



TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN PARA EL CULTIVO PROTEGIDO DE TOMATES

En una Realidad sin Bromuro de Metilo en Chile



TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN PARA EL CULTIVO PROTEGIDO DE TOMATES
En una Realidad sin Bromuro de Metilo en Chile

TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN PARA EL CULTIVO PROTEGIDO DE TOMATES

En una Realidad sin Bromuro de Metilo en Chile



VIVERO: PLANTAS INJERTADAS

BIG PLANT

SISTEMAS O TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN DE TOMATE CON PLANTAS INJERTADAS

SISTEMA ENARENADO

BIODESINFECCIÓN



Este documento es generado bajo el marco del “Proyecto Terminal para la Eliminación del Uso de BrMe en Chile”, financiado por el Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal a través de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) e implementado por la Unidad Ozono del Ministerio del Medio Ambiente, con el apoyo del Ministerio de Agricultura, a través del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA).

En su preparación participaron expertos nacionales e internacionales de reconocida experiencia, quienes se basaron en los resultados obtenidos a lo largo de la implementación del proyecto, con el fin de fortalecer su etapa de difusión, presentando diferentes alternativas de técnicas en la producción del cultivo de tomate, para una realidad sin bromuro de metilo.

TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN PARA EL CULTIVO PROTEGIDO DE TOMATES

En una Realidad sin Bromuro de Metilo en Chile



TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN PARA EL CULTIVO PROTEGIDO DE TOMATES, EN UNA REALIDAD SIN BROMURO DE METILO EN CHILE.

Proyecto Terminal Eliminación Nacional del Bromuro de Metilo:

Agencia implementadora líder: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI)

Agencia implementadora cooperante: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)

Agencia ejecutora nacional: Ministerio del Medio Ambiente de Chile

Instituciones colaboradoras en la ejecución: Ministerio de Agricultura de Chile, a través del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA).

Coordinación Técnica:

Unidad Ozono del Ministerio del Medio Ambiente de Chile

Edición General:

Arturo Correa, Magíster Ingeniero Agrónomo, Consultor Proyecto

Lorena Alarcón, Ingeniero en Alimentos, Consultor Proyecto

Redactores:

Rafael Elizondo, Magíster Ingeniero Agrónomo, Consultor Proyecto

Arturo Correa, Magíster Ingeniero Agrónomo, Consultor Proyecto

Claudia Severino, Ingeniero Agrónomo, Consultor Proyecto

Héctor Fuentealba, Ingeniero Agrónomo, Consultor Proyecto

Supervisores Técnicos:

Francisco Camacho, Doctor Ingeniero Agrónomo, Catedrático Universidad de Almería, España

Julio Tello, Doctor Ingeniero Agrónomo, Catedrático Universidad de Almería, España

Revisión General:

Guillermo Castellá, Ingeniero Agrónomo, ONUDI

Claudia Paratori, Químico, Coordinadora Unidad Ozono

Jacqueline Espinoza, Ingeniero Agrónomo, ODEPA

Ignacio Figueroa, Ingeniero Agrónomo, SAG

Diseño y Diagramación:

Alejandro Armendariz, Diseñador, Oficina de Comunicaciones del Ministerio del Medio Ambiente

Agencia Sobrevuelo

Fotografía:

Todas las fotos pertenecen al Proyecto Terminal Eliminación Nacional del Bromuro de Metilo.

Impresión:

Impreso en Santiago de Chile en noviembre de 2014.

Esta publicación fue realizada en conjunto entre el Ministerio del Medio Ambiente de Chile y ONUDI, con el financiamiento del Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal.

PRÓLOGO

En virtud de alcanzar el anhelado desarrollo sustentable para el país y así mejorar la calidad de vida de los chilenos, tanto de esta generación como de las futuras, Chile es parte del acuerdo internacional de ratificación universal más exitoso en la actualidad: el Protocolo de Montreal. Este limita, controla y regula la producción, el consumo y el comercio de sustancias agotadoras de la capa de ozono desde el año 1990, en una decisión que compromete al país a cumplir con las metas de reducción del consumo de estas sustancias.

Entre las sustancias que agotan la capa de ozono protectora del planeta, se encuentra el bromuro de metilo (BrMe), un fumigante de suelo de alto espectro, utilizado en el país principalmente en los cultivos de tomate y frutilla. También se emplea en tratamientos de cuarentena y pre-embarque (QPS, "quarantine and pre-shipment") en importaciones y exportaciones. Esta sustancia, según el calendario establecido por el Protocolo de Montreal, tiene fecha de eliminación de su consumo para los países en desarrollo, como es el caso de Chile, el 1 de enero de 2015. A partir de esa fecha se prohíbe su importación para uso en tratamiento de suelo.

El proceso de eliminación del uso del bromuro de metilo para tratamiento de suelo, ha estado apoyado desde el año 2011 con el "Proyecto Terminal-Eliminación Nacional del Bromuro de Metilo en Chile", financiado por el Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal e implementado con el apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), quien actúa como agencia líder implementadora. Además, del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) que ejerce como agencia cooperante y el Ministerio del Medio Ambiente de Chile (MMA), a través de su Unidad Ozono, cuyo trabajo se centra en la ejecución del proyecto, con el apoyo del Ministerio de Agricultura, específicamente con el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA).

Uno de los objetivos del proyecto ha sido apoyar a los productores de tomate, incluyendo a los productores de plantas, en la búsqueda e implementación de alternativas al uso del bromuro de metilo, para enfrentar de la mejor manera la prohibición a las importaciones el próximo año. Se ha trabajado en asesoría técnica entregada por reconocidos expertos nacionales e internacionales y la adquisición de insumos para el establecimiento de unidades demostrativas (predios productores de tomate), implementando alternativas químicas y no

químicas al bromuro de metilo en la fumigación de suelo, en las regiones de Valparaíso y de Arica y Parinacota. Así como también, las jornadas de transferencia tecnológica teórica y en terreno; giras internacionales para productores de plantas y de tomates; entre otras muchas actividades.

El presente libro, reúne justamente los resultados obtenidos a lo largo de la implementación del proyecto y presenta variadas técnicas involucradas en la producción del cultivo de tomate para una realidad sin bromuro de metilo.

Atte.,
Pablo Badenier Martínez
Ministro del Medio Ambiente

Índice Temático

Introducción.....	11
-------------------	----

CAPÍTULO 1: “VIVERO: PLANTAS INJERTADAS” 16

1.1.	Uso de plantas injertadas en la producción del tomate.....	18
1.2.	Caracterización de un vivero para producir plantas injertadas.....	19
1.3.	Cámara de germinación.....	20
1.4.	Sala de siembra de portainjerto y variedad comercial.....	21
1.5.	Sala de injerto.....	21
1.6.	Técnica de injertación de plantines para hortalizas.....	22
1.7.	Aclimatación de plantines injertados.....	22
1.8.	Profilaxis y cuidados del proceso de injertación.....	23
1.9.	Características que debe tener una planta injertada para su trasplante.....	24
1.10.	Manejo fitosanitario en la producción de plantas injertadas.....	24
1.10.1.	Enfermedades de cuidado en el proceso de producción de plantas injertadas y cómo enfrentarlas.....	24
1.10.2.	Técnicas de eliminación de enfermedades latentes en semillas.....	25

CAPÍTULO 2: BIG PLANT..... 26

2.1.	Ventajas y desventajas del uso de alveolo pequeño.....	28
2.2.	Características de una big plant.....	29
2.3.	Ventajas de su uso.....	30
2.4.	Técnicas de producción.....	31
2.4.1.	Tipos de contenedores.....	32
2.5.	Riego y fertilización.....	33
2.6.	Costos de producción.....	33

CAPÍTULO 3: “SISTEMAS O TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN DE TOMATE CON PLANTAS INJERTADAS” 34

3.1.	Descripción de las técnicas de producción de tomates injertados de ci-	
------	--	--

clo largo y ciclo corto.....	36
3.2. Estructuras para la producción de tomates injertados en Chile.....	39
3.3. Producción de tomates con plantas injertadas en Chile.....	44
3.3.1. Cultivo con planta injertada en ciclo largo en los valles de Arica.....	45
3.3.2. Cultivo con planta injertada en ciclo corto en la zona central.....	60
3.4. Profilaxis para la producción.....	67
3.5. Descripción de las principales enfermedades asociadas al cultivo de plantas injertadas de tomate en Chile.....	68
3.6. Manejo de plagas.....	73
3.7. Análisis de la producción con planta injertada: revisión de casos del Proyecto.....	76
3.7.1. Experiencia en cultivos de ciclo corto.....	82
3.7.2. Experiencia en cultivos de ciclo largo en Arica.....	85

CAPÍTULO 4: SISTEMA ENARENADO..... 88

4.1. Descripción de la técnica.....	90
4.2. Implementación en Chile.....	90
4.2.1. Experiencia en Arica.....	90
4.2.2. Experiencia en Quillota.....	94
4.3. Ventaja del uso de la técnica de sistemas enarenados.....	96
4.4. Texturas de arenas requeridas.....	98
4.5. Materiales disponibles en el país para ejecución del sistema enarenado.....	98
4.6. Preparación de suelo antes del arenado.....	99
4.7. Enarenado.....	99
4.8. Enmiendas orgánicas, uso de guanos frescos.....	100
4.9. Operación de traslados y esparcimiento de arena.....	102
4.10. Preparación del enarenado para el trasplante.....	105
4.11. Riegos y fertilización.....	105
4.12. Manejos del cultivo en suelos arenados.....	106
4.13. Aspectos relevantes del comportamiento del cultivo de tomate bajo la técnica de enarenado.....	106
4.14. Costo establecimiento del suelo arenado en la Unidad demostrativa de Arica.....	107

CAPÍTULO 5: BIODESINFECCIÓN..... 108

5.1.	Descripción de la técnica de biodesinfección.....	110
5.2.	Aspectos legales a considerar en el uso y manejo de guanos.....	115
5.3.	Patógenos presentes en el suelo en cultivos de tomate.....	119
5.4.	Implicancias de la técnica de biodesinfección en el manejo del cultivo del tomate.....	120
5.5.	Ventajas de la biodesinfección de suelos.....	120
5.6.	Aplicación de la técnica de biodesinfección.....	121
5.6.1.	Preparación del sistema antes de la biodesinfección.....	121
5.6.2.	Picado de restos cultivo anterior.....	122
5.6.3.	Preparación de terreno previa biofumigación.....	124
5.6.4.	Aplicación de guanos frescos.....	125
5.6.5.	Materiales disponibles en Chile para la biodesinfección.....	125
5.6.6.	Uso y caracterización del polietileno para la biodesinfección.....	127
5.6.7.	Riegos para la biodesinfección.....	132
5.6.8.	Registro de temperaturas.....	133
5.6.9.	Retiro de cubierta de polietileno y manejos posteriores.....	133
5.7.	Costo aplicación técnica de biodesinfección.....	133
5.8.	Experiencias locales.....	135
5.8.1.	Experiencia en la Región de Valparaíso.....	135
5.8.2.	Experiencias en la Región de Arica y Parinacota.....	138
6.	Recomendaciones para la integración de las técnicas de injertación y biodesinfección de suelo.....	139
7.	Conclusión.....	143
8.	Agradecimientos.....	143
9.	Literatura citada.....	146

INTRODUCCIÓN

El Gobierno de Chile tiene entre sus objetivos primordiales impulsar el desarrollo sustentable del país. Consecuente con lo anterior y dentro de los acuerdos ambientales de carácter internacional que ha suscrito, se encuentra la Convención de Viena firmada el 22 de Marzo de 1985. De este instrumento internacional surgieron nuevas tareas y compromisos, bajo el Protocolo de Montreal (ratificado el 26 de Marzo de 1990) y sus enmiendas, que han sido ratificadas por el Estado de Chile, a saber: la enmienda de Londres el 9 de abril de 1992, la enmienda de Copenhague el 14 de enero de 1994, la enmienda de Montreal el 17 junio de 1998 y la enmienda de Beijing el 3 de mayo del 2000.

En virtud de este acuerdo internacional, Chile se comprometió a implementar una estrategia tendiente a disminuir el consumo¹ de sustancias agotadoras de la pada de ozono (SAO), siendo una de éstas el bromuro de metilo (BrMe), plaguicida de uso agrícola. Los compromisos de nuestro país en esta materia son congelar su consumo en el nivel de la línea de base (consumo promedio de los años 1995 a 1998); reducir en un 20% este nivel de consumo en el año 2005 y eliminar el 100% del consumo desde el año 2015 para su uso en tratamiento de suelo.

Según el reporte del Servicio Nacional de Aduanas, las importaciones de BrMe destinadas a tratamiento de suelo en los últimos años, independiente de la formulación, se han mantenido bajo los límites establecidos por el Protocolo de Montreal, no superando las 280 toneladas métricas de ingrediente activo (siendo importadas por cuatro empresas).

La tarea de eliminar el uso de BrMe del tratamiento de suelo, aparentemente simple, no ha sido tal. Se ha debido bregar fuertemente contra su fama de ser un producto reconocido por todos como de alta eficacia y eficiencia, por lo que su reemplazo por otro(s) producto(s) con similares efectos o por métodos alternativos, ha requerido del esfuerzo mancomunado entre productores y autoridades.

Por ello, es que luego de la incorporación del BrMe al Protocolo de Montreal, como sustancia agotadora de la capa de ozono, múltiples instituciones de investigación, públicas y privadas, iniciaron el desarrollo o adaptación de alter-

¹ Se entiende por consumo a las cantidades anuales de SAOs, originadas por las siguientes actividades y conforme a la operación matemática: Consumo = Importaciones + Producción - Exportaciones.

nativas de control efectivas, a fin de entregar respuesta y facilitar el cambio tecnológico. Para reforzar estas iniciativas, el Protocolo de Montreal a través del Fondo Multilateral, puso a disposición de los países que operan al amparo del artículo 5 del Protocolo, líneas de financiamiento para la ejecución de proyectos destinados a la sustitución/eliminación de este agotador del ozono.

Haciendo historia, en el pasado, Chile recibió fondos para la ejecución proyectos en esta dirección, a saber:

- a) Proyecto demostrativo de alternativas al uso de bromuro de metilo como fumigante de suelos para tomates y pimientos, donde se evaluó y analizó la factibilidad técnico-económica de opciones de reemplazo del fumigante en almácigos, bandejas, cultivos en invernadero y en campo de las especies señaladas.
- b) Proyecto con demostración para la eliminación del bromuro de metilo como desinfectante de suelos, en la producción y replante de frutales. El proyecto se orientó a la adaptación de alternativas; el desarrollo de ensayos para identificar y analizar técnica y económicamente las alternativas viables al uso del BrMe como desinfectante de suelos en la replantación y en viveros de frutales; la transferencia de las alternativas viables identificadas mediante transferencia tecnológica, capacitación y difusión.

Chile elaboró e implementa el presente proyecto denominado “Proyecto Terminal – Eliminación Nacional del bromuro de metilo”, financiado por el Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal a través de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), quienes administran los fondos. Su duración es de 48 meses, finalizando sus actividades al término del año 2014. La ejecución del proyecto es de responsabilidad del Ministerio del Medio Ambiente, quien a través de la Unidad Ozono, se encarga de su implementación y coordinación con ONUDI y PNUMA. La toma de decisiones durante la implementación se realiza en conjunto con los representantes del “Comité Directivo”, conformado por SAG y ODEPA. Asimismo, se cuenta con dos Comités Técnicos Asesores, en Tomates y Frutillas, con representantes de Fedefruta (viveristas y productores de tomates) y de Chilealimentos (productores industriales de frutillas), que apoyan técnicamente al comité directivo en la toma de decisiones. Los avances del proyecto se informaron periódicamente a la “Mesa del bromuro”, coordinada por ODEPA, que trata los temas relacionados

con el consumo de BrMe en la agricultura.

Esta iniciativa, busca facilitar el cambio tecnológico para obtener un producto agrícola sin necesidad de requerir BrMe para tratamiento de suelo. Al inicio del proyecto, en el año 2010, se verificó que los productores agrícolas nacionales de tomate y frutilla estuvieran abiertos a explorar nuevas alternativas al uso de BrMe, pensando en la meta de eliminación del consumo establecida por el Protocolo de Montreal (01 enero 2015).

El proyecto fue estructurado centrándose en implementación de las alternativas químicas y no-químicas existentes, de forma que los productores fuesen apoyados técnica y financieramente en la búsqueda de la alternativa definitiva. Este hecho requirió mantener un diálogo permanente con los productores agrícolas y así facilitar la introducción y adopción de alternativas, minimizando los riesgos y costos, en un proceso gradual, seguro y voluntario.

El proyecto fue ejecutado en dos fases:

Fase I: se basó en la introducción de las alternativas al BrMe en forma de “Unidades Demostrativas (UD)”, con la participación de agricultores voluntarios dispuestos a probar una o más alternativas en sus predios. Para esto se estableció con ellos un acuerdo de cooperación, delineando las bases y responsabilidades de cada uno.

Los criterios para la selección del productor consideraron, entre otros, liderazgo productivo, compromiso, voluntad de introducir alternativas y de permitir que su experiencia pueda ser transferida. Los criterios para seleccionar las alternativas y las regiones donde fueron implementadas las UD, entre otros factores, fueron coordinados y aprobados por el Ministerio del Medio Ambiente y la ONUDI, con asesoría de expertos nacionales e internacionales de reconocida trayectoria. Bajo este marco, el proyecto se dividió en los componentes de tomates y frutillas.

Las actividades realizadas bajo el marco del componente tomate del proyecto, se iniciaron en marzo del año 2011 con un seminario de apertura del proyecto en Quillota, Región de Valparaíso y otro en diciembre del mismo año en la ciudad de Arica, Región de Arica y Parinacota. Posteriormente, se establecieron las UD en ambas regiones y se realizaron diversas actividades de transferencia y difusión, como los días de campo y talleres con expertos nacionales e inter-

nacionales. En dichas actividades participaron productores locales, empresas, representantes de gobierno, centros educacionales y de investigación, entre otros. Asimismo, se realizaron pasantías para los productores de tomates (Almería, España) y para los productores de plantas (varias ciudades en México).

Se establecieron las siguientes UD y Unidades Experimentales (UE), que se detallan en la tabla a continuación:

- Cinco (5) UD y una (1) UE en la Región de Arica Y Parinacota (Valles de Lluta y Azapa);
- Diez (10) UD y cinco (5) UE en la Región de Valparaíso (Quillota, Limache y Olmué).

Componente Tomate	
Región de Arica y Parinacota	
Predios	Alternativas Utilizadas
4 UD	Plantas injertadas en ciclo largo y biofumigación
1 UD	Enarenado
1 UE	Enarenado
Región de Valparaíso	
Predios	Alternativas Utilizadas
4 UD	Plantas injertadas en ciclo largo
1 UD	Plantas injertadas en ciclo corto
2 UD	Biofumigación
3 UD	Alternativas químicas
3 UE	Plantas injertadas en ciclo corto
2 UE	Enarenado

Los resultados obtenidos de la implementación del componente tomate del proyecto se pueden resumir en:

- Validación de técnicas y protocolos que permitieron mejorar la identificación de agentes causales de enfermedades de suelo;
- Capacitación a viveros de tomate en la técnica de producción de plantas injertadas y medidas sanitarias;
- Fortalecimiento de las técnicas de manejo agronómico asociadas a la producción de tomate injertado;

- Implementación y validación de la técnica de biofumigación a nivel comercial, en las regiones de Valparaíso y de Arica y Parinacota;
- Implementación y evaluación de la técnica de producción de tomates en arena en las Regiones de Valparaíso y de Arica y Parinacota;
- Análisis económico de las propuestas productivas, que validan su aplicabilidad.

Fase II: busca promover la difusión y adopción de las tecnologías resultantes de la Fase I. En esta fase, se provee de la asistencia técnica necesaria para que el proceso de adopción sea lo más eficiente posible y los productores estén bien preparados para la eliminación total del consumo de BrMe al 01 de enero de 2015.

Esta publicación es uno de los resultados del trabajo realizado y compila las materias técnicas desarrolladas exitosamente durante la ejecución del proyecto. Por tanto, esperamos que sea un aporte a los procesos nacionales de producción de tomate, en una realidad sin uso del BrMe, sustancia destructora de la capa de ozono.

Capítulo 1

VIVERO: PLANTAS INJERTADAS

Técnicas de producción para el cultivo protegido de tomates, en una realidad sin bromuro de metilo en Chile



CAPÍTULO 1

VIVERO: PLANTAS INJERTADAS

1. Obtención de plantas injertadas en vivero

1.1. Uso de plantas injertadas en la producción del tomate

El cultivar una misma especie sobre el mismo suelo por muchos años en forma repetitiva, trae consigo una disminución paulatina de la producción por aparición de enfermedades de suelo o el fenómeno conocido como tierras cansadas (Camacho y Tello, 2006). Este fenómeno se ha enfrentado en los últimos años principalmente con el uso de fumigantes químicos como el bromuro de metilo. Otra forma de enfrentarlo es con el uso de plantas injertadas en combinación con otras técnicas de reducción de enfermedades de suelo, tanto químicas, físicas o biológicas o la combinación de ellas.

La técnica de injertación, que permite obtener una planta resultado de la unión de dos plantas diferentes, ha demostrado ser efectiva para el manejo de enfermedades de suelo (Lee, 2003). Esta técnica se combina con otras prácticas de producción sustentable, que incluyen la reducción o eliminación del uso de fumigantes químicos de suelo en muchos países (Kubota *et al*, 2008).

El principal uso que se le ha dado a las plantas injertadas ha sido proveer de resistencia a enfermedades de suelo (King *et al*, 2008; Lee, 1994; Susuki *et al*, 1998). Se ha probado su efecto sobre *Ralstonia solanacearum* (McAvoy *et al*, 2011), fusariosis vascular (Rivard y Louws, 2008; Baez *et al*, 2010; Kuniyasu y Yamakawa, 1983), *Pyrenochaeta lycopersici* (Berra *et al*, 1985). Otros usos están asociados a aumento de rendimiento o mejora en la calidad (Flores *et al*, 2010; Davis *et al*, 2008).

La respuesta a la resistencia a nematodos del género *Meloidogyne* se ha mostrado errática, habiéndose demostrado que se logran diferentes niveles de resistencia entre diferentes portainjertos evaluados, todos ellos que contenían el gen de resistencia "Mi" (López-Pérez *et al*, 2006). Esta respuesta de resistencia está condicionada además por la temperatura de suelo, rompiéndose esta resistencia al superar los 28 °C (Devran *et al*, 2010).

Schwarz *et al* (2010), hacen una revisión sobre la tolerancia mayor de las

plantas injertadas a diferentes estreses abióticos como sequía y altas y bajas temperaturas, lo que coincide con lo planteado por Venema *et al* (2008). Está demostrada la mayor tolerancia a salinidad de suelo (Estañ *et al*, 2005).

Las variedades de tomate injertadas sobre híbridos interespecíficos, logran un mayor vigor que las mismas variedades no injertadas (Khah *et al*, 2006). Este aumento de vigor se expresa como mayor área foliar, altura de planta, producción de materia seca de hoja y tallo, frutos de mayor calibre. Sin embargo, la precocidad disminuye y podría haber aumento de frutos deformes si no se cultiva regulando este mayor vigor (Godoy *et al*, 2009).

1.2. Características de un vivero para producir plantas injertadas

Al producir plantas injertadas, debe considerarse el doble de espacio que para la producción normal de plántines, porque se deben hacer dos plantas para obtener una, variedad y portainjerto (Rivard *et al*, 2010).

El manejo de sanidad de la producción de plántines es aún más estricto que a nivel de campo, ya que el cortar tejido predispone al contagio de enfermedades, principalmente bacterianas, lo que genera un riesgo sanitario para la planta.

Los siguientes puntos serán abordados describiendo un vivero que busca producir 25.000 plantas injertadas de tomates semanales.

Para la producción de plántines, un vivero debe contar con una serie de áreas bien definidas (Camacho, 2008):

1. Recepción del personal
2. Almacenaje de insumos
3. Siembra y pre germinación
4. Cabezales de fertirrigación y aplicaciones fitosanitarias
5. Taller de injertos
6. Crianza de plantas
7. Despacho de producto acabado
8. Lavadero
9. Almacenaje de bandejas
10. Instalaciones y maquinaria complementaria

Para facilitar el cálculo, se asumirá que el promedio de plantas injertadas será de 1.000 unidades por persona por día, por sobre el 98% de plantas terminadas. Así, si se trabaja cinco días a la semana, una persona hará 5.000 plantas. Por lo tanto, para lograr las 25.000 unidades del ejemplo se necesitan cinco personas. El personal que injerta debe ser de preferencia mujeres, por su finamotricidad.

El mayor desafío de la producción de plantas injertadas, es lograr que ambas partes, portainjerto e injerto, logren un diámetro de tallo similar para el momento que deban injertarse.

Para obtener una determinada cantidad de plantas injertadas deben considerarse los porcentajes de germinación de las semillas, tanto de la variedad como del portainjerto, además del porcentaje de plantas injertadas viables del proceso de injertación (Rivard *et al*, 2010).

Habitualmente, las variedades de injerto presentan velocidades de crecimiento mayores que las de portainjerto, por lo que éstos se siembran primero. El tiempo de permanencia de las plantas en el vivero suele ser de una semana más de la producción de plantines (Rivard y Louws, 2006).

Los invernaderos donde se producen las plantas deben desinfectarse antes de ingresar con las plantas en ellos, además de tener sistemas de manejo de temperatura y humedad ambiental para las diferentes épocas del año en que se producirán las plantas.

1.3. Cámara de germinación

Esta instalación debe entregar las condiciones necesarias para la germinación de las semillas, tanto de las variedades de portainjerto como de las de injerto. Debe proveer temperatura estable, entre los 24 y 28 °C y humedad relativa entre 80 y 90%. La ausencia de luz para el proceso es recomendable. La circulación de aire es importante para asegurar la uniformidad de la temperatura y humedad a través de la cámara, a través de ventiladores que habitualmente forman parte de los generadores de calor (Garton *et al*, 1997).

Esta instalación debe ser de fácil limpieza, donde el piso de cemento y estructura de termo panel cumplan con los requisitos antes nombrados.

1.4. Sala de siembra de portainjerto y variedad comercial

En la sala de siembra donde se puede realizar la labor manualmente, se recomienda realizar la siembra con una sembradora automática, de manera de uniformar el llenado de bandejas y así evitar diferencias en la humedad entre alveolos, profundidad de siembra, lo que para semillas hortícolas no profundiza más de dos veces su tamaño, tapando con un sustrato liviano como vermiculita.

