



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

CULTIVO DE FRUTILLA

En una Realidad sin Bromuro de Metilo en Chile



CULTIVO DE FRUTILLA EN CHILE

PROBLEMAS FITOSANITARIOS

ALTERNATIVAS AL USO DEL BROMURO DE METILO

ESTUDIO DE CASO

MANEJO AGRONÓMICO



CULTIVO DE FRUTILLA

En una Realidad sin Bromuro de Metilo en Chile



CULTIVO DE FRUTILLA EN CHILE

PROBLEMAS FITOSANITARIOS

ALTERNATIVAS AL USO DEL BROMURO DE METILO

ESTUDIO DE CASO

MANEJO AGRONÓMICO



CULTIVO DE FRUTILLA, 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, Consultora Proyecto

Redactores:

Paulina Sepúlveda, Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Fitopatóloga, Consultora Proyecto

Guillermo Délano, Ingeniero Agrónomo, Consultor Proyecto

Arturo Correa, Magíster Ingeniero Agrónomo, Consultor Proyecto

Supervisores Técnicos:

José Manuel López Aranda, Doctor Ingeniero Agrónomo y Doctor en Derecho. Investigador y Director del Centro IFAPA de Churriana (Málaga) en España.

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

Arturo Correa, Magíster Ingeniero Agrónomo, Consultor Proyecto

Lorena Alarcón, Ingeniero en Alimentos, Consultora Proyecto

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 junio de 2015.

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

La capa de ozono protectora del planeta, evita el paso de la radiación ultravioleta B (UV-B) proveniente del sol, la cual tiene efectos negativos sobre las personas y el medio ambiente. Es así como en humanos, la exposición a la radiación UV-B aumenta los riesgos de cáncer de piel, de cataratas y debilita el sistema inmunológico, así también, puede disminuir el crecimiento de plantas y afectar a organismos unicelulares y sistemas acuáticos.

Con el propósito de alcanzar el desarrollo sustentable del país y de mejorar la calidad de vida de los chilenos, tanto de esta generación como de las futuras, Chile forma parte del Protocolo de Montreal, uno de los acuerdos internacionales más exitosos a nivel global, que tiene por objetivo reducir la producción y consumo de las sustancias que agotan la capa de ozono, entre las que se encuentra el bromuro de metilo. Sustancia de uso agrícola, que en nuestro país se utiliza para tratamiento de suelo, principalmente en el cultivo de tomate y frutilla; y para tratamientos de cuarentena y pre-embarque (QPS, "quarantine and pre-shipment") en importaciones y exportaciones.

Bajo el marco del Protocolo de Montreal, Chile se compromete a reducir a cero el consumo¹ de bromuro de metilo para uso en suelo, a partir del 01 de enero de 2015. Situación que ha llevado a implementar y ejecutar desde el año 2011 el *"Proyecto Terminal para la Eliminación del Uso de Bromuro de Metilo"*, financiado por el Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal e implementado por la Unidad Ozono del Ministerio del Medio Ambiente, con apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONU DI), quienes han tenido un trabajo coordinado con el Ministerio de Agricultura, a través del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA).

Entre las líneas de acción del proyecto, se encuentra el apoyo brindado a los productores nacionales de frutilla, en la búsqueda de alternativas al uso del bromuro de metilo en suelo. Para ello, se trabajó en conjunto con productores agrícolas de las regiones de Valparaíso, del Maule y del Biobío, donde se probaron alternativas tanto químicas como no-químicas. Conjuntamente se han realizado actividades abiertas de difusión, encabezadas por expertos nacionales e internacionales, para exponer los avances y resultados que se han obtenido; así como también en el año 2014 se realizó una gira tecnológica a España, donde participaron los productores y consultores del proyecto.

¹ Se entiende por consumo a las cantidades anuales de sustancias agotadoras de la capa de ozono conforme a la operación matemática: Consumo = Importaciones + Producción - Exportaciones.

Este libro es una herramienta que el proyecto coloca a disposición de los productores de frutillas, de consultores, de asesores agrícolas, así como del público en general, y como apoyo al sector productor de frutillas del país, donde se exponen los resultados obtenidos en la implementación de alternativas al bromuro de metilo, con el objetivo de enfrentar de mejor manera una realidad sin este fumigante de suelo.

Atte.,
Pablo Badenier Martínez
Ministro del Medio Ambiente

ÍNDICE

TEMÁTICO

INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO 1. EL CULTIVO DE FRUTILLA EN CHILE	16
1.1. Antecedentes Generales	18
1.1.1. Características del Cultivo de Frutilla	18
1.1.2. Clasificación Taxonómica	18
1.1.3. Origen de Variedades Comercial de Frutilla.....	18
1.1.4. Requerimientos Edafoclimáticos del Cultivo de Frutilla	19
1.1.5. Importancia y Superficie	20
1.1.5.1. Situación Mundial del Mercado de la Frutilla	20
1.1.5.2. Situación Nacional de la Frutilla	21
1.1.5.3. Destino de la Producción de Frutilla de Origen Nacional	22
1.1.6. Tipos de Variedades de Frutillas	23
1.1.7. Tipo de Productores	24
1.1.7.1. Productores Pequeños	24
1.1.7.2. Productores Medianos y Empresas Agroindustriales	25
1.2. Antecedentes del Área de Influencia del Proyecto	25
1.2.1. Importancia y Superficie	25
1.2.2. Características de las Unidades Demostrativas del Proyecto: Estudio de Caso	26
1.2.2.1. Unidades Demostrativas con Alternativas Químicas	26
1.3. Característica Edafoclimática de Áreas de Influencia del Proyecto	29
1.3.1. Secano Costero Central	29
1.3.1.1. Secano Costero de Zona Centro Sur: Región de Valparaíso	30
1.3.1.2. Secano Costero de Zona Centro Sur: Regiones del Maule y Biobío	31
1.3.2. Secano Interior	32
1.3.2.1. Secano Interior: Región Metropolitana	32
1.3.2.2. Secano Interior: Regiones del Maule y Biobío	33
1.4. Importancia del Área de Influencia del Proyecto	34

CAPÍTULO 2. PROBLEMAS FITOSANITARIOS DEL CULTIVO DE FRUTILLA QUE JUSTIFICAN LA DESINFECCIÓN DE SUELO 36

2.1.	Antecedentes Generales	38
2.2.	Problemas Fitosanitarios Identificados	39
2.2.1.	Hongos	39
2.2.1.1.	<i>Fusarium oxysporum</i> y <i>Fusarium oxysporum fsp Fragariae</i>	40
2.2.1.2.	<i>Phytophthora cactorum</i> y <i>Phytophthora Fragariae var Fragariae</i>	43
2.2.1.3.	<i>Macrophomina phaseolina</i>	45
2.2.1.4.	<i>Verticillium dahliae</i> y <i>Verticillium alboatrum</i>	46
2.2.1.5.	<i>Rhizoctonia solani</i>	47
2.2.2.	Bacterias	48
2.2.3.	Nematodos	48
2.2.3.1.	<i>Meloidogyne incognita</i> (infestaciones severas)	49
2.2.3.2.	<i>Xiphinema americanum</i> (infestaciones severas)	50
2.2.3.3.	<i>Pratylenchus</i> spp. (Infestaciones severas)	51
2.2.3.4.	<i>Paratylenchus</i> spp. (Infestaciones severas)	51
2.2.3.5.	<i>Helicotylenchus</i> spp. (Infestaciones medias)	51
2.2.3.6.	<i>Mesocriconema</i> spp. (Infestaciones leves)	52
2.2.4.	Insectos	52

CAPÍTULO 3. ALTERNATIVAS AL USO DE BROMURO DE METILO COMO DESINFECTANTE DE SUELO DISPONIBLES PARA FRUTILLAS EN CHILE 54

3.1.	Antecedentes Generales	56
3.2.	Alternativas Químicas al Bromuro de Metilo	57
3.2.1.	Recomendaciones de Aplicación de los Principales Fumigantes Alternativos Vía Riego o Inyección	58
3.2.1.1.	Preparación (Aplicaciones Vía Riego)	58
3.2.1.2.	Durante la Aplicación	58
3.2.1.3.	Posterior a la Aplicación	59
3.2.2.	Metam Sodio	59
3.2.3.	Dazomet	61
3.2.4.	Mezcla 1,3 - Dicloropropeno + Cloropicrina (1,3 D+Pic)	63
3.2.5.	Etoprofos	64
3.2.6.	Tetratiocarbonato de Sodio	65
3.2.7.	Características de los Productos Comerciales Autorizados para su Uso en Frutilla	66

3.3.	Alternativas No Químicas al Bromuro de Metilo	68
3.3.1.	Biofumigación	68
3.3.2.	Biosolarización	71
3.3.3.	Vaporización	72

CAPÍTULO 4. USO DE ALTERNATIVAS QUÍMICAS Y NO QUÍMICAS AL BROMURO DE METILO PARA DESINFECCIÓN DE SUELO EN EL CULTIVO DE FRUTILLA EN CHILE: ESTUDIO DE CASO 74

4.1.	Antecedentes General	76
4.2.	Diagnóstico Unidades Demostrativas Establecidas en 2011-2012	76
4.2.1.	Antecedentes Unidades Demostrativas Establecidas en 2011-2012	77
4.2.2.	Resultados Evaluaciones Unidades Demostrativas Establecidas en 2011-2012	79
4.2.2.1.	Rendimiento	79
4.2.2.2.	Calidad Comercial	82
4.2.3.	Estado Sanitario	85
4.2.4.	Crecimiento Plantas	85
4.2.5.	Conclusiones Unidades Demostrativas Establecidas en 2011-2012	85
4.2.6.	Unidades Demostrativas Establecidas en 2013	86
4.2.6.1.	Establecimiento Unidad Demostrativa Huertos Chile, Santo Domingo	88
4.2.6.2.	Establecimiento Unidad Demostrativa La Huerta Sur de Hualañé	90
4.2.6.3.	Evaluaciones Fitosanitarias al Suelo y Plantas Unidades Demostrativas establecidas el año 2013	92
4.2.6.4.	Resultados Unidad Demostrativa La Huerta Sur de Hualañé	96
4.2.6.5.	Resultados Unidad Demostrativa Huertos Chile, Santo Domingo	98
4.2.7.	Conclusiones Unidades Demostrativas Establecidas en 2013	99
4.3.	Alternativas No Química: Biofumigación y Biosolarización	100
4.3.1.	Unidades Demostrativas Establecidas en 2013	100
4.3.2.	Manejo Técnico y Resultados Unidades Demostrativas de Biofumigación y Biosolarización en Frutilla	100

4.3.2.1.	Unidad Demostrativa El Ermitaño, San Antonio	101
4.3.2.2.	Unidad Demostrativa Curanipe Alto, Región del Maule	107
4.3.3.	Conclusiones	112

CAPÍTULO 5. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE FRUTILLAS 114

5.1.	Características Botánicas de la Planta	116
5.2.	Tipos de Variedades	117
5.2.1.	Variedades de Día Corto	118
5.2.2.	Variedades de Día Neutro	118
5.3.	Aspectos a Considerar para el Establecimiento del Cultivo, Control de Plagas del Suelo	119
5.3.1.	Requerimiento Climático del Cultivo de Frutilla	120
5.3.1.1.	Temperatura	120
5.3.1.2.	Humedad Relativa	121
5.3.1.3.	Requerimientos de Agua	121
5.3.1.4.	Viento	121
5.3.2.	Requerimientos de Suelo	122
5.3.3.	Época de Plantación para Plantas de Día Corto o Neutro	122
5.3.3.1.	Plantas de Día Corto	122
5.3.3.2.	Variedades Neutras	123
5.3.4.	Sistema de Plantación	123
5.3.5.	Preparación de Suelo	124
5.3.6.	Acamellonado	126
5.3.7.	Sanidad de Suelo y Plantas en el Cultivo de Frutilla	127
5.3.8.	Fumigación de Suelo	128
5.3.8.1.	Biofumigación	129
5.3.8.2.	Biosolarización	135
5.3.9.	Calidad de la Planta	135
5.3.10.	Proceso de Plantación	136
5.3.10.1.	Riego de Pre Plantación	136
5.3.10.2.	Sanidad Planta en el Establecimiento del Cultivo	136
5.3.10.3.	Plantación	136
5.3.10.4.	Otros Factores a Considerar para Buen Vigor de Plantas	137
6.	Agradecimientos	139
7.	Bibliografía	140

INTRODUCCIÓN

El Ministerio del Medio Ambiente de Chile, es el órgano del Estado encargado de colaborar en el diseño y aplicación de políticas, planes y programas en materia ambiental, promoviendo el desarrollo sustentable, la integridad de la política ambiental y su regulación normativa. Este actuar se refleja en los acuerdos ambientales de carácter internacional que ha suscrito el país, entre los que se encuentra el Convenio de Viena ratificado el 06 de marzo de 1990, del cual surgieron nuevos compromisos y tareas bajo marco del Protocolo de Montreal, ratificado el 26 de marzo de 1990. Este instrumento internacional de ratificación mundial, para eliminar el consumo de las sustancias agotadoras de la capa de ozono, se ha ido actualizando a través del tiempo, en la enmienda de Londres ratificada 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 de 2000.

Este acuerdo internacional, ha comprometido a Chile a implementar acciones referidas a la disminución del consumo de sustancias que dañen la capa de ozono, entre las que se encuentra el bromuro de metilo, utilizado como fumigante de suelo de uso agrícola. Los compromisos como país en esta materia fue congelar su consumo² al nivel de la línea base (consumo promedio de los años 1995 a 1998); luego reducir en un 20% este nivel de consumo en el año 2005 y finalmente eliminar el 100% de su consumo para su uso en suelo, a partir del año 2015.

El bromuro de metilo ha sido un producto de uso agrícola reconocido por su alta eficacia y eficiencia, debido a su alto espectro de actividad, por lo que su reemplazo por otro(s) producto(s) y/o tecnología (s) con similares efectos ha sido una tarea compleja, que ha requerido del esfuerzo asociado entre productores y autoridades. Por ello y luego de su incorporación como sustancia agotadora de la capa de ozono al Protocolo de Montreal, múltiples organismos de investigación, públicos y privados, iniciaron el desarrollo y/o adaptación de alternativas de control efectivas a esta sustancia, para dar entregar respuesta y facilitar el cambio tecnológico. Por esta razón, el Protocolo de Montreal a través de su 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 del bromuro de metilo.

² Se entiende por consumo a las cantidades anuales de sustancias agotadoras de la capa de ozono conforme a la operación matemática: Consumo = Importaciones + Producción - Exportaciones.

Bajo este marco, se elabora e implementa el presente “Proyecto Terminal para la Eliminación del Uso de 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 (ONUUDI), quien actúa como agencia implementadora. En la gestión del proyecto, el Ministerio del Medio Ambiente a través de su Unidad Ozono, se encarga de su implementación y coordinación con ONUUDI. La toma de decisiones durante la implementación se realiza a través de un “Comité Directivo”, conformado además por SAG y ODEPA. Asimismo, cuenta con Comités Técnicos Asesores, en Tomates y Frutillas, con representantes de Fedefruta (viveristas y productores de tomates y frutillas) y Chilealimentos (productores industriales de frutillas), que apoyan técnicamente al Comité Directivo en la toma de decisiones. Los avances del proyecto se han informado periódicamente a la “Mesa del Bromuro”, coordinada por ODEPA, que trata los temas relacionados con el consumo de bromuro de metilo en la agricultura.

El proyecto busca facilitar el cambio tecnológico para obtener un producto agrícola, específicamente tomate y frutilla, sin necesidad de requerir de bromuro de metilo como fumigante de suelo. Para ello fue estructurado centrándose en la implementación de las alternativas químicas y no químicas existentes, con apoyo técnico y financiero a los productores en la búsqueda de la alternativa definitiva. Este hecho requirió mantener un diálogo permanente con los productores agrícolas, facilitando la introducción y adopción de dichas alternativas, en un proceso gradual, seguro y voluntario.

El proyecto fue ejecutado en dos fases, a saber:

Fase I: basada en la introducción de las alternativas al bromuro de metilo, a través agricultores voluntarios dispuestos a probarlas en sus predios bajo la forma de “Unidades Demostrativas”. Los criterios para la selección de los productores consideraron, entre otros, liderazgo productivo, compromiso, voluntad de introducir alternativas y permitir que su experiencia pueda ser transferida. Mientras que los criterios para seleccionar las alternativas y las regiones donde se implementaron las Unidades Demostrativas, fueron evaluados y aprobados por el Gobierno de Chile y la ONUUDI, con asesoría de expertos nacionales e internacionales de reconocida trayectoria. Bajo este marco, el proyecto se dividió en los componentes de Tomate y Frutilla.

Las actividades realizadas bajo el marco del Componente Frutilla, se iniciaron

en la temporada 2011/2012, con el establecimiento de tres Unidades Demostrativas donde se implementaron alternativas químicas en las localidades de Cobquecura (Región del Biobío) y Chanco (Región del Maule). Luego entre marzo y mayo de 2013 se incorporaron dos Unidades en las localidades de Santo Domingo (Región de Valparaíso) y Hualañé (Región del Maule). Finalmente, en los últimos meses del 2013 se sumaron dos Unidades Demostrativas en las que se implementó la biofumigación como alternativa no-química, una en el sector de Leyda de San Antonio (Región de Valparaíso) y la otra en Curanipe (Región del Maule).

La implementación de Unidades Demostrativas contempló un diagnóstico inicial del estado del cultivo y una evaluación previa a la instalación, lo que implica análisis de suelo y fitopatológico. En el seguimiento, se evaluaron condiciones sanitarias durante el proceso de crecimiento (suelo, plantas, malezas) y resultados productivos del periodo de cosecha.

Adicionalmente se realizaron diversas actividades de transferencia y difusión, como los “Días de Campo” y talleres con expertos nacionales e internacionales. En estas actividades participaron productores locales, empresas, representantes de gobierno, centros educacionales y de investigación, entre otros. Asimismo, en febrero de 2014 se realizó una pasantía a Huelva, España, donde participó un representante de cada Unidad Demostrativa y los consultores vinculados con este Componente.

Los resultados obtenidos de la implementación del Componente Frutilla del proyecto, se pueden resumir en:

Validación de técnicas y protocolos que permitieron mejorar la identificación de agentes causales de plagas del suelo y su manejo;

- Fortalecimiento de las técnicas de manejo agronómico asociadas a la producción de frutillas;
- Implementación y validación de la técnica de biofumigación en las regiones de Valparaíso y del Maule, a nivel comercial;
- Implementación y seguimiento a aplicaciones de alternativas químicas al bromuro de metilo, en las regiones de Valparaíso, del Maule y del Biobío a nivel comercial;
- Transferencia a través de cursos, talleres, días de campo y seminarios a productores de frutilla en las regiones de Valparaíso, Metropolitana y del Maule.

Fase II: promueve la difusión y adopción de las tecnologías resultantes de la Fase I. Su objetivo es proveer de la asistencia técnica necesaria para que el proceso de adopción de las tecnologías sea lo más eficiente y los productores estén bien preparados para enfrentar la prohibición de las importaciones de bromuro de metilo para uso en suelo, a partir del 01 enero 2015 y con ello, la eliminación de su uso.

Esta publicación es el resultado del trabajo realizado bajo el Componente Frutillas del Proyecto Terminal de Bromuro de Metilo, donde se exponen las materias técnicas desarrolladas exitosamente, con lo cual se espera aportar a los procesos de producción de frutilla nivel nacional, en un contexto sin el uso de esta sustancia destructora de la capa de ozono.

Capítulo 1

EL CULTIVO DE FRUTILLA EN CHILE



CAPÍTULO 1

1. EL CULTIVO DE FRUTILLA EN CHILE

1.1. Antecedentes Generales

1.1.1. Características del Cultivo de Frutilla

La frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch.), pertenece a la familia de las Rosáceas y género *Fragaria*, es producto del cruzamiento entre *Fragaria chiloensis* L. y *Fragaria virginiana* Duch.; y es considerada una planta perenne, aunque su potencial productivo sólo dura dos años en nuestra agricultura (Sudzuki, 2002).

Es una planta perenne estolonífera, de pequeña altura, que es cultivada para la producción de sus frutos, los que son altamente apreciados por los consumidores por su delicado sabor, agradable aroma y color rojo intenso (El Efecto Rayleigh, 2013).

Su fruto se destina tanto en los mercados para consumo en fresco como la agroindustria de productos industriales de conservas, congelado, deshidratados, pulpa y jugos; además son apreciados en la industria de aromas y sabores para alimentos, fármacos cosméticos y licores (Pefaur, 2014; Portal del Campo, 2013).

La frutilla es conocida en el mundo por sus nombres en español como frutilla, fresa o fresón, en inglés como strawberry, en francés fraise, en portugués morango, en alemán erdbeere y en italiano fragola.

1.1.2. Clasificación Taxonómica

Taxonómicamente pertenece a la familia Rosácea y género *Fragaria*, su nombre científico es *Fragaria x ananassa* Duch. El género *Fragaria*, nombre derivado del latín *fragans* que significa oloroso (Bonet, 2010).

1.1.3. Origen de Variedades Comerciales de Frutilla

La actual frutilla cultivada proviene del cruzamiento entre *Fragaria virginiana* Duch. del Este de Norteamérica y *Fragaria chiloensis* L., fresón chileno (Sudzuki, 2002).

El género *Fragaria* incluye 25 especies e híbridos y se distribuye por toda la zona templada del hemisferio Norte (Bonet, 2010). En el cuadro 1 se muestra la distribución de la principales especies pertenecientes a este género.

Cuadro 1. Distribución de principales especies e híbridos del género *Fragaria*

Especie	Distribución
<i>Fragaria vesca</i>	A. Norte, N Asia, África N, Europa
<i>Fragaria viridis</i>	Europa, Asia E y C
<i>Fragaria nigerrensis</i>	Sudeste de Asia
<i>Fragaria daltoniana</i>	Himalaya
<i>Fragaria rubicola</i>	Himalaya
<i>Fragaria moupinensis</i>	Tibet, Yunan, China
<i>Fragaria orientalis</i>	Siberia, Manchuria, Mongolia, Corea
<i>Fragaria moschata</i>	Europa N, Rusia, Siberia
<i>Fragaria virginiana</i>	América del Norte
<i>Fragaria chiloensis</i>	Chile S, Costa A. Norte (Alaska-California)
<i>Fragaria ovalis</i>	América del Norte
<i>Fragaria ananassa</i>	Ampliamente distribuida en el Mundo

Fuente: Hancock, 2009, citado por Cumplido, 2012

Las actuales variedades comerciales de frutilla provienen del cruzamiento *Fragaria chiloensis* x *Fragaria virginiana*. En el año 1712, se llevaron a Francia plantas seleccionadas de *Fragaria chiloensis* L., donde se cultivó en hileras alternadas con *Fragaria virginiana*, dando como resultado un híbrido clasificado como *Fragaria* x *ananassa* Duch., del cual se obtuvieron frutos de mayor tamaño y calidad; de donde provienen las frutillas cultivadas actualmente (Sudzuki, 2002).

1.1.4. Requerimientos Edafoclimáticos del Cultivo de Frutilla

La frutilla se adapta a diversos tipos de clima. Las temperaturas óptimas para su fructificación se sitúan en torno a los 15-20 °C de media anual, temperaturas por debajo de 12 °C y superiores a 22 °C, durante la polinización y

cuaja dan lugar a frutos deformados por frío. Es resistente a heladas, pudiendo soportar en sus órganos vegetativos temperaturas de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$; sin embargo los órganos florales mueren con temperaturas inferiores a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para lograr buenos rendimientos requiere de 380 a 700 horas acumuladas de temperaturas entre 0 y $7\text{ }^{\circ}\text{C}$, temprano en otoño. Las plantas entran en receso o latencia con temperatura de 0 a $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Proexant, 2002 citado por Verdugo 2011 e Icanex, 2006, Villagrán, 2012c).

En cuanto a suelos el cultivo de la frutilla requiere suelos franco arenosos, con una profundidad de 0,8 metros, buen drenaje y fertilidad media. Se adapta a un rango de pH entre 5,8 y 7,2, libre de sales de Na, Ca, B y Cl y una conductividad eléctrica inferior a $1\text{ mmhos}\cdot\text{cm}^{-1}$. El suelo debe presentar idealmente altos niveles de materia orgánica.

1.1.5. Importancia y Superficie

1.1.5.1. Situación Mundial del Mercado de la Frutilla

En cuanto a la superficie mundial de frutilla, hasta el año 2012 las principales zonas de producción de frutillas en el mundo eran China, Estados Unidos, España, Corea, Japón, Polonia, Italia, México, Rusia, Turquía, Alemania, Chile y Argentina. Donde los tres principales productores a nivel mundial, ordenados por producción anual (toneladas al año) fueron: China, E.E.U.U. y España. En promedio, en los últimos seis años, España ha ocupado el tercer lugar en producción mundial, sin embargo el año 2013, México y Turquía tomaron un mayor protagonismo en la superficie plantada con esta especie, desplazándola a un cuarto lugar a nivel mundial (González, 2013 y Pefaur, 2014).

Según ODEPA, 2014, entre los años 2007 y 2012 la producción de frutillas mundial ha crecido un 13%, alcanzando 4.516.810 toneladas (t) en el año 2012 (Pefaur, 2014).

En el año 2013, el principal productor fue Estados Unidos, con 1.366.850 t. de ellas, el 80% se destina a mercado fresco. El valle de la Costa Central de California es llamado por algunos la "capital mundial del berry", debido a su producción de frutillas, frambuesas y moras. Allí se produce la mayor cantidad de frutillas en el mundo (Pefaur, 2014; Portal frutícola, 2014). En segundo lugar está México, con 360.426 t, y muy cerca Turquía, con 353.173 t. La sigue España, con 289.900 t, de las cuales, el 75% se destina a venta en fresco. En quinto

lugar está Egipto, con 242.297 t (Pefaur, 2014).

1.1.5.2. Situación Nacional de la Frutilla

En Chile la frutilla se produce principalmente entre las regiones Metropolitana y del Maule (figura 2). Según estimaciones del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), estas regiones concentran casi el 80% de la superficie nacional. Donde las variedades más utilizadas son 'Camarosa' y 'Chandler' (Pefaur, 2014).

En la figura 1 y cuadro 2 se observa la distribución de la superficie nacional plantada con frutillas, que suma en el año 2013, 1.272 ha, cifra 17,7% menor que la registrada en 2007. Esta disminución también se observa en el volumen total producido. La variación porcentual entre los años 2008 y 2013 es de -7,5%. La figura 2 muestra el destino de la frutilla producida en Chile (Pefaur, 2014).

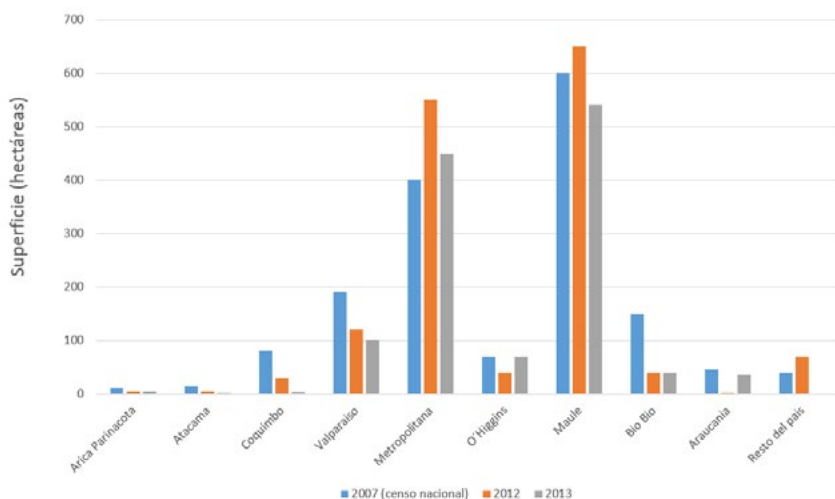


Figura 1. Superficie de frutilla por Región durante los años 2007, 2012 y 2013
Fuente: Pefaur, 2014

Cuadro 2. Distribución de la superficie plantada con frutilla por Región año 2013

Región	Superficie plantada (ha)
Arica y Parinacota	3,80
Atacama	1,00
Coquimbo	6,90
Valparaíso	102,40
Metropolitana	461,60
O´Higgins	40,50
Maule	553,20
Biobío	42,80
La Araucanía	36,40
Resto del país	22,80
Total	1.271,40

Fuente: Intituto de Estadísticas y Censo (INE), 2014 y Pefaur, 2014

En el país existen zonas donde se ha concentrado el cultivo de la frutilla: San Pedro (Región Metropolitana), Santo Domingo (Región de Valparaíso), Chanco y Romeral (Región del Maule) (González, 2013; Asagrin 2007a y 2007b).

La producción de frutilla en la temporada 2013, alcanzó valores 56.276 t, con un rendimiento promedio de 44 t·ha⁻¹, existiendo agricultores que superan las 60 t·ha⁻¹. Esto es consecuencia de un mejor manejo y condiciones ambientales que favorecen su cultivo en estas Regiones (Pefaur, 2014; Red Agrícola, 2014).

El rendimiento al que se debiera aspirar es de 1 kg por planta, pero se han observado producciones de 100 t·ha⁻¹, alrededor de 1,8 kg/planta (Red Agrícola, 2014).

1.1.5.3. Destino de la Producción de Frutilla de Origen Nacional

Según la Asociación de Empresas de Alimentos de Chile (Chilealimentos) con información de ODEPA, señala que en el año 2013 Chile produjo 56.276 t de

frutillas, de las cuales el 65% se destinó al consumo interno (90% fresco y 10% congelado) y 35% fueron a exportación (77% como congelado, 16% en fresco y el resto en jugos y conservas). La figura 2 muestra el destino de la fruta producida en Chile (Pefaur, 2014).

