llevar un registro de esta actividad.

Aquellos predios que cuenten con colectivos o viviendas para el personal deben cumplir con lo siguiente:

- Mantenerlos en buen estado, limpios, bien ventilados y con una iluminación adecuada.
- Tener piso liso.
- Contar con servicios higiénicos (baños y duchas) de acuerdo con lo establecido en la normativa vigente.
- Se debe contar con un programa de higiene del lugar y se debe incluir en el programa de control de vectores y plagas.

Deben existir instalaciones básicas para la colación del personal. Se puede disponer de comedores fijos o móviles, los que deben:

- Mantenerse limpios y ordenados.
- Debe contar con basureros con tapa.
- Debe tener agua potable o potabilizada para el lavado de manos del personal.
- Cuando los trabajadores deban llevar su alimento, se debe contar con un medio de conservación de los alimentos, cocinilla y lavaplatos.
- Las superficies de las mesas deben ser lavables y deben permanecer limpias.
- Deben ubicarse en áreas protegidas del sol o de otros factores climáticos (viento, lluvia, etc.).
- Debe existir un programa de limpieza del recinto. En él se debe documentar la forma de limpieza, los productos, dosis y frecuencia de aplicación, y el encargado de ello.

#### **11.4. Medidas de higiene**

El personal debe respetar las medidas de higiene e inocuidad dispuestas por el predio.

El personal debe conocer las distintas señaléticas presentes en el predio y respetar lo que se quiere de ellas, en lo referente a medidas de higiene (“Lávese las manos”, “Use

los baños”), restricción de acceso a lugares prohibidos y zonas habilitadas para comer y fumar.

El personal con enfermedades contagiosas o con síntomas de ellas (diarrea, vómito, etc.) debe dar aviso al encargado, y no trabajar manipulando producto fresco.

Las visitas que lleguen al recinto deben cumplir con las mismas exigencias que el personal que labora en él.

## **XII. Manejo de residuos plásticos agrícolas**

El uso de plásticos en la agricultura es una práctica bastante común en Chile, principalmente en invernaderos y túneles, así como también en sistemas de regadío, generando grandes beneficios para el sector hortofrutícola nacional. Sin embargo, la utilización de estos plásticos también ha traído problemas, debido a los residuos generados y a cómo manejarlos.

A continuación se presentan algunas medidas a considerar en los predios con Buenas Prácticas Agrícolas, respecto del manejo de estos residuos.

La utilización y disposición de los plásticos deben realizarse bajo la premisa de reducir a lo mínimo necesario su uso, reutilizarlos y reciclarlos cada vez que sea posible, de manera de minimizar el impacto de estos en el medioambiente. Por lo tanto, es importante que los productores y la población en general tomen conciencia de la problemática generada por estos residuos.

Al adquirir insumos plásticos, además de considerar los aspectos técnicos y costo del producto, se debe considerar su composición, velocidad de degradación y alternativas para su disposición final. Se deben preferir aquellos que generen el mínimo impacto en el medioambiente.

Es importante conocer el volumen de plásticos generados por la explotación agrícola, a fin de planificar el mejor método para su disposición final, de acuerdo con la composición y durabilidad del producto.

Se debe definir un lugar para recolectar y/o almacenar los residuos plásticos en el predio, mientras se acopian para su disposición definitiva. Este lugar debe quedar aislado y distante de residencias de personas, evitando riesgos de contaminación en la población.

Se debe conocer la procedencia de los residuos plásticos, y las actividades a las cuales fueron sometidos, junto con los productos químicos a los que estuvieron expuestos, con el fin de conocer su riesgo potencial para las personas que los manipulen.

Al retirar los plásticos de los invernaderos se debe realizar con la mayor limpieza y la máxima precaución para evitar accidentes. A fin de estimular la reutilización o reciclaje de los plásticos retirados se recomienda lavarlos.

Se debe favorecer el reciclaje de los distintos plásticos utilizados en la actividad agrícola. Estos pueden ser empleados en la confección de postes, vallas, tuberías, maceteros, aislantes de canales de riego, etc.

Los plásticos que no puedan ser reutilizados ni reciclados deben disponerse en el vertedero municipal autorizado más cercano.

Se debe evitar la quema de residuos plásticos, a menos de que se cuente con algún sistema de incineración controlada, que minimice las emisiones atmosféricas contaminantes.

### XIII. Conclusiones

Se ha pretendido sistematizar todos aquellos aspectos que permiten tener un mejor control de la actividad productiva, de manera de obtener productos inocuos, considerando el medioambiente y protegiendo a las personas que trabajan para obtenerla.

Se considera que el hacerse cargo de estas tareas debiera generar un mayor empoderamiento en nuestros sistemas productivos, tener un mayor control de nuestras explotaciones, generar productos de buena calidad aceptados por los mercados de destino y un mayor compromiso y competitividad de todo el personal involucrado.