El riego de las bandejas debe ser el suficiente para lograr la germinación de las semillas, pero no excesiva que provoque asfixia.

1.5. Sala de injertos

Camacho (2008), describe que el taller de injerto debe tener condiciones ambientales controladas de temperatura, humedad relativa y luz. Además, debe tener sobre las mesas en que se injerta una buena iluminación para el personal que realiza la labor. Las injertadoras además, deben tener a mano todo el material necesario para realizar la labor, tales como pinzas siliconadas, cuchillas, elementos de desinfección de manos y utensilios, lo que coincide con Bumgamer y Kleinhenz (2013). Además señala que este taller debe ubicarse de preferencia dentro de las instalaciones del vivero, cercano a las cámaras de prendimiento, de manera que las plantas recién injertadas pasen con facilidad al área de pegado.

En nuestro ejemplo, una persona para injertar requiere un mesón, ojalá de material fácilmente lavable, como acero inoxidable. Si la misma persona es la que retira las plantas de las bandejas e injerta, en el mesón requiere que estén tres bandejas, la del portainjerto, la de la variedad a injertar y la bandeja donde se van colocando las plantas recién injertadas.

Debe tener a disposición la persona que injerta un recipiente donde eliminar el material vegetal que se pierde en el proceso, constituido por la parte aérea del portainjerto y parte radicular del injerto.

Sobre el mesón debe haber espacio para colocar las cuchillas para el corte y un aspersor manual con un desinfectante de amplio espectro.

1.6. Técnica de injertación de plantines de tomate

La técnica más común de injertación de tomate es la de tubo o empalme (Oda, 1999). La ventaja que tiene es que permite trabajar con plantas pequeñas y se logra un porcentaje de éxito muy alto. Se hace manualmente, requiriendo uso intensivo de mano de obra especializada (Lee, 2003).

El estado óptimo de crecimiento para la injertación depende del tamaño de alveolo en que se produzcan las plantas, a menor volumen de alveolo, menor es el diámetro con que se puede injertar y menos tiempo permanecerán en el vivero las plantas (Oda, 1999). El diámetro de injertación que se prefiere trabajar está entre 1,5 a 2,5 mm (Bumgamer y Kleinhenz, 2013).

En Chile se ha observado eficiencias de hasta 2.000 plantas injertadas por día en injertadoras avanzadas, siendo lo normal entre 1.000 y 1.200 plantas injertadas por día, lo que coincide con lo planteado por Lee (2003).

En el Cuadro 1 se presenta un esquema con la cronología de la técnica.

Cuadro 1. Cronología de eventos en la técnica de injertación de empalme o en tubo, con materiales sembrados en alveolo de 23 cc (adaptado de Oda, 1999).				
Injertación	Día 0	Día 2 a 3	Día 17 a 22	Día 30 a 35
Injerto	-	Siembra	Injertación (2 a 3 hojas verdaderas)	Plantación
Portainjerto	Siembra	-		

1.7. Aclimatación de plantines injertados

El éxito del pegado de una planta injertada dependerá de las condiciones ambientales a la que es sometida, posterior al proceso de corte y unión. Para lograr esto, se requiere alta humedad relativa y temperaturas óptimas por cerca de una semana luego de la injertación, para reducir la transpiración del injerto hasta que se haya comenzado a desarrollar el tejido vascular que unirá las dos partes y se haya restablecido el transporte de agua (Johnson y Miles, 2011).

La humedad debe ser mantenida sobre el 85% y la temperatura en torno a los 25 °C (Rivard y Louws, 2006). La radiación debe ser un 50 a 70% de la normal (Bumgamer y Kleinhenz, 2013; Johnson y Miles, 2011).

1.8. Profilaxis y cuidados durante el proceso de injertación

La injertación requiere primariamente, un lugar limpio, con agua potable para el lavado de manos antes de ingresar a la sala de injerto y dentro de la sala donde se realizará la actividad. Las herramientas de corte deben ser nuevas y sanitizadas, con uso de detergentes y alcohol para prevenir la dispersión de enfermedades. No se debe permitir fumar, así como el uso de anillos, teléfonos y las uñas deben estar cortas.

En el cuadro 2 se presentan opciones de sanitización para herramientas y utensilios usados en la injertación.

Para la desinfección de la cámara de injertación se recomienda el uso de amonios cuaternarios de cuarta o quinta generación, así como en los pediluvios para el ingreso, tanto a los invernaderos como a la zona de injertación.

Cuadro 2 Opciones de sanitización de herramientas y utensilios usados en la injertación, adaptado de Miller – Ohio State University, OARDC (2013).

Opciones	Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4
1	Inmersión de herramientas en cloro 33%	Enjuague las herramientas en agua limpia	Colocar las herramientas en alcohol al 70% por 15 minutos	Permitir que las herramientas se sequen en una superficie limpia
2	Colocar las herramientas en cloro al 10% por 30 minutos	Enjuague las herramientas en agua limpia	Colocar las herramientas en alcohol al 70% por 15 minutos	Permitir que las herramientas se sequen en una superficie limpia
3	Lavar las herramientas con amonio cuaternario de cuarta o quinta generación por 10 minutos	Enjuague las herramientas en agua limpia	Colocar las herramientas en alcohol al 70% por 15 minutos	Permitir que las herramientas se sequen en una superficie limpia

1.9. Características que debe tener una planta injertada para su trasplante

La calidad de las plantas del tipo franco que llegan a los predios agrícolas no presenta grandes variaciones entre viveros, pero es frecuente escuchar por parte de productores que hay diferencias en la calidad de las plantas injertadas que reciben, no solo en Chile (Lee, 2011).

Hay que recordar, que la unión completa del tejido vascular ocurre al día 15 desde la injertación (Fernández-García *et al*, 2004).

Lo que caracteriza una planta de calidad injertada está dado por:

- Debe ser sana, esto es libre de plagas que transmitan virosis.
- La fecha de entrega al productor de las plantas debe ser la comprometida por el vivero.
- La cicatriz de la zona de injerto debe estar limpia, libre de raíces adventicias.
- La altura de injertación debe ser de 1,5 a 2 cm desde el cuello del portainjerto.
- La altura total de una planta debe ser no mayor de 20 cm, por el peligro de tumbado en campo y evitar daño de radiación directa elevada para establecimientos estivales.
- Las raíces deben estar activas y ser de color blanco.

1.10. Manejo fitosanitario en la producción de plantas injertadas

Este es uno de los aspectos de mayor trascendencia para la producción de plantas injertadas, debido a que los factores de riesgo son muy elevados.

1.10.1. Enfermedades de cuidado en el proceso de producción de plantas injertadas y cómo enfrentarlas.

Uno de los principales desafíos al producir plantas injertadas es la sanidad de las plantas obtenidas. El principal problema sanitario que se ha detectado en la producción de plantas injertadas es la infección por *Clavibacter michiganensis michiganensis* (Cmm). Este es el agente causal de la enfermedad conocida como cancro bacteriano (EPPO, 2005). Xu *et al* (2010), demostraron la transmisión de Cmm a través del proceso de injertación.

Autores señalan que sólo se requiere de una a cinco semillas por cada 10.000 para desarrollar esta enfermedad (Chang *et al*, 1991). El período de incubación del cancro bacteriano es prolongado, por lo que es extremadamente difícil de detectar por inspección visual en la almaciguera. Estos mismos autores señalan que combinando plantines inoculados con Cmm, los primeros síntomas de infección fueron observados recién 35 a 42 días después del trasplante. En plantas injertadas, al pasar éstas por la cámara de prendimiento, con condiciones ideales para el desarrollo de la bacteria, se acelera el proceso de aparición de síntomas. Los autores Xu *et al* (2012), demostraron que el someter plantines infectados con Cmm a regímenes de humedad relativa de 87 a 97%, en diferentes niveles de temperatura, 15 a 28 °C, aceleró la expresión de síntomas de la enfermedad.

Los cuidados en la manipulación de las plantas deben mantenerse hasta el campo, debido a que el cancro bacteriano puede transmitirse fácilmente a través de la gutación, que es savia de la planta que se aparece a través de los hidátodos de las hojas, lo cual podría confundirse con una infección desde el vivero. Carlton *et al* (1998), determinaron que en 21 días desde su infección por Cmm a través de hidátodos se presentaba necrosis de células.

1.10.2. Técnicas de eliminación de enfermedades latentes en semillas

Debido a que el aseguramiento de contar con semillas libres de enfermedades es fundamental para el proceso de producción de plantas injertadas, el Dr. Javier Tello, Fitopatólogo Consultor del proyecto recomienda:

- En general para diversas especies se puede hacer tratamiento térmico en seco, sometiendo las semillas de portainjerto e injerto a temperaturas de 50 a 52 °C por 24 horas para el control de bacterias. En el caso de la semilla de tomate, podría permanecer por seis horas a esta misma temperatura para lograr el objetivo planteado.
- Tratamiento con agua caliente, manteniendo temperaturas de 50 a 52 °C por un mínimo de dos horas, logra un buen control de bacterias.
- Un tratamiento que ya se ha usado en forma comercial en Chile es la inmersión de las semillas con una dosis de 30 a 40 gramos de cloro activo por 30 minutos, para luego enjuagar y secar.

Capítulo 2

BIG PLANT

Técnicas de producción para el cultivo protegido de tomates, en una realidad sin bromuro de metilo en Chile



CAPÍTULO 2

BIG PLANT

2. Producción de *Big Plant*

2.1. Ventajas y desventajas del uso de alveolo pequeño

La producción de plantines de tomate para consumo fresco se realiza en Chile utilizando bandejas de 286, 240 y 135 cavidades, principalmente de polietileno expandido. Los volúmenes de estas cavidades son de 19, 24 y 35 cm³, respectivamente. Actualmente el volumen que más se usa es el de 24 cm³. Se recomienda que a menor temperatura y luminosidad que se tenga en la época de trasplante, mayor debería ser el tamaño del alveolo.

La producción de plantines en alveolo pequeño permite un mejor aprovechamiento del espacio del vivero. Hay que considerar, que a menor tamaño de alveolo menor es el tiempo desde siembra a planta terminada para trasplante y como cualquier sistema de producción en invernadero, mientras más productividad se obtenga por unidad de superficie, mayor será la rentabilidad. El mejor índice de trasplante de una planta es que las raíces hayan ocupado completamente el volumen alveolar y estén en activo crecimiento, de esta manera mientras menor es el volumen, más rápido está lista la planta para su trasplante.

Finalmente, el alveolo pequeño se adapta bien a una gran cantidad de especies hortícolas, permitiendo usar la misma máquina sembradora.

En el cuadro 3 se describen las ventajas y desventajas del uso de alveolo pequeño.

Cuadro 3. Ventajas y desventajas del uso de alveolo pequeño en la producción de plantines.

Ventajas	Desventajas
A menor volumen de alveolo, más rápido se obtiene una planta para su trasplante.	A menor tamaño de alveolo, más rápido debe ser trasplantada.
Mayor aprovechamiento de la superficie del invernadero en vivero, por permanecer la planta menos tiempo en vivero.	A menor tamaño de alveolo, menor estado de desarrollo al momento del trasplante.
Menores costos de transporte para el vivero por mayor cantidad de plantas por unidad de volumen.	El riego en vivero debe ser con mayor frecuencia a menor tamaño del alveolo.
Menor costo de sustrato.	Mayor densidad de plantas genera mayor predisposición a enfermedades aéreas en vivero.

2.2. Características de una *big plant*

Una *big plant* se define como aquella planta producida en un vivero que permite la floración a los 10 a 15 días desde su trasplante. De esta manera se logra acortar el período de floración respecto de una planta producida en alveolo de menor volumen, logrando adelantar la entrada en producción. Esto es especialmente relevante en épocas de establecimiento temprano, donde se busca obtener los mejores precios con los primeros racimos que se cosechan.

Una *big plant* ocupa mayor espacio en vivero que una de alveolo pequeño, por lo que su precio naturalmente es mayor. El Dr. Francisco Camacho, recomienda que el vivero establezca el precio de venta de una de estas plantas haciendo una relación por el espacio ocupado por el vivero de una bandeja de *big plant*, respecto de una de alveolo pequeño.

Este tipo de plantas exigen un tipo de contenedor que debe ser desarrollado y su proceso de producción difiere respecto de una planta de alveolo normal, esto como consecuencia de la diferencia del manejo de riego y nutrición, así como sistemas de poda que no pueden realizarse en plantas de alveolo normal.

Una planta en alveolo de 49 cm³ demora de cuatro a cinco semanas desde la

siembra a trasplante, y una planta en alveolo de 188 cm³ demoraría entre seis y siete semanas. En este segundo caso, 24 plantas ocuparían el mismo espacio de 150 plantas de alveolo pequeño.

2.3. Ventajas de su uso

Dentro de las ventajas que tiene una *big plant* para la producción de tomates, Camacho (2012), destaca:

- Aumento del período productivo y/o la precocidad.
- Aumento en el peso de biomasa generada en el vivero.
- Mayor contenido de materia seca.
- Sistema radicular más desarrollado.

Con el uso de *big plant* se gana en precocidad, siendo en establecimientos de invierno de dos a tres semanas y en establecimientos de verano de una semana. El concepto detrás de una *big plant* es que el cultivo parte en el vivero. Se puede hacer un mejor aprovechamiento de la planta porque con alveolo mayor se puede producir plantas a doble eje, incluso con planta franca, debido al mejor desarrollo de los brotes.

Una planta grande tiene mayor contenido de materia seca, que al estar en equilibrio la parte aérea y radicular hace que el estrés pos trasplante sea mucho menor.

En las experiencias desarrolladas en Quillota, Región de Valparaíso, se logró adelantar la entrada en producción entre dos y tres semanas en épocas de establecimiento invernal. Se pueden lograr dos ventajas productivas muy relevantes, primero si se logra adelantar la entrada en producción se puede obtener al menos un racimo más por planta, con lo que el costo de producción disminuye. Por otro lado, podría trasplantarse más tarde, disminuyendo el tiempo de permanencia del cultivo en el terreno, con lo que aumentaría el tiempo disponible para la preparación del suelo entre un cultivo y el siguiente. Situación especialmente ventajosa en aquellas zonas de producción donde se establecen dos cultivos por año en el mismo suelo, como es el caso de toda la zona central del país.

En cultivos con plantas injertadas a tres o cuatro ejes de hoja verdadera se puede obtener un desarrollo de brotes mayor y más uniformes entre ellos,

situación que es imposible de lograr en alveolo pequeño, según lo que se ha evaluado en diferentes viveros del país.

Una de las opciones para producir *big plant* es sembrar en bandejas normales de alveolo pequeño y una vez alcanzado un cierto tamaño ser repicadas en alveolo mayor. Esto abre la posibilidad que sea en los mismos predios donde se obtengan la *big plant*, comenzando el cultivo fuera del invernadero de producción, lo que permite mayor libertad de trabajo para realizar labores de desinfección, tener el cultivo anterior más tiempo en producción o atrasar la fecha de establecimiento del segundo cultivo, atendiendo a la mayor precocidad de este tipo de plantas.

2.4. Técnicas de producción de *big plant*

La producción de este tipo de plantas considera las mismas instalaciones de un vivero de producción de plantines de hortalizas, indicadas en el capítulo 1. El área de crianza de planta debe proveer de hermeticidad para evitar el ingreso de vectores de virus y asegurar los máximos y mínimos biológicos. Debe lograrse mínimos de 12 °C de temperatura, y máximas que no superen los 35 °C, buscando óptimos de producción de entre 20 y 25 °C. Dentro del orden de importancia en un vivero está la temperatura, la humedad ambiental y finalmente la luminosidad. Los efectos de una baja luminosidad pueden compensarse con aumentos en la conductividad eléctrica de riego.

Los invernaderos deben ser altos, con mínimos de 4,5 m de altura a canaleta, con mallas exteriores de sombreado. Deben estar bien nivelados, buscando pendientes de 0,2 - 0,5% para evitar encharcamientos y una distribución de la temperatura más homogénea.

Dentro de la gestión del clima, se requiere de una serie de instalaciones:

- Calefacción.
- Mallas de sombreado.
- Ventiladores para el movimiento lateral del aire interior.
- Ventilación pasiva por cortinas y lucarnas.

2.4.1. Tipos de contenedores

Dentro de los tipos de contenedores, en el cuadro 4 se presentan las características de los contenedores usados en algunos viveros de la zona de Almería en España para la producción comercial de *big plants*.

Cuadro 4. Detalles de bandejas para big plant (Camacho, 2014 ¹)

Nº alveolos	Forma	Medidas exteriores (mm)	Base mayor (mm)	Base menor (mm)	Altura (mm)	Capacidad (cm3)	Capacidad con funda (cm3)	Tiempo (semanas)
96	Bandejas de alveolo tronco piramidal	700 x 475 x 67	50 x50	31 x 31	67	103,56	73	5-6
54	Bandejas De alveolo tronco piramidal			65 x70	70	188,13	133	6-7
24	Macetas	700 x 443 x 75	120	90	60	382	(*)	8-10
2 bloques de 9 macetas	Macetas		120	110	80	760	(*)	8-10

Los viveros deben desarrollar una serie de cambios para poder producir este tipo de plantas, entre los cuales se encuentran:

- Adaptación del riego, espacios y fertilización al concepto de planta más grande.

¹ Comunicación personal

- Los riesgos de ataque de patógenos aumentan, ya que el tiempo en el semillero es mayor. En experiencias locales, se ha determinado que los días de siembra a planta terminada en alveolo de 150 cm³ pueden ser siete días más que en un alveolo normal de 23 cm³.
- Adecuar el desarrollo aéreo al desarrollo de raíces.
- El precio de venta.

2.5. Riego y fertilización

La calidad de la planta está íntimamente ligada al manejo del riego y la nutrición. Una recomendación del manejo nutricional para la producción del plantín se expresa en la siguiente fórmula de equilibrio iónico, en mmol L⁻¹:

NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻²	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²
4-5	4-5	1-2	0,5 - 1,5	-	6	3-5	1-2

2.6. Costos de producción

El costo de producción de una *big plant* es mayor debido a:

- Mayor tiempo de permanencia en vivero, 7 a 21 días más que una planta de alveolo normal.
- Mayor uso de sustrato, pasando de alveolos de 23 cm³ a alveolos entre 150 y 300 cm³.
- Una planta grande ocupa más espacio de vivero que una de alveolo pequeño. Una manera de establecer el valor de venta de una bandeja de estas plantas, es lo que se cobraría por una bandeja del mismo tamaño pero de alveolo pequeño, donde el mismo espacio es ocupado por una mayor cantidad de plantas.
- El costo de transporte se encarece porque el mismo espacio es ocupado por una menor cantidad de plantas.
- Labor de repique desde alveolo pequeño a alveolo grande.

Capítulo 3

SISTEMAS O TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN DE TOMATE CON PLANTAS INJERTADAS

Técnicas de producción para el cultivo protegido de tomates, en una realidad sin bromuro de metilo en Chile



CAPÍTULO 3

SISTEMAS O TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN DE TOMATE CON PLANTAS INJERTADAS

3.1. Descripción de las técnicas de producción de tomates injertados de ciclo largo y corto.

Los portainjertos aportan una serie de características beneficiosas a las variedades cultivadas (Khah *et al*, 2006). Las características de las plantas injertadas, tales como, resistencia o mayor tolerancia a enfermedades de suelo, resistencia frente a distintos tipos de estreses (hídrico - térmico - salino), y en general mayor vigor aportado a la variedad a cultivar, hacen que las plantas injertadas se adapten a diferentes modalidades de cultivo. Es así, como con el uso de estas plantas se puede optar a ciclos largos de producción y también mantener los ciclos productivos tradicionales conocidos como ciclos cortos (Camacho *et al*, 2009).

En Chile el tomate de crecimiento indeterminado se cultiva, en general, bajo sistema de cultivo protegido, en invernaderos de cubierta de polietileno y en parrones con malla antiáfido. Es habitual, principalmente en la zona de Quillota - Limache, Región de Valparaíso, que se usen malla antiáfido para cubrir las estructuras de ventilación. Los invernaderos con cultivo de tomate se encuentran desde la zona de Ovalle, Región de Coquimbo, hasta la Región del Maule, pero están concentrados en la Región de Valparaíso, principalmente en las zonas de Quillota, Limache y Olmué. Los parrones con malla antiáfido se encuentran principalmente en los valles costeros, Azapa y Lluta, de la Región de Arica y Parinacota, donde invernaderos con cubierta de polietileno se utilizan principalmente para el cultivo de pimiento y pepino.

El cultivo de tomate bajo cubierta de polietileno se establece en ciclos cortos de producción, con seis a ocho racimos por ciclo, realizándose uno o dos ciclos por año. Es por esto, que los emparronados de alambre que soportan las plantas se han estructurado en alturas que no superan los 1,8 a 2,2 m. En Chile, específicamente en la Región de Arica y Parinacota en cambio, buscan producir ciclos que tengan una duración de nueve a once meses, pasando prácticamente toda la producción por cosechas de otoño, invierno y primavera con el mismo cultivo. Esto los obliga a usar emparronados de conducción que superan los 2,6 m de altura, siendo común que sean mayores a 3 m de altura. Lo cual les

permite cultivar con el sistema de gancho y descuelgue, o también conocido como sistema holandés, en el cual se van descolgando las plantas, dejando los tallos con sus racimos cosechados apoyados en la mesa de plantación, avanzando en esta labor en la medida que se van obteniendo más racimos (Cadenas *et al*, 2003).

En el ciclo largo de producción se busca obtener al menos 14 racimos de tomates por eje productivo, llegando incluso a 30 racimos por eje en los ciclos de 10 a 11 meses en la Región de Arica y Parinacota. Para lograr esto, se cultiva con plantas injertadas por las características de vigor que le entregan a la variedad, permitiendo mantener el calibre buscado a través de todo el ciclo productivo, sistema utilizado en los últimos años.

En la zona central en cambio, los cultivos con plantas injertadas han pasado de cultivarse en ciclos largos a adaptarse a ciclos cortos, donde se trabaja con tres y/o cuatro ejes o tallos por planta, logrando obtener de seis a ocho racimos por eje. Esta modalidad de cultivo se puede adaptar a las diferentes épocas de establecimiento de la zona central, lo que permite aprovechar esta tecnología y sus características de vigor y tolerancia a varias de las enfermedades de suelo que atacan al tomate, reduciendo el valor unitario de la planta injertada.

Tanto para cultivos de ciclo largo como corto, la plantación de tomate se realiza estableciendo una hilera de plantación, conduciendo cada eje con una rafia que se amarra al alambre de soporte (Imagen 1).



Imagen 1. Descripción de establecimiento de cultivos con plantas injertadas; con cuatro ejes por planta en la Región de Valparaíso (A) y con dos ejes por planta en la Región de Arica y Parinacota (B).

En la zona de Arica se establecen entre 0,8 y 1,2 plantas por m² con dos ejes por planta (1,6 a 2,4 tallos por m²) y en la zona central de 0,70 plantas por m², con cuatro ejes por planta, es decir 2,80 tallos por m². El Proyecto ha hecho evaluaciones con menores densidades de plantación en la zona central sin disminuciones de la rentabilidad del cultivo (apartado 3.7.1).

En el cultivo bajo malla antiáfido en la Región de Arica y Parinacota, la producción promedio es de 20,6 kg m⁻² (Riquelme *et al*, 2013), sin embargo en esa zona se han logrado producciones muy superiores a esta cifra (datos no publicados). En la zona de Quillota, Región de Valparaíso, se logran rendimientos de 10 a 14 kg m⁻² por ciclo productivo (datos no publicados), y que en la mayoría de los casos son dos por año.

El sistema de gancho y descuelgue usado en los ciclos largos requiere una mayor necesidad de mano de obra durante el período de cosecha, para las labores de poda de hojas y bajada de los tallos. La primera bajada ocurre habitualmente al ser completamente cosechado el tercer racimo, lo que coincide con que los tallos ya están alcanzando la altura del alambre de conducción. La poda de hojas se realiza con un cuchillo, cortando en la base del peciolo y es necesario eliminar todas las hojas de la porción de tallo que quedarán en contacto con la superficie de la mesa de cultivo. Este cuchillo debe desinfectarse periódicamente para no transmitir bacterias. De no realizarse esta labor, la alta densidad de follaje crea un ambiente propicio para la formación de hongos (*Botrytis cinerea*) en los tallos que podrían llevar al colapso de las plantas. Posteriormente, se debe continuar bajando las plantas a medida que se van cosechando los racimos, eliminando siempre las hojas de la porción de tallo que va quedando en posición horizontal (Cadenas *et al*, 2003).

Tanto en ciclos largos como cortos, se realizan las labores rutinarias como deshoje, poda de brotes y arreglo de racimos florales. En el caso de la eliminación de hojas, se poda la segunda hoja entre cada racimo, la eliminación de brotes axilares se hace a lo largo de todo el tallo para mantener sólo los ejes productivos y el arreglo de racimos queda condicionado a los requerimientos productivos y vigor de las plantas. Es común manejar cinco frutos por racimo, pudiendo disminuir el número de frutos en los racimos superiores si se pierde vigor en las plantas. En la Región de Arica y Parinacota por buscarse más de 14 racimos por eje, se recomienda cuatro frutos por racimo.

Los ejes deben ser conducidos cuando tienen de 25 a 35 cm de largo, de pre-

ferencia con clips plásticos, debido a la fragilidad de los ejes en su punto de inserción con el eje original cuando tienen un largo menor. Estos ejes se recomienda obtenerlos de las axilas de las hojas verdaderas, en caso de obtener tres a cuatro ejes. En caso de ciclos largos, habitualmente se usa dejar como segundo eje el brote bajo el primer racimo desde la base del tallo original, lo que da gran vigor. Es recomendable obtener los ejes de axilas de hoja verdadera, debido a que permite una arquitectura de planta más abierta.

Con el sistema de ciclo corto de cultivo a tres o cuatro ejes no es necesario bajar las plantas, por lo que se adapta sin problema a las estructuras de invernaderos de altura convencional, como los que se encuentran desde la Región de Coquimbo a la Región del Maule.