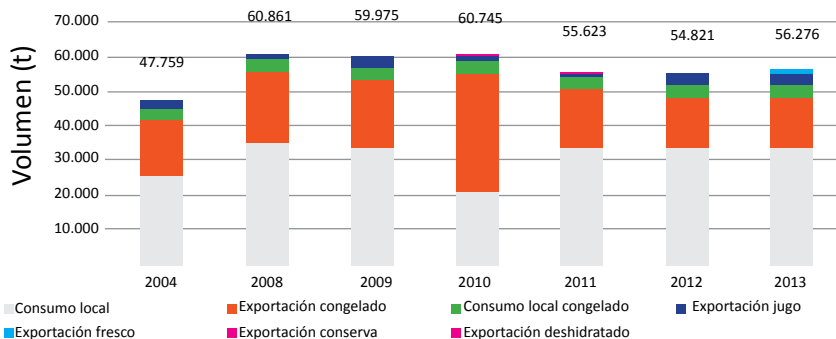


Figura 2. Destino de la producción de frutilla producida en Chile.
Fuente: Pefaur, 2014.

Esta producción ha hecho que Chile vea como una opción atractiva la exportación de este producto de forma congelada, consiguiendo exportar en el año 2012, 14.800 t, un 16% menos que el 2011 (17.500 t) (ODEPA, 2013). Los principales países de destino para el producto congelado son Japón (21%) y Estados Unidos (21%) (Portal frutícola, 2014).

Un factor limitante para obtener buenos rendimientos son las enfermedades, específicamente las que producen pudriciones fungosas, que merman de forma significativa los rendimientos (INDAP, 2010).

1.1.6. Tipos de Variedades de Frutillas

En Chile se utilizan dos tipos de variedades de frutilla, las de día corto y día neutro. Las variedades de día corto, como su nombre lo indica, necesitan días cortos para inducir yemas florales. En Chile estas variedades durante el año producen fruta en dos periodos productivos. El primero comienza en octubre y se prolonga hasta noviembre y luego de un receso, vuelven a producir desde mediados de febrero, cuando se acorta el día, hasta marzo. En este caso, lo normal es estable-

cer el cultivo entre los meses de enero y febrero, pero en la costa de la Región de Valparaíso se puede plantar hasta el mes de mayo.

Las principales variedades de este tipo son 'Camarosa', 'Palomar', 'Camino Real' y 'Sabrina' (Red Agrícola, 2014).

En las variedades de día neutro la fructificación se alarga y se pueden producir flores en distintas épocas, sin importar el largo del día, por lo cual son capaces de dar fruta durante casi todo el año si el clima lo permite. La cosecha comienza en octubre para seguir durante todo el verano y otoño, con micro o macro túnel incluso puede continuar en invierno. Las principales variedades de día neutro usadas en Chile son: 'Albion', 'San Andreas', 'Monterey' y 'Portola' (Red Agrícola, 2014).

1.1.7. Tipo de Productores

En Chile se distinguen tres tipos de productores: pequeños, medianos y empresas agroindustriales que mantienen producciones propias.

1.1.7.1. Productores Pequeños

Los pequeños agricultores son denominados por los organismos oficiales como Agricultura Familiar Campesina (AFC), distinguiéndose en esta categoría los agricultores de subsistencia y los pequeños empresarios. En estas categorías se concentra el mayor número de productores, que según el Censo Agropecuario de 2007, representan el 87,2 % del total de agricultores y ocuparían el 66,3 % de la superficie dedicada a este rubro.

Dentro de la AFC, los agricultores de subsistencia, son los que presentan un menor nivel tecnológico, con superficies dedicadas al cultivo que en general no superan una hectárea y complementa la producción de frutilla con otros rubros como hortalizas, producción de ganado menor y actividades no agrícolas.

En cuanto a los pequeños empresarios agrícolas, son agricultores que disponen de dos o más hectáreas dedicadas a frutilla, las que en general no superan las cinco hectáreas. Estos agricultores presentan un desarrollo tecnológico intermedio, realizando sus manejos técnicos en función de las exigencias de mercado y requerimientos de Buenas Prácticas Agrícolas. En esta categoría de agricultores, no es común el uso de fumigantes para el control de plagas del suelo, prác-

tica que se ha empezado a incorporar en los últimos años, con la aplicación de Metam Sodio o 1,3 - Dicloropropeno + Cloropicrina aplicados por riego.

Para agricultores de subsistencia como los pequeños empresarios, la práctica más común para mantener la sanidad de sus suelos es la rotación de cultivos con cereales o dejar los suelos descansar con praderas naturales (barbecho).

Un número importante de estos agricultores de la AFC son atendidos por los programas oficiales del Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y por Municipalidades, a través de Programas de Desarrollo Local (Prodesal), Servicio de Asesorías Técnicas (SAT) y Alianzas Productivas, donde se les brindan asesorías técnicas, apoyo crediticio y subsidios para la implementación de inversiones.

1.1.7.2. Productores Medianos y Empresas Agroindustriales

Los medianos agricultores y las empresas agroindustriales dedicadas al rubro, en general manejan predios superiores a 20 ha con frutilla. Su nivel tecnológico es superior y en general sus rendimientos superan las 50 t.ha⁻¹. Este tipo de agricultores en general trabaja con capitales propios y accede a mercados de mayor rentabilidad.

Este es el grupo de agricultores que tradicionalmente aplica bromuro de metilo en sus programas sanitarios, producto que paulatinamente está siendo reemplazado por la aplicación de otros fumigantes químicos o técnicas alternativas no químicas.

1.2. Antecedentes del Área de Influencia del Proyecto

1.2.1. Importancia y Superficie

El Componente Frutilla del “Proyecto Terminal de Eliminación del Bromuro de Metilo (BrMe)”, se implementó entre diciembre de 2011 y marzo del año 2014. Para lo cual, se establecieron y evaluaron Unidades Demostrativas con tratamientos alternativos al uso del bromuro de metilo, en predios de agricultores ubicados en las regiones de Valparaíso, Metropolitana, del Maule y Biobío.

Se trabajó con dos tipos de Unidades Demostrativas, una con alternativas químicas y otra con alternativas no químicas al uso del bromuro de metilo. En las primeras, se evaluaron fumigantes de suelo permitidos, como fueron Metam

Sodio y el 1,3 - Dicloropropeno + Cloropicrina. En las otras se implementaron tratamientos de Biofumigación y Biosolarización. En los cuadros 3 y 4 se muestran la ubicación de las Unidades Demostrativas y las alternativas al bromuro de metilo utilizadas.

En las Unidades Demostrativas se realizaron evaluaciones de validación tecnológica y días de campo. Además, se realizaron cursos de capacitación a agricultores, profesionales y técnicos de instituciones públicas como el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), INDAP, empresas proveedoras de insumos agricultores de programas de PRODESAL y SAT entre, otros. Estas actividades fueron realizadas en las localidades de Santo Domingo, Región de Valparaíso, San Pedro, Región Metropolitana, Cauquenes, Región del Maule.

Tanto el Establecimiento y evaluación de las Unidades Demostrativas como las distintas actividades de difusión y transferencia tecnológica, permitieron dar a conocer a productores de frutilla, empresas y organismos técnicos pertinentes, alternativas de manejo sanitario de suelo, alternativos al uso de bromuro de metilo.

1.2.2. Características de las Unidades Demostrativas del Proyecto: Estudio de Caso

En el área de intervención del proyecto se trabajó con siete Unidades Demostrativas, cinco de alternativas químicas y dos con alternativas no químicas al uso de bromuro de metilo.

1.2.2.1. Unidades Demostrativas con Alternativas Químicas

En el caso de las alternativas químicas, las Unidades Demostrativas fueron establecidas en predios de medianas empresas, las cuales, en su gran mayoría, hacían un uso tradicional de bromuro de metilo para fumigar sus suelos. Como se puede apreciar en los cuadros 3 y 4, en todas éstas la variedad utilizada fue 'Camarosa', con un destino de la producción para agroindustria.

Cuadro 3. Unidades Demostrativas establecidas entre diciembre 2011 y marzo 2013

Región	Zona	Unidad Demostrativa	Tratamientos	Mes aplicación fumigante	Variedad / Mercado objetivo	Superficie tratada (m ²)
Maule	Chanco	Agrícola Costafрут Ltda.	1,3 - Dicloropropeno + Cloropicrina,	Diciembre 2011	'Camarosa' / Agroindustria	3.675
			Metam Sodio			2.782
Maule	Chanco	Fundo Santa Domitila	Metam Sodio	Marzo 2012	'Camarosa' y 'Benicia' / Agroindustria	4.800
Biobío	Cobquecura	Tecnofrío Cautín S.A.	1,3 -Dicloropropeno+ Cloropicrina	Diciembre 2011	'Camarosa' / Agroindustria	2.625
			Metam sodio			2.464

Las unidades demostrativas fueron establecidas en dos etapas. La primera corresponde a plantaciones realizadas entre diciembre 2011 y marzo 2013, con un área de intervención directa de 16.346 m². En las cuales, solamente se realizó un seguimiento durante su segundo periodo de producción. Los tratamientos establecidos en las mismas fueron elegidas según el interés de cada productor y correspondieron a la aplicación de Metam Sodio y de 1,3-Dicloropropeno+ Cloropicrina

En el cuadro 3 se pueden apreciar las características de cada Unidad Demostrativa, en cuanto a tratamientos utilizados, superficie de intervención, fecha de aplicación de tratamientos y variedades utilizadas.

Durante el año 2013 se realizó la implementación y seguimiento de dos nuevas Unidades Demostrativas de alternativas químicas a bromuro de metilo, las que fueron establecidas en las Comunas de Santo Domingo, Región de Valparaíso y

Hualañé, Región del Maule, considerando los mismos tratamientos y criterios anteriores, con un área de intervención de 13.200 m².

En cuanto a alternativas no químicas, se establecieron dos Unidades Demostrativas en las regiones de Valparaíso y del Maule, con una superficie de intervención de 4.000 m².

En éstas los tratamientos utilizados correspondieron a la biofumigación y biosolarización. El detalle de las características de estas Unidades Demostrativas y los tratamientos utilizados se presentan en el cuadro 4 y en el Capítulo 4 de este documento.

Cuadro 4. Unidades Demostrativas establecidas durante el año 2013

Región	Zona	Unidad Demostrativa	Tratamientos	Mes de aplicación del fumigante	Superficie tratada (m ²)
Valparaíso	Santo Domingo	Huertos Chile	1,3 - Dicloropropeno + Cloropicrina	Abril 2013	2.500
			Metam Sodio		2.500
			Testigo sin aplicación		1.600
Maule	Hualañé	La Huerta Sur	1,3 - Dicloropropeno + Cloropicrina	Marzo 2013	2.500
			Metam sodio		2.500
			Testigo sin aplicación		1.600
Valparaíso	El Ermitaño	El Ermitaño / Pío Armijo	Biofumigación	Noviembre 2013	1.000
			Biosolarización		1.000
Maule	Curanipe Ato	Curanipe Alto / Oscar Ayala	Biofumigación	Noviembre 2013	2.000

En todas estas Unidades Demostrativas se evaluó el comportamiento de los tratamientos, en cuanto a crecimiento, desarrollo y sanidad de las plantas; calidad de la frutilla resultante, condición sanitaria del suelo y crecimiento de malezas. Todos estos aspectos se presentan y discuten en el Capítulo 4 de este documento.

1.3. Característica Edafoclimática de Áreas de Influencia del Proyecto

La implementación de Unidades Demostrativas de alternativas al bromuro de metilo se realizó en distintos sectores ubicados entre las regiones de Valparaíso y del Biobío. Esta zona presenta un clima mediterráneo, caracterizado por periodos fríos y húmedos en invierno y periodos secos y calurosos en verano, con una gran variación en las precipitaciones interanuales.

En el área aludida el cultivo de frutilla se establece preferentemente en sectores de secano, diferencian en el mismo dos áreas agroclimáticas homogéneas, las que se ubicadas longitudinalmente y presentan variaciones climáticas de norte a sur denominadas:

- Secano costero central
- Secano interior

1.3.1. Secano Costero Central

Secano de la costa central, también denominada Provincia (agroclimática) Templada Seco estival Nubosa o Valparaíso se extiende entre los paralelos 32°15' LS, al norte de Valparaíso, hasta los 37°00' LS, al sur de Concepción; y entre los meridianos 71°00' a 73° 00' LO, al este de la Codillera de la Costa (Cosio *et al.*, 2007). En esta zona se encuentran importantes zonas de producción de frutilla, donde se establecieron las Unidades Demostrativas del proyecto.

La zona que de acuerdo a la clasificación de Köppen corresponde a un clima templado de verano seco o Csbn. Es una franja de ancho variable, con temperaturas moderadas, sin nieve y casi sin heladas. Presenta precipitaciones concentradas en el invierno. Existiendo de norte a sur un progresivo incremento de la precipitación media anual en rangos de 400 a 900 mm, un acortamiento del periodo seco de verano e invierno cada vez más lluvioso. Por lo anterior, el secano costero central se subdivide en cuatro subprovincias (agroclimáticas) (SPA): Aconcagua, San Antonio, Constitución y Concepción, las que presentan un mayor grado de homogeneidad dentro de las mismas, las que muestran en la Figura 3 (Cosio *et al.*, 2007).

1.3.1.1. Secano Costero de Zona Centro Sur: Región de Valparaíso

La SPA de San Antonio, se ubica geográficamente entre los ríos Aconcagua y Rapel, zona en que aún se produce un periodo prolongado de sequía (alrededor de 9 meses). Presenta temperaturas agradables de promedio anual de 14,5 °C, la temperatura media del mes más cálido, en enero, es alrededor de 17,8 °C y el mes más frío, julio, desciende a 11,4 °C.

La precipitación promedio es entre 380-400 mm. En cuanto a la geomorfología, existen cinco niveles de terrazas marinas. Al norte de la Provincia, hasta el río Maipo, se extiende 10 -15 km del mar al interior; en cambio, del Maipo al Rapel se extiende hasta un máximo de 20 km (Rodríguez, 1990 citado por Cosío *et al.*, 2007).



Figura 3: Subprovincias (SBA) de la Provincia Templada Seco estival Nubosa
Fuente: Vallejos, 2001 citado por Cosío *et al.*, 2007

Entre San Antonio y el río Rapel se desarrollan dos tipos muy diferentes de terrazas. Las de más arriba son de características arcillosas o franco arcillosas y han sido el resultado de la abrasión marina que ha actuado directamente sobre rocas graníticas y metamórficas (pizarras y esquistos). En el nivel inferior, en cambio,

el aterrazamiento es muy aplanado y está constituido por depósitos de arenas ferromagnéticas de origen andino que han sido transportadas por los ríos Maipo y Rapel (Silva, 1991 citado por Cosio *et al.*, 2007).

Por sus características edafoclimáticas, temperaturas moderadas en verano y ausencia de heladas invernales, en esta zona se dan condiciones ideales para la producción de frutilla de buena calidad. Siendo factible la producción en otoño-invierno con el uso de micro y macro túneles.

1.3.1.2 Secano Costero de Zona Centro Sur: Regiones del Maule y Biobío

En este sector el secano costero posee una amplitud térmica menor que las otras áreas agroclimáticas de estas regiones, por la influencia oceánica. Así es como la temperatura mínima del mes más frío que ocurre en julio de 7,3 °C es mayor que la que se registra en las otras áreas de 4,7 °C para el secano interior y 3,7 °C para el valle regado. Por otra parte, la temperatura máxima (18,7 °C) del mes más cálido que ocurre en enero es menor que la que registran otras áreas; 27 y 28,7 °C para el secano interior y valle central respectivamente (Dietl, *et al.*, 2009).

En este sector del secano costero, se distinguen dos SPA, Constitución y Concepción, lo que coincide con las Unidades Demostrativas de Curanipe Alto (biofumigación) y de Cauquenes (de alternativas químicas al uso de bromuro de metilo) en la primera zona; y la Unidad Demostrativa Cobquecura (Alternativas químicas al uso de bromuro de metilo) en la segunda.

La SPA de Constitución, según Rodríguez (1990), está ubicada geográficamente entre los ríos Rapel e Itata. En esta zona disminuye el periodo seco en verano a un total de 7-8 meses. La temperatura media anual es entre 13-14 °C, la temperatura media del mes más cálido, enero, es de 17,5 °C; y en el mes más frío, julio, desciende a 10 °C. Las precipitaciones promedio se registran entre 480 mm, en San Antonio y 943 mm, en Constitución. La geomorfología, en el norte de la SBA, las terrazas marinas alcanza una extensión de 20 km, aproximadamente, pero disminuyen hacia el sur y se interrumpen próximos al norte de la desembocadura del río Maule. Al sur del mismo presentan una extensión de 15 km (Rodríguez, 1990 citado por Cosio *et al.*, 2007).

La SPA de Concepción, geográficamente se ubica entre los ríos Itata y Bío-Bío. En esta zona, disminuye el periodo seco en verano a un total de 6 meses. La tempe-

ratura media anual es de 12 °C, la temperatura media del mes más cálido, enero, es de 16,8 °C; y en el mes más frío, julio, descienden a 8,4 °C. Se registran como promedio de precipitaciones entre 1000 mm a 1300 mm. La geomorfología, al norte de la SPA, las terrazas marinas presenta una extensión aproximada de 15 km, y logran un mayor desarrollo hacia el sur; se alcanza una extensión de 30-35 km en las planicies costeras en la provincia de Arauco (Rodríguez, 1990 citado por Cosio *et al.*, 2007).

En el secano costero de estas regiones los suelos son levemente ondulados, susceptibles a erosión hídrica, originarios de terrazas marinas y están representados por las series Curanipe y Cobquecura; en la primera de ellas los suelos poseen entre 2,7 y 3,7 % de materia orgánica, pH 6 y son deficitarios en fósforo, pero con niveles adecuados de potasio y calcio. En la parte sur de esta área se encuentran suelos rojos arcillosos de la serie Cañete, que presenta niveles de materia orgánica promedio de 4,8 %, pH entre 5,4 y 6,3 y niveles de N-P entre 1,8 -27 y 2,4 -22,4 ppm, respectivamente (Dietl, *et al.*, 2009).

1.3.2 Secano Interior

Secano interior es una extensa área ubicada en la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa y los sectores no regados de la depresión central. La topografía es variada y se distinguen dos tipos de paisajes; las lomas con suelos ondulados, y los llanos, sectores planos con problemas de drenaje en algunas partes. En esta zona agroclimática se encuentran los principales sectores de producción de fruta en Chile que corresponden a Cauquenes en la Región del Maule y San Pedro en la Región Metropolitana.

1.3.2.1 Secano Interior: Región Metropolitana

San Pedro de Melipilla; es el espacio entre 33°53'-34°03'S y 71°14' 71°28'O, situado a 80 km al suroeste de la ciudad de Santiago y a menos de 35 km de la costa y con una extensión cercana a los 421 km². Su emplazamiento concierne a la parte meridional de la Región Metropolitana, inserta en la unidad geomorfológica de la Cordillera de la Costa.

La topografía predominante es de cerros cuyas altitudes no superan los 500 m y sucesión de lomajes suavemente ondulados con pendientes variables de alrededor de un 30% y partes bajas relativamente planas, debido al depósito de material erosionado. Las pendientes son suficientes para producir escurrimiento

superficial de las aguas y lograr que éstas adquieran la energía suficiente para rodar. Es necesario destacar que el 38% de la comuna sufre un severo proceso erosivo. En la comuna se encuentran numerosas quebradas y esteros de gran importancia como: Loica, El Prado y Yali (Donoso y Ghio, 1986 y Omegna, 1987 citados por Valenzuela 2007 y Tesser, 2013).

Si bien en San Pedro desde el siglo XVII se desarrolló una agricultura de secano especializada en trigo, cebada y avena, durante los años 1970 se desarrolló una economía abierta hacia los mercados internacionales, se introdujo el cultivo de la frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch.) convirtiéndose en la principal actividad de los pequeños agricultores de la zona a pesar de la falta de agua estival (Larrain y Poo, 2010 citado por Tesser, 2013).

La Comuna de San Pedro posee un clima correspondiente a templado meso-termal superior estenotérmico mediterráneo semiárido, en posición de cuenca protegida en serranía de interior. El régimen térmico con gran variación de sus temperaturas, entre una máxima promedio de enero de 31,3 ° C y una mínima promedio en julio de 4,4°C. El periodo libre de heladas es de 244 días, presentando una media de ocho heladas al año. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 383 mm y su déficit hídrico de 1.017 mm, con un periodo seco de ocho meses (Santibáñez y Uribe, 1993 citado por Valenzuela 2007).

Los suelos del secano interior están formados de materiales variables, pero existe una clara predominancia de los materiales granitoides. Esto da como resultado un suelo de alta erodabilidad, propenso a la erosión hídrica. Las texturas de los horizontes superiores son livianos a medios, con abundante grava de cuarzo, posteriormente presentan horizontes arcillosos más densos y compactados, también con abundante grava y cuarzo, descansando en material granitoide altamente intemperizados. Son suelos altamente susceptibles a la erosión de manto y zanjas, generalmente de baja fertilidad, ligera a moderadamente ácidos, que sufren encostramientos superficiales. Poseen un drenaje interno moderadamente lento y externo rápido (Peralta, 1976 citado por Valenzuela 2007).

1.3.2.2 Secano Interior: Regiones del Maule y Biobío

El secano costero de las regiones del Maule y Biobío posee un clima mediterráneo sub-húmedo, y la precipitación va en aumento de norte (640 mm) a sur, donde precipitan alrededor de 1.100 mm anualmente (Cosio *et al.*, 2007).

Los suelos en esta área se encuentran suelos derivados de rocas metamórficas, graníticas y suelos argílicos. Los suelos derivados de rocas metamórficas están representados principalmente por suelos de la serie Constitución y Pocillas, que son de textura franca arcillosa, pH 6 y se ubican en la cordillera de la costa. Los suelos derivados de rocas graníticas ocupan cerros y lomas. Las series más importantes son Cauquenes, Maule y San Esteban cuyas principales características son textura franco arcillo-arenosa, bajos niveles de fósforo, nitrógeno, calcio, azufre y materia orgánica, pH inferior a 6, y son muy susceptibles a erosión hídrica. Los suelos argílicos tienen elevados contenidos de arcilla, son de posición baja, tienen mal drenaje, su pH varía entre 5,5 y 6,5, poseen mayores niveles de fertilidad que los graníticos y elevados contenidos de hierro y manganeso. Las series más importantes son Quella y Quipato (Cosio *et al*, 2007).

En esta zona agroclimática se estableció la Unidad Demostrativa de alternativas químicas al uso de bromuro de metilo, en La Huerta Sur, comuna de Hualañé.

1.4 Importancia del Área de Influencia del Proyecto

En las distintas actividades realizadas en el proyecto, el área de influencia del mismo abarcaría 1.160,2 ha, que representa el 91,3 % de la superficie nacional dedicada a este rubro (estimación en base a información disponible en Pefaur 2014).

En el cuadro 5 se muestra la superficie dedicada al cultivo de frutilla en las regiones del área de influencia del proyecto.

Cuadro 5. Superficie de frutilla en el área de influencia del proyecto

Región	Superficie plantada (ha)	Participación (%)
Valparaíso	102,4	8,1
Metropolitana	461,6	36,3
Maule	553,2	43,5
Biobío	42,8	3,4
Área de influencia del proyecto	1.160,0	91,2
Resto del país	111,4	8,8
Total	1.271,4	100,0

Fuente: Intituto de Estadísticas y Censo (INE), 2014 y Pefaur, 2014

La Región del Maule tiene el mérito de concentrar el 43,5 % de la producción nacional de frutillas, en donde las comunas de Chanco y Pelluhue tienen alrededor de 200 agricultores frutilleros, convirtiéndose en la zona que reúne sobre el 80% de la producción regional. Por la lejanía de estos sectores con los grandes centros poblados, la mayoría de la producción se destina a la agroindustria (congelado), siendo utilizada la variedad 'Camarosa' (Maulee, 2014).

De acuerdo información de ODEPA (Pefaur, 2014), la Región Metropolitana ocupa el segundo lugar de la superficie nacional, con 461,4 ha de frutilla, el 36,3% del total nacional, los que se concentran principalmente en la Comuna de San Pedro, Provincia de Melipilla (Pefaur, 2014; Asagrin, 2007a).

La Región de Valparaíso ocupa el tercer lugar en superficie dedicado a este rubro, con 102,4 ha durante el 2013, un 23,8 % menor que el año anterior y con una participación del 8,1 % de la superficie nacional. En esta región, por la influencia costera y suelos livianos, se dan condiciones óptimas para la producción de frutillas, concentrándose su producción en la comuna de Santo Domingo, Provincia de San Antonio. Por las condiciones de inviernos benignos que se dan esta Región, la incorporación del uso de micro y macro túneles ha permitido la producción de frutilla durante todo el año (Pefaur, 2014; Asagrin, 2007a).

Tanto en la Región Metropolitana como en la Región de Valparaíso gran parte de los agricultores que se dedican a este rubro son pequeños agricultores, los que por la cercanía a los grandes centros consumidores de Santiago, destina su producción al mercado de producto fresco, lo que es complementado con venta a agroindustria. En estos casos, la principal variedad utilizada para agroindustria es 'Camarosa' y en el caso del mercado para fruta fresca son 'Albion', 'San Andreas' y 'Monterey'.

En cuanto a la Región del Biobío, es de menor importancia en cuanto a la producción de frutilla, con 48,2 ha (3,4 % del total nacional). Su producción se destina principalmente a agroindustria, donde la principal variedad utilizada es 'Camarosa'. Es importante indicar que esta Región se ubica el principal vivero productor de plantas de frutilla en Chile (Pefaur, 2014).

Capítulo 2

**PROBLEMAS FITOSANITARIOS DEL
CULTIVO DE FRUTILLA QUE JUSTI-
FICAN LA DESINFECCIÓN DE SUELO**



CAPÍTULO 2

2. PROBLEMAS FITOSANITARIOS DEL CULTIVO DE FRUTILLA QUE JUSTIFICAN LA DESINFECCIÓN DE SUELO

2.1. Antecedentes Generales

El cultivo de frutilla es anualmente afectado por diversos microorganismos habitantes del suelo. Éstos dañan el sistema radicular y cuello de las plantas, dificultando la absorción de agua y nutrientes, provocando con ello frutos de menor tamaño, menor producción y disminución de la vida útil de las plantas.

Además, las plantas de frutilla presentan diversos síntomas en la parte aérea asociados a amarillez, marchitez y necrosis en los tejidos, pudiendo ocurrir en casos severos, la muerte de las plantas (figura 4).



Figura 4. a) Marchitez y muerte de plantas, b) necrosis vascular

El control de estos organismos habitantes de suelo, es complejo, debido a que existen muchos factores que interactúan con ellos, como son la materia orgánica, contenidos de oxígeno, otros microorganismos de suelo, estructuras de resistencia de los patógenos, exudados radicales y nutrientes. Considerando lo anterior, debe señalarse que no existen métodos de control, que garanticen un tratamiento efectivo de estos organismos una vez que ya han afectado la planta, por lo cual, el control debe ser preventivo, eliminándolos del suelo antes de establecer el cultivo de frutilla. Debido a esto, es fundamental contar con al-

alternativas de control de estos organismos en el suelo que sean eficientes y que permitan su eliminación antes de la plantación.

2.2. Problemas Fitosanitarios Identificados

Entre los problemas fitosanitarios asociados al cultivo de frutilla en Chile, se pueden mencionar diversos hongos, nematodos e insectos. Los hongos más frecuentes pertenecen a los géneros *Phytophthora*, *Fusarium*, *Verticillium*, *Macrophomina* y *Rhizoctonia*. Entre los nematodos asociados a frutilla se encuentran los géneros *Meloidogyne*, *Xiphinema*, *Paratylenchus*, *Helicotylenchus* y *Pratylenchus* e insectos como gusanos cortadores (*Copitarsia*), gusano de la frutilla (*Otiorchynchus*). A continuación serán analizados con detalle estos organismos.

2.2.1. Hongos

Los hongos son los principales agentes causales de pudriciones de cuello y raíces en las plantas de frutilla. Ellos, como se mencionó anteriormente, forman parte de la microflora del suelo, y su permanencia en él dependerá de la capacidad de vivir en ausencia del hospedero. Todos estos organismos tienen una fase parasitaria que ocurre en las raíces de las plantas de frutilla, y una fase saprofitica que transcurre en la materia orgánica, también tienen la particularidad de presentar estructuras de resistencia como son los esclerocios, clamidosporas u oosporas, entre otras, que les permiten permanecer en el suelo por muchos años. Éstos sirven de inóculo para iniciar la infección, la que ocurre en presencia de diversos compuestos exudados por las raíces de las plantas de frutilla, que estimulan su germinación produciendo hifas y su penetración a la zona radical en forma directa, o a través de heridas causadas por nematodos, insectos, herramientas o por la emisión de raíces secundarias. La diseminación de todos estos microorganismos ocurre por el agua de riego, los movimientos de suelo o por plantas enfermas.

La colonización de los tejidos se ve favorecida por la acción de sustancias químicas, producidas por los patógenos. Condiciones de alta humedad en los suelos facilitan la infección y propagación de estos hongos en plantas de frutilla. Ellos invaden los tejidos, causando obstrucción de los vasos conductores provocando marchitez y a veces hasta la muerte. En los órganos afectados, los hongos forman sus estructuras reproductivas que servirán de fuente de inóculo para infectar nuevas plantas.

