

# [1] **Proyecto de NIMF: *Requisitos para el uso de la fumigación como medida fitosanitaria (2014-004)***

## [2] **Estado de la elaboración**

[3] Esta no es una parte oficial de la norma y será modificada por la Secretaría de la CIPF tras la aprobación.	
[4] <b>Fecha de este documento</b>	[5] 2017-05-25
[6] <b>Categoría del documento</b>	[7] Proyecto de NIMF
[8] <b>Etapas actuales del documento</b>	[9] Para primera consulta
[10] <b>Etapas principales</b>	[11] 2014-04: La CMF-9 añadió el tema <i>Requisitos para el uso de la fumigación como medida fitosanitaria (2014-004)</i> al programa de trabajo, con prioridad 1. [12] 2014-05: Revisión del proyecto de especificación por el CN. [13] 2015-05: El CN aprobó la especificación 62. [14] 2016-10: Reunión virtual del GTTF. [15] 2016-12: Reunión virtual del GTTF. [16] 2017-01: Reunión virtual del GTTF. [17] 2017-01: Foro electrónico del GTTF (2017_eTPPT_Jan_01). [18] 2017-05: El CN revisó el texto.
[19] <b>Cronología de los administradores</b>	[20] 2004-05 CN: Sr. Yuejin WANG (CN, Administrador) [21] 2014-05 CN: Sr. Michael ORMSBY (NZ, Administrador adjunto) [22] 2016-11 CN: Sr. David OPATOWSKI (IL, Administrador principal) [23] 2016-11 CN: Sr. Yuejin WANG (CN, Administrador adjunto)
[24] <b>Notas de la Secretaría</b>	[25] 2017-01: Corregido [26] 2017-05: Corregido.

## [27] **ÍNDICE [SE INSERTARÁ POSTERIORMENTE]**

### [28] **Adopción**

[29] [El texto de este párrafo se añadirá tras la adopción.]

### [30] **INTRODUCCIÓN**

#### [31] **Ámbito de aplicación**

[32] La presente norma ofrece orientación técnica a las ONPF sobre los procedimientos específicos para aplicación de la fumigación como medida fitosanitaria para plagas o artículos reglamentados. Esto incluye los tratamientos basados en la aplicación de productos químicos en forma gaseosa en entornos cerrados. Los requisitos de temperatura, dosis, duración, mediciones mínimas periódicas de la concentración y otros aspectos fundamentales para una fumigación eficaz se tratan en la NIMF 28 (*Tratamientos fitosanitarios para plagas reglamentadas*).

[33] En la presente norma no se describe el uso de atmósferas modificadas como tratamiento fitosanitario.

## [34]Referencias

[35]En la presente norma se hace referencia a las NIMF. Las NIMF están disponibles en el Portal fitosanitario internacional (PFI): <https://www.ippc.int/es/core-activities/standards-setting/ispms>.

[36]**CPM R-03**. 2017. Reemplazo o reducción del uso de bromuro de metilo como medida fitosanitaria. Recomendación de la CMF. Roma, CIPF, FAO. Disponible en <https://www.ippc.int/es/publications/84230/> (consultado el 15 de mayo de 2017).

## [37]Definiciones

[38]Las definiciones de los términos fitosanitarios utilizadas en la presente norma se pueden encontrar en la NIMF 5 (*Glosario de términos fitosanitarios*).

## [39]Perfil de los requisitos

[40]La presente NIMF proporciona una descripción de los principales tipos de fumigación y ofrece orientación sobre los principales requisitos operativos necesarios para garantizar que los tratamientos se apliquen de forma eficaz, sistemática y con efectos mínimos sobre la economía y el medio ambiente.

[41]La norma describe el modo en que debe realizarse la fumigación para lograr la eficacia indicada según consta en la NIMF 28 para las plagas reglamentadas de interés. Esta norma proporciona asimismo orientación a las ONPF sobre los requisitos relativos al procedimiento que deben seguir las entidades fumigadoras autorizadas a aplicar la fumigación como medida fitosanitaria.

## [42]ANTECEDENTES

[43]La fumigación es un tipo de tratamiento que consiste en aplicar un gas tóxico a un producto para matar una proporción suficiente de las plagas objetivo y podrá utilizarse para el control de plagas.

[44]La finalidad de la CIPF es “prevenir la diseminación e introducción de plagas de plantas y productos vegetales y promover medidas apropiadas para combatirlas” (Artículo I.1 de la CIPF). El requisito o la aplicación de tratamientos fitosanitarios a los artículos reglamentados es una medida fitosanitaria que usan las partes contratantes para prevenir la introducción y dispersión de plagas reglamentadas.

[45]La modificación de la concentración de dióxido de carbono y oxígeno del aire que se utiliza en los tratamientos en atmósfera modificada no se considera un tratamiento de fumigación.

## [46]REPERCUSIONES SOBRE LA BIODIVERSIDAD Y EL MEDIO AMBIENTE

[47]Históricamente, la fumigación se ha aplicado ampliamente para prevenir la introducción y la dispersión de plagas objetivo en un área reglamentada y, por tanto, ha sido beneficiosa para la biodiversidad y el medio ambiente. Sin embargo, los gases fumigantes, como el bromuro de metilo, el fluoruro de sulfurilo, el fosfano (fosfina) y el formiato de etilo, podrían ser tóxicos para las personas y tener efectos nocivos para el medio ambiente. Por ejemplo, se sabe que la emisión de bromuro de metilo a la atmósfera agota la capa de ozono y el fluoruro de sulfurilo es un gas de efecto invernadero reconocido. En relación con esta cuestión se ha aprobado la recomendación de la CIPF relativa al reemplazo o reducción del uso de bromuro de metilo como medida fitosanitaria (CPM R-03, 2017). Las repercusiones medioambientales de los fumigantes pueden mitigarse de forma proporcional utilizando tecnología de recaptura para reducir las emisiones.

## [48]REQUISITOS

[49]La finalidad de la presente NIMF es proporcionar requisitos para la aplicación de la fumigación fitosanitaria, específicamente de los tratamientos aprobados en el marco de la NIMF 28.

## [50]1. Objetivo de los tratamientos

[51]El objetivo del uso de la fumigación como medida fitosanitaria, por sí sola o combinada con otra medida fitosanitaria, es manejar el riesgo de plagas alcanzando un nivel de mortalidad especificado de una plaga (ya sea inmediatamente o con el tiempo).