3.2. Estructuras para la producción de tomates injertados en Chile

En la zona central, los invernaderos utilizados en la producción de tomate protegido están contruidos de madera y polietileno. En cuanto a la madera utilizada, se trabaja con postes de pino sulfatados de 3 m para los pilares del invernadero y tapas de 4 m para el resto de la construcción. La altura convencional a la quilla es de 4 a 4,5 m, lo que se logra añadiendo tapas de pino a los postes sulfatados. La altura a la canaleta es de 2,6 m en la parte más alta y 2,3 m en la de menor altura para un largo de invernadero de 30 m. La pendiente habitualmente es del 1% en los módulos no unidos, recomendándose 2% para lograr una rápida evacuación de las aguas lluvias.

Para la construcción del emparronado se utiliza alambre acerado 17/15 que recorre el módulo del invernadero a lo ancho de éste y alambre galvanizado de diámetro 12 mm que va sobre las mesas del cultivo para amarrar en él las plantas. Se utiliza además, alambre galvanizado calibre ocho para amarrar los postes.

El polietileno más utilizado es térmico de 120 a 200 micrones, además debe de poseer protección anti UV.

Los invernaderos clásicos de la zona Quillota - Limache, Región de Valparaíso, tienen una altura del emparronado entre 1,8 a 2,2 m, lo que para el cultivo de plantas injertadas para ciclo largo no es suficiente, buscándose alturas de 2,8 a 3,3 m.

No existen publicaciones actualizadas que describan las características de los invernaderos en los que se cultiva en la zona central del país. De acuerdo a la experiencia de los consultores del proyecto, se describirá la estructura de un invernadero que ha sido la de mayor crecimiento en los últimos años en la zona de Quillota - Limache, Región de Valparaíso. Esta estructura es denominada de tipo "cercha", por la característica de su techumbre, donde la nave no lleva poste central, a diferencia de la estructura clásica con poste al centro construido desde los años 80 en la zona central para el cultivo de tomates y otras hortalizas guiadas. En la imagen 2 se puede ver la estructura del invernadero visto desde un costado, esta estructura une a través de un pasillo central dos módulos de producción. Los accesos a dicha zona de producción están ahora delimitados y permiten el uso de doble puerta para reducir la migración de plagas y así el personal accede previa desinfección de manos y calzado. Además la fruta cosechada no queda expuesta a la lluvia en invierno y/o a la radiación directa en verano, lo que mejora la vida de poscosecha. En prácticamente todos los nuevos proyectos de construcción de invernadero se instala malla antiáfido en las estructuras de ventilación.



Imagen 2. Estructura de invernadero moderna en Quillota, Región de Valparaíso, con módulos unidos por pasillo central.

La altura cenital de los invernaderos es de 6,0 a 6,1 m en el pasillo central y de 5,5 m en los extremos, de manera de evacuar el agua lluvia con mayor eficiencia. Las lucarnas son de 0,3 a 0,6 m de apertura, siendo común que también estén cubiertas con malla antiáfido. Cada nave es de 6 m de ancho, y solo lleva postes en la línea de las canaletas cada 2 m. Los materiales necesarios para construir una hectárea (ha) de invernadero de cercha con cubierta de polietileno y malla antiáfido se describen en el cuadro 5.

Cuadro 5. Materiales para la construcción de 1 ha de invernadero de cercha, considerando dos (2) módulos de 5.000 m² ocupados por el cultivo, separados por un pasillo central.

Materiales	UNIDAD	CANTIDAD
Postes esquineros 8" X 4m	unidad	16
Postes parrón 3"-4" x 3,5m	unidad	1.200
Tablas 1" x 5"x 4m (tapas)	unidad	6.610
Tablas de 1" x 5" x 4,2 m (tapas)	unidad	890
Alambre 17/15"	kg	565
Alambre 12"	kg	498
Muertos (alambre 6)	unidad	112
Clavos de 2,5" y 3"	cajas	20
Charlata 4m	Paquetes	55,5
Cemento	Saco	20
Arena	m ³	2
Huevillo	m ³	2
Polietileno	kg	1.615
Malla antiáfido 40 mesh	m ²	4.240

Fuente: Rafael Elizondo. Consultor Proyecto

El sistema de cultivo con parrón con malla en la Región de Arica y Parinacota presenta características diferentes a los parrones que se construyen en la zona central del país. Se utilizan estructuras de madera principalmente y metal. La malla antiáfido que se usa es de 20/10 hilos/cm² o 50 mesh. En la imagen 3 se ve el interior de un parrón de madera del Valle de Azapa, Región de Arica y Parinacota.

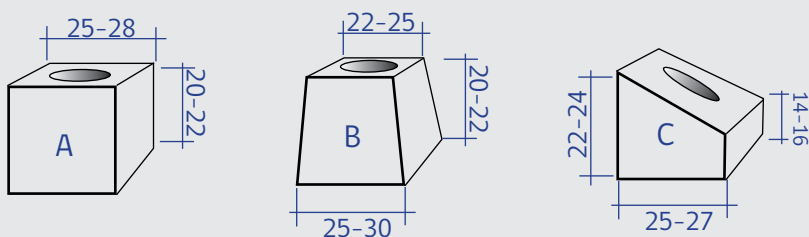


Imagen 3. Vista interior de un parrón con estructura de madera en el Valle de Azapa, Región de Arica y Parinacota con malla antiáfido

Los módulos de malla antiáfido deben estar preparados para soportar ráfagas de vientos de 50 a 100 km h⁻¹ y tolerar cargas de tutorado de 25 kg m⁻². La cubierta de la malla debe estar sostenida sobre estructuras de hierro galvanizado o de madera, los cuales están ubicados a distancias de 5 x 5 m y en la parte superior deben estar tensionados con estructuras llamadas costaneras, de tratarse de metal galvanizado estas pueden ser de 3 x 4 pulgadas (ver figuras 2, 3 y cuadro 6). De tratarse de madera pueden ser utilizadas varas de eucalipto de 3" a 4" (Almicar, 2008). La altura de los parrones utilizados en los valles de Azapa y Llu-ta, Región de Arica y Parinacota, fluctúan entre los 5 a 8 m.

La madera utilizada en las naves es de postes de eucalipto, los cuales se fijan directamente en el suelo a profundidad de 60 cm, o bien estos son fijados o embutidos superficialmente en una base de hormigón, como se muestra en la Figura 1.

Figura 1: Dados de hormigón.



Para la construcción del emparronado se utiliza alambre acerado N° 17/15, el cual se utiliza en sentido transversal a las camas, también se utiliza alambre galvanizado N° 12 que va sobre las mesas del cultivo para amarrar en él las plantas. Para amarrar los postes se utiliza alambre galvanizado N° 3.

Figura 2: Referencia de nave de malla antiáfido.

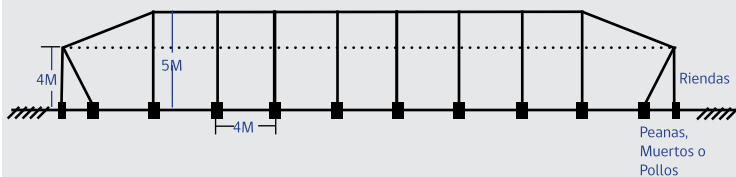
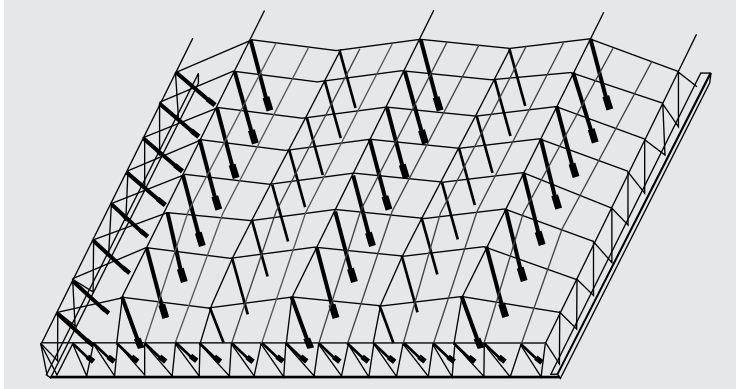


Figura 3: Vista general de la infraestructura con malla antiáfido.



Cuadro 6. Materiales necesarios para implementar 1 módulo de 2.500 m² de parrón cubierto con malla antiáfido.

Materiales	Unidad	Cantidad
Cabezal de perímetro		
Poste eucaliptus de 4" x 4,5 a 5 m	Unidad	48
Peana en ángulo cabezales	Unidad	48
Varas separadoras de 2" x 5 a 6 m	Unidad	40
Puntales levante malla		
Poste eucaliptus de 4" x 4,5 a 5 m	Unidad	143
Peana recta de puntal	Unidad	143
Anclaje cabezales de perímetro		
Alambre BWG N° 8 de (rollos de 25 kg)	Rollo	5
Alambre BWG sustento malla 17/15 (rollo de 50 kg)	Rollo	3
Manguera PE lineal 16 mm (1/2"). Rollo de 200 m	Rollo	1
Cubierta		
Malla anti vectores blanca 10 x 20 (incluida la cámara)	m ²	4.000
Cámara de seguridad (3 x 4 m)		
Poste eucaliptus de 4" x 4,5 a 5 m	Unidad	6
Peana recta de puntal	Unidad	6
Alambre BWG sustento malla 17/15 (rollo de 50 kg)	Rollo	0,2

3.3. Producción de tomates con plantas injertadas en Chile.

El Proyecto, tanto en la Región de Arica y Parinacota como en la Región de Valparaíso, específicamente en la zona de Quillota - Limache, trabajó con productores asociados, a los cuales se les prestó la asistencia técnica en los cultivos realizados en sus predios, a través de la implementación de Unidades Demostrativas (UD) de tamaño comercial. En la Región de Valparaíso, se trabajó con ocho productores, cuya superficie comercial fluctúa entre las 8 y 35 ha.

En estos predios además se establecieron Unidades Experimentales, donde se evaluaron aspectos específicos de las técnicas desarrolladas en el proyecto, entre ellas el cultivo con plantas injertadas en ciclo largo y ciclo corto.

En la Región de Arica Arica y Parinacota se trabajó con cuatro productores, ubicados en los Valles de Azapa y Lluta, donde las UD fueron de 0,25 a 1,0 ha, principalmente evaluando la producción de ciclo largo con plantas injertadas.

3.3.1. Cultivo de plantas injertadas en ciclo largo en los valles de la Región de Arica y Parinacota.

En los valles de la Región de Arica y Parinacota se puede cultivar tomate todo el año, debido a su condición climática, ya que no se presentan temperaturas que comprometan la producción. Su principal fortaleza es la posibilidad de producir tomates en la época invernal en volúmenes suficientes para abastecer los mercados de la zona central del país.

La temperatura media anual en los valles de Lluta y Azapa es similar, siendo en el Valle de Lluta de 18,4 °C, la máxima media anual es 27,7 °C y la mínima media anual es 9,3 °C y no hay heladas. Este clima favorece la producción de primores de cualquier especie (Albornoz *et al*, 2007).

Primero se debe planificar el objetivo de la producción, donde se debe elegir el portainjerto a utilizar, el cual por las características de la producción en la zona debe permitir cultivar ciclos largos, adaptándose a una condición, ya sea de suelos salinos o salino - sódicos y/o a aguas de las mismas características.

Se recomienda el uso de enmiendas orgánicas que permitan reducir el efecto de la salinidad, mejorando la estructuración del suelo. En estos valles se usan como fuentes de enmiendas orgánicas el compost y guanos de ave o de cordeiro. En suelos de texturas finas se recomienda el uso de alguna enmienda física que permita mejorar la permeabilidad, como Kieselgur o arena. Para suelos sódicos el uso de yeso agrícola es recomendable. El conjunto de estas medidas ayuda a mantener raíces activas durante el ciclo productivo.

El suelo en el que se va a trasplantar debe estar húmedo y permanecer así para reducir el estrés salino propio de estos suelos.

Establecimiento

Se establecen cultivos habitualmente desde enero hasta el mes de mayo. La separación entre plantas dependerá de la densidad de tallos por hectárea requeridos para llegar al rendimiento esperado, estableciéndose en la zona 0,80 a 1,20 plantas por m² con dos tallos o ejes por planta, es decir 1,60 a 2,40 tallos por m².

Para el trasplante de tomate injertado, se debe tener muy presente no enterrar la unión del injerto (patrón - variedad), quedando éste sobre la superficie del suelo (imagen 4), con ello se evita que en la zona de inserción pueda emitir raíces (franqueo) y con ello perder algunas características positivas del portainjerto como la tolerancia o resistencia a algunas enfermedades de suelo (Rodríguez, 2008). Si el cepellón queda sobre la superficie del suelo se corre el riesgo que la planta quede inestable, pudiendo caer tempranamente sobre la mesa de cultivo, además de dejar expuestas las raíces de la porción de cepellón no enterrado.

Los cuidados de riego de pre plantación deben garantizar una continuidad de humedad entre el cepellón y el suelo, permitiendo de esta manera que las raíces puedan explorar fuera del cepellón.

En términos sanitarios se deberá tener especial cuidado con el manejo del almácigo, por este motivo se realizan una serie de desinfecciones a las plantas que van a ser manipuladas, de manera de reducir la presión de plagas vectores de virosis y el contagio de enfermedades principalmente bacterianas.

Se recomienda la técnica de acolchado plástico para mantener mayor estabilidad del agua en el suelo, control de malezas y recibir los tallos de las plantas cuando sean bajadas.



Imagen 4. Establecimiento correcto de planta injertada. Notar unión de partes indicado por la pinza, lejos del suelo.

Técnicas de conducción y bajada de plantas

La planta del tomate se entutora mediante hilos de polipropileno (rafia), que se amarra a la zona basal de la planta mediante un nudo o clips, atándose al alambre de entutorado, que va sobre la línea del cultivo a una altura entre 1,8 m y 3,4 m, de preferencia con un gancho que permita descolgar con facilidad para el caso de ciclos largos con sistema de gancho y descuelgue.

Conforme la planta va creciendo, ésta se va liando o sujetando al hilo tutor mediante envoltura del tallo o anillos, hasta que la planta alcanza el alambre, lo cual en el ciclo largo ocurre en los primeros meses de invierno para la zona

de Arica. A partir de este momento hay que bajar la planta descolgando el hilo, lo que es una labor demandante de mano de obra, muchas veces extra a la que normalmente lleva el cultivo. Existe una variante de este tipo de sujeción, que comienza a imponerse, en el cual se usan ganchos metálicos con hilo enrollado en ellos, sistema de gancho y descuelgue o tipo holandés, para ir dejándolo caer por gravedad a medida que la planta va creciendo, sujetándola al hilo mediante clips (Gázquez *et al*, 2013). Cuando se usan clips se recomienda que sean de 25 mm de diámetro. Se colocan desde la base, luego se envuelve alrededor del tallo de la planta y a partir de tercer a cuarto racimo en altura, se instala un clips por cada racimo. Se debe cuidar que los clips queden ubicados entre hojas y no próximos al racimo, ya que puede dañarlo si se desplaza por la cinta garena.

En detalle, el sistema holandés consiste en que una vez que las plantas tengan cosechado hasta el segundo o tercer racimo y previo deshoje de todas las hojas hasta el racimo en cosecha, el encargado de las plantas descuelga el gancho ubicado en el emparronado y baja entre 40 y 60 cm cada eje de la planta. Mientras menos sea el largo de tallo bajado menos daño potencial se le hace a la planta, pero mayor necesidad de mano de obra se requiere por unidad de superficie.

Para llegar al alambre de conducción, el personal usa carros o zancos (ver imagen 5). Una persona con zanco o carros en una jornada laboral (8 horas) es capaz de bajar 8 a 12 mesas de cultivo de 30 m. Ver eficiencia de labores en cuadro 7.

Cuadro 7. Descripción de las actividades que se realizan en un ciclo largo de producción.

Labores*	Insumos	Quien realiza la actividad**	Eficiencia de labor por persona***
1. Establecimiento	Plantas injertadas	Encargado	1.200 plantas por día.
2. Preparación de ganchos (enrollar la cinta garetá)	Ganchos y cinta garetá	Externo	600 ganchos metálicos por día y 200 con gancho plástico.
3. Tumbar las plantas hacia cada lado	Manual	Encargado	4.000 plantas por día
4. Postura ganchos	Ganchos con la cinta garetá ya preparados	Externo	Con gancho metálico 3.000 ejes por día y con plásticos 1.500.
5. Primera postura de clips	Clips plásticos	Encargado	750 ejes por día.
6. Entutorado con clips, envoltura y desbrote	Clips plásticos	Encargado	1.500 ejes por día.
7. Arreglo de racimos	Manual	Encargado	2.500 ejes por día.
8. Despeje de racimos	Cuchillo	Encargado	Para el despeje de racimos 1 y 2, 2.130 ejes por día.
9. Despunte de seguimiento	Manual	Encargado	2.000 ejes por día.
10. Deshoje para bajar plantas	Cuchillo	Externo	a. 1.900 ejes por día.
	Cuchillo	Externo	b. 2.400 ejes por día.
	Cuchillo	Externo	c. 400 ejes por día.
	Cuchillo	Externo	d. 1.600 ejes por día.
11. Ubicar plantas para bajada	Zancos	Encargado	2.000 ejes por día

Cuadro 7. Descripción de las actividades que se realizan en un ciclo largo de producción.

Labores*	Insumos	Quien realiza la actividad**	Eficiencia de labor por persona***
12. Bajada de plantas	Zancos	Encargado	1.100 ejes por día primera bajada (5º racimo en cosecha y 8º racimo en antesis) y 2.000 ejes por día la segunda
13. Cosecha primera semana	Manual	Encargado	100 gamelas por día
14. Cosecha desde primera 9º racimo	Manual	Externo	100 gamelas por día
15. Despunte definitivo con 14 racimos por eje.	Manual	Encargado	2.000 ejes por día
16. Racimo 10 al 14	Manual	Encargado	100 gamelas por día

*Descripción de las labores del cuadro 7:

1. Establecimiento: Plantar con una hilera al centro de la mesa de acuerdo a la densidad de plantas calculada.
2. Preparación de ganchos: Enrollar la cinta garetta o rafia en el gancho que se sujeta en el alambre de conducción, dejando cinta libre para conducir la planta. Hay oferentes que venden preparado el gancho con la cinta garetta.
3. Tumbar las plantas: Orientar las plantas hacia cada lado de la mesa, de manera de simular tener dos hileras. Los dos brazos van hacia un mismo lado. Esta labor se realiza cuando el segundo eje se obtiene de la axila de la hoja inmediatamente bajo el primer racimo del eje principal.

4. Postura de ganchos: Colgar los ganchos en el alambre de conducción entre cada punto de plantación, dejando colgando la cinta garetta del largo equivalente a la longitud desde el alambre de conducción al suelo.
5. Primera postura de clips: Colocar el primer clip bajo la segunda hoja del primer racimo, que equivale a la amarra, luego se envuelve el tallo una vez y se coloca el segundo clip. Debe ser bajo hoja madura, no tierna.
6. Entutorado con clips o envoltura y desbrote: Conducir la planta usando la cinta garetta como soporte de orientación vertical, manteniendo el eje libre de brotes axilares de más de 5 cm.
7. Arreglo de racimos: Dejar una cantidad predeterminada de frutos por racimo. Se trabaja máximo a cinco frutos, pero se debe reducir este número desde el sexto racimo a cuatro por racimo. Lo recomendable es trabajar siempre a cuatro frutos por racimo para ciclos largo si se busca mantener calibre grande.
8. Despeje de racimos: Sacar la hoja que no permite la llegada de luz, una por cada racimo. Se prefiere la hoja central entre cada racimo.
9. Despunte de seguimiento: Despuntar la planta, quitando su ápice principal, pero dejando el brote axilar de la hoja inmediatamente bajo el racimo que continuaba. Quedan siete hojas para el siguiente racimo. Esto se hace para tener tiempo de realizar las labores necesarias para bajar las plantas o si se produce una baja de vigor de las plantas, lo que podría ocurrir entre el séptimo y noveno racimo.
10. Deshoje para bajar las plantas: Sacar las hojas cortando en la base de ellas, con un cuchillo con bastante filo, de manera de realizar un corte limpio. El cuchillo debe desinfectarse con frecuencia, de preferencia cada diez plantas. Los momentos: a) primer deshoje bajo el primer racimo; b) segundo, bajo el tercer racimo; c) bajo el séptimo racimo; d) bajo el décimo racimo.
11. Ubicar las plantas para bajada: Mover los ganchos de conducción de su posición unos 20 cm para orientar las plantas en la bajada de la semana siguiente. Se puede evitar si se colocan los ganchos de conducción para que la cinta garetta forme una diagonal, entre la base de la planta y el gancho.

12. Bajada de plantas: Soltar el gancho de conducción, dar 60 a 70 cm de cinta libre y volver a colocar el gancho a 60 – 70 cm de su posición original. El tallo debe quedar sobre la mesa, no en el pasillo.

13.14. Cosecha: Retirar los frutos con color de cosecha para ser llevados a proceso.

15. Despunte definitivo: Despuntar dejando tres hojas sobre el último racimo.

****Encargado:** Se refiere a la persona especializada en manejo cultural de tomate y que tiene asignada una determinada cantidad de plantas a su cargo, lo cual varía entre 6.500 a 10.000 unidades, dependiendo de la época de cultivo y la capacidad de trabajo individual; Externo, se refiere a personal contratado para faena específica, constituyendo un costo variable para la empresa.

*****Gamela:** se refiere a una caja cosechera de 21 kg de tomates.

Los trabajadores encargados de bajar las plantas deben hacerlo utilizando carros que les confieran la altura necesaria para trabajar de manera cómoda o mediante el uso de zancos. Los pasillos deben estar nivelados, para facilitar dicha operación (ver imagen 5).



Imagen 5. Cultivo de tomate en ciclo largo. Uso de zancos para amarrar las plantas al alambre de conducción.

Los tallos van quedando tendidos sobre el acolchado de la mesa de cultivo a lo largo de ésta, procurando que no quede en contacto directo con el suelo ni el tallo ni los racimos de frutos, para lo cual se recomienda mantener el raquis de los racimos cosechados. Sin embargo, el manejo de esta labor comienza antes, al entutorar las plantas deben ir dejándose inclinadas con la misma dirección y sentido con que posteriormente se bajarán (Gázquez *et al*, 2013).

La idea es rodear completamente un tutor de guía en la cabecera de cada mesa con los tallos tendidos sobre el acolchado. Con el fin de que los tallos se mantengan en cada extremo de la mesa bien ubicados y no tiendan a irse hacia adentro, se instala un tutor en cada extremo de la mesa de cultivo.

En las imágenes 6a y 6b se puede ver cómo queda el cultivo con un par de bajadas de las plantas.



Imagen 6a. Bajada de plantas en un parrón de la Región de Arica y Parinacota con ciclo largo.



Imagen 6b. Bajada de plantas en cultivo de ciclo largo en Quillota, Región de Valparaíso.

En las imágenes 7, 8 y 9 se describe el uso de clips y en la imagen 10 el uso de ganchos para la conducción de las plantas.



Imagen 7. Injerto ciclo largo (2 ejes): Clips ubicado en la base de cada eje.



Imagen 8. Injerto Ciclo largo: Clips puestos a lo largo del tallo.



Imagen 9. Postura de clips: a) instalación correcta clips, b) instalación incorrecta clips.



Imagen 10. Cultivo con plantas injertadas con gancho metálico en la zona de Quillota, Región de Valparaíso.

Despunte de seguimiento

El despunte de seguimiento se realiza cortando el ápice de crecimiento bajo un racimo con flores cerradas y dejando el brote axilar que nace en la axila de la hoja ubicada inmediatamente bajo el racimo que se eliminó junto con el ápice (ver imagen 11). De esta manera se produce un “descanso” en la planta, disminuyendo la competencia que produce el crecimiento vegetativo del ápice sobre el crecimiento de los frutos que falta que alcancen el calibre comercial buscado, y logrando que el brote que continúa el crecimiento vegetativo logre un vigor superior al que reemplaza. La consecuencia práctica de esta labor es que se gana tiempo para la labor de bajada de planta, permitiendo un mejor aprovechamiento de la mano de obra.

De este nuevo ápice de crecimiento se generarán cuatro hojas antes de producir un primer racimo, que se suman a las tres hojas del tallo inicial, por lo que entre el último racimo del eje primario y el primer racimo del eje de seguimiento se tendrán siete hojas. Esto conlleva que durante un período de tiempo no se obtendrá cosecha, que suele ser de un par de semanas para luego retomar con el inicio de cosecha del primer racimo del eje de seguimiento.



Imagen 11. Cultivo plantas injertadas de ciclo largo, despunte de seguimiento.

Riego y nutrición

El manejo de riego y nutrición en la Región de Arica y Parinacota, debe considerar las características de salinidad en agua y/o en el suelo, mayores a lo que normalmente se encuentra en las zonas cultivadas del centro del país. Es por esta razón que la frecuencia de riego es mayor, regándose dos y hasta tres veces por día, con cantidades crecientes de volúmenes de agua, habitualmente de 15 a 45 m³ por día. Durante la época invernal, debido a la menor demanda de agua se debe regar con menor cantidad de pulsos por día, evitando que el aire del suelo sea desplazado por agua en exceso que reduce el potencial de rendimiento.

Poda de hojas

Se recomienda realizar un primer deshoje cuando la planta ya ha cuajado el segundo racimo, de manera de reducir la susceptibilidad a Oidio, enfermedad que prevalece en esta zona. Siempre se debe dejar al menos una hoja bajo el racimo que no ha logrado calibre comercial en sus frutos. Posteriormente el deshoje se recomienda para bajar las plantas (ver imagen 12). Siempre se debe mantener entre 12 y 15 hojas activas por tallo para no comprometer vigor.

La eliminación de hojas debe contemplar las medidas sanitarias necesarias para disminuir el riesgo de enfermedades bacterianas y fungosas que pueden ingresar por la herida y manipulación de las plantas. El corte de la hoja se debe hacer con cuchillo a ras del tallo, sin dejar ninguna protuberancia y se deberá pintar la herida con una pasta fungicida inmediatamente. El cuchillo utilizado debe ser siempre desinfectado (Camacho *et al*, 2009).



Imagen 12. Cultivo de plantas injertadas en ciclo largo. Poda de hojas para bajar plantas.

