

**PROYECTO DE NIMF: REQUISITOS PARA EL USO DE LA FUMIGACIÓN COMO MEDIDA FITOSANITARIA (2014-004)****Estado de la elaboración**

Esta no es una parte oficial de la norma y será modificada por la Secretaría de la CIPF tras la aprobación.	
Fecha de este documento	2018-11-27
Categoría del documento	Proyecto de NIMF
Etapas principales	<i>Del Comité de Normas (CN) en su reunión de noviembre de 2018 a la Comisión de Medidas Fitosanitarias en su 14.ª reunión (CMF-14) (2019)</i>
Etapas principales	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. 2014-05: Revisión del proyecto de especificación por el CN. 2015-05: El CN aprobó la Especificación 62. 2016-10: Reunión virtual del Grupo técnico sobre tratamientos fitosanitarios (GTTF). 2016-12: Reunión virtual del GTTF. 2017-01: Reunión virtual del GTTF. 2017-01: Foro electrónico del GTTF (2017_eTPPT_Jan_01). 2017-05: El CN revisó el texto. 2017-07: El texto se presentó para primera consulta. 2018-05: El CN-7 revisó el texto. 2018-07: El texto se presentó para segunda consulta. 2018-11: El CN revisó el proyecto y lo aprobó para su adopción en la CMF.
Cronología de los administradores	CN 2016-11: Sr. David OPATOWSKI (IL, Administrador principal) CN 2016-11: Sr. Yuejin WANG (CN, Administrador adjunto) CN 2014-05: Sr. Michael ORMSBY (NZ, Administrador adjunto) CN 2014-05: Sr. Yuejin WANG (CN, Administrador)
Notas de la Secretaría	2017-01: Corregido. 2017-05: Corregido. 2018-06: Corregido. 2018-11: Corregido.

ÍNDICE

Adopción	4
INTRODUCCIÓN	4
Ámbito de aplicación.....	4
Referencias	4
Definiciones	4
Perfil de los requisitos	4
ANTECEDENTES.....	4
REPERCUSIONES SOBRE LA BIODIVERSIDAD Y EL MEDIO AMBIENTE	5
REQUISITOS.....	5
1. Objetivo de la fumigación	5
2. Aplicación de la fumigación.....	5
2.1 Tratamientos con un único fumigante.....	6
2.2 Tratamientos combinados	6
2.3 Fumigación en condiciones especiales.....	6
2.3.1 Fumigación con atmósfera modificada	6
2.3.2 Fumigación en vacío	7
3. Recintos y equipo utilizados para la fumigación.....	7
3.1 Recintos.....	7
3.2 Equipo de fumigación	7
3.2.1 Equipo de dosificación.....	7
3.2.2 Vaporizador de gas.....	7
3.2.3 Equipo de calentamiento	8
3.2.4 Equipo para la circulación del gas.....	8
3.2.5 Instrumentos para medir el contenido de humedad.....	8
3.2.6 Instrumentos para medir la reducción de la presión.....	8
3.2.7 Instrumentos para medir la temperatura.....	8
3.2.8 Instrumentos para medir la concentración de gas	8
4. Procedimientos de fumigación	9
4.1 Carga del producto	9
4.2 Embalaje.....	9
4.3 Sorción	9
4.4 Determinación de la temperatura de fumigación	9
4.5 Prueba de estanqueidad a los gases	9
4.6 Introducción del fumigante	10
4.7 Medición y registro	10
4.7.1 Medición y registro de la concentración de fumigante	10
4.7.2 Cálculo del producto de la concentración y el tiempo	10
4.8 Finalización de la fumigación	11

5.	Sistemas adecuados para las instalaciones de tratamiento.....	11
5.1	Autorización de los proveedores de tratamientos.....	11
5.2	Monitoreo y auditoría.....	11
5.3	Prevención de la infestación después de la fumigación	12
5.4	Etiquetado	12
6.	Documentación.....	12
6.1	Documentación de los procedimientos	12
6.2	Mantenimiento de registros.....	12
6.3	Documentación por la ONPF	13
7.	Inspección.....	13
8.	Responsabilidades	13
	APÉNDICE 1: Propiedades químicas (a 25 °C) de algunos fumigantes de uso habitual.....	14
	APÉNDICE 2: Ejemplos de fórmulas para calcular la cantidad de fumigante requerido	15
	APÉNDICE 3: Fórmulas para calcular el volumen de formas geométricas.....	16
	APÉNDICE 4: Ejemplos de fórmulas para calcular el producto de la concentración por el tiempo (CT).....	17