## [52]2. Entidades fumigadoras

[53]La fumigación la realizan diversas entidades fumigadoras (p. ej., personas o empresas especializadas en la actividad) en una instalación de fumigación o en otros emplazamientos (p. ej., en la bodega de un carguero) (en adelante, se denominan “entidades fumigadoras” las instalaciones de fumigación y los operadores que la realizan).

## [54]3. Aplicación de los tratamientos

[55]La fumigación podrá aplicarse en cualquier punto a lo largo de la cadena de suministro, por ejemplo:

- [56]como parte integrante de las operaciones de embalaje
- [57]justo antes de la expedición (p. ej., en lugares centralizados en el puerto)
- [58]después del embalaje (p. ej., una vez que el producto ha sido embalado para su expedición)
- [59]durante el almacenamiento
- [60]durante el transporte
- [61]después de la descarga.

[62]El requisito mínimo de la fumigación es garantizar que durante el tiempo de tratamiento y a la temperatura de tratamiento mínimos previstos se alcance, en todo el producto, el nivel requerido de los parámetros programados (p. ej., el producto de concentración  $\times$  tiempo [CT]), de modo que pueda alcanzarse el nivel de eficacia requerido. En el Apéndice 1 se ofrece orientación relativa a los estudios sobre la eficacia de la fumigación.

[63]Al aplicar la fumigación han de considerarse los parámetros de dosis mínima, temperatura y duración del tratamiento, así como, cuando proceda, la humedad del entorno de tratamiento o el contenido de humedad del producto, todo lo cual debería ser compatible con los protocolos aprobados oficialmente o con la NIMF 28. Las atmósferas modificadas creadas por el embalaje o por el propio producto podrán alterar la eficacia del tratamiento.

[64]En el protocolo de tratamiento deberían describirse los procesos de acondicionamiento previo y posterior para alcanzar la dosis requerida cuando estos procesos sean fundamentales para que el tratamiento alcance la eficacia requerida. En el protocolo deberían incluirse también procedimientos de contingencia y orientación sobre acciones correctivas para tratamientos fallidos.

## [65]4. Tipos de tratamientos

[66]Los grupos principales de tipos de tratamientos de fumigación utilizados son los siguientes.

### [67]4.1 Tratamientos con un único fumigante

[68]En los tipos de fumigación más comunes se aplica un único fumigante. Los fumigantes para uso general como el bromuro de metilo, la fosfina o el fluoruro de sulfurilo tienen un modo de acción eficaz contra todos los grupos de plagas o contra un grupo concreto (p. ej., los artrópodos, los hongos o los nematodos) y contra todas las etapas de desarrollo o la mayoría de ellas. Los protocolos de tratamiento con un único fumigante suelen ser sencillos: con una sola aplicación se alcanza una dosis mínima requerida durante un tiempo especificado. En el Apéndice 2 se proporciona una lista de fumigantes de uso habitual y sus propiedades químicas.

## [69]4.2 Combinaciones con otros fumigantes o tratamientos

[70] Cuando no se pueda alcanzar el nivel de eficacia requerido con un único fumigante sin que el producto se vuelva no comerciable, o por razones económicas o logísticas, podrá incluirse otro fumigante o tratamiento en el protocolo de tratamiento.

### [71]4.2.1 Tratamientos combinados secuenciales

[72] Podrá aplicarse otro tratamiento inmediatamente antes o después de la fumigación para aumentar la eficacia del tratamiento completo. Por ejemplo, podrá ser necesaria la aplicación consecutiva de un tratamiento térmico y un fumigante cuando el producto hospedante sea susceptible de resultar dañado debido a la mayor intensidad requerida al aplicarse cualquiera de los tratamientos por separado, o cuando la etapa de desarrollo de la plaga objetivo más tolerante al tratamiento sea diferente para los distintos tratamientos. Un ejemplo de tratamiento combinado térmico y fumigante es la fumigación con bromuro de metilo seguida de un tratamiento con frío.

### [73]4.2.2 Tratamientos combinados concurrentes

[74] Las combinaciones concurrentes de un fumigante con otros fumigantes o tratamientos podrán ser mejores que el tratamiento con un único fumigante en cuanto a eficacia, tolerancia del producto, economía o logística.

#### [75]4.2.2.1 *Tratamientos combinados de fumigante y atmósfera modificada*

[76] Para mejorar la eficacia del tratamiento de fumigación, podrá aumentarse la concentración de dióxido de carbono atmosférico en el recinto, ya sea aisladamente o aumentando conjuntamente la concentración de nitrógeno y disminuyendo la de oxígeno. Estas modificaciones de la atmósfera podrán aumentar directamente la mortalidad de la plaga objetivo o hacer que aumente su respiración, mejorando así la eficacia de fumigantes como la fosfina. Además, cuando el fumigante sea inflamable, como en el caso del formiato de etilo, podrá ser necesario reducir la concentración de oxígeno en la atmósfera.

#### [77]4.2.2.2 *Fumigación en vacío*

[78] La aplicación de un fumigante en condiciones de vacío atmosférico parcial puede aumentar significativamente la tasa de penetración del fumigante en el producto, mejorándose su eficacia o haciendo posible reducir la cantidad de fumigante o la duración del tratamiento. Estos tratamientos deberían realizarse en cámaras de vacío diseñadas ex profeso en las que la pérdida de vacío durante la fumigación sea mínima y empleando una bomba de vacío que permita alcanzar la presión atmosférica necesaria en el plazo requerido.

## [79]5. Equipo y recintos de fumigación

[80] El equipo y los recintos utilizados para la fumigación pueden tener formas y diseños muy diversos, que varían en función del tipo de fumigante que se utilice, la naturaleza del producto y las condiciones del entorno circundante. Para garantizar que la fumigación alcanza el nivel de eficacia requerido podrán ser necesarios los siguientes recintos y equipo.

