

# MANUAL DE GESTIÓN

METAM-SODIO Y METAM-POTASIO



**EASTMAN**

# MANUAL DE GESTIÓN

METAM-SODIO Y METAM-POTASIO

**EASTMAN**



3. Modo de aplicación de metam para la desinfección de los suelos .....	16	5.3.2.3. Prueba de humedad del suelo .....	31
3.1. Inyección .....	16	5.3.3. Temperatura del suelo .....	32
3.1.1. Inyección por tubo .....	16	5.3.4. Desmenuzamiento del suelo .....	33
3.1.2. Inyección mediante pata de ganso o mediante azada .....	17	5.4. Aplicación del desinfectante .....	33
3.1.3. Ilustración de la maquinaria montada en tractor .....	18	5.4.1. Pasos preliminares .....	33
3.1.4. Punto de inyección localizada .....	18	5.4.1.1. Comprobación de condiciones meteorológicas .....	33
3.2. Riego por goteo .....	18	5.4.1.2. Transferencia del producto .....	34
Resumen del capítulo 3 .....	21	5.4.2. Aplicación de metam .....	35
4. Medidas para mejorar la actividad biológica del metam y el MITC .....	22	5.4.2.1. Inyección en suelo .....	35
4.1. Compactación del suelo .....	22	5.4.2.2. Aplicación de riego por goteo .....	36
4.2. Sello de agua .....	23	5.4.3. Advertencias y señales de advertencia .....	36
4.3. Película Plástica .....	24	5.5. Período de reingreso .....	37
4.3.1. Generalidades y clasificación .....	24	5.6. Limpieza de material y desecho de los recipientes .....	37
4.3.2. Coberturas plásticas como parte de estrategias de MIP .....	25	5.7. Remoción de la película plástica y/o aireación del suelo .....	38
4.3.3. Cuidado de las coberturas plásticas instaladas para la		5.8. Limpieza del equipo de protección personal (EPP) .....	39
desinfección de suelos .....	25	5.9. Normas generales sobre el uso de filtros de cartucho .....	39
4.3.4. Modos de instalación de coberturas plásticas .....	26	5.10. Control de MITC residual .....	40
Resumen del capítulo 4 .....	27	5.10.1. Comprobación del entorno de trabajo para determinar	
5. Gestión de la desinfección de suelos con metam .....	28	condiciones de seguridad .....	40
5.1. Almacenamiento y manipulación .....	28	5.10.1.1. Detección de fotoionización (P.I.D.) .....	40
5.1.1. Almacenamiento .....	28	5.10.1.2. Tubos de detección .....	40
5.1.2. Manipulación .....	28	5.10.2. Comprobación de los posibles riesgos de fitotoxicidad	
5.2. Comprobación de las condiciones locales .....	29	después de la desinfección y la aireación del suelo .....	41
5.3. Preparación del suelo .....	30	Resumen del capítulo 5 .....	43
5.3.1. Eliminación de restos vegetales de cultivos anteriores .....	30	Apéndices .....	44
5.3.2. Humedad del suelo .....	30	Abreviaturas .....	44
5.3.2.1. Humectación previa para sensibilización		Glosario .....	44
de organismos objetivo .....	30	Aviso importante .....	46
5.3.2.2. Humedad del suelo al momento de la aplicación .....	31	Aviso legal .....	47

# INTRODUCCIÓN

El almacenamiento, manipulación y aplicación de productos de desinfección de suelos para uso agrícola como metam-sodio y metam-potasio requieren conocimientos tanto sobre el comportamiento específico de estos productos como el del ingrediente activo-gas volátil-generado luego de la aplicación del producto.

Tener conocimientos básicos de desinfección de suelos en general y de los factores relacionados permite un enfoque racional para el uso de diferentes técnicas de aplicación de estos productos de acuerdo a condiciones específicas.

El objetivo de este manual es la verificación de las condiciones y las medidas a adoptar en las distintas etapas de manipulación y uso, incluido el período después del tratamiento, tomando como referencia las normas y recomendaciones existentes.

Cada capítulo contiene la información necesaria para ayudar a comprender cómo y por qué se deben cumplir las medidas generales y específicas, una descripción detallada de las medidas correspondientes y un resumen de lo más destacado.

# 1. PRINCIPIOS DE DESINFECCIÓN DE SUELOS

## 1.1. LOS SUELOS Y POR QUÉ SE DESINFECTAN

El suelo es un material poroso complejo compuesto por minerales y compuestos orgánicos que ofrece un biotopo tanto para organismos beneficiosos así como para los patógenos de las plantas.

Las partículas minerales y el material orgánico del suelo están presentes en diferentes formas y cantidades originando la estructura granular más fina o más gruesa, fenómenos de sorción y los espacios inter /intragranular (poros) permitiendo el transporte del agua y el gas.

Algunos organismos que habitan en el suelo son beneficiosos, tales como bacterias nitrificantes. Sin embargo, los organismos patógenos de los cultivos (que se encuentran particularmente en suelos con insuficiente rotación de cultivos) pueden ser causa de enfermedades en cultivos que crecen en dichos suelos. Las poblaciones de organismos del son plaga de cultivos como los nemátodos pueden aumentar más allá del umbral de daño de los cultivos. Otros tipos de organismos que constituyen una amenaza para los cultivos son las malezas y sus semillas y/o estructuras sobrevivientes en el suelo. Después de la cosecha, los restos vegetales y la presencia de raíces de las plantas que no se han eliminado totalmente aumentan el riesgo de agentes patógenos vegetales u organismos que sobreviven en el suelo. Dependiendo del tipo de cultivo, diferentes organismos de riesgo sobreviven en profundidades específicas mayores o menores. Una solución para controlar estas

plagas es la aplicación de fungicidas, nematicidas o herbicidas en el suelo. Sin embargo, muy pocos de los productos fitosanitarios disponibles en la actualidad son adecuados para el tratamiento de suelos. Muchos de ellos necesitan tratamientos repetidos en los cultivos y presentan un peligro potencial debido a la acumulación de residuos en la cosecha.

La desinfección de suelos como una medida previa al cultivo es una solución más adecuada. La mayoría de los desinfectantes de suelos tienen actividad de amplio espectro, es decir, a menudo son fungicidas, nematicidas y herbicidas y, en función de la modalidad o técnica de aplicación, pueden alcanzar y tratar capas del suelo más profundas de acuerdo a las necesidades.

La siguiente tabla muestra la distribución en profundidad más probable de los agentes patógenos transmitidos por el suelo y organismos plaga.

## PROFUNDIDAD DEL SUELO DE DIVERSAS ENFERMEDADES Y PLAGAS VEGETALES (Da: Mappes, D., 1995, Acta Horticulturea 382: 96-103)

PROFUNDIDAD DEL SUELO (CM)	ORGANISMOS PLAGA O CAUSANTES DE ENFERMEDADES
0 - 20	<i>Pythium</i> spp., <i>Phytophthora citricola</i> Bacteria ( <i>Erwinia</i> , <i>Pseudomonas</i> ) Nematodos libres: ( <i>Longidorus</i> , <i>Pratylenchus</i> , <i>Paratylenchus</i> )
20 - 40	<i>Sclerotium cepivorum</i> , <i>Rhizoctonia</i> spp., <i>Phoma</i> spp., <i>Didymella lycopersici</i> <i>Phytophthora fragariae</i> , <i>Verticillium albo-atrum</i> , <i>Plasmodiophora brassicae</i> <i>Thielaviopsis</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Pyrenochaeta lycopersici</i> Nematodos que generan nudos o agallas de raíz ( <i>Meloidogyne</i> ) Nematodos formadores de quistes ( <i>Heterodera</i> )
40 - 60	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>Corticium solani</i>
> 60	<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Rosellinia necatrix</i>

No hay un límite claro en la aparición de plagas o enfermedades en diferentes profundidades del suelo, pero el mayor riesgo de plagas o enfermedades vegetales depende también de la profundidad de las raíces del cultivo previsto. Las profundidades de enraizamiento de diferentes especies vegetales también ilustran el riesgo de raíces.

## PROFUNDIDADES DE ENRAIZAMIENTO DE DIVERSAS ESPECIES VEGETALES

[Ampliada de: Mappes, D., 1995, Acta Horticulturea 382: 96-103]

ZONA	PROFUNDIDAD DEL SUELO (CM)	ESPECIES VEGETALES
Superficial	0-20	Lechuga, guisantes, pepinos, zanahorias, rábanos, cebolla, maní
Mediana	20-40	Patatas, espinacas, puerros, apio, fresas, frijoles, pimientos y tomate
Profunda	> 40	Coliflor tardía, coles de Bruselas

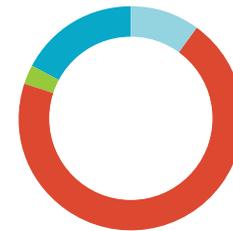
## 1.2. CONCEPTOS BÁSICOS DE DESINFECCIÓN

### DE SUELOS

#### 1.2.1 LOS COMPARTIMIENTOS DEL SUELO Y SU FUNCIÓN

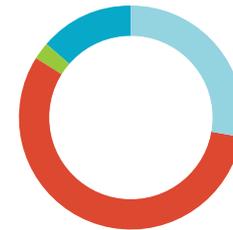
El suelo tiene 4 grandes compartimientos: (1) una fracción mineral sólida, (2) una fracción orgánica sólida, (3) aire en el espacio entre los sólidos y dentro de los terrones y (4) agua en el suelo que forma una película alrededor de partículas sólidas, que parcialmente llena entre dichas partículas.

La presencia de poros facilita la difusión de gases y en consecuencia la actividad del desinfectante a determinada distancia desde el punto de aplicación, aunque el ulterior escape del gas activo al aire generará una aplicación deficiente (véase más abajo: ct-valor del producto de o concentración en función del tiempo). El aumento del espacio poroso en el suelo a desinfectar se logra mediante el laboreo y desmenuzando del suelo. Los gráficos siguientes muestran el efecto del laboreo del suelo en el espacio poroso (celestre):



**Compartimientos del suelo (% volumétrico) antes del trabajo**

■ Aire  
■ Fracción sólida mineral  
■ Fracción sólida orgánica  
■ Agua



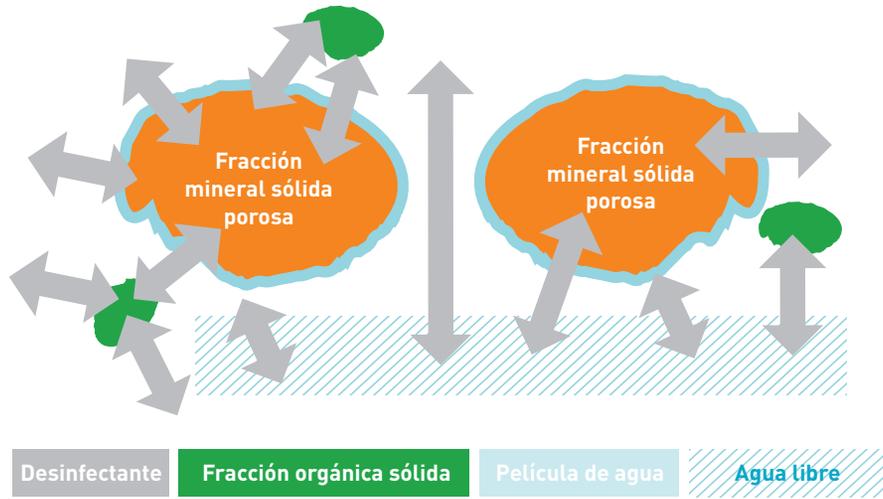
**Compartimientos del suelo (% volumétrico) después de la labranza**

■ Aire  
■ Fracción sólida mineral  
■ Fracción sólida orgánica  
■ Agua

El trabajo del suelo también puede dar lugar a un efecto de chimenea tras la aplicación de un desinfectante. Como se explica más adelante, en la sección modo de aplicación, el riesgo de pérdida prematura de desinfectante se debe reducir o incluso evitar mediante la compactación de la capa superior de suelo, humectación o sellado del suelo con una cobertura plástica.

Los minerales como la arcilla y la presencia de materia orgánica determinarán la sorción de gases activos. Los niveles altos de las dos categorías de sólidos pueden requerir el aumento de la dosis efectiva. El agua en el suelo disolverá los

productos desinfectantes y, en caso de abundante cantidad de agua en el suelo, se bloqueará la difusión eficaz del desinfectante a través del mismo. Esto es distinto en el caso de la película de agua que rodea los sólidos en cuyo caso el intercambio permanente entre la fase líquida y el gas permite el transporte a mayor distancia como se muestra a continuación:



### 1.2.2. LOS DESINFECTANTES Y SU TRANSPORTE/MIGRACIÓN EN EL SUELO

La determinación de la distancia de transporte o migración de los gases desde el punto de aplicación del desinfectante, aplicado con una concentración lo suficientemente alta, se realiza a través de estudios de monitoreo químico (analizadores de gas y muestreo de gas para posterior análisis de cromatografía gaseosa) como a mayor profundidad, introduciendo materiales biológicos (culturas de hongos, nematodos o semillas). El reaislamiento de esos materiales y la determinación de su crecimiento luego de incubación sobre un medio específico o bien realizando conteos luego del

período necesario de contacto con el desinfectante, puede ilustrar sobre su eficacia.