Adopción

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

INTRODUCCIÓN

Ámbito de aplicación

- [1] La presente norma ofrece orientación técnica a las organizaciones nacionales de protección fitosanitaria (ONPF) sobre la aplicación de la fumigación como medida fitosanitaria, incluidos los tratamientos con productos químicos que llegan al producto en estado gaseoso. También ofrece orientación a las ONPF sobre la autorización a proveedores de tratamientos para que realicen la fumigación.
- [2] La presente norma no proporciona información detallada sobre tratamientos concretos con fumigantes específicos. La aplicación de atmósfera modificada, cuando no se realiza en combinación con la fumigación, no forma parte de la presente norma.

Referencias

- [3] 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>.
- 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 27 de noviembre de 2018).

Definiciones

- [4] Las definiciones de los términos fitosanitarios utilizados en la presente norma figuran en la NIMF 5 (*Glosario de términos fitosanitarios*).

Perfil de los requisitos

- [5] Las ONPF deberían asegurarse de que la fumigación se aplique de manera eficaz, de manera que los niveles de los parámetros críticos sean, en todo el producto, los requeridos para lograr la eficacia indicada.
- [6] Deberían satisfacerse los requisitos para la aplicación de la fumigación, el uso del equipo de fumigación y los procedimientos de fumigación, y deberían aplicarse sistemas para evitar la infestación o contaminación del producto fumigado. Asimismo, deberían satisfacerse los requisitos de mantenimiento de registros y documentación para permitir la auditoría, la verificación o el rastreo.
- [7] Se describen las funciones y responsabilidades de las partes que intervienen en la fumigación. Se proporciona orientación a las ONPF sobre sus responsabilidades relativas a la autorización, el monitoreo y la auditoría de los proveedores de tratamientos.

ANTECEDENTES

- [8] La finalidad de la presente norma es proporcionar requisitos genéricos para la aplicación de la fumigación como medida fitosanitaria, específicamente respecto de los tratamientos adoptados en el marco de la NIMF 28 (*Tratamientos fitosanitarios para plagas reglamentadas*).
- [9] La NIMF 28 se adoptó para armonizar tratamientos fitosanitarios eficaces en una amplia gama de circunstancias y para impulsar el reconocimiento mutuo por las ONPF de la eficacia de los tratamientos, lo que podrá facilitar el comercio. En la NIMF 28 figuran los requisitos relativos a la presentación y la evaluación de los datos de eficacia y otra información pertinente sobre los tratamientos fitosanitarios, así como anexos sobre fumigaciones específicas que ha evaluado y adoptado la Comisión de Medidas Fitosanitarias.

- [10] La fumigación se considera eficaz cuando se alcanza la concentración específica de fumigante, a la temperatura y duración mínimas requeridas para lograr la eficacia indicada, en el área de menor concentración del fumigante en un recinto de fumigación. La eficacia del proceso de tratamiento en su conjunto incluye también las medidas aplicadas para prevenir la infestación o contaminación tras la fumigación.

REPERCUSIONES SOBRE LA BIODIVERSIDAD Y EL MEDIO AMBIENTE

- [11] Históricamente, la fumigación se ha aplicado ampliamente para prevenir la introducción y la dispersión de plagas reglamentadas y, por tanto, ha sido beneficiosa para la biodiversidad. Sin embargo, los gases fumigantes, como el bromuro de metilo y el fluoruro de sulfurilo, podrían 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 la recomendación de la CMF relativa al reemplazo o reducción del uso de bromuro de metilo como medida fitosanitaria (CPM R-03, 2017) se alienta a las partes contratantes a que utilicen otros tratamientos cuando sea posible. Las repercusiones medioambientales de los fumigantes pueden mitigarse utilizando tecnología de destrucción (degradación química) o recaptura para reducir las emisiones de gases.

REQUISITOS

1. Objetivo de la fumigación

- [12] El objetivo del uso de la fumigación como medida fitosanitaria es alcanzar un nivel de eficacia especificado en términos de mortalidad de una plaga.