3.3.2. Cultivo con plantas injertadas de ciclo corto en la zona central

Plantación

Se recomienda los mismos manejos descritos para el ciclo largo en la zona norte (imágenes 13 y 14), Región de Arica y Parinacota, salvo que en la zona central se debe tener precaución con que las líneas de riego queden retiradas del cuello de las plantas, debido a que aumenta la susceptibilidad al ataque de enfermedades fungosas, en especial de hongos del grupo de *Oomycetes*, como *Phytophthora parasitica*. Para lograrlo, además se requiere mantener sin riego algunos días pos trasplante. Las cintas de riego no deben estar ubicadas a menos de 10 cm de las plantas en suelos arenosos ni menos de 15 cm en suelos arcillosos.



Imagen 13. Plantación cultivo de tomates en zona de Quillota, Región de Valparaíso.



Imagen 14. Establecimiento de planta injertada para ciclo corto en Quillota, Región de Valparaíso.

Se recomienda la utilización de la técnica de acolchado, la cual se utiliza desde los años ochenta en la zona central, buscando preferentemente el control de malezas y aumento de temperatura de suelos.

Densidades de establecimiento

En las experiencias realizadas en cultivo primor (Unidades experimentales con ensayos de densidades), en la Región de Valparaíso, específicamente en la zona de Quillota y Limache se evaluaron distintas densidades de plantación en esta fecha de cultivo con plantas injertadas y francas usando 3 y 4 ejes por planta.

En Limache se evaluaron 26.000, 23.000 y 20.000 ejes por hectárea con plantas francas como testigo e injertadas. En Quillota se evaluaron densidades de 25.000, 23.000 y 20.000 ejes por hectárea, con plantas francas e injertadas (ver resultados en punto 3.7.1.).

Los resultados obtenidos de las experiencias locales de las Unidades Demostrativas productivas, como es el caso de Quillota con plantas injertadas (Maura sobre Brigeor), plantadas el 14 de agosto de 2012, con una densidad de 24.000 ejes por ha con 4 ejes por planta se obtuvo un rendimiento de 132 t ha⁻¹ con un promedio de 7,5 racimos por eje.

En plantaciones de cosechas en verano la densidad para ciclo corto se maneja entre 26.000 y 30.000 plantas o ejes por hectárea. En cosechas de otoño la densidad de plantación en ciclo corto de un cultivo es de 25.000 a 26.000 plantas por hectárea para plantaciones hasta mediados de enero, luego de esta fecha se recomienda bajar la densidad a 24.000 a 23.000 plantas por hectárea. El Proyecto recomienda usar densidades de 23.000 a 25.000 ejes por hectárea en cultivos de otoño, primor y primavera en la zona central, con 3 o 4 ejes por planta. Esta recomendación considera la menor disponibilidad de mano de obra especializada que es realidad en la producción de la zona central.

Técnicas de conducción

En el caso de un cultivo de ciclo corto injertado, se amarra cada eje como si fuese una planta individual, puede utilizarse cinta garetá o incorporar el uso de clips de polietileno de 25 mm de diámetro, para amarrar la cinta garetá en la base de la planta y luego continuar envolviendo (ver imagen 15 y 16).



Imagen 15. Injerto ciclo corto (4 ejes): Cada eje amarrado desde la base con cinta garena negra.



Imagen 16. Cultivo de plantas injertadas a cuatro ejes.

Riego y nutrición

El riego de plantas injertadas en la zona central de Chile considera que gran parte de los portainjertos, confieren un mayor vigor a la planta injertada. Es por esto, que para no exacerbar el vigor de las plantas, se debe esperar tensiones de riego superiores a las usadas en plantas francas para regar, claro que dependerá de cada caso en particular: tipo de suelo, época de cultivo, portainjerto y variedad usada entre otros. Se riega con tensiones de 15 a 20 cb medida a 20 cm de profundidad, aportando un volumen tal de riego que logre bajar la tensión a 10 cb. Se miden tensiones dos veces al día en época estival y si es necesario se riega dos veces en el día para mantener las tensiones entre 10 y 15cb.

En cuanto a la nutrición de los cultivos injertados, se ha utilizado el método de fertilización balance materia cero, el cual consiste en equilibrar los aportes

de nutrientes tanto de cationes como aniones según los requerimientos del cultivo de acuerdo a su desarrollo fenológico (cuadro 8).

En el cultivo de ciclo corto mantener el vigor de la planta se logra con manejos similares al cultivo de planta franca a un eje. El uso de métodos de control de la nutrición del cultivo como los basados en las mediciones de conductividad eléctrica y nivel de nitrógeno en la solución de suelo, medido mediante el uso de lisímetros de succión es recomendable.

Cuadro 8. Soluciones nutritivas en cultivo de tomate, expresada en mmol L^{-1} de cada ión

Estado fenológico	NO_3^-	$\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$	SO_4^{-2}	K^+	Ca^{+2}	Mg^{+2}
Desde plantación a floración de segundo racimo.	5	2,5	2,5	5	4	2
De 2º a 5º racimo.	6	2	2	7,5	6	2
De 6º a 10º racimo.	8	1,5	1,5	8,5	5	2
Desde 11º racimo a final del cultivo.	8	1,5	1,5	7	4	2

(Fernández y Camacho, 2008)

Poda de hojas

La eliminación de hojas en los cultivos es una labor que se realiza para disminuir vigor en las plantas sobre vigorizadas, también para que les llegue luz indirecta a los frutos de tomate y se puedan desarrollar mejor, alcanzando un mayor calibre; además mejora la ventilación de la planta al disminuir la densidad foliar, reduciendo con ello el riesgo de enfermedades fungosas. El deshoje además contribuye a apurar la maduración de los frutos y se reduce la humedad ambiente, producto de la menor transpiración.

En las plantas injertadas de ciclo corto se eliminan las primeras hojas en la base de los tallos (ver imagen 17), dejando solamente de una a dos hojas bajo el primer racimo, facilitando la ventilación de la zona basal de la planta.

El posterior deshoje se va realizando en la medida de los requerimientos de los cultivos, cuando el racimo floral está cuajando se elimina la segunda hoja entre racimos, despejando así el racimo aladaño (ver imagen 18).



Imagen 17. Cultivo de plantas injertadas a ciclo corto. Poda de hojas basales.



Imagen 18. Cultivo de plantas injertadas. Poda de hoja para despejar racimo.

La eliminación de hojas debe contemplar las medidas sanitarias necesarias para disminuir el riesgo de enfermedades bacterianas y fungosas que pueden ingresar por la herida y manipulación de las plantas. En cualquier época, pero en especial si hay bajas temperaturas y alta humedad relativa, el corte de la hoja se debe hacer con cuchillo, a ras del tallo, sin dejar ninguna protuberancia y se deberá pintar la herida con pasta fungicida inmediatamente. El cuchillo utilizado debe ser continuamente desinfectado.

3.4. Profilaxis para la producción

La vulnerabilidad al ataque de enfermedades del sistema de producción de tomates debido a la manipulación permanente de las plantas es muy alta, ya sean cultivos injertados o provenientes de plantas francas. Sin duda el uso de plantas injertadas aumenta esta vulnerabilidad, debido a la manipulación que sufren en las plantineras para su obtención.

Las medidas profilácticas para todo cultivo de tomate comienzan con tratar de prevenir el ingreso de patógenos desde el exterior, para ello se instalan pediluvios con productos bactericidas. Los productos comúnmente utilizados son sulfato de cobre, sales de amonios cuaternarios o similares. Para el lavado de manos se utilizan recipientes que contienen dilución yodada, los que se encuentran a la entrada de cada sector y además cada encargado de planta debe tener uno instalado al comienzo de cada mesa de cultivo donde está trabajando.

Sin duda la mayor prevención está dada por la capacitación de las personas que trabajan en los cultivos, para que reconozcan las enfermedades, sepan de sus consecuencias y de las medidas preventivas. Si personas que trabajan el cultivo no están capacitadas es muy difícil que diariamente cumplan con las medidas profilácticas, especialmente cuando no hay supervisión directa.

La utilización de mallas antiáfidos bordeando todo el contorno en los cultivos de tomate, ayudan en la delimitación de las zonas de cultivos y facilita el ingreso a ellas por lugares determinados, lo que beneficia la implementación de medidas tendientes a evitar la entrada de patógenos al cultivo.

3.5. Descripción de las principales enfermedades asociadas al cultivo de plantas injertadas de tomate en Chile.

Las enfermedades aéreas más comunes en el cultivo de tomate son las causadas por hongos: *Botrytis cinerea*, *Fulvia fulva*, *Erysiphe polygoni*, *Leveillula taurica*, *Sclerotinia* y *Alternaria solani*. Las bacterias que causan enfermedades en tomate, que están descritas en Chile son: *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*, *Pseudomonas corrugata* y *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Estay y Bruna, 2002). Esta última también puede ser considerada de suelo por sobrevivir en el suelo por varios años y moverse a través del xilema, floema, médula y corteza de las plantas (ver imagen 19).



Imagen 19. Planta injertada con síntomas de Cancro bacteriano (Cmm).

Cuando se cultiva en invernadero con cubierta de polietileno, que cuenta con estructuras de ventilación, el manejo de las enfermedades aéreas está relacionado directamente con el manejo climático. Se efectúa la ventilación tendiente a modificar la humedad relativa del ambiente, lo cual es la base de un sistema de control de enfermedades aéreas. Reducir el exceso de humedad ambiental en época invernal es uno de los desafíos para el control de enfermedades. En zonas donde se cultiva con malla antiáfido las medidas de modificación ambiental están dadas principalmente por la fecha de plantación y la densidad de plantación.

Se recomienda la prolijidad en las labores, tales como no botar restos del cultivo a los pasillos; utilizar bolsas de polietileno para el retiro de restos de cultivo de los invernaderos; desinfección de manos y herramientas de trabajo ante cada hilera de cultivo; no dejar restos de tejido senescentes adosados a las plantas; no dejar tocones (restos de pecíolos o porciones de tallos) al sacar las hojas o brotes; hacer aseo de tejidos ya infectados con los patógenos como en el caso de presencia de *botrytis*, donde se deben eliminar todos los tejidos con síntomas de la enfermedad para limitar su dispersión en el cultivo.

El uso de fungicidas o bactericidas de modo preventivo ante la presencia de condiciones predisponentes de las enfermedades y/o sospecha de la presencia del patógeno, también es una herramienta a utilizar. En el caso de uso de fungicidas o bactericidas debe de considerarse en su uso el tiempo de reingreso de los trabajadores a su área del cultivo, así como también la carencia de los plaguicidas usados (tiempo transcurrido de la última aplicación a la cosecha) de manera de cumplir los límites máximos permitidos de residuos de plaguicidas de acuerdo a la normativa nacional.

En el caso de las enfermedades de suelo del cultivo de tomate, los agentes causales son además de nematodos del género *Meloidogyne* (ver imágenes 20 a 23), *Verticillium albo-atrum*, *Verticillium dahliae* (ver imagen 24), *Fusarium oxysporum* fsp *lycopersici*, *Fusarium oxysporum* fsp *radicis lycopersici*, *Pyrenochaeta lycopersici*, *Rhizoctonia solani* y *Phytophthora parasitica* entre los hongos más comunes (Estay y Bruna, 2002).



Imagen 20. Planta injertada afectada por nematodo del género *Meloidogyne*



Imagen 21. Cultivo de plantas injertadas de tomate. Izquierda plantas con disminución de vigor por presencia de nematodos.



Imagen 22. Cultivo de plantas injertadas. Plantas adultas con síntomas de ataque de nematodos.



Imagen 23. Raíces de planta injertada muy afectadas con nematodo agallador.



Imagen 24. Cultivo injertado con síntomas de Verticilosis.

En las Unidades Demostrativas implementadas en Limache con cultivos injertados de ciclo largo y corto hubo problemas importantes de nematodos en el suelo. Este problema limitó el ciclo largo del cultivo en uno de los casos, no pudiéndose llegar a 14 racimos como se programó, sino que sólo de siete a ocho racimos por eje. En el cultivo de ciclo corto disminuyó considerablemente el vigor de las plantas. Se ha comprobado en las experiencias de campo realizadas por el proyecto, que los portainjertos usados no son por sí solos capaces de sobrellevar un ataque severo de nematodo agallador, constituyendo una de las principales limitantes para el uso de las plantas injertadas, por lo que se debe usar una estrategia integrada de control de estos organismos, de manera de proteger las raíces de su daño, sobre todo al aumentar las temperaturas de suelo sobre los 28 °C, donde se rompe la resistencia genética de la mayoría de los portainjertos comercialmente disponibles en el país.

El manejo de estas enfermedades se basó principalmente en la fumigación del suelo, históricamente realizada con Bromuro de Metilo y Cloropicrina. El Proyecto ha considerado que a partir de la eliminación del Bromuro de Metilo comienza un cambio profundo en la forma de enfrentar las plagas del suelo. Esto implica necesariamente un cambio en el modelo productivo, antes basado en el uso de Bromuro de Metilo, en el futuro cercano en la integración de técnicas, principalmente con el uso de plantas injertadas, la técnica de biodesinfección y el desarrollo de la técnica de *big plant*.

En este último punto los viveros comerciales están llamados a desarrollarla y los productores con mayor capacidad técnica podrán terminar sus plantas en sus predios, pasando las plantas de alveolo pequeño recibidas del vivero al alveolo grande.

3.6. Manejo de plagas

Las principales plagas del cultivo del tomate son *Trialeurodes vaporariorum*, conocida como mosquita blanca de los invernaderos y *Tuta absoluta* (polilla del tomate). Existen otras plagas que afectan al cultivo pero su importancia es menor, entre ellas pulgones (*Myzus persicae*, *Aphis* sp), ácaros (*Aculops lycopersici*), trips (*Frankliniella occidentalis*) y minadores (*Liriomyza* sp) (Estay y Bruna, 2002). El mayor daño es provocado en la zona norte, Región de Arica y Parinacota por las plagas como pulgones, trips y mosquita blanca es la transmisión de virus que pueden comprometer seriamente el cultivo. En esta zona

está documentada la presencia de *Bemisia tabaci* que transmite agentes virales de grupo de los Begomovirus (Rosales *et al*, 2011).

En la zona central del país, el mayor problema generado por *Trialeurodes vaporariorum* (mosquita blanca) es la producción de mielecilla y posterior aparición de fumagina, lo que disminuye la fotosíntesis de las plantas cuando están en las hojas y causa detrimento comercial de los frutos. Además esta plaga genera daño directo al cultivo al succionar savia de la planta (Rosales *et al*, 2011), con ello existe la posibilidad de transmisión de virus al cultivo. Tanto los adultos como los estadios juveniles (ninfas) son los responsables de la producción de mielecilla (Estay y Bruna, 2002).

El estado juvenil de *Tuta absoluta* o polilla del tomate, es el causante del daño asociado a esta plaga. La larva vive en el mesófilo de la hoja alimentándose continuamente, creando galerías tras su paso. También es capaz de atacar el fruto, al oviponer la hembra en los sépalos de las flores, luego la larva nace e ingresa al interior del fruto haciendo galerías y dañando su valor comercial. Por último, también suele ubicarse en el ápice de las plantas dañando el centro de crecimiento (Estay, 2000).

En el manejo del cultivo de ciclo largo de una de las Unidades Demostrativas de la zona de Quillota, Región de Valparaíso, hubo problemas importantes en el control de *Tuta absoluta* (polilla del tomate, imagen 25) y de *Aculops lycopersici* (ácaros, imagen 26), en la parte alta del cultivo, al no pulverizarse de manera adecuada con los insecticidas la zona de las plantas donde se localizaba la plaga, situación que quedó en evidencia al bajar las plantas. Posteriormente se realizaron mejoras en los equipos de desinfección, logrando solucionar el problema.



Imagen 25. Daño de polilla del tomate *Tuta absoluta* (polilla del tomate) en los folíolos.



Imagen 26. Ejemplo de daño de *Aculops lycopersici* (ácaros), en plantas de tomate.

El control de las principales plagas del tomate en invernadero está basado en crear una barrera física entre las plagas y el cultivo, para esto se utilizan mallas antiáfidos 16x10 hilos/cm² (40 mesh) en la zona central del país y 20x10 hilos/cm² (50 mesh) en la zona norte, Región de Arica y Parinacota. Se debe tener en cuenta, que a mayor número de mesh mayor es la dificultad que se crea en la ventilación de los invernaderos. No obstante, como el objetivo es dejar fuera a *Trialeurodes vaporariorum* (mosquita blanca) o *Bemisia tabaci* en el caso de la Región de Arica y Parinacota, un menor número de hilos/cm² o de mesh no cumple con el objetivo.

La existencia de feromonas para *Tuta absoluta* (polilla del tomate) abrió la posibilidad de monitorear esta plaga (Estay, 2000).

En Chile actualmente no existe comercialmente el control biológico de plagas en la horticultura, al no contar con abastecimiento continuo y suficiente para implementar este tipo de control. Si bien se sabe que existen controladores biológicos para ambas plagas y que son controladas con éxito en otras zonas productoras de tomate y otras especies hortícolas en el mundo.

El control de la *Tuta absoluta* (polilla del tomate) es mayoritariamente químico, con productos de diversos tipos que eliminan la larva ubicada al interior de la hoja. En la actualidad, en el mercado existen plaguicidas con baja carencia que pueden ser utilizados durante el período de cosecha.

Para el control de *Trialeurodes vaporariorum* (mosquita blanca) se trabaja en época de cosecha con jabones potásicos y detergentes para el control de adultos, y plaguicidas químicos para el control de ninfas utilizadas preferentemente antes de iniciada la cosecha.

La utilización de abejorros (*Bombus terrestris*) para la polinización de las flores de tomate, causó un reordenamiento de los productos plaguicidas utilizados, en pos de cuidar la viabilidad de estos insectos.

3.7. Análisis de la producción con plantas injertadas: revisión de casos del Proyecto

Durante el año 2011, primer año de ejecución del proyecto, se establecieron cuatro Unidades Demostrativas en la zona de Quillota y Limache, Región de Valparaíso, con cultivos de plantas injertadas de tomate para ciclos largos. Los resultados de ese primer año demostraron que es posible obtener un cultivo con el doble de racimos que un cultivo de ciclo corto. Se cumplió con los ob-

jetivos del proyecto al obtener cerca de 240 t ha⁻¹ de producción con 80 % de calibre sobre 7 cm de diámetro ecuatorial (cuadros 9a y 9b), en dos de los predios. En las otras dos Unidades Demostrativas no se logró este objetivo. La razón fue principalmente a que la altura del alambre de conducción fue baja, menos de 2,2 m de altura para el sistema de conducción holandés utilizado. Esta altura de los alambres de conducción representa la realidad de la zona de Quillota y el resto de las zonas productoras de tomate que cultiva bajo polietileno, donde incluso se presentan alturas menores. Hay evidencia de la construcción de invernaderos en la zona de Quillota con alturas de alambre superiores a los 2,6 m, pero no representan la mayoría de la superficie, estimándose que no superan las 30 ha actualmente.

La altura de los invernaderos limita seriamente la posibilidad de hacer ciclos largos de producción con el sistema de gancho y descuelgue tradicional. La baja altura de los invernaderos lleva a que tampoco sea factible levantar los alambres de conducción, por lo que el desarrollo de los ciclos largos está condicionado por el cambio en la estructura de los invernaderos.

La zona de Quillota, Región de Valparaíso, abastece con producción de tomate al mercado de la Región Metropolitana diez de los doce meses del año. Los ciclos largos de producción podrían funcionar en la zona central por una limitación climática solo desde agosto a mayo, con cosechas que se extienden desde diciembre a mayo, por lo que no podría abastecerse con este sistema todos los meses que requiere tomates el mayor centro consumidor del país, la Región Metropolitana. Así se suman dos condicionantes al crecimiento de los ciclos largos de producción, por un lado la realidad de las estructuras de los invernaderos y por otro, la necesidad de abastecimiento del mercado gran parte del año. Sin embargo, resulta interesante en predios que abastecen mercados más exigentes en calidad durante la época estival, reduce el costo de plantas, de preparación de suelo, pero requiere mano de obra adicional en una época especialmente limitante, donde la cosecha debe ser realizada por temporeros.

De la experiencia de las unidades demostrativas que fueron establecidas en campos de productores asociados al proyecto, se destacan las siguientes conclusiones respecto del manejo de cultivos con plantas injertadas:

- Para hacer un ciclo largo de producción con más de 14 racimos se recomienda una altura de alambre de conducción de mínimo 2,6 m de altura, cuyo objetivo es lograr cosechar 2 racimos completos antes de bajar las plantas. Lo ideal es haber cosechado 3 racimos completos antes del primer descuelgue de la rafia de conducción.

- Mientras mayor altura se tenga del alambre de conducción, se tiene un rango de tiempo mayor para poder bajar las plantas sin que sus ápices de crecimiento superen la altura del alambre. Cada vez que ocurre esto se corre el riesgo de quebrar el tallo y perder el eje. Es habitual encontrar en la Región de Arica y Parinacota, estructuras con alambres de conducción incluso con alturas no mayores de 2,2 m. Si se realiza ciclo largo en esta condición se necesita mayor cantidad de mano de obra porque se tiene menos tiempo para realizar esta labor.
- La densidad no debería superar los 2,5 tallos por m². Mientras mayor cantidad de ejes se incrementa la competencia por luz, la ventilación del follaje se reduce, los calibres de la fruta tienden a disminuir, se dificulta el obtener mayor cantidad de racimos por eje, mayor es la predisposición a enfermedades fungosas y se necesita mayor cantidad de mano de obra.
- El manejo llamado “despunte de seguimiento” permite mantener o recuperar el vigor de la planta. Este puede verse disminuido ya a partir del séptimo, octavo o noveno racimo, debido a la carga de fruta que tiene la planta a esa altura. Esta carga es máxima justo antes del inicio de la cosecha del primer racimo. Un factor adicional que puede reducir el vigor se refiere al deshoje severo que se realiza para poder bajar las plantas, ya que se altera la actividad radicular, afectando negativamente el vigor de las plantas. Otros factores que afectan son el ataque de microorganismos patógenos de suelo o una alta carga de fruta por racimo.
- Se puede evitar el despunte de seguimiento si se eligen portainjertos de mayor vigor y se realiza un buen manejo del riego y la nutrición en un suelo que permita mantener un sistema radicular activo durante el largo período del cultivo, donde la preparación de suelo es un aspecto fundamental en el logro de este objetivo.
- En la experiencia de cultivo de ciclo largo en las Unidades Demostrativas en la Región de Valparaíso se puso en evidencia unos de los mayores problemas que afecta a este sistema de cultivo, el mayor y oportuno requerimiento de mano de obra. En las dos Unidades Demostrativas productivas bajo este sistema (Quillota – Limache, Región de Valparaíso) hubo inconvenientes a raíz de este motivo. En Limache se tomó la decisión de no continuar con el cultivo para ciclo largo, y dejarlo con 7 a 8 racimos, debido a la falta de mano de obra y grave infestación con nematodos. En Quillota se mantuvo el ciclo largo, sin embargo el gran atraso en la labor de bajada de plantas

trajo como consecuencia disminución de vigor de las plantas y un aumento poblacional de plagas difícil de controlar ubicadas en el extremo superior, por la dificultad de llegar con la aspersión a la parte alta de las plantas.

- El personal extra que se requiere en los cultivos de ciclos largos con densidades de plantación de más de 20.000 ejes por ha, en ciclo largo es para las labores de deshoje y bajada de plantas. Estos trabajos requieren mayor cantidad de mano de obra en menos tiempo, conforme más baja es la altura del alambre de conducción. Se recomienda que para hacer ciclos largos el alambre de conducción esté por lo menos a 2,6 metros de altura, de manera de llegar al alambre con 11 racimos y realizar dos bajadas de planta en un ciclo de 14 racimos.
- En la zona de Quillota - Limache, Región de Valparaíso, hay cerca de 700 ha físicas, de invernadero para producción de tomates, habitualmente con dos ciclos cortos de 6 a 8 racimos, por lo que el uso de las plantas injertadas debe adaptarse a esta realidad. Se debe considerar que a pesar de no contar con datos estadísticos que lo respalden, existe según la experiencia local, limitantes de disponibilidad de mano de obra especializada en los manejos culturales propios del cultivo, aparte de la mano de obra temporal de verano.
- La producción en invernadero puede adaptarse a limitantes de cantidad de mano de obra, reduciendo por ejemplo las densidades de plantación. El proyecto llevó a cabo ensayos para evaluar la productividad bajo de diferentes densidades de plantación en diferentes épocas de producción.
- Para poder amortizar el costo de una planta injertada en un ciclo corto debe buscarse la obtención de más de dos ejes por planta. En la experiencia local, el hacer cultivos a tres o cuatro ejes resulta ser una muy buena alternativa productiva. Esta práctica se ha realizado en las distintas épocas de producción, pero tienen un atraso en la entrada en cosecha de dos semanas promedio respecto de la misma fecha de trasplante de una planta franca. Si se considera que se hacen dos cultivos por año, se perdería un mes de cosecha efectiva, lo que reduce las posibilidades. Lo anterior considera el plantín que se hace en alveolos que van de los 20 a 30 cm³ de capacidad. Para lograr reducir esta menor precocidad, el uso de *Big Plant* con cuatro brotes crecidos resulta ser una posibilidad productiva muy interesante de desarrollar, buscando producir al menos dos racimos más en un ciclo productivo corto.

Cuadro 9a. Resultados económicos y costos asociados a la instalación de las Unidades Demostrativas de plantas injertadas para ciclo largo en la zona de Quillota, Región de Valparaíso, temporada 2011-2012. Valores nominales en pesos chilenos a diciembre 2012.