Además de los factores sobre la actividad desinfectante que se detallan a continuación, las propiedades del gas desinfectante determinan el transporte en el suelo ya que su estructura química y tamaño molecular determinarán la sorción, la solución y la difusión a través de microporos, y las propiedades físicas como la presión de vapor y densidad del gas determinarán la dispersión en la atmósfera del suelo a través de los poros más grandes y canales de aire.

### 1.2.3. FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA ACTIVIDAD DESINFECTANTE

#### 1.2.3.1. HUMEDAD DEL SUELO

Es la humedad necesaria para sensibilizar a los organismos objetivo al hacerlos (más) activos antes del tratamiento del suelo y para regular los procesos de difusión del desinfectante. Es necesario que haya suficiente humedad para evitar el desarrollo de estructuras de supervivencia más resistentes al estrés, como esclerocios o esporas resistentes que son menos sensibles a los desinfectantes de suelos, como en el caso de patógenos fúngicos en el suelo. El mejor rendimiento del desinfectante se logra dentro de determinados límites de capacidad de retención de agua (WHC, por sus siglas en inglés). Es difícil determinar el valor óptimo ya que debe demostrarse empíricamente en cada una de las parcelas a tratar dependiendo del cultivo.

Una recomendación general de la humedad del suelo en el momento de la aplicación se encuentra entre el 50% y el 75% de WHC en función del tipo de suelo y el producto. En el caso del metam, se recomienda un 60% de WHC.

Cuando se describan las etapas operacionales de la aplicación se detalla una guía para realizar evaluación en el terreno sin necesidad de instrumentos para determinar la humedad real del suelo.

### 1.2.3.2. TEMPERATURA DEL SUELO

Los gases y, por lo tanto, también los desinfectantes, tienden a ocupar el máximo espacio disponible en un ambiente cerrado y tienden a expandirse más con el aumento de temperatura. En un ambiente cerrado, la presión aumentará con el incremento de la temperatura. La volatilidad de un gas fumigante depende de la presión de vapor que a su vez depende de la temperatura.

La temperatura determina también la solubilidad del desinfectante en la fase acuosa del suelo y el equilibrio del intercambio de gases entre la fase líquida y gas, así como los fenómenos de adsorción y desorción en la fase sólida del suelo.

La actividad de los organismos objetivo y su sensibilidad a los desinfectantes del suelo también dependerá de la temperatura.

La temperatura del suelo adversa (demasiado alta o demasiado baja) puede dar lugar a una desinfección a primera hora de la mañana o en las últimas horas de la tarde o noche para evitar el riesgo de pérdida prematura del desinfectante aplicado en temperaturas demasiado altas o cuando se ha decidido llevar a cabo una aplicación retardada para evitar la baja actividad a una temperatura demasiado baja.

### 1.2.3.3. CONTENIDO DE ARCILLA

La arcilla o minerales de la arcilla presentan en particular una fuerte capacidad de adsorción para la mayoría de los productos químicos ya que a menudo están cargadas eléctricamente y pueden mostrar espacios para la retención de moléculas dentro de su estructura en capas. En el caso de desinfección de suelos, a veces es necesario aumentar considerablemente la dosis (p.ej. el doble de la dosis estándar) para lograr resultados eficaces de tratamiento de suelo. El aumento de la dosis a veces se puede resolver solamente mediante el tratamiento de suelo en bandas con una alta dosis si el tipo de sistema de cultivo o la configuración del campo lo permite.

En algunos países las etiquetas de los productos especifican las tasas de dosis en función de suelos "livianos" o "pesados".

### 1.2.3.4. CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA

El contenido de materia orgánica en el suelo es principalmente el resultado de la presencia de cultivos anteriores. Como norma general, se debe retirar la mayor parte posible de los restos vegetales de cultivos anteriores (es decir, partes aéreas y raíces) antes de la desinfección de suelos y el próximo cultivo. Esto es para evitar la pérdida de producto debido a la sorción de los gases sobre los restos vegetales, y para eliminar los restos vegetales posiblemente afectados por plagas o enfermedades.

Se reconoce que, a partir de un contenido de materia orgánica de un 5-6%, podría ser necesario aumentar la dosis del desinfectante en un 50%. Si es posible, y según el tipo de cultivo o plagas y enfermedades, la aplicación o tratamiento por bandas a una profundidad menor podría reducir la dosis con relación a la dosis normal.

Siempre siga los reglamentos locales acerca de dosificación.

### 1.2.3.5. ENMIENDAS O CORRECTIVOS

Los agricultores tienden a incluir correctivos cuando preparan el suelo de un invernadero o un campo para cultivo. Con frecuencia se plantea la pregunta de si el agregado de correctivos se puede llevar a cabo al mismo tiempo que la desinfección de suelos. El aumento del contenido de materia orgánica en el perfil del suelo puede calcularse fácilmente; el correctivo a 20 ton/ha incorporado sobre 20 cm de perfil de suelo se corresponde con aproximadamente un 1% de incremento de la materia orgánica suponiendo que la densidad de suelo sea aproximadamente igual a  $1\text{g/cm}^3$

Añadir estiércol o abono verde justo antes de la desinfección no es recomendable y se requerirá una mayor dosis de desinfectante cuando se supera el 5-6 % de materia orgánica. Su agregado, por ejemplo, un mes antes de la aplicación del desinfectante puede permitir que los materiales orgánicos se descompongan si la temperatura del suelo y el contenido de humedad son favorables. Si se prevé la aplicación de este tipo de materiales tras la desinfección de suelo, se deberá cuidar que no contengan agentes patógenos o plagas vegetales.

### 1.2.3.6. DOSIS E IMPERMEABILIZACIÓN DEL SUELO

Las dosis para la desinfección de suelos se obtienen mediante estudios de tasas de dosis, pero para la aplicación en el suelo dependerá además del tipo de suelo y el perfil (profundidad) del mismo a tratar con respecto al hábitat objetivo y la profundidad de las raíces del cultivo previsto.

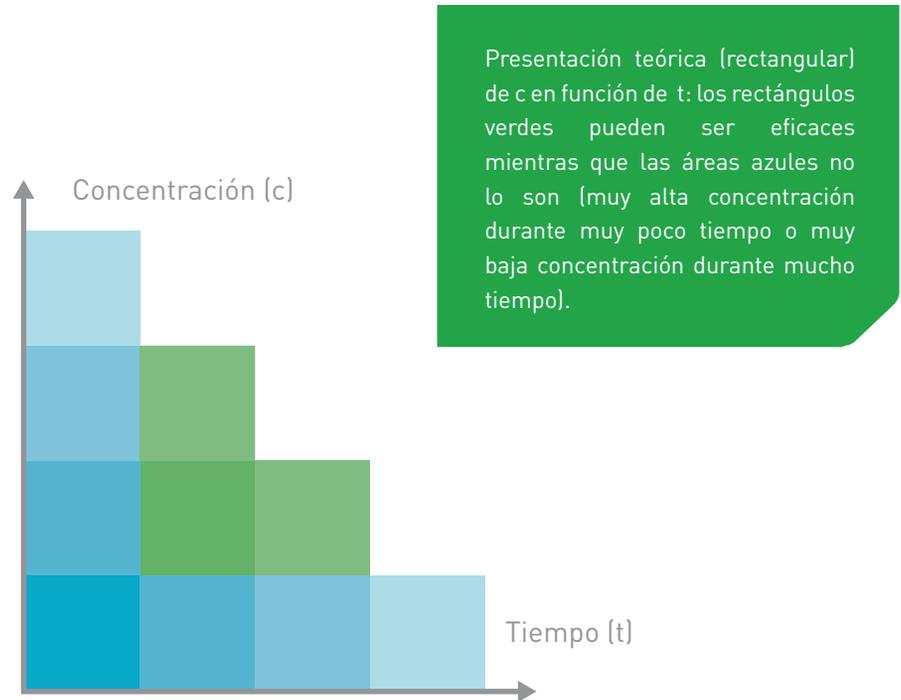
Las dosis máximas registradas puede presentar algunas problemáticas de tratamiento profundo ya que se expresan en términos de peso o volumen por unidad de superficie (kg o l/ha o g o ml/m<sup>2</sup>). En este caso, como ya se ha sugerido en los puntos 1.2.3.3 y 1.2.3.4, una posible solución sería la aplicación en bandas .

La impermeabilización o sellado del suelo mediante películas plásticas puede tener una enorme influencia ya que la consiguiente reducción de la pérdida de desinfectante durante el período de desinfección necesario permite tasas de dosis reducidas en comparación con por ejemplo, la rodadura de extensión de los pocos centímetros de la capa superior del suelo.

### 1.2.3.7. TIEMPO DE EXPOSICIÓN Y EL CONCEPTO DE CONCENTRACIÓN POR TIEMPO

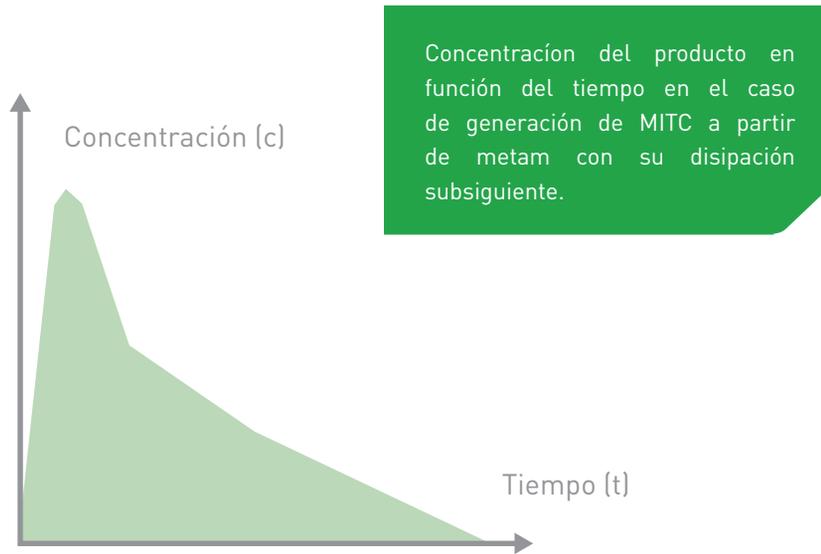
El control de los organismos se realiza efectivamente cuando la concentración real del desinfectante es lo suficientemente alta, durante un período lo suficientemente

prolongado bajo determinadas condiciones de humedad y temperatura. La eficacia suele expresarse en concentración del producto por tiempo (gramos por m<sup>3</sup> x hora). Esto se podría visualizar gráficamente mediante un rectángulo con la concentración como la altura y el tiempo como la base.



En el caso de la generación del MITC (metil isotiocianato) a partir del metam, hay una acumulación rápida de una concentración máxima (pico) de MITC seguida de una disminución a medida que MITC empieza inmediatamente a disiparse (expansión, sorción y degradación o metabolismo de gases). Esto significa que la presencia de desinfectante ya sea en concentraciones muy bajas durante un período muy largo o en concentraciones muy altas durante un período muy corto puede no ser eficaz.

El siguiente gráfico ilustra los casos prácticos en los cuales la disipación gradual del desinfectante es tomada en cuenta.



### 1.2.3.8. RECONTAMINACIÓN DE LOS SUELOS TRATADOS

Es preciso prestar atención a la prevención de la recontaminación de campos tratados con agentes patógenos provenientes de maquinarias sucias o de las botas de los trabajadores que los transportan de un campo a otro.

# RESUMEN DE CAPÍTULO 1

## PRINCIPIOS DE DESINFECCIÓN DE SUELOS

- Las plagas y enfermedades de las plantas se pueden originar en el suelo. En este caso se llaman plagas del suelo.
- El resultado de la desinfección de suelos o el rendimiento del fumigante depende del “producto concentración en función del tiempo”; es decir, la necesidad de mantener una concentración lo suficientemente alta de compuesto de gases activos durante un período mínimo.
- Hay muchos factores que afectan al rendimiento del fumigante y que pueden determinar la elección de la dosis como: humedad del suelo, temperatura del suelo, contenido de arcilla del suelo, contenido de materia orgánica del suelo, las correcciones orgánicas, pH del suelo, sellado del suelo.
- Se debe mantener una higiene básica a fin de evitar la recontaminación de suelos tratados por agentes patógenos.

# 2. DESINFECTANTES DE SUELO A BASE DE METAM Y SUS PRINCIPALES COMPUESTOS GASEOSOS ACTIVOS

12 | 2.Desinfectantes de suelo a base de metam y sus principales compuestos gaseosos activos

## 2. 1. GENERALIDADES

Metam-sodio y metam-potasio son sales de N-metilditiocarbamato. Se encuentran disponibles comercialmente en soluciones acuosas. Sus fórmulas estructurales son:



Aplicado al suelo, inicia su descomposición en metil isotiocianato (MITC), disulfuro de carbono, sulfuro de hidrógeno y otros en función del pH del suelo.

MITC es el principal producto activo en estado gaseoso de la descomposición de metam y puede actuar como un desinfectante del suelo de amplio espectro.

Los productos de metam son corrosivos y con el fin de garantizar el buen funcionamiento de los dispositivos de aplicación y evitar fugas, lo que garantiza así la seguridad del almacenamiento, la manipulación y la transferencia de productos, se deberán usar los materiales más adecuados para su contacto con metam. La siguiente tabla ofrece una descripción general de materiales compatibles e incompatibles.

### DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS MATERIALES COMPATIBLES E INCOMPATIBLES CON METAM

COMPATIBLE	INCOMPATIBLE
Polietileno de alta densidad (HDPE), polipropileno, poliamida (nylon 6), politetrafluoroetileno (PTFE, Teflón)  Elastómero fluorado (Viton*)  Fibra de vidrio  Acero inoxidable	Cobre, acero dulce, aluminio, latón  Acero galvanizado y zinc  Policloruro de vinilo (PVC)  Caucho de nitrilo butadieno (NBR, Buna-N)  Caucho monómero de etileno propileno dieno (EPDM)  Caucho de polietileno clorosulfonado (CSPE, Hipalón)  Neopreno, caucho butilo  Polietileno de baja densidad (LDPE).
<hr/> *a reemplazarse gradualmente	

## 2.2. CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DE LOS

### PRODUCTOS A BASE DE METAM

#### 2.2.1. METAM-SODIO Y METAM-POTASIO

PROPIEDAD	METAM-SODIO	METAM-POTASIO
Contenido de ingrediente activo	510 g/l o 42,1% p/p	690 g/l o 54% p/p
Tipo de formulación (código)	SL (miscible con agua)	SL (miscible con agua)
Presión de vapor del ingrediente activo	5,75 x 10 <sup>-2</sup> Pa a 25 °C Moderadamente volátil	Moderadamente volátil
Volatilidad a partir del agua (La constante de la ley de Henry)	8,34 X 10 <sup>-6</sup> Pa m <sup>3</sup> /mol a 20 °C Poco volátil a partir del agua	
Temperatura de descomposición del ingrediente activo	150 °C	150 °C
Vida útil de la formulación	2 años a temperatura ambiente	2 años a temperatura ambiente
Estabilidad de dilución	Estable después del almacenamiento acelerado (14 días a 54 °C)	

#### 2.2.2. METIL ISOTIOCIANATO (MITC)

PROPIEDAD	VALOR
Presión de vapor	1739 Pa a 20 °C Sustancia altamente volátil
Solubilidad en agua	8,94 g/l a 20 °C y pH 7,5 Muy soluble en agua
Volatilidad a partir del agua (Constante de la ley de Henry)	14,2 Pa m <sup>3</sup> /mol a 20 °C Moderadamente volátil a partir del agua
Densidad del gas (aire = 1,0)	2,5

Las descripciones generales de las propiedades demuestran el comportamiento favorable de estabilidad, solubilidad y volatilidad de los productos de metam, así como la capacidad desinfectante del MITC activo generado.

#### 2.2.3. ACTIVIDAD BIOLÓGICA COMO DESINFECTANTES DE SUELO

Los productos de metam son desinfectantes de suelo de amplio espectro. Las actividades registradas abarcan el gran grupo de los nematodos, hongos y malezas. También se conoce que metam y MITC controlan algunas etapas de insectos plagas transmitidas por el suelo. Leer detenidamente y seguir estrictamente los objetivos y use las instrucciones, como se indica en la etiqueta del producto y/o en el panfleto.

En la siguiente tabla se resumen ejemplos de diferentes especies entre estos grupos.

NEMATODOS	HONGOS	MALEZAS
<b>Nematodos que generan anguilulosis de raíz:</b>	<i>Botrytis spp.</i>	<i>Amaranthus spp.</i>
- <i>Meloidogyne spp.</i>	<i>Fusarium spp.</i>	<i>Galium aparine</i>
<b>Nematodos formadores de quistes:</b>	<i>Phialophora spp.</i>	<i>Malva spp.</i>
- <i>Globodera spp.</i>	<i>Phoma spp.</i>	<i>Matricaria spp.</i>
- <i>Heterodera spp.</i>	<i>Phytophthora spp.</i>	<i>Mercurialis annua</i>
<b>Nematodos libres:</b>	<i>Pythium spp.</i>	<i>Poa annua</i>
- <i>Paratylenchus spp.</i>	<i>Rhizoctonia spp.</i>	<i>Senecio spp.</i>
- <i>Pratylenchus spp.</i>	<i>Sclerotinia spp.</i>	<i>Solanum spp.</i>
- <i>Rotylenchus spp.</i>	<i>Verticillium spp.</i>	<i>Sorghum halepense</i>
- <i>Trichodorus spp.</i>	<i>Aphanomyces spp.</i>	<i>Stellaria spp.</i>
<b>Nematodos de tallo:</b>	<i>Macrophomina spp.</i>	<i>Taraxacum officinale</i>
- <i>Ditylenchus spp.</i>	<i>Sclerotium spp.</i>	<i>Portulaca spp.</i>
- <i>Aphelencooides spp.</i>	<i>Monosporascus spp.</i>	<i>Orobanche spp.</i>
	<i>Thielaviopsis spp.</i>	<i>Cuscuta spp.</i>
		<i>Echinocloa spp.</i>
		<i>Polygonum spp.</i>
		<i>Chenopodium spp.</i>
		<i>Cirsium spp.</i>

## 2.3. LA PRESENCIA NATURAL DE MITC Y OTROS

### ISOTIOCIANATOS

MITC y muchos otros isotiocianatos (ITC) se generan mediante la maceración de cultivos específicos (p. ej. *Brassicaceae*) lo cual genera la conversión enzimática (mirosinasa) de glucosinolatos en ITC correspondientes. Muchos de ellos presentan actividad biológica. Esta es también la base de la biodesinfección, es decir, el crecimiento de los cultivos adecuados en el campo a tratar, seguida por la incorporación del cultivo completamente desarrollado. Por otra parte, el cultivo se puede cosechar y propagar, e incorporar a otra ubicación del campo. El problema es que el contenido de glicosinolato puede fluctuar y, por lo tanto, no se conoce bien el contenido de compuestos activos.

Se sabe que MITC se genera a partir de su precursor glucoapparin especialmente en las alcaparras (*Capparis spinosa*), rábano (*Armoraria rusticana*), *Cleome spinosa* (flor tipo araña) y de las semillas de otras especies del género *Cleome*.

Algunas referencias bibliográficas son:

Kjaer A., 1960. Naturally derived isothiocyanates (mustard oils) and their parent glucosides. Fortschr. Chem. Org. NatStoffe 18: 122-176.

Ahmed Z.F., Rizk A.M., Hammouda F.M. and Seif El-Nasr M.M., 1972. Glucosinolates of Egyptian *Capparis* species. Phytochemistry 11: 251-256.

Matthäus B. and Özcan M., 2002. Glucosinolate composition of young shoots and flower buds of capers (*Capparis* species) growing wild in Turkey. J. Agric. Food Chem. 50 (25): 7323-7325.

Kaur R., Rampal G. and Pal Vig A., 2011. Evaluation of antifungal and antioxidative potential of hydrolytic products of glucosinolates from some members of Brassicaceae family. Journal of Plant Breeding and Crop Science 3(10): 218-228.

La última publicación de los informes del año 2011 sobre un máximo de 12 diferentes glucosinolatos (precursores de ITC) con contenido entre 6,55  $\mu\text{mol/g}$  de capullos sin tratar de *Capparis spinosa* (es decir, las alcaparras comestibles) y hasta 45,56  $\mu\text{mol/g}$  en los retoños de *Capparis ovata*. Alrededor del 90% del total de glucosinolatos se encuentra en glucoapparín, el precursor del MITC.

También es interesante saber que el consumo de muchos tipos de cultivos comestibles, conduce a la generación de ITC de los glucosinolatos vegetales y la absorción de los IT en el tracto digestivo. Por otra parte, se conoce que las dietas que incluyen los cultivos asociados, tales como las coles de Bruselas, escarda, berro, etc., ejercen actividad anti cancerígena en mamíferos, un fenómeno con un reconocimiento cada vez mayor.



## RESUMEN DE CAPÍTULO 2

### DESINFECTANTES DE SUELO A BASE DE METAM Y SUS PRINCIPALES COMPUESTOS GASEOSOS ACTIVOS

- Los productos a base de metam están disponibles tanto en soluciones acuosas de sales de sodio o de potasio (código SL - Concentrado Soluble).
- Ambas formulaciones son estables a temperatura ambiente y una vez que se aplica en el suelo generan el metil isotiocianato (MITC) como el compuesto biológicamente activo de la descomposición.
- MITC muestra características de solubilidad y volatilidad apropiadas para actuar como fumigante del suelo.
- Se conoce que MITC y otros isotiocianatos aparecen de forma natural o se han generado enzimáticamente en especies vegetales dañadas o maceradas.

# 3. MODO DE APLICACIÓN DE PRODUCTOS DE METAM EN LA DESINFECCIÓN DE SUELOS

El objetivo de este capítulo es hacer la elección más apropiada del modo de aplicación de acuerdo a las condiciones locales y el equipo disponible.

La elección de la técnica de aplicación de metam puede depender de diferentes factores:

- Área o superficie a tratar
- Campo abierto o área protegida (invernadero, túnel)
- Presencia de instalación de riego por goteo
- Distancia de zonas residenciales
- Usos locales de aplicadores profesionales

Los tipos de técnicas son los siguientes:

- Inyección en suelo
- Riego por goteo

## 3.1. INYECCIÓN

El principio es la aplicación profunda de desinfectante del suelo principalmente por

inyección mediante tubo o inyección mediante pata de ganso.

La ventaja del tratamiento de perfil de suelo más profundo es que permite una aplicación más rápida y homogénea.

### 3.1.1. INYECCIÓN POR TUBO

Los tubos tienen forma de cuchilla y el líquido desinfectante se aplica a través de las aberturas de la tubería en el extremo más profundo. La configuración preferentemente contiene un borde anti goteo, a fin de evitar el goteo cuando la máquina de aplicación se levanta del suelo, por ejemplo, cuando se traslada a otra banda a tratar.

La posición del tubo en la maquinaria puede ajustarse de acuerdo con el tipo de suelo y la profundidad de la aplicación. Esto significa que para suelos pesados la distancia entre tubos podría ser menor. Para inyección profunda o dispersión en un perfil del suelo más homogéneo, la profundidad de la colocación de los tubos puede regularse o se podrá alternar.

Las siguientes imágenes muestran una variedad de tubos.





**Tubos  
superficiales  
para uso en  
invernadero**

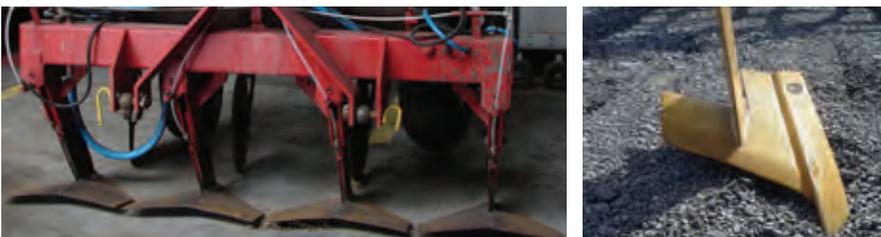


**Diversos tipos de sistema de inyección con reja pata de ganso**

### 3.1.2. INYECCIÓN MEDIANTE PATA DE GANSO O MEDIANTE HOJA

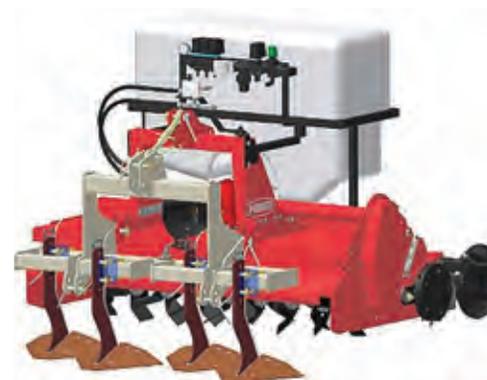
Esta configuración es muy adecuada para suelos pesados y grandes áreas de campo abierto. A medida que la máquina montada en el tractor avanza, la hoja con forma de pata de ganso levanta el suelo mientras que la salida de la tubería del desinfectante permite una buena dispersión del desinfectante líquido en el suelo en la profundidad deseada debajo de toda la superficie de la hoja si está equipada con una boquilla de pulverización.

Las siguientes imágenes ilustran este tipo de máquina de aplicación, así como los diferentes tipos de rejas en forma de pata de ganso. La presencia de una sección de excavación después de la pieza de inyección (como se muestra arriba a la derecha) homogeniza el suelo tratado.



**Diversos tipos de sistema de inyección con reja pata de ganso**

Versiones de máquinas fabricadas comercialmente con gran éxito se muestran a continuación:



**Máquina para  
desinfección  
de suelos con  
cultivador de  
mezcla más  
profunda  
(fabricada por  
Forigo)**

**Rotativa con  
inyección  
(fabricada por  
Imants)**



### 3.1.3. ILUSTRACIÓN DE MAQUINARIA MONTADA EN TRACTOR



Tanque montado en la parte trasera



Tanque montado en la parte delantera



Tanques de alto volumen

### 3.1.4. PUNTO DE INYECCIÓN LOCALIZADA

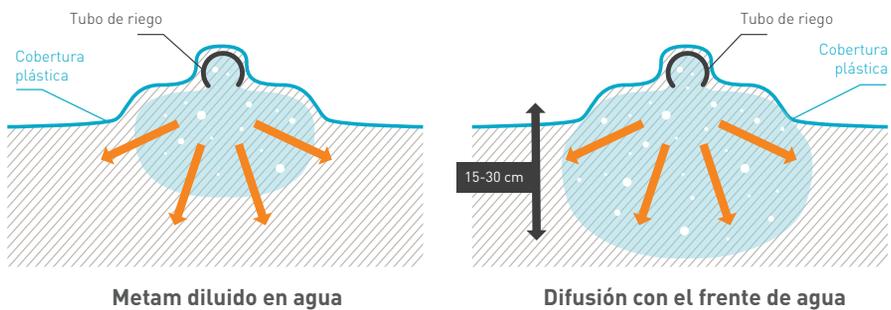
Un dispositivo de aplicación muy específico es un inyector manual de punta profunda. Este método de aplicación se utiliza normalmente en los viñedos para el control del hongo *Armillaria mellea*, el agente causal de la podredumbre de las raíces de champiñones y nematodos *Xiphinema* spp. que son vectores de la enfermedad del virus de la hoja en abanico de la vid (GFLV, por sus siglas en inglés).