2. Aplicación de la fumigación

- [13] La fumigación la realizan los proveedores de tratamientos o la ONPF, ya sea en una instalación de tratamiento o en otros lugares adecuados (por ejemplo, bodegas de buques de carga, contenedores para transporte, almacenes y bajo una lona alquitranada).
- [14] La fumigación podrá aplicarse en cualquier punto a lo largo de la cadena de suministro, por ejemplo:
- como parte integrante de las operaciones de producción o embalaje;
 - después del embalaje (por ejemplo, una vez que el producto ha sido embalado para su expedición);
 - durante el almacenamiento;
 - justo antes de la expedición (por ejemplo, en lugares centralizados en un puerto);
 - durante el transporte;
 - a la llegada al país importador (antes o después de la descarga).
- [15] El procedimiento de fumigación debería garantizar que los parámetros críticos (por ejemplo, la concentración o dosis, la temperatura, la duración) estén en el nivel requerido en todo el producto, para permitir que se alcance la eficacia indicada.
- [16] La eficacia de la fumigación podrá verse afectada por factores como el contenido de humedad del producto y, dentro del recinto usado para la fumigación, por la humedad, la presión y los cambios en la composición de gases de la atmósfera creada por el embalaje o por el producto. Otros factores que han de considerarse durante la fumigación son la penetración del fumigante, la sorción del mismo por el embalaje o el producto, el peso específico del fumigante, su circulación y las fugas del recinto de fumigación. A efectos de la circulación de los fumigantes, deberían tenerse en cuenta el tamaño del recinto y las diferencias en la configuración de carga entre los productos dispuestos en cajas con espaciado y los productos cargados a granel.

- [17] Antes de la fumigación se debe tener en cuenta que algunos fumigantes reaccionan con ciertos productos o materiales (por ejemplo, la fosfina reacciona activamente con el cobre y otros metales, y podrá afectar a los componentes electrónicos del equipo de verificación o de los ventiladores).
- [18] Los procedimientos aprobados por la ONPF para la aplicación de un tratamiento deberían documentarse claramente. Estos procedimientos deberían diseñarse de forma de garantizar que se alcancen los parámetros críticos indicados en el protocolo de tratamiento. Los procedimientos deberían incluir 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 contra las plagas objetivo, al tiempo que se preserva la calidad del producto. Deberían incluir asimismo procedimientos de contingencia y orientación sobre las medidas correctivas para los fallos del tratamiento o problemas relativos a los parámetros de tratamiento críticos.

2.1 Tratamientos con un único fumigante

- [19] En los tipos de fumigaciones más comúnmente usadas se aplica un único fumigante. Los fumigantes para uso general tienen un modo de acción por lo general eficaz contra todos los grupos de plagas o contra un grupo concreto (por ejemplo, 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 concentración mínima requerida durante un tiempo requerido para alcanzar la eficacia especificada. En el Apéndice 1 se proporciona una lista de fumigantes de uso habitual y sus propiedades químicas.

2.2 Tratamientos combinados

- [20] 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.
- [21] Podrá aplicarse otro tratamiento de manera consecutiva, inmediatamente antes o después de la fumigación, para aumentar la eficacia del tratamiento combinado. Por ejemplo, podrá ser necesaria la aplicación consecutiva de un tratamiento con un fumigante y un tratamiento térmico cuando el producto 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.
- [22] Las combinaciones concurrentes de un fumigante con otros fumigantes u otros tipos de tratamientos podrán también ser beneficiosas, en cuanto a efectividad, tolerancia del producto, economía, repercusiones medioambientales o logística, en comparación con el tratamiento con un único fumigante.

2.3 Fumigación en condiciones especiales

- [23] La fumigación podrá realizarse también en las siguientes condiciones especiales.

2.3.1 Fumigación con atmósfera modificada

- [24] Para aumentar la eficacia de la fumigación podrá aumentarse la concentración de dióxido de carbono atmosférico en el recinto usado para realizarla, ya sea aisladamente o aumentando conjuntamente la concentración de nitrógeno y disminuyendo o aumentando la de oxígeno. Estas modificaciones de las concentraciones de los gases atmosféricos 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 el recinto (por ejemplo, mediante su sustitución por gases no inflamables como el dióxido de carbono o el nitrógeno).

2.3.2 Fumigación en vacío

- [25] La aplicación de un fumigante a una presión atmosférica menor puede aumentar significativamente la tasa de penetración del fumigante en el producto, mejorando 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* que puedan resistir los cambios de presión y garanticen 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.