### [81]5.1 Recinto de fumigación

[82] Un recinto de fumigación debería ser un espacio que se pueda cerrar de tal manera que se garantice el mantenimiento de unas condiciones de fumigación adecuadas durante la fumigación. Son ejemplos de recintos las cámaras diseñadas ex profeso para la fumigación, los silos, los contenedores, los almacenes o las “carpas” de lona alquitranada. El recinto debería estar construido con materiales que mantengan una concentración de fumigante adecuada durante el período de fumigación (materiales que no sean porosos al fumigante ni lo absorban). Es poco probable que superficies como el suelo, la arena, la piedra machacada o el pavimento (piedras o bloques) sean adecuadas como piso de una carpa utilizada como recinto de fumigación.

[83] Todos los recintos deberían diseñarse con el fin de permitir un acceso adecuado al equipo necesario para verificar que la fumigación se ha aplicado adecuadamente.

#### [84] **5.1.1 Prueba de presión en el recinto**

[85] En recintos cuya estanqueidad al gas pueda no ser suficiente para garantizar el mantenimiento de concentraciones de gas suficientes durante toda la fumigación, la estanqueidad debería determinarse midiendo el tiempo de la caída de la presión hasta la mitad. La estanqueidad al gas necesaria en un recinto dependerá del fumigante que se esté utilizando y del entorno del recinto de fumigación (p. ej., de la cercanía de personas, productos o equipos sensibles). Por ejemplo, un recinto con un tiempo de caída de la presión hasta la mitad de diez segundos o más (caída de la presión del aire de 200 Pa a 100 Pa) debería considerarse suficientemente estanco para las fumigaciones con bromuro de metilo.

#### [86] **5.2 Equipo de fumigación**

[87] Todo el equipo utilizado para medir los parámetros de fumigación (p. ej., los dispositivos de medición) debería calibrarse conforme a las instrucciones del fabricante.

##### [88] **5.2.1 Dosificadores**

[89] El equipo de dosificación debería permitir la introducción en el recinto de cantidades del gas fumigante. El equipo de dosificación consta de un recipiente de almacenamiento suficientemente seguro y protegido para el fumigante y de conductos para su suministro al recinto, y debería incluir un dispositivo que pueda medir el caudal o flujo del gas hacia el recinto (p. ej., un caudalímetro de gas) o medir la disminución de volumen o de peso del recipiente de gas que abastece al recinto (p. ej., una báscula o balanza). En algunos casos, podrán abrirse bombonas de gas dentro del recinto liberándose un volumen o peso conocido de gas para alcanzar la dosis de fumigante necesaria.

##### [90] **5.2.2 Vaporizador de gas**

[91] Algunos fumigantes se almacenan comprimidos en estado líquido en una bombona metálica. La liberación y evaporación de una cantidad considerable del líquido necesario para la fumigación absorberá una considerable cantidad de energía. Durante la evaporación del líquido a gas debería emplearse un vaporizador que aporte energía (en forma de calor) para garantizar que se introduce en el recinto la cantidad de gas necesaria.

##### [92] **5.2.3 Equipo de calentamiento**

[93] Cuando sea necesario elevar la temperatura del producto y del aire dentro del recinto con fumigantes inflamables o que se descompongan a altas temperaturas no deberían utilizarse fuentes de calor expuestas (véanse las propiedades químicas de los fumigantes en el Apéndice 2).

##### [94] **5.2.4 Equipo para la circulación del gas**

[95] Para la fumigación eficaz de una gran cantidad de producto, especialmente con gases de difusión relativamente lenta, podrá ser importante la distribución uniforme y rápida del gas fumigante introducido en el recinto. Para la fumigación de productos perecederos o de productos que sufren daños con una exposición prolongada al fumigante se requiere una circulación del gas rápida. Para garantizar la circulación del gas deberían utilizarse uno o más ventiladores eléctricos capaces de mover un volumen por hora de tres a diez veces el del recinto.

##### [96] **5.2.5 Instrumentos para medir el contenido de humedad**

[97] Un humidímetro indica el contenido de humedad aproximado del producto (p. ej., de la madera). El contenido de humedad se puede medir como peso en seco o como peso en húmedo, donde el peso en húmedo es el peso de la muestra “húmeda” original y el peso en seco es el peso de la muestra después de secarla en una estufa. Dado que el contenido de humedad variará, por lo general, dentro de un producto y entre los productos del mismo lote, los humidímetros solo necesitan medir con un margen

de error del 5 % respecto del contenido de humedad real. Hay humidímetros que miden la resistencia eléctrica (con sonda) y humidímetros que usan ondas electromagnéticas (sin sonda).

#### [98]5.2.6 Instrumentos para medir el vacío

[99]Para medir y registrar la presión de aire o el vacío realizado y mantenido durante el período de exposición o de prueba debería emplearse un vacuómetro adecuado, con la exactitud y sensibilidad pertinentes. Los vacuómetros idóneos podrán contar con un sencillo manómetro de tubo en U o un manómetro de Bourdon, aunque también hay dispositivos de medición electrónicos especializados, y deberían medir la presión con un error máximo de 10 Pa respecto del valor real.

#### [100]5.2.7 Instrumentos para medir la temperatura

[101]Para medir la temperatura en el espacio del recinto, ya sea de manera continua o a intervalos adecuados, y, en caso pertinente, la de las superficies externas y la del interior del producto antes y durante la fumigación deberían utilizarse termómetros suficientemente fiables. El número de sensores de temperatura necesarios dependerá del tamaño del recinto de tratamiento (véase la sección 6.4). La medición de la temperatura debería tener un margen de exactitud de 0,5 °C respecto a la temperatura real.

#### [102]5.2.8 Instrumentos para monitorear la concentración de gas

[103]El equipo necesario para medir la concentración de fumigante dentro del recinto dependerá del tipo de gas utilizado. Debería utilizarse un equipo con una exactitud de  $\pm 5\%$  de la concentración de fumigante que ha de alcanzarse durante la fumigación. El equipo de monitoreo (p. ej., los conductos) expuesto al fumigante debería estar fabricado con materiales que no lo absorban. Las líneas de monitoreo del fumigante deberían ubicarse lo más lejos posible de los conductos de alimentación o difusores del fumigante y en la zona o zonas del recinto en las que la concentración de fumigante probablemente sea más baja.

#### [104]5.2.9 Equipo de seguridad

[105]Debería disponerse en todo momento de equipo adecuado para garantizar la seguridad de las personas que pudieran exponerse al fumigante, y debería mantenerse siempre en buenas condiciones de funcionamiento. Dependiendo del fumigante que se esté utilizando, podrá ser necesario poner a disposición de quienes manejan el fumigante o realizan o monitorean la fumigación indumentaria protectora, mascarillas anti-humo y equipo de monitoreo suficientemente sensible.