Para establecer un programa de BPA no es suficiente realizar todas estas tareas, sino que se debe poder demostrar, según registros validados, que estas se realizan y a su vez certificarlas con empresas debidamente acreditadas según sea el mercado al cual nos interesa llegar con nuestros productos. Existiendo hoy apoyo por parte del estado (CORFO) para abordar las BPA.

Esto exige una alta organización y capacidad para llevar registros permanentes de nuestras explotaciones y que sin duda hoy son muy pocos los que estarían en condiciones de poder realizar. Cuadernos de campo, listas de chequeo, análisis de suelo, agua, programas de fertilización, de control integrado de plagas y enfermedades, señalética, control de procesos, disposición de residuos son algunos de los aspectos que se deben registrar si uno quiere iniciar esta senda.

Normalmente se requiere un gran esfuerzo para esto y muchas veces no se tienen las competencias o no se dispone del tiempo necesario para abordarlas, por lo que se debiera considerar el asesoramiento de profesionales que se dediquen a estas labores. En este sentido la Universidad de Tarapacá con su Facultad de Ciencias Agropecuarias ha ido incorporando al mundo rural profesionales que pueden ayudar con estas tareas.

Por último, decir que no es necesario abordar todos los puntos mencionados para empezar a generar una mejor producción agrícola de nuestras explotaciones, pero sí se hace necesario tomar la decisión de comenzar por las que nos resulten más factibles, iniciando así un camino hacia una agricultura más sustentable.

### XIV. Términos y vocablos

**Abiótico:** Se dice del medio en que no es posible la vida.

**Agricultura orgánica, ecológica o biológica:** Sistema integral de producción agropecuaria basado en prácticas de manejo ecológico, cuyo objetivo principal es alcanzar la productividad sostenida basándose en la conservación y/o recuperación de los recursos naturales, potenciando la fertilidad del suelo y la biodiversidad, restringiendo el uso de productos (fertilizantes y plaguicidas) de origen químico sintético.

**Biorremediación:** Manejo de suelos afectados con residuos químicos (metales pesados y algunos pesticidas) mediante la incorporación de guano, compost u otra materia orgánica con el objeto de su adsorción, disminuyendo de esta manera la absorción por las raíces de las plantas e impidiendo la contaminación de las napas.

**Bioseguridad:** Conjunto de prácticas de manejo orientadas a prevenir el contacto de las hortalizas con microorganismos patógenos.

**Colectivos:** Recintos de alojamiento de trabajadores temporales.

**Compostaje:** Tratamiento aeróbico que convierte los residuos orgánicos en humus, por medio de la acción de microorganismos, esencialmente bacterias y hongos. El proceso permite obtener un abono orgánico estable.

**Desinfección:** Destrucción de todas las formas vegetativas de microorganismos excluyendo los formadores de esporas.

**Disposición final:** Procedimiento de eliminación mediante el depósito definitivo en el suelo de los residuos peligrosos, con o sin tratamiento previo.

**Enmienda:** Sustancias que se mezclan con el suelo para modificar favorablemente sus propiedades y hacerlo más productivo.

**Especificación técnica:** Indicaciones del modo de empleo, propiedades y restricciones de un producto o un proceso.

**Estabilización:** Proceso por el cual se disminuye la tasa de descomposición, el contenido de organismos patógenos y la producción de calor, CO<sub>2</sub>, amoníaco y otros gases propios de las actividades biológicas.

**Fertilizante:** Toda sustancia o producto destinado a mejorar la productividad del suelo o las condiciones nutritivas de las plantas. Dentro de los fertilizantes se comprenden las enmiendas y los abonos.

**Guano:** Producto sólido obtenido de la separación sólido-líquido de los purines.

**Guano estabilizado:** Producto de la estabilización del guano.

**Guano tratado:** Guano sometido a un proceso de fermentación, metabolización o degradación para su utilización como abono o enmienda de suelo.

**Herbicida:** Matamalezas, producto fitosanitario destinado al control de malezas.

**Inocuo:** Que no hace daño.

**Limpieza:** La eliminación de tierra, residuos de alimentos, suciedad, grasa u otras materias objetables.

**Lombricultura:** Técnica asociada a la generación de humus, por medio de la degradación biológica de la materia orgánica mediante lombrices, obteniéndose de esta forma un abono orgánico estable y lombrices como sustancia proteica.

**Manejo integrado:** En términos resumidos, el manejo integrado de plagas (MIP o IPM) es una estrategia de manejo de plagas basada en el conocimiento del ecosistema en que se encuentra el cultivo. Este se focaliza en la prevención de largo plazo de las plagas y su daño, mediante una combinación de técnicas como control biológico, manipulación del hábitat, modificación de las prácticas culturales y uso de variedades resistentes. Los materiales para el control de plagas se seleccionan y aplican de manera de minimizar los riesgos para la salud humana, para los organismos benéficos y los no blanco, y para el medioambiente.