Diversas condiciones favorecen la presencia de estos patógenos, entre ellos se puede señalar:

- Utilización de plantas enfermas al momento de la plantación.
- Suelos mal nivelados, con sectores bajos donde se acumule el agua.
- Sistemas de riegos, que favorezcan la alta humedad a nivel del cuello y raíces.
- Suelos pesados o arcillosos con alta retención de humedad.
- Presencia de malezas.
- Monocultivo o falta de rotación.
- Heridas de cualquier tipo en las raíces o cuello de las plantas.

De acuerdo a lo señalado por Acuña, 2010, los siguientes patógenos han sido reportados en Chile causando problemas al cuello y raíces en el cultivo de frutilla, ellos son: *Fusarium oxysporum*, *Fusarium oxysporum f.sp. Fragariae*, *Cylindrocarpon* spp., *Phytophthora cactorum*, *Phytophthora Fragariae var Fragariae*, *Phytophthora* spp., *Phythium ultimum*, *Verticilium albo-atrum* y *Verticillium dahliae*, *Macrophomina phaseolina*, *Sclerotinia sclerotiorum* y *Rhizotonia solani*. La correcta identificación de cada uno de ellos, debe hacerse en laboratorios fitopatológicos, ya que por simple sintomatología es muy difícil su reconocimiento.

A continuación se detallan las especies más relevantes:

2.2.1.1. *Fusarium oxysporum* y *Fusarium oxysporum* f.sp. *Fragariae*

Fusarium oxysporum y *Fusarium oxysporum* f.sp. *Fragariae* ocasionan grandes pérdidas económicas para el cultivo de frutilla y son los principales responsables del marchitamiento vascular, debido a la pudrición a nivel radicular y corona, causando la muerte de plantas en huertos recién establecidos. La rápida propagación de esta enfermedad, se debe principalmente a su difícil diagnóstico, producto de la especialización y de la variabilidad genética que presenta el patógeno, dificultando el método de control (France, 2012).

Estos hongos fueron los patógenos más frecuentemente encontrados en las plantaciones de frutilla en el país. Estudios realizados en el marco del "Proyecto Terminal para la Eliminación del Bromuro de Metilo (BrMe)" Componente Frutilla, ejecutado entre 2013-2014 demostraron que el *Fusarium oxysporum* f.sp. *Fragariae* estaba presente en todos los cultivos en la zona de Santo Domingo (Región de Valparaíso), Cobquecura (Región del Biobío) y Chanco (Región del Maule).

El hongo se encontró tanto en plantas de vivero como en el suelo.

Los síntomas se caracterizan por amarillez del follaje en las hojas basales, marchitez y muerte con presencia de una coloración rojiza a café en las raíces (figura 5). La magnitud de los daños causados por el *Fusarium oxysporum* f.sp. *Fragariae* ha generado la disminución de la producción de los viveros, atacando la planta en verde constituyendo una fuente de inóculo (Dávalos *et al.*, 2011), ya que este patógeno es capaz de avanzar por el primer estolón producido por la planta madre, transmitiendo el patógeno a las plantas hijas (Nam *et al.*, 2011).



Figura 5. Amarillez del follaje y muerte causado por *Fusarium oxysporum* f.sp. *Fragariae*

El marchitamiento vascular en frutilla es considerada una de las enfermedades más devastadoras para este cultivo, ya que el *Fusarium* atacaría junto a un complejo de hongos de los género de *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Verticillium*, *Phytium* y *Cylindrocarpon*, causando pérdidas mayores al 50% cuando se presentan las condiciones adecuadas para el desarrollo de la enfermedad y no exista un con-

trol a tiempo (Ceja-Torres *et al.*, 2008).

Las especies del género *Fusarium* pertenecen al grupo de los Deuteromycetes u hongos imperfectos, y se caracterizan por la presencia de un micelio de color rosado a lila en medio de cultivo (figura 6) y la formación de estructuras de resistencia llamadas clamidosporas (figura 7), que son las que le permiten sobrevivir en el suelo en ausencia del hospedero por muchos años. Estos hongos penetran a las raíces principalmente por la zona de elongación, pero su entrada se facilita por la presencia de heridas causadas en forma mecánica o daños provocados por insectos y/o nematodos.



Figura 6. Micelio de color rosado típico del género *Fusarium*

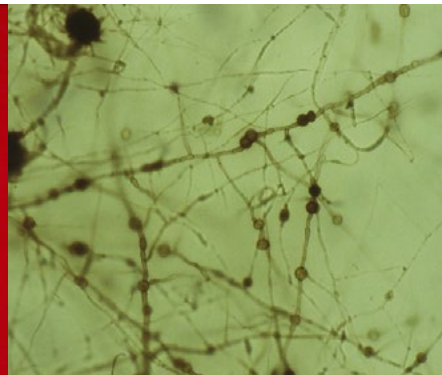


Figura 7. Clamidosporas de *Fusarium* spp

Estos hongos se caracterizan por ser patógenos de tipo vascular, que avanzan por el xilema donde bloquean los vasos formando enzimas y toxinas que contribuyen al desarrollo y expresión de la enfermedad. Durante las etapas iniciales de la infección, las hifas fúngicas se adhieren fuertemente a las raíces penetrando la corteza y colonizando los vasos xilemáticos (Prados-Rosales *et al.*, 2009), sin embargo, el tiempo que demoran en penetrar las esporas germinadas, depende si la variedad es resistente o susceptible al patógeno (Fang *et al.*, 2012).

Estos hongos son capaces de colonizar o recolonizar muy rápidamente suelos recién desinfectados, especialmente si se utilizan plantas contaminadas al momento de la plantación. La diseminación ocurre por plantas enfermas, movimientos de suelos contaminados y riego (Nam *et al.*, 2011).

El control es difícil, sin embargo se han evaluado algunas medidas que permiten minimizar el problema y entre ellas se menciona además de lo indicado anteriormente, desinfección de las plantas al momento de la plantación, aplicación de fungicidas vía riego a los 15 y 30 días después del trasplante. Sin embargo, la mejor forma de control es la desinfección de suelos antes de la plantación con algunas de las alternativas disponibles y que son el reemplazo al bromuro de metilo.

2.2.1.2. *Phytophthora cactorum* y *Phytophthora Fragariae* var *Fragariae*

De acuerdo a France (2012), estos patógenos son los principales agentes causales de las enfermedades conocidas como "corazón rojizo" y pudrición de la corona en la Región del Maule. Se trata de patógenos del grupo de los Ficomycetes que se diseminan por esporas flageladas llamadas zoosporas que tienen la capacidad de moverse en agua. También presentan esporas de resistencia que le permiten permanecer en ausencia del hospedero por varios años. El corazón rojizo causado por *Phytophthora Fragariae* var. *Fragariae* afecta solo a las raíces, que presentan un color rojizo oscuro y la corteza se desprende con facilidad (figura 8). El daño puede comprometer gran parte de las raíces, dificultando la absorción de agua y nutrientes, afectando la parte aérea. Los síntomas aéreos se manifiestan en primavera con amarillez, hojas secas, marchitez, pérdida de frutos y muerte de la planta.



Figura 8. Color rojizo en raíces y corteza se desprende con facilidad, síntomas de *Phytophthora Fragariae* var. *Fragariae*.
 Foto gentileza Andrés France.

La enfermedad conocida como "podrición de la corona" es causada por *Phytophthora cactorum* y sus síntomas son similares y fáciles de confundir con el corazón rojizo, su principal síntoma corresponde a una coloración rojiza a café oscura en el centro de la corona. Estas lesiones aumentan hasta abarcar toda la corona y causar la muerte de la planta. Debido a la muerte de la corona, las hojas se marchitan y secan en forma pareja a diferencia de la enfermedad "corazón rojizo" donde las hojas se secan en la periferia (figura 9) (Torres, 2006).



Figura 9. Necrosis en la corona y hojas secas causadas por *Phytophthora cactorum*. Foto gentileza Andrés France.

En ambas enfermedades al avanzar la temporada, el colapso de las plantas puede ocurrir rápida o lentamente, dependiendo si las condiciones que favorecen la enfermedad se acentúan. Cuando el suelo queda saturado de agua, ambos patógenos pueden producir y soltar zoosporas, que nadan por los poros llenos de agua hasta infectar el tejido de las plantas. Ambas especies de *Phytophthora* producen esporas resistentes (oosporas) que les permiten sobrevivir mucho tiempo en el suelo, sin planta hospedera o bajo condiciones adversas. Las infecciones pueden ocurrir durante temperaturas frescas a moderadas, que son típicas a lo largo del ciclo de la producción de fruta en la costa.

Al igual que los patógenos señalados anteriormente, el control curativo es muy complejo, sin embargo, existen fungicidas que pueden ser aplicados vía riego, pero el mejor control es preventivo, evitando plantas enfermas al momento de la plantación o la eliminación de los hongos del suelo antes de la plantación con

métodos de control químico y no químicos de suelo.

2.2.1.3. *Macrophomina phaseolina*

Según Sánchez et al. (2013), *Macrophomina phaseolina* es el agente causal de la enfermedad emergente para el cultivo de frutilla en Chile, conocida como “pudrición carbonosa”, que puede alcanzar niveles muy altos de infección de plantas en el campo. Esta situación es similar a lo ocurrido en otros países como Estados Unidos de América (USA) y España, donde el patógeno frecuentemente se encontró, en suelos donde no se aplicó la mezcla de Bromuro de Metilo + Cloropicrina como desinfectante de suelo. Se suele considerar como una enfermedad emergente en frutilla (Chamorro *et al.*, 2015).

En la zona de Huelva, España se ha observado un aumento de esta enfermedad en sectores con mayor estrés hídrico, por ineficiencia del riego (cabeceras y finales de lomos de cultivo) y a finales del ciclo de cultivo, momento donde las temperaturas son mayores. Las investigaciones señalan una mayor preponderancia de la enfermedad a finales de la cosecha, cuando los síntomas ya no tienen efecto sobre la cantidad y calidad de la cosecha.

Los síntomas ocurren en plantas bien establecidas y a inicios de producción de fruta, donde las hojas se marchitan, el color cambia a un verde-gris y se secan. Los tejidos de la corona muestran decoloración y presenta un color café anaranjado a rojizo. La producción se ve afectada incluso antes que se noten los síntomas. El estrés por falta de agua y clima cálido pueden causar que la enfermedad se desarrolle muy severa y rápidamente (Koike *et al.*, 2013).

El patógeno pertenece a la familia Botryosphaeriaceae, orden Botryosphaeriales, Incertae sedis, clase Dothideomycetes, subdivisión Pezizomycotina and división Ascomycota (Disponible online: <http://www.indexfungorum.org>) y forma microesclerocios (figura 10) con estructuras de sobrevivencia, que les permiten permanecer por mucho tiempo en el suelo. Estas estructuras se desarrollan en los tejidos afectados. El hongo se disemina principalmente por movimientos de suelo.

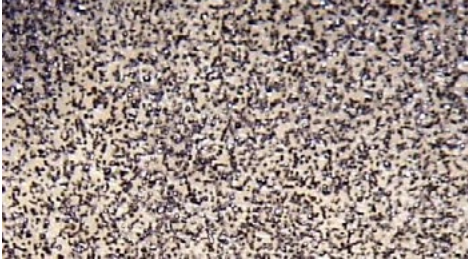


Figura 10. Microesclerocios típicos de *Macrophomina phaseolina*

El diagnóstico de esta enfermedad se hace muy difícil, porque puede confundirse con síntomas similares a los causados por otros patógenos de suelo. Al igual que lo mencionado anteriormente, solo una determinación de laboratorio permite la adecuada identificación del hongo en la planta dañada.

2.2.1.4. *Verticillium dahliae* y *Verticillium albo-atrum*

Ambos hongos son causantes de la enfermedad conocida como “verticilosis”, que se caracteriza por causar un marchitamiento rápido de la planta, comenzando por las hojas periféricas (figura 11). Este daño normalmente ocurre en el primer año de plantación, donde la enfermedad se observa en sectores aislados de la plantación y muchas veces se confunde con falta de agua, debido a que los patógenos obstruyen el sistema vascular e impiden la absorción de agua y nutrientes (France, 2012).



Figura 11. Síntomas de “verticilosis” en frutilla. Foto gentileza Andrés France.

Estos hongos, al igual que el caso anterior, pertenecen al grupo de los Deuteromycetes y se caracterizan por producir microesclerocios que permanecen en el suelo por varios años. Ambos patógenos se diseminan por suelo, agua y plantas enfermas.

2.2.1.5. *Rhizoctonia solani*

Este hongo es el agente causal de la enfermedad llamada “rizoctoniosis” que afecta al cultivo de frutilla y a muchos otros. Es frecuente encontrar este hongo junto a otros patógenos de suelo como son *Fusarium* y *Cylindrocarpon*, los que en conjunto producen más problemas que en forma individual. Este complejo de hongos son los causantes del decaimiento de las plantas en el segundo año de cultivo.

Los síntomas son clorosis, disminución del crecimiento, aborto de flores, retraso en la maduración de los frutos, y otros que permanecen secos en la planta. En la parte radical se observa necrosis parcial de las raíces primarias que se deshidrata (figura 12). Este hongo se caracteriza por presentar esclerocios como estructuras de resistencia que permanecen en el suelo donde estuvieron las plantas contaminadas (France, 2012).



Figura 12. Necrosis parcial de las raíces primarias causado por *Rhizoctonia solani* en frutilla. Foto gentileza Andrés France.

Este patógeno se disemina por plantas afectadas como también por movimientos de suelo y agua.

En el cuadro 6, se presenta un resumen de los síntomas de los principales patógenos de frutilla.

Cuadro 6. Comparación de síntomas de los principales géneros de patógenos de frutilla

Síntomas	<i>Fusarium</i>	<i>Phytophthora</i>	<i>Verticillium</i>	<i>Macrophomina</i>
Crecimiento deficiente	Sí	Sí	Sí	Sí
Retraso en crecimiento	Sí	Sí	Sí	Sí
Marchitez en hojas viejas	Sí	No	Sí	Sí
Marchitez en todas las hojas a la misma vez	No	Sí	No	No
Desplome en las plantas	Sí	Sí	Sí	Sí
Coronas descoloridas	Sí	Sí	No	Sí
Raíces oscuras, podridas y mullidas	No	Sí	No	No

Fuente: Koike et al, 2013.

2.2.2. Bacterias

No se han identificado bacterias afectando el cultivo de frutilla en Chile (Acuña, 2010).

2.2.3. Nematodos

Los nematodos fitoparásitos son organismos microscópicos que miden de 0,2 a 6 mm de longitud, viven en el suelo y en tejidos vegetales. Se caracterizan por presentar un estilete que les permite alimentarse de las raíces y raicillas de las plantas, se multiplican en ellas produciendo pérdidas considerables en los rendimientos. La morfología de machos y hembras es fusiforme (como aguja), sin embargo, en algunas especies las hembras adultas pueden tener forma globosa. El cuerpo está cubierto por una cutícula y una capa muscular, que les permite un movimiento ondulatorio. Su sistema alimentario consiste en boca, esófago e

intestino (González, 2007).

En general el ciclo de vida de los nematodos consta de seis estados: huevo, cuatro estados larvarios y adulto. Al pasar de un estado a otro ocurre una muda de piel, la primera muda ocurre en el interior del huevo.

González 2007, señala que los nematodos que afectan al cultivo de frutilla en Chile son:

- **Endoparásitos**, es decir, penetran en forma total a las raíces, se desarrollan y multiplican en ellas, pudiendo ser del tipo sedentario, como es el caso de *Meloidogyne* o migratorio como es *Pratylenchus*.
- **Ectoparásitos**, se alimentan de las partes externas del sistema radical de las plantas sin penetrar en forma directa en ellas, en este grupo se encuentra nematodos de los géneros *Xiphinema* y *Helicotylenchus*.

Los síntomas y severidad que los nematodos causen en las plantas dependerán de la especie que afecta, la edad de la planta al momento de la infección y de la densidad inicial de éstos. Otros factores que pueden afectar la incidencia se relacionan con la textura del suelo, nutrición de la planta y presencia de otros organismos como hongos y bacterias que dañan las raíces.

Los nematodos son parásitos obligados, sólo se reproducen cuando tienen acceso a tejidos vegetales vivos y con activo crecimiento. Los síntomas aéreos de plantas afectadas se caracterizan por amarillez o clorosis, aborto de flores, enanismo, falta de vigor, brotes pequeños y baja en rendimiento. Estos síntomas pueden confundirse con deficiencias nutricionales, falta o exceso de riego o daños provocados por otros organismos de suelo.

A continuación se señalan las principales características de los nematodos que afectan a frutillas en Chile, con infestaciones severas, medias y leves, de acuerdo a observaciones realizadas en el laboratorio de Nematología del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) La Platina, entre los años 1970 a 2005 (González, 2007).

2.2.3.1. *Meloidogyne incognita* (infestaciones severas)

Este nematodo es conocido como el “nematodo de la raíz”, tiene una amplia distribución en Chile y afecta además de frutilla, muchas especies hortícolas y

frutales. Es frecuente encontrar a este nematodo asociado a ataques de hongos de suelo como son *Verticillium*, *Fusarium* y *Phytophthora*. El ciclo de vida de este patógeno comienza con un huevo que es depositado por una hembra, que se encuentra incrustada parcial o totalmente en la raíz de una planta de frutilla. Bajo condiciones favorables las hembras pueden poner de 200 a 400 huevos y completar su ciclo de vida en 20 a 30 días. Del huevo se desarrollan los juveniles, que son los que penetran a las células de la raíz debido a la presencia de un estilete, luego secretan sustancias que dan lugar a la formación de células gigantes, causando el engrosamiento de la raíz y las típicas agallas que se observan en las plantas afectadas por este nematodo (González, 2007).

Los niveles críticos de infestación con este nematodo en Chile son de 20 ejemplares por 250 g de suelo. Sobre esta cifra deben adoptarse medidas de control, especialmente antes de una plantación de frutillas. Las desinfecciones de suelo diferentes tipos de plaguicidas o con el uso de biofumigación son fundamentales para reducir la carga de nematodos en el suelo y evitar los daños causados por estos patógenos. En otros países la especie más dañina en frutilla es *M. hapla*.

2.2.3.2. *Xiphinema americanum* (infestaciones severas)

Este nematodo es conocido como "nematodo daga", es parásito externo (ecto-parásito), que se alimenta de las raíces y raicillas de frutilla y muchas especies frutales, insertando su estilete largo y poderoso. Se caracteriza por ser un nematodo migratorio y por lo general no penetra en las raíces. La hembra deposita los huevos en el suelo sin ninguna protección, luego de la incubación eclosa el segundo estado juvenil.

Estos nematodos son de importancia en nuestro país porque pueden ser transmisores de virus del grupo de los Nepovirus. En estudios realizados por INIA en vides y frutales, se ha determinado que 100 ejemplares de este nematodo por 250 g de suelo es el nivel crítico de infestación (González, 2007).

La mayor densidad de población de este nematodo se encuentra alrededor de raíces y raicillas a una profundidad de 30 a 40 cm. Al igual que lo mencionado anteriormente, el control debe ser preventivo, con desinfección de suelos (González, 2007).

2.2.3.3. *Pratylenchus* spp. (Infestaciones severas)

Este patógeno es conocido como “nematodo de las lesiones radiculares” o “nematodo de las praderas”, con varias especies que causan grave daño a las raíces de las plantas. Se caracterizan por ser endoparásitos móviles, provocan heridas y lesiones. Son siempre de morfología veriforme y con un poderoso estilete. Se alimentan de la corteza de las raíces (González, 2007). La especie más dañina y frecuente en frutilla es *P. penetrans*.

La hembra deposita los huevos en el interior de las raíces o en el suelo, luego de un periodo de incubación, emerge del huevo el juvenil que corresponde al segundo estado larval, este migra y busca un lugar donde alimentarse. El ciclo dura de 54 a 56 días. Todos los estados larvales penetran a las raíces y se alimentan del contenido celular, liberan compuestos fenólicos que se oxidan, causando un importante daño en las raíces (González, 2007). La especie más dañina y frecuente en frutilla es *P. penetrans*.

Ataques severos de estos nematodos facilitan la entrada y establecimiento de hongos como *Verticillium*, *Pythium* y *Rhizoctonia*, los cuales inciden en mayores daños al sistema radicular. El nivel crítico de infestación en frutales y vides en Chile, se señala en 200 ejemplares por 250 g de suelo. El control es preventivo y es igual al señalado anteriormente (González, 2007).

2.2.3.4. *Paratylenchus* spp. (Infestaciones severas)

Este género de nematodos es conocido como “nematodo alfiler”, se caracterizan por ser ectoparásitos sedentarios que afectan a las diversas especies frutales además de la frutilla. Machos, hembras y juveniles se encuentran en el suelo alimentándose desde el exterior, ya sea de los pelos radicales o de las células de la epidermis, aunque algunas veces penetran al interior de las raíces.

Los niveles críticos de estos nematodos son de 200 ejemplares por 250 g de suelo para vides y frutales (González, 2007).

2.2.3.5. *Helicotylenchus* spp. (Infestaciones medias)

Son conocidos como “nematodos espirales”, son ectoparásitos asociados a un gran número de especies de frutales y vides además de frutillas. Se encuentran en todas sus fases, tanto en el suelo como en las raíces.

El nivel crítico de infestación en frutales es de 250 individuos por 250 g de suelo (González, 2007).

2.2.3.6. *Mesocriconema* spp. (Infestaciones leves)

Las especies de este género son ectoparásitos conocidas como "nematodos anillados", las hembras y juveniles predominan en el suelo, mientras los machos raramente o nunca.

Son robustos, cortos y con muchos anillos, lo cual facilita su identificación. Presentan un largo estilete en proporción a la longitud del cuerpo del nematodo, son de movimientos lentos. Se alimentan de los extremos de las raíces y a lo largo de las regiones laterales de estas.

Son comunes en suelos arenosos como en arcillosos. Las poblaciones críticas para frutales son de 100 ejemplares por 250 g de suelo (González, 2007).

2.2.4. Insectos

Información generada por el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP, 2005), señala que los gusanos cortadores de frutilla son los principales problemas de insectos que dañan la corona y raíces secundarias de las plantas de frutilla en el país.

- **Gusanos cortadores:** larvas de lepidópteros (*Copitarsia*) atacan la corona de las plantas cortándola, estas larvas también pueden afectar los frutos formando galerías.
- **Gusano de la frutilla:** las especies asociadas son *Otiorchynchus rugosus*, *O. triayus*, que también afectan a la vid. La forma adulta se alimenta de las hojas y tallos y las larvas causan serios daños en la corona y raíces secundarias.



Capítulo 3

**ALTERNATIVAS AL USO DE BROMURO
DE METILO COMO DESINFECTANTE DE
SUELO DISPONIBLES PARA FRUTILLAS
EN CHILE**



CAPÍTULO 3

3. ALTERNATIVAS AL USO DE BROMURO DE METILO COMO DESINFECTANTE DE SUELO DISPONIBLES PARA FRUTILLAS EN CHILE

3.1. Antecedentes Generales

La agricultura moderna y los mercados han propiciado el cultivo intensivo de especies hortofrutícolas, entre las que se encuentran los frutales menores, destacándose la frutilla. Este modelo productivo intensivo en el uso de fertilizantes químicos, ha olvidado la importancia que tiene la fertilidad del suelo y su fertilización en base a materia orgánica que es conducente a la sanidad de los agro sistemas (Tello, 2010).

Esto ha permitido que los patógenos de suelo hayan proliferado y se hayan convertido en uno de los problemas principales en la productividad de los cultivos, causando anualmente grandes pérdidas, lo que obliga a que en la agricultura convencional se apliquen cada vez más cantidad de desinfectantes químicos del suelo para poder afrontarlo. Uno de estos desinfectantes químicos, es el bromuro de metilo que ha sido clasificado por la Agencia Ambiental de los Estados Unidos de América (US-EPA) en el grupo químico I, es decir extremadamente tóxico para los seres humanos, una de las razones por la cual su uso ha estado regulado por una serie de restricciones y controles.

Este producto ha sido ampliamente utilizado por su gran eficiencia en la desinfección de suelos y sustratos para el crecimiento de plantas, tanto en campo como en viveros. Sin embargo, esta sustancia ha sido identificada como una sustancia agotadora de la capa de ozono en la estratósfera, por lo cual debe someterse a los calendarios de reducción y eliminación de los países firmantes del "Protocolo de Montreal".

La razón de clasificar esta sustancia como agotadora de la capa de ozono es que entre el 50 y el 95% del bromuro de metilo aplicado al suelo provoca emisiones gaseosas a la estratósfera, donde libera átomos de bromo que reaccionan con el ozono y otras moléculas estables que contienen cloro, dando lugar a una reacción en cadena que contribuye a la disminución de la capa de ozono (Thomas 1997, en Bello *et al.*, 2001).

El Protocolo de Montreal es el acuerdo internacional con mayor éxito en la ac-

tualidad, teniendo ratificación mundial, lo cual obliga a Chile a cumplir con las metas de reducción del consumo de las sustancias que agotan la capa de ozono, entre las que se encuentra el bromuro de metilo, sustancia que a partir del 01 de enero de 2015 se prohíbe su importación al país para uso en tratamiento de suelo. En virtud de lo cual, Chile elaboró e implementó el proyecto denominado “Proyecto Terminal – Eliminación Nacional del Bromuro de Metilo”, con el objetivo de apoyar a los productores usuarios de esta sustancia a enfrentar de mejor manera su prohibición.

La experiencia mundial indica que el remplazo del bromuro de metilo por otro producto químico, tiene bajas posibilidades de sustentarse en el largo plazo, debido fundamentalmente a la dificultad de encontrar una sustancia que muestre los mismos atributos en el alto potencial biocida, relativamente de bajo costo, baja persistencia y fácil aplicación, y que además, no tenga riesgo de ser prohibido por las entidades regulatorias. Sin embargo, ha sido posible la identificación de una serie de productos que, aplicados al suelo o a sustratos, han demostrado ser eficientes en la desinfección de ellos. No obstante, no todos tienen los mismos atributos del bromuro de metilo, diferenciándose en varias características, como por ejemplo: mayor periodo de acción en el suelo, su residualidad, riesgo de contaminación en napas o aguas subterráneas y dificultad para su aplicación. Lo anterior refleja que, a pesar de algunos casos particulares, lo más frecuente será que el remplazo definitivo del bromuro de metilo como fumigante de suelos y sustratos, se alcance con una aplicación coordinada de una amplia batería de estrategias tecnológicas de control de plagas.

También se han evaluado en nuestro país otras alternativas de tipo no químicas como la vaporización, la biofumigación y la biosolarización. Éstas presentan ventajas comparativas, principalmente al no afectar al medio ambiente, sin embargo, no están exentas de dificultades y su aplicación exitosa debe estar asociada a un manejo integrado de plagas y enfermedades. Más adelante en este capítulo se analizarán detalladamente.

El objetivo de este Capítulo es presentar las alternativas químicas y no químicas al bromuro de metilo disponibles en nuestro país para el cultivo de frutilla.

3.2. Alternativas Químicas al Bromuro de Metilo

Los ingredientes activos Metam Sodio, Dazomet, 1,3 - Dicloropropeno + Cloropirrina y Etoprofos están en el listado de plaguicidas autorizados, con Autorización

Vigente del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), actualizado al 11 de noviembre de 2014, para frutilla en Chile.

3.2.1. Recomendaciones de Aplicación de los Principales Fumigantes Alternativos Vía Riego o Inyección

Todos los productos químicos alternativos al bromuro de metilo son productos altamente tóxicos por lo tanto deben ser manipulados solo por personal calificado, sin embargo, los agricultores deben tener el conocimiento de que existen ciertos aspectos de seguridad a tener en cuenta antes, en el momento y posterior a la realización de una desinfección de suelo con estos fumigantes, para obtener un eficiente efecto de los productos aplicados, entre ellas se señalan:

3.2.1.1. Preparación (Aplicaciones Vía Riego)

- Para aplicaciones vía riego, debe verificarse el pH del agua, si esta es alcalina (2-3%), los productos son estables y su descomposición es lenta, mientras que soluciones (menores a 1%), se descompone en pocas horas y su aplicación no es aconsejable.
- Verificación de la condición de humedad de suelo. Al momento de la aplicación de los productos, el suelo debe estar en condición friable y en plena actividad, con malezas germinando y presencia de raíces.
- Verificación del sistema de riego, previo y durante inyección.
- Temperatura de suelo, idealmente esta variable debería fluctuar entre los 10 y 25 ° C, ya que a temperaturas inferiores se inactivan los microorganismos, tornándose menos sensible a los fumigantes y la acción de estos productos no es eficiente, ya que no se gasifican.
- Textura del suelo, suelos arenosos o friables permiten una mejor difusión del gas y con ello un mejor efecto.
- Preparación de suelo, es relevante tener un suelo bien mullido, sin terrones para favorecer el contacto del producto.
- Sellado del suelo preferentemente con cubierta plástica, esto permite un adecuado efecto del producto sin liberación de gases tóxicos al medio ambiente.

3.2.1.2. Durante la Aplicación

- Comprobar que la presión del sistema de inyección o del sistema de riego sea la adecuada, para permitir una buena distribución del produc-

to en la superficie a aplicar.

3.2.1.3. Posterior a la Aplicación

- Marcar el área de aplicación con una bandera roja, para evitar el ingreso de personas.
- Prohibir el ingreso de personas hasta que se complete el periodo de ventilación del sector aplicado.
- Al momento de ventilar los camellones, el personal calificado debe utilizar herramientas limpias y equipos de protección personal: guantes, máscara, botas y traje apropiado.
- La labor de ventilar los camellones debe ser realizada por personal calificado por la empresa aplicadora. Se procede en forma práctica, avanzar en sentido contrario a la dirección del viento, de manera de evitar que los gases que se liberen lleguen a los operarios.
- Tomar medidas para evitar el ingreso de animales que puedan romper los plásticos, dificultando la buena acción de los gases tóxicos y riesgos para la seguridad del personal. Por lo anterior, daños producidos por animales deberán ser parchados. El personal que realice esta labor deberá usar equipos de protección personal, adecuados para una labor de alto riesgo.