Item	Identificación Unidad Demostrativa (UD)			
	UD 1	UD 2	UD 3	UD 4
Depreciación estructura	\$ 3.200.000	\$ 3.200.000	\$ 3.200.000	\$ 3.200.000
Materiales de construcción	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000	\$ 1.700.000
Cubiertas plásticas	\$ 4.416.000	\$ 4.416.000	\$ 4.416.000	\$ 4.416.000
Plantas injertadas	\$ 6.247.500	\$ 5.997.600	\$ 5.997.600	\$ 5.967.600
Mano de obra directa	\$ 9.000.000	\$ 8.400.000	\$ 5.760.000	\$ 9.000.000
Mano de obra adicional *	\$ 2.940.000	\$ 1.800.000	\$ 2.784.000	\$ 2.700.000
Mano de obra indirecta	\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 20.000
Fertilizantes	\$ 2.183.129	\$ 1.200.000	\$ 2.800.000	\$ 2.260.902
Bioestimulantes	\$ 436.000	\$ 240.000	\$ 700.000	\$ 452.000
Plaguicidas	\$ 2.000.000	\$ 1.900.000	\$ 3.431.000	\$ 2.100.000
Costos indirectos	\$ 300.000	\$ 300.000	\$ 300.000	\$ 300.000
Abejorros	\$ 480.000	\$ 400.000	\$ 480.000	\$ 480.000
Maquinaria y combustibles	\$ 480.000	\$ 480.000	\$ 480.000	\$ 480.000
Electricidad	\$ 60.000	\$ 60.000	\$ 60.000	\$ 60.000
Honorarios	\$ 115.000	\$ 115.000	\$ 115.000	\$ 115.000
Costos de proceso paking	\$ 4.720.000	\$ 3.400.000	\$ 4.700.000	\$ 4.000.000
Total Costos	\$ 38.298.254	\$ 33.628.600	\$ 36.943.600	\$ 37.281.683
Ingreso (260 pesos por kg)	\$ 61.360.000	\$ 44.200.000	\$ 61.100.000	\$ 52.000.000
Resultado Neto	\$ 23.061.746	\$ 10.491.400	\$ 24.156.400	\$ 14.718.317

Cuadro 9b. Resultados productivos de las Unidades Demostrativas de plantas injertadas para ciclo largo en la zona de Quillota, Región de Valparaíso, temporada 2011-2012. Valores nominales en pesos chilenos a diciembre 2012.

Detalles del cultivo	UD 1	UD 2	UD 3	UD 4
Rendimiento (t ha ⁻¹)	236	170	235	200
Utilidad por kg	98	62	103	74
Costo por kg	162	198	157	186
Peso promedio por fruto (g)	194	170	201	181
Porcentaje de calidad primera	75%	55%	83%	62%
Altura del alambre (m)	2,6	2,2	2,5	2,4
Fecha de plantación	7 sept. 2011	2 sept. 2011	24 oct. 2011	2 sept. 2011
Ejes por ha (2 ejes por planta)	25.000	24.000	24.000	24.000

*Detalles de mano de obra adicional (JH por ha)

Mano de obra en deshojes	100	50	100	100
Mano de obra para cosecha	120	85	117	100
Mano de obra en bajada de plantas	25	15	15	25

En el cuadro 10 se describen los resultados productivos y económico de las primeras unidades demostrativas establecidas por el proyecto en los valles de la zona de Arica, Azapa y LLuta, el año 2012..

Cuadro 10. Resultados productivos, económicos y costos asociados a la instalación de las Unidades Demostrativas de plantas injertadas para ciclo largo en la Región de Arica y Parinacota, temporada 2012. Valores nominales en pesos chilenos a diciembre 2012.

Item	Identificación de Unidad Demostrativa (UD)			
	UD 1	UD 2	UD 3	UD 4
Mano de obra	\$ 12.600.000	\$ 12.600.000	\$ 12.600.000	\$ 12.600.000
Depreciación malla	\$ 1.392.000	\$ 1.392.000	\$ 1.392.000	\$ 1.392.000
Depreciación estructura	\$ 1.012.000	\$ 1.012.000	\$ 1.012.000	\$ 1.012.000
Preparación suelo	\$ 150.000	\$ 150.000	\$ 150.000	\$ 150.000
Plantas injertadas	\$ 6.486.720	\$ 6.418.667	\$ 6.593.684	\$ 6.511.546
Fertilizantes	\$ 2.178.147	\$ 2.255.110	\$ 2.034.835	\$ 1.297.699
Plaguicidas (Insecticidas, fungicidas, nematicidas)	\$ 2.358.586	\$ 2.200.450	\$ 2.359.033	\$ 1.732.702
Bioestimulantes y enmiendas orgánicas	\$ 717.541	\$ 996.585	\$ 377.653	\$ 369.867
Abejorros	\$ 367.200	\$ 510.000	\$ 386.526	\$ 275.400
Enmiendas de base (Diatomita, compost)	\$ 592.970	\$ 638.889	\$ 660.940	\$ 2.475.000
Total Costos	\$ 27.855.665	\$ 28.174.200	\$ 27.567.171	\$ 27.816.714
Rendimiento (t ha ⁻¹)	200	190	210	200
Resultado Neto	\$ 32.144.335	\$ 28.825.800	\$ 35.432.829	\$ 32.183.286

3.7.1. Experiencias en cultivo de plantas injertadas en ciclo corto

Como se ha descrito una de las alternativas más interesantes para el uso de las plantas injertadas en la zona central del país son los cultivos de ciclo corto. Esto fue evaluado en el proyecto durante la implementación de Unidades Demostrativas y Unidades de Ensayos las distintas densidades de plantación, número de ejes productivos por planta y dos épocas de cultivo. En los cuadros 11, 12 y 13, se describen los resultados de los ensayos de evaluación de estos cultivos. No se encontraron diferencias significativas en los tratamientos con plantas injertadas con 3 o 4 ejes, al cambiar la densidad de plantación en el rendimiento por eje (kg por eje), en las diferentes épocas de cultivo evaluadas. Esto no puede entenderse que se puede reducir la densidad de ejes por ha y no se tendrá una disminución de la rentabilidad del sistema, ya que debe

considerarse el equilibrio entre el rendimiento de cada densidad de plantación con los costos fijos y variables. Al comparar el rendimiento por eje entre planta franca y planta injertada, solo se producen diferencias significativas en uno de dos ensayos, donde se colocaron plantas francas, ensayos descritos en los cuadros 12 y 13. En el ensayo de primor en una Unidad de Ensayo de Lima-che, Región de Valparaíso (cuadro 13, donde a pesar de solo tener dos ejes por planta, en comparación con la planta injertada de 3 a 4 ejes, el rendimiento por eje es 37% menor en la planta franca.

Al comparar el rendimiento en kg m^{-2} , se producen diferencias significativas entre los tratamientos en los tres ensayos de densidad evaluados. En el ensayo de cultivo de otoño 2013, establecido en el mes de enero (cuadro 11), el menor rendimiento por unidad de superficie se obtuvo con dos ejes por m^2 con tres ejes por planta, no ocurriendo lo mismo con esta misma densidad al cultivarse con cuatro ejes por planta. No se presentan diferencias significativas al ir reduciendo la densidad de plantación, pero debe considerarse que se reduce el costo de plantas por hectárea y la de personal. Uno de los costos principales del sistema productivo es la mano de obra que realiza los manejos culturales y donde habitualmente se recomienda que una persona se haga cargo del trabajo de 8.500 a 10.000 tallos o ejes. El inicio de cosecha suele coincidir con el despunte del ápice de crecimiento en un ciclo corto de producción de tomates. El otro costo relevante es la planta injertada, cuyo valor está en valores de 0,9 a 1,0 dólares americanos por planta, por lo que obtener varios ejes productivos de cada una, reduce el costo unitario de la planta.

Cuadro 11. Resultados de Unidades de Ensayo de evaluación de densidades de plantación y número de ejes por planta para cultivo de tomate con plantas injertadas a ciclo corto de 6 racimos en temporada de otoño, plantación de enero. Limache 2013.

Trata- mien- to	Número de ejes por planta	Necesi- dad de plantas por ha	Densi- dad ejes por m^2	Rendi- miento kg por eje	Rendi- miento kg m^{-2}	Necesidad de mano de obra por ha.
T0	4	7.250	2,9	4,33ns	12,5 a	3,4
T1	4	6.500	2,6	4,43	11,5 ab	3,0
T2	4	5.750	2,3	4,35	10,0 ab	2,7
T3	4	5.000	2,0	5,17	10,3 ab	2,3
T4	3	9.667	2,9	4,27	12,3 ab	3,4
T5	3	8.667	2,6	4,58	11,9 ab	3,0
T6	3	7.667	2,3	5,08	11,6 ab	2,7

Letras iguales indican no diferencias significativas entre tratamientos según Tukey ($\alpha=0,05$); ns: no hay diferencias significativas entre los tratamientos.

En el ensayo hecho en cultivo de primor (cuadro 12), no hay diferencias significativas entre las densidades de 2,5 y 2,3 ejes por m², tanto con tres y cuatro ejes por planta, lo que da buenas expectativas para reducir las densidades de plantación usadas actualmente sin reducir rendimiento, pero disminuyendo la necesidad de mano de obra y plantas injertadas por hectárea.

Cuadro 12. Resultados de Unidades de Ensayo de evaluación de densidades de plantación y número de ejes por planta para cultivo de tomate con plantas injertadas a ciclo corto de 7 racimos en temporada de Primor (plantación en la primera quincena de junio). Quillota, Región de Valparaíso, 2013.

Trata- mien- to	Número de ejes por planta	Necesi- dad de plantas por ha	Densi- dad ejes por m ²	Rendimien- to kg por eje	Rendimien- to kg m ⁻²	Necesidad de mano de obra por ha
T01	4	6.250	2,5	5,1ns	12,8 ab	3,0
T02	3	8.333	2,5	4,9	12,2 ab	3,0
T03	2	12.500	2,5	5,3	13,3 ab	3,0
T1	4	6.250	2,5	5,8	14,5 a	3,0
T2	4	5.750	2,3	5,8	13,4 ab	2,7
T3	4	5.000	2,0	5,7	11,3 ab	2,3
T4	3	8.333	2,5	5,4	13,5 ab	3,0
T5	3	7.667	2,3	5,6	12,9 ab	2,7
T6	3	6.667	2,0	5,4	10,7 b	2,3

Letras iguales indican no diferencias significativas entre tratamientos según Tukey ($\alpha=0,05$); ns: no hay diferencias significativas entre los tratamientos.

En el cuadro 12 se presentan los resultados de uno de los ensayos de densidad de en la temporada de primor 2013, plantado en el mes de junio. Los trata- mientos T01 - T02- T03 corresponden a plantas francas y los tratamientos T1 a T6 corresponden a plantas injertadas conducidas a 3 y 4 ejes por planta, con 7 racimos por eje. Se puede concluir que en las distintas densidades evaluadas a un mismo número de ejes, el rendimiento por eje (kg por eje) no presenta diferencias. Sin embargo, a pesar de este resultado, no es aconsejable cultivar plantas francas a más de dos ejes por planta, debido a la mayor susceptibilidad natural a enfermedades de suelo.

Cuadro 13. Resultados de Unidades de Ensayo de evaluación de densidades de plantación y número de ejes por planta para cultivo de tomate con plantas injertadas a ciclo corto de 7 racimos en temporada de Primor, plantación en el mes de junio. Limache, Región de Valparaíso, 2013.

Tratamiento	Número de ejes por planta	Necesidad de plantas por ha	Densidad ejes por m ²	Rendimiento kg por eje	Rendimiento kg m ⁻²	Necesidad de mano de obra por ha
T0	2	13.000	2,6	2,7 b	7,1 d	3,0
T1	4	6.500	2,6	4,3 a	11,1 a	3,0
T2	4	5.750	2,3	4,3 a	9,9 ab	2,7
T3	4	5.000	2,0	4,3 a	8,7 bc	2,3
T4	3	8.667	2,6	4,2 a	10,9 a	3,0
T5	3	7.667	2,3	4,3 a	9,8 ab	2,7
T6	3	6.667	2,0	4,1 a	8,3 cd	2,3

Letras iguales indican no diferencias significativas entre tratamientos según Tukey ($\alpha=0,05$).

3.7.2. Experiencias con cultivo de plantas injertadas en ciclo largo en Región de Arica y Parinacota y Quillota, Región de Valparaíso

En la Región de Arica y Parinacota se establecieron Unidades Demostrativas de plantas injertadas en ciclo largo en las temporadas 2012 y 2013. Los resultados productivos de la primera temporada se presentan en el cuadro 14. Se lograron los resultados esperados para ese primer año, logrando rendimientos de 190 y 200 t ha⁻¹ en las Unidades Demostrativas del Valle de Lluta y de 200 y 210 t ha⁻¹, en las Unidades Demostrativas del Valle de Azapa.

Para el segundo año se volvieron a establecer las mismas Unidades Demostrativas. Esta vez se aplicó la técnica de biodesinfección en todas ellas. Los resultados productivos por unidad de superficie fueron menores que en el primer año, donde no se había hecho tratamiento de desinfección de suelo previo a la plantación. Las causales de esta pérdida de producción se deben a varios factores. Primero, a una menor cantidad de racimos cosechados que en la primera temporada, donde se lograron de 14 a 15 racimos por eje. En el segundo año las plantaciones fueron más tardías, principalmente por atraso en la aplicación de la técnica de biodesinfección, a la espera de contar con todos los insumos

necesarios. En uno de los predios del Valle de Azapa no se regó toda la superficie para activar el proceso de descomposición de la materia orgánica incorporada, debido a que su sistema de riego era de una línea de goteros cada 50 cm. Se recomendó el uso de cintas de riego con goteros no más distanciados de 20 cm entre ellos o el uso de sistema de riego por aspersión.

Cuadro 14. Resultados productivos de las Unidades Demostrativas de ciclos largos en la Región de Arica y Parinacota, temporada 2013.

Unidad Demostrativa	Rendimiento t ha⁻¹	Número de racimos cosechados	t por racimo y ha
Azapa 1	164	12	13,6
Azapa 2	98	10	9,8
Lluta 1	160	11	14,5

Uno de los productores del Valle de Lluta convirtió toda la UD al sistema de enarenado, teniendo un buen comienzo en el cultivo, pero produciéndose una disminución progresiva del vigor, debido a la compactación del terreno provocada por camiones y maquinaria usada en la distribución de la arena.

Ahora si se analiza la producción por racimo producido, expresado como las toneladas producidas por hectárea, las diferencias solo son perceptibles en el predio donde no se hizo una correcta aplicación de las recomendaciones para la técnica de biodesinfección. En las otras dos Unidades Demostrativas, una del Valle de Azapa (cuadro 14) y otra del Valle de Lluta (Lluta 1 en cuadro 14), Región de Arica y Parinacota, el rendimiento por unidad de superficie es menor, pero por racimo es similar al primer año, 14,3 t ha⁻¹ por racimo.

En el caso de Quillota, Región de Valparaíso, en el Cuadro 15 se presentan los resultados productivos de una de las Unidades Demostrativas donde se realizó cultivo con ciclo largo en las temporadas 2011-2012, 2012-2013, 2013-2014.

Cuadro 15. Resultados de tres temporadas de cultivo de ciclo largo en Unidad Demostrativa de Quillota, Región de Valparaíso.

Item	2011-2012	2012-2013	2013-2014
Fecha de plantación	7 septiembre 2011	24 septiembre 2012	14 agosto 2013
Densidad (ejes por ha)	25.000	24.500	24.500
Nº ejes por planta	2	2	2
Inicio cosecha	12 diciembre 2011	28 diciembre 2012	2 diciembre 2013
Fin cosecha	5 junio 2012	10 mayo 2013	22 mayo 2014
Racimos por eje	14	12	14
Rendimiento (t ha ⁻¹)	236	219	243
Tratamiento desinfección al suelo previo plantación	Ninguno	Biodesinfección (julio a agosto 2012)	Biodesinfección (junio a julio 2013)
Principal problema productivo	Plaga de mosquita blanca y daño vascular por Verticilosis	Plaga de polilla del tomate en parte final del cultivo y daño vascular por Verticilosis	Plaga de mosquita blanca

Se realizaron tres temporadas de ciclo largo, donde el principal problema fitosanitario de suelo fue verticilosis que atacó con más intensidad en el primer año del cultivo, lo cual fue enfrentado mediante el cambio en la fertilización buscando aumentar el vigor de las plantas.

Capítulo 4

SISTEMA ENARENADO

Técnicas de producción para el cultivo protegido de tomates, en una realidad sin bromuro de metilo en Chile



CAPÍTULO 4

ENARENADO

4.1. Descripción de la técnica

La técnica del enarenado consiste en colocar una capa de arena silíceas de 10 cm de espesor sobre un suelo roturado, sin piedras, más o menos nivelado y con índices normales de fertilidad. Entre el suelo y la capa de arena se coloca una pequeña capa de 1 a 2 cm de espesor de estiércol (Camacho, 1980).

El efecto de esta secuencia artificial de horizontes en el perfil del suelo es mantener la humedad del mismo, disminuyendo la evaporación del agua y permitiendo intervalos de potenciales osmóticos de la solución del suelo subyacente, más adecuados para la tolerancia de las plantas. El enarenado es una técnica que actúa como acolchado permanente en el cultivo. Esta técnica proporciona una serie de ventajas y cualidades para el desarrollo de la agricultura. A través de su implantación se buscó superar algunos factores limitantes, como la cantidad y calidad de las aguas para riego, así como la salinidad de los suelos.

Las bondades del enarenado frente al cultivo en tierra son conocidas: se rompe la capilaridad por lo que los niveles de sales en el suelo se mantienen bajos al reducirse la evaporación del suelo, disminución o ausencia de malas hierbas, mayor precocidad, calentamiento de las raíces, además así se evita la erosión de la tierra tras una lluvia y se disminuye la compactación de suelo.

En los cultivos bajo invernadero el enarenado representa otra ventaja añadida, pues el menor contenido de humedad ambiental facilitará el manejo de problemas fitosanitarios a causa de una alta higrometría.

4.2. Implementación en Chile

4.2.1. Experiencia en Arica

A través del Proyecto, se pudo implementar por primera vez en los Valles de Lluta y Azapa, región de Arica y Parinacota, la técnica del enarenado.

La preparación del enarenado se llevó a cabo en el mes de febrero de 2013 en una de las Unidades Demostrativas del Valle de Lluta (imagen 28 y 29), y en marzo de 2013 en una de las Unidades Demostrativas del Valle de Azapa. Los sustratos utilizados para el enarenado fueron extraídos desde las laderas de los cerros cercanos, a una distancia de 1 km y 15 km, respectivamente (imagen 27).



Imagen 27. Extracción de áridos en el Valle de Lluta, Región de Arica y Parinacota.

Para la Unidad Demostrativa del Valle de Azapa se utilizó una superficie de 1.800 m², estableciéndose una Unidad Experimental o de Ensayo (imagen 30 y 31), donde en ambos tratamientos se cultivó con plantas injertadas a dos ejes y tratamiento previo de biodesinfección, cuyo objetivo fue comparar el cultivo con plantas injertadas practicado actualmente en la Región de Arica y Parinacota, con el enarenado. El trasplante se hizo el 15 de abril de 2013. En la Unidad Demostrativa del Valle de Lluta, se estableció el total de la superficie de esta unidad, 3.700 m² con enarenado, y el trasplante se efectuó en 6 de abril del mismo año.

Los resultados de la Unidad Experimental para la evaluación de la técnica del

enarenado señalan que el rendimiento del sector arenado fue de 8,14 kg por eje y en el sistema tradicional con mesa de plantación y acolchado de polietileno fue 7,43 kg por eje.



Imagen 28. Enarenado Unidad Demostrativa del Valle de Lluta, Región de Arica y Parinacota.



Imagen 29. Enarenado Unidad Demostrativa del Valle de Lluta, Región de Arica y Parinacota.



Imagen 30. Enarenado Unidad Experimental en Valle de Azapa, Región de Arica y Parinacota.



Imagen 31. Enarenado Unidad Experimental del Valle de Azapa, Región de Arica y Parinacota. Primera etapa de cultivo.

4.2.2. Experiencia en Quillota, Región de Valparaíso.

En la zona de Quillota se estableció una Unidad Demostrativa con técnica de enarenado, con tres cultivos, el primero de plantas francas y dos con plantas injertadas a cuatro ejes. En estos cultivos no se presentaron diferencias productivas entre el sistema de enarenado (imagen 32) y el sistema tradicional con preparación de suelo antes de cada cultivo. Este sistema está dentro del concepto de cero labranza, lo que representa una de la principales ventajas del sistema de enarenado.



Imagen 32. Vista cultivo enarenado en Unidad Demostrativa en Quillota, Región de Valparaíso, con plantas injertadas a cuatro ejes.

Se estableció una Unidad de Ensayo para comparar los resultados productivos de la técnica de enarenado con un sistema tradicional de la zona de Quillota, donde se prepara el suelo haciendo mesas de plantación, roturando previamente el suelo al menos una vez cada dos cultivos de ciclo corto. Los resultados del primer cultivo ensayado en 2013 se presentan en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Resultado productivo obtenido en primera evaluación de técnica de enarenado en Unidad Experimental de la zona de Quillota, Región de Valparaíso, 2013.

Tratamiento	kg por eje	kg m ⁻²
Sistema cultivo tradicional de Quillota con mesa de plantación y acolchado.	7,1ns	17,8ns
Sistema de enarenado con riego y fertilización predial.	7,0	17,4
Sistema de enarenado con riego y fertilización con balance iónico.	7,4	18,4

ns: No hay diferencias significativas según test Tukey ($\alpha=0,05$).

No se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos en esta primera evaluación, lo que es previsible, ya que las diferencias entre el sistema de enarenado está en el mediano plazo.

En las Unidades implementadas en Quillota, Región de Valparaíso, se usó arena de estero comprada a un proveedor de este tipo de materiales.

En la Unidad Experimental se llevaron a cabo dos tratamientos más un testigo (imagen 33), ambos aplicaban la técnica de enarenado, siendo diferentes solamente en el manejo de la fertilización y riego. Esta Unidad se estableció el 26 de agosto de 2013, en un invernadero de cercha, 6 m de ancho de nave y tres mesas. El cultivo establecido fueron plantas injertadas a cuatro ejes con 8 racimos por eje, el inicio de cosecha fue el 25 de noviembre de 2013 y finalizó el 27 de enero de 2014. La densidad de ejes por hectárea fue de 25.000.



Imagen 33. Unidad de Ensayo de evaluación de técnica de enarenado en Quillota, Región de Valparaíso.

4.3. Ventajas del uso de la técnica de sistemas enarenados

- Ahorro de agua: Reduce la evapotranspiración del suelo, al reducir movimiento por capilaridad del agua en la superficie del suelo.
- Mejora en la estabilidad térmica de los suelos: suaviza las oscilaciones térmicas de los suelos actuando la arena como intercambiador de energía, aumentando la inercia. Por otra parte la capa de estiércol situada inmediatamente debajo de la arena actúa como una cama caliente aumentando la temperatura del suelo.
- Favorece la movilidad y absorción de algunos elementos fertilizantes: la movilidad de algunos elementos, como el fósforo, está ligada al nivel térmico del suelo. La cobertura de arena proporciona una estabilidad e inercia

térmica que permite la disponibilidad y asimilación de este elemento aún en épocas frías. Es muy difícil encontrar carencias de este elemento en suelos con arena, por causa de frío.

- Posibilidad de empleo de aguas medianamente salinas: al ser mínima o nula ascensión de la solución del suelo por capilaridad, las sales que se puedan aportar en cada riego no se suman a las que ascenderían por capilaridad, sino que el nuevo riego las arrastrará en profundidad. Este efecto dependerá de la granulometría de la arena usada. Arenas finas pueden hacer que permanezca húmeda la superficie de ésta.

Este efecto es persistente y continuo, consiguiéndose desalinizar suelos, en esto radica la gran diferencia con los acolchados plásticos, en los que también se produce este efecto, pero si el acolchado se rompe o se levanta al terminar el cultivo, inmediatamente las sales que habían descendido a perfiles inferiores remontan nuevamente hasta la capa arable.

- Dificulta la emergencia y desarrollo de malezas: las semillas que eventualmente puedan encontrarse en la parcela con arena pueden germinar por la humedad que reciban de un riego. Dado que la arena cuando está bien cuidada y mantenida limpia sin adherencias de limo o arcilla, que puedan propiciar el arraigo de malezas, perecerían al no conseguir enraizar. La práctica del desmalezado manual se vuelve muy sencilla de realizar en suelos enarenados.
- Propicia el crecimiento del sistema radicular superficial: los cultivos establecidos tendrán localizada su mayor concentración de raíces activas en la zona situada inmediatamente debajo de la capa de arena, en donde tendrá todas las facilidades para un mejor desarrollo, a saber:
 - Una capa de estiércol fino en la que poder fijarse y nutrirse.
 - Humedad continua y homogénea, espacial y temporal.
 - Temperatura óptima, por estar en contacto con la capa de arena calentada por el sol.
 - Disponibilidad inmediata de los nutrientes aportados por la red de riego.
 - Simplificación y economía de las labores: una vez establecido el cultivo sobre arena, las labores de cultivo se realizan, casi en su totalidad, manualmente y de una forma muy ágil. No hay labores de suelo como

- limpias, aporcados.
- Aumento del contenido en CO_2 en el ambiente aéreo en cultivo sobre arena: el estiércol incorporado en la capa arable del suelo y el resto situado a modo de emparedado entre el suelo y la arena van sufriendo en el transcurso de su actividad una descomposición, en la que se libera una gran cantidad de CO_2 .

4.4. Texturas de arenas requeridas

Se puede utilizar arenas procedentes de “canteras” o bolsas de arena de procedencia fluvial o marina, siempre con informe favorable respecto al impacto medioambiental que pudiera provocar su extracción.

La granulometría ideal para las arenas de uso agrícola está entre los 2 y los 5 mm de diámetro. A medida que disminuye este tamaño de los granos de la arena, también disminuye el tamaño de los poros entre los granos, lo cual hace aumentar la capilaridad y consecuentemente favorece la evaporación del agua que asciende con el consiguiente enfriamiento del suelo subyacente y a la vez del entorno del sistema radicular de los cultivos. Ello condiciona también la precocidad del cultivo, al disminuir la temperatura del invernadero por la evaporación de la humedad superficial.

4.5. Materiales disponibles para ejecución del sistema enarenado

- Canteras de texturas arenosa, ubicadas en las laderas de los cerros en los Valles de Lluta y Azapa, Región de Arica y Parinacota. Para su extracción se debe contar con un permiso otorgado por el Ministerio de Bienes Nacionales. En la zona central del país se debe buscar un material que permita su extracción a un costo menor que el de las arenas que se comercializan en empresas de áridos.
- Arenales en sectores costero de la Región de Arica y Parinacota. Para ello se debe contar con permiso de los Ministerio del Medio Ambiente y Bienes Nacionales.
- Arenas de estero comercializadas en la zona central del país. El costo de este material puede ser un factor limitante del desarrollo de la técnica, pero debe considerarse esto como una inversión, con una amortización superior a los 20 años.