#### [106]5.2.10 Equipo para capturar o reciclar las emisiones de fumigante

[107]Por motivos medioambientales y de seguridad, se alienta a utilizar equipo que permita capturar el gas fumigante para su reciclado, reutilización o eliminación segura. La liberación de gas fumigante (p. ej., bromuro de metilo) a la atmósfera debería reducirse al mínimo siempre que sea posible.

### [108]6. Procedimientos de fumigación

[109]La eficacia de la fumigación podrá verse afectada por muchos factores; entre ellos son fundamentales la concentración de fumigante, el tiempo de exposición, la temperatura del producto y la temperatura atmosférica. La estanqueidad al gas del recinto, el patrón de carga y el coeficiente de carga del producto influyen directamente en la distribución y la concentración del gas durante la fumigación. El equipo de suministro y circulación del fumigante debería disponerse dentro del recinto de fumigación de tal manera que se garantice que se alcanzan las concentraciones de fumigante requeridas por el protocolo de tratamiento y que se mantienen durante la fumigación. Algunos productos como el aceite, las grasas o los materiales porosos o finamente molidos podrán absorber una gran cantidad de fumigante y ocasionar una disminución de la concentración de gas. La composición y la estructura de los materiales de embalaje no debería impedir la penetración del gas fumigante en el producto ni que se alcancen las concentraciones de fumigantes requeridas. En resumen, para alcanzar

el nivel de eficacia requerido es imprescindible que el recinto y el equipo de fumigación estén adecuadamente preparados antes de la fumigación.

### **[110]6.1 Carga del producto**

[111]Antes de la fumigación, el producto debería cargarse en el recinto de fumigación de manera tal que se garantice la disponibilidad de espacio suficiente para que el fumigante circule adecuadamente. Para garantizar la penetración del fumigante en el producto deberían utilizarse separadores, como piezas de madera. A título orientativo, para la fumigación de contenedores debería haber, dependiendo del fumigante utilizado, 200 mm de espacio libre por encima del producto, 50 mm por debajo y 100 mm a los lados y entre los productos.

### **[112]6.2 Embalaje impenetrable por el fumigante**

[113]El material de embalaje o los recubrimientos que sean impenetrables por el fumigante deberían retirarse o perforarse para garantizar un acceso suficiente del fumigante. A título orientativo para la mayoría de los fumigantes, un embalaje que de otro modo sería impenetrable puede adecuarse para la fumigación si presenta no menos de cuatro perforaciones de 6 mm de diámetro por cada 100 cm<sup>2</sup> (cuadrado de 10 cm × 10 cm) o no menos de cinco perforaciones de 5 mm de diámetro por cada 100 cm<sup>2</sup>. También podrán considerarse aceptables las envolturas plásticas que contienen numerosos orificios (al menos seis orificios por cm<sup>2</sup>). Los materiales de embalaje perforados no deberían solaparse, ya que los agujeros podrían bloquearse.

### **[114]6.3 Sorción**

[115]La sorción es la unión química o física del fumigante libre a la superficie o el interior del producto, el embalaje o el recinto fumigados. La sorción del fumigante impide su disponibilidad para matar la plaga de las plantas. La velocidad de sorción es alta al inicio de la fumigación y se reduce gradualmente hasta alcanzar un valor bajo. La sorción aumenta el tiempo necesario para la aeración. Los productos o el embalaje que tengan o se crea que tienen gran capacidad de sorción no deberían fumigarse excepto si la concentración del fumigante puede medirse para garantizar que se alcanza la concentración mínima necesaria.

### **[116]6.4 Determinación de la temperatura de fumigación**

[117]La temperatura es un factor determinante para la eficacia de la fumigación. Uno de los factores que influyen en la eficacia de un fumigante es el ritmo respiratorio del organismo objetivo. Por lo general, cuanto más baja sea la temperatura menor será el ritmo respiratorio del organismo y mayor la dosis de fumigante necesaria para alcanzar el nivel de eficacia requerido.

[118]Deberían medirse y registrarse las temperaturas del producto y de la atmósfera del interior del recinto de fumigación. Se considera como temperatura a la que se realiza la fumigación la temperatura más baja registrada en el recinto o en el producto. Si antes de la fumigación, o durante el proceso, la temperatura dentro del recinto o del producto desciende hasta un valor de 3 a 5 °C mayor que la temperatura de ebullición del fumigante a la presión atmosférica utilizada, no se debería proceder con la fumigación. En tales condiciones, debería utilizarse un equipo calefactor para garantizar una actividad fumigante suficiente. En el Apéndice 2 se indican las temperaturas de ebullición de algunos fumigantes de uso habitual.

[119]El número de sensores de temperatura necesarios para medir adecuadamente la temperatura en todo el recinto dependerá del tamaño y la naturaleza del recinto. El siguiente cuadro se puede utilizar como guía para determinar el número de sensores necesarios cuando el recinto sea una carpa. En el caso de las cámaras diseñadas ex profeso para la fumigación y aisladas podrán necesitarse menos sensores.

[120]Tamaño del recinto (m <sup>3</sup> )	[121]Número de sensores
[122]Hasta 300	[123]3
[124]De 301 a 700	[125]6
[126]De 701 a 1 500	[127]9
[128]Más de 1 500	[129]12

### [130]6.5 Prueba de estanqueidad a los gases

[131]Antes de la fumigación (de preferencia, inmediatamente antes) debería realizarse una prueba de estanqueidad a los gases. No obstante, si el recinto de fumigación es de construcción suficientemente resistente y se utiliza regularmente, podrá ser suficiente realizar pruebas periódicas, por ejemplo, cada 6 o 12 meses.

### [132]6.6 Introducción del gas fumigante

[133]Para determinar la dosis debería utilizarse la temperatura ambiente mínima que se prevé que alcance el recinto de fumigación o el producto (la más baja de ambas) durante el transcurso del tratamiento.

[134]El peso total de fumigante que debe aplicarse es el resultado de multiplicar la dosis requerida (dosis unitaria) por el volumen del recinto. Deberían tenerse en cuenta el exceso de sorción o las fugas del recinto de fumigación. Por lo tanto, la medición correcta del volumen del recinto es importante.