3.2.2. Metam Sodio

El Metam Sodio es un producto químico líquido, que se degrada rápidamente en el suelo a metilisotiocianato (MITC). Es efectivo en el control de algunas malezas y patógenos del suelo, principalmente hongos y un número limitado de nematodos. Es ampliamente utilizado en el cultivo de frutilla en España, Turquía, Italia, Marruecos, Bélgica, Holanda (López-Aranda *et al.*, 2015) y USA. Y en algunos importantes sectores viveristas de Europa. En Chile su uso en el cultivo de frutilla ha aumentado en los últimos años. Su uso y resultados de aplicación en las Unidades Demostrativas implementadas bajo el marco del Componente Frutilla del “Proyecto Terminal – Eliminación Nacional del Bromuro de Metilo” serán analizados con detalle en el capítulo 5.

Se recomienda su aplicación al suelo directamente a través del sistema de riego por goteo, bajo una cubierta de polietileno transparente (Braga *et al.*, 2003). El pH del suelo afecta de manera considerable la degradación del Metam Sodio a MITC, que es el que actúa sobre los organismos a controlar. En la gran mayoría

de los suelos agrícolas de pH neutro o ligeramente alcalinos, se obtiene mayor cantidad de MITC que en los suelos de pH ácido, en los cuales la eficiencia del producto es menor (Carrasco *et al.*, 2002).

Actualmente se están desarrollando nuevos equipos para aplicar estos fumigantes de una manera uniforme en el perfil del suelo a tratar, consiguiéndose una mayor eficiencia y seguridad en su aplicación. Estos equipos incorporan el producto mecánicamente en el suelo a través dispositivos que baten el suelo junto con el producto y posteriormente sellan el suelo por medio de un rulo compactador y/o lámina plástica.

La efectividad del producto también está influenciada por el contenido de materia orgánica, con contenidos de 4% o más, el gas difunde con dificultad, por ser adsorbido por las partículas orgánicas. En aplicaciones vía riego, es de gran relevancia conocer el pH del agua, ya que influye directamente en la efectividad de la aplicación porque afecta la estabilidad del producto.

Temperaturas del suelo por sobre los 12 °C por un periodo de 8 a 10 días continuos permitirán una adecuada liberación del gas, si la temperatura es inferior a los 12 °C se corre el riesgo que el gas sea adsorbido por los sólidos del suelo y sea liberado cuando las temperaturas aumenten lo que puede ocurrir 30 o 40 días después, es decir cuando el cultivo ya fue establecido.

En Chile este producto está autorizado para el uso en frutilla bajo los nombres comerciales Raisan 50 y Nemasol. En el cuadro 7 se señala la descripción general del producto. Recientemente ha sido re-aprobada su utilización en la Unión Europea pero con ciertas restricciones cómo una aplicación cada tres años en el mismo suelo y una dosis de aplicación máxima muy reducida, entre 300 y 380 L ha⁻¹ según concentración del producto comercial (López-Aranda *et al.*, 2015).

Cuadro 7. Descripción general de Metam Sodio

Ingrediente Activo	: Metam Sodio (N-metil-ditiocarbamato de sodio anhidro)
Producto Comercial	: Raizan 50 y Nemasol
Formulación	: Concentrado soluble
Concentración	: 42% v/v
Grupo Químico	: Ditiocarbamato
Aspecto	: Líquido de color anaranjado
Densidad	: 1,2 g.cm ⁻³
Solubilidad	: Soluble en agua (722 g.L ⁻¹ a 20°C); Moderadamente soluble en metanol y etanol; Insoluble en otros disolventes orgánicos.
Compatibilidad	: No debe mezclarse con otros productos
Toxicidad aguda LD50	
Oral en rata	: 4.096 mg·kg ⁻¹ peso vivo
Dermal en Conejo	: 1.928 mg·kg ⁻¹ peso vivo

Fuente: González, 2006.

3.2.3. Dazomet

Braga et al. (2003) mencionan que el Dazomet es un producto químico granulado que al igual que el Metam Sodio, es un generador de MITC. Este fumigante de suelo se utiliza para el control de malezas, nematodos y hongos. Requiere de una buena incorporación en todo el perfil útil de suelo para una buena eficacia, debido a las limitaciones que el producto posee para difundirse. Después del tratamiento, el suelo debe ser cubierto con láminas de plástico polietileno (Braga *et al.*, 2003). Puede usarse en cualquier época del año, siempre que la temperatura del suelo a 10 cm de profundidad sea superior a 10 °C.

El Dazomet es relativamente fácil de aplicar cuando se dispone de maquinaria de aplicación y tecnología adecuada. Se distribuye de manera uniforme y

mecánicamente sobre la superficie del suelo. Cuando se pone en contacto con la superficie húmeda, la sustancia activa se descompone en metilisotiocianato, formaldehído, metilamina y sulfuro de hidrógeno (Neshev, 2008).

Una vez que se aplica el Dazomet, los gases que se generan se difunden de manera limitada en torno a cada una de los microgránulos del producto, por eso es fundamental la distribución homogénea en todo el perfil del suelo (20–30 cm). (http://www.certiseurope.es/uploads/media/BASAMID_-_DTR.pdf)

Bello et al. (2001) señalan que un control eficiente de organismos de suelo en el cultivo de frutilla se obtuvo en Huelva, España, con aplicaciones de Dazomet (50 g.m⁻²) al suelo más bajas dosis de Metam Sodio (60 a 100 cm³.m⁻²). Es ampliamente utilizado en el cultivo de frutilla en España, y en algunos importantes sectores viveristas de Europa (López-Aranda *et al.*, 2015).

En Chile este producto está autorizado para el uso en frutilla bajo el nombre comercial de Basamid. En el cuadro 8, se señalan las características del producto. Al igual que el Metam Sodio, ha sido reprobada su utilización en la Unión Europea con ciertas restricciones como una aplicación cada tres años en el mismo suelo y una dosis de aplicación máxima de 490 kg ha⁻¹ (López-Aranda *et al.* 2015).

Cuadro 8. Descripción general de Dazomet

Ingrediente Activo	: Dazomet
Producto Comercial	: Basamid
Formulación	: Microgranulado
Concentración	: 98 a100 %
Grupo Químico	: Thiadiazinas
Aspecto	: Micro gránulos blancos grisáceos
Solubilidad	: Soluble en agua (0,3 g/100 g a 20°C)
	Solubilidad relativamente alta en acetona y cloroformo
Toxicidad aguda LD50	
Oral	: 653 mg·kg ⁻¹
Dermal	: 510 mg·kg ⁻¹
No tiene antídoto específico	

Fuente: González, 2006.

3.2.4. Mezcla 1,3 - Dicloropropeno + Cloropicrina (1,3 D+Pic)

La mezcla de estos dos productos tiene una acción nematicida, insecticida y fungicida. Ha sido utilizada especialmente en el cultivo de frutilla en California (USA), Australia y España (Carrasco *et al.*, 2006b). En España, Italia y Marruecos son de uso mayoritario en frutilla para fruto y viveros (López-Aranda *et al.*, 2015). En Chile también se ha utilizado como desinfectante de suelo en diferentes regiones del país.

La mezcla original de estos fumigantes es no emulsible, lo cual es una limitante porque se debe inyectar al suelo, donde el control adecuado se logra con un bajo contenido de humedad en los mismos. Sin embargo, nuevas formulaciones han permitido el uso de estos productos por fertirrigación (Labrada y Fornasari, 2001).

En Chile evaluaciones realizadas por el INIA, han resultado exitosas en el control de organismos de suelo en replante de frutales y viñedos. Las condiciones de suelo para un buen efecto de estos fumigantes es similar a las mencionada para los productos anteriores, es decir, una buena preparación de suelo, sin terrones, con una adecuada incorporación de los residuos vegetales a lo menos 30 a 60 días antes de la fumigación. La humedad del suelo debe ser 70% de su capacidad de campo y temperatura de suelo entre los 12 y 25 °C. Los productos comerciales para uso en frutilla son Agrocelhone NE, Tri-Form 15, Tri-Form 30, Tri-Form 35 y Tri-Form 60. En el cuadro 9 se señalan las características de ambos compuestos en forma separada. Es importante señalar que ambos fumigantes y sus mezclas han sido prohibidos en la Unión Europea, aunque sus propietarios han postulado una nueva re-aprobación que actualmente se haya en estudio. Las aplicaciones de 1,3-D y Cloropicrina que en la actualidad se realizan en diversos países de la Unión Europea en frutilla y viveros, y otros cultivos intensivos, son autorizadas en base a los llamados "Usos por Emergencia Nacional", contenidas en el artículo 53 (Derogaciones) del Reglamento CE 1107/2009 (López-Aranda *et al.*, 2015).

Cuadro 9. Características de 1,3 - Dicloropropeno + Cloropicrina

Ingrediente Activo	: Cloropicrina
Grupo Químico	: Tricloronitrometano
Densidad de vapor	: 5,7 (aire=1)
Solubilidad	: Soluble en agua (0,16 g·100 ml ⁻¹ a 25°C)
Porcentaje de volatilidad	: 100% volátil
Ingrediente Activo	: 1,3 Dicloropropeno
Grupo Químico	: 1,3 Dicloropropeno
Densidad de vapor	: No aplicable
Solubilidad	: Soluble en agua (0,1 g·100 ml ⁻¹ a 25°C)
Porcentaje de volatilidad	: 100 % volátil

Fuente: González, 2006.

3.2.5. Etoprofos

Es un pesticida del grupo de los organofosforados no sistémico con actividad insecticida y nematicida por contacto, que posee buena capacidad de penetración en el suelo. Interfiere la transmisión de impulsos nerviosos por inhibición de la acetilcolinesterasa de las plagas objetivo. Se aplica al suelo utilizando las instalaciones de riego localizado. Su solubilidad al agua es de 700 mg/l (20 ° C). Es una sustancia muy estable en condiciones neutras y ligeramente en ácidas. Se hidroliza rápido en condiciones alcalinas (Pesticide Manual, 1997).

Su actividad residual puede durar hasta 2 meses. Se ha observado que la biodegradación del etoprofos es más rápida en suelos que ya habían sido tratados antes con este producto, que en los tratados por primera vez. Su vida media en el suelo depende de la textura y pH, así en suelos húmíferos con pH 4,5 es de 87 días y en los limo-arenosos con pH 7,2 y 7,3 es de 14-28 días. Se estima una vida media en condiciones aeróbicas de 43 días. El producto está disponible para el cultivo de frutilla con el nombre comercial de Mocap 400 CS y Mocap 6 EC. La materia activa (Etoprofos) está autorizada para su uso en la Unión Europea, aunque no suele ser utilizada en frutilla. En el cuadro 10 se señalan las características del producto.

Cuadro 10. Características de Etoprofos

Ingrediente Activo	: Etoprofos
Producto Comercial	: Mocap 400 CS; Mocap 6EC.
Formulación	: Microgranulado
Grupo Químico	: Organofosforados
Solubilidad	: Soluble en agua (700 mg·L ⁻¹ a 20°C)

Fuente: González, 2006.

3.2.6. Tetratiocarbonato de Sodio

El Tetratiocarbonato de Sodio es un fumigante y desinfectante de suelos con actividad fungicida y nematicida, presentado en forma de concentrado soluble para aplicar al suelo disuelto en el agua de riego.

Dependiendo del tipo de suelo, la humedad y la temperatura de éste, se transforma rápidamente en disulfuro de carbono (CS₂), ácido sulfúrico (H₂SO₄) e hidróxido de sodio (NaOH), siendo el primero de ellos el agente de control biológico.

El Tetratiocarbonato de Sodio es muy volátil y difunde por el suelo en 3 a 5 días, entre el 50 al 100 % del disulfuro se volatiliza y el resto se oxida, dependiendo de la porosidad del suelo. En el agua, se hidroliza con una vida media de 30 minutos.

Resulta efectivo en el control de nematodos y de hongos del suelo. Las dosis más altas son requeridas para el control de hongos de suelo, mientras las más bajas son adecuadas para el control de nematodos. El producto está disponible para el cultivo de frutilla con el nombre comercial Enzone. El Tetratiocarbonato ha sido prohibido en la Unión Europea, aunque no hay constancia de su uso anterior en frutilla y viveros. En el cuadro 11 se señalan las características del producto.

Cuadro 11. Características de Tetratiocarbonato de Sodio

Ingrediente Activo	: Tetratiocarbamato de sodio (Disulfuro de carbono)
Producto Comercial	: Enzone
Concentración	: 31,8% v/v
Grupo Químico	: Carbamatos
Aspecto	: Líquido de color amarillo, con olor similar al amoníaco.
Densidad	: 1,26 g.ml ⁻¹
Solubilidad	: Soluble en agua
Compatibilidad	:No se debe mezclar con fertilizantes u otros productos de carácter ácido
Toxicidad aguda LD50	
Oral en rata	: 631 mg.kg ⁻¹
Dermal en conejo	: ≥ 2.000 mg.kg ^w

Fuente: González, 2006.

3.2.7. Características de los Productos Comerciales Autorizados para su Uso en Frutilla

Como se mencionó anteriormente, existen diferentes alternativas comerciales con autorización vigente del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) para los compuestos químicos fumigantes de suelo, en el cuadro 12 se señala la información de cada uno de ellos.

Cuadro 12. Lista de plaguicidas para tratamiento de suelo en frutilla con autorización vigente.

Ingrediente Activo /Concentración	Nombre	Grupo Químico	Clasificación Toxicológica	Fecha de autorización N° SAG	N° registro SAG
1,3-D / Cloropirrina(55,4 % p/p /13,2 % p/p)	AGROCELHONEY	Organoclorado	(Ia)Extremadamente tóxico, franja roja	20-10-2014	1670
1,3-D / Cloropirrina(79,9 % p/p /14,9 % p/p)	TRI FORM 15®	Organoclorado	(Ia)Extremadamente tóxico, franja roja	25-11-2008	1756
1,3-D / Cloropirrina(61,75 % p/p /34,65 % p/p)	TRI FORM 30®	Organoclorado	(Ia)Extremadamente tóxico, franja roja	25-11-2008	1757
1,3-D / Cloropirrina(37,6 % p/p /59,4 % p/p)	TRI FORM 35®	Organoclorado	(Ia)Extremadamente tóxico, Franja roja	26-11-2008	1758
1,3-D / Cloropirrina(65,8 % p/p /29,7 % p/p)	TRI FORM 60®	Organoclorado	(Ia)Extremadamente tóxico, franja roja	25-11-2008	1759
Dazomet(97,5 p/p%)	BASAMID GRANULADO®	Tiadizina	(Ia)Extremadamente tóxico, Franja roja	06-01-2012	1178
Metam Sodio(51 % p/v)	NEMASOL®	Ditiocarbamato	(III),Franja azul	01-07-2010	1751
Metam sodio(42 % p/p) (50 % p/v)	RAISAN 50®	Ditiocarbamato	(II),Franja amarilla	16-09-2008	1654
Etoprofos(72 % p/v) (720 g/l)	MOCAP 6 EC®	Organofosfato	(Ib),Franja roja	14-05-2012	1164
Etoprofos(40,53 % p/v)	MOCAP 400 CS®	Organofosfato	(II),Franja amarilla	14-05-2012	1794
Tetratiocarbonato de Sodio(40,38% p/v)	ENZONE®	Tiocarbonato	(II),Franja amarilla	25-08-2010	1477

Fuente: Servicio agrícola Ganadero (SAG) Lista de plaguicidas con Autorización Vigente al 4 de noviembre de 2014.

3.3. Alternativas No Químicas al Bromuro de Metilo

El uso de alternativas no químicas al uso de bromuro de metilo para tratamiento de suelo, es de gran interés para la agricultura, debido a la creciente necesidad de cuidar el medio ambiente y al creciente cuestionamiento del uso de plaguicidas de tipo sintéticos en el suelo. Entre ellas se menciona la biofumigación, la biosolarización y la vaporización. Estas alternativas se detallan a continuación.

3.3.1. Biofumigación

Según Tello (2010) la agricultura intensiva, como es el caso de frutilla, ha provocado una fatiga de suelo, debido en parte a la falta de fertilización orgánica, aumento de patógenos y falta de estructura de los suelos.

La biofumigación es una técnica que permite mejorar significativamente las propiedades físico-químicas del suelo, y utilizar los gases y otros productos resultantes de la biodegradación de la materia orgánica (residuos agrícolas y guanos) como fumigantes para el control de organismos patógenos de suelo (hongos y nematodos).

Su eficacia se incrementa cuando se incorpora dentro de un sistema de manejo integrado de cultivos (Bello y Tello, 1998) y se diferencia del uso de abonos orgánicos en las características de los materiales biofumigantes y en el método de aplicación (Bello *et al.*, 1999), debido principalmente a que se incorpora el material vegetal fresco, triturándolo al suelo y se cubre con plástico para permitir su descomposición y concentración de los gases en el perfil de suelo.

Los mismos autores señalan que esta técnica ha tenido exitosos resultados en cultivos de diversas hortalizas, frutilla, también en frutales y flor cortada en diferentes ambientes de la Región Mediterránea, obteniendo una eficacia similar a los plaguicidas convencionales, al mismo tiempo que incrementan los nematodos saprófagos, mejoran las características del suelo, la nutrición de la planta y la absorción de agua. Sin embargo, es importante señalar la relevancia de diseñar una metodología para cada situación, diferenciándose de la aplicación de la materia orgánica en la dosis y el método de aplicación.

En Chile existen experiencias exitosas del uso de esta tecnología en tomate bajo invernadero, en la Región de Arica y Parinacota y Valparaíso. Para el caso de frutilla también hay experiencias que serán abordadas en otros capítulos de este

manual.

Bello et al. (1999) señalan que son tres las etapas que ocurren en el proceso de biofumigación (figura 13).

I. La primera etapa (2 o 3 días) es la más importante, es donde se alcanza una máxima población microbiana, un máximo contenido de sustancias volátiles nocivas (isotiocianatos, amonio y fenoles) y un mínimo contenido de oxígeno en el suelo. Es aquí donde ocurren los principales efectos sobre los cuales se basa la técnica, el efecto biocida de los componentes volátiles producidos en la biodegradación (fermentación, etc.) de la materia orgánica sobre las poblaciones de patógenos del suelo. Al mismo tiempo, la población de hongos saprófitos, antagonistas de los patógenos del suelo, se ve favorecida por la presencia de la materia orgánica. En cuanto al nivel de contenido de oxígeno en el suelo, éste disminuye constantemente por el consumo que hacen las crecientes poblaciones de microorganismos, que por otra parte no se ve renovado debido al sellado del suelo, que tiene que ser completo con el fin de asegurar la efectividad de la técnica.

II. En la segunda etapa ocurre una disminución de la población de microorganismos presentes en el suelo, donde la presencia de materia orgánica favorece la supervivencia de los microorganismos saprófitos (consumidores de materia orgánica: *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, entre otros). Éstos tienen poder fungistático (de desplazamiento de unos hongos por competencia de otros) sobre las poblaciones de hongos patógenos. Por otra parte, a causa de la normal pérdida de agua, el sellado del suelo disminuye, aumenta el contenido en oxígeno y se libera parte de las sustancias biocidas generadas en la primera etapa.

III. La tercera etapa, ocurre dos o tres semanas después de las etapas anteriores, los microorganismos del suelo se estabilizan en función de la situación dejada por las etapas previas, es decir, con prevalencia de las colonias de microorganismos saprófitos y antagonistas sobre las de patógenos (figura 13). A partir de aquí se considera acabada la aplicación de la técnica, pudiendo implantar los nuevos cultivos a partir de los 2-3 días siguientes.

La aplicación de esta técnica está especialmente indicada para suelos que han tenido monocultivo, sin embargo, también puede aplicarse en suelos que hayan sufrido manejos inadecuados, ya que tiene un efecto beneficioso de las pro-

propiedades físicas del suelo, particularmente con respecto a la corrección de su compactación (Bello *et al.*, 1999).

La efectividad de la biofumigación, está dada por el uso de cubiertas plásticas que permiten un mejor sellado del suelo. Las mayores desventajas de esta alternativa son la oportunidad para disponer de material vegetal y la heterogeneidad de su eficiencia en los suelos con baja actividad biológica, que facilite la descomposición del material vegetal (González, 2006).

Las investigaciones más recientes a nivel mundial, se han centrado en el uso de la biofumigación utilizando brassicas y en la reducción de las dosis de aplicación de estiércoles u otras materias orgánicas. Así, la investigación de variedades de brassicas con altos contenidos de isotiocianatos (ITCs), o incluso su elaboración y presentación en forma de pellets (Lazzeri *et al.*, 1997, en Michel, 2007).

Con respecto a las dosis de aplicación, según J. Tello (2013, comunicación personal) los cambios en los valores de referencia utilizados evidencian la evolución de la técnica en cuanto a su aplicabilidad a la realidad del campo, pasando a biofumigaciones con estiércoles, de recomendaciones de aplicación de $100 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ en $20 + 5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (las 5 t suplementarias indican una aplicación de guano de ave), y en biofumigaciones con brassicas, de necesidades de producción de biomasa de $10 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ (que equivalen a $100 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) en $2,5\text{-}4 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ($25\text{-}40 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$).

La biofumigación no presenta efectos negativos en el medio ambiente o en la salud de los consumidores, sino más bien, permite un aprovechamiento de los restos vegetales y una disminución del impacto ambiental ya que estos no serían "desechos", sino subproductos del sistema con capacidad de aportar mejoras a la fertilidad del suelo (ONU y Ministerio del Medio Ambiente, 2014).

Inicio del proceso de biofumigación

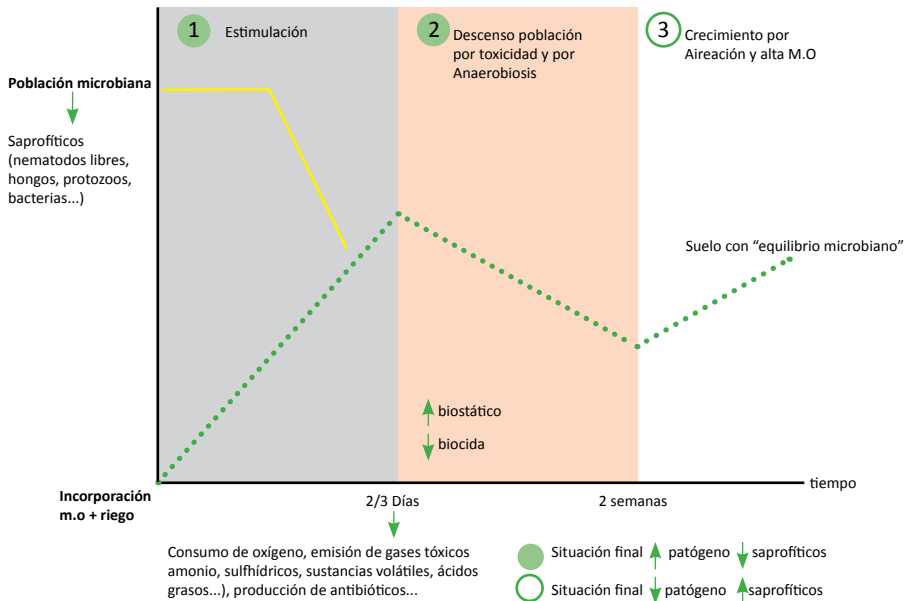


Figura 13. Etapas del proceso de biofumigación

Fuente: PAE, 2010

3.3.2. Biosolarización

Esta técnica combina el efecto de la solarización y la biofumigación, por lo tanto se diferencia principalmente en el tipo de plástico que cubre el suelo, que es transparente.

La biosolarización es similar a la solarización pero esta última técnica no considera la adición de material verde y/o guano al suelo. Hay estudios que señalan que el uso reiterado de esta técnica aumenta la eficiencia en el tiempo (Guerro *et al*, 2004 a,b,c).

En España (Huelva), hace años que se oferta esta tecnología para el cultivo de frutilla, usando diferentes tipos de fuentes de materia orgánica (guano de pollo, orujos de olivo, y otros) (Domínguez *et al.*, 2014, 2015).

Una variante de la biosolarización, aplicable al cultivo de la frutilla es la llamada Desinfección Anaeróbica del Suelo (ASD), con éxito en Japón, Holanda y en pleno desarrollo experimental en California, Florida y otras zonas productoras de Estados Unidos (Lamers *et al.*, 2010; Shennan *et al.*, 2014).

3.3.3. Vaporización

Esta técnica consiste en el control de organismos patógenos en el suelo por medio de la esterilización del suelo, a través de la aplicación de calor utilizando el vapor de agua aplicado con equipos especiales, que constan básicamente en una caldera y un sistema de transmisión del calor.

Ha sido utilizada en aplicaciones directas al suelo de viveros y a sustratos. Este tipo de desinfección es una técnica ecológica, con nulo impacto ambiental y que ha sido utilizada por la agricultura intensiva, especialmente en invernaderos y viveros. Este tipo de desinfección ha ido en aumento, debido a que el tiempo requerido para la desinfección del suelo es inferior al de los otros métodos antes señalados, sin embargo en Chile no hay registros del uso de esta técnica en plantaciones de frutilla.

El rendimiento de la generación de vapor es variable y la temperatura que se logra alcanza los 70 a 90 °C, el tiempo de proceso varía entre 40 y 60 minutos, dependiendo de la humedad del suelo al momento de hacer el tratamiento, mientras mayor sea el contenido de ésta en el sustrato o suelo, mayor será el tiempo requerido (Carrasco *et al.*, 2005a y b).

Cuando el tratamiento es aplicado al suelo, debe asegurarse de tratarlo a 10 a 20 cm de profundidad. La cantidad de vapor requerida para esa profundidad de suelo es de 15 kg·m⁻². La distribución del calor se obtiene con tubos de fierro galvanizados que se entierran en el suelo y se cubre con plástico resistente (Carrasco *et al.*, 2002).

La desinfección de suelo de los camellones de frutilla podría realizarse a través de vaporizadores que inyecten vapor al suelo, sin embargo no existe investigación al respecto que sustente su uso. No hay constancia del uso de la vaporiza-

ción en la desinfección de suelos en Europa para frutilla y viveros, con la excepción de mínimas aplicaciones en Bélgica y Holanda (López-Aranda *et al.*, 2015).



Capítulo 4

**USO DE ALTERNATIVAS QUÍMICAS
Y NO QUÍMICAS AL BROMURO DE
METILO PARA DESINFECCIÓN DE
SUELO EN EL CULTIVO DE FRUTI-
LLA EN CHILE: ESTUDIO DE CASO**



CAPÍTULO 4

4. USO DE ALTERNATIVAS QUÍMICAS Y NO QUÍMICAS AL BROMURO DE METILO PARA DESINFECCIÓN DE SUELO EN EL CULTIVO DE FRUTILLA EN CHILE: ESTUDIO DE CASO

4.1. Antecedentes Generales

En este capítulo se presentaran las experiencias prácticas desarrolladas en Unidades Demostrativas establecidas en predios comerciales de productores del cultivo de frutilla donde se probaron las alternativas químicas y no químicas al bromuro de metilo.

La selección de los tratamientos en todas las Unidades Demostrativas, se hizo en base a alternativas presentes y autorizadas en el mercado nacional y, de acuerdo con los intereses de los agricultores participantes. Las alternativas químicas utilizadas fueron: 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina y Metam Sodio y las no químicas, biofumigación y biosolarización.

Inicialmente, se presenta un diagnóstico de las Unidades Demostrativas establecidas en los años 2011 y 2012; luego se entregan las experiencias resultantes de la implementación y evaluación de alternativas establecidas en 2013.

4.2. Diagnóstico Unidades Demostrativas Establecidas en 2011-2012

Las evaluaciones realizadas en este periodo contemplaron rendimiento, crecimiento, calidad y sanidad de plantas (Cuadro 13). Cabe señalar, que se presentan las evaluaciones para el periodo final de producción de las Unidades Demostrativas establecidas durante el año 2011, las cuales se realizaron en los meses de febrero, marzo y abril del año 2013, mientras que aquellas establecidas el año 2013, se presentan los resultados de la producción del primer año (octubre 2013 a marzo 2014).

Cuadro 13. Unidades Demostrativas de alternativas químicas al bromuro de metilo y evaluaciones realizadas.

Región	Lugar/año	Unidad Demostrativa	Tratamientos	Evaluaciones
Maule	Chanco/2011	Agrícola Costafrut	-1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina -Metam Sodio	Evaluaciones de rendimiento, crecimiento,
Maule	Chanco/2012	Fundo Santa Domitila	-Metam Sodio Testigo sin desinfección	calidad y condición sanitaria
Bio Bio	Cobquecura/2011	Tecnofrío Cautín	-1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina -Metam Sodio -Bromuro de Metilo	
Maule	Hualañé/2013	La Huerta Sur	-1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina -Metam Sodio -Testigo sin desinfección	
Valparaíso	Santo Domingo/2013	Huertos Chile	-1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina, -Metam Sodio -Bromuro de Metilo	

Fuente: MMA y ONUDI, 2014. Informe final "Proyecto Terminal para la Eliminación del Bromuro de Metilo", Componente Frutilla.