- Guanos de ave estabilizados: en empresas Ariztía, centro de venta en Valle de Lluta y Camarones, Región de Arica y Parinacota. Los traslados deben contar con permiso del Servicio de Salud del ambiente. Hay diversas fuentes de guanos de ave en la zona central, ver en el apartado de biodesinfección.
- Guanos frescos de cordero: en diversos planteles de ganado ovino ubicados en sectores precordilleranos y altiplánicos de la región de Arica y Parinacota. La venta de estos guanos es informal, dado que la totalidad de los ganaderos no cuentan con iniciación de actividades. Los traslados deben contar con permiso de la Secretaría Regional Ministerial de Salud del ambiente.

4.6. Preparación de suelo antes del arenado

Una vez arado, rastreado y nivelado el terreno, se procederá al extendido e incorporación, de unas 50 t ha^{-1} de estiércol, donde se recomienda que para esta aplicación el guano tenga fibra larga abundante y que haya sido sometido solo a una fermentación parcial, relación C/N de 12-14, para mejorar además físicamente el suelo.

Se aprovecharán las labores previas a la ejecución del enarenado para hacer las correcciones de suelo que sean necesarias de acuerdo al análisis químico del mismo, especialmente aquellas mejoras o correcciones que requieran ser localizadas en profundidad. Éstas incluyen aplicación de fertilizantes, correctores salinos y enmiendas orgánicas, incorporadas a través de laboreo del suelo.

Está excluido el uso de estiércoles procedentes de explotaciones avícolas o porcinas, por estar compuestos mayoritariamente por deyecciones sin inclusión de paja u otros residuos vegetales (camas) que ayuden a la mejora física de los suelos.

4.7. Incorporación de arena

El aporte de la arena se hará depositando las cargas de arena calculando un espesor medio de la carga a esparcir, de unos 10 centímetros (10 m^3 cada 100 m^2).

Con esto queda finalizada la faena de incorporación de arena, faltando algunos

detalles para dejar la parcela en disposición de ser cultivada. Lo primero que hay que hacer es proceder al riego de la misma.

Dado que el suelo estará muy mullido no se entrará en la parcela ni durante ni después del riego, manejando y dirigiendo éste desde el borde de la parcela, hasta que haya transcurrido el tiempo suficiente para que el suelo se haya endurecido lo bastante para no dejar huellas de pisadas profundas, que posteriormente darían problemas en el cultivo.

4.8. Enmiendas orgánicas, uso de guanos frescos

Se entiende por guano a los subproductos de la ganadería que incluye excrementos animales y material de cama transformado, en donde no es posible identificar en ellos la composición de la cama y de las deyecciones, debido al alto nivel de fermentación.

El guano tiene efectos positivos en el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo, influyendo en su estructura, porosidad, aireación y en su capacidad de retención de agua. También su incorporación contribuye a aumentar los niveles de materia orgánica.

En el cultivo sobre arena, es recomendable cada tres años recuperar el estrato de materia orgánica mediante el retranqueo (apartar la arena, labrar la tierra, aportar el estiércol y recubrirlo con la arena) o la carilla (apartar la arena sólo en la franja de cultivo, aportar el estiércol y recubrirlo con arena).

Es importante evitar el estiércol poco fermentado (el cual podría competir por el nitrógeno con el cultivo en las primeras etapas de éste). Además, éste deberá estar libre de malezas.

El estiércol es la principal fuente de abono orgánico y su apropiado manejo es una excelente alternativa para ofrecer nutrientes a las plantas y a la vez mejorar las características físicas y químicas del suelo.

En el Cuadro 17, se describe a modo referencial un análisis químico de guanos, correspondiente a dos muestras, una de cordero y otra de ave. Estas muestras fueron tomadas desde acopios ubicados en una de las Unidades Demostrativas en el Valle de Azapa, Región de Arica y Parinacota, antes de comenzar la aplicación de estos mismos guanos para el tratamiento de biodesinfección de suelo y en el sistema de enarenado.

Cuadro 17. Análisis químico de dos muestras de guano de cordero y ave, Valle de Azapa, Región de Arica y Parinacota.

Análisis	Unidad	Guano Cordero	Guano Ave
Humedad	%	5,12	7,95
Materia seca	%	94,88	92,05
pH	-	7,73	6,13
C.E.	dS m ⁻¹	6,02	18,45
Materia Orgánica	%	68,94	26,28
Carbono total	%	38,30	14,60
Relación C/N	-	23,20	13,40
Nitrógeno total	%	1,65	1,09
P	%	0,33	0,88
P ₂ O ₅	%	0,76	2,02
K	%	1,45	0,88
K ₂ O	%	1,74	1,06
Ca	%	1,65	5,13
CaO	%	2,31	7,18
Mg	%	0,64	0,58
MgO	%	1,07	0,97
Cl	%	N.D.	N.D.
S	%	0,65	1,07
Cu	mg kg ⁻¹	16	31
Fe	mg kg ⁻¹	3020	6583
Zn	mg kg ⁻¹	61	226
Mn	mg kg ⁻¹	276	308
Na	mg kg ⁻¹	2725	8960
B	mg kg ⁻¹	203	77
N-NH ₄	mg kg ⁻¹	146	3454
N-NO ₃	mg kg ⁻¹	93	52
CO ₃	meq L ⁻¹	N.D.	N.D.

N.D.: No determinado. El análisis se efectuó en el laboratorio de Servicios de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Fecha: 17.01.2013

4.9. Operación de traslados y esparcimiento de arena

El extendido puede hacerse con herramientas de mano, si la distancia es corta o con motocultor articulado, provisto de pala frontal o trasera.

Hay que cuidar el recorrido de los vehículos que transportan la arena dentro de la parcela, de forma que la superficie compactada por las ruedas sea mínima. Se deberá disponer un tractor o motocultor con arado, para que una vez terminada la distribución de la arena, se pueda roturar la zona de más tránsito. En la experiencia realizada en la Unidad Demostrativa del Valle de Lluta, Región de Arica y Parinacota, se provocó una compactación por el transporte de la arena dentro del predio por el camión usado en el traslado del material (imagen 34). Esta compactación provocó en el transcurso del cultivo encharcamientos y limitó el crecimiento radicular de las plantas ubicadas en esas zonas.

En las imágenes 35 a 38 se describe la faena de extensión de la arena sobre la superficie.



Imagen 34. Traslado de arena, Región de Arica y Parinacota.



Imagen 35. Vista de montículos de arena, Región de Arica y Parinacota.



Imagen 36. Esparcimiento de áridos, macronivelación, Región de Arica y Parinacota.



Imagen 37. Esparcimiento de áridos, macronivelación, Región de Arica y Parinacota.



Imagen 38. Esparcimiento manual de áridos, Región de Arica y Parinacota.

4.10. Preparación del cultivo sobre arena para el trasplante

En el enarenado, previo al trasplante, se da un riego abundante con una fracción de lavado suficiente para apartar las sales, pasando a continuación a “abrir los hoyos”. Se debe apartar la arena y el estiércol hasta llegar al suelo original, guiados por los goteros.

4.11. Riegos y fertilización

En el trasplante se deben dar desde el principio riegos cortos y frecuentes (diarios) y con solución nutritiva completa, puesto que la arena retiene un mínimo de agua y nutrientes. Este tipo de trasplante no se recomienda en arenas gruesas ni en épocas de calor.

Después del trasplante se da un riego de asiento, para asegurar un buen contacto del cepellón con la tierra. Es habitual aportar en este riego, algún enraizante y algún fungicida contra hongos de raíz/cuello.

En la primera semana, se recomienda regar con agua sola manteniendo la humedad constante, para luego comenzar a usar una solución nutritiva iónica equilibrada.



Imagen 39. Trasplante en enarenado en Unidad Demostrativa de la Región de Arica y Parinacota.

4.12. Manejo del cultivo en arena

La plantación se hace con plántulas procedentes de viveros, estableciéndolas después de haber dado un riego de pre plantación y apartando la arena del punto donde irá la planta. En el caso de plantas injertadas, no debe quedar cubierta la unión de las partes. En el caso de plantas francas, es deseable días después del establecimiento y una vez arraigada la planta, se debe cubrir todo el cuello con la arena, de manera de generar raíces adventicias. En el caso de plantas injertadas, se debe tener precaución para no cubrir con arena la zona de unión del injerto (imagen 39).

4.13. Aspectos relevantes del comportamiento del cultivo de tomate bajo la técnica de enarenado

Es necesario tener en cuenta que el sistema de enarenado reduce la pérdida de humedad por efecto de la evaporación, sin embargo en la superficie del suelo se mantiene la detección de niveles de humedad, lo cual se deberá tener presente al momento de la bajada de las plantas, esto por la ausencia de acolchado, lo cual puede derivar en daño a los frutos. Se puede solucionar esto efectuando las cosechas de los frutos antes de la labor de bajada de las plantas. Se recomienda el uso de acolchado para el establecimiento del cultivo en épocas frías y para recibir los tallos de las plantas en caso de ciclos largos.

Teniendo en cuenta el alto nivel de salinidad de los suelos de la Región de Arica y Parinacota, para el sistema de enarenado, se deberá ubicar las cintas de riego, a una distancia máxima de 10 cm del cuello de la planta de tomate. En la zona central del país se recomienda colocar las cintas dependiendo de la textura de los suelos, a distancias de la línea de plantación de 10 a 20 cm.

Con la finalidad de reducir los efectos de las altas concentraciones de sales en los áridos, se deberán considerar una fracción de riego con la finalidad de lixiviar sales, lo que se realiza con la arena ya aplicada.

Se deben elegir aquellos materiales de arena silíceas, de tamaño de partículas superiores a los 2 mm, de manera de reducir la capilaridad en el movimiento del agua. Además se debe eliminar del material utilizado, la mayor parte de las partículas finas que sellarán el suelo posteriormente. El suelo debe prepararse de tal manera que permita una percolación en profundidad, que evite la acumulación de agua en el perfil con el consiguiente aumento de la salinidad.

Se recomienda hacer en suelos de texturas más bien arenosas que arcillosas, sobre todo si estos últimos presentan riesgo de sodificación.

4.14. Costo establecimiento del suelo arenado en las Unidades Demostrativas de la Región de Arica y Parinacota

En el Cuadro 18 se describen los ítem que están involucrados en la implementación de 1 ha de invernadero con la técnica de enarenado.

Cuadro 18. Costos de implementar la técnica de enarenado en los Valles de Azapa y Lluta, Región de Arica y Parinacota. Valores nominales en pesos chilenos a febrero 2014.

Ítem	Unidad	Cantidad requerida	Valor Unitario	Valor Total
Guano de cordero	m ³	40	\$ 25.000	\$ 1.000.000
Traslado de áridos	und.	375	\$ 7.000	\$ 2.625.000
Mano de obra	JH	18	\$ 12.000	\$ 216.000
Tractor (nivelación)	JM	2	\$ 18.000	\$ 36.000
Costo total hectárea				\$ 3.877.000

De acuerdo a los valores que se presentan en el Cuadro 18 el costo de implementar la técnica de enarenado en la Región de Arica y Parinacota, resulta interesante de evaluar en los predios agrícolas. El principal costo asociado es el traslado del material.

Capítulo 5

BIODESINFECCIÓN

Técnicas de producción para el cultivo protegido de tomates, en una realidad sin bromuro de metilo en Chile



CAPÍTULO 5

BIODESINFECCIÓN

5.1. Descripción de la técnica de biodesinfección

La biodesinfección como su nombre lo indica es una técnica biológica de desinfección de suelos que aprovecha los gases de la descomposición de la materia orgánica fresca. La biodesinfección del suelo se puede hacer combinada con la solarización (biosolarización) o con cubierta pero sin solarización (biofumigación). Se basa en la descomposición de la materia orgánica y posterior eliminación hacia el suelo de compuestos químicos que actúan como fumigantes. Entre estos componentes químicos están: glucosinolatos, Isotiocianatos (metil isotiocianato y alil isotiocianato), amonio y furfural, entre otros. Estos compuestos químicos controlan enfermedades fúngicas, bacterias, nematodos fitopatógenos, malezas y además tienen efecto sobre el desarrollo de las plantas y su producción (Díez, 2010).

Durante la descomposición de la materia orgánica se liberan una gran cantidad de productos químicos, que realizan el control de los patógenos del suelo. Entre estos compuestos se encuentran amoniacos, nitratos, sulfuro de hidrógeno, ácidos orgánicos, sustancias orgánicas volátiles, enzimas y fenoles (Barrés, 2006; Magunacelaya, 2005).

Tello y Bello (2002), definen biofumigación como "la acción de sustancias volátiles producidas en la biodegradación de la materia orgánica en el control de los patógenos de las plantas" aumentando la eficacia de la técnica cuando forma parte de un sistema de producción integrada. De esta forma, la biofumigación se considera una alternativa no química al Bromuro de Metilo (MBOTC, 1997) que regula la presencia de patógenos del suelo a través de los procesos de degradación de la materia orgánica. Los gases obtenidos son el resultado de la biodescomposición de esta materia orgánica mediante el efecto biomejorador de los organismos del suelo o de aquellos que se encuentran asociados a las enmiendas orgánicas sin conocerse efectos negativos sobre el ambiente y la salud (Castro *et al*, 2011).

Al añadir la materia orgánica al suelo se produce un incremento de la actividad microbiana, lo que lleva asociado un aumento de los niveles enzimáticos del suelo (Araújo *et al*, 2009), todo ello le confiere a la técnica la misma eficacia

que los plaguicidas convencionales en el control de nematodos, hongos, bacterias, insectos, malas hierbas y se regulan los problemas con virus controlando a los organismos vectores.

Entre los diferentes productos liberados a partir de la materia orgánica, la cantidad de amoníaco variará con los niveles de nitrógeno del sustrato orgánico (McGinn y Janzen, 1998), siendo también importante el contenido en carbono, al depender de éste la metabolización del nitrógeno, de modo que, en ausencia de fuentes del carbono, el amoníaco y los nitratos pueden acumularse y causar fitotoxicidad.

Bello *et al* (2002), catalogan la biofumigación como una técnica fácil para agricultores y técnicos que, sólo difiere de las enmiendas orgánicas en la elección del biofumigante que deberá ser parcialmente descompuesto, así como en el método de aplicación, el cual debe considerar la necesidad de retener, por lo menos durante dos semanas los gases producidos, ya que su efecto, en la mayoría de los casos, no es biocida, sino biostático. Por esta razón, se precisará prolongar su tiempo de acción sobre los patógenos. Se ha demostrado que cualquier residuo agroindustrial o aquellas combinaciones con una relación C/N entre 8-20 pueden tener un efecto biofumigante, evitando efectos fitotóxicos sobre los cultivos sin perder actividad biocida (Rodríguez *et al*, 1983). El uso de una dosis de 50 t ha⁻¹ es recomendable, aunque cuando los problemas con hongos y nematodos son muy serios, la dosis debería incrementarse a 100 t ha⁻¹.

La biodesinfección surge como variante de la adición de enmiendas orgánicas al suelo. La técnica se diferencia del uso de estas enmiendas por las características de los materiales utilizados, dosis y método de aplicación (Tello, 2002). Para que un material orgánico tenga función biofumigante debe estar en las primeras fases de descomposición, lo que no sucede con la materia orgánica que se agrega normalmente como abono (Bello *et al*, 2004), que se trata de materia orgánica estabilizada (compost o estiércoles maduros).

Según la metodología explicada por los autores Tello y Bello (2002), los biofumigantes deben esparcirse de forma uniforme para que no aparezcan focos de patógenos en las zonas no tratadas, que podrían afectar al cultivo. Una vez esparcido, el biofumigante debe ser incorporado de forma inmediata en el suelo y, tras una pasada de rotovator, se riega el terreno preferiblemente por aspersión, aunque se puede regar por tendido hasta que el suelo quede saturado.

Una vez finalizado el proceso se cubre el terreno con plástico durante al menos dos semanas, evitando la salida de los gases producidos en la biodegradación de la materia orgánica. Cuando los suelos son poco profundos (< 30 cm) no se necesita el uso de plásticos, y los gases se retienen con la aplicación de riegos frecuentes que mantengan una delgada capa de arcilla en la superficie, recomendando efectuar la biofumigación cuando las temperaturas superan los 20 °C, aunque la temperatura no es un factor limitante.

Existen datos que señalan que la materia orgánica reduce la incidencia de enfermedades causadas por un amplio rango de patógenos y plagas de plantas incluyendo bacterias, hongos y nemátodos (Abawi y Widmer, 2000). En la adición de la materia orgánica estos autores se centran en aquellas enmiendas con alto contenido en nitrógeno, estiércoles y compost, estos últimos como agentes de biocontrol que confieren a un suelo el ser supresivo a enfermedades.

Bonanoni *et al* (2010), haciendo una revisión de múltiples artículos relacionados con el uso de enmiendas orgánicas para suprimir enfermedades de suelo, destacan que la respuesta de las poblaciones de patógenos a las enmiendas de materia orgánica solo ocurre con algunos tipos, en particular los residuos de cultivo y aquellos enmiendas orgánicas con una relación C/N menor de 15.

Entre los principales problemas en el empleo de enmiendas orgánicas aparecen su falta de homogeneidad, la acumulación de compuestos contaminantes y de metales pesados. De todos estos, el mayor problema al que se enfrentan los agricultores en el empleo de enmiendas orgánicas, es la heterogeneidad en la composición de la materia utilizada en su preparación, requiriendo metodologías apropiadas que eviten la acumulación de compuestos dañinos o, incluso, el incremento del inóculo de ciertos patógenos en el suelo debido a un mal manejo.

Las brassicas contienen una alta proporción de glucosinolatos, que por acción de los microorganismos se transforman en compuestos biocidas principalmente isotiocianatos y nitritos. Además se pueden utilizar para fabricar “pellets” con efecto biocida (Díez, 2010).

Estos últimos autores indican que, tanto en condiciones de laboratorio como en campo, la biodesinfección estimula la actividad biológica de los suelos incrementando las poblaciones de antagonistas de patógenos como las bacte-

rias *Pseudomonas fluorescens* o *Bacillus* sp. En función de estos resultados, existiría una relación entre la actividad biológica de los suelos y la supresión de la actividad patogénica.

Camacho (2004), recordaba que el residuo de biomasa generado desde siempre por la agricultura tradicional no ocasionaba problemas empleándose, de forma mayoritaria como alimento para el ganado o los restos se degradaban de forma natural incorporándose al ciclo trófico (abono orgánico o alimento animal). Además señala, que la producción de residuos de forma concentrada (zonas y época) en la agricultura intensiva hace inevitable su acumulación, además de haberse disminuido el aprovechamiento animal debido a la composición muy variada y mixta (cuando se mezclan material vegetal y rafias).

Como principal objetivo se plantea un aprovechamiento de estos restos y a la vez una disminución en su impacto medioambiental. A las distintas alternativas citadas por Camacho (compostaje, incineración o generación de energía). Piedra Buena (2004) añade un uso como material biofumigante lo que revalorizaría estos materiales que ya no serían “desechos” sino “subproductos” del sistema con capacidad de aportar mejoras sobre la fertilidad de los suelos y en el control de patógenos.

Los restos de cosecha son, a menudo, portadores de insectos, ácaros y diversos patógenos de naturaleza fúngica, vírica o bacteriana, siendo más que conocida la capacidad de permanencia viable de algunos de estos patógenos sobre los restos vegetales, que pueden permanecer infectivos durante años, como ocurre con el caso de algunos virus como el mosaico del tomate ToMV (Vilaseca, 2007), o de algunas bacterias de los géneros *Clavibacter*, *Agrobacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Ralstonia*. Estos restos infectados con agentes fitopatógenos, también pueden servir de fuente de inóculo para los cultivos colindantes (Aguilar, 2002).

Bailey y Lazarovits (2003), indican que el manejo de restos de cultivo depende de su descomposición pero con el objetivo de devolver al suelo el carbono orgánico. La descomposición de estos residuos podrá variar en función de la profundidad en la que quedan dispuestos en el suelo, del tipo de cultivo y cantidad de restos adicionada, de las interacciones alelopáticas entre la biota del suelo y del tiempo transcurrido desde su aporte.

Durante los últimos años se ha incrementado el estudio del efecto supresi-

vo de distintos restos de cosecha adicionados al suelo (Bailey y Lazarovits, 2003), así como su efecto biofumigante frente a enfermedades. No hay que olvidar que los factores químicos del suelo (pH, contenido en calcio, las formas nitrogenadas, disponibilidad de nutrientes) tienen un papel fundamental en la expresión de determinadas enfermedades. Así, un pH alcalino puede ser responsable de la supresividad, como ocurre en su influencia sobre la marchitez bacteriana producida por *R. solanacearum*. Otro concepto importante en el manejo de plantas (incluyendo sus restos) es el de alelopatía. Éste es un importante mecanismo mediante el cual determinadas sustancias producidas por una planta le proporcionan beneficios al provocar determinados efectos sobre otras. Estas sustancias se denominan aleloquímicos incluyendo la emisión de sustancias volátiles procedentes de exudados radiculares y de su descomposición (Lorenzo *et al*, 2010). Los suelos enfermos en la agricultura podrían estar relacionados con la acumulación de estas sustancias, problema solucionado desde antiguo con la introducción de la rotación de cultivos en los sistemas agrícolas.

Combinando enmiendas del suelo con la solarización se incrementa la efectividad contra patógenos y se reduce la cantidad de materia orgánica aplicada por hectárea (Bello *et al*, 1998; Gamliel y Stapleton, 1993). Esta combinación de biofumigación y solarización o como la solarización con la adición al suelo de restos orgánicos antes de iniciarse el proceso hidrotérmico se le llama biosolarización (Guerrero, 2012).

La biofumigación o biosolarización se pueden combinar con el uso de plantas injertadas lo que permite un manejo integrado libre del uso de sustancias químicas, lo que da una mayor estabilidad de producción al sistema (Guerrero *et al*, 2012).

Los pasos a seguir de la técnica de Biofumigación son los siguientes (Tello, 2014. Comunicación personal):

1. Triturado de los restos del cultivo anterior.
2. Incorporación de enmiendas mediante labores (relación C/N 8 a 20).
3. Extensión de sistema de riego por goteo.
4. Colocación del plástico de sellado.
5. Riego con 100 a $160 \text{ m}^{-3} \text{ ha}^{-1}$.
6. Retirada de los plásticos a las 6 semanas (dependiendo de temperaturas ambiente).

Tipos de enmiendas y cantidades (Tello, 2013. Comunicación personal):

- 7 kg m⁻² guano fresco de oveja + 3 kg m⁻² de guano fresco de ave.
- 7 kg m⁻² guano fresco de oveja + 0,5 kg m⁻² de harina de soja.
- 4 a 5 kg m⁻² guano fresco seco de ave.
- Mínimo de 2 kg m⁻² de guano de vacuno u oveja y 0,5 kg m⁻² de guano de ave.

5.2. Aspectos legales a considerar en el uso y manejo de guanos

En relación al guano, residuo generado de las explotaciones ganaderas (vacas, caballos, ovejas, aves de corral, entre otras), su estado puede ser considerado desde dos ópticas diferentes: (i) como desechos que deben ser eliminados; o bien, (ii) como material que puede utilizarse como enmienda orgánica de suelos o como componente de la biodesinfección. El primer enfoque se relaciona con un aspecto relevante en la actualidad: la contaminación ambiental; el segundo, con el concepto de sustentabilidad, que es la apuesta tecnológica que se desea implementar en esta iniciativa.

El empleo eficiente de los residuos animales puede ser una práctica agronómica virtuosa y económicamente viable para la producción sustentable en agroecosistemas diferenciados. Su incorporación al suelo permite llevar a cabo mejoras en la estructura y nutrición de éstos, además de ser un insumo para realizar la práctica de la biodesinfección, por lo cual el balance general de su uso es positivo, sumado a que no concibe riesgos significativos para la salud de la población. No obstante, para cumplir esta afirmación, es necesario tener en cuenta los factores que afectan su eficiencia de uso agronómico. Entre éstos están el sistema productivo, su entorno, condiciones edafoclimáticas, regulaciones oficiales, características del lugar donde se acumulan los desechos, su manipulación, dosis aplicada, momento y frecuencia de aplicación y la forma de incorporación.

En Chile se han constatado empíricamente, situaciones en las que el almacenamiento, transporte y/o utilización de estos residuos ha derivado en la proliferación de vectores sanitarios y emanación de olores intensos molestos, que han afectado a la población vecina a sitios en donde se acopió y/o aplicó el guano. Por ello, el Ministerio de Salud (Minsal), autoridad sanitaria, ha instruido a sus Secretarías Regionales Ministeriales (Seremi) a tomar todas las medidas sanitarias que garanticen que el almacenamiento, el transporte y el uso del

guano no deriven en molestias a la población. Estas consideraciones deben ser tomadas en cuenta para poder implementar la biodesinfección.

El Código Sanitario (DFL N° 725/1968), rector en materias de salud pública del país, establece aspectos relevantes sobre el manejo de las excretas desde los sitios de generación. En su Libro III (de la higiene y seguridad del ambiente y de los lugares de trabajo), Título II, Párrafo III (de los desperdicios y basuras), artículos 78, 79, 80 y 81, se refiere al cumplimiento de acciones mínimas para el manejo de los “desperdicios y basura” y donde se ubican los guanos. A saber:

Artículo 78º.- El Reglamento fijará las condiciones de saneamiento y seguridad relativas a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios.

Artículo 79º.- Para proceder a la construcción, reparación, modificación y ampliación de cualquier planta de tratamiento de basuras y desperdicios de cualquier clase, será necesaria la aprobación previa del proyecto por el Servicio Nacional de Salud.

Artículo 80º.- Corresponde al Servicio Nacional de Salud autorizar la instalación y vigilar el funcionamiento de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase.

Al otorgar esta autorización, el Servicio Nacional de Salud determinará las condiciones sanitarias y de seguridad que deben cumplirse para evitar molestia o peligro para la salud de la comunidad o del personal que trabaje en estas faenas.

Respecto del uso y manejo de guanos, sólo hay referencias normativas para los de procedencia aviar. Actualmente, el acopio y aplicación de guano de ave al suelo se rige por la Circular 9B/20 del 2001 emitida por en Minsal, que instruye sobre las condiciones de almacenamiento, transporte y disposición final no generarán problemas de gases, malos olores ni proliferación de vectores de interés sanitario, así como tampoco la generación de líquidos de lixiviación.