[135]Una vez determinado el volumen del recinto, el peso de fumigante necesario debería calcularse de la manera siguiente:

$$[136]\text{Cantidad de fumigante (g)} = \frac{\text{Volumen del recinto (m}^3\text{)} \times \text{Dosis objetivo (g/m}^3\text{)} * 100}{\% \text{ de pureza del fumigante}}$$

[137]donde la dosis debería tener en cuenta la pérdida de fumigante durante el transcurso del tratamiento y donde el porcentaje de liberación del fumigante (o pureza) es igual a la cantidad de fumigante generado a partir del producto químico aplicado (p. ej., el fosforo de aluminio genera aproximadamente un 33,3 % de fosfina gaseosa).

[138]El volumen del recinto es el volumen interior y debería calcularse de manera independiente para compartimentos con formas diferentes (véanse los ejemplos de formas y fórmulas para el cálculo que figuran en el Apéndice 3). Puede sustraerse del volumen del recinto el volumen de los recipientes (p. ej., barriles o cajas) ubicados en su interior que sean herméticos y no absorban el fumigante.

[139]El fumigante debería aplicarse en forma gaseosa. En condiciones frías, para algunos fumigantes, puede ser necesario hacer pasar el producto líquido por un vaporizador para volatilizarlo completamente antes de introducirlo en el recinto de fumigación.

[140]En el caso del bromuro de metilo, el agua del vaporizador debería calentarse hasta 65 °C antes de liberar el bromuro de metilo líquido en su interior. Para garantizar una vaporización completa, el agua se debería mantener a esta temperatura durante el mayor tiempo posible durante la introducción del gas y no debería permitirse que descendiera por debajo de los 65 °C.

### [141]6.7 Monitoreo y registro de la fumigación

[142]Las lecturas o los registros de la concentración de fumigante deberían utilizarse para determinar si la cantidad de fumigante aplicada es correcta y si existe alguna fuga o sorción excesiva del fumigante. El tiempo de fumigación comienza una vez que se ha introducido todo el gas y se ha distribuido por todo el recinto. Se deberían tomar lecturas de la concentración varias veces durante el tratamiento y en diversos lugares del recinto de fumigación para asegurarse de que el fumigante está distribuido uniformemente en el recinto durante el transcurso del tratamiento. La concentración de fumigante debería monitorearse y registrarse bien de forma continua o bien con la frecuencia suficiente para que



se pueda confiar en que se ha alcanzado y mantenido la dosis necesaria o para permitir la realización de cálculos de CT adecuados (en caso necesario).

### [143]6.7.1 Medición de la concentración de fumigante

[144]El número de líneas de muestreo necesarias para medir adecuadamente la concentración de fumigante en todo el recinto dependerá del tamaño y la naturaleza del recinto. El siguiente cuadro se puede utilizar como guía para determinar el número de líneas de muestreo necesarias cuando el recinto sea una carpa. Las cámaras diseñadas ex profeso para la fumigación podrán requerir menos líneas de muestreo.

[145]Tamaño del recinto (m <sup>3</sup> )	[146]Número de líneas de muestreo
[147]Hasta 15 000	[148]6 líneas de muestreo para los primeros 3 000 m <sup>3</sup> , más una línea por cada 1 500 m <sup>3</sup> adicionales
[149]Más de 15 000	[150]14 líneas de muestreo para los primeros 15 000 m <sup>3</sup> , más una línea por cada 5 500 m <sup>3</sup> adicionales

[151]En función del producto y del protocolo de fumigación, podrá ser necesario colocar en el recinto líneas de muestreo adicionales dentro de los productos. A título orientativo, debería utilizarse un mínimo de tres líneas de muestreo para los primeros 300 m<sup>3</sup> de producto, con líneas adicionales para los productos que estén embalados de forma muy compacta o sean difíciles de penetrar.

### [152]6.7.2 Cálculo de CT

[153]La forma óptima de calcular CT es multiplicando dos concentraciones de gas observadas en cada ubicación, tomadas consecutivamente, y luego multiplicar la raíz cuadrada de este número por el intervalo de tiempo (en horas) transcurrido entre las dos lecturas. A continuación, los valores de CT obtenidos de una serie de lecturas consecutivas podrán sumarse para calcular el CT acumulado para todo el período de exposición correspondiente a esa ubicación. Debería utilizarse como dosis de tratamiento alcanzada la dosis alcanzada en la ubicación que arroje el menor CT acumulado.

[154]El valor de CT se puede estimar mediante el siguiente cálculo:

$$[155]CT_{n,n+1} = (T_{n+1} - T_n) \times \sqrt{C_n \times C_{n+1}}$$

[156]donde

[157] $T_n$  es el tiempo en el que se tomó la primera lectura, en horas

[158] $T_{n+1}$  es el tiempo en el que se tomó la segunda lectura, en horas

[159] $C_n$  es la lectura de la concentración en el momento  $T_n$ , en g/m<sup>3</sup>

[160] $C_{n+1}$  es la lectura de la concentración en el momento  $T_{n+1}$ , en g/m<sup>3</sup>

[161] $CT_{n,n+1}$  es el CT calculado entre  $T_n$  y  $T_{n+1}$ , en g·h/m<sup>3</sup>

### [162]6.8 Finalización de la fumigación

[163]Una vez que haya finalizado el tiempo de tratamiento y las lecturas de concentración y temperatura indiquen que se han alcanzado las lecturas mínimas requeridas, debería considerarse que la aplicación de la fumigación se ha realizado de conformidad con la presente norma y el protocolo de tratamiento.

[164]Pueden obtenerse indicaciones del éxito de la fumigación mediante la inspección para verificar la mortalidad de la plaga objetivo. En muchas fumigaciones podrá ser necesario que transcurra un período prolongado tras la fumigación antes de alcanzarse la mortalidad completa de la plaga. No debería esperarse necesariamente que los resultados requeridos del tratamiento se produzcan en el producto fumigado también en plagas distintas de la plaga objetivo.

## [165]7. Seguridad del sistema fitosanitario

[166]Los sistemas de aplicación de tratamientos y protección de los productos tratados bien diseñados y monitoreados concienzudamente garantizan la correcta realización de los tratamientos.