4.2.1. Antecedentes Unidades Demostrativas Establecidas en 2011-2012

A continuación se describe una breve reseña al mes de enero de 2013 de cada Unidad Demostrativa establecida en 2011:

- **Unidad Demostrativa Agrícola Costafrut Ltda.**

Esta Unidad Demostrativa se encuentra ubicada en el Fundo Potrerillos, camino a Empedrado, Chanco, Región del Maule. La variedad utilizada fue 'Camarosa', establecida en enero de 2012 en un sector donde el suelo estuvo en descanso por un periodo de 8 años, sin cultivo previo de frutilla. Previo al establecimiento, en diciembre de 2011, se aplicaron los fumigantes Metam Sodio y 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina. En el resto de su cultivo, el agricultor realizó la aplicación de Bromuro de Metilo.

Previo a la plantación, se realizó un tratamiento preventivo de hongos a las raíces, con un mezcla de los fungicidas Benomil, Captan y Fosetil Aluminio. La fertilización inicial del cultivo se realizó considerando análisis de suelo.

El manejo del cultivo fue el habitual realizado por los agricultores de la zona y consideró el tratamiento químico para el control de enfermedades como botrytis, oidio, viruela y de insectos (pulgones y trips y arañas).

El diagnóstico de esta Unidad Demostrativa, reflejó una condición general adecuada, con buena apariencia de planta, color de follaje y frutos firmes. Pese a lo anterior, se observó una pérdida de 31 % de plantas en los sectores tratados con 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina y un 19 % en los con Metam Sodio, esto probablemente pudo deberse a diferentes causales que se señalaran más adelante.

- **Unidad Demostrativa Fundo Santa Domitila**

Ubicada en el fundo Santa Domitila, en la comuna de Chanco, Región del Maule. La variedad utilizada fue 'Camarosa', establecida en mayo de 2012 en un sector donde el cultivo previo fue frutilla. Antes del establecimiento en marzo de 2012, se aplicó el fumigante Metam Sodio y se dejó un sector sin tratamiento (testigo). Se realizó una desinfección de plantas con fungicidas antes de la plantación para el control preventivo de hongos tanto de aquellos que puedan estar en el suelo como aquellos que puedan venir en las plantas de vivero. La fertilización inicial del cultivo se realizó considerando análisis de suelo. El manejo del cultivo, fue el tradicional que ejecutan los agricultores de la zona.

En esta Unidad Demostrativa al iniciar la cosecha del último periodo, el cultivo de frutilla se presentaba con escaso crecimiento y con prácticamente el 100 % de las plantas (ambos tratamientos) con síntomas de manchas necróticas foliares y prácticamente sin producción de frutos. Los rendimientos llegaron a valores que no superaron las 30 t/ha.

- **Unidad Demostrativa Tecnofrío Cautín.**

Ubicada en Los Cerrillos, km 87, carretera N-50, Cobquecura, Región del Maule. La variedad utilizada fue 'Camarosa', establecida en enero de 2012 en un sector donde el cultivo anterior fue frutilla. Previo al establecimiento, en el mes de diciembre de 2011, se realizó la aplicación de los fumigantes Metam Sodio y 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina. En el resto de su cultivo el agricultor realizó

la aplicación de Bromuro de Metilo.

Anterior a la plantación, se realizó un tratamiento a las plantas para el control preventivo de insectos y hongos, con una mezcla de insecticida (Imidacloprid) y fungicidas (Iprodione y Propamocarb). La fertilización inicial del cultivo se realizó considerando análisis de suelo.

El manejo del cultivo fue el habitual realizado por los agricultores de la zona, y consideró el control químico con plaguicidas especialmente recomendado para las enfermedades botrytis (agente causal *Botrytis cinerea*), oidio (agente causal *Podosphaera aphanis*) y viruela (agente causal *Mycosphaerella Fragariae*) como para insectos (pulgonos) y arañas.

4.2.2. Resultados Evaluaciones Unidades Demostrativas Establecidas en 2011-2012

4.2.2.1. Rendimiento

Los resultados de rendimiento de frutos despezonado, para congelado (figura 14), para los meses de febrero a abril de 2013 en los diferentes tratamientos y localidades, que aproximadamente equivalen a un 30 % del rendimiento total del cultivo y al fin del ciclo de cosecha del primer año de producción, variaron entre 18.383 y 28.045 kg·ha⁻¹. Se destaca que los valores de rendimiento obtenidos en el mes de febrero fueron superiores en todas las localidades a los alcanzados en marzo o abril de 2013, lo que refleja el normal comportamiento del cultivo que concentra la mayor producción en los meses de octubre a enero.

El rendimiento de las parcelas testigo (sin tratamiento de suelo) en la Unidad Demostrativa Santa Domitila fue inferior a aquellas con tratamiento, lo que confirma la importancia de controlar los patógenos de suelo causantes de enfermedades que afectan directamente el rendimiento.

Las alternativas químicas al bromuro de metilo representaron en estas tres cosechas una opción viable a ser utilizada por los agricultores, siendo similar o mejor que este fumigante dependiendo de la localidad.



Figura 14. Fruto despezonado en el campo

El tratamiento de 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina tuvo valores diferentes dependiendo de la localidad, siendo mejor en la Unidad Demostrativa Tecnofrío Cautín, con un 20,5 % superior al rendimiento obtenido en la Unidad Demostrativa Costafrut .

El tratamiento de Metam Sodio tuvo valores diferentes dependiendo de la localidad, siendo mejor en la Unidad Demostrativa Costafrut, con un 5 % superior al rendimiento obtenido en la Unidad Demostrativa Santa Domitila y 30,8 % superior al valor obtenido en la Unidad Demostrativa Tecnofrío Cautín.

El rendimiento del testigo (sin aplicación de fumigantes) fue inferior al obtenido con los tratamientos de desinfección al suelo, a excepción del Metam Sodio en Tecnofrío Cautín, esto se explica probablemente por la condición de sombreado de las plantas por efecto de la presencia de Eucaliptus existentes en el

lugar.

Al analizar los rendimientos históricos entregados por el encargado de la Unidad Demostrativa Tecnofrío Cautín, para el periodo entre el octubre de 2012 a febrero de 2013, se puede señalar que los rendimientos obtenidos por los tratamientos alternativos fueron 17 % y 42 % inferiores al bromuro de metilo, para el 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina y el Metam Sodio, respectivamente.

Esto no concuerda con lo observado en las evaluaciones de febrero a abril de 2013, probablemente porque el mayor rendimiento se obtuvo en la primera fase de producción.

Los resultados de rendimiento para el segundo periodo de cosecha (noviembre y diciembre de 2013), estuvieron influidos por una fuerte helada ocurrida en el mes de septiembre que retrasó el periodo de cosecha concentrándolo solo en dos meses.

En la Figura 15, se señalan los valores de rendimiento obtenidos por los diferentes tratamientos en las distintas Unidades Demostrativas. Se observó que la alternativa de 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina fue la que obtuvo el valor más alto en la Unidad Demostrativa Tecnofrío Cautín, mientras que en la Unidad Demostrativa Costafrut los valores mayores se obtuvieron por el Metam Sodio con $20.126 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; mientras que en la Unidad Demostrativa Santa Domitila este valor llegó solo a $4.331 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

La gran variación en los rendimientos alcanzados con el mismo producto puede ser causado por la condición inicial del cultivo al comenzar su segundo año productivo, la intensidad de los daños causados por las heladas ocurridas en septiembre de 2013, sumado a las condiciones de manejo y localidad. Cabe señalar, que el productor de Santa Domitila eliminó las plantas del tratamiento sin desinfección de suelo, debido a que ellas se encontraban muy dañadas por *Fusarium* spp. Esto demuestra que la desinfección del suelo, es fundamental para tener un cultivo de frutilla rentable por más de un año. También debe señalarse que en la Unidad Demostrativa Costafrut, el agricultor hizo un replante (reposición) en ambos tratamientos, debido a la muerte de plantas.

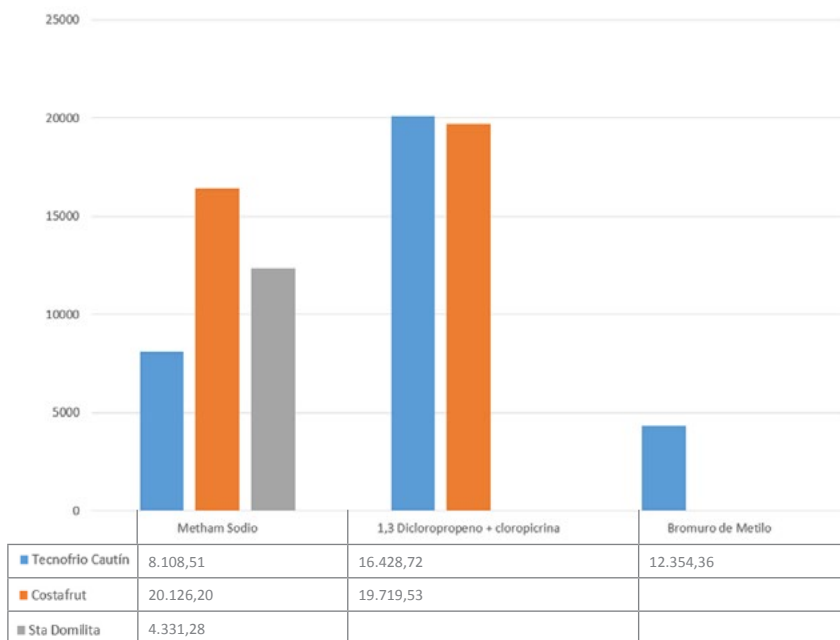


Figura 15. Rendimiento total para los meses de noviembre y diciembre de 2013 en tres Unidades Demostrativas con diferentes tratamientos de desinfección al suelo
Fuente: MMA y ONUDI, 2014. Informe final Proyecto Terminal para la Eliminación del Bromuro de Metilo, Componente Frutilla.

4.2.2.2. Calidad Comercial

La calidad comercial fue evaluada por el tamaño de los frutos, donde los calibres promedio para los meses de febrero a abril de 2013, variaron entre las localidades y los tratamientos, con valores que fluctuaron entre 69,91 y 83,59 frutos/kilos. Se observó que en promedio los frutos de la Unidad Demostrativa Tecnofrío Cautín presentaron un tamaño menor a la de los otros tratamientos. En el caso de la Unidad Demostrativa Santa Domitila, donde existió un tratamiento testigo (sin aplicación de fumigantes al suelo), se obtuvo menor calibre de frutos en relación al tratamiento alternativo de Metam Sodio (Cuadro 14).

Cuadro 14. Calibres promedio de fruta (Nº frutos/kilos) para diferentes tratamientos y Unidades Demostrativas para primer ciclo de cosecha, febrero y abril de 2013.

Unidades Demostrativas	Tratamiento	Promedio Nº frutos/kilo
Costafrut	Metam Sodio	70,78
	1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina	70,63
Tecnofrío Cautín	Metam Sodio	83,59
	1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina	69,91
	Bromuro de Metilo	72,15
Santa Domitila	Metam Sodio	71,80
	Testigo (sin aplicación fumigantes)	75,42

Fuente: MMA y ONUDI, 2014. Informe final "Proyecto Terminal para la Eliminación del Bromuro de Metilo (BrMe)" Componente Frutilla.

Con respecto al calibre, éste parámetro no es relevante en los casos de fruto para congelado, sí lo es, para frutos de mercado fresco, sin embargo fue evaluado para descartar la influencia de los tratamientos.

El calibre de frutos para el segundo periodo de cosecha (noviembre - diciembre 2013), se observa en el Cuadro 15, donde se destaca el valor comparado con lo obtenido en los meses de febrero a abril de 2013, la única diferencia ocurrió en Costafrut, y eso se explica probablemente por las nuevas plantas que repuso el agricultor.

Cuadro 15. Calibres promedio de fruta (Nº frutos/kilo) para el segundo ciclo de cosecha en diferentes tratamientos y Unidades Demostrativas entre noviembre y diciembre de 2013.

Unidades Demostrativas	Tratamiento	Promedio Nº frutos/kg
Costafrut	Metam Sodio	82,25
	1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina	81,33
Tecnofrío Cautín	Metam Sodio	136,54
	1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina	114,75
	Bromuro de Metilo	115,25
Santa Domitila	Metam Sodio	139,9

Fuente: MMA y ONUDI, 2014. Informe final "Proyecto Terminal para la Eliminación del Bromuro de Metilo (BrMe)" Componente Frutilla.

Con respecto a otras de las evaluaciones de calidad de frutos, como es el contenido de sólidos solubles, los valores encontrados fluctuaron entre 5,5 y 10 °Brix, que son considerados adecuados para fruta destinada al mercado de congelados y agroindustria (Cuadros 16 y 17).

Cuadro 16. Sólidos solubles (°Brix) promedio (febrero-abril 2013) para frutos de frutilla en distintos tratamientos de fumigación al suelo y Unidades Demostrativas.

Unidades Demostrativas	Tratamientos	Sólidos solubles (°Brix)
Costafrut	Metam Sodio	8,95
	1,3 Dicloropropeno+Cloropicrina	8,82
Tecnofrío Cautín	Metam Sodio	10,00
	1,3 Dicloropropeno+Cloropicrina	9,65
	Bromuro de Metilo	9,47
Santa Domitila	Metam Sodio	7,89
	Testigo (sin aplicación de fumigantes)	7,96

Fuente: MMA y ONUDI, 2014. Informe final "Proyecto Terminal para la Eliminación del Bromuro de Metilo (BrMe)" Componente Frutilla.

Cuadro 17. Sólidos solubles (°Brix) promedio (noviembre-diciembre 2013) para frutos de frutilla en distintos tratamientos de fumigación al suelo y Unidades Demostrativas.

Unidades Demostrativas	Tratamiento	Sólidos solubles frutos (°Brix)
Costafrut	Metam Sodio	8,4
	1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina	8,4
Tecnofrío Cautín	Metam Sodio	7,8
	1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina	7,5
	Bromuro de Metilo	7,5
Santa Domitila	Metam Sodio	5,5

Fuente: MMA y ONUDI, 2014. Informe final "Proyecto Terminal para la Eliminación del Bromuro de Metilo (BrMe)" Componente Frutilla.

4.2.3. Estado Sanitario

Durante la temporada se encontraron plantas afectadas por enfermedades con síntomas en raíces y corona, causado por el hongo *Fusarium oxysporum* y en menor grado *Rhizoctonia solani* y *Phytophthora* spp. También se observó un pequeño porcentaje de plantas afectadas por enfermedades foliares como son viruela y botrytis.

4.2.4. Crecimiento Plantas

La determinación de materia seca es un indicador del crecimiento de las plantas. Se destaca que los valores alcanzados en este parámetro presentaron la misma tendencia que los alcanzados en los rendimientos. Es así, que en la Unidad Demostrativa Costafrut el tratamiento con Metam Sodio fue el que alcanzó un mayor peso seco total, con valores de 58,8 gramos/planta, mientras que en la Unidad Demostrativa Tecnofrío Cautín, esto se logró con el 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina con peso seco total 52,13 gramos/planta.

4.2.5. Conclusiones Unidades Demostrativas Establecidas en 2011-2012.

Aunque los resultados de las evaluaciones realizadas en las Unidades Demostrativas establecidas en 2011-2012, fueron realizadas después de un año de haber sido aplicados los tratamientos y solo contemplaron el último tercio del ciclo anual del cultivo, permitieron concluir que:

- Los tratamientos de fumigantes alternativos al bromuro de metilo (1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina y Metam Sodio) presentaron rendimientos dentro de los rangos adecuados para la época evaluada (fin del periodo de cosecha), con valores usuales que representan alrededor del 30 % de la cosecha total. En ambos tratamientos alternativos al uso del bromuro de metilo evaluados, los valores de rendimiento alcanzados difirieron dependiendo de la localidad. Esto como consecuencia de las condiciones ambientales, prácticas de manejo, calidad de la fumigación, condición sanitaria de las plántulas al momento del establecimiento, entre otras causales.
- En el caso del testigo sin tratamiento (Unidad Demostrativa Santa Domitila), el rendimiento obtenido fue inferior al obtenido con Metam Sodio, lo que confirma la importancia de controlar los patógenos del

suelo.

- No se presentaron mayores diferencias en el contenido de sólidos solubles (°Brix) entre los diferentes tratamientos y localidades, esto implica que esta variable no es afectada por los tratamientos de suelo,
- El patógeno encontrado con mayor frecuencia en las plantas afectadas con síntomas de marchitez, necrosis y amarillez, fue *Fusarium oxysporum* probablemente fsp *Fragariae*.
- Los fumigantes Metam Sodio y 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina son alternativas viables para el control de organismos de suelo y pueden ser recomendados para ser implementados por los productores de frutilla en reemplazo del bromuro de metilo.

4.2.6. Unidades Demostrativas Establecidas en 2013

A continuación se detallan las actividades implementadas en las Unidades Demostrativas establecidas el año 2013, en las localidades de Santo Domingo (Región de Valparaíso) y Hualañé (Región del Maule).

En las Unidades Demostrativas La Huerta Sur (Hualañé) y Agrícola Huertos Chile (Santo Domingo) el cultivo de frutilla se estableció en el mes de abril y mayo de 2013 respectivamente, con las variedades 'Camarosa' de Agrícola LLahuén y 'Sabrina' de la empresa Planasa.

En ambas Unidades Demostrativas, previo al establecimiento del cultivo, se realizaron las siguientes actividades:

- Preparación del suelo.
- Riego por aspersión continuo (Huertos Chile) y tendido (La Huerta Sur).
- Toma de muestra para análisis de nematodos y fitopatológico previo al establecimiento de los tratamientos y una vez finalizado.
- Visita técnica con especialistas de las empresas encargadas de la aplicación de fumigantes 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina y Metam Sodio, para evaluar las condiciones de aplicación.
- Instalación de sistema de riego, confección de camellones e instalación de cobertura plástica.
- Aplicación supervisada de los tratamientos por la empresa técnica responsable de cada fumigante.
- Ventilación.

- Prueba de fitotoxicidad en lechugas. Esta actividad es relevante para determinar la ausencia de gases tóxicos luego de finalizado el periodo de acción de los productos en el suelo, que puedan afectar la plantación de las plantas de frutilla. Para ello se tomó una muestra de suelo donde se habían aplicado los productos, colocándose en recipientes plásticos, donde se siembra semillas de lechuga, éstas se deben dejar germinar a temperatura ambiente. Al cabo de 7 días se debe observar la germinación (Figura 16). Si no hay germinación o es deficiente debe ventilarse por un periodo mayor.



Figura 16. Resultados de germinación y estado de plantas de lechuga a los 7 días

Previo a la plantación se desinfectaron las plantas, para ello se utilizaron en ambas Unidades Demostrativas una mezcla de los ingredientes activos Fosetil Aluminio, Azoxystrobin y Cyprodinil/Fludioxonil, aplicados vía inmersión. Los fungicidas se disolvieron en agua y las plantas fueron sumergidas en esta solución por 10 minutos, luego se escurrió el líquido por el mismo tiempo, para posteriormente plantarlas en el terreno (Figura 17). Cabe señalar, que se analizaron estas plantas antes y después de la desinfección para determinar su estado sanitario con respecto a hongos que afectan las raíces y coronas.



Figura 17. Desinfección de plantas previo a la plantación

4.2.6.1. Establecimiento Unidad Demostrativa Huertos Chile, Santo Domingo

- **Verificación de las condiciones previo a la aplicación de tratamientos.**

Durante el mes de abril de 2013 se aplicaron por las empresas autorizadas los productos Agrocelhone (1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina) y Raisan (Metam Sodio). La superficie de aplicación en ambos casos fue de aproximadamente 2.000 m², en 18 mesas.

Previo al establecimiento de los tratamientos y durante el proceso se aseguró de las condiciones de humedad de suelo óptimas, del buen funcionamiento del sistema de riego, que la postura de los plásticos sobre los camellones se encontrara perfectamente sellada para evitar la pérdida del producto, entre otras acciones.

- **Antecedentes Aplicación de 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina (Agrocelhone):**

- Fecha de aplicación: 25 de abril de 2013.
- Empresa: Fusetec.
- Dosis producto usado: 40 g⁻¹ lineal.
- Cantidad total de producto: 62 kg.
- Superficie efectiva de control: 2000 m²; 1.530 m lineales
- Dimensiones de los camellones:
 - o Distancia entre camellones 1,30 m
 - o Ancho camellones: 50 cm ancho.
- Tiempo y/o flujo de inyección o aplicación en función de su superficie aplicada: 75 minutos.
- Caudal de mojamiento 5 l s⁻¹, con un volumen total de solución de 9,6 m³
- Temperatura de aplicación: A 10 cm de profundidad: 17,9 °C; a 20 cm de profundidad 16,0 °C.
- Requerimientos del producto: temperaturas superiores a 14 °C.

- **Antecedente Aplicación de Metam Sodio (Raisan):**

- Fecha de aplicación: 26 de abril de 2013.
- Empresa responsable de la aplicación: Terramaster.
- Dosis producto usado: 120 cm³m⁻².
- Cantidad total de producto: 225 litros.
- Superficie efectiva de control: 1.872 m², 1,440 m lineales
- Dimensiones de los camellones:
 - o Distancia entre camellones 1,30 m
 - o Ancho camellones: 50 cm ancho
- Tiempo de aplicación en función de superficie aplicada: 60 minutos.
- Caudal de mojamiento 5 l s⁻¹, con un volumen total de solución de 7,2 m³.

- **Periodo de Fumigación y Ventilación de Camellones**

Los tiempos de fumigación y ventilación de los productos fueron los establecidos en las etiquetas de los plaguicidas (fumigantes) autorizados por el SAG. Para

1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina se dejó actuar por un periodo de 10 días para luego perforar el plástico y dejar ventilar hasta completar 25 días después de la aplicación. Para Metam Sodio, se dejó actuar el producto por 15 días, pasado este plazo, se perforó el plástico y se dejó ventilar por 3 días.

- **Medidas de Seguridad a Considerar Post Aplicación de Productos.**

Las recomendaciones de medidas de seguridad que se deben tener sobre estas aplicaciones son las siguientes:

- Delimitar claramente el área de aplicación con una bandera roja, para evitar el ingreso de personas,
- Prohibir el ingreso de personas hasta que se complete el periodo de ventilación del sector aplicado,
- Al momento de ventilar los camellones, el personal debe utilizar herramientas limpias y equipos de protección personal: guantes, máscara, botas y traje apropiado,
- Al ventilar los camellones, esta labor debe ser realizada avanzando en sentido contrario a la dirección del viento, de manera de evitar que los gases que se liberen lleguen a los operarios,
- Tomar medidas para evitar ingreso de animales para asegurar el adecuado sellado del suelo con el plástico, ya que la ruptura del plástico producirá pérdida de efectividad de los tratamientos y riesgos para la seguridad de su personal. Por lo anterior, daños producidos por animales deberán ser parchados. El personal que realice esta labor deberá usar equipos de protección personal.

4.2.6.2. Establecimiento Unidad Demostrativa La Huerta Sur de Hualañé

- **Verificación condiciones previo a la aplicación de tratamientos**

Al igual que lo mencionado anteriormente deben verificarse las condiciones en que se encontraba el suelo. Además de que los camellones y los sistemas de riego, fueran óptimo para garantizar un buen efecto de los productos.

- **Antecedente Aplicación de Metam Sodio (Raisan):**

- Fecha de aplicación: 13 de marzo de 2013.

- Empresa Responsable aplicación: Terramaster.
 - Dosis producto usado: $120 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-2}$.
 - Cantidad total de producto: 175 litros.
 - Superficie efectiva de control: 1.365 m^2 .
 - Dimensiones de los camellones:
 - o Distancia entre camellones 1,30 m
 - o Ancho camellones: 50 cm ancho.
 - Tiempo y/o flujo de inyección o aplicación en función de superficie aplicada: 140 cc/minutos.
 - Caudal de mojamamiento 5 l s^{-1} , con un volumen total de $11,4 \text{ m}^3$ de solución.
 - El producto se dejó actuar por 15 días, pasado este plazo se perforó el plástico y ventiló por tres días.

- **Antecedentes Aplicación 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina (Agrocelhone):**
 - Fecha de aplicación: 14 de marzo de 2013.
 - Empresa: Fusetec.
 - Dosis producto usado: 40 g/m lineal.
 - Cantidad total de producto: 78 kg.
 - Superficie efectiva de control: 1.463 m^2 ; 1950 m. lineales
 - Dimensiones de los camellones:
 - o Distancia entre camellones 1,30 m
 - o Ancho camellones: 50 cm ancho.
 - Tiempo y/o flujo de inyección o aplicación en función de superficie aplicada: 90 minutos.
 - Caudal de mojamamiento 5 l s^{-1} , con un volumen total de $14,6 \text{ m}^3$ de solución
 - Temperatura de aplicación: A 10 cm de profundidad: $14,5 \text{ }^\circ\text{C}$; a 30 cm de profundidad $19,8 \text{ }^\circ\text{C}$. Requerimientos del producto: temperaturas superiores a $14 \text{ }^\circ\text{C}$.
 - El producto se dejó actuar por 10 días, pasado el plazo, se perforó el plástico y dejó ventilar por 15 días antes de plantar.

4.2.6.3. Evaluaciones Fitosanitarias al Suelo y Plantas Unidades Demostrativas establecidas el año 2013.

El análisis fitopatológico realizado al suelo, antes de la aplicación de los tratamientos, reflejó la presencia de hongos de los géneros *Fusarium*, *Rhizoctonia* y *Phytophthora*, como también del antagonista de patógenos de suelo, el hongo *Trichoderma* en el 100 % de las muestras.

Luego de la aplicación de fumigantes al suelo, se pudo constatar que los tratamientos no tuvieron los resultados esperados con respecto a la reducción de los hongos, es decir no se logró reducir las poblaciones de hongos presentes en el suelo en su totalidad. Sin embargo, en el testigo sin aplicación se observó un aumento del porcentaje de todos los hongos mencionados anteriormente. Por otra parte, *Rhizoctonia* spp. fue el hongo que mostró una mayor susceptibilidad a los tratamientos. El hongo que presentó una menor susceptibilidad a los tratamientos de fumigación fue *Fusarium* spp., el que no fue controlado con aplicaciones de Metam Sodio, permaneciendo poblaciones similares o superiores. En la Unidad Demostrativa Huertos Chile el efecto de control fue mejor para el hongo *Phytophthora*. El deficiente efecto de los fumigantes, podría deberse a una mala distribución de los productos en el suelo.

- **Sanidad de plantas**

El análisis de las plantas provenientes de viveros establecidos en el país dejó de manifiesto la existencia de problemas de calidad fitosanitaria, lo que deriva en la importancia de realizar un control químico con fungicidas para disminuir la carga de patógenos en ellas, en especial por la presencia del hongo *Fusarium* spp. tanto en raíces y coronas. Según los resultados del análisis fitopatológico se observó que el 100 % de las plantas analizadas (5 plantas) antes de la desinfección presentaba contaminación por el hongo *Fusarium* spp. con 93 % de severidad en corona y 86,6 % en raíces.

Esta situación mejoró en forma importante al desinfectar las raíces con la mezcla de fungicidas recomendados, ya que en este caso, la presencia de especies de *Fusarium* en raíces fue de 40 %, con un 8 % de severidad, mientras que en las coronas estos valores llegaron a un 80 %, con 36 % respectivamente. No se observó un 100 % de disminución del hongo en las plantas, lo cual puede deberse a que el muestreo fue inmediatamente después de la aplicación del producto, sin que se diera el tiempo necesario de acción de los fungicidas.

Los resultados para los análisis de nematodos, reflejaron que los suelos se encontraban con bajas poblaciones de especies patógenas, eliminándose totalmente luego de las fumigaciones y solo permanecieron nematodos no parásitos, salvo en el suelo sin aplicación de fumigantes donde las poblaciones existentes permanecieron iguales o aumentaron.

- **Malezas**

El análisis de malezas realizado en la Unidad Demostrativa La Huerta Sur, 60 días después de la plantación (se observa en la Figura 18), permitió identificar las malezas presentes y se determinó la materia seca. Las principales malezas presentes fueron Chufa (*Cyperus esculentus* L.), Correhuela (*Convolvulus arvensis* L.), Chépica (*Paspalum dilatatum* Poit), Diente de León (*Taraxacum officinalis*) y Romacilla (*Rumex acetosella*) (Cuadro 18). Es importante indicar que en todos los tratamientos predominaron las malezas perennes, por otra parte el tratamiento testigo fue el que presentó una mayor diversidad de especies, mientras el 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina tuvo un buen control de malezas anuales y perennes a excepción de chufa, que se presentó en abundancia.



Figura 18. Malezas presentes en los tratamientos Unidad Demostrativa La Huerta Sur Hualañé, junio 2013

Cuadro 18. Malezas presentes por cada tratamiento en 1m², Unidad Demostrativa La Huerta Sur.

Tratamientos	Tipo de malezas presentes /Repetición		
	1	2	3
Metam Sodio	Chufa (<i>Cyperus esculentus</i> L.)	Correhuela (<i>Convolvulus arvensis</i> L.), Chépica (<i>Paspalum dilatatum</i> Poir)	Chépica (<i>Paspalum dilatatum</i> Poir)
1,3-Dicloroprope- no + Cloropicrina	Chufa (<i>Cyperus esculentus</i> L.)	Chufa (<i>Cyperus esculentus</i> L.)	Chufa (<i>Cyperus esculentus</i> L.)
Testigo (sin control)	Correhuela (<i>Convolvulus arvensis</i> L.), Romacilla (<i>Rumex acetosella</i>), Diente de León (<i>Taraxacum officinalis</i>), Chépica (<i>Paspalum dilatatum</i> Poir)	Correhuela (<i>Convolvulus arvensis</i> L.), Diente de león (<i>Taraxacum officinalis</i>)	Diente de León (<i>Taraxacum officinalis</i>), Chufa (<i>Cyperus esculentus</i> L.) y Chépica (<i>Paspalum dilatatum</i> Poir)

Fuente: MMA y ONUDI, 2014. Informe final "Proyecto Terminal para la Eliminación del Bromuro de Metilo (BrMe)" Componente Frutilla.