En relación al guano de aves, tomando en cuenta su composición y los escasos riesgos sanitarios asociados a su utilización como abono orgánico en la agricultura, la circular señala que no se requiere de autorización sanitaria cuando

es almacenado por menos de 15 días (complementado por circular B32/37, 26 octubre 2006). No obstante, cualquier almacenamiento por un periodo superior a 15 días requerirá de una autorización sanitaria, donde se establezcan las condiciones de almacenamiento. Para ello, deberá además contemplar la elaboración y aprobación de un Plan de Manejo ante la Seremi de Salud. La circular establece además, que los guanos no deberán almacenarse a menos de 50 metros de viviendas o a menos de 100 metros de toda construcción sensible, tales como hospitales, escuelas, cárceles, locales de expendio de alimentos, entre otros.

En el “Acuerdo de Producción Limpia (APL): Sector Productores de Aves de Carne” firmado el año 2007 por los Ministerios de Agricultura y Salud, la Conama y el SAG, se evaluaron y establecieron procedimientos que permitiesen manejar en forma práctica esta situación y de esa manera, apoyar a los productores/generadores. En este aspecto el diagnóstico² del APL entregó recomendaciones para una propuesta de manejo de guanos de ave de carne (GAC), en los casos que se supere el tiempo de almacenamiento establecido en la normativa, que además considerará lo exigido en la norma del Minsal, a saber:

“Dicho plan debe considerar un proyecto que garantice que las condiciones de almacenamiento en las cuales no generarán problemas de gases, olores y moscas, así como tampoco la generación de líquidos de lixiviación. De igual forma todo aquel que comercialice el GAC y requiera almacenarlo para su posterior venta, deberá presentar ante la Autoridad Sanitaria un plan de manejo.

En relación al acopio de GAC, es primordial considerar los siguientes aspectos: Evitar que el GAC tenga contacto con lluvia u otros líquidos, con el objetivo de eliminar el riesgo de infiltración de líquidos percolados hacia cuerpos de aguas subterráneas con el consecuente riesgo de contaminación. Sin embargo, cabe destacar que este riesgo es mínimo, ya que la baja humedad de GAC y su estructura física le permite tener una alta capacidad de absorción y retención de agua, por lo tanto, la totalidad de las precipitaciones pueden ser absorbidas por el GAC, salvo casos de precipitaciones muy intensas. Para ello se hace necesario que el sector destinado al almacenamiento, cuente con una superficie de baja permeabilidad natural o artificial que constituya una barrera natural frente al paso de percolados. Asimismo, quedan descartados todos aquellos terrenos con napa superficial o con inundación frecuente. Una medida fundamental para evitar escurrimientos, es impedir el humedecimiento del GAC, a través de (una) cubierta protectora que impida el paso de aguas lluvias. A su

² Asociación de Productores Avícolas de Chile APA A.G. “Diagnóstico de la gestión ambiental de las empresas avícolas para la realización de un APL del sector de productores de aves de carne”. Mayo 2006. Disponible en el link de internet http://www.cpl.cl/archivos/acuerdos/16_2.pdf, acceso el 14 marzo 2014.

vez, se hace necesario disponer de canales perimetrales de intercepción de aguas lluvias en las inmediaciones del sector de almacenamiento, a fin de evitar la mezcla de éstas con el GAC, y su posible escurrimiento a cursos de agua. La topografía del terreno destinado al almacenamiento debe presentar una pendiente tal, que no permita el escurrimiento de líquidos provenientes de guanos que se hayan humedecido, en caso contrario, tomar las medidas pertinentes como contar con canaletas de intercepción y pretilles de contención”.

Otro aspecto considerado por la recomendación para el plan es *“evitar la generación de olores molestos que afecten a poblaciones y viviendas cercanas”.* Para ello en *“áreas expuestas a vientos, se debe impedir que los olores deriven a poblaciones vecinas a través de cortinas vegetales, mallas plásticas o similares medidas”.*

Respecto del transporte de guanos fuera del predio, las recomendaciones del diagnóstico para el APL citado, proponen considerar *“sistemas de transporte que eviten derrames, escurrimiento y olores desagradables hacia el medio, y en el caso del GAC seco, la contaminación por partículas en suspensión. Para este fin, los camiones deberán ser cerrados en el fondo y los costados, a menos de que se trate de un transporte dentro del predio”.*

Otros aspectos considerados en las recomendaciones del diagnóstico del APL fueron:

- a. Trazabilidad y registros: *“se hace necesario que los planteles que distribuyen GAC fuera del predio, mantengan un registro detallado que indique al menos: individualización del vehículo, cantidad transportada, fecha de despacho, lugar de destino, destinatario y uso probable para el GAC. Dicha información será útil para disponer de una trazabilidad”.* Asimismo, *“en el caso de que la empresa distribuya GAC a través de terceros o una empresa contratista operadora de GAC, dicho registro podrá ser exigido al operador mediante informes mensuales”.*
- b. Condiciones de uso adecuadas: *“Cada vez que se distribuya GAC fuera del predio se deberá hacer llegar al destinatario, por medio del transportista, un instructivo que dé cuenta de las condiciones básicas para el correcto manejo del GAC”.*
- c. Sanidad y zoonosidad: *“debido a posibles riesgos sanitarios y zoonosis, se*

recomienda que el GAC extraído de galpones cuyos planteles hayan sido afectados por enfermedades de declaración obligatoria, no podrá ser transportado fuera del predio sin que antes se haya procedido a su tratamiento mediante algún método que asegure su descontaminación e inocuidad. Dichos métodos deben ser aprobados previamente y caso a caso por la autoridad competente” (i.e. Autoridad Sanitaria). Por lo tanto, se hace necesario que el productor, “junto con las autoridades, evalúen en detalle qué medidas son eficaces para la erradicación de estas patologías, sin afectar la calidad del GAC y su consecuente reutilización. En caso de que los métodos aplicados no sean seguros, se recomienda no reutilizar el GAC y enviar a un lugar autorizado para su disposición final”.

Otro aspecto asociado al uso de guanos es el referido a las *“emanaciones de olores provenientes de establecimientos pecuarios”*. Sin embargo no existe una norma específica asociada *“para todo el territorio nacional, la Norma de Emisión para Olores Molestos (compuestos sulfuro de hidrógeno y mercaptanos: gases TRS)”*, que no aplica para guanos.

Respecto al uso del guano como ingrediente de consumo animal, se debe considerar el Decreto N° 307/1979 actualizado el 2006, que aprueba el Reglamento de alimentos para animales, y la Resolución SAG N° 557 de 1980, que establece nómina y garantía de ingredientes. A través de la Circular N° 509 (02 mayo 1997), el Departamento de Protección Pecuaria del SAG, instruyó sobre los límites máximos permitidos (LMP) de microorganismos bacterianos y micotoxinas, para uso con estos fines. Las bases normativas están respaldadas por la normativa europea, en el caso de LMP de bacterias, y la Resolución N° 736 de 1992 que norma los LMP de aflatoxinas.

5.3. Patógenos presentes en el suelo en cultivos de tomate

Las enfermedades de suelo del cultivo de tomate son provocadas por los agentes causales: *Verticillium albo-atrum*, *Verticillium dahliae*, *Fusarium oxysporum* fsp *lycopersici*, *Fusarium oxysporum* fsp *radicis lycopersici*, *Pyrenochaeta lycopersici*, *Rhizoctonia* y *Phytophthora* entre los hongos más comunes (Estay y Bruna, 2002). Los síntomas asociados a estas enfermedades son principalmente taponamiento de haces vasculares en la zona del cuello y en el tallo a diferente altura dependiendo del hongo en que esté afectando las plantas (*Fusarium* - *Verticillium*). También se ve afectado el cuello, causando estrangulamiento de la planta en las primeras semanas de plantado o posteriormente

cuando ya comienza a cuajar el primer racimo (*Rhizoctonia* y *Phytophthora*).

El hongo *Pyrenochaeta lycopersici* fue el principal problema de suelo tras varios años de monocultivo de tomate, afecta las raíces causando necrosis de aspecto corchoso, en raicillas provocando la muerte de ellas. Con todo ello se disminuye de manera importante la absorción de agua.

Los nemátodos del género *Meloidogyne* son uno de los principales problemas fitopatológicos de suelos del cultivo de tomate. Causan agallas en las raíces, lo que va dificultando la absorción de agua por parte de las plantas, quedando transformado el sistema radicular en una masa sin forma.

5.4. Implicancias de la técnica de biodesinfección en el manejo del cultivo del tomate

La implementación de la técnica de biodesinfección, para devolver la sanidad a los suelos cultivados con tomate, trae consigo aparte de los beneficios de contar con microorganismos benéficos ocupando gran parte del espacio del suelo manteniendo el control de organismos patógenos y de tener un método de fumigación del suelo sustentable y compatible con una agricultura más limpia; el aporte de nitrógeno al cultivo. Habiendo aplicado una importante cantidad de materia orgánica fresca o estabilizada al sistema y con ello elevados niveles de nitrógeno, se debe tener un control permante de la disponibilidad de este nutriente y su relación con el desarrollo del cultivo, evitando de esta manera sobrevigorizarlo, lo que causaría menor rendimiento productivo y una alta sensibilidad a microorganismos especialmente a bacterias.

5.5. Ventajas del uso de la biodesinfección de suelos

La biofumigación al ser una técnica que trabaja con materia orgánica, debido al aporte de materiales naturales como picado de plantas y guano fresco, tiene la cualidad de incrementar la actividad biológica del suelo, mejorar su estructura y además aumentar la capacidad de retención de agua. Estos materiales aportados liberan compuestos químicos que actúan como fumigantes del suelo y controlan enfermedades causadas por hongos, bacterias, nematodos fitoparásitos, además de malezas.

La técnica de la biodesinfección aporta al mejoramiento de la calidad física, química y biológica del suelo. Las alternativas químicas solo actúa como bio-

cidas parciales, no generando otros beneficios a la sustentabilidad del suelo. Además se cuenta con un aporte nutricional importante al suelo, el que debidamente controlado se convierte en una destacada ventaja, ya que trae un ahorro en el aporte de fertilizantes químicos.

5.6. Aplicación de la técnica de biodesinfección, según la recomendación del Proyecto para la Región de Arica y Parinacota y zona central de Chile.

En este punto se describen los pasos que el proyecto recomienda para establecer la técnica de biofumigación de suelos.

5.6.1. Preparación del sistema antes de la biodesinfección

- Sacar el acolchado y levantar, no desconectar el equipo de riego del cultivo terminado.
- Sacar la cinta garena, ordenando las plantas estiradas, en un sentido sobre la mesa (no en el pasillo). Una mesa se orienta en un sentido y la siguiente en el sentido contrario y así sucesivamente (imagen 40). Puede hacerse de a dos mesas seguidas en el mismo sentido. Todo dependerá de la capacidad de girar del tractor para avanzar en el interior del invernadero.



Imagen 40. Ordenamiento de los restos de cultivo.

5.6.2. Picados de restos del cultivo anterior

Picado de las plantas con trituradora. La idea es que esta máquina tome las plantas desde la base de ellas y no por su ápice. En el caso de cultivos en ciclo largo esto pierde importancia por el largo de las plantas.

La técnica de biodesinfección requiere como base el picado de las plantas in situ de manera de facilitar la acción de la flora microbiana para la rápida descomposición de la materia orgánica, con lo que se logra reducir las poblaciones de microorganismos patógenos.

La necesidad de contar con equipos que logren trozar con eficiencia los restos vegetales de los cultivos acabada la recolección de fruta, permitirá mejorar la gestión de los residuos orgánicos y aprovechar sus características biológicas que permiten reducir el uso de químicos para la desinfección de suelos.

El proyecto recomienda el uso de máquinas picadoras de sarmientos, conocidas como del tipo martillo (imagen 41), para el picado de los restos de cultivo.



Imagen 41. Picadora de martillo de 1,2 m de ancho.

La calidad de trabajo permite acondicionar de buena manera los restos de cultivos para la técnica de biofumigación de acuerdo a las recomendaciones de los expertos internacionales del proyecto.

La cantidad de material verde que se incorpora es de 40 t ha^{-1} de materia fresca en el caso del tomate de invernadero. Para poder picarlo in situ, se debe esperar a que se deshidrate un 10 a 20%.



Imagen 42. Picado de plantas

La Imagen 42 describe el paso de la máquina picadora de los restos de cultivo. Luego de la primera pasada de la picadora es necesario reordenar el resto del primer picado para una nueva pasada de la máquina (Imagen 43).



Imagen 43. Ordenamiento de los restos de cultivo tras primera pasada de la picadora.

5.6.3. Preparación del terreno previa biodesinfección

Pasar subsolador hasta la cabecera de la mesa (tener cuidado con la profundidad de la matriz de riego). Se pasa por cada mesa y cada pasillo. Incluso puede cruzarse.

- Aplicar guanos frescos.
- Pasar el tiller a lo largo de las naves.



Imagen 44. Tiller.

- Se puede pasar rastra de disco, nunca el arado, a menos que se use superficialmente. Esta labor es para picar las raíces del cultivo anterior e incorporar los guanos y el picado de las plantas al perfil de suelo.
- Acondicionamiento de suelo final: El ideal es terminar el proceso pasando un rotovator ancho, abierto, sin la caja que arma la mesa (Imagen 45). Esto acondiciona bien la superficie del suelo y permite la mejor mezcla del suelo con las enmiendas orgánicas aplicadas y logra una alta uniformidad en el micro-relieve superficial, consiguiendo de esta manera un contacto íntimo con el polietileno que se coloca sobre el suelo.



Imagen 45. Rotovator.

5.6.4. Aplicación de guanos frescos

Dosis de 40 – 60 m³ ha⁻¹ de guano de vacuno (oveja) y 10 a 20 m³ ha⁻¹ de guano de ave fresco y seco, usando las menores dosis en la medida que se hagan más tratamientos de biodesinfección en el tiempo. Se podría usar sólo guano estabilizado de ave en dosis de 60 a 80 m³ ha⁻¹, usando la dosis mayor en caso de usarse en fresco y la menor en caso de estar seco. Es necesario realizar un análisis de la concentración de carbono y nitrógeno del guano a utilizar para tomar medidas en caso de no tener una alta relación C/N. Lo ideal es usar un trompo abonador (Imagen 46).

Se recomienda usar un trompo abonador para una distribución uniforme del guano (seco) si se aplica a toda la superficie.



Imagen 46. Trompo abonador.

5.6.5. Materiales disponibles en Chile para la biodesinfección

El contar con empresas que aporten guano fresco estabilizado en las cantidades y oportunidad necesaria es un tema aún pendiente por la informalidad de muchos abastecedores de este material. En el Cuadro 19 se presentan las empresas que comercializan guanos de diferente origen animal. En el cuadro 20 se describe los oferentes de materiales orgánicos clasificados por su grado de descomposición.

En el cuadro 21 se describen las fuentes de enmiendas orgánicas disponibles en la zona central de Chile.

Cuadro 19. Empresas proveedoras de guano y materia orgánica en la Región de Valparaíso. Actualizado a 2013.

Empresa	Contacto	Fono (celular)	Material
Hermanos Saavedra	Manuel Saavedra	89664583	Guano de pollo, vacuno y caballo.
Manuel Herrera	Manuel Herrera	88086695	Guano vacuno y caballo.
Rosario	Patricio Moraga	84397943	Residuos agroindustriales.
Arizona	Marcelo Aris	92193525	Guano de gallina.
Urbano Verdejo	Urbano Verdejo	87582380	Guano de gallina, vacuno y caballo.
Pucalán	Felipe Ossa	97005945	Guano de pollo y pavo.
Transporte Mauco	Fernando Raffo	93311286	Residuos de champiñón.

Cuadro 20. Tipo de material disponible, en su grado de descomposición, de las empresas proveedoras de guano y materia orgánica.

Empresa	Tipo de Material		
	Fresco	Estabilizado	Compostado
Hermanos Saavedra	X	X	
Manuel Herrera	X	X	
Rosario			X
Arizona	X	X	
Urbano Verdejo	X	X	
Pucalán	X	X	
Transporte Mauco		X	

Cuadro 21. Fuentes de guano disponible y otros de empresas proveedoras de guano y materia orgánica, en la zona central de Chile.

Empresa	Tipo de Material						
	Guano Vacuno	Guano Pollo	Guano Gallina	Guano Caballo	Guano Pavo	Compostado champiñón	Residuos Agroindustriales
Hermanos Saavedra	X	X		X			
Manuel Herrera	X			X			
Rosario							X
Arizona			X				
Urbano Verdejo	X		X	X			
Pucalán		X			X		
Transporte Mauco						X	

5.6.6. Uso y caracterización del polietileno para la biodesinfección.

Se recomienda usar una lámina de polietileno nueva, sin perforaciones, de entre 0,03 y 0,04 mm de espesor, el cual debe sellar por completo la superficie del suelo a lo ancho y largo del invernadero a tratar.

El tratamiento debe permanecer actuando por un tiempo de 6 a 8 semanas, la temperatura mínima de suelo para que funcione es de 20 °C a 20 cm de profundidad.

Los pasos a seguir para la postura del polietileno como cubierta del suelo son:

- Postura de polietileno: El rollo de polietileno se coloca sobre un coloso para poder hacer más eficiente la labor de distribuir el polietileno. Los rollos se van colocando en la cabecera de las mesas previamente (Imagen 47 y 48).



Imagen 47: Postura del polietileno



Imagen 48: corte de lámina

- b. Estirado polietileno: los encargados llevan el polietileno hasta el fondo de la nave y lo abren. Se hace flamear el polietileno para que quede mejor estirado (Imagen 49, 50, 51 y 52).



Imagen 49: Estiramiento del polietileno



Imagen 50: Estiramiento del polietileno



Imagen 51: Apertura del polietileno



Imagen 52: Apertura del polietileno

- c. Aterrado en cabeceras del polietileno: el extremo opuesto espera que se aterre un lado antes de estirar (Imagen 53, 54, 55, 56 y 57).



Imagen 53: Aterrado de polietileno



Imagen 54: Aterrado de polietileno



Imagen 55: Sellado en cabecera



Imagen 56: vista del polietileno sobre el suelo



Imagen 57: Vista de terrón bajo polietileno que reduce efectividad del tratamiento

- d. Relieve del terreno: en la Imagen 58 se muestra el relieve no correcto para recibir el polietileno, un terreno irregular. Si es necesario se debería parar un rastrón de palo para uniformar la superficie.



Imagen 58: Vista de terreno no apto para recibir el polietileno

- e. Adhesión del polietileno: el aterrado se debe realizar hasta el poste para cerrarlo en la línea de postación. Esto cuesta más en las naves de 6 m de ancho, porque venden polietileno de 3 m de ancho que abre a 6 m, pero en las de 7 a 7,2 m de ancho sobraré polietileno en esa línea de postes porque se usa de 2 m que abre a 4 m. Tratar de que el polietileno quede adherido en la línea de postes, donde debe ir aterrado, primero en puntos y luego en todo el largo (imágenes 59 y 60).

Las líneas de riego se dejan puestas por si es necesario dar un riego adicional una vez colocado el polietileno. Deben quedar uniformemente distribuidas en el ancho de la nave.

El polietileno debe quedar muy bien adherido al piso, no quedando terrones que hagan que queden espacios de aire que no permiten que aumente bien la temperatura de suelo. Además se podría romper el plástico, por lo mismo se prefiere un espesor no menor de 40 micras.



Imagen 59: Sellado de polietileno



Imagen 60: vista de polietileno cubriendo el suelo

- f. Condensación: Vista de la condensación sobre el polietileno una vez cerrado (Imagen 61).



Imagen 61: Condensación bajo el polietileno que cubre el suelo

- g. Estructura malla antiáfido: Después de colocar el polietileno debe cerrarse por completo las naves y lavar los techos de manera de maximizar la ganancia de radiación en caso de hacerse en invernadero o lavar la malla antes de colocar el polietileno sobre el suelo en caso de hacerse bajo una estructura de malla antiáfido (Imagen 62).



Imagen 62: Vista de invernadero después de lavado para aumentar recepción de radiación.

5.6.7. Riegos de la biodesinfección

Se colocan las líneas de riego, que deben ser cintas de riego con distancias entre goteros de no más de 20 cm. Puede usarse también sistemas de aspersión. La idea final es humedecer uniformemente toda la superficie del suelo y aplicar un volumen de agua tal que permita mojar a más de 50 cm de profundidad. El agua del riego es fundamental, porque activará finalmente la flora microbiana contenida en los guanos y con ello el proceso de descomposición de la materia orgánica incorporada.

Se van colocando las líneas de riego de a pares, separadas 20 cm entre ellas y regar hasta una profundidad de 50 cm, con pulsos de 4 a 5 litros por metro lineal por posición, corriéndolas hasta lograr completa uniformidad en todo el ancho de la nave (Imagen 63).



Imagen 63. Distribución de las cintas de riego para humedecer toda la nave.

No necesariamente se ve húmedo parejo encima del suelo, pero debe haber humedad pareja desde los 5 cm de profundidad.

5.6.8. Registro de temperatura

La temperatura mínima de suelo para que funcione la biodesinfección es de 20 °C a 20 cm de profundidad. Con termómetro de suelo se debe registrar la temperatura al menos tres veces por semana a las 8:30 am y a las 15:00 horas, por ser las horas que se registran la mínima y máxima temperaturas diarias.

5.6.9. Retiro de la cubierta de polietileno y manejo posteriores

Una vez transcurrido el período de la biodesinfección, donde los restos orgánicos incorporados se han descompuesto, se debe retirar el polietileno. Esto dependiendo de las temperaturas de suelo a 20 cm puede ser de 4 a 12 semanas. Luego el suelo se debe dejar orear y prepararlo para la instalación del cultivo, trabajando con los aperos normalmente empleados. Si la biofumigación quedó bien hecha no deberían aparecer malezas, sino es así se deberá pasar una rastra para eliminarla.

5.7. Costo de la aplicación de la técnica de biodesinfección.

En el Cuadro 22 se presentan los precios de las enmiendas de guano que se encuentran en la zona de Quillota, Región de Valparaíso.

Cuadro 22. Precio (pesos chilenos) sin IVA de guano y materia orgánica disponibles en la zona de Quillota y alrededores de la Región de Valparaíso, año 2013.

Empresa	Valor (pesos chilenos sin IVA) m ³ o kilo (Rosario)						
	Vacuno	Pollo	Gallina	Caballo	Pavo	Compostado champiñón	Residuos Agroindustriales
Hermanos Saavedra	\$ 7.000	\$ 6.500		\$ 5.000			
Manuel Herrera	\$ 10.000			\$ 8.000			
Rosario							\$ 70/kilo
Arizona			\$6.500				
Urbano Verdejo	\$ 8.000		\$5.000	\$ 7.000			
Pucalan		\$ 6.300			\$ 4.500		
Transporte Mauco						\$ 3000	

Nota: No hay diferencia en precio de guano fresco o estabilizado sólo depende de la disponibilidad. Valores incluyen transporte por razones sanitarias.

En el Cuadro 23 se describen los costos asociados a la aplicación de la biofumigación en la Región de Arica y Parinacota, donde destacan los valores de las enmiendas de guanos, cuyos precios son sensiblemente mayores a las disponibles en la zona de Quillota, Región de Valparaíso (Cuadro 22).

Cuadro 23. Costo (pesos chilenos) de la aplicación de la técnica de biofumigación a 1 ha de superficie, en la Región de Arica y Parinacota. Valores nominales en pesos al año 2013.

Ítem	Unidad	Cantidad requerida	Valor Unitario	Total
Guano de cordero	t	60	\$ 25.000	\$ 1.500.000
Guano de ave	t	20	\$ 34.000	\$ 680.000
Polietileno	kg	5.500	\$ 150	\$ 825.000
Mano de obra	JH	12	\$12.000	\$ 144.000
Tractor (picado de plantas)	JM	1	18.000	\$ 18.000
Costo total hectárea				\$ 3.167.000

A pesar del costo, que puede resultar mayor que una desinfección química de suelo, la técnica de la biofumigación presenta otras ventajas que pueden ser valoradas: permite un tratamiento completo de la superficie cultivada, se reutiliza el rastrojo del cultivo anterior, evitando de esta manera la disposición de estos materiales en vertederos o su quema. De esta manera se recuperan nutrientes aportados y aumenta el nivel de materia orgánica del suelo, mejorando por consiguiente las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

5.8. Experiencias en Chile

5.8.1. Experiencia en la Región de Valparaíso

La primera experiencia de biodesinfección del proyecto se realizó en un sector de 1,4 ha en la zona de La Palma en Quillota el año 2012, cuyos últimos tres cultivos habían sido afectados por cancro bacteriano con porcentajes de plantas sintomáticas de la enfermedad superior al 70%. En este sector se incorporaron las mismas plantas enfermas mediante picadora, luego se incorporaron 40 m³ de guano de ave fresco solo en los sectores donde van ubicadas las mesas de plantación y se incorporó mediante las técnicas descritas en el texto. Estuvo en tratamiento dos meses, desde el 15 de marzo hasta el 15 de mayo de 2012. Las temperaturas de suelo se mantuvieron entre 20 y 25 °C a 20 cm de profundidad. Al finalizar el tratamiento se preparó el suelo para establecer

un cultivo de planta franca en el mes de junio de 2012, cultivo que terminó a fines de noviembre de ese año. Como resultado, no se registró ninguna planta con síntomas de cancro bacteriano durante el cultivo, ni tampoco en el siguiente. Cabe señalar que aparecieron malezas en todo el sector, lo cual es un indicador que el proceso de biofumigación no es exitoso, pero para la erradicación de la enfermedad tuvo éxito.

En la temporada 2012 se llevó a cabo, esta vez en Limache, la segunda experiencia del Proyecto con tratamiento de biodesinfección de suelo, donde también fue aplicada la técnica en una época diferente del verano. El suelo permaneció en tratamiento dos meses, mayo y junio de 2012, para preparar el suelo y establecer un cultivo con plantas francas a inicios de agosto de ese año (Imagen 64). Solo se presentaron daños en focos por enfermedades vasculares, pero no se presentaron síntomas de daño por nematodos a pesar de mantener el cultivo durante el verano.



Imagen 64. Estado cultivo pos tratamiento de biofumigación (de invierno) en UD de Limache, Región de Valparaíso. Diciembre 2012.

En la Unidad Demostrativa localizada en el sector de Lo Venecia, Quillota, al terminar el ciclo largo de cultivo en mayo de 2013, se realizó biodesinfección de suelo, utilizándose para ello guano fresco de caballo $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ y guano de ave $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Estuvo cubierto con polietileno transparente entre el 5 de junio y 28 de julio de 2013. Posteriormente se trabajó el suelo con rastra, escarificador, encamador y rotovator. Esta biofumigación no quedó bien hecha, ya que no se contó con rotovator que emparejara el terreno, presentándose terrones en el suelo, lo que disminuye la efectividad del tratamiento por cámaras de aire que quedan entre el suelo y el polietileno.