### 3.2. RIEGO POR GOTEO

Un método muy común es el riego por goteo, que se emplea en muchos invernaderos y campos de cultivos de alto valor. Los tubos para riego por goteo se separan a una distancia de 20 a 50 cm y se perforan cada 15 a 30 cm. Deben enterrarse a 5 cm de profundidad en el suelo o cubrirse con una lona o película plástica. El metam, luego, se aplica como una mezcla/solución diluida en agua donde el producto se suministra mediante una bomba de dosificación/controladora de dosificación automática, como por ejemplo, el Dosatron. Se debería lograr una dilución de 0,1 a 2,0%. El sistema debe estar equipado con una válvula anti-retorno. Toma entre 1 y 4 horas aplicar 10 a 40 mm de la dilución. Con el fin de obtener una buena difusión de la solución metam, el suelo se debe compactar razonablemente (especialmente en suelos arenosos).

## Difusión de metam



## EJEMPLO DE SISTEMA DE INYECCIÓN MÓVIL



## EJEMPLO DE INSTALACIÓN FIJA DE RIEGO POR GOTEO

(Fotos cortesía Biotek Ag España)



Bodega de riego



La unidad de control central debe programar el tiempo y caudal de riego



El metam se introduce en el cabezal del sistema de riego al verter el producto en el tanque (un método no muy común)



Por otra parte, la bomba se puede conectar directamente al tambor que contiene metam (metodo mas común)



B) Alimentado por el flujo de agua

A) Alimentada con electricidad



Cuando no hay bomba de inyección disponible, el producto se puede incorporar al agua mediante la succión por un sistema Venturi



El sistema se puede regular para mantener la concentración deseada de metam en agua

## RESUMEN DEL CAPÍTULO 3

### MODO DE APLICACIÓN DE PRODUCTOS DE METAM EN LA DESINFECCIÓN DE SUELOS

- El metam se puede aplicar por dos métodos: inyección en suelo y sistema de riego por goteo.
  - La inyección permite que el producto se aplique entre 10 y 40 cm de profundidad con máquinas equipadas con tubos o rejas en forma de pata de ganso. Las máquinas están montadas en la parte trasera de un tractor. La inyección localizada en áreas pequeñas se puede hacer con un inyector manual de punta profunda.
  - La aplicación a través del sistema de riego por goteo existente se realiza mediante la incorporación de metam en el agua de riego con la ayuda de una bomba de dosificación.

# 4. MEDIDAS PARA MEJORAR LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL METAM Y EL MITC

Este capítulo describe las medidas que se deben adoptar para optimizar satisfactoriamente la desinfección de suelos.

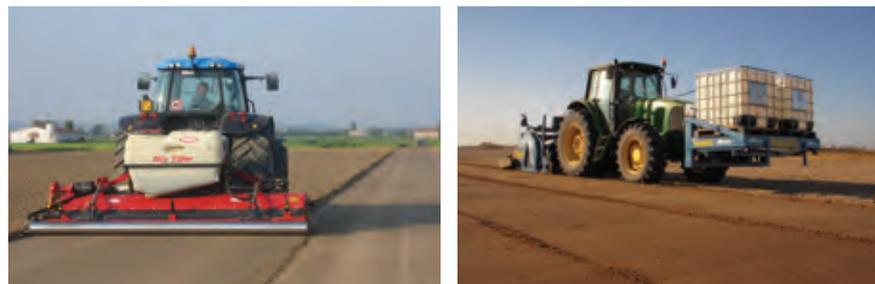
Del concepto “producto de concentración en función de tiempo” (véase el capítulo 1.2.3.7 ) un tiempo más prolongado de contacto de desinfectante combinado con concentración de desinfectante tendrá como resultado una mejor desinfección del suelo.

El principio es evitar la pérdida prematura de los químicos aplicados. Esto se puede lograr mediante la homogenización rápida de metam aplicado en el suelo y el sellado del suelo. Otro factor importante es la observación de los límites de temperatura recomendados para la aplicación: a una temperatura demasiado baja el producto no funcionará (demasiado baja volatilidad del compuesto activo e inactividad o, por lo tanto, disminución de la sensibilidad de los organismos objetivo) y a una temperatura demasiado elevada el compuesto activo se disipará o se perderá por una emisión demasiado rápida. También se deben evitar las tasas de emisiones elevadas para proteger a los trabajadores, residentes y transeúntes. Para el sellado del suelo están disponibles tres técnicas principales y sus combinaciones:

- Compactación del suelo
- Sello de agua
- Película plástica

## 4.1. COMPACTACIÓN DEL SUELO

La compactación del suelo es a menudo inherente a la aplicación mediante inyección mecánica en el suelo mediante la presencia de un rodillo compactador en el equipo de aplicación.



Una vista de la superficie del suelo después de la pasada de un rodillo compactador

El rolo compactador se monta directamente detrás de la maquinaria del rotador o de la sección de excavado y gira en movimiento opuesto con respecto a la máquina con el fin de obtener una superficie suave, a veces como un espejo, sobre el suelo desmenuzado. La parte superior del suelo, 1 a 2 centímetros, se compacta y reduce las emisiones de MITC. En modelos más sofisticados el rodillo se acciona hidráulicamente, y se puede programar la presión y la velocidad de rotación. Una alternativa a la compactación plana es el compactador/formador de cama. En algunas aplicaciones la humectación adicional de la superficie del suelo aumenta las propiedades de barrera. Se debe evitar la humectación adicional cuando el suelo es

muy arcilloso porque los poros del suelo completamente obstruidos pueden reducir la eficacia del producto en la capa superior.

Las siguientes imágenes ilustran algunas versiones comerciales de la máquina de aplicación equipada con rodillos compactadores.



Rolo compactador del suelo en una máquina Imants (izquierda) y en una máquina Forigo (derecha)



## 4.2. SELLO DE AGUA

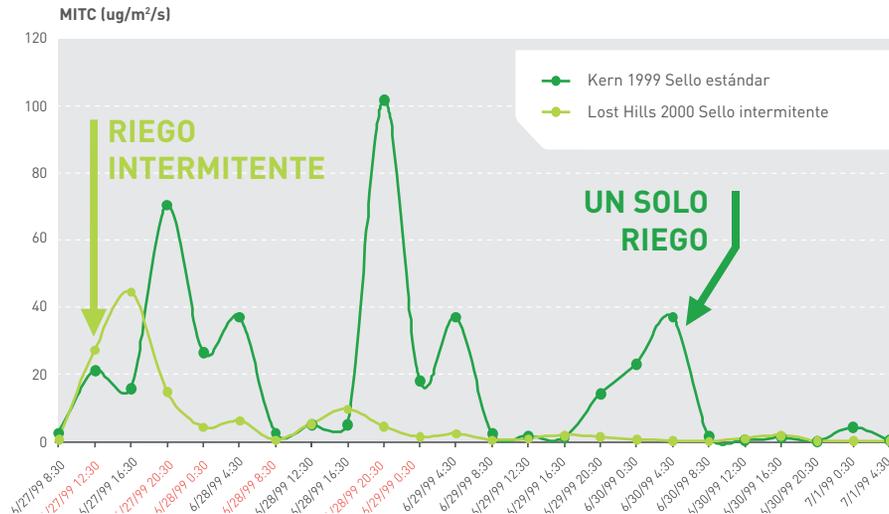
La humectación de los pocos centímetros de la capa superior del suelo reducirá la pérdida prematura del desinfectante. Como se indica en 4.1., un suelo demasiado arcilloso es menos apropiado ya que los poros del suelo completamente obstruidos pueden reducir la eficacia del producto en la capa superior.

Bajo condiciones templadas o cálidas, o viento en campo abierto, una corteza seca se puede formar rápidamente, dando lugar a grietas y la pérdida de sus cualidades de reducción de emisión del desinfectante. El riego intermitente podría ofrecer una solución, como lo ilustran los siguientes resultados.

Se han llevado a cabo estudios de inyección mediante tubo para la evaluación de las tasas de liberación de gases MITC tras la aplicación de metam. La siguiente tabla resume el horario y cantidades de riego intermitente de la finca Lost Hills (Merricks, L.D., 2001, Estudio Agrisearch) y la hora y la cantidad de un solo riego en la finca Kern (Merricks, L.D., 2002, Estudio Agrisearch).

SESIÓN DE RIEGO		1	2	3	4	5
TIEMPO ENTRE LA APLICACIÓN DE METAM Y LA SESIÓN DE RIEGO		4 horas	12 horas	16 horas	24+4 horas	24+12 horas
RIEGO INTERMITENTE	CANTIDAD DE AGUA	10 mm	5 mm	5 mm	5 mm	5 mm
	TIEMPO DE RIEGO	11:00 – 13:00	19:00 – 20:00	23:00 – 24:00	11:00 – 12:00	19:00 – 20:00
UN SOLO RIEGO	CANTIDAD DE AGUA	20 mm				
	TIEMPO DE RIEGO	11:00 – 13:00				

Los resultados que muestran la baja liberación de MITC de suelos tratados con metam mediante riego intermitente en la finca Lost Hills en comparación con un solo riego en la finca Kern se resumen en el siguiente gráfico:



**Comparación de flujo de MITC a la atmósfera durante un período de control de 96 horas con 24 muestreos a intervalos de 4 horas entre campos tratados con metam bajo riego intermitente y un solo riego.**

## 4.3. PELÍCULA PLÁSTICA

### 4.3.1. GENERALIDADES Y CLASIFICACIÓN

Las películas plásticas se pueden aplicar para mejorar la eficacia y reducir simultáneamente los riesgos de emisiones de desinfectante. La película de polietileno de baja densidad (LDPE) de 20-30 µm de espesor se utiliza ampliamente. Aunque el LDPE presenta una cierta permeabilidad a los gases, la utilización de este tipo de películas es de gran ayuda para reducir las emisiones de MITC por dos motivos principales. El primero es que la lona de plástico evitará que la capa superior del suelo se seque y, por lo tanto, reduce el movimiento del agua y el MITC hacia arriba lo que se traduciría en más pérdida de MITC de la superficie del suelo. En segundo lugar, al ser MITC altamente soluble en agua, la fracción que escapa de la superficie del suelo quedará atrapada por la presencia de agua en forma de película y las gotas en la superficie interior de la lona de plástico. El MITC, en última instancia, puede volver al suelo. Cuando se utiliza en campo abierto, otra muy buena razón para usar película de plástico es que pueden combinar la acción de la desinfección de suelos del metam con la de la solarización (véase la sección 4.3.2).

Hay una gran variedad de películas plásticas para la desinfección de suelos disponibles en el mercado a nivel mundial. Si bien los criterios tales como la resistencia mecánica y la viabilidad son imprescindibles, las propiedades de barrera al gas son las más importantes para un resultado óptimo. Por desgracia, las películas plásticas más herméticas son más caras.

Las películas llamadas V.I.F., T.I.F. y F.I.F., a menudo, tienen una estructura de 3, 5 o incluso 7 capas en la cual la capa central, a menudo de unos pocos micrómetros de grosor, es la capa real de barrera de gas, rodeada de capas adhesivas y capas presentes simplemente para la resistencia mecánica de la barrera integrada. El espesor total de la película se encuentra, con frecuencia, en el rango de 35-40 µm. Una descripción general de todas las películas disponibles comercialmente está fuera del alcance de este manual, pero a continuación se incluye una tabla de clasificación útil.

CLASE	ABREVIATURA	COMPUESTOS DE BARRERA
No totalmente impermeable		LDPE, PVC, películas a base de almidón biodegradable y ácido poliláctico (PLA), revestimientos de óxido de metal
Películas virtualmente impermeables	V.I.F.	Etileno vinil alcohol (EVOH), poliamida (PA) y otros
Películas totalmente impermeables	T.I.F.	
Películas completamente impermeables	F.I.F.	

La película biodegradable debe ser de aproximadamente el doble del espesor del LDPE para contar con propiedades de barrera comparables.

A pesar de que el sellado de película plástica para la desinfección de suelos es muy útil en cuanto a la seguridad y la perspectiva de la reducción de dosis, representa un costo adicional de la aplicación así como costos para su retiro y tratamiento de residuo. La limpieza o lavado de la película para desinfección de suelos no es fácil. Sin embargo el reciclado es posible y conveniente en el caso de la película impermeable de mayor grado que contiene los compuestos de barrera para gas más caros.

### 4.3.2. LA PELÍCULA PLÁSTICA COMO PARTE DE ESTRATEGIAS DE IPM

En las regiones más meridionales (como el sur de Francia, los países mediterráneos y sus islas, y en el norte de África), la desinfección de suelos se puede combinar

con la solarización como parte de las estrategias de manejo integrado de plagas (MIP, por sus siglas en inglés) en la cual la acción de desinfección reduce o debilita considerablemente las poblaciones de organismos objetivo para el control consecutivo mediante la fase de solarización más prolongada. Análogamente, la desinfección de suelos antes de cultivo puede preceder a una aplicación ulterior de preparaciones antagonistas aplicadas al suelo.