3. Recintos y equipo utilizados para la fumigación

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

3.1 Recintos

- [27] El recinto debería ser un espacio que se pueda cerrar de tal manera que se garantice el mantenimiento de unas condiciones de fumigación adecuadas por toda la duración de la fumigación. Son ejemplos de recintos las cámaras diseñadas *ex profeso* para la fumigación, los silos, los contenedores, los almacenes, las bodegas de los barcos 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 y que impidan las fugas de fumigante (materiales que no sean porosos al fumigante ni lo absorban). Las aberturas deberían sellarse eficazmente. Las superficies porosas, como la arena, la piedra machacada, la madera y el pavimento (piedras o bloques), no son adecuadas como piso de un recinto constituido por una carpa.
- [28] Todos los recintos deberían permitir un acceso adecuado al equipo necesario para verificar que la fumigación se realiza adecuadamente.

3.2 Equipo de fumigación

- [29] Todo el equipo utilizado para medir los parámetros de fumigación debería calibrarse conforme a las instrucciones del fabricante y, cuando proceda, a las especificaciones de la ONPF.

3.2.1 Equipo de dosificación

- [30] El equipo de dosificación debería permitir la introducción en el recinto de cantidades determinadas 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 (por ejemplo, un caudalímetro de gas) o medir la disminución de volumen o de peso de los recipientes de gas que abastecen al recinto (por ejemplo, una báscula o balanza). En algunos casos, el gas fumigante puede introducirse en un recinto en forma sólida (por ejemplo, pastillas de fosforo de magnesio) o en envases de volumen definido que liberan un volumen conocido de fumigante para alcanzar la dosis requerida.

3.2.2 Vaporizador de gas

- [31] 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 absorbe una considerable cantidad de energía. Durante la evaporación del líquido a gas podrá emplearse un vaporizador que aporte energía (en forma de calor) para garantizar que se introduce en el recinto la cantidad de gas necesaria. Dependiendo del fumigante, debería usarse un vaporizador adecuado resistente a la presión.

3.2.3 Equipo de calentamiento

- [32] 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 1).

3.2.4 Equipo para la circulación del gas

- [33] 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 estos productos, deberían usarse uno o varios ventiladores adecuados para uso con un fumigante y capaces de generar una circulación suficiente del gas. No obstante, en el caso de los productos a granel (por ejemplo, los cereales) no siempre es posible utilizar ventiladores.

3.2.5 Instrumentos para medir el contenido de humedad

- [34] En el caso de los productos cuyo contenido de humedad afecta a la eficacia del tratamiento, el contenido de humedad debería medirse. Un humidímetro indica el contenido de humedad aproximado del producto. Dado que el contenido de humedad suele variar dentro de un producto y entre los productos del mismo lote, es suficiente que los humidímetros midan con un margen de error del 5 % respecto del contenido de humedad real. Hay diversos instrumentos disponibles para medir el contenido de humedad, los cuales deberían usarse siguiendo las instrucciones del fabricante.
- [35] Para garantizar que la fumigación alcance la eficacia requerida, podrá ser necesario también utilizar instrumentos que miden la humedad ambiental.

3.2.6 Instrumentos para medir la reducción de la presión

- [36] Cuando la fumigación se realiza en vacío, 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 instrumentos de medición electrónicos especializados, y deberían medir la presión con un error máximo de 1 kPa respecto del valor real.

3.2.7 Instrumentos para medir la temperatura

- [37] Para medir a intervalos adecuados la temperatura en el espacio del recinto y, en caso pertinente, la de las superficies externas y la del interior del producto antes y durante la fumigación, deberían utilizarse termómetros calibrados. El número de sensores de temperatura necesarios depende del tamaño del recinto.

3.2.8 Instrumentos para medir la concentración de gas

- [38] El equipo necesario para medir la concentración de fumigante dentro del recinto depende del tipo de gas utilizado. Debería utilizarse un equipo con una exactitud suficiente (por ejemplo, de $\pm 5\%$ de la concentración de fumigante que ha de alcanzarse durante la fumigación). El equipo de medición (por ejemplo, las líneas de muestreo) expuesto al fumigante debería estar fabricado con materiales que no lo absorban. Las líneas de muestreo 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.

4. Procedimientos de fumigación

[39] La eficacia de la fumigación podrá verse afectada por muchos factores, entre ellos la concentración de fumigante, el tiempo de exposición, las características del producto relativas a la penetración o sorción del fumigante, la temperatura del producto y la temperatura atmosférica. La estanqueidad al gas del recinto, la configuración de la carga y el coeficiente de carga (proporción de espacio ocupado con respecto al espacio total) influyen directamente en la distribución y la concentración del gas durante la fumigación. El equipo de suministro y circulación del fumigante (cuando se requiera) debería disponerse dentro del recinto 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.