[167]La ONPF del país en el que se ubica la instalación de tratamiento o donde se inician los tratamientos debería garantizar que los tratamientos se aplican correctamente y cumplen los requisitos fitosanitarios de importación del país importador y que los productos están protegidos de la infestación y la reinfestación.

### [168]7.1 Autorización a entidades fumigadoras

[169]Las entidades fumigadoras deberían tener autorización de la ONPF del país en el que se realizan los tratamientos fitosanitarios (véase el apartado 7.6). Las ONPF deberían mantener una lista de las entidades fumigadoras autorizadas capaces de realizar tratamientos de fumigación. La responsabilidad de autorizar a la entidad que aplique un tratamiento durante el transporte recae en la ONPF del país exportador.

### [170]7.2 Prevención de la infestación después del tratamiento

[171]La entidad fumigadora debería aplicar las medidas necesarias para evitar la posible infestación o contaminación del producto después de la fumigación. Podrá ser necesario aplicar las siguientes medidas:

- [172]mantener el producto en un recinto libre de plagas;
- [173]embalar el producto inmediatamente después de la fumigación;
- [174]segregar e identificar los productos tratados;
- [175]expedir el producto inmediatamente después de la fumigación.

[176]La ONPF del país en el que se realiza la fumigación debería aprobar procedimientos específicos adecuados para cada entidad fumigadora y tratamiento de producto.

### [177]7.3 Medio ambiente, salud y seguridad

[178]Antes de cualquier aplicación de un fumigante, debería realizarse un examen completo de los riesgos para la salud y la seguridad, con objeto de asegurarse de que se cumplen todos los requisitos de la reglamentación nacional y se garantiza la seguridad de los aplicadores y de las personas que viven o trabajan cerca del lugar de fumigación. Debería utilizarse un fumigante adecuado para el producto que se fumiga, y el equipo y el recinto deberían ser los adecuados para las circunstancias.

[179]Antes de descargar o inspeccionar productos fumigados debería realizarse una evaluación de los riesgos para la salud y la seguridad relacionados con el manejo de envíos fumigados.

### [180]7.4 Etiquetado

[181]Los productos podrán etiquetarse con números de lote de tratamiento u otros medios de identificación (p. ej., ubicación de las instalaciones de envasado y del lugar de fumigación, fechas de envasado y de tratamiento, identidad del operador) que permitan su rastreo.

### [182]7.5 Monitoreo y auditoría

[183]La ONPF del país en el que se realiza la fumigación tiene el cometido de monitorear y auditar a las entidades fumigadoras. No debería ser necesaria la supervisión continua de las fumigaciones, siempre que los programas de tratamiento estén correctamente diseñados y puedan verificarse para garantizar un grado alto de integridad del sistema constituido por la entidad fumigadora, el proceso y el producto de que se trate. La supervisión debería ser adecuada para detectar las deficiencias y corregirlas con prontitud.

## [184]7.6 Acuerdo de cumplimiento

[185]Debería existir un acuerdo de cumplimiento entre la entidad fumigadora y la ONPF del país en el que se realiza la fumigación. Este acuerdo podrá incluir los elementos siguientes:

- [186]la autorización a la entidad fumigadora por la ONPF del país en el que se realiza la fumigación;
- [187]el programa de monitoreo que habrá de administrar la ONPF del país en el que se realiza la fumigación;
- [188]disposiciones relativas a la auditoría;
- [189]el acceso de la ONPF del país en el que se realiza la fumigación a la documentación y los registros de la entidad fumigadora;
- [190]las acciones correctivas que habrán de tomarse en caso de incumplimiento.

## [191]8. Documentación

[192]La ONPF del país en el que se realiza la fumigación tiene el cometido de monitorear el mantenimiento de registros y la documentación por parte de las entidades fumigadoras y de garantizar que las partes interesadas puedan acceder a los registros.

### [193]8.1 Documentación de los procedimientos

[194]Los procedimientos deberían documentarse para garantizar que los productos se fumigan de conformidad con el protocolo de fumigación y con la presente norma, según sea necesario. Deberían establecerse controles del proceso y de los parámetros operativos que documenten la información necesaria para una autorización específica de una entidad fumigadora. La entidad debería documentar los procedimientos de calibración y control de la calidad. Debería haber un procedimiento escrito en el que se incluyan, como mínimo, los aspectos siguientes:

- [195]los procedimientos de manipulación del producto antes, durante y después de la fumigación;
- [196]la orientación y la configuración del producto durante la fumigación;
- [197]los parámetros críticos del proceso y los medios para su monitoreo;
- [198]los registros de las calibraciones de los sensores de temperatura y, cuando proceda, los registros de las calibraciones de los sensores de humedad o humidímetros;
- [199]los planes de contingencia y las acciones correctivas que se habrán de adoptar en caso de que falle la fumigación o de que surjan problemas relacionados con procesos críticos del tratamiento;
- [200]los procedimientos de manipulación de los lotes rechazados;
- [201]la capacitación del personal;
- [202]el mantenimiento de registros y los requisitos de documentación.

### [203]8.2 Mantenimiento de registros

[204]Las entidades fumigadoras deberían mantener registros. La ONPF del país en el que se realiza o se inicia la fumigación debería poder acceder a estos registros a efectos de auditoría y verificación o de rastreo.

[205]La entidad fumigadora debería mantener registros adecuados de la fumigación como medida fitosanitaria durante al menos un año para permitir el rastreo de los lotes tratados. La entidad fumigadora debería conservar todos los registros de todos los tratamientos. Debería registrarse la información siguiente:

- [206]la identificación del recinto y de la entidad fumigadora;
- [207]los registros de las pruebas de estanqueidad del recinto (según corresponda);
- [208]los registros de la calibración del equipo;
- [209]el producto fumigado;

- [210]la plaga reglamentada objetivo;
- [211]el envasador, el productor y el lugar de producción del producto;
- [212]el número del lote de fumigación;
- [213]el tamaño y el volumen del lote, incluido el número de artículos o envases;
- [214]la identificación de marcas o características;
- [215]la fecha de la fumigación;
- [216]cualquier desviación observada respecto del protocolo de tratamiento;
- [217]los registros de la temperatura del aire y del producto;
- [218]los registros de la dosis y la concentración del fumigante;
- [219]las cantidades (dosis unitaria) de fumigante calculadas y añadidas durante la fumigación.