Las películas de plástico para la solarización del suelo y durante toda la plantación deben contener bloqueadores de los rayos ultravioleta a fin de ofrecer mayor resistencia a la descomposición.

### 4.3.3. CUIDADO DE LAS PELÍCULAS PLÁSTICAS INSTALADAS PARA LA DESINFECCIÓN DE SUELOS

Los aplicadores, trabajadores y agricultores deben tener en cuenta que los poros más pequeños, especialmente los de la película impermeable más cara, reducen considerablemente la concentración activa del desinfectante sobre la superficie de suelo subyacente.

Es imperativo eliminar del suelo, en la medida de lo posible, todas piedras y materiales vegetales que podrían dañar la película de plástico.

Se debe evitar pararse sobre una película instalada, ya que aumenta el riesgo de romperla, especialmente si piedras u otros materiales filosos se encuentran en el suelo. Una pisada sobre la película sobre un suelo relativamente suelto extenderá la película y reducirá considerablemente su grosor en ese punto, dando lugar a una zona menos impermeable.

Es conveniente aplicar un poco de agua en la parte superior de la película instalada, no solamente para reducir el espacio entre el suelo y la película al mínimo, pero también para evitar la rotura de la película debido al viento en campos tratados. En

los invernaderos, los rociadores se podrían utilizar para el primer objetivo. A veces se coloca suelo en la parte superior de la película en diferentes sitios, pero esto aumenta el riesgo roturas.

#### 4.3.4. MODOS DE INSTALACIÓN DE PELÍCULAS PLÁSTICAS

Hay 2 posibilidades:

- La película se instala en una sola pasada con la máquina de aplicación y homogeneización combinada, tal como se muestra en las imágenes siguientes:



Equipo de una sola pasada:  
máquina de aplicación/incorporación/sellado de película plástica

- En el caso de la aplicación del producto mediante riego por goteo, la película de plástico se aplica sobre las líneas de goteo antes de la administración del desinfectante.



Riego por goteo para interiores



Riego por goteo al aire libre

En caso de que resulte necesario desenrollar y enterrar la película, los trabajadores tendrán que tomar más precauciones para reducir el riesgo de exposición, incluso el uso de un equipaje de protección personal (EPP), y además no tendrán que trabajar pronto después del pasaje de la máquina de aplicación. Más información sobre el EPP y sobre la reentrada serán disponibles en la siguiente sección de este manual.

## RESUMEN DEL CAPÍTULO 4

### MEDIDAS PARA MEJORAR LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL METAM Y EL MITC

- La eficacia del metam aplicado como desinfectantes de suelo puede incrementarse al evitar la pérdida prematura del MITC.
- Las medidas de sellado del suelo se pueden resumir en 3 tipos:
  - Compactación del suelo
  - Sellado mediante agua (de preferencia con riego intermitente).
  - Sellado mediante película de plástico (con buenas propiedades de barrera al gas).
- Es obligatorio llevar a cabo una de las medidas o combinadas inmediatamente después de la aplicación del desinfectante, también desde una perspectiva de seguridad del trabajador, transeúnte y residente.
- La aplicación de película de plástico permite efectos adicionales de solarización en condiciones climáticas apropiadas.
- Con el fin de optimizar el rendimiento de sellado mediante películas plásticas se debe tener sumo cuidado de no dañar la película con objetos cortantes o pisadas.

# 5. GESTIÓN PASO A PASO DE LA DESINFECCIÓN DE SUELOS CON METAM

Este capítulo tiene por objeto proporcionar la información necesaria para optimizar el resultado de la desinfección de suelos y para preservar la seguridad en el trabajo y minimizar el impacto sobre el medio ambiente. Incluye información sobre el almacenamiento y la manipulación, el control de las condiciones locales, la preparación del suelo, los diferentes objetivos de aplicación y situaciones particulares, atención posterior y vigilancia. **Mantenga siempre la hoja de datos de seguridad de materiales a mano.**

## 5.1. ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN

### 5.1.1. ALMACENAMIENTO

Los productos a base de metam siempre se deben almacenar en el envase original cerrado con etiqueta original y los logotipos de peligro correspondientes. La habitación de almacenamiento debe ser fresca y ventilada, y se debe mantener cerrada en todo momento. Debe estar ubicada lejos de los edificios con actividad humana y también alejados de establos de animales. Los volúmenes máximos a almacenar en un sitio deben cumplir con normas locales.

Además de los tambores de plástico originales, no se deben utilizar otros contenedores que no sean de acero inoxidable para el almacenamiento. Los envases vacíos no deben volver a utilizarse.

La zona de almacenamiento debe ser inaccesible para niños y a cualquier otra persona que no participe en las operaciones de la granja, y mostrar carteles de prohibición de entrada y señales que indiquen la presencia de materiales peligrosos o corrosivos. En cuanto a la construcción de la bodega, el piso debe tener una forma de cuenca en caso de posibles fugas del producto, y los materiales del techo y las paredes deben evitar el calentamiento de los productos almacenados. La temperatura no debe superar los 35 °C.

### 5.1.2. MANIPULACIÓN

La manipulación del producto es la etapa más crítica.

En primer lugar, la elección del material es importante para los sistemas de conexión para la transferencia de productos. Encontrará una lista de materiales compatibles e incompatibles con metam en la sección 2.1.

Antes de iniciar cualquier manipulación, el trabajador debe llevar puesto el equipo de protección personal (EPP) apropiado. Esto incluye el uso de ropa y dispositivos de protección:

- Gafas de protección ocular
- Guantes de caucho
- Overol sintético resistente al producto
- Botas de caucho
- Máscara respiratoria con un filtro aprobado para vapores orgánicos con un punto de ebullición superior a 65 °C. Filtros combinados, como A2B2-P3 se rellenan con carbón activado impregnado con una sustancia para retención de moléculas de gas. El filtro protege por ejemplo contra gases y vapores orgánicos e inorgánicos (máx. 5000 ppm) así como contra las sustancias tóxicas. Es de uso general para protección contra productos fitosanitarios. En un espacio reducido, se recomienda un aparato de respiración autónomo (SCBA, por sus siglas en inglés) con máscara facial completa.

Los respiradores purificadores de aire (APR, por sus siglas en inglés) se encuentran disponibles en modelos para la mitad y para toda la cara.

**APR para  
mitad  
de cara**



**APR para  
toda  
la cara**

Durante el llenado del tanque de la máquina de aplicación, se deben usar conexiones libres de fugas. Evite cualquier derrame, drenaje o goteo al suelo.

En el sitio de transferencia, el suelo debe ser impermeable para poder recoger el producto en caso de derrame. El riesgo de evacuación a desagües y zanjas está prohibido. Nunca realice dicha manipulación cerca de vías navegables o acequias.

## 5.2. COMPROBACIÓN DE LAS CONDICIONES LOCALES

Antes de la aplicación el contratista debe conocer o verificar las condiciones locales de invernadero o campo a desinfectar.

La lista de verificación debe utilizarse para evaluar las medidas necesarias a adoptar y ayudar a decidir sobre la ejecución en el caso de condiciones adversas temporarias.

La siguiente descripción general podría servir como una lista de verificación:

CANTIDAD DE PUNTOS ABORDADOS	DESCRIPCIÓN	COMENTARIOS	CASILLA DE VERIFICACIÓN
1	Localización	Verificar los edificios adyacentes (públicos y de vivienda), la presencia de las superficies de agua, canales de drenaje, cría de animales, cultivos adyacentes	
2	Condiciones del campo	Verificar la presencia de restos vegetales, preparación del suelo adecuado (desmenuzado y humectado previamente para la sensibilización de organismos objetivo), temperatura del suelo y humedad del suelo	
3	Invernadero	Verificar la presencia de ventanas rotas, techo o paredes de plástico rotas o rasgadas	
4	Viento	Comprobar la dirección del viento y consultar el pronóstico para los días inmediatamente siguientes	
5	Temperatura	Consultar el pronóstico de temperatura y el riesgo de inversión de temperatura* Incluso en los días inmediatamente siguientes	

\* La inversión de temperatura es una situación meteorológica en la cual la temperatura aumenta en las capas superiores de aire con temperatura más baja en la capa inferior, lo que crea una trampa para los contaminantes al evitar su dilución en la atmósfera.

Antes de la desinfección, se debe comprobar el pronóstico del clima para el día de la aplicación y el período de 48 horas después de la desinfección para determinar si existen o si se prevén condiciones climáticas desfavorables y si la desinfección debe continuar (consulte la sección 5.4.1.1).

Por supuesto, el agricultor y el aplicador pueden tener su propia responsabilidad, sobre todo en cuanto a la realización del correcto acondicionamiento del suelo favorable para la desinfección de suelos.

Si es necesario, la aplicación debe aplazarse hasta que las condiciones sean más favorables.

Para proteger a los organismos acuáticos es necesario:

- Evitar la aplicación directa a las tierras drenadas;
- Si la superficie de los campos está sujeta a escorrentía es necesario asegurar una zona de vegetación de 10 metros lejos de las zonas de agua.

## 5.3. PREPARACIÓN DEL SUELO

### 5.3.1. RETIRO DE RESTOS VEGETALES DE CULTIVOS ANTERIORES

Como se explicó en los conceptos básicos sobre desinfección de suelos (1.2.3.4.), el campo objetivo que se va a tratar debería estar lo más despejado posible de restos vegetales, ya que podría aumentar el contenido de materia orgánica a un nivel crítico o presentar una fuente de reinfección del suelo. Debe prestarse especial atención a la eliminación de cultivos de profundo arraigo.

### 5.3.2. HUMEDAD DEL SUELO

Como se indica en 1.2.3.1. hay dos razones para comprobar si es necesario, ajustar la humedad del suelo.

### 5.3.2.1. HUMECTACIÓN PREVIA PARA SENSIBILIZACIÓN DE ORGANISMOS OBJETIVO

El contenido de humedad del suelo debe ser lo suficientemente elevado como para activar los organismos objetivo responsables de las enfermedades, plagas del suelo y semillas de malezas. Si es necesario humedecer el suelo se debe realizar, en el período anterior a la desinfección de suelos. Debe realizarse entre 5 y 10 días antes de la aplicación en función del tipo de organismos objetivo y la resistencia de las estructuras o etapas supervivientes inactivas, así como la temperatura ambiente que influye en la velocidad de reactivación, después de mojar el suelo. En situaciones al aire libre, el suelo a desinfectar puede tener un nivel suficientemente elevado de humedad en función de las lluvias.

En la medida de lo posible, el riego mediante rociador o por goteo es la forma más fácil de preparar el suelo para este fin. En el caso de áreas de superficie al aire libre y de grandes dimensiones, se pueden utilizar rociadores móviles. En algunos casos, cuando la humedad en el suelo es tan elevada como 15 cm por debajo de la superficie, la labranza del suelo podría mezclarla con la capa superior más seca. Esta última técnica también podría utilizarse si la humedad del suelo debe ajustarse de nuevo en el momento de la aplicación (5.3.2.2.).

### 5.3.2.2. HUMEDAD DEL SUELO AL MOMENTO DE LA APLICACIÓN

A diferencia de la humectación previa del suelo para la sensibilización de los organismos objetivo, el contenido de humedad del suelo para la aplicación del producto en sí es más crítica desde la perspectiva de la difusión de los gases y los procesos de sorción durante la desinfección de suelos. Es obligatorio realizar mediciones de humedad en el suelo justo antes de la aplicación con el fin de ajustarla si es necesario.

### 5.3.2.3. PRUEBA DE HUMEDAD DEL SUELO

Las pruebas en campo se llevarán a cabo, preferiblemente mediante la medición y se puede confirmar por un simple método de "tacto y aspecto".

Un conocido método rápido para tipos de suelo no demasiado extremos consiste en tomar un terrón firme de suelo que se debería desmenuzarse fácilmente cuando se tira de nuevo en el suelo. El nivel de humedad óptimo está entre 50 y 75% (e incluso más allá 75% en el caso de la formación de cama) de la capacidad de retención de agua. El método de medición más preciso es en el laboratorio mediante el pesado y secado pero esta es una tarea que requiere mucho tiempo. Una opción más práctica es un dispositivo electrónico que puede utilizarse en el campo.