4.1 Carga del producto

[40] Antes de la fumigación, el producto debería cargarse en el recinto de manera tal que se garantice la disponibilidad de espacio suficiente para que el fumigante circule adecuadamente. En algunos casos, para garantizar la penetración del fumigante en el producto, deberían utilizarse separadores. En caso de carga a granel debería garantizarse una circulación adecuada, por ejemplo, mediante un sistema de recirculación.

4.2 Embalaje

[41] Cuando se utiliza embalaje, su composición y estructura no debería impedir la penetración del gas fumigante en el producto ni que se alcancen las concentraciones de fumigante requeridas. En caso contrario, el material de empaque o los recubrimientos que sean impenetrables por el fumigante deberían retirarse o perforarse para garantizar una penetración suficiente del fumigante. El embalaje perforado no debería solaparse, ya que los agujeros podrían bloquearse.

4.3 Sorción

[42] 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 por el embalaje o el recinto podrá hacer que el fumigante no esté disponible para matar a las plagas; sin embargo, la sorción por el producto podrá ser necesaria para matar a endoparásitos como las moscas de la fruta. La velocidad de sorción es alta al inicio de la fumigación y se reduce gradualmente conforme la fumigación progresa. La sorción aumenta el tiempo necesario para la aeración después de la fumigación.

[43] Los aceites, las grasas y los materiales triturados en partículas muy finas pueden tener gran capacidad de sorción. Los productos o el embalaje con gran capacidad de sorción no deberían fumigarse excepto si la concentración del fumigante puede medirse para garantizar que se alcanza la concentración mínima necesaria.

4.4 Determinación de la temperatura de fumigación

[44] La temperatura es un factor determinante para lograr la eficacia requerida de la fumigación, en particular porque afecta al ritmo respiratorio de la plaga objetivo. Por lo general, cuanto más baja sea la temperatura menor será el ritmo respiratorio de la plaga y mayor la dosis de fumigante o la duración de la exposición necesarios para alcanzar el nivel de eficacia requerido.

[45] Deberían medirse y registrarse las temperaturas del producto y de la atmósfera del interior del recinto. Debería considerarse como temperatura a la que se realiza la fumigación la temperatura más baja registrada en el recinto o en el producto.

4.5 Prueba de estanqueidad a los gases

[46] La estanqueidad a los gases requerida de un recinto debería basarse en el fumigante utilizado. En caso necesario, antes de la fumigación (de preferencia, inmediatamente antes) debería realizarse una prueba de estanqueidad a los gases. No obstante, si el recinto es de construcción suficientemente resistente y se utiliza regularmente, podrá ser suficiente realizar pruebas periódicas, por ejemplo, cada 6 o 12 meses, o tras cierto número de tratamientos, según lo especificado por la ONPF.

- [47] En recintos cuya estanqueidad al gas pueda no ser suficiente para garantizar el mantenimiento de concentraciones de gas adecuadas durante toda la fumigación, la estanqueidad debería determinarse midiendo el tiempo de la caída de la presión hasta la mitad.

4.6 Introducción del fumigante

- [48] Para determinar la dosis debería utilizarse la temperatura mínima que se prevé que alcance el recinto o el producto (la más baja de ambas) durante el transcurso del tratamiento.
- [49] La cantidad total de fumigante que debe aplicarse es el resultado de multiplicar la dosis requerida (dosis unitaria) por el volumen del recinto. Por lo tanto, la medición correcta del volumen del recinto es importante. Deberían tenerse en cuenta el exceso de sorción y las fugas del recinto de fumigación.
- [50] Debería introducirse en el recinto una cantidad de fumigante suficiente para garantizar que se alcance la concentración mínima requerida indicada en el protocolo de tratamiento. La cantidad requerida de fumigante debería calcularse con una fórmula aproximada: véanse los ejemplos que figuran en el Apéndice 2.
- [51] El volumen del recinto es el volumen interior y debería calcularse de manera independiente para recintos 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 (por ejemplo, barriles o cajas) ubicados en su interior que sean herméticos y no absorban el fumigante.
- [52] Si se requiere que el fumigante sea introducido en el recinto en estado gaseoso, el fumigante líquido podrá aplicarse mediante un vaporizador (véase la sección 3.2.2). No obstante, algunos fumigantes pueden introducirse en forma de sólidos que después se convierten a estado gaseoso (véase la sección 3.2.1).