### [220]8.3 Documentación por la ONPF

[221]Todos los procedimientos de la ONPF deberían documentarse adecuadamente, y los registros, incluidos los correspondientes a las inspecciones de monitoreo realizadas y los certificados fitosanitarios emitidos, deberían conservarse durante al menos un año. En los casos de incumplimiento o en situaciones fitosanitarias nuevas o imprevistas, debería proporcionarse la documentación pertinente, según se describe en la NIMF 13 (*Directrices para la notificación de incumplimiento y acción de emergencia*).

### [222]9. Inspección

[223]La finalidad de la inspección es comprobar el cumplimiento de los requisitos fitosanitarios de importación. Cuando se detecten plagas vivas distintas de la plaga objetivo, la ONPF debería considerar si su supervivencia es indicativa de la ineficacia del tratamiento.

### [224]10. Autoridad

[225]La ONPF del país en el que se realiza o se inicia la fumigación tiene el cometido de evaluar, aprobar y monitorear la aplicación de la fumigación como medida fitosanitaria, incluidas las fumigaciones realizadas por entidades fumigadoras autorizadas. Sin embargo, cuando los tratamientos se realicen o finalicen durante el transporte, la ONPF del país importador tiene el cometido de verificar si se ha cumplido el tratamiento requerido.

[226]Este apéndice se presenta únicamente como referencia y no constituye una parte prescriptiva de la norma.

## [227]APÉNDICE 1: Orientación relativa a los estudios sobre la eficacia de la fumigación<sup>1</sup>

### [229]1. Materiales de investigación

[230]Se recomienda conservar muestras de las distintas etapas de desarrollo de las plagas estudiadas (especímenes de comprobación) para, entre otros motivos, resolver posibles diferencias futuras sobre la identificación. El producto empleado para las pruebas de confirmación debería encontrarse en estado comercial normal.

[231]Para realizar investigaciones sobre el control de plagas reglamentadas mediante la fumigación es necesario conocer la biología básica de las plagas, además de definir cómo se obtendrán las plagas utilizadas en las investigaciones. Los experimentos de fumigación deberían realizarse en el producto infestado naturalmente en el campo o con plagas criadas en laboratorio que se utilicen para infestar el producto, preferiblemente de forma natural. El método de cría, alimentación y renovación de la colonia de la plaga debería detallarse minuciosamente.

---

[228]<sup>1</sup> Basada principalmente en investigaciones sobre el tratamiento de las plagas de insectos.

[232]Nota: No se recomienda realizar estudios con plagas *in vitro* a menos que las pruebas preliminares indiquen que los resultados de los tratamientos *in vitro* no difieren de los obtenidos *in situ*.

## [233]2. Registros de los instrumentos

[234]Los sistemas de registro de los instrumentos empleados para registrar los parámetros de la fumigación, como la concentración de gas y la temperatura del recinto y del producto, deberían estar calibrados y certificados y utilizarse según las instrucciones del fabricante. Debería realizarse periódicamente una calibración sistemática de todos los instrumentos de medición.

## [235]3. Estimación y confirmación de la concentración de gas óptima y de la duración del tratamiento

### [236]3.1 Pruebas preliminares

[237]Con el fin de estimar la dosis necesaria para alcanzar una eficacia adecuada deberían llevarse a cabo los pasos siguientes:

- (1) [238]Debería determinarse la tolerancia al tratamiento de las diferentes etapas de desarrollo de la plaga de que se trate que podrán estar presentes en el producto, a fin de determinar cuál es la etapa más resistente. La dosis de tratamiento se establecerá para la etapa más resistente, incluso si no es la que está presente con más frecuencia en el producto.
- (2) [239]Debería estudiarse la tolerancia al tratamiento de las distintas formas, tamaños y variedades de los productos, para determinar si podrán influir en el resultado del tratamiento.
- (3) [240]Deberían determinarse experimentalmente la concentración de fumigante y duración del tratamiento óptimos para cada temperatura. Si no existen datos pertinentes previos, se recomienda utilizar al menos cinco niveles de dosis y un control para cada etapa de desarrollo de la plaga, temperatura y forma o tamaño del producto, con un mínimo de 120 especímenes, cuando sea posible, para cada una de las dosis y un mínimo de tres réplicas. Se debería estudiar la relación entre la concentración de fumigante y duración óptimos y la respuesta para cada etapa de desarrollo y temperatura, con objeto de determinar qué etapa es la más resistente. Debe determinarse la dosis óptima para matar la plaga en su etapa de desarrollo más resistente en la variedad o tipo de producto donde la plaga objetivo muestre la mayor resistencia. El resto de la investigación debería realizarse sobre la etapa de desarrollo más resistente al fumigante en la variedad o tipo de producto en el que la plaga objetivo muestre la mayor resistencia a cada temperatura.
- (4) [241]Durante el período de observación de los productos y de las plagas asociadas posterior al tratamiento, tanto los productos tratados como los controlados deben permanecer en condiciones favorables para la supervivencia de las plagas. Para que el experimento sea válido, la respuesta de los controles no tratados debe ser normal. Una mortalidad de control o comprobación alta en cualquier estudio indica que los organismos se mantuvieron y se manejaron en condiciones que no eran óptimas. Si la mortalidad por el tratamiento de estos organismos se utiliza para predecir la dosis de tratamiento óptima, los resultados podrán ser engañosos. En general, la mortalidad en el control o comprobación no debería superar el 10 %.

### [242]3.2 Pruebas a gran escala o de extrapolación (de confirmación)

[243]Para confirmar si la concentración y duración de fumigante óptimos estimados para cada temperatura proporcionan la eficacia adecuada se recomiendan dos métodos: 1) tratar un gran número de especímenes de la etapa de desarrollo más resistente de la plaga y conseguir una mortalidad completa; o 2) tratar la etapa de desarrollo más resistente con diversos niveles de eficacia que podrán ser menores que el adecuado y calcular la eficacia adecuada mediante un análisis de regresión. El número de especímenes tratado dependerá del nivel de confianza requerido.

- [244]El tratamiento de un gran número de especímenes (generalmente muchos miles o decenas de miles) con un único conjunto de parámetros de tratamiento (producto, concentración, duración y temperatura) que no deje supervivientes (o casi) es un método directo para comprobar seriamente la eficacia del tratamiento y los cálculos de la eficacia son evidentes.