**Monitoreo:** Secuencia planificada de observaciones o mediciones relacionadas con el cumplimiento de una buena práctica en particular.

**Peligro:** Agente biológico, químico o físico que pueda comprometer la inocuidad alimentaria y/o la salud de los cultivos.

**Plantas voluntarias:** Plantas remanentes del cultivo anterior.

**Primores:** Producción temprana de productos hortícolas.

**Producción primaria:** Fase de la cadena alimentaria hasta alcanzar, por ejemplo, la cosecha.

**Producto fitosanitario:** Compuesto químico, orgánico o inorgánico, o sustancia natural que se utilice para combatir malezas, enfermedades o plagas potencialmente capaces de causar perjuicios en organismos u objetos. Se entenderá cada producto formulado y las sustancias activas con las que se formulan, con aptitudes insecticidas, acaricidas, nematocidas, molusquicidas, rodenticidas, lagomorficidas, avicidas, fungicidas, bactericidas, alguicidas, herbicidas, defoliantes, desecantes, fitoreguladores, coadyuvantes, antitranspirantes, atrayentes, feromonas, repelentes y otros que se empleen en las actividades agrícolas y forestales.

**Recomendación:** Sugerencia técnica de manejo de un cultivo, dada por un especialista, normalmente por escrito.

**Registro:** Documento que presenta resultados obtenidos o proporciona evidencia de actividades desempeñadas.

**SAG:** Servicio Agrícola y Ganadero.

**Sanitización:** Reducción de la carga microbiana que contiene un objeto o sustancia a niveles seguros para la población.

**SNSS:** Sistema Nacional de Servicios de Salud.

**Técnico capacitado:** Persona que ha recibido instrucción o adiestramiento referidos a una materia en particular y que puede transferirla a otras personas. Debe ser capaz de acreditar su capacitación.

**Trazabilidad:** Disposición de la información de la procedencia, etapas y destino que identifica un lote en particular, desde su origen hasta su consumo.

**Triple lavado:** Técnica que consiste en el lavado e inutilización de envases. En este procedimiento se debe agregar agua hasta un cuarto de la capacidad del envase, cerrar el envase y agitarlo por 30 segundos, y verter el agua en el equipo pulverizador. Este procedimiento se debe repetir tres veces, y posteriormente perforar el envase para su inutilización.

**Verificación:** Aplicación de métodos, procedimientos, ensayos y otras evaluaciones, además del monitoreo, para constatar el cumplimiento de las buenas prácticas.

**Visitas:** Se consideran visitas a todas aquellas personas que no efectúan labores en o para las granjas en forma rutinaria.

## Bibliografía

*Adaptado a partir de los siguientes documentos:*

ARANCIBIA, L.; BRADASIC, P. 2007. *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas para la Agricultura Familiar Campesina en la XII Región de Magallanes*. Instituto de Desarrollo Agropecuario. Departamento de Fomento, 44 pp.

FAO, 2004. *Manual Técnico Buenas Prácticas Agrícolas - PA*. En "La producción de tomate bajo condiciones protegidas", 65 pp.

FUCOA, 2004. *Cuaderno 20 Buenas Prácticas Agrícolas*. Ministerio de Agricultura, con la colaboración de la Comisión Nacional de Buenas Prácticas Agrícolas, 15 pp.

GODOY, Ana; ADONIS, R. 2000. *Guía de higiene e inocuidad alimentaria para los centros de embalaje de fruta de exportación*. Fundación para el Desarrollo de la Fruticultura FDF Chile, 58 pp.

INIA, 2010. Boletín INIA N° 215. Formulación de sistemas de producción limpia para los principales cultivos del valle de Azapa. Chile, 140 pp.

JARAMILLO N., Jorge; Patricia R. Viviana; GUZMÁN A. Miriam y ZAPATA, Miguel. 2006. "El cultivo de tomate bajo invernadero (*Lycopersicon esculentum* Mill)". CORPOICA Centro de Investigación La Selva Rionegro, Antioquia, Colombia, 46 pp.

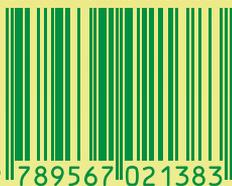
SILLER-CEPEDA, Jorge; BÁEZ SAÑUDO, Manuel A. 2002. *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas*, Guía para el productor. Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera, México, 70 pp.





Colección frutas y hortalizas  
Ediciones Universidad de Tarapacá  
2013

ISBN: 978-956-7021-38-3



9 789567 021383