En relación al peso fresco y materia seca de malezas en cada tratamiento, no se encontraron diferencias entre los tratamientos.

Los resultados de la presencia de malezas en la Unidad Demostrativa Huertos Chile, de Santo Domingo, 60 y 90 días después de la plantación, reflejaron ausencia de malezas en todos los tratamientos (Figura 19).



Figura 19. Muestreo de malezas en superficie de 0,16 m², Unidad Demostrativa Huertos Chile, julio 2013.

- **Condición Sanitaria Plantas Frutilla**

En la Unidad Demostrativa La Huerta Sur, se observó que tanto las plantas con síntomas de marchitez, hojas secas y necrosis de corona Figura 20 o de apariencia sana, indicaron presencia de *Fusarium* spp. en porcentajes que variaron entre 50 y 100 % de los tejidos analizados, lo que representó el alto grado de infección por planta, independiente de su sintomatología externa. Esto debido probablemente al mal manejo que se llevó en esta Unidad Demostrativa, que estuvo relacionado a falta de riego y fertilización.



Figura 20: Necrosis característica en corona causada por *Fusarium* spp.

En el caso de la Unidad Demostrativa Huertos Chile, a diferencia de La Huerta Sur, el agricultor realizó un buen manejo del cultivo con respecto a riego y fertilización, condición que permitió que las plantas no estuvieran estresadas y con ello se logró una mejor expresión del efecto de los tratamientos sobre los patógenos del suelo y de las plantas. En cuanto a la incidencia de enfermedades radiculares (nematodos u hongos) y de malezas, no se observaron problemas importantes en las plantas de ninguno de los tratamientos, solo algunas plantas con síntomas de viruela y algunos frutos con botrytis. En la Figura 21, se señala una vista del cultivo en el mes de febrero 2014.



Figura 21. Vista del cultivo Unidad Demostrativa Huertos Chile, Santo Domingo, febrero 2014.

4.2.6.4. Resultados Unidad Demostrativa La Huerta Sur de Hualañé

- **Rendimiento**

En la Unidad Demostrativa La Huerta Sur de Hualañé se obtuvo el pick de producción de fruto en el mes de diciembre 2013, con un incremento respecto al mes de noviembre 2013 y con disminución de aproximadamente un 36 % del tamaño de los frutos. Lo anterior se atribuye a condiciones ambientales de invierno y primavera (heladas y frío).

En cuanto a la situación del cultivo, cabe señalar que en el mes de septiembre 2013 ocurrió una helada que dañó severamente las plantas, posteriormente a este hecho, se observaron deficiencias en el manejo agronómico del cultivo, esto se tradujo en un menor rendimiento del esperado, para un cultivo de primer año. Estas deficiencias se relacionan con problemas en la frecuencia de riego,

falta de poda de follaje dañado, ausencia de control de malezas entre hilera y probablemente deficiencias en la fertilización.

Se observó que los mejores rendimientos se obtuvieron en las parcelas tratadas con 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina con valores de 15.022,3 kg·ha⁻¹.

Finalmente, se debe señalar que al comparar las plantas con desinfección de raíces al momento del trasplante, en el caso del 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina presentaron un mejor resultado que las sin aplicación (33,3 % superior), sin diferencias de importancia en el caso de Metam Sodio (12 % inferior).

- **Calidad de fruta**

Los resultados para calibres de fruta obtenidos entre los meses de noviembre 2013 a enero de 2014, destacan que en ambos tratamientos de 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina y Metam Sodio, fue donde se obtuvieron los frutos más grandes, especialmente en noviembre y diciembre de 2013.

Por otra parte, los valores de sólidos solubles (°Brix) para la temporada variaron entre 8,4 y 13,2 °Brix, lo que representa valores adecuados de fruta para congelado. En el mes de enero de 2014 se presentaron los valores más altos.

- **Desarrollo del cultivo**

Los resultados para materia seca de plantas indicaron que 1,3 -Dicloropropeno + Cloropicrina tuvieron mayores valores de materia seca (gramos/planta), lo que coincide con los mayores rendimientos obtenidos en este tratamiento en plantas con desinfección de raíces.

El efecto más claro de los fumigantes al suelo se observó en las plantas que no tuvieron tratamiento previo de raíces. De esta manera, el 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina y el Metam Sodio lograron un peso seco total de un 29,3 y 20,1 % superior al testigo sin control.

En cuanto al efecto de la desinfección de plantas, sobre el crecimiento de las plantas, se pudo observar que en los testigos sin tratamientos al suelo, las plantas que recibieron la desinfección de raíces previo a la plantación lograron un crecimiento 52% superior que las plantas sin desinfectar, esto demuestra la importancia de complementar el tratamiento de suelo con la desinfección de plantas al momento de la plantación.

En base a los resultados anteriores, se puede afirmar respecto al crecimiento de las plantas que:

- Existe un efecto positivo con la desinfección del suelo y que

en las condiciones de la Unidad Demostrativa La Huerta Sur de Hualañé, el mejor resultado, tanto en crecimiento de las plantas como en su rendimiento se logró con el 1,3-Dicloro propeno + Cloropicrina,

- La desinfección de raíces (inmersión con fungicidas) produjo un efecto positivo en el crecimiento de las plantas,
- Los mejores resultados se obtuvieron al combinar la desinfección de las raíces de las plantas previo al trasplante, con tratamiento de fumigantes del suelo, en este caso con 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina.

4.2.6.5. Resultados Unidad Demostrativa Huertos Chile, Santo Domingo

• Rendimiento

En relación a los rendimientos, se debe destacar que la mejor alternativa al bromuro de metilo fue Metam Sodio, con sólo un 8,7 % menos de producción, mientras que el tratamiento de 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina obtuvo un valor 25 % inferior al mismo producto.

El rendimiento de las plantas que no recibieron desinfección de la corona al momento de la plantación se observó inferiores respecto de las parcelas donde las plantas tuvieron desinfección, siendo un:

30 % inferior para Bromuro de Metilo,
13,5 % para 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina y,
33 % para Metam Sodio.

Sin embargo, en los casos sin desinfección de plantas se encontró que los rendimientos de las parcelas tratadas con 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina tuvieron un 7,6 % menos de producción, mientras Metam Sodio tuvo un 12 % menos que el bromuro de metilo.

• Calidad de frutos

En cuanto a este parámetro de calidad, no se observaron grandes diferencias con respecto al tamaño del fruto (número de frutos/kg) en los distintos tratamientos. Encontrándose valores de 43,3, 44,3 y 41,2 frutos/kg para Metam Sodio; 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina y bromuro de metilo respectivamente.

Los valores de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) no variaron significativamente en la temporada, encontrándose variación promedio para los distintos tratamientos de 9,6; 9,4 y 8,9 $^{\circ}$ Brix para los frutos de los tratamientos de Metam Sodio; 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina y bromuro de metilo respectivamente.

- **Crecimiento**

Los valores de materia seca, obtenidos una vez finalizada la cosecha en el mes de marzo de 2014, para los distintos tratamientos en plantas con y sin desinfección de coronas al momento del trasplante, indicaron que los mayores valores de peso seco de follaje, raíces y total, fueron obtenidos en aquellas plantas que se desinfectaron antes de la plantación, siendo este factor relevante a ser considerado para mejorar la eficiencia de rendimiento de las plantas.

4.2.7. Conclusiones Unidades Demostrativas Establecidas en 2013.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las Unidades Demostrativas La Huerta Sur de Hualañé y Huertos Chile de Santo Domingo, durante la primera temporada de cosecha, se pudo concluir que:

- a. la desinfección de suelo con Metam Sodio o 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina fueron una alternativas viables de aplicar en reemplazo del bromuro de metilo, obteniendo mejores resultados en la Unidad Demostrativa Huertos Chile con el Metam Sodio ($45.545 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) comparado con $37.404 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para el 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina, mientras que en la Unidad Demostrativa La Huerta Sur, los valores fueron superiores para el 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina con $15.022 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ comparado con $11.565 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para el Metam Sodio. La efectividad de los tratamientos alternativos al bromuro de metilo, dependerá de las condiciones adecuadas de aplicación y del manejo agronómico del cultivo.
- b. se puede afirmar, que los tratamientos con las alternativas químicas al bromuro de metilo evaluadas no afectaron la calidad de los frutos (número de frutos/kg o contenido de sólidos solubles), y por tanto, alteraciones en estas variables podrían ser consecuencia del efecto de otros aspectos del manejo (ej: fertilización, riego o nutrición) no evaluados en las UD.

4.3. Alternativas No Químicas: Biofumigación y Biosolarización

Para efectos del proyecto, las técnicas no químicas implementadas en las Unidades Demostrativas y que fueron evaluadas en frutillas, fueron la biofumigación y la biosolarización. En el capítulo 2 se señaló en detalle este tipo de desinfección de suelo y las características que involucra esta metodología.

4.3.1. Unidades Demostrativas Establecidas en 2013.

Para el diseño de las Unidades Demostrativas de biofumigación y biosolarización, se ajustaron los tratamientos a las características de manejo del cultivo de la frutilla, disponibilidad tecnológica de los agricultores y recursos locales, especialmente en lo que se refiere al tipo de guano a usar. Entre otros aspectos se consideró:

- La utilización como material vegetal verde de un cultivo de avena, que fue sembrado aproximadamente tres meses antes del establecimiento de los tratamientos, sobre un rastrojo de plantas de frutilla que había finalizado su segundo periodo productivo.
- Uso de guanos al cual tuvieran fácil acceso los agricultores. En el caso de la Unidad Demostrativa El Ermitaño, se utilizó guano de pollo y en la Unidad Demostrativa de Curanipe Alto una mezcla de guanos de pollo con caballo.
- Implementar los tratamientos en los camellones, aprovechando las labores de establecimiento de cultivo, tradicionalmente usadas por los agricultores (labores de confección de camellones, material plástico y cintas de riego).

4.3.2. Manejo Técnico y Resultados Unidades Demostrativas de Biofumigación y Biosolarización en Frutilla.

Durante el año 2013, se establecieron dos Unidades Demostrativas con los tratamientos de biofumigación y biosolarización.

La primera se realizó en el predio El Ermitaño del agricultor, Sr. Pío Armijo, ubicada en el sector Leyda, comuna de San Antonio, Región de Valparaíso.

La segunda en el predio del Sr. Óscar Ayala, ubicada en Curanipe Alto, Cauquenes, Región del Maule. Las características y tratamientos utilizados en cada una de

estas Unidades Demostrativas se observan en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Características de Unidades Demostrativas de alternativas no químicas.

Unidad Demostrativa	Ubicación	Tratamiento	Material orgánico utilizado	Superficie intervenida (m ²)
El Ermitaño - Pio Armijo	Sector Leyda, San Antonio, Región de Valparaíso	Biofumigación	Rastrojo de avena Guano de pollo Plástico Negro	1.000
		Biosolarización	Rastrojo de avena Guano de pollo Plástico Transparente	1.000
Curanipe Alto -Oscar Ayala	Curanipe Alto, Cauquenes Región de Maule	Biofumigación	Rastrojo de avena + vicia Guano de pollo y vacuno Plástico Negro	2.000

Fuente: MMA y ONUDI, 2014. Informe final "Proyecto Terminal para la Eliminación del Bromuro de Metilo (BrMe)" Componente Frutilla.

4.3.2.1. Unidad Demostrativa El Ermitaño, San Antonio

En esta Unidad Demostrativa se evaluó el efecto de cubrir el suelo con plástico transparente (biosolarización) o con plástico negro (biofumigación).

- Características de los tratamientos

Esta Unidad Demostrativa fue establecida el 30 de noviembre de 2013. Previamente se tomó una muestra de suelo para análisis fitopatológico, nematológico y fertilidad.

Tanto para la biofumigación como para la biosolarización se procedió de la misma forma, diferenciándose ambos tratamientos en el color del mulch plástico utilizado. En el primer caso se usó un plástico negro y en el segundo uno transparente.

Se utilizó como pre-cultivo Avena establecida en el mes de agosto de 2013.

Por problemas de sequía y disponibilidad de agua, se obtuvo un cultivo que sólo produjo $2,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ de materia verde (en límite de aplicación). Material que fue cortado en estado de grano lechoso y picado mediante rastrajes, sobre suelo seco, luego se pasó arado cincel, con labores en ambos sentidos. Posteriormente se procedió a repartir el guano en forma homogénea con un carro distribuidor sobre el rastrojo de avena picado, para luego incorporarlo mediante rastrajes. Se usó guano de pollo fresco en una cantidad de $20 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, con una relación C/N: 12,3 (Cuadro 20).

Cuadro 20. Resultado de análisis de guano de pollo utilizado en El Ermitaño

Análisis	Unidad	Guano de pollo
N	%	2,03
C	%	25,11
C/N	-	12,36

Una vez incorporado el material orgánico se procedió a confeccionar los camellones, con una máquina alomadora, postura de la cinta de riego y finalmente los plásticos negros y transparentes en forma manual.

Cubierto el suelo con los distintos plásticos, y verificado que existiera un buen sellado, se aplicó un riego a saturación, hasta obtener el completo mojado del perfil de suelo. De esta manera, se aseguró una condición de anaerobiosis para el inicio del proceso de biofumigación.

- **Resultados Unidad Demostrativa El Ermitaño, San Antonio**

Se determinó la temperatura de suelo a los 10 cm de profundidad, presentándose mayor temperatura en los surcos con plástico transparente de 4 a 5 °C superior en comparación con el plástico negro, se observó además, en los tratamientos con plástico negro, un alto grado de descomposición de la paja de avena, con textura, color y aroma característico de compost maduro. En el caso de los tratamientos con mulch transparente, si bien existía un alto grado de descomposición de materia orgánica, la superficie del camellón se encontraba seca y levemente compactada.

- **Efecto de Tratamientos en el Control de Malezas**

Se observó un mejor efecto de control de malezas en el tratamientos de biofumigación (plástico negro) que en biosolarización (transparente). Es así, que en los primeros no se observaron malezas, mientras que en los tratamientos de biosolarización se encontró presencia de verdolaga (*Portulaca oleracea*) sólo en la base del camellón y la entre hilera (Figura 22). Las malezas bajo el plástico transparente estaban cloróticas. Es importante señalar que los camellones de plástico negro mantuvieron la humedad del suelo por todo el periodo, no así los de plástico transparente.



Figura 22: Presencia de abundante cantidad de maleza Verdolaga en mesas con tratamientos de biosolarización. El Ermitaño, 10 de febrero, 2014.

- **Efecto Tratamientos Biofumigación y Biosolarización en Fertilidad del Suelo**

Los niveles de fertilidad del suelo antes y después del tratamiento, se señalan en el Cuadro 21, se destacan bajos niveles iniciales para Potasio, Boro y Calcio (K, B y Ca).

Cabe señalar, que los niveles de materia orgánica aumentaron luego de los tratamientos como también el contenido de los macro y micro elementos (Cuadro 21).

Cuadro 21. Resultados de análisis de fertilidad de suelo, Unidad Demostrativa El Ermitaño antes y después de la Biofumigación.

Análisis	Unidad	Rango adecuados	Valores análisis suelo antes de biofumigación o biosolarización	Valores análisis suelo después de la biosolarización	Valores análisis suelo después de la biofumigación
Propiedades Químicas					
pH susp	-	-	6,46	6,40	6,18
CE susp	mS·cm ⁻¹	<0,5	0,24	0,47	0,57
M.O	%	-	1,43	1,97	2,39
Nutrientes disponibles					
N	mg·kg ⁻¹	-	33	151	145
P Olsen	mg·kg ⁻¹	20-40	40	64 (alto)	113 (alto)
K	mg·kg ⁻¹	150-300	126 (deficiente)	194	281
Cu	mg·kg ⁻¹	0,6-11	5,9	6,58	5,77
Fe	mg·kg ⁻¹	>4,5	122	55,8	90,2
Mn	mg·kg ⁻¹	>1,0	45,5	47,8	21,4
Zn	mg·kg ⁻¹	>1,0	3,79	4,38	6,70
B	mg·kg ⁻¹	1,00-1,50	0,70 (deficiente)	0,59 (deficiente)	0,69 (deficiente)
S	mg·kg ⁻¹	>9	9,0	8,9	7,8 (deficiente)
Intercambiables					
Ca	meq/100 g	>6,0	5,33 (deficiente)	6,96	6,97
Mg	meq/100 g	>0,8	2,50	3,01	3,34
K	meq/100 g	>0,4	0,32 (deficiente)	0,50	0,72
Na	meq/100 g	<1,0	0,39	0,40	0,35

Fuente: MMA y ONUDI, 2014. Informe final "Proyecto Terminal para la Eliminación del Bromuro de Metilo (BrMe)" Componente Frutilla.

- **Efecto Tratamiento sobre Patógenos del Suelo**

El suelo se encontraba libre de nematodos fitoparásitos antes de la biofumigación (Cuadro 22), pero con presencia de hongos fitopatógenos como *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp. y *Phytophthora* spp.. Una vez efectuados los tratamientos,

se nota una baja en la población para los hongos *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia* spp. (Cuadro 23).

Cuadro 22. Población de nematodos antes y después de los tratamientos. Unidad Demos-
trativa El Ermitaño 2013-2014.

Tratamientos	Presencia de nematodos en muestras de suelo (N° de ejemplares/250 cm ³ de suelo)		
	<i>Pratylenchus</i> sp.	<i>Helicotylenchus</i> sp.	Nematodos no fitoparásitos
Situación inicial	5	-	1.400
Biofumigación (plástico negro)	-	-	1.000
Biosolarización (plástico transpa- rente)	-	-	375

Fuente: MMA y ONUDI, 2014. Informe final "Proyecto Terminal para la Eliminación del Bromuro de Metilo (BrMe)" Componente Frutilla.

Cuadro 23. Resultado de análisis fitopatológico, El Ermitaño 2013-2014.

Tratamientos	Presencia de hongos en muestras de suelo antes y después del tratamiento (%)			
	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Rhizoctonia</i> <i>solani</i>	<i>Verticillium</i> sp.	<i>Phytophthora</i> sp.
Situación inicial	60	55	No detectado	40
Biofumigación plástico negro)	15	No detectado	65	48
Biosolarización (plástico transpa- rente)	25	No detectado	38	53

Fuente: MMA y ONUDI, 2014. Informe final "Proyecto Terminal para la Eliminación del Bromuro de Metilo (BrMe)" Componente Frutilla.

- **Resultados Plantación**

Si bien no fue el objetivo de este trabajo evaluar el efecto de los tratamientos en la plantación, en las Figuras 23 y 24 se pueden observar los resultados de la misma. La plantación se realizó el día 3 de marzo de 2014 con plantas de la variedad 'Albion' en doble hilera con 6 a 7 plantas /m lineal (Figura 23). En la Figura 24 se observa el buen desarrollo de las plantas al día 24 de marzo de 2014.



Figura 23. Vista de la plantación Unidad Demostrativa El Ermitaño, 4 de marzo de 2014.



Figura 24. Vista de la plantación, UD El Ermitaño 24 de marzo de 2014.

4.3.2.2. Unidad Demostrativa Curanipe Alto, Región del Maule

En esta Unidad Demostrativa solamente se utilizó plástico negro como cubierta de suelo. En la Figura 25 se observa una vista de los lomos al momento de implementado el tratamiento.



Figura 25. Vista de Unidad Demostrativa de Biofumigación. Curanipe Alto, diciembre 2013.

Esta Unidad Demostrativa fue establecida la tercera semana de diciembre de 2013, al igual que en la Unidad Demostrativa anterior se tomaron muestras de suelo para análisis fitopatológico, nematológico y fertilidad.

En esta Unidad Demostrativa se utilizó un cultivo de avena más vicia como material vegetal, la que alcanzó una altura de 1,5 m al momento de realizar la incorporación, lográndose $5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$. Para incorporarlo al suelo fue cortado con máquina desbrozadora en estado de grano lechoso de la avena y en floración de vicia. Para tener un picado más pequeño, se intentó picarlo con rastrajes, pero no fue posible, porque el agricultor regó el suelo, esta labor debe hacerse sobre suelo seco. Posteriormente, se procedió a repartir el guano en forma homogénea sobre el rastrojo picado de avena y vicia a través de rastraje. Producto de la alta humedad del suelo, al realizar estas labores, este quedó terronado, lo que afectó el resultado de los tratamientos.

Por problemas de disponibilidad guano, se usó una mezcla equivalente a $15 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ compuesta por guano de pollo (relación C/N 10,5) más guano de caballo (relación C/N de 16,4) (Cuadro 24).

Cuadro 24. Relación Carbono/Nitrógeno para guanos utilizados en la Unidad Demostrativa Biofumigación, Curanipe Alto, Región del Maule.

Análisis	Unidad	Guano de pollo	Guano de caballo
N	%	1,54	1,15
C	%	16,25	18,91
C/N	-	10,50	16,40

Fuente: MMA y ONUDI, 2014. Informe final "Proyecto Terminal para la Eliminación del Bromuro de Metilo (BrMe)" Componente Frutilla.

Una vez incorporado el material orgánico se procedió a confeccionar los camellones con una máquina alomadora, postura de cinta de riego y plástico negro. Una vez cubierto el suelo con plástico, se aplicó un riego por 12 horas hasta saturación.

En el caso de esta Unidad Demostrativa, el suelo quedó en condiciones deficientes de preparación, existiendo además ruptura del plástico.

- **Resultados de la Unidad Demostrativa Curanipe Alto**

Una vez establecida la Unidad Demostrativa se tomó la temperatura para determinar el avance de la actividad microbiana característica de la biofumigación, encontrándose a las cuatro semanas, temperaturas de 45 °C a 10 cm de profundidad con temperatura ambiente de 30 °C, a las 15 horas.

A los 30 días de implementada la Unidad Demostrativa, se encontró materia orgánica semi descompuesta, el camellón mantenía su humedad.

- **Efecto Tratamientos en Control Malezas**

Existió un adecuado control de malezas en esta UD, ya que no se observó presencia de malezas en el terreno bajo el plástico.

- **Efecto Tratamiento sobre Patógenos del Suelo**

En el Cuadro 25 se entrega una comparación de la variación en la población de los hongos presentes antes y después de la biofumigación. En esta Unidad Demostrativa los resultados no fueron los esperados, ya que no se apreció en forma

clara una disminución de los patógenos. Es así, que en el caso de *Fusarium* spp. se observó un incremento en el número de colonias detectadas. Cabe señalar, que la metodología utilizada no permite establecer si el hongo presente corresponde a *Fusarium oxysporum* f.sp. *fragariae* agente causal de la marchitez en frutilla, existiendo la posibilidad que la especie detectada corresponda a cepas no patógenas en frutilla.

Por otra parte, se observó una disminución de los hongos *Phytophthora* spp. y *Rhizoctonia solani*, después de concluido el tratamiento de biofumigación. En el caso de *Verticillium* spp. se determinó su presencia post tratamiento, lo que habiendo sido detectado en el análisis inicial.

Los resultados erráticos de esta Unidad Demostrativa pueden deberse a las dificultades en la implementación de la misma. Así se puede mencionar:

- La calidad del guano no fue lo técnicamente adecuado, ya que se encontraba en avanzado estado de maduración.
- No se lograron los volúmenes de guano recomendados para el tratamiento.
- Existió deficiencias en el picado de la materia verde, la que no quedó reducida a trozos pequeños.
- Se registró una mala preparación de suelo, con excesiva humedad quedando "terronudo".

Cuadro 25. Presencia de hongos en muestras de suelo antes y después de la biofumigación, Unidad Demostrativa Curanipe Alto 2014.

Tratamientos	Presencia de Hongos en muestras de suelo (%)			
	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Rhizoctonia solani</i>	<i>Verticillium</i> spp.	<i>Phytophthora</i> spp.
Situación inicial	60	55	No detectado	40
Biofumigación (plástico negro)	63	No detectado	40	35

Fuente: MMA y ONUDI, 2014. Informe final "Proyecto Terminal para la Eliminación del Bromuro de Metilo (BrMe)" Componente Frutilla.

Al analizar el efecto del tratamiento en el control de nematodos (Cuadro 26), se pudo establecer que fueron eficientes en reducir las poblaciones de *Pratylenchus* sp. y *Helicotylenchus* sp. e incrementar las poblaciones de nematodos benéficos.

Cuadro 26. Especies de nematodos presentes en suelo. Unidad Demostrativa de biofumigación, Curanipe Alto.

Tratamientos	Presencia de nematodos en muestras de suelo (N° de ejemplares/250cm ³ de suelo)		
	<i>Pratylenchus</i> sp.	<i>Helicotylenchus</i> sp.	Nematodos no fitoparásitos
Situación inicial	13	163	525
Biofumigación (plástico negro)	5	-	950

Fuente: MMA y ONUDI, 2014. Informe final "Proyecto Terminal para la Eliminación del Bromuro de Metilo (BrMe)" Componente Frutilla.

- **Efectos Tratamiento en Fertilidad del Suelo**

En cuanto a cambios de los niveles de fertilidad del suelo (Cuadro 27), se puede mencionar que en esta Unidad Demostrativa existió un aumento importante de macronutrientes mayores (Nitrógeno, Fosforo y Potasio) y de iones metálicos como Magnesio y Calcio. Por otra parte, existió un incremento de la materia orgánica, siendo este último un factor que favorece la condición física del suelo en cuanto a porosidad, capacidad de retención de agua y mejor drenaje, entre otros aspectos. Por otra parte, se mejora su capacidad de intercambio catiónico y niveles de nutrientes disponibles para el cultivo.

Cuadro 27. Análisis de fertilidad de suelo antes y después de la biofumigación, Unidad Demostrativa Curanipe Alto.

Análisis	Unidad	Rango Adecuados	Análisis de suelo Antes de la Biofumigación	Análisis de suelo Después de la Biofumigación
Propiedades Químicas				
pH susp.	-	-	5,47	5,26
CE susp.	mS·cm ⁻¹	<0,5	0,04	0,36
M.O	%	-	3,54	4,05
Nutrientes disponibles				
N	mg·kg ⁻¹	-	20	113
P Olsen	mg·kg ⁻¹	20-40	18 (deficiente)	21
K	mg·kg ⁻¹	150-300	197	369 (alto)
Cu	mg·kg ⁻¹	0,6-11	3,6	2,34
Fe	mg·kg ⁻¹	> 4,5	61,3	26,5
Mn	mg·kg ⁻¹	>1,0	139	73,5
Zn	mg·kg ⁻¹	>1,0	1,36	1,22
B	mg·kg ⁻¹	1,00-1,50	0,64 (deficiente)	0,75 (deficiente)
S	mg·kg ⁻¹	>9	3,5 (deficiente)	4,7 (deficiente)
Intercambiables				
Ca	meq/100 g	>6,0	5,76 (deficiente)	6,49
Mg	meq/100 g	>0,8	1,59	1,81
K	meq/100 g	>0,4	0,51	0,94
Na	meq/100 g	<1,0	0,13	0,18

Fuente: MMA y ONUDI, 2014. Informe final "Proyecto Terminal para la Eliminación del Bromuro de Metilo (BrMe)" Componente Frutilla.

4.3.3. Conclusiones

Los resultados obtenidos en las Unidades Demostrativas permiten concluir que:

- La biofumigación es un tratamiento efectivo en el control de las principales enfermedades y nematodos que afectan al cultivo de frutilla. Los resultados de ambas Unidades Demostrativas tanto la de biofumigación y/o biosolarización logran bajar la carga de microorganismos presentes en los suelos, entre 25 y 42 % para hongos del género *Fusarium*, 38% a 100% para nematodos del genero *Pratylenchus*.
- La biofumigación permite mejorar los contenidos de micro y macronutriente (ejemplo Ca, Mg, K, P entre otros) y aumentar la materia orgánica en los suelos (de 3,54 a 4,05 para Curanipe Alto y de 1,97 a 2,39 para El Ermitaño).
- Estos procesos afectan principalmente los agentes patógenos, permitiendo sobrevivencia de hongos y nematodos benéficos.
- Los resultados positivos de esta técnica están directamente influenciados por: la adecuada preparación y humedad de suelo, calidad, cantidad y tipo de guano utilizado, tamaño de los restos vegetales luego de ser picados, incorporación de residuos vegetales y sellado del suelo.
- Se debe adecuar esta técnica en función de condiciones locales y materias orgánicas disponibles.
- La biofumigación tuvo mejor nivel de control de patógenos de suelo que la biosolarización.



Capítulo 5

**MANEJO AGRONÓMICO DEL
CULTIVO DE FRUTILLAS**



CAPÍTULO 5

5. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE FRUTILLAS

5.1. Características Botánicas de la Planta

Planta perenne, baja, que no sobrepasa los 50 cm de altura, con un potencial productivo que dura dos años (Suzuki 2002), siendo la tendencia mundial mantener su cultivo por solo un año.

Si bien se piensa que frutilla es una especie herbácea, la planta de frutilla con el tiempo forma un tallo leñoso. En cuanto a sus características morfológicas en la Figura 26 se muestra un detalle de la planta.