En la Unidad Demostrativa ubicada en Olmué se efectuó biodesinfección de suelo terminado un cultivo de tomate injerto, quedó todo completamente cubierto el día 12 de abril 2013 y se mantuvo hasta el 25 de julio 2013 (imagen 65). Aquí también hubo problemas con la aparición de malezas, producto tal vez de que el guano no estaba fresco (imagen 66).

El proyecto recomienda usar guanos que tengan una trazabilidad en su proceso de producción y que cuenten con los permisos ambientales necesarios para su transporte, siguiendo las recomendaciones de manejo del Ministerio de Salud.



Imagen 65. Diferentes vistas de aplicación de biofumigación en Unidad Demostrativa de Olmué, abril de 2013.



Imagen 66. Presencia de malezas bajo la cubierta de polietileno en Unidad Demostrativa de Olmué tras 45 días de tratamiento de biofumigación.

5.8.2. Experiencias en la Región de Arica y Parinacota

En la temporada 2013, se establecieron las mismas Unidades Demostrativas de plantas injertadas en ciclo largo que en la primera temporada de 2012. Finalizado el cultivo se acondicionaron todas las Unidades Demostrativas para implementar la técnica de biosolarización. Se describe el detalle de estas experiencias en dos de las Unidades Demostrativas, una del Valle de Azapa y otra del Valle de Lluta:

Tratamiento biosolarización Unidad Demostrativa Azapa 1:

- Superficie tratamiento: 9.750 m².
- Aplicación de guano estabilizado de ave 15 t.
- Aplicación de guano de cordero 60 t.

- Tiempo de duración del tratamiento 26 días.
- Observaciones Fitosanitarias: se evidencia para la temporada 2013, una reducción considerable de la alta presión de *Pseudomonas syringae* pv *tomato*, registrada en la temporada 2012, cuyos síntomas abarcaron la totalidad de la Unidad Demostrativa. Para la temporada 2013 se cuantificó un daño cercano al 15% del total de la superficie.
- Se registra un control total de malezas de hoja ancha y angosta. Para la temporada 2013, los pasillos se encontraron libres de malezas.
- Solo aparecen plantas con nódulos en las cabeceras de algunas mesas.

Tratamiento biosolarización Unidad Demostrativa Lluta 1:

- Superficie tratamiento: 3.700 m².
- Uso de estabilizado, guano de ave 7 t.
- Uso de guano de cordero 22 t.
- Tiempo de duración del tratamiento 26 días.
- Observaciones Fitosanitarias: se evidencia para la temporada 2013, ausencia de malezas, nematodos y enfermedades bacterianas.

En resumen, la biosolarización realizada correctamente logró controlar enfermedades de suelo que afectaron a las Unidades Demostrativas en la primera temporada. En el caso de la Unidad Demostrativa del Valle de Azapa, donde la sintomatología de daño de nematodo agallador (*Meloidogyne* sp), sólo se presentó en un foco, en un borde del módulo de producción. Además se redujo la incidencia de la bacteriosis causada por *Pseudomonas syringae* pv *tomato*. En la Unidad Demostrativa del Valle de Lluta las enfermedades de suelo fueron menores en comparación con las de Azapa en ambas temporadas.

6. Recomendaciones para la integración de las técnicas de injertación y biodesinfección de suelo.

El proyecto recomienda la combinación de las técnicas de plantas injertadas, biodesinfección y el uso de aislamiento con malla antiáfido para mantener altos rendimientos y una estabilidad de producción en el tiempo, constituyendo una estrategia sustentable y de largo plazo. Se enfrenta de esta manera, no sólo las enfermedades de suelo, sino también se incrementa la fertilidad de los suelos, reduciendo la erosión y aprovechando los residuos de los cultivos.

Existen en la zona central (sector Quillota) y en la zona norte (sector Arica) del

país, varios predios agrícolas que están usando la técnica de biodesinfección como parte de su sistema productivo. Para el cultivo de plantas injertadas hay variadas opciones productivas, tanto de ciclo largo como de ciclo corto, los cuales deben establecerse en una estrategia que permita lograr una estabilidad de producción en el largo plazo. Algunas de las estrategias de ciclos de cultivo que recomienda el proyecto se describen en los siguientes cuadros 24 al 30:

Cuadro 24. “Opción 1 para las zonas de Quillota, Limache, Pichidegüa, Región de Valparaíso, en diferentes temporadas del año”.

Enero a abril	Junio a No-viembre	Diciembre a Mayo	Junio a No-viembre	Diciembre a Abril
Biofumigación	Cultivo con plantas injertadas con 3 ejes por planta	Cultivo de con plantas injertadas con 3 a 4 ejes	Cultivo con plantas injertadas con 3 ejes por planta	Biofumigación

Cuadro 25. “Opción 2 para las zonas Quillota, Limache, Pichidegüa, Región de Valparaíso, en diferentes temporadas del año”.

Agosto a Diciembre	Enero a Junio	Julio a Diciembre	Enero a Junio	Julio a Diciembre	Enero a Abril
Biofumigación	Cultivo con plantas injertadas con 3 a 4 ejes	Cultivo con plantas injertadas a 3 o 4 ejes	Cultivo con plantas injertadas a 3 o 4 ejes	Cultivo con plantas injertadas con 3 a 4 ejes	Biofumigación

Cuadro 26. "Opción 3 para las zonas de Quillota, Limache, Pichidegüa, Región de Valparaíso, en diferentes temporadas del año".

Enero a Junio	Agosto a Noviembre	Diciembre a Mayo	Junio a Noviembre	Diciembre a Mayo	Agosto a Noviembre
Cultivo con plantas injertadas con 3 a 4 ejes	Biofumigación	Cultivo con plantas injertadas a 3 o 4 ejes	Cultivo con plantas injertadas con 3 a 4 ejes	Cultivo con plantas injertadas con 3 a 4 ejes	Biofumigación

Cuadro 27. "Opción 4 para las zonas de Quillota, Limache, Pichidegüa, Región de Valparaíso, en ciclo de 4 años".

Febrero a Mayo	Julio a Diciembre	Enero a Junio	Julio a Enero	Febrero a Mayo	Junio a Noviembre	Diciembre a Mayo	Junio a Noviembre	Diciembre a Abril
Biofumigación	Cultivo con plantas injertadas a 3 o 4 ejes	Cultivo con plantas injertadas a 3 o 4 ejes	Cultivo con plantas injertadas a 3 o 4 ejes	Biofumigación	Cultivo con plantas injertadas a 3 ejes	Cultivo con plantas injertadas a 3 o 4 ejes	Cultivo con plantas injertadas a 3 ejes	Biofumigación

Cuadro 28. "Opción 5 para las zonas de Quillota, Limache, Pichidegüa, Región de Valparaíso, con cultivos de ciclos largos".

Agosto a Mayo	Junio-Julio	Agosto a Mayo
Cultivo con plantas injertadas en ciclo largo con 14 a 16 racimos	Fumigación con alternativa química o biofumigación	Cultivo con plantas injertadas en ciclo largo con 14 a 16 racimos

Cuadro 29. "Opción 6 para la Región de Arica y Parinacota en producción de ciclo largo.

Diciembre-Enero	Febrero a Noviembre	Diciembre- Enero
Biofumigación	Cultivo con plantas injertadas de 18 a 22 racimos	Biofumigación

Cuadro 30. "Opción 7 para zona de Colín, Región del Maule, con un cultivo al año".

Enero a abril	Junio - Julio	Enero a abril
Biofumigación	Cultivo con plantas injertadas a 7 racimos	Biofumigación

La recomendación es realizar una biodesinfección del suelo después de tres cultivos, 18 meses en la zona de Quillota-Limache, Región de Valparaíso y una vez al año en la Región de Arica y Parinacota, por los ciclos de cultivo normales que se realizan en ambas zonas.

7. Conclusión

El actual sistema productivo se ha basado en el uso de fumigantes químicos, donde el Bromuro de Metilo fue parte fundamental del sistema de producción de tomates en sistemas protegidos.

El proyecto considera que a partir de la eliminación de Bromuro de Metilo para tratamiento de suelo, comienza un cambio profundo en la forma de enfrentar las enfermedades de suelo, lo que implica necesariamente un cambio en el modelo de producción.

No está bien hablar de alternativas al uso de Bromuro de Metilo. Lo que corresponde decir es que se propone un sistema de producción alternativo al sistema de producción con Bromuro de Metilo. Este nuevo modelo de producción está basado en tres técnicas:

- Producción con planta injertadas
- Biodesinfección de suelos
- Uso de *big plant*

El desarrollo de estas técnicas y su difusión dependen del trabajo de todos los actores involucrados, agricultores y sus equipos técnicos, profesionales asesores, viveros de plantines y otras empresas proveedoras de servicios, y finalmente las universidades y centros de formación técnica.

8. Agradecimientos

En este apartado se agradece a todos los productores que participaron estableciendo Unidades Demostrativas y Unidades Experimentales en sus predios. Se agradece el confiar en el equipo técnico para implementar en sus empresas unidades productivas que pudieron ser visitadas por el medio productivo en estos años.

El listado de productores y empresas participantes del proyecto:

- Sr. Ricardo Stambuk de Agrícola Los Arrayanes en Olmué.
- Sr. Walter Rieguel de Agrícola Las Cruzadas en Quillota.

- Sr. Jorge Bahamonde de Agrícola Weber y Morchio en Quillota.
- Sr. Alejandro Alvarez de Agrícola El Tornado en Quillota.
- Sr. José Vargas Ponce de Agrovar en Limache.
- Sr. Juan Pablo Thomsen de Agrícola Il Frutteto en Limache.
- Sra. Isabel Araya Bravo de Agrícola El Molino en Quillota.
- Sr. Isaías Díaz Beiza de Agrícola El Guindo en Quillota.
- Inversiones Quintil S.A. en Quillota.
- Sra. Ana María Yucra, productora del Valle de Lluta en la Región de Arica y Parinacota.
- Sra. María Elena Yucra, productora del Valle de Lluta en la Región de Arica y Parinacota.
- Sr. Humberto Jara, productor del Valle de Azapa en la Región de Arica y Parinacota.
- Sr. Eris Rojas, productor del Valle de Azapa en la Región de Arica y Parinacota.

Agradecer a todos los consultores que trabajaron en el proyecto:

- Sr. Héctor Fuentealba, Consultor local Región de Arica y Parinacota.
- Sr. Robinson González, Consultor local Región de Arica y Parinacota.
- Srta. Claudia Severino, Consultora local de Quillota – Limache, Región de Valparaíso.
- Sra. Claudia Labrín, Asistente técnico de Quillota – Limache, Región de Valparaíso.
- Sr. Arturo Correa, Consultor Asesor Técnico del proyecto.
- Sr. Rafael Elizondo, Consultor Nacional del componente tomate.

- Srta. Lorena Alarcón, Consultora Unidad Ozono del Ministerio del Medio Ambiente.

A los Consultores internacionales del Proyecto, por su extraordinaria labor:

- Dr. Julio Tello Marquina, Doctor Ingeniero Agrónomo, Catedrático Universidad de Almería, España.
- Dr. Francisco Camacho Ferre, Doctor Ingeniero Agrónomo, Catedrático Universidad de Almería, España.

Finalmente a la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), por hacer posible este proyecto, al Ministerio del Medio Ambiente por ser la institución que coordinó las actividades y al Ministerio de Agricultura por darle soporte técnico.

A todos los que hicieron posible este proyecto de asistencia técnica, muchas gracias.

9. Bibliografía

Abawi G, Widmer T. 2000. Impact of soil health management practices on soil-borne pathogens, nematodes and root diseases of vegetable crops. *App. Soil Ecol.* 15: 37-47.

Adonis R. 2003. Especificaciones técnicas de Buenas Prácticas Agrícolas. Hortalizas de frutos cultivadas en invernadero. Comisión Nacional de Buenas Prácticas Agrícolas. Ministerio de Agricultura de Chile. 48 p.

Aguilar M. 2002. Efectos del compostaje de residuos de plantas hortícolas infectadas sobre la viabilidad de hongos y virus fitopatógenos. Tesis doctoral. Departamento de biología aplicada. Universidad de Almería. 218 pp.

Albornoz F. 2007. Cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) hidropónico con agua desalinizadora y desborificada en el valle de Lluta. Idesia Universidad de Tarapacá. Facultad de Agronomía. Arica, Chile. 25(2): 73-80.

Almicar C. 2007. Manejo agronómico del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicon* L.) en casa malla, bajo las condiciones de monjas, Jalapa. Caso empresa mosca blanca. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 41 p

Araújo A, Leite L, Santos V, Carneiro R. 2009. Soil microbial activity in conventional and organic agricultural systems. *Sustainability* 2009, 1: 268-276

Báez E, Carrillo J, Báez M, García R, Valdez J, Contreras R. 2010. Uso de portainjertos resistentes para el control de la fusariosis (*Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* Snyder & Hansen raza 3) del tomate en condiciones de malla sombra. *Revista mexicana de fitopatología.* 28(2):111-122.

Bailey K, Lazarovits G. 2003. Suppressing soilborne diseases with residue management and organic amendments. *Soil Tillage Res.* 72:169-180.

Barres M. 2006. La eliminación del bromuro de metilo en protección de cultivos como modelo mundial para la conservación del medio ambiente. Tesis doctoral. Departamento de Ecosistemas Agroforestales Universidad Politécnica de Valencia. 501 pp.

Bello A, López J, García-Álvarez A. 2002. Biofumigation as an alternative to methyl bromide. Proceedings of international conference on alternatives to methyl bromide. Sevilla, Spain 5-8 Marzo 2002: 221-225.

Bello A, López J, Sanz R, Escuer M, Herrero J. 2000. Biofumigation and organic amendments. In: Methyl bromide alternatives for North African and Southern European countries. Eds. UNEP, pp. 113-141.

Bello A, García-Álvarez A, Díez - Rojo M. 2004. Ecología de Suelos, manejo de la materia orgánica e Investigación. I Conferencia Internacional Eco- Biología de Suelo y el Compost. León, México. 15 - 17 septiembre 2004.

Bello A, Tello J. 1998. El bromuro de metilo se suprime como fumigante del suelo. *Phytoma España* 101: 10-21.

Berra D, Cuesta E, Hernandez, J, Mancho, M. 1985. Corky-root en cultivo de tomate. *Horticultura* 25:64-70.

Bonanomi G, Antignani V, Capodilupo M, Scala F. 2010. Identifying the characteristics of organic soil amendments that suppress soilborne plant diseases. *Soil Biology and Biochemistry* 42(2):136-144.

Bumgamer N, Kleinhenz M. 2013. Grafting guide: A pictorial guide to the cleft and splice graft methods as applied to tomato and pepper. The Ohio State University/OARDC/OSU Extension <<http://web.extension.illinois.edu/smallfarm/downloads/50570.pdf>> 10 febrero 2014.

Camacho F. 1980. Cultivos intensivos en la provincia almeriense. Equipo de Ciencias Naturales "Los Filabres". Series monográficas. http://www.almediam.org/Equipo_Filabres/Cultivos_Intensivos.html

Camacho F. 2009. Técnica de producción en cultivos protegidos. Caja Rural Intermediterranea, Cajamar. Ediciones Agrotécnicas, S.L. Almería España. 372 p.

Camacho F. 2008. Instalaciones de semilleros especializados en la cría de plantas hortícolas. *Revista Horticultura Extra* 2008: 62-69.

Camacho F. 2004. Diferentes alternativas a la gestión de biomasa procedente de residuos vegetales. Comunicaciones del VI congreso de la SEAE. Almería, 27

septiembre–2 octubre, 2004.pp. 13–28.

Carlton W, Braun E, Gleason M. 1998. Ingress of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* into tomato leaves through hydathodes. *Phytopathology* 88: 525–529.

Chang R, Ries M, Pataky J. 1991. Dissemination of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* by practices used to produce tomato transplants. *Phytopathology* 81:1276–1281.

Castro I, Díez M, López J, Díaz L, Bello A. 2011. Biodesinfección de suelos en producción Ecológica. Dossier- SEAE, primera edición mayo 2011.

Davis A, Perkins P, Hassell R, Levi A, King S, Zhang X. 2008. Grafting effect on vegetable quality. *Hortscience* 43(6): 1670–1672.

Devran Z, Ali Söğüt A, Mutlu N. 2010. Response of tomato rootstock with the Mi resistance gene to *Meloidogyne incognita* race 2 at different soil temperatures. *Phytopathol. Mediterr.* 49:11–17.

Díez M. 2010. Bases agronómicas para la utilización de restos agrarios en biodesinfección de suelos. Tesis doctoral Universidad Politécnica de Madrid.

Estañ M, Martínez M, Alfocea F, Flowers T, Bolarin M. 2005. Grafting raises the salt tolerance of tomato through limiting the transport of sodium and chloride to the shoot. *J.Exp. Bot* 56(412): 703–712.

Estay P. 2000. Polilla del tomate Tuta absoluta. INIA-La Platina. Santiago de Chile. <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR25648.pdf>

Estay P, Bruna A. 2002. Insectos, Ácaros y Enfermedades asociadas al tomate en Chile. INIA Centro Regional de Investigación La Platina. <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR25648.pdf>

European and Mediterranean Plant Protection Organization. 2005. *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. EPPO Bull. 35:275–283.

Fernandez – García N, Carvajal M, Olmos E. 2004. Graft union formation in tomato plants: peroxidase and catalase involvement. *Annals of botany* 93:53–60.

Fernández E, Camacho F. 2008. Manual práctico de fertirrigación en riego por goteo: sistematica de resolución de problemas. Ediciones Agrotécnicas. Almería - España, 169p.

Flores F, Sanchez P, Estañ M, Martinez M, Moyano E, Morales B, Campos J, Garcia J, Egea M, Fernandez N, Romojaro F, Bolarin M. 2010. The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality. *Sci. Hort.* 125(3): 211-217.

Gambiel A, Stapleton J. 1993. Characterization of antifungal volatile compounds evolved from solarized soil amended with cabbage residues. *Phytopathology* 83: 899-905.

Garza M. 2008. Manual para la producción de tomate en suelo en el estado de Nuevo León. Facultad de Agronomía. Universidad de la UANL. Nuevo de León, México. 183 p.

García-Álvarez A, Bello A. 2004. Diversidad de los organismos de suelo y transformaciones de la materia orgánica. En: Agrícola Española (Eds). Conference book, I International Conference on Soil and Compost Eco-Biology, 15-17 September 2004, León, España. Pp. 211-212.

Garton R, Sikkema P, Tomecek E. 1997. Plug transplants for processing tomatoes: Production, handling and stand establishment <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/94-061.htm#Seeding_and_Germination> revisado 5 febrero 2014.

Gázquez J, Meca D, Segura M, Domene M, Gil R, Pérez C, Fernández M, López J. 2013. Evaluación de la rentabilidad de diferentes sistemas de guiado de plantas para tomate en ramo bajo invernadero: descuelgue tradicional; perchas (tipo holandés) y perchas a baja altura. VII Congreso ibérico de agroingeniería y ciencias hortícolas. Madrid, 26-29 agosto 2013.

<http://sechaging-madrid2013.org/geystiona/adjs/comunicaciones/272/C06180001.pdf>

Godoy H, Castellanos J, Alcántar G, Sandoval M, Muñoz J. 2009. Efecto del injerto y nutrición de tomate sobre rendimiento, materia seca y extracción de nutrimentos. *Tierra Latinoamericana* 27(1): 1-9.

Guerrero M. 2012. Biosolarización de invernaderos para cultivos de pimiento: manejo de patógenos y fatiga de suelo. Tesis doctoral Universidad Politécnica de Cartagena. Departamento de Producción Vegetal (link)

Guerrero M, Lacasa C, Hernández A, Martínez V, Martínez M, Ros, C. 2012. Biosolarización e injerto para el manejo integrado de los patógenos de suelo en cultivos de pimiento en invernadero. *Acta Hort* 60:321-326.

Jarvis W. 1988. Control de enfermedades en cultivos de invernadero. *Mundi-Prensa*. España. 334p.

Johnson S, Miles C. 2011. Effect of healing chamber design on the survival of grafted eggplant, tomato and watermelon. *Horttechnology* 21(6):752-758.

Khah E, Kakava E, Mavromatis A, Chachalis D, Goulas C. 2006. Effects of grafting on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in greenhouse and open field. *Journal of Applied Horticulture* 8(1):3-7.

Kim Y, Kil B. 2001. Allelopathic effects of some volatile substances from the tomato plant. *Journal of crop production*, 4: 313-321.

King S, Davis A, Liu W, Levi A. 2008. Grafting for disease resistance. *Hortscience* 43(6):1673-1676.

Kirkegaard J, Mathiessen J. 2004. Developing and refining the biofumigation concept. *Agroindustria* 3: 233-239.

Kubota C, McClure M, Kokalis-Burelle N, Bausher M, Roskopf E. 2008. Vegetable grafting: history, use, and current technology status in north america. *Hortscience* 43(6): 1664-1669.

Kuniyasu K, Yamakawa K. 1983. Control of fusarium wilt of tomato caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* raza J3 by grafting to KNVF and KVF, rootstocks of the interespecific hybrids between *Lycopersicon esculentum* * *L. hirsutum*. *Japanese Journal of Phytopathology* Vol.49(5): 581-586.

Lee J. 1994. Cultivation of grafted vegetables I. Current status, grafting methods, and benefits. *Hortscience* 29(4):237-239.

Lee J. 2011. Factors affecting the quality of grafted vegetable transplants. In: International symposium on vegetable grafting. Viterbo, Italy. (grafting2011.com).

Lee, J.M. 2003. Advances in vegetable grafting. *Chron. Horticult.* 43:13-19.

López-Pérez J, Le Strange M, Kaloshian I, Ploeg A. 2006. Differential response of Mi gene-resistant tomato rootstocks to root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita*). *Crop Protection* 25:382-386.

Lorenzo, P, González, L. 2010. Alelopatía: una característica ecofisiológica que favorece la capacidad invasora de las especies vegetales. *Ecosistemas* 19(1):79-91.

Magunacelaya J. 2005. Control de nematodos fitoparásitos mediante uso de materia orgánica. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. http://mazingersisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_agronomicas/montea-legre_j/18.html

Matthiessen J, Kirkegaard J. 2006. Biofumigation and enhanced biodegradation: opportunity and challenge in soilborne pest and disease management. *Critical Reviews in Plants Sciences* 25: 235-265.

Matthiessen J, Shackleton M. 2005. Biofumigation: environmental impacts on the biological activity of diverse pure and plant-derived isothiocyanates. *Pest Mang. Sci* 61: 1043-1051.

Matthiessen J, Warton B, Shackleton M. 2004. The importance of plant mace-ration and water addition in achieving high Brassica-derived isothiocyanate levels in soil. *Agroindustria* 3: 277-280.

McGinn S, Janzen H. 1998. Ammonia sources in agriculture and their measurement. *Can.J.Soil Sci.* 78:139-148.

Oda M. 1999. Grafting of vegetables to improve greenhouse production <<http://www.agnet.org/library/eb/480/>>. 10 febrero 2014.

Piedra Buena A. 2004. Agroecología de *Meloidogyne goldi*, (Nematoda: Heteroderidae) en cultivos hortícolas protegidos. Tesis doctoral, escuela Politécnica Superior, Universidad de Almería, España, 397 pp.

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.

Rodriguez A, Gonzalez 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

Rodríguez V. 2008. Evaluación de alternativas de protección física y química de semilleros de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) contra el ataque del complejo mosca blanca (*Bemisia tabaci*, Gennadius)- Geminivirus y su efecto en el rendimiento, en el municipio de Tisa, Masaya. Universidad Nacional Agraria de Nicaragua. Facultad de Agronomía. 76 p.

Rodriguez - Kabana R, Morgan - Jones G, Chet I. 1987. Biological control of nematodes: Soil amendments and microbial antagonists. *Plant and Soil* 100: 237 - 247.

Rivard C, Louws F. 2006. Grafting for disease resistance in heirloom tomatoes <<http://www4.ncsu.edu/~clrivard/TubeGraftingTechnique.pdf>> 10 febrero 2014.

Rivard C, Louws S. 2008. Grafting to manage soilborne diseases in heirloom tomato production. *Hortscience* 43(7): 2104-2111.

Rivard C, Sydorovych O, O'Connell S, Peet M, Louws F. 2010. An economic analysis of two grafted tomato transplant production systems in the United States. *Horttechnology* 20(4): 794-803.

Rosales M, Sepúlveda P, Rojas C, Medina C, Sepúlveda G, Brown J, Mora R. 2011. Virus transmitidos por insectos vectores en tomate en la región de Arica y Parinacota: Situación actual y manejo. INIA URURI- Boletín INIA N°224.
http://www.inaproyecta.cl/605/articles-1668_recurso_1.pdf

Schwarz D, Rouphael Y, Colla G, Venema J. 2010. Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: thermal stress, water stress and organic pollutants. *Sci.Hort.* 127:162-171.

Susuki M, Sasaya S, Kobayashi K. 1998. Present status of vegetable grafting

systems. JARQ 32: 105–112.

Tello J. 2002. Tomato production in Spain without methyl bromide. Proceedings of international conference on alternatives to methyl bromide. Sevilla, Spain 5–8 Marzo 2002. Pp. 169–175.

Tello J, Bello A. 2002. Plastics in the disfection of agricultura land. Plasticulture 121: 50–71.

Venema J, Dijk B, Bax J, Van Hasselt P, Elzenga J. 2008. Grafting tomato (*Solanum lycopersicum*) onto the rootstock of a high-altitude accession of *Solanum habrochaites* improves suboptimal-temperature tolerance. Environ.Exp. Bot. 63, 359–367

Vilaseca J. 2007. Papel biofumigante de los restos de cosecha en el control de ToMV, PepMV y O. brassicae. Tesis doctoral. Departamento de Ecosistemas Agroforestales. Universidad Politécnica de Valencia. 478 pp.

Xu X, Miller S, Baysal-Gurel F, Gartemann KH, Eichenlaub R, Rajashekara G. 2010. Bioluminescence Imaging of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* infection of tomato seeds and plants. Appl.Environ.Microbiol 76(12):3978–3988.

Xu X, Rajashekara G, Paul P, Miller S. 2012. Colonization of tomato seedlings by bioluminescent *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* under different humidity regimes. Phytopathology 102: 177–184.