- [245]El establecimiento de un protocolo de tratamiento a través de la estimación mediante un análisis de regresión solo debería aceptarse si los datos se ajustan perfectamente al modelo y si para establecer los parámetros de tratamiento se utiliza el intervalo de confianza superior del 95%. Este método es especialmente útil cuando es demasiado difícil o costoso hacer pruebas con números muy grandes de especímenes y el tratamiento para lograr el nivel de eficacia requerido puede ser más drástico de lo absolutamente necesario.

[246]Dado que la concentración de fumigante y duración más drásticas a cada temperatura medidas durante la fase de confirmación de la investigación serán la concentración de fumigante, la temperatura y la duración requeridas para el tratamiento aprobado, se recomienda que durante las pruebas de gran escala o de extrapolación la concentración de fumigante y la temperatura fluctúen lo menos posible.

#### [247]4. Mantenimiento de registros

[248]Los registros y los datos de las pruebas deben conservarse para validar los requisitos de información y deberían presentarse a las partes interesadas (p. ej., la ONPF del país importador) cuando los soliciten para su consideración a la hora de establecer un tratamiento de producto acordado.

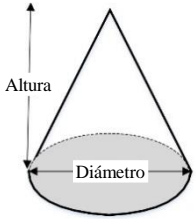
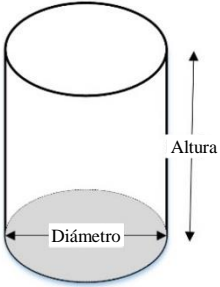
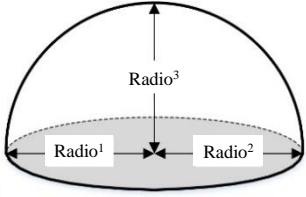
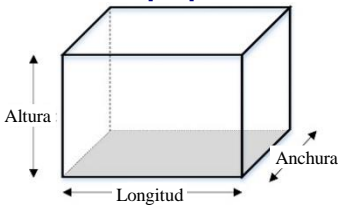
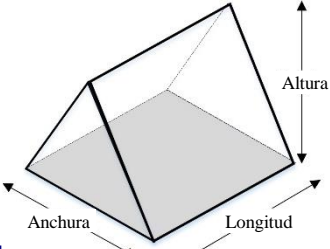
[249]Este apéndice se presenta únicamente como referencia y no constituye una parte prescriptiva de la norma.

### [250]APÉNDICE 2: Propiedades químicas de algunos fumigantes de uso habitual

[251]Nombre del fumigante	[252]Fórmula	[253]Masa molar [254] (g/mol)	[255]Temperatura de ebullición (°C) [256] (a 1 atm)	[257] Densidad relativa (del gas) (aire = 1,0)	[258] Límites de inflamabilidad en aire (% v/v)	[259]Solubilidad en agua	[260]Factor de conversión [261] (de mg/l a ppm, v/v a 1 atm)
[262]Sulfuro de carbonilo	[263]COS	[264]60	[265]-50,2	[266]2,07	[267]12-29	[268]0,125 g/100 ml	[269]247
[270]Etanodinitrilo	[271]C <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	[272]52	[273]-21,2	[274]1,82	[275]6-32	[276]Muy soluble	[277]480
[278]Formiato de etilo	[279]CH <sub>3</sub> .CH <sub>2</sub> .CO OH	[280]74,08	[281]54,5	[282]2,55	[283]2,7-13,5	[284]11,8 g/100 ml	[285]330
[286]Cianuro de hidrógeno	[287]HCN	[288]27	[289]26	[290]0,9	[291]5,6-40	[292]Miscible	[293]659
[294]Bromuro de metilo	[295]CH <sub>3</sub> Br	[296]95	[297]3,6	[298]3,3	[299]10-15	[300]3,4 [301]% v/v	[302]260
[303]Yoduro de metilo	[304]CH <sub>3</sub> I	[305]141,94	[306]42,6	[307]4,89	[308]no tiene	[309]1,4 g/100 ml	[310]580
[311]Isotiocianato de metilo	[312]C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> NS	[313]73,12	[314]119	[315]2,53	[316]no tiene	[317]0,82 g/100 ml	[318]300
[319]Fosfano (fosfina)	[320]PH <sub>3</sub>	[321]34	[322]-87,7	[323]1,2	[324]>1,7	[325]0,26 [326]% v/v	[327]730
[328]Dióxido de azufre	[329]SO <sub>2</sub>	[330]64,066	[331]-10	[332]2,26	[333]no tiene	[334]9,4 g/100 ml	[335]266
[336]Fluoruro de sulfurilo	[337]SO <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	[338]102	[339]-55,2	[340]3,72	[341]no tiene	[342]Ligera	[343]245

[344]Este apéndice se presenta únicamente como referencia y no constituye una parte prescriptiva de la norma.

[345] **APÉNDICE 3: Fórmulas para calcular el volumen de formas geométricas**

[346] Tipo de forma geométrica	[347] Estructura geométrica	[348] Fórmula para calcular el volumen
[349] Cono	 <p>[350]</p>	[351] $Volumen = \frac{\pi \times Radio^2 \times Altura}{3}$
[352] Cilindro	 <p>[353]</p>	[354] $Volumen = \pi \times Radio^2 \times Altura$
[355] Cúpula†	 <p>[356]</p>	[357] $Volumen =$ [358] $\frac{2 \times \pi \times Radio^1 \times Radio^2 \times Radio^3}{3}$
[359] Prisma rectangular	 <p>[360]</p>	[361] $Volumen = Longitud \times Anchura \times Altura$
[362] Prisma triangular	 <p>[363]</p>	[364] $Volumen = \frac{Longitud \times Anchura \times Altura}{2}$

[365]† La fórmula utilizada proporciona solamente un volumen aproximado.

[366] **Posibles problemas de implementación**

[367] Esta sección no es parte de la norma. En el mayo de 2016 el Comité de Normas pidió a la secretaría de la CIPF para reunir información sobre los posibles problemas de implementación relacionados con este proyecto. Le rogamos indicar los detalles y propuestas sobre cómo hacer frente a estos posibles problemas de implementación.