Los instrumentos para la lectura de la humedad del suelo, a menudo, se basan en resistencia eléctrica o la medición de succión sobre el suelo (pF o potencial de agua). La lectura es entonces respectivamente contenido de humedad absoluta en % o en pF/centíbar/MPa. Para un suelo con una capacidad de retención de agua en % conocida, se puede calcular el contenido de humedad relativa en %. Otros instrumentos contienen una escala arbitraria que se podría comparar y aproximadamente calibrar en porcentaje. Una descripción detallada de cómo utilizar los criterios de "tacto y aspecto" para calcular la humedad del suelo se puede encontrar en la siguiente descripción del National Resource Conservation Service de la USDA:

El tacto y aspecto del suelo varía con la textura y el contenido de humedad. Las condiciones de humedad del suelo se pueden calcular, con experiencia, con una precisión de alrededor de un 5 por ciento. La humedad del suelo normalmente se muestrea en incrementos de 30 cm con respecto a la profundidad de las raíces del cultivo en tres o más sitios por campo. Lo mejor es variar el número de sitios y la profundidad de muestreo de acuerdo con el cultivo, tamaño del campo, la textura del suelo y estratificación del suelo. Para cada muestra el método "tacto y aspecto" implica:

- Obtener una muestra de suelo a la profundidad seleccionada mediante el uso de una sonda, barrena o una pala
- Presione la muestra de suelo firmemente en su mano varias veces para formar una "bola" de forma irregular.
- Apriete la muestra de suelo de la mano entre el pulgar y el índice para formar una cinta
- Observando la textura del suelo, la capacidad de formar una cinta, la firmeza y la aspereza de la superficie de la bola, el brillo derivado del agua, las partículas sueltas del suelo, manchas de suelo/agua en los dedos de las manos y el color del suelo. [Nota: Una bola muy débil se desintegrará con un rebote de la mano. Una bola débil se desintegra con dos o tres rebotes]
- Compare las observaciones con fotografías o tablas para calcular el porcentaje de agua disponible y el nivel de agua agotado por debajo de la capacidad del campo

El aspecto de los diferentes tipos de suelo en diferentes condiciones de humedad:

- Arena fina y suelo de arena fina arcillosa
- Suelo franco arenoso y suelo franco de arena fina
- Suelo de arcilla arenosa limosa y limoso
- Suelo de arcilla, arcilla arenosa y arcilla limosa

Los detalles de cada categoría de suelo mencionada anteriormente con figuras que acompañan están incluidas en un documento titulado Estimating Soil Moisture by Feel and Appearance que se puede encontrar en el siguiente enlace (activo en el momento de la publicación):

<http://msue.anr.msu.edu/uploads/235/67987/lyndon/FeelSoil.pdf>

La tabla siguiente también ofrece una útil descripción general de los diferentes tipos de suelo:

### TABLA DE IDENTIFICACIÓN DE HUMEDAD EN EL SUELO

(R. W. Harris y R. H. Coppock (Eds.), 1978. Universidad de California División de Ciencias Agrarias folleto 2976)

% DE HUMEDAD	ARENA	ARENA ARCILLOSA	ARCILLA ARENOSA	ARCILLA
Cerca del 0%	Seco, suelto, granos separados que pasa entre los dedos	Suelto, secos que pasa entre los dedos	Desglose de terrones secos en una condición de polvo	Duro, cocido, superficie agrietada, migas sueltas en la superficie
50% o menos	Parece seco, no forma bola	Parece seco, no forma bola	Se desmigaja y se mantiene junto con presión	Flexible, con bola bajo presión
50%—70%	Igual que el anterior	Forma bola, pero no se mantiene junta	Forma una bola, mancha ligeramente con presión	Forma una cinta de bola entre los dedos
75% a la capacidad del campo	Se mantiene junto, forma una bola débil	Forma una bola débil, no escurrirá	Forma una bola, muy flexible, que fácilmente escurre	Forma cinta fácilmente entre los dedos
Capacidad del campo	Bajo la presión, aparece humedad en la mano	Igual que arena	Igual que arena	Igual que arena

### 5.3.3. TEMPERATURA DEL SUELO

La temperatura del suelo antes de la desinfección de suelos, junto con humedad en el suelo, afecta a la sensibilidad de los organismos objetivo. Como regla básica

para desinfección de suelos con metam, una temperatura mínima de 10°C y una temperatura máxima de 25°C son necesarias. La temperatura promedio durante el período de desinfección determina el número mínimo de días antes de proceder a la aireación del suelo antes de la siembra o plantación.

La temperatura del suelo se debe medir a 10–15 cm de profundidad. Tanto termómetros tradicionales como electrónicos están disponibles comercialmente y se pueden utilizar para este propósito.

La temperatura del suelo no siempre está bajo control, especialmente en condiciones al aire libre. Tanto en la desinfección al aire libre como en interiores, distribuyendo la aplicación en las primeras horas de la mañana o en la noche podría cumplir con los requisitos de temperatura. Para la desinfección de suelos bajo protección, se puede controlar, en ocasiones, la temperatura del aire y del suelo. Esto se aplica si las condiciones previas a humedecer y la desinfección eran demasiado frías o demasiado altas para una actividad óptima. Sin embargo, en los casos en que la temperatura del suelo y del aire sea demasiado baja, se necesitará muchísima energía para alcanzar o exceder los requisitos de temperatura más baja.

En el caso de temperatura demasiado alta, el tiempo de aplicación se puede considerar riesgoso y, en caso de disponibilidad, el uso de pantallas de sombra podría ayudar a resolver estas cuestiones.

### 5.3.4. DESMENUZAMIENTO DEL SUELO

La homogeneización de la capa de suelo por lo menos en el perfil del suelo a desinfectar puede realizarse durante la operación de remoción de los restos de vegetales o cuando vuelva a mojarse o ajustarse el contenido de humedad del suelo. El doble objetivo es obtener la sensibilización adecuada y homogénea y evitar la presencia de terrones de suelo impenetrables a los gases que limitan el control de organismos objetivo. Los grandes terrones pueden reducir el sellado del suelo, causando un efecto de chimenea.

Las herramientas mecánicas para el desmenuzamiento de suelo son tanto rotovator como cultivadoras que se utilizan preferentemente varios días antes de la aplicación de desinfectantes por las razones anteriormente mencionadas de sensibilización de organismos objetivo. Es inútil llevar a cabo el laboreo del suelo poco antes de la desinfección de suelos.

## 5.4. APLICACIÓN DEL DESINFECTANTE

Las medidas de seguridad y el equipo de protección personal requerido dependerán del tipo de manipulación y la actividad de la aplicación, y se exponen con más detalle en los respectivos niveles más detalladamente en la sección Safety Data Sheet (ficha de seguridad) (SDS) bajo el compartó correspondiente. Recuerda tener los datos de seguridad siempre disponibles en caso de que un derrame u otro accidente ocurran.

### 5.4.1. PASOS PRELIMINARES

Como se destaca en el punto 5.2., la comprobación de las condiciones locales es obligatoria y puede ser el factor decisivo en lo que respecta al método de aplicación. Sin embargo, el control de la transferencia de productos, equipos de aplicación y equipo de seguridad poco antes de su uso es igual de importante. Durante todas las aplicaciones de desinfectantes deben seguirse Buenas Prácticas Agrícolas (BPA).

#### 5.4.1.1. COMPROBACIÓN DE CONDICIONES METEOROLÓGICAS

No aplique en condiciones climáticas adversas

#### **Condiciones que deben evitarse:**

- La presencia de inversión de temperatura o de estancamiento de aire en la zona donde está prevista la desinfección

- Los fuertes vientos , lluvias torrenciales o tormentas eléctricas en la fase de aplicación y en las horas inmediatamente después de la aplicación
- El fenómeno de la deriva del gas donde las masas de aire se mueven en direcciones imprevisibles incluso a distancias considerables del lugar tratado

Durante la desinfección de parcelas aguas arriba de vías fluviales, lagunas, pozos de agua, etc., obras de retención deben estar previstas colina abajo mediante compresas de tierra o una cuenca.

### 5.4.1.2. TRANSFERENCIA DEL PRODUCTO

La transferencia de metam del tambor al tanque debe realizarse con las conexiones adecuadas alejadas de las superficies de agua, zanjas y viviendas. Las personas responsables de la manipulación deben usar equipos de protección personal (EPP) que cumplan con los requisitos generales y locales.

Todos los tanques, mangueras, accesorios, grifos, válvulas y conexiones deben estar en buenas condiciones, ajustados, sellados y sin fugas.

Los acoplamientos de desconexión seca (sistema de transferencia cerrado) deben estar instalados en todos los tanques y mangueras de transferencia.

Las mirillas y manómetros deben funcionar correctamente.

Los tanques, las mangueras y los accesorios deben estar diseñados para resistir la presión del sistema y ser resistentes al metam (para consultar sobre materiales compatibles y no compatibles, véase la sección 2.1 ).

Presurización de envases para operaciones de vaciado:

- **IBC** (Envases intermedios a granel de aproximadamente 1000 litros): se recomiendan para vaciar el contenedor por gravedad a través de la válvula de salida inferior, sin presión. Si se aplica presión dentro del contenedor, la sobrepresión no deberá superar los 40 mbar (0,04 bar)
- **Tambores:** una sobrepresión dentro del tambor no debe exceder los 150 mbar (0,15 bares)

Cambie las tapas del tambor después de la transferencia, incluso en tambores vacíos. Para el desecho/reciclado de tambores vacíos consulte las secciones siguientes.

#### EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP) PARA LA TRANSFERENCIA DE PRODUCTO

- Guantes de caucho resistentes a los productos químicos
- Botas de caucho resistentes a los productos químicos
- Overol sintético (pantalón preferiblemente sobre las botas de caucho para evitar el ingreso de líquidos)
- Protección ocular o facial
- Respiradores purificadores de aire (APR): Cartuchos de filtro A2B2-P3 o similares montado en máscaras para la mitad de la cara o preferiblemente máscara para toda la cara
- En un ambiente cerrado se recomiendan aparatos de respiración autónomos (SCBA)

## 5.4.2. APLICACIÓN DE METAM

Aquí se debe hacer una distinción entre los dos principales métodos de aplicación

1. Inyección en suelo
2. Riego por goteo

Según el tipo de tractor empleado, aplicaciones en interiores o al aire libre, riego por goteo y las actividades de los trabajadores implicados, los EPP pueden variar.

### 5.4.2.1. INYECCIÓN EN SUELO

Solo tractores con cabinas cerradas se deben utilizar para la incorporación mecánica de metam.

La máquina puede estar equipada con un rodillo liso en la parte trasera con el fin de sellar la capa superior del suelo en forma homogénea y suave, o con un dispositivo de aplicación de películas plásticas. El objetivo de ambos sistemas es reducir la emisión de gases en el aire, reducir la exposición del operador y del transeúnte y, al mismo tiempo aumentar la eficacia de la desinfección del suelo.

No es conveniente utilizar un tractor con cabina abierta o sin cabina para la aplicación de productos a base de metam.

**Controle la máquina antes de la aplicación:**

- El equipo de aplicación debe estar en buen estado de funcionamiento
- Los indicadores de mirilla y los manómetros deben funcionar correctamente
- Las boquillas o tubos y dispositivos de medición deben ser del tamaño correcto, sellados y sin obstrucciones
- Cada boquilla/tubo debe estar equipado con un monitor de flujo (este podría ser mecánico, electrónico o de tipo de "bola roja")

Las siguientes imágenes ilustran algunos tipos diferentes de estos equipos.



Medidor de flujo de varios canales



Medidor de flujo único

Controlador electrónico de flujo para los canales de liberación de cada producto (TeeJet)



Antes de utilizar un equipo de desinfección por primera vez o cuando se prepara para su uso después del almacenamiento, el operador debe comprobar detenidamente los siguientes puntos:

- Revisar y limpiar o sustituir el elemento del filtro si es necesario
- Revisar todos los tubos y cinceles/varillas para asegurarse de que estén libres de suciedad y obstrucciones
- Revisar y limpiar las placas de orificio

Los inyectores deben estar por debajo de la superficie del suelo antes de que comience el flujo del producto. Cada línea de inyección debe tener una válvula de retención situada lo más cerca posible del punto de inyección final, o vacíe y purgue la línea de los desinfectantes restantes antes de levantar los tubos de la tierra.

No levante los tubos de inyección del suelo hasta que la válvula de corte se haya cerrado y el desinfectante se haya despresurizado. El resto de producto puede drenarse pasiva o activamente con buen drenaje con aire comprimido.

### EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP) EN EL CASO DE INCORPORACIÓN MECÁNICA

Utilizar sólo tractores con cabinas cerradas:

Es recomendable utilizar cabinas cerradas de Categoría 4 (estándar de la UE EN 15695-1). Protegerá al operador en la cabina de vapores, aerosoles y polvo.

- Botas de caucho
- Overol de algodón

En el caso de otro tipo de cabinas (categorías 1, 2 o 3), se debe emplear el siguiente EPP:

- Mascarilla facial con filtro de carbón activo tipo A (código de color marrón) para gases y vapores orgánicos con punto de ebullición > 65 °C

En ambos casos, es importante no llevar prendas, botas o dispositivos con metam a la cabina y usar el mencionado equipo de protección personal para cualquier intervención en el campo o en la máquina de aplicación.

#### 5.4.2.2. APLICACIÓN DE RIEGO POR GOTEO

La aplicación en sí no necesita la exposición cercana del operador una vez que el sistema está acoplado a la fuente de metam.

Antes de la manipulación del producto se debe comprobar el correcto funcionamiento del sistema de medición del suministro de agua, la bomba de dilución, líneas sin válvula de retorno y de goteo. La tubería principal de agua debe estar libres de obstrucciones.

Al aplicar el producto en interiores se recomienda enérgicamente mantener los túneles o invernaderos cerrados hasta su ventilación.

Las etapas más críticas son el acoplamiento y desacoplamiento del tambor o recipiente de metam al dispositivo/bomba de riego por goteo. Por lo tanto, se recomienda que se equipe, de la misma manera que en el caso de transferencia de productos del tambor o recipiente al tanque de una máquina de aplicación, como se muestra en la siguiente casilla.

### EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP) EN EL CASO DE DESINFECCIÓN POR GOTEO

- Guantes de caucho resistente a productos químicos
- Botas de caucho resistente a productos químicos
- Overol sintético (pantalón preferiblemente sobre las botas de caucho para evitar el ingreso de líquidos)
- Protección ocular o facial
- Respiradores purificadores de aire (APR): cartuchos de filtro A2B2-P3 o similares montado en máscaras para la mitad de la cara o preferiblemente máscara para toda la cara

#### 5.4.3. ADVERTENCIAS Y SEÑALES DE ADVERTENCIA

Recomendamos que los productores, antes de cada campaña, informen a los residentes, en un radio de 200 metros de las parcelas que se van a tratar, acerca de los períodos de aplicación. Los campos e invernaderos tratados deben contar con carteles que prohíban el ingreso.

Se aconseja mantener las puertas de entrada de los invernaderos cerradas hasta su

ventilación. Se podrán emplear carteles de “No pasar” o “Desinfección en curso.”



## 5.5. PERÍODO DE REINGRESO

Debido a las propiedades químicas volátiles del metam y MITC y el potencial de exposición del trabajador, la entrada en el campo tratado está restringida durante un determinado período de tiempo a los responsables de la manipulación que empleen los EPP apropiados. El período de reingreso es una cantidad específica de tiempo durante el cual la entrada a los campos tratados por parte de otra persona que no sea un responsable de manipulación capacitado y bien equipado con EPP está prohibida.

**El período de reingreso comienza desde el final de la aplicación del producto.** La duración del período de reingreso depende de si la aplicación se realizó en un campo abierto o en invernadero.

### Campo abierto

Según el clima de la región, se recomienda un tiempo de espera mínimo de 7 días antes de que se entre en un campo que haya recibido tratamiento. Seguir siempre los requisitos indicados en las etiquetas locales.

### Invernadero

El período de reingreso es de 14 días.

En general, no es necesario entrar en el invernadero durante los primeros 7 días después de la aplicación de metam. Sin embargo, si esto ocurriera, se necesitan equipos de protección respiratoria. Los trabajadores también deben usar equipo de protección respiratoria cuando vuelvan a entrar al cabo de 7 días para iniciar la ventilación de la estructura tratada (invernadero o túnel de polietileno). Volver a entrar en el invernadero sin equipo de protección respiratoria es posible después de 14 días, siempre que el invernadero esté bien ventilado antes de la reocupación.

### EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP) EN EL CASO DE LA ENTRADA EN EL CAMPO TRATADO DURANTE EL PERÍODO DE REINGRESO.

- Guantes de caucho resistentes a los productos químicos
- Botas de caucho resistentes a los productos químicos
- Overol de algodón
- Mascarilla facial con filtro de carbón activo tipo A (código de color marrón) para gases y vapores orgánicos con punto de ebullición > 65 °C

## 5.6. LIMPIEZA DE MATERIAL Y DESECHO

### DE TAMBORES

Después de la aplicación, es posible que sea necesario diluir con agua cualquier producto restante en el depósito en una proporción de 1:100 y aplicarlo a los suelos tratados. La maquinaria deberá limpiarse de suelo y restos antes de pasar a otro sitio de desinfección o antes de su almacenamiento.

En el caso de riego por goteo las líneas de aplicación se deben lavar con agua después

de la aplicación pero sin saturar en exceso el suelo tratado.

Nunca reutilice tambores o contenedores vacíos para otra aplicación.

Trate los tambores o contenedores vacíos como residuos peligrosos.

**Tambores:** enjuague con agua limpia mientras evita el riesgo de contaminación de zanjas y superficie de agua, y llévelo a un centro de acopio certificado.

**IBC (Envases intermedios a granel de aproximadamente 1000 l):** recuperación asegurada por el fabricante del envase.

#### EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP) AL REALIZAR LA LIMPIEZA DEL MATERIAL Y EL DESECHO DE TAMBORES

- Guantes de caucho resistentes a los productos químicos
- Botas de caucho resistentes a los productos químicos
- Overol hermético
- Protección ocular o facial
- Mascarilla facial con filtro de carbón activado tipo A (código de color marrón) para gases y vapores orgánicos con punto de ebullición > 65 °C

## 5.7. REMOCIÓN DE LA PELÍCULA PLÁSTICA

### Y/O AIREACIÓN DEL SUELO

Esta es otra etapa crítica en la que persiste un pequeño riesgo de emisión de gases de MITC residuales aunque es de suponer que está casi completa la disipación luego del tiempo de sellado del suelo adecuado.

Esto es de importancia, tanto en lo que respecta a las posibles molestias a los residentes, especialmente cuando la dirección del viento está presente en el momento de aireación y para los trabajadores que llevan a cabo la remoción del sello.

Otra opción es la perforación preliminar de la película en diferentes lugares a fin de reducir la posibilidad de emisión en el momento de la remoción completa de la película (si los gases no se han disipado lo suficiente).

También es posible que la impermeabilización mediante la película plástica deba permanecer en el lugar como abono en el caso de la siembra de cultivos, como la fresa o la lechuga. En este caso se deben hacer orificios en la película en distancias apropiadas.

La aireación forzada del suelo o labores en el suelo antes del cultivo tras la desinfección de suelos mediante un dispositivo accionado por un tractor no debe ser más profunda que la capa desinfectada con el fin de evitar la mezcla de inóculos de posibles enfermedades vegetales de zonas no tratadas. Siempre que haya trabajadores expuestos, es recomendable el uso de un EPP adecuado.

#### EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP) CUANDO SE REALICE LA EXTRACCIÓN DEL SELLO DE PELÍCULAS PLÁSTICAS Y AIREACIÓN DEL SUELO

- Guantes de caucho y botas de caucho
- Overol
- El respirador purificador de aire es obligatorio si el nivel de irritación sensorial está presente\*

\* Valor activador de irritación sensorial: Concentración de MITC en el aire > 0,6 ppm - véase la sección 5.9.

La película no debe reutilizarse y se debe descartar para su destrucción o reciclado en función de las posibilidades disponibles en el mercado local.

## 5.8. LIMPIEZA DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN

### PERSONAL (EPP)

Siga las instrucciones del fabricante para la limpieza y el mantenimiento del EPP.

Si no hay instrucciones para los materiales que se pueden lavar, use detergente y agua caliente.

Mantenga y lave los EPP por separado del resto de la ropa sucia.

Deseche prendas de vestir y otros materiales absorbentes que se hayan empapado o estén muy contaminados con este producto concentrado y no vuelva a utilizarlos.

No transporte ropa contaminada dentro de un vehículo cerrado a menos de que la almacene en un recipiente cerrado.

## 5.9. NORMAS GENERALES SOBRE EL USO DE

### FILTRO DE CARTUCHOS

Tres situaciones principales determinan si se deben usar o no máscaras completas con cartuchos de filtro para respirador purificador de aire (APR) y los valores de aire activación de la irritación sensorial. En el tercer nivel, la operación debe detenerse y los responsables de la manipulación deben alejarse. Esto se visualiza en el diagrama siguiente:



Los filtros de cartucho o latas se deben sustituir:

- Siempre que el olor o la irritación sensorial generados por este producto se hagan evidentes durante el uso
- Si la concentración medida de MITC es superior a 6 ppm
- Al final de cada día de trabajo en ausencia de instrucciones o indicaciones sobre su validez

## 5.10. CONTROL DE MITC RESIDUAL

El control de aire residual o la concentración de MITC en el suelo tiene dos ventajas principales: 1. Controlar el entorno de trabajo/para los residentes por seguridad; 2. Controlar el riesgo potencial de fitotoxicidad después de la desinfección y aireación del suelo.

### 5.10.1. COMPROBACIÓN DEL ENTORNO DE TRABAJO PARA DETERMINAR LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD

Debe hacerse una distinción entre la concentración en el aire justo por encima del suelo o incluso la superficie de la película de plástico, a la altura de inhalación de los trabajadores en los alrededores con respecto a la exposición de los transeúntes o residentes. En este último caso se deben realizar mediciones a diferentes distancias a favor del viento de la parcela tratada.

Dos grandes principios de medición están disponibles:

#### 5.10.1.1. DETECCIÓN DE FOTOIONIZACIÓN (P. I.D. )

Este delicado dispositivo electrónico de respuesta rápida es muy fácil de usar. Mediante la elección de la versión de la lámpara uv 10.6 eV, el factor de respuesta para MITC es elevado en comparación con la posible respuesta con otros compuestos de la degradación gaseosa del metam. El dispositivo de monitoreo debe ponerse preferiblemente a cero en la parte superior del suelo no tratado.

El aire ambiente se bombea a lo largo de la parte interior de la lámpara uv, las moléculas se ionizan, se recogen en un electrodo de flujo de ingreso donde se vuelven a descargar. Los



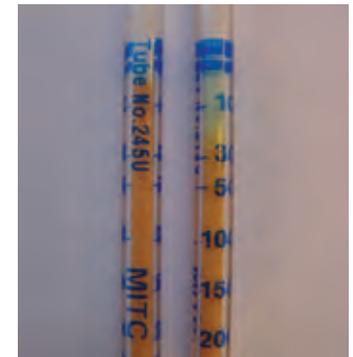
cambios en la corriente eléctrica entre los electrodos se amplifican y son una medida de la concentración de gas tras el cálculo del factor de respuesta/factor de corrección específicos. Cuanto más bajo es el valor de este factor más sensible es el P.I.D. para el compuesto medido.

#### 5.10.1.2. TUBOS DE DETECCIÓN

Diferentes fabricantes de equipos de seguridad y de protección respiratoria han desarrollado tubos específicos para la medición de MITC.



Dependiendo de las instrucciones de los fabricantes, determinado volumen de aire ambiente se bombea a través de un tubo de reacción al gas de vidrio sellado después de la desconexión de las boquillas de admisión y de escape (lado de la bomba). El gas reacciona con un agente colorante que se absorbe en material de soporte. Las lecturas se toman de la decoloración de la zona en una escala numérica de concentración de MITC.



La imagen de la derecha muestra una lectura de aproximadamente 20 ppm.

Cada tubo es para una medición y toma algún tiempo sustituirlo y realizar las lecturas. Trabajar con estos productos desechables no es eficiente cuando es necesario llevar a cabo muchas mediciones.

### 5.10.2. COMPROBACIÓN DE LOS POSIBLES RIESGOS DE FITOTOXICIDAD DESPUÉS DE LA DESINFECCIÓN Y LA AIREACIÓN DEL SUELO

En este caso, tanto el monitoreo del aire y del suelo se deberían considerar. El monitoreo de aire podría ser importante para cultivos adyacentes. Es evidente que cuando se verifican las condiciones previas a la desinfección del suelo se conoce la eventual presencia de cultivos adyacentes y se toman medidas para evitar la fitotoxicidad.

Con este fin, un instrumento P.I.D. es el dispositivo más adecuado que se puede utilizar. El monitoreo de gases en el suelo después de la desinfección es importante para la preservación del nuevo cultivo a sembrar o plantar.

Tras la remoción o la aireación, la prueba más clásica a llevar a cabo es la prueba de germinación de semillas de berro o lechuga.

El principio es simple: Semillas sensibles al MITC y de rápida germinación se exponen a muestras de suelo provenientes de la parcela desinfectada. Esto puede ser en la fase de gas o por siembra directa. Este tipo de pruebas se han estandarizado en cierta medida.

Algunos distribuidores y contratistas locales ofrecen kits de monitoreo de fitotoxicidad a sus clientes.

#### PROCEDIMIENTO PARA LLEVAR A CABO UNA PRUEBA DE GERMINACIÓN DE SEMILLA DE LECHUGA O BERRO

**1** Con una pala, cavar en el suelo tratado hasta o justo por debajo de la profundidad de la aplicación.

**2** Tome 2 a 4 muestras de suelo pequeñas (25 a 50 g), mézclelas suavemente y colóquelas inmediatamente en un tarro hermético para que no escapen las emisiones gaseosas. Utilice frascos de vidrio con tapa hermética a los gases.

**3** Prepare un frasco similar con suelos no tratados (comprobación de ausencia de tratamiento) para la comparación.

**4** Espolvoree semillas de berro y lechuga en las superficies humedecidas del suelo y vuelva a cerrar inmediatamente los frascos.

**5** Mantenga los frascos entre 18 y 30 °C; no coloque a la luz solar directa. La luz solar directa puede matar la semilla por sobrecalentamiento. Las semillas de lechuga no germinarán en la oscuridad.

**6** Inspeccione los frascos para determinar la germinación en 1 a 3 días. El suelo es seguro para la siembra, si las semillas del frasco germinan normalmente en comparación con la muestra no tratada.

Si el riesgo de fitotoxicidad persiste, puede ser necesario airear el suelo tratado una vez más, con EPP apropiados y se tendría que realizar una nueva prueba.

Como una alternativa, se puede hacer la siembra o trasplante de algunos de los cultivos que va a instalar en el área tratada, pero esto requiere un período de tiempo más extenso para observar un riesgo eventual de fitotoxicidad residual.

### PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR UNA PRUEBA DE TRASPLANTE DE TOMATE

1



Trasplante 5 a 10 plántulas suculentas de rápido crecimiento de tomate en camas desinfectadas a aproximadamente 10 a 15 cm de profundidad.