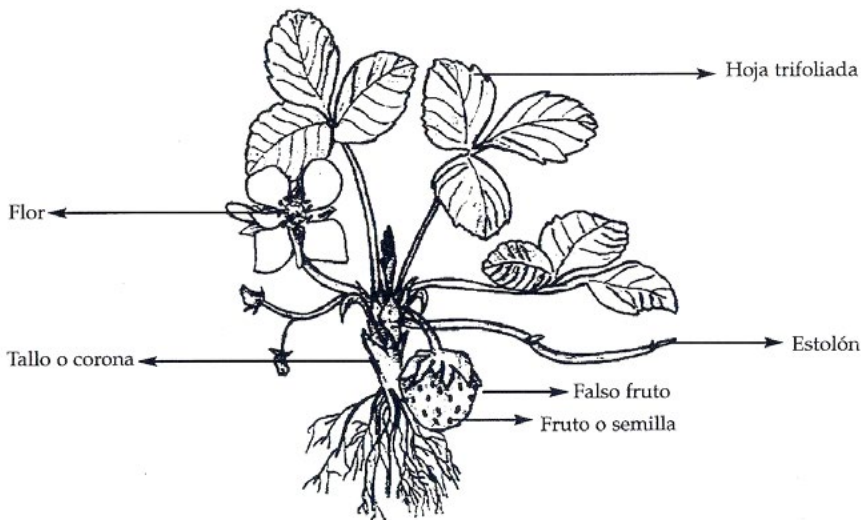


Figura 26. Características morfológicas frutilla (Toledo, 2003 citado por Téllez y Salmerón, 2007)

Según Suzuki (2002) y Villagrán (2012c), las principales características morfológicas de frutilla serían:

- Tiene un tallo de eje corto de forma cónica llamado “corona”, posee tallos rastreros, nudosos y con estolones
- Los estolones son rastreros y son capaces de dar origen a nuevas plantas.
- Tiene hojas grandes trifoliadas, largamente pecioladas, en roseta, con bordes aserrados y en la base de los peciolo posee estipulas y se insertan en la corona. Poseen gran número de estomas, los que pueden llegar a 300 - 400/mm², por lo que la planta puede perder gran cantidad de agua por transpiración.
- Las flores blancas se organizan en cimas y tienen cáliz de cinco piezas hendidas, cinco pétalos redondeados.
- El verdadero fruto de la frutilla corresponde a pequeños aquenios que se encuentra en sobre un órgano carnoso denominado Eterio o Pseudo-carpo de color rojo que es órgano de consumo (Araneda, 2014).
- El sistema radicular es fasciculado, el cual normalmente no sobrepasa los 40 cm de profundidad. La mayor concentración de raíces (90%) se concentra en los primeros 25 cm de profundidad.

5.2. Tipos de Variedades

Para la producción comercial de frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch.), uno de los factores que más afectan la inducción y producción de flores, es su respuesta a las condiciones del largo del día (fotoperiodo).

En Chile se disponen en el mercado de dos tipos de variedades, las cuales se han introducido de Estados Unidos, Europa y se clasifican en función de su respuesta fotoperiódica como plantas de día corto y de día neutro. Cada grupo tiene características particulares que determinan entre otros aspectos de manejo la fecha de plantación y periodo de producción (Villagrán, 2012c; Medina, 2003).

5.2.1. Variedades de Día Corto

La floración se induce cuando el fotoperiodo es corto (menos de 12 horas de luz) y la temperatura fluctúa entre 14 y 18 °C (Ministerio Agricultura del Perú, 2008). Pese a lo anterior, la respuesta a fotoperiodo es modificada por la temperatura ambiental, es decir a medida que disminuye la temperatura se necesita mayor periodo de luz diario, produciéndose la máxima floración con 8 horas de luz a una temperatura de 20 °C y 16 horas de luz a una temperatura de 6 °C (Zschau y Lagarraga, 2012).

Dentro de estas variedades de día corto encontramos: 'Camarosa', 'Benicia', 'Chandler' y 'Pájaro', entre otras. Las que dependiendo de la localidad, se establecen entre diciembre y mayo, comenzando a producir a partir del mes de octubre en cultivos al aire libre. Por sus características, estas variedades presentan dos pick de producción, el primero en el mes de octubre y en segundo durante febrero (Zschau y Lagarraga, 2012).

Estas variedades se caracterizan por ser altamente dependientes de fotoperiodo y de la acumulación de horas de frío. Producto de lo anterior, este tipo de variedades presentan el siguiente comportamiento durante el año (Suzuki, 2002):

- En invierno, con días cortos y bajas temperaturas, la planta paraliza su crecimiento, y acumula el frío necesario para la floración y superar la latencia.
- Con un incremento de las temperaturas y el alargamiento progresivo del largo del día inicios de primavera, se activa la fase vegetativa, floración y fructificación.

5.2.2. Variedades de Día Neutro

Son un grupo de variedades que no responden al fotoperiodo (largo de día), es decir, solo requieren de temperaturas adecuadas (sobre 12 °C en suelo) para desarrollar yemas florales (Zschau y Lagarraga, 2012).

Estas variedades tienen muy buena aptitud para el mercado fresco, que además representan una excelente alternativa comercial para producción fuera de temporada a través de cultivo forzado (microtúnel y macrotúnel). Su ventaja que se pueden establecer en cualquier momento del año. Entre las más difundidas en el país se tiene: 'Albion', 'Aromas', 'Monterey' y 'San Andreas', 'Portola', entre otras

(Villagrán *et al.*, 2010).

5.3. Aspectos a Considerar para el Establecimiento del Cultivo, Control de Plagas del Suelo

La desinfección del suelo es una práctica que se emplea en agricultura con el objetivo de evitar los efectos negativos que ocasionan las plagas (insectos, enfermedades, nematodos, malezas, otros), producidos por una continua repetición de un cultivo o grupo de cultivos. Las aplicaciones de distintas técnicas de desinfección del suelo permiten mejorar la sanidad, crecimiento y rendimiento del cultivo, además de evitar pérdidas de plantas.

En frutilla, las prácticas habituales que se utilizan para favorecer la sanidad del suelo son la aplicación de plaguicidas, que incluye el uso de fumigantes, lo cual está asociado a productores medianos y grandes, la otra, es la rotación de cultivos con cereales o pradera natural, especialmente ejecutada por pequeños agricultores.

Si bien la desinfección de los suelos tiene un efecto positivo en la reducción de plagas, ningún tratamiento logra eliminar completamente los patógenos. Siendo necesario tomar distintas medidas que permitan vigorizar a las plantas de manera de favorecer su resistencia al problema, evitar fuentes de contaminación y dar las condiciones de manejo que limiten el desarrollo de ésta.

Muchos de estos problemas permanecen latentes durante otoño, invierno e inicio de primavera y se manifiestan con el marchitamiento y/o muerte de plantas cuando se incrementan las temperaturas en primavera y verano.

De esta manera los tratamientos de desinfección de suelos favorecen la condición del cultivo, la que debe ser complementada por otras prácticas culturales. De esta manera para reducir el impacto negativo de plagas (insectos, bacterias, hongos, malezas, otras) del suelo y del cultivo, en las decisiones de manejo deben considerarse como aspectos mínimos:

- Establecer el cultivo en sectores, que se cumplan con su requerimientos en cuanto a clima y suelo para asegurar plantas vigorosas con mayor resistencia al ataque patógenos,
- Utilizar suelos con bajos niveles de patógenos, realizando una efectiva desinfección de los mismos con la aplicación de técnicas como:

- Rotación de cultivos
 - Fumigación
 - Biofumigación
 - Biosolarización
 - Aplicación de plaguicidas para el control de nematodos o insectos del suelo
- Usar variedades adecuadas, adaptadas a condición agroclimática y época de establecimiento
- Utilizar plantas sanas, proveniente de viveros de calidad,
- Favorecer el desarrollo adecuado de la planta a través de:
 - Sistema de plantación adecuado
 - Fertilización
 - Riego
 - Control de plagas post plantación

5.3.1. Requerimiento Climático del Cultivo de Frutilla

5.3.1.1. Temperatura

Las plantas de frutilla se adaptan muy bien a muchos tipos de climas. Su parte vegetativa es altamente resistente a heladas, llegando a soportar temperaturas de hasta $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, aunque los órganos florales quedan destruidos con valores algo inferiores a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Al mismo tiempo, son capaces de sobrevivir a temperaturas estivales de $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Proexant, 2002 citado por Verdugo, 2011).

Los valores óptimos para una fructificación adecuada se sitúan en torno a los $15\text{--}20\text{ }^{\circ}\text{C}$ de media anual. Temperaturas por debajo de $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ y superiores a $22\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante la polinización y cuaja dan lugar a frutos deformados por frío (Icanex, 2006).

Un incremento de las temperaturas durante el verano, acelera la madurez produciendo frutos de menor tamaño, ya que al sobrepasar los $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, se detiene su crecimiento y acelera la madurez del fruto, lo cual le impide muchas veces adquirir un tamaño adecuado para su comercialización (Icanex, 2006). Esta es la razón por la cual a partir de enero, se reduce la oferta de fruto grande destinado a consumo fresco y se incrementa la oferta de fruto pequeño de mayor demanda en la agroindustria.

La planta de frutilla requiere acumular horas de frío para una óptima producción.

En estas condiciones, la planta es capaz de acumular reservas como almidón y azúcares en el tallo y raíces lo cual dará mayor vigor y resistencia al trasplante y, por lo tanto, una óptima producción de fruta comercial (Pimentel, 2010). El número de horas de frío necesarias para lograr buenos rendimientos, son diferentes para cada variedad. En general, los requerimientos van de 380 a 700 horas acumuladas de temperaturas entre 0 y 7 °C, temprano en otoño (Villagrán, 2012a).

Las plantas entran en receso o latencia con temperatura de 0 a 7 °C. La latencia ocurre a fines de otoño e invierno y en este periodo es cuando se produce la acumulación de reservas en la planta, en forma de hidratos de carbono, en la corona y las raíces principales (Villagrán, 2012a)

5.3.1.2. Humedad Relativa

La humedad relativa adecuada para el desarrollo del cultivo se encuentra entre los 60 y 75%, valores superiores favorecen la presencia de enfermedades causadas por hongos y bacterias, situación frecuente en producciones en zonas costeras.

Por el contrario, con escasa humedad relativa, las plantas sufren daños fisiológicos que repercuten en polinización y cuaja del fruto, afectando la producción.

5.3.1.3. Requerimientos de Agua

Se considera que el cultivo de frutilla tiene un consumo hídrico de 400 - 600 mm anuales. Esta es una planta que posee la mayor parte de sus raíces en la zona superficial del suelo y absorbe sus necesidades hídricas de los primeros 30 a 40 cm de profundidad. Es un cultivo susceptible a la falta de agua por lo que requiere riegos frecuentes

5.3.1.4. Viento

Vientos suaves favorecen la polinización de las flores y el cuajado de los frutos. Por el contrario, vientos fuertes reducen el vigor, producen un roce en las hojas y afectan el cuajado de los frutos (Villagrán, 2012a; INDAP, 2013)

5.3.2. Requerimientos de Suelo

Un buen suelo para este cultivo de frutilla, es aquel que tenga textura franco, con buen drenaje y capacidad de retención de humedad, bien ventilados, mediana fertilidad, libre de sales (sodio, boro, calcio y cloro) y de una profundidad superior a los 80 cm (Villagrán *et al.*, 2012).

La planta de frutilla soporta bien valores de pH entre 5,8 y 7,2, con un valor óptimo en torno a 6,5 e incluso menor. Es sensible a la salinidad (daño con más de 1,0 dS·m⁻¹). Es así que con valores de 2,5 dS·m⁻¹ su rendimiento se reduce en un 50 %, ver cuadro 28 (Soquimich, 2006; Villagrán *et al.*, 2012; INDAP, 2013).

Cuadro 28. Efecto de salinidad en la reducción del rendimiento de frutilla

Salinidad del suelo Conductividad Eléctrica (dS·m ⁻¹).	Porcentaje de reducción de rendimiento en función de C.E. (%)
1,5	10
2,0	25
2,5	50

1 C.E: Conductibilidad eléctrica
Fuente: SOQUIMICH, 2006

Respecto a la materia orgánica, son deseables niveles superiores 2 al 3%, lo cual favorece una adecuada estructuración del suelo, favoreciendo su ventilación y capacidad de retención de humedad.

5.3.3. Época de Plantación para Plantas de Día Corto o Neutro

5.3.3.1. Plantas de Día Corto

En variedades de día corto existen dos posibles fechas de plantación (Villagrán *et al.*, 2012).

- **Plantaciones de Otoño (mayinas)**

En este caso lo ideal es no establecer el cultivo después de la primera quincena de mayo, sin embargo, por una baja disponibilidad de plantas en ésta época, las

plantaciones muchas veces se prolongan hasta el mes julio, lo que produce una reducción de los rendimientos del cultivo.

Las plantaciones de otoño se establecen con plantas verdes, cosechadas directamente de vivero donde las mismas han completado sus requerimientos de frío en terreno en las condiciones ambientales del vivero.

- Plantaciones de Verano

En el caso de las plantaciones de Verano se realizan entre enero y marzo, el cultivo se trabaja con planta frigo, las que para que cumplan sus requerimientos de frío, se han mantenido alrededor de seis meses en cámaras de frío a temperaturas de $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5.3.3.2. Variedades Neutras

Por otra parte, variedades neutras se pueden establecer en cualquier época del año, lo que ocurre en la mayoría de los casos a fines de invierno o inicios del verano, en función de las estrategias comerciales del agricultor y de las condiciones ambientales de la localidad. Este tipo de plantaciones se utilizan para producción en época tradicional y de contra estación, las que deben ser protegidas en otoño-invierno con micro o macro túneles (Villagrán, 2012c).

Es importante indicar que el micro túnel permite mantener temperaturas $2\text{-}3\text{ }^{\circ}\text{C}$ sobre la temperatura ambiental, mientras que el macro túnel se logran temperaturas superiores a los $5\text{-}8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Estas temperaturas permiten un mejor crecimiento de las plantas y la obtención de producción precoz fuera de temporada, permitiendo alcanzar mejores precios en el mercado. Siendo una buena alternativa su uso en zonas de clima más templado y con baja incidencia de heladas en invierno o a principios de primavera.

5.3.4. Sistema de Plantación

La frutilla se establece en camellón, de $1,1$ a $1,3$ m de ancho y una altura superior a los $30\text{-}35$ cm. Éstas deben estar orientadas de preferencia de norte a sur con el fin de favorecer el ingreso de luz por ambos costados, favoreciendo el calentamiento del camellón y la iluminación del follaje y centros de reproducción (INDAP, 2013; Villagrán y Zschau, 2012).

Sobre los camellones se instalan cintas de riego y se recubren con plástico para favorecer el calentamiento del suelo, economía de agua, reducir la incidencia de pudriciones del fruto y un adecuado control de malezas (Villagrán *et al.*, 2010). En Chile la frutilla se establece sobre los camellones en doble hilera, con distancia entre plantas de 30 cm sobre hilera y 25 a 30 cm entre hileras. Con esto se alcanzan densidades de plantación que van desde las 55.000 a las 60.000 plantas.ha⁻¹ (Villagrán y Zschau, 2012).

En cuanto a plantaciones de verano con variedades de día corto, a partir del mes de marzo y en condiciones de altas temperatura y día largo comienzan a emitir estolones (Suzuky, 2002). Esta característica es aprovechada, especialmente por pequeños agricultores, para establecer el cultivo con una baja densidad (20.000 a 30.000 plantas.ha⁻¹) y una vez que las plantas emiten estolones los amugronan aumentando el número de plantas por unidad de superficie. Si bien esta práctica permite reducir costos de establecimiento del cultivo, la misma se traduce en una pérdida de rendimientos. Siendo recomendable iniciar el cultivo con el número definitivo de plantas.

5.3.5. Preparación de Suelo

La frutilla es un cultivo altamente exigente en cuanto a su condición física del suelo. Requiriendo suelos sueltos, bien ventilados, sin capacidad de compactarse que dificulten el drenaje y nivelado con el fin de evitar apozamientos que provoquen asfixia radicular y favorecen la infección de enfermedades del suelo. Siendo fundamental tener especial cuidado en la preparación del suelo.

Idealmente la preparación del terreno debe comenzar con bastante anticipación de la fecha de plantación, con el objeto de modificar todas las características del terreno que afecten el desarrollo de las plantas (Villagrán *et al.*, 2010).

En la frutilla esta labor es fundamental para lograr el posterior desarrollo y rendimiento de la planta. Siendo necesario efectuar labores profundas (mayor a 40 cm) para obtener buenos resultados (Villagrán *et al.*, 2010).

Considerando que en las zonas que normalmente se produce frutilla en Chile la preparación de suelo se realiza en primavera y verano, en suelos con escasa humedad y en muchos casos con capas compactadas en la superficie y el subsuelo, se hace recomendable rehabilitar el suelo con labores de subsolado, esto permitirá romper estratas duras y mejorar su drenaje. Del mismo modo, con el fin de

mejorar su estructura y darle estabilidad, esta labor debe ser complementada con la aplicación de enmiendas orgánicas como la aplicación de guanos o abonos verdes con leguminosas y/o gramíneas, una buena alternativa es el uso de la mezcla de avena con vicia. Luego se debe iniciar la preparación de la cama de plantación, labor se deben realizar mediante araduras y rastrajes, lo que permite romper terrones y conseguir una capa suelta, mullida y bien nivelada (Villagrán y Zschau, 2012).

El arado subsolador actúa bajo los 50 cm de profundidad lo que permite eliminar todas las compactaciones presentes en el fondo de suelo arable (pie de arado) tanto naturales como aquellas producidas por el tráfico de maquinaria o animales. El trabajo del subsolador hecho sobre suelo seco produce grietas de variadas longitudes dependiendo del implemento usado, textura y humedad del suelo. Esta profundidad varía dependiendo de la textura del suelo y de las labores anteriores a que haya sido expuesto (en suelos arenosos tiene menor incidencia que en los arcillosos (INDAP, 2010; Villagrán y Zschau, 2012).

Después del subsolado comienzan la preparación de suelo con arados y rastras. En el caso de suelos con pendiente, es recomendable el paso de arado cincel. Con esto se mantienen los rastrojos vegetales en superficie, protegiendo el suelo de la erosión. Este equipo tiene la ventaja que trabajar en suelos con escasa humedad y hace una labor bastante pareja, que rompe compactaciones superficiales y disgrega el suelo sin invertirlo (INDAP, 2010 y Villagrán *et al.*, 2010).

Con el fin de terminar la preparación de suelo se deben hacer rastrajes superficiales que terminaran de mullir el suelo y permitirán la incorporación fertilizantes, enmiendas de suelo además de contribuir al control de malezas.

Los rastrajes se deben realizar con el suficiente tiempo entre ellos, de manera de permitir la emergencia de maleza, las que serán fácilmente controladas con la aplicación de herbicidas y rastrajes posteriores. Esta práctica permitirá reducir las poblaciones de malezas durante el cultivo.

Dependiendo de la condición del suelo, durante la preparación de éste puede ser necesaria la aplicación de enmiendas calcáreas para corregir la acidez del suelo u orgánicas para mejorar la condición física del mismo.

En suelos compactados, con bajos contenidos de materia orgánica y pérdida de estructura o en suelos arenosos de baja fertilidad, la aplicación de guano es una

buena alternativa, existiendo una buena respuesta del cultivo de frutilla a esta enmienda. Lo anterior, debido a su efecto en el mejoramiento de la estructura del suelo, incremento en su porosidad, capacidad de retención de humedad y aporte de nutrientes, especialmente de nitrógeno.

Para evitar daño en el cultivo, el guano debe ser aplicado con anticipación, a lo menos un mes antes del establecimiento del cultivo y debe ser incorporado para favorecer su descomposición. Este se distribuye sobre el suelo y puede ser incorporado con los rastrajes de la preparación de suelo.

Hay que tener especial precaución que el guano quede bien distribuido. Esto debido a que la acumulación del material en sectores del cultivo puede generar daños por el incremento local de la salinidad.

El guano tiene ventajas sobre otras enmiendas orgánicas, esto debido a que además de las ventajas indicadas, si es utilizado en tratamientos de biofumigación, permitirá limpiar los suelos de plagas (insectos, hongos, bacterias, nematodos, malezas, entre otras).

5.3.6. Acamellonado

Después de la habilitación y preparación del suelo, se procede a confeccionar los camellones. Esto puede realizarse en forma manual, semi-mecanizada o mecanizada.

El sistema manual, considera el paso de arados con una vertedera que permite arrimar el suelo formando el camellón, el que posteriormente, es emparejado con palas y rastrillos. En este caso, la instalación de cintas de riego y del plástico del mulch es realizada en forma manual, esto ocurre por lo general en pequeñas superficies, generalmente asociadas a agricultores de subsistencia.

En el sistema semi-mecanizado, se realiza con implementos adecuados, que generalmente son dos acequiadores, más un rodillo, que deja aplanado la parte alta. Terminada esta labor se procede a instalar las cintas de riego y el mulch de plástico.

Finalmente, el sistema mecanizado utiliza una maquinaria especializada (platabandera) que simultáneamente hace las platabandas, coloca la cinta de riego y el plástico del mulch.

En el sistema manual y semi-mecanizado una vez confeccionado el camellón e instaladas las cintas de riego, se debe cubrir en el menor tiempo posible con el mulch plástico. Esto debido a que si se ocurren lluvias en el periodo que el camellón está descubierto, se produce una compactación superficial.

El camellón debe quedar bien mullido, sin costras superficiales ni desnivelados. Suelos terronudos o compactos superficialmente, afectan el establecimiento de las plantas, limitan su crecimiento, dificultan el manejo del riego, limitan la difusión de gases en el caso de aplicar tratamientos de fumigación o biofumigación. Estos factores debilitan las plantas, las que estarán más susceptibles al ataque de plagas.

Se debe tener especialmente cuidado en la habilitación de los camellones, los plásticos deben quedar bien sellados y sin roturas. Esto es de vital importancia cuando se realiza la desinfección de suelos con fumigantes químicos o con biofumigación, ya que el éxito de estos tratamientos se basa en que los gases tóxicos que actúan sobre los patógenos del suelo, se mantienen retenidos en el área de aplicación.

5.3.7. Sanidad de Suelo y Plantas en el Cultivo de Frutilla

Considerando que la frutilla es altamente susceptible al ataque de enfermedades, es fundamental iniciar el cultivo en un suelo con una baja carga de patógenos y con planta sana.

Entre los problemas sanitarios más habituales que se encuentran en los suelos y/o plantas a establecer, que se asocian a daños económicos frutilla se pueden mencionar:

- Hongos como *Fusarium*spp., *Rhizoctonia*spp. y *Phytophthora*spp. siendo el problema más habitual el ataque de *Fusarium*spp., hongo que fue detectado en plantas provenientes de vivero y en todas las Unidades Demostrativas del proyecto.
- Insectos del suelo: gusano cortador, gusano picudo y gusano blanco
- Nematodos: *Pratylenchus*spp.

Dentro de las medidas de control que permiten prevenir estos problemas y que reducirá el riesgo de generar un perjuicio económico se puede mencionar:

- **Rotación de Cultivo.**

Es un sistema que alterna en el tiempo, la siembra o plantación de diversos cultivos en un mismo suelo y busca evitar el mono cultivo de la misma especie. Con esto se pretende reducir la incidencia patógenos, bajar la población de malezas, mejorar el balance nutricional y mantener la actividad biológica del suelo.

Estas rotaciones permiten controlar numerosas enfermedades, cuyos propágulos sobreviven en el suelo en los residuos de los cultivos. En el caso de la frutilla, en suelos que no han presentado problemas serios de enfermedades, se recomienda no plantar frutilla dos años consecutivos sobre el mismo suelo y no establecerla a continuación de solanáceas (papa, tomate, morrón, berenjena, cucurbitáceas (zapallo, sandía u otros) o rosáceas (frambuesa y frutilla) (Villagrán *et al.*, 2010; Villagrán y Zschau, 2012).

- **Tratamientos de Plaguicidas en los Suelos.**

En el caso de gusanos del suelo y nematodos es común aplicar plaguicidas autorizados ya sean incorporados en las labores de preparación del suelo o vía fertirriego.

En cuanto al control de hongos y bacterias, para los principales hongos del suelo que afectan frutilla, como *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp. y *Verticillium* spp., no existen medidas efectivas de control con plaguicidas autorizados. Siendo necesario usar otras formas de control como la fumigación química, la biofumigación o la rotación de cultivos, entre otros. Avances en la investigación con tratamientos fungicidas aplicados vía riego han resultado eficaces en el control de *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia* spp. (Fonseca, 2012; Rodríguez, 2013).

En cuanto a *Phytophthora* spp., esta enfermedad puede ser controlada con aplicaciones aéreas de productos autorizados en base a Mefenoxam o Fosetil Aluminio, entre otros. Es importante indicar que estos tratamientos actúan sobre la planta y no sobre el suelo, existiendo un efecto paliativo del problema, por lo que es normal que se produce la reinfección de la planta.

5.3.8. Fumigación de Suelo

La fumigación es la inyección por vía riego o incorporación directa al suelo de plaguicidas (estado líquido), los que se gasifican ejerciendo acción tóxica para el control de plagas que se desarrollan en éste.

Considerando que a partir del 2015 no se puede importar bromuro de metilo para la desinfección de los suelos, en el marco del Componente Frutilla del “Proyecto Terminal de Eliminación del Bromuro de Metilo (BrMe)”, en las Unidades Demostrativas, se evaluó el comportamiento del Metam Sodio y 1,3-Dicloropropeno + Cloropicrina, las que demostraron ser eficientes en el control de patógenos del suelo, siendo alternativas susceptibles de ser utilizadas por productores de frutilla para la desinfección de sus suelos (ver Capítulo 4).

Dependiendo del producto a utilizar, entre las principales ventajas de la aplicación de fumigantes del suelo para el cultivo de frutilla se puede mencionar:

- Controlan un amplio espectro de problemas sanitarios: enfermedades radiculares, insectos del suelo, nematodos y algunas malezas (en germinación y semilla).
- Favorece establecimiento cultivo, al mejorar condición sanitaria suelo.
- No tiene efecto residual.

Entre las limitaciones y desventajas que tiene el uso de estos productos son que al no presentar efecto residual, existe un efecto limitado en el tiempo frente a condiciones adversas. De esta manera, posterior a la aplicación de los mismos, el suelo queda desprotegido de posibles re infestaciones con patógenos que puedan ocurrir por el establecimiento con planta que venga enferma o por el uso de materiales contaminados.

Por otra parte, por tratarse de productos altamente tóxicos y volátiles, su aplicación es peligrosa, por lo que solo debe ser realizada por aplicadores autorizados de las empresas proveedoras del producto (Diéz, 2010).

Sin embargo, es fundamental para lograr un control efectivo con estos productos verificar que se cumplan estrictamente las recomendaciones de aplicación establecidas por el fabricante y validadas por el SAG, las cuales son indicadas en las etiquetas y panfletos de los productos (hojas de seguridad de los productos).

5.3.8.1. Biofumigación

Es una técnica biológica de control de patógenos del suelo (nematodos, hongos, bacterias y otros) que consiste en la incorporación en el suelo de abundante cantidad de materia orgánica fresca (principalmente guano y restos vegetales de brassicas como nabos y coles u otros vegetales), junto a grandes cantidades

de agua para llegar a una condición de anaerobiosis. El resultado es el control efectivo de patógenos, una mejora de las características generales del suelo y de la nutrición de los cultivos (PAE, 2010).

Considerando los resultados obtenidos en el proyecto, la implementación de esta técnica en el caso de la frutilla sobre los camellones de plantación, aprovechando las labores de preparación de suelo y materiales que son de uso habitual en este cultivo.

La eficacia de los tratamientos de biofumigación depende fundamentalmente de la materia orgánica utilizada y del método de aplicación. Por ello se recomienda que la materia orgánica debe tener una relación C/N entre 8 y 20, para que pueda tener efectos biocidas o bioestáticos. Esto debe complementarse con la utilización de plásticos impermeables para permitir retención de gases tóxicos, siendo necesario que los suelos tengan humedad y actividad biológica (Diéz 2010).

En cuanto al origen del material vegetal este debe estar fresco, el que puede provenir de residuos de rastrojos del cultivo anterior o realizar un pre cultivo con avena, leguminoso, crucífero u otras o plantas usadas como abono verde, material que debe ser incorporado al momento de aplicar los tratamientos.

El guano debe ser fresco. Si bien se puede usar cualquier tipo de guano, el que mejor funciona es el de ave. Siendo factible usar mezclas de guanos de distintas especies.

En el caso de las dosis de materiales biodesinfectantes a usar, guanos en mezcla con otros restos orgánicos, estas oscilan entre 25–50 t.ha⁻¹, según tipo de material utilizado y la presión de los patógenos del suelo (Diéz, 2010; PAE, 2010).

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 insta-

lación 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 diagnóstico³ 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

³ 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.

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 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 pretilos 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.

5.3.8.2. Biosolarización

Es un tratamiento que es el resultado de la combinación entre solarización y biofumigación. Se procede de la misma forma que en la biofumigación pero en este caso se usa un plástico cristal (transparente), logrando un mayor incremento de las temperaturas, que pueden superar los 40 °C.

En este caso el suelo se calienta en mayor medida y el plástico permite la acumulación de los gases generados.

5.3.9. Calidad de la Planta

La calidad de la planta es uno de los factores que más afectan el resultado del cultivo de la frutilla. Se entiende como calidad tanto los aspectos relacionados con su vigor, condición sanitaria y pureza varietal.

Las plantas deben ser vigorosas con diámetros cercanos o superiores a 1,4 cm, poseer una corona blanca y un abundante sistema radical, con raíces de un largo de unos 12 cm. Las plantas sólo deben quedar con el brote terminal, libre de hojas y la raíz sin tierra (Villagrán, 1995), además deben estar libres de plaga. Las raíces muertas o necrosadas con coronas con lesiones en su interior y color café, naranja o rojo reflejan la presencia de enfermedades. No deben tener lesiones ni estar deshidratadas.