2



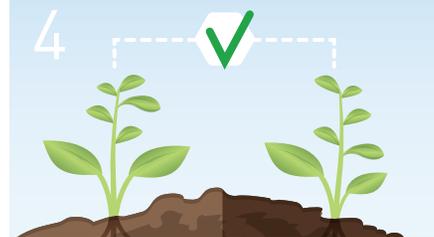
Haga lo mismo en una zona no desinfectada. Si hay variaciones en el campo, plante en el suelo más pesado y más húmedo.

3



Inspeccione las plántulas en 2 días para detectar marchitamiento o "secado de raíz."

4



Si las plantas de la zona desinfectada tiene el mismo aspecto que las de la zona no desinfectada, es seguro plantar.

# RESUMEN DEL CAPÍTULO 5

## GESTIÓN PASO A PASO DE LA DESINFECCIÓN DE SUELOS CON METAM

- Los productos a base de metam, al igual que muchos otros productos fitosanitarios, necesitan una atención especial y están sujetos a diferentes normas de seguridad con respecto a su almacenamiento, manipulación y aplicación.
- Sus propiedades corrosivas e irritantes y la generación de MITC gaseoso cuando se aplica al suelo, exigen una serie de diferentes acciones que incluyen:
  - Prospección preliminar del sitio de desinfección, incluida la evaluación de riesgos para los transeúntes y residentes, control de pronósticos meteorológicos y la correcta preparación del campo. Esto puede resultar en el aplazamiento de la aplicación en el caso de una o más condiciones adversas.
  - El uso de equipo de protección personal adecuado para el tipo de operación que se va a llevar a cabo.
  - Colocación de carteles de prohibición entrada a los campos tratados.
  - Respeto del período de reingreso.
  - Limpieza de material y desecho seguro de los tambores vacíos.
  - Monitoreo del MITC residual.

# APÉNDICES

## ABREVIATURAS

<b>APR:</b> Respirador purificador de aire	<b>PPE:</b> Equipos de protección personal
<b>C x t:</b> Producto de concentración x tiempo	<b>SCBA:</b> Equipo autónomo de respiración
<b>F.I.F.:</b> Película completamente impermeable	<b>SL:</b> Miscible con formulación de agua
<b>I.P.M.:</b> Control Integrado de Plagas	<b>T.I.F.:</b> Película totalmente impermeable
<b>LDPE:</b> Polietileno de baja densidad	<b>V.I.F.:</b> Película virtualmente impermeable
<b>MITC:</b> Metil isotiocianato	<b>WHC:</b> Capacidad de retención de agua
<b>P.I.D.:</b> Detector de fotoionización	

## GLOSARIO

**Desinfección de pila:** La desinfección se puede usar para desinfectar el suelo en pilas sobre suelo impermeable (contenedores, suelo de hormigón o película plástica) por ejemplo, una capa de 25 cm y cubierta con película plástica impermeable al gas, para su utilización en envases de semillas o tierra para macetas.

**Desinfección del suelo:** Eliminación o reducción de agentes patógenos o plagas que se transmiten en el suelo.

**Disipación:** La disipación de compuestos fitosanitarios activos después de su aplicación es consecuencia de la descomposición, degradación o metabolismo químicos, físicos o biológicos. Un compuesto aplicado al suelo también se disipa por pérdida a la atmósfera (fumigantes), lixiviación o enlace irreversible a las partículas del suelo.

**Dosatron:** Bomba de control de dosificación utilizada en el sistema de riego que permite programar el suministro de productos fitosanitarios y fertilizantes al suelo.

**Enfermedad:** La causa de las enfermedades de las plantas son hongos, bacterias y virus.

**Equipo de protección personal:** Ropa, protección ocular y de las vías respiratorias.

**Formulación SL:** Formulación miscible con agua.

**Fungicidas:** Compuestos químicos u organismos biológicos utilizados para el control de organismos fungicos parásitos de las plantas. Los productos desinfectantes a base de metam tienen amplio espectro fungicida.

**Herbicidas:** Los desinfectantes son herbicidas que controlan semillas de malezas, plántulas y malezas jóvenes.

**Inversión de temperatura:** La inversión de temperatura es una situación meteorológica en la que aumenta la temperatura en las capas de aire más altas con temperatura más baja en la capa inferior lo que genera una barrera para los contaminantes al evitar su emisión a la atmósfera.

**Latencia:** Estado de semillas inactivas.

**Nematicida:** Los desinfectantes de suelo son nematicidas en contraste con los productos granulados aplicados a los cultivos que son nemato estáticos y requieren varias aplicaciones.

**Pata de ganso:** Hoja horizontal en la forma de una pata de ganso montada en una máquina para trabajar el suelo que levanta el suelo con la posibilidad de llevar tubos de inyección para el líquido desinfectante.

**Plagas:** La causa de las plagas de las plantas son insectos, ácaros, nematodos y babosas.

**Producto de concentración x tiempo (C x t):** Un valor numérico expresado en  $g \times h/m^3$  obtenido al multiplicar la concentración del desinfectante ( $g/m^3$ ) y el tiempo (horas) durante el cual se mantiene esta concentración como una medida de actividad biológica.

**Riego por goteo:** Técnica de ahorro de agua para el riego de cultivos y para la aplicación de nutrientes. El suministro se puede automatizar y las instalaciones se pueden utilizar para la desinfección de suelos.

**Rotovator:** Dispositivo para labores en el suelo por rotación (con hojas en forma de S o L), que desintegran y homogeneizan el suelo con productos eventualmente aplicados en ellos.

**Sello (suelo):** Técnica para reducir la pérdida de desinfectante y humedad del suelo mediante la compactación de la capa superior del suelo con un rodillo, por humidificación de la capa superior del suelo o mediante la instalación de una película plástica impermeable al gas o la combinación de dos de ellos.

**Solarización:** Técnica que se utiliza para desinfección de suelos en países tropicales o sureños, que se realiza al cubrir el suelo con película de plástico durante varias

semanas o meses para alcanzar altas temperaturas en el suelo y también aplicando procesos específicos en el suelo que puede dar como resultado un muy alto grado de desinfección del suelo. Además, la combinación con desinfección química de los suelos a las tasas reducidas de desinfectante ha mostrado resultados interesantes.

**Tiempo de penetración:** El momento en el que el proceso de difusión del gas o el desinfectante se inicia a través de la impermeabilización mediante películas plásticas o sellado del suelo alternativo. Esto depende de la calidad de las películas (composición y espesor), condensación de agua debajo de la película y la temperatura.

**Tubo/cinzel:** Las hojas verticales en forma de cuchillas montadas en máquinas para labores en el suelo que corta el suelo con la posibilidad de llevar tubos para la inyección del líquido desinfectante.



# AVISO IMPORTANTE

Las regulaciones con respecto al metam difieren entre países. Por lo tanto es necesario seguir las normas locales y consultar los requisitos detallados en la etiqueta del producto ya que pueden variar con respecto a la información proporcionada en el presente documento. Las regulaciones nacionales o locales prevalecerán sobre la orientación proporcionada en este manual. Este producto es peligroso para la salud humana, animal y el ambiente. Leer detenidamente y seguir estrictamente los objetivos y use las instrucciones, como se indica en la etiqueta del producto y/o en el panfleto. Siga las indicaciones de uso y siga las restricciones como se indica en la etiqueta del producto y/o en el panfleto. Utilice Equipo de Protección Personal como se indica en la etiqueta. No deje que los niños manejen el producto. Descarte adecuadamente el envase vacío y sus residuos. Exclusivo para uso agrícola.

## NÚMEROS DE EMERGENCIA

Números de emergencia dentro del país	Número telefónico del país	Número gratuito del país
Costa Rica (CHEMTREC)	+[506]-40003869	
México (CHEMTREC)		01-800-681-9531
México (SETIQ)	0155 5559 1588	01-800-214-00
Peru (Lima) (CHEMTREC)	+[51]-17071295	
Argentina (Buenos Aires) (CHEMTREC)	+[54]-1159839431	
Colombia		01-800-681-9531

# AVISO LEGAL

La información relativa a la utilización del producto es solo con fines informativos. No se garantiza al cliente que el producto se adapte al uso específico al que lo destina dicho cliente. El cliente debe realizar su propia prueba para determinar la idoneidad para un propósito particular. La información sobre las diversas posibilidades de aplicación de nuestros productos se transmite bajo la condición de que el cliente debe adaptar la información a las condiciones específicas de su uso y a las características de los productos con los que se mezclan.

**Las regulaciones con respecto al metam difieren entre países. Por lo tanto es necesario seguir las normas locales y consultar los requisitos detallados en la etiqueta del producto ya que pueden variar con respecto a la información proporcionada en el presente documento. Las regulaciones nacionales o locales prevalecerán sobre la orientación proporcionada en este manual.**

47

Aviso legal

## EASTMAN

### Oficinas Corporativas Eastman

P.O. Box 431  
Kingsport, TN 37662-5280 EE.UU.

EE.UU. y Canadá, 800-EASTMAN (800-327-8626)  
Otros países, +(1) 423-229-2000

[eastman.com/locations](http://eastman.com/locations)

Si bien la información y las recomendaciones aquí establecidas se presentan de buena fe, Eastman Chemical Company ("Eastman") y sus subsidiarias no realizan declaraciones o garantías en cuanto a la integridad o la precisión de las mismas. Usted deberá determinar por su cuenta la idoneidad e integridad de los productos en cuanto a su uso, para la protección del medio ambiente, y para la salud y seguridad de sus empleados y clientes. Nada de lo que se establece en el presente debe ser considerado como recomendación de uso de ningún producto, proceso, equipamiento o formulación en conflicto con cualquier patente, y no hacemos declaraciones ni damos garantías, de forma expresa o implícita, que el uso del mismo no infrinja ninguna patente. EL PRESENTE DOCUMENTO NO CONSTITUYE DECLARACIÓN NI GARANTÍA, DE FORMA EXPRESA O IMPLÍCITA, DE COMERCIABILIDAD, DE ADECUACIÓN PARA UN FIN PARTICULAR, O DE OTRA NATURALEZA CON RESPECTO A LA INFORMACIÓN O EL PRODUCTO AL QUE REFIERE LA INFORMACIÓN, NI TAMPOCO SUPRIME LAS CONDICIONES DE VENTA DEL VENDEDOR.

Las Hojas de Datos de Seguridad que proveen precauciones de seguridad que deben tenerse en cuenta al manejar o almacenar nuestros productos están disponibles en línea o bajo solicitud. Debe obtener y revisar el material de información de seguridad disponible antes de manejar nuestros productos. Si alguno de los materiales mencionados no son nuestros productos, debe tener en cuenta la información en cuanto a la higiene industrial apropiada y otras precauciones de seguridad recomendadas por sus fabricantes.

© 2024 Eastman. Las marcas de Eastman a las que el presente documento hace referencia se usan bajo licencia o son marcas comerciales de Eastman o alguna de sus subsidiarias. Las marcas ajenas a Eastman a las que el presente documento hace referencia son marcas registradas de sus respectivos dueños.

[eastman.com/cropprotection](http://eastman.com/cropprotection)

**Eastman Chemical Company**

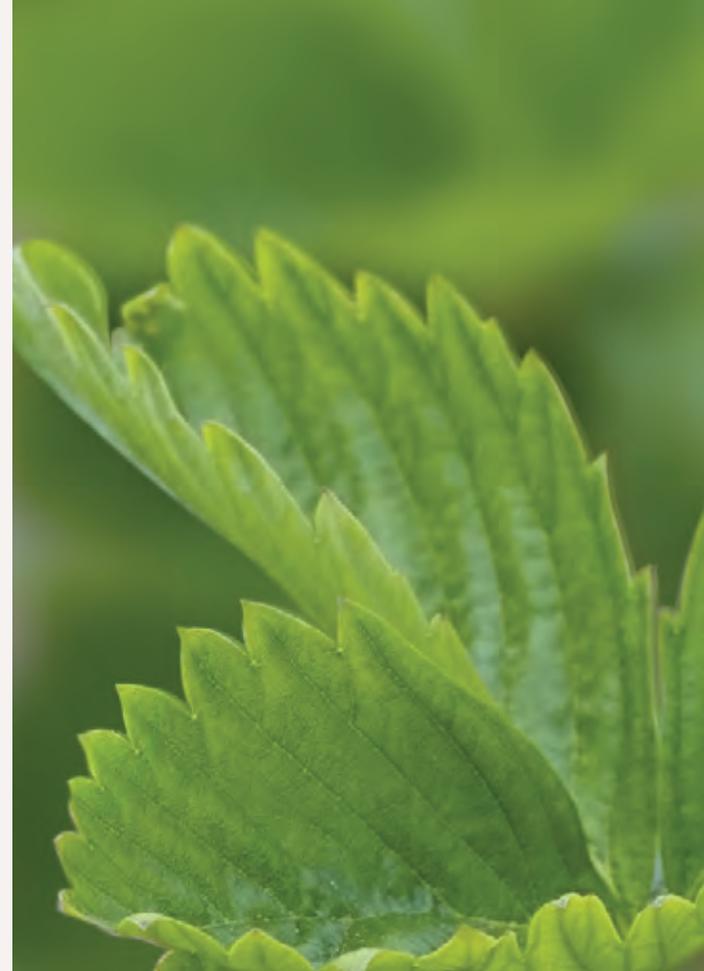
**Oficinas Corporativas**

P.O. Box 431 Kingsport, TN 37662-5280 U.S.A.

Teléfono: EE.UU. y Canadá, 800-EASTMAN (800-327-8626)

Otros sitios, (1) 423-229-2000

Fax: (1) 423-229-1193



**EASTMAN**