En el caso de plantas frígo, éstas no deben haber excedido sus requerimientos de frío. Plantas en esas condiciones manifiestan desarrollo vegetativo y escasa capacidad de florecer. Plantas de las características indicadas aseguran un buen establecimiento y rendimiento (Villagrán, 2012a).

5.3.10. Proceso de Plantación

5.3.10.1. Riego de Pre Plantación

Previo a la plantación se debe regar el suelo y dejarlo drenar de manera que al momento de la plantación éste se encuentre en capacidad de campo. Este riego debe ser hecho con dos o tres días de anticipación, dependiendo de la textura del suelo y su capacidad de retención. Se debe considerar que los suelos de texturas más finas demoran más tiempo en alcanzar la humedad adecuada para la plantación (Villagrán y Zschau, 201 y Villagrán, 2012b).

5.3.10.2. Sanidad Planta en el Establecimiento del Cultivo.

Se debe iniciar el cultivo con plantas sanas, libres de enfermedades y que provengan de viveros autorizados. Considerando que en evaluaciones realizadas en el proyecto, en la mayoría de la Unidades Demostrativas los análisis fitopatológicos de plantas proveniente de viveros se encontraban enfermas, donde el problema más común fue la presencia de *Fusarium* spp., es recomendable realizar análisis fitopatológicos en plantas previo al establecimiento del cultivo.

Por otra parte, es recomendable realizar controles preventivos con fungicidas efectivos para el control de las principales patógenos del suelo que afectan frutilla (*Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Phytophthora* spp.). Estos tratamientos permitirán controlar enfermedades en plantas o reducir el riesgo infecciones de inóculos que provengan del suelo.

5.3.10.3. Plantación

Una vez recibidos los plantines, inmediatamente se debe realizar la plantación para reducir pérdidas por hongos, pudrición o deterioro de la planta.

En plantaciones de verano con plantas frigo, las que vienen de almacenamiento en cámara (-3 °C), deben ser recibidas con un día de anticipación, dejándolas que se deshilen en condiciones frescas y a semi-sombra. Después de recibidas las plantas del vivero, éstas deben ser plantadas en un periodo no superior a tres días (Villagrán *et al.*, 2010).

Con las plantas desinfectadas se procede a la plantación. Primero se rompe el plástico a las distancia de plantación indicada. Las raíces de las plantas deben

quedar totalmente enterradas, derechas y en contacto con el suelo sin espacio de aires entre ellos. Para introducir la planta en el suelo se utiliza un plantador que corresponde a una gubia, en forma de gancho, que permite introducir derechas las raíces. Si las raíces quedan dobladas estas detienen su crecimiento y no renuevan su sistema radicular (Villagrán y Zschau, 2012).

Por otro lado, si las plantas quedan enterradas con espacios de aire, éstas presentarán dificultades para crecer y emitir nuevas raíces. Por lo anterior, es necesario apretar el suelo en el entorno del área de plantación (Villagrán y Zschau, 2012).

Las plantas deben quedar enterradas a media altura, con las raíces totalmente cubiertas y evitando tapar con suelo los brotes (Villagrán y Zschau, 2012). Inmediatamente después de la plantación se debe dar riego que permita eliminar las bolsas de aire (Villagrán y Zschau, 2012).

5.3.10.4. Otros Factores a Considerar para Buen Vigor de Plantas.

Una buena condición de la planta en cuanto a su vigor y sanidad es fundamental para permitir una mejor resistencia a problemas de fitosanitarios. Plantas débiles, estresadas por déficit hídrico, salinidad, falta de nutrición, entre otros factores, tienen una mayor susceptibilidad al ataque de plagas.

De esta manera, es fundamental realizar un adecuado seguimiento del cultivo y aplicar las labores de manejo en los momentos oportunos.

Es común que muchos agricultores, dejen abandonado el manejo sanitario de sus cultivos durante el otoño invierno y retomen su manejo en primavera. Es así que, un oportuno control de estados invernales de arañita (*Tetranychus urticae*), evitará explosiones de poblaciones de estos acaro en primavera que debilitaran las plantas y afectaran su crecimiento. Del mismo modo, plantas establecidas que no han recibido una fertilización adecuada durante su establecimiento, verán limitado su crecimiento y potencial de rendimiento.

De esta manera, es fundamental realizar labores de manejo en forma oportuna y en los momentos adecuados, esto se refiere entre otras cosas a la aplicación de fertilizantes, control de plagas, manejo del riego, podas, entre otras. Otro aspecto a considerar es el uso de productos de dudosa procedencia y sin efectos claros.

Se deben evitar las aplicaciones sucesivas y excesivas de fertilizantes foliares o bioestimulantes, los que muchas veces en vez de mejorar la condición de la plantas producen desbalances nutricionales o fisiológicos. La aplicación de dichos productos debe ser hecha para corregir problemas puntuales y en base a recomendaciones técnicamente sustentadas.



6. AGRADECIMIENTOS

Se agradece a todos los productores que se embarcaron junto al proyecto en la búsqueda de alternativas al uso del bromuro de metilo en la producción de frutilla, quienes confiaron en el equipo técnico para implementar en sus empresas y predios “Unidades Demostrativas”. Agradecer también, a todos los consultores que trabajaron en el proyecto, tanto a nivel nacional como internacional, por su extraordinaria labor:

- Sr. Luis Adolfo Vega Hernández de Fundo Santa Domitila en Chanco.
- Sr. Eduardo Guzmán Sepúlveda de Costafrut en Chanco.
- Sr. Mauricio Díaz Urrutia de Tecnofrío Cautín en Cobquecura.
- Sr. Óscar Ayala Canales Productor de la zona de Curanipe.
- Sr. Pío Armijo Tapia Productor de la zona de Leyda, San Antonio.
- Sra. María Verónica Flores Muñoz de Fundo La Huerta Sur de Hualañé.
- Sr. Pascual Cerda Aguilar de Huertos Chile en Santo Domingo.
- Sra. Paulina Sepúlveda Ramírez, Consultora Coordinadora Nacional Componente Frutilla.
- Sr. Luis Meneses, Consultor Técnico Agrícola del Componente Frutilla.
- Sr. Guillermo Délano, Consultor Experto Nacional Componente Frutilla.
- Sr. Gonzalo Sepúlveda Ramírez, Consultor Empresa Altamira.
- Sr. Arturo Correa Briones, Consultor Asesor Técnico del proyecto.
- Srta. Lorena Alarcón Reyes, Consultora Unidad Ozono, Ministerio del Medio Ambiente.
- Dr. Julio Tello Marquina, Doctor Ingeniero Agrónomo, Catedrático Universidad de Almería, España.
- Dr. Francisco Camacho Ferre, Doctor Ingeniero Agrónomo, Catedrático Universidad de Almería, España.
- Dr. José Manuel López Aranda, Doctor Ingeniero Agrónomo, y Doctor en Derecho. Investigador y Director del Centro IFAPA de Churriana (Málaga) en España.

Finalmente a la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONU-DI), 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, infinitas gracias.

7. BIBLIOGRAFÍA

Aballay, E. 2005. Uso de la solarización para el control de nematodos fitoparásitos en cultivos., Santiago, Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile en http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_agronomicas/montealegre_j/17.html revisado 30-11-14

Acuña, R. 2010. Compendio de Bacterias y Hongos de Frutales y Vides en Chile. Servicio Agrícola y Ganadero, Chile. 153 p.

Araneda, Mabel. Frutas, hortalizas (verduras) y frutos secos. composición y propiedades.[On-line]. Educoalimentaria, 2014. [Fecha consulta: Octubre 2014]. Disponible en: <<http://www.edualimentaria.com/frutas-hortalizas-frutos-secos-composicion-propiedades>>

Asagrin. 2007a. Estrategias Regionales de Competitividad por Rubro."FRUTILLAS REGIÓN METROPOLITANA". Chile, INDAP (Instituto de Desarrollo Agropecuario). Chile.42 p.

Asagrin. 2007b. Estrategias Regionales de Competitividad por Rubro."BERRIES REGIÓN DEL MAULE". Chile, INDAP (Instituto de Desarrollo Agropecuario). Chile.56 p.

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

Bello A, López-Pérez J.A., Díaz L, Sanz R., Arias M. 1999. Biofumigation and local resources as methyl bromide alternatives. Abstracts 3rd International Workshop Alternatives to methyl Bromide for the Sorhern European Cuentries. Crete (Greece) pp 17.

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

Bello, A., López-Pérez J.A.; García, A. 2003. Biofumigación en agricultura extensiva de regadío. Fundación Ruralcaja Alicante y ed. Mundi-Prensa.

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-Pérez, J.A.; Díaz-Viruliche, L. y J. Tello. 2001. Alternatives to methyl bromide for soil fumigation in Spain. In: Labrada, R. (Ed) Report on Validated methyl Bromide Alternatives. FAO, Rome 13 p.

Bonet Gigante, Julio. Desarrollo y caracterización de herramientas Genómicas en *Fragaria* Diploide para la mejora del cultivo. Tesis Doctoral.[On.line]. Barcelona, España: Departamento de Bioquímica y biología molecular Universidad Autónoma de Barcelona, 2010. [Fecha de consulta: Diciembre 2014]. Disponible en:<www.tdx.cat/bitstream/10803/42009/1/jbg1de1.pdf>

Braga, R., Labrada, R., Fornasari, R, y Fratini, N., 2003 Manual para la capacitación de trabajadores de extensión y agricultores. Alternativas al Bromuro de Metilo, para la fumigación de suelos. FAO y PNUMA. En: www.fao.org/docrep/005/Y1806S

Carrasco, J.; Altamirano, S; Droguett, L.; Pastén, F. y J. Olavarría (eds) 2002. Alternativas al bromuro de metilo para la desinfección de suelos en tomate y pimiento. Boletín INIA N° 88. 128 p.

Carrasco, J.; Órdenes, O.; Pastén, F. y L. Silva. 2005b. Vaporización, alternativa al bromuro de metilo para la desinfección de sustratos. Informativo INIA Rayentué N° 5, Rengo, Chile. pp 1-4.

Carrasco, J.; Riquelme, J.; Torres, A. y F. Pastén. 2005a. Vaporización de sustratos para la producción de plántulas de especies hortícolas. Serie de Cartillas proyecto FIA Introducción de alternativas sustentables de reemplazo al bromuro de metilo en la producción de tomates en invernaderos de Colín. INIA, Centro Regional de Investigación Raihuén, Villa Alegre. 8 p.

Ceja-Torres, L.; Mora-Aguilera, G.; Téliz, D.; Mora-Aguilera, A.; Sánchez-García, P.; Muñoz-Ruiz, C.; Tlapal-Bolaños, B. y R. De La Torre-Almaraz. 2008. Ocurrencia de hongos y etiología de la secadera de la fresa con diferentes sistemas de manejo agronómico *Agrociencia* vol.42 no.4. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952008000400008

Chamorro M., Miranda L., Domínguez P., Medina J.J., Soria C., Romero F., López-Aranda J.M., de los Santos B., 2015. Evaluation of Biosolarization for the

control of charcoal rot disease (*Macrophomina phaseolina*) in Strawberry. Crop Prot. 67, 279–286.

Consejo Nacional de Acuerdos de Producción Limpia. APL Cadena Comercial de Berries de la Región del Maule. [On-line]. Santiago, Chile 2014. [Fecha de consulta: Diciembre 2014]. Disponible en: <<http://www.cpl.cl/Acuerdos%28APL%29/sector.php?id=1>>

COSIO G, Fernando; NEGRON B, Mary; GASTO C, Juan y VILLATE G, Juan Luis. 2007. Distritos y Sitios de la Provincia Templada Secoestival Nubosa o Valparaíso: Secano de la Costa. R.C. Suelo Nutr. Veg. vol.7, n.1, pp. 38–61. ISSN 0718–2791.

Cumplido Laso, Guadalupe. functional characterization of strawberry (*Fragaria x ananassa*) fruit-specific and ripening-related genes involved in aroma and anthocyanins biosynthesis. Tesis Doctoral. [On-line]. Córdoba España: Universidad de Córdoba Diciembre de 2012. [Fecha de consulta; Diciembre 2014]. Disponible en:<<http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/9362/2013000000695.pdf?sequence=1>>

Dávalos, P.A.; Aguilar, G.R.; Jofre, A.E.; Hernández, A.R. y Vásquez, N.N. 2011. Tecnología para sembrar viveros de fresa. En: Ríos S.A. (Ed) Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INAFAP) 1º Ed. Celaya, Guanajuato, México, D.F. 153 pp.

Dietl, Walter ; Fernández, Fernando. 2009. Manejo sostenible de paderas. Su flora y vegetación. Boletín INIA N° 187. 188p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Cauquenes, Chile

Diéz Rojo, MA; López Pérez, JA; Urbano Terrón, P; Bello Pérez, A. Biodesinfección de suelos y manejo Agronómico. [on-line]. España, Ministerio del Medio Ambiente, 2010. [Fecha de consulta: Enero 2014). Disponible en:<<http://www.google.cl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=17&ved=0CFAQFjAGOAo&url=http%3A%2F%2Frevistas.um.es%2Findex.php%2Fagroecologia%2Farticle%2FviewFile%2F172%2F153&ei=ePdJVajrAoiigwTdnoG4CA&usq=AFQjCNHGLiy2WnXPeyxAnxzzhpWJDulZrQ&sig2=mKgGHAqRvAOHnnFDPKgo-w<>>>

Dominguez, P; Miranda, L; Soria, C.; de los Santos, B; Chamorro, M; Romero, F; Daugovish, O; Lopez-Aranda, J.M.; Medina, J.J. 2014. Soil biosolarization for sustainable strawberry production. Agronomy for Sustainable Development, 34 (4):

821-829. DOI 10.1007/s13593-014-0211-z.

Dominguez, P.; Miranda, L.; Medina, J.J.; De los Santos, B.; Talavera, M.; Daugovish, O.; Soria, C.; Chamorro, M.; Lopez-Aranda, J.M. 2015. Evaluation of Non-Chemical Soil Fumigation Treatments for Strawberry Production in Huelva (Spain). *International Journal of Fruit Science* (in press).

El Efecto Rayleigh- El Curioso Origen De Las Frutillas, [On-Line]. Agosto 15, 2013. [Fecha De Consulta: Diciembre 2015]. Disponible En; [Https://Elefectorayleigh.Wordpress.Com/2013/08/15/El-Curioso-Origen-De-Las-Frutillas/](https://Elefectorayleigh.Wordpress.Com/2013/08/15/El-Curioso-Origen-De-Las-Frutillas/)

Fang, X.; Kuo, J.; You, M.P.; Finnegan, P. and M. Barbetti. 2012. Comparative root colonization of strawberry cultivars Camarosa and festival by *Fusarium oxysporum* f.sp. *Fragariae*. *Plant Soil* 358:75-89

Fonseca Catalán, Karen Andrea, 2013. Identificación de *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragae* como agriaente causal del marchitamiento vascular en frutillas y efectividad in vitro a ingredientes activos, Santo Domingo, Región de Valparaíso. Tesis UST [Ingeniero Agrónomo].-- Universidad Santo Tomás Escuela de Agronomía. 66 p.

France, A. 2012. Capítulo 10: Enfermedades. Pag. 117-133. En: Reyes, M. y Zschau, B. (eds) Frutilla, consideraciones productivas y manejo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Raihuen. Boletín INIA 252. 153 p.

González Zagal, Catalina. 2013. Frutillas y moras procesadas: la irrupción de los otros berries. Chile, ODEPA (Oficina De Estudios Y Políticas Agrarias). 7 p.

González, H. 2007. Nematodos fitoparásitos que afectan a frutales y vides en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile. Boletín INIA 149, 176p.

González, S. (ed.) 2006. Bromuro de metilo: un fumigante en retirada. Santiago, Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Serie libros INIA N° 20. 174 p.

Guerrero M.M., A. Lacasa, C. Ros, A. Bello, M.C. Martínez, J. Torres, P. Fernández. 2004a. Efecto de la biofumigación con solarización sobre los hongos del suelo y laproducción: fechas de desinfección y enmiendas. En: A. Lacasa, MM. Guerrero, M. Oncina, JA. Mora (Eds). Desinfección de suelos en invernaderos de pimiento.

Publicaciones de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Región de Murcia. Jornadas 16, 209–238.

Guerrero M.M., C. Ros, M.A. Martínez, N. Barceló, M.C. Martínez, P. Guirao, A. Bello, J. Contreras, A. Lacasa. 2004b. Estabilidad en la eficacia desinfectante de la biofumigación con solarización en cultivos de pimiento. *Actas de Horticultura* 42, 20–24.

Guerrero M.M., C. Ros, P. Guirao, M.A. Martínez, M.C. Martínez, N. Barceló, A. Bello, A.Lacasa, J.A. López. 2004c. Biofumigation plus solarisation efficacy for soil disinfection in sweet pepper greenhouses in the Southeast of Spain. *Acta Horticulturae* 698, 293–298.

ICANEX (Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México), 2006, Guía técnica para el cultivo de la fresa. México, Gobierno del Estado de México. 12 p

INDAP (Instituto de Desarrollo Agropecuario). 2010. Cultivo de la Frutilla (Con uso de plástico). INDAP. Santiago. Chile. 9 p.

INE (Instituto Nacional de Estadística), 2014. Compendio estadístico. INE.

INE (Instituto Nacional De Estadísticas). Agropecuarias, Informe Anual. 2012. Chile, INE, 2012. 166 P.

INSTITUTO DE DESARROLLO AGROPECUARIO, 2005. <http://www.indap.gob.cl/extras/estrategias-por-rubros-2005/5region/9FrutillasProduccion.Mercado.pdf> revisado 17-11-14.

J. M. López-Aranda, P. Domínguez, L. Miranda, B. de los Santos, M. Talavera, O. Daugovish, C. Soria, M. Chamorro and J. J. Medina. 2015. Fumigant Use for Strawberry Production in Europe: The Current Landscape and Solutions. *International Journal of Fruit Science* (in press).

Koike STT, Gordon R, Daugovish O, Ajwa H, Bolda M, Subarao K. 2013. Recent developments on strawberry plant collapse problems in California caused by *Fusarium* and *Macrophomina*. *Int J Fruit Sci* 13:76–83. Doi:10.1080/15538362.2012.69700.

Labrada, R. and Fornasari, L. (eds.). 2001. Global Report on Validated Alternatives

to the Use of Methyl Bromide for Soil Fumigation. FAO, Rome. Plant Production and Protection Paper N° 166. 98p.

Lamers, J.G., Runia, W.T., L.P.G. Molendijk, and P.O. Bleeker. 2010. Perspectives of Anaerobic Soil Disinfestation. *Acta Horticulturae*, 883: 277–283.

Maldonado Isaac-. 2014. El Clima En El área agroecológica del Secano Interior en Uribe, Hamil; Pérez, Claudio; Okuda, Yukito. Recursos hídricos y manejo del agua para el desarrollo sustentable del secano. INIA Quilamapu, Chilla, Chile

Maulee. Productores de frutillas dan un gran salto en mejoras en su producción. [On-line]. Maulee. Región del Maule, Marzo, 2012. [Fecha de consulta, Noviembre 2014]. Disponible en: <<http://www.maulee.cl/productores-de-frutillas-dan-un-gran-salto-en-mejoras-en-su-produccion/>>

Michel, V.; Ahmed, H. y Dutheil. A. 2007. La biofumigation, une méthode de lutte contre les maladies du sol. Station de recherche Agroscope Changins, Wädenswil, Suiza.

Ministerio del Medio Ambiente y ONUDI. 2014. Técnicas de producción para el cultivo de tomates protegido, en una realidad sin bromuro de metilo en Chile. MMA, ONUDI. Santiago, Chile. 147 pp.

Nam, M.; Kang Y.; Lee I.; Kim H y Chun C. 2011. Infection of daughter plants by *Fusarium oxysporum* sp. *Fragaria* through runner propagation of strawberry. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* Vol. 29(3):273–277.

Neshev, G., 2008. Major soil-borne phytopathogens on tomato and cucumber in Bulgaria, and methods for their management. En: Labrada (Ed.) Alternatives to replace methyl bromide for soil-borne pest control in east and central Europe. Manual. FAO/UNEP. Rome, Italy. pp 94.

Pefaur Lepe, Javiera. 2014. El mercado de las frutillas. OFICINA DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS AGRARIAS. www.odepa.gob.cl Autor: Frutilla, Agroindustria, Berries

Pesticide Manual, 11th Edition. The British Crop Protection Council, Farnham, Surrey, United Kingdom, 1997.

Portal Frutícola. La irrupción de las frutillas y moras congeladas 2013. [On-line].

Santiago de Chile, Septiembre 2013. [Fecha consulta: Octubre 2014]. Disponible en: <<http://www.portalfruticola.com/2013/09/10/la-irrupcion-de-las-frutillas-y-moras-congeladas/?pais=chile>>

Portal frutícola. Oportunidades en la creciente industria mundial de frutilla. [On-line]. Santiago de Chile, agosto de 2014. [Fecha consulta: Octubre 2014]. Disponible en: <<http://www.portalfruticola.com/2014/08/26/oportunidades-en-la-creciente-industria-mundial-de-frutilla/?pais=chilewww.portalfruticola.com>>

Prados-Rosales, R. Luque-Garcia, J.L. Martínez-Lopez R.; Gil, C. y A. Di Pietro. 2009. The *Fusarium oxysporum* cell wall proteome under adhesion-inducing conditions. *Proteomics* 20:4755-4769.

PROCHILE. 15 de Noviembre 2009. Estudio de mercado frutillas y frambuesas congeladas - Estados Unidos. [On-line]. ProChile Miami, 2009. [fecha consulta: Octubre 2014]. Disponible en:<http://www.chilealimentos.com/medios/Servicios/noticiero/EstudioMercadoCuyuntura2009/Congelados/miami_berries_CONGELADAS_2009_octubre_prochile.pdf>

Producción Agraria Ecológica (Pae). La biofumigación, método biológico de control de patógenos del suelo, ficha técnica 11 Red On-line]. Generalitat de Catalunya | Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca, Alimentación y Medio Natural, España, 2010. [Fecha de consulta: Diciembre 2014]. Disponible en < <http://www.redagricola.com/reportajes/frutales/vivero-llahuen-el-segundo-mayor-vivero-de-frutillas-del-planeta>>

Red Agrícola. Vivero Llahuén: El Segundo Mayor Vivero de Frutillas del Planeta. Reportaje.[On-line]. Red agrícola, Chile, 2012. [Fecha de consulta: Diciembre 2014]-Disponible en < <http://www.redagricola.com/reportajes/frutales/vivero-llahuen-el-segundo-mayor-vivero-de-frutillas-del-planeta>>

Rodríguez Bustamante, Melany Patricia. 2013.Control químico de *Fusarium oxysporum* f. sp *fragariae* en el cultivo de frutilla (*Fragaria* X *Ananassa*). Tesis UST [Ingeniero Agrónomo].-- Universidad Santo Tomás Escuela de Agronomía. 80 p.

Sanchez, S.; Gambardella, M.; Henríquez, L.L. y I. Díaz, 2013. First Report of Crown Rot of Strawberry Caused by *Macrophomina phaseolina* in Chile. En <http://aps-journals.apsnet.org/doi/abs/10.1094/PDIS-12-12-1121-PDN> revisado 5-1-15.

Servicio Agrícola y Ganadero. División de Protección Agrícola y Forestal. [en línea]. SAG, Chile. Disponible: <http://www.sag.gob.cl/ambitos-de-accion/plaguicidas-y-fertilizantes/78/publicaciones>

Schultz Soriano, Gonzalo Pablo. 2010. Plan De Negocio Para Planta De Congelado De Berries En La Vii Región. Tesis (Ingeniero Civil Industrial), Departamento De Ingeniería Industrial, Facultad De Ciencias Físicas Y Matemáticas Universidad De Chile 160 P.

Shennan, C., Muramoto, J., Lamers, J., Mazzola, M., Roskopf, E.N., Kokalis-Burelle, N., Momma, N., D.M. Butler, and Y. Kobara. 2014. Anaerobic Soil Disinfestation for soil borne disease control in Strawberry and Vegetable systems: Current knowledge and Future directions. *Acta Horticulturae*, 1044: 165-175.

SOQUIMICH. 2006. Cultivo estratégico de berries. Fundamentos Básicos de la nutrición vegetal aplicados a la producción de berries. 25 p.

Sudzuki, F. 2002. Cultivo de Frutales Menores. 6ª Edición, Editorial Universitaria. 198p

Téllez Lezama, Félix y Salmerón Delgado, Lenin. Efecto de cuatro niveles de fertilización orgánica sobre tres variedades de fresa (*Fragaria* Spp.). En las Sabanas, Madriz. Trabajo de Diplomado (Ingeniero Agrónomo Generalista), Facultad De Agronomía Escuela De Producción Vegetal Universidad Nacional Agraria. [On-line]. Managua, Nicaragua, 2007. [Fecha de consulta: Abril, 2015]. Disponible en: http://www.google.cl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CCkQFjAC&url=http%3A%2F%2Fdepartir.net%2Findex.php%2Fbiblioteca%2Fdoc_view%2F115-efecto-de-cuatro-niveles-de-fertilizacion-organica-sobre-tres-variedades-de-fresa-Fragaria-spp-en-las-sabanas-madriz&ei=Sr9IVarvEMGJNuvkgFA&usg=AFQjCNGs1yXaEXSJmcUya03vcdt-5Vi40g&sig2=5yryUCOviAsipGteF_sRVQ>

Tello, J.C. 2010. El suelo como "ente vivo" y su relación con las enfermedades de las plantas. Dentro de: I Jornadas de agricultura ecológica y agroecología en la Escuela Superior de Agricultura de Barcelona. 13 y 14 de mayo de 2010. Organiza: Grup d'AgroEcologia del ESAB y ICE. [en línea: <http://www.esab.upc.edu/desab/>].

Tesser, Claudio. 2013 El agua y los territorios hídricos en la Región Metropolitana de Santiago de Chile. Casos de estudio: Tiltil, Valle de Mallarauco y San Pedro de Melipilla. Estudios Geográficos Vol. LXXIV, 274, pp. 255–285. Enero–junio 2013. ISSN: 0014–1496. eISSN: 1988–8546. doi: 10.3989/estgeogr.201309

Torres, A. 2006. Enfermedades de la frutilla. INIA Raihuén Informativo 19. 2p.
Valenzuela Díaz, Lizzie Marcela. 2007. Evaluación de un ensayo de riego y fertilización de Quillay (Quillaja Saponaria mol.), en la comuna de San Pedro, provincia de Melipilla, Región Metropolitana. Memoria Título (Ingeniero Forestal) Escuela de Ciencias Forestales. Departamento de Silvicultura. Universidad de Chile. Facultad de ciencias forestales. 74 p

Verdugo González, Wilmer Lenin. Introducción De Dos Variedades De Fresa (*Fragaria Vesca*) Y Técnica de Fertirrigación Empleando Cuatro Biofertilizantes Líquidos En Pablo Sexto–Morona Santiago. Tesis (Maestría En Gestión De La Producción De Flores y Frutas Andinas Para Exportación). Facultad De Ingeniería Agronómica Centro De Estudios De Posgrado Universidad Técnica De Ambato [On-line] Ambato – Ecuador, 2012. [Fecha de consulta Diciembre 2014]. [Disponible en: < [Villagrán, V. 2012a, Requerimientos agroclimáticos. IN: Reyes M, Marisol y Zschau V, Benjamin, Frutilla, consideraciones productivas y manejo. Chile, INIA. Boletín: 252. Pp 31–42.](http://www.google.cl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB8QFjAA&url=http%3A%2F%2F repositorio.uta.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F1677%2F1%2Ftesis-004%2520Gesti%25C3%25B3n%2520de%2520la%2520prod.%2520de%2520flores%2520y%2520Frut.....pdf&ei=ejJIVcyvEsucNtPTgbAE&usg=AFQjCNHRQF8YcinmNlnSEGL83MBqyTh9oA&sig2=EkBdX7Ee3NnkLQeLDp267Q&bvm=bv.92291466,d.eXY></p></div><div data-bbox=)

Villagrán, V. 2012b. Fertilización y riego. IN: Reyes M, Marisol y Zschau V, Benjamin, Frutilla, consideraciones productivas y manejo. Chile, INIA. Boletín: 252. Pp 95–104

Villagrán, V. 2012c. Morfología y fisiología. IN: Reyes M, Marisol y Zschau V, Benjamin, Frutilla, consideraciones productivas y manejo. Chile, INIA. Boletín: 252. Pp 31–42.

Villagrán, V.; Legarraga D. Michel ; Zschau V Benjamin. 2010. CULTIVO DE LA FRUTILLA: ESTABLECIMIENTO Y POST-PLANTACIÓN– Chile, Departamento Técnico

Agrícola Llahuen. 10 p.

Villagrán, V.; Zschau, Benjamin 2012. Establecimiento y Plantación, IN: Reyes M, Marisol y Zschau V, Benjamin, Frutilla, consideraciones productivas y manejo. Chile, INIA, Boletín: 252. pp 43-62.

Villagrán, V.; Zschau, Benjamin 2012. Post plantación, IN: Reyes M, Marisol y Zschau V, Benjamin, Frutilla, consideraciones productivas y manejo. Chile, INIA, Boletín: 252. pp 89-94.

Zschau, Benjamin; Legarraga, Michel. 2012. Variedades, IN: Reyes M, Marisol y Zschau V, Benjamin, Frutilla, consideraciones productivas y manejo. Chile, INIA, Boletín: 252. pp 63-74.



CULTIVO DE FRUTILLA EN UNA REALIDAD SIN BROMURO DE METILO EN CHILE