4.7 Medición y registro

- [53] Cuando se mide y registra la concentración del fumigante, las mediciones deberían usarse para comprobar si la concentración de fumigante del recinto es correcta y si no se han producido fugas o una sorción excesivas del fumigante. La concentración de fumigante debería medirse y registrarse con la frecuencia suficiente para que se pueda confiar en que se ha alcanzado y mantenido la dosis necesaria y para permitir (en caso necesario) el cálculo correcto del producto de la concentración por el tiempo (CT). Se deberían tomar también lecturas de la concentración, conforme al protocolo de tratamiento, para asegurarse de que el fumigante está distribuido uniformemente en el recinto durante el transcurso del tratamiento.

4.7.1 Medición y registro de la concentración de fumigante

- [54] Cuando sea posible, las líneas de muestreo deberían ubicarse en los lugares a los que se prevé que sea más difícil que llegue el fumigante. El número de líneas de muestreo necesarias para medir adecuadamente la concentración de fumigante en todo el recinto depende del volumen y la naturaleza del recinto. Las cámaras diseñadas ex profeso para la fumigación podrán requerir menos líneas de muestreo que los recintos constituidos por carpas de lona alquitranada.
- [55] En función del producto y del protocolo de tratamiento, podrá ser necesario colocar más líneas de muestreo dentro de los productos que se hallan en el recinto. Por ejemplo, podrá utilizarse un mínimo de tres líneas de muestreo para los primeros 300 m³ de producto, con líneas adicionales para los productos que estén empacados de forma muy compacta o sean difíciles de penetrar.

4.7.2 Cálculo del producto de la concentración y el tiempo

- [56] El valor de concentración-tiempo (CT) se puede calcular de diferentes formas (véase el Apéndice 4). A continuación, los valores de CT obtenidos de una serie de lecturas consecutivas pueden usarse para calcular el CT acumulado para todo el período de exposición correspondiente a esa ubicación, teniendo en cuenta el intervalo entre las lecturas. El número de mediciones consecutivas requeridas para obtener una estimación adecuada del valor de CT depende de la forma de la curva de la dosis a lo largo del tratamiento.

- [57] Si las líneas de muestreo proporcionan lecturas de la concentración de fumigante diferentes, el valor de CT acumulado debería calcularse con las lecturas menores.

4.8 Finalización de la fumigación

- [58] Una vez que haya finalizado el tiempo de tratamiento y se hayan alcanzado la CT, la temperatura y la concentración mínima requeridas, la fumigación debería considerarse finalizada. En circunstancias en las que no se alcance inicialmente un valor de CT mínimo podrá permitirse, para algunos tipos de fumigantes y condiciones de fumigación y siempre que el protocolo de tratamiento lo consienta, una extensión del período de fumigación o la aplicación de otro fumigante.
- [59] Pueden obtenerse indicaciones del éxito de la fumigación mediante la inspección o la realización de pruebas, tras la aireación, 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 eficacia de mortalidad de la plaga indicada.

5. Sistemas adecuados para las instalaciones de tratamiento

- [60] La confianza en la suficiencia de una fumigación como medida fitosanitaria se basa principalmente en la garantía de que el tratamiento es eficaz contra la plaga objetivo en condiciones específicas y de que el tratamiento se ha aplicado correctamente. Los sistemas de aplicación de tratamientos deberían diseñarse, utilizarse y monitorearse para garantizar la correcta realización de los tratamientos y la protección de los productos contra la infestación y la contaminación después del tratamiento.
- [61] La ONPF del país en el que se realizan o inician los tratamientos tiene la responsabilidad de garantizar el cumplimiento de los requisitos del sistema.

5.1 Autorización de los proveedores de tratamientos

- [62] La responsabilidad de la autorización de los proveedores de tratamientos recae en la ONPF del país en el que el tratamiento fitosanitario se realiza o se inicia (en el caso de que la fumigación tenga lugar durante el transporte). Esta autorización normalmente incluye la aprobación tanto de las instalaciones de tratamiento como de los proveedores de tratamientos. La ONPF debería establecer requisitos para la autorización de los proveedores de tratamientos, en particular, requisitos relativos a la formación del personal, a los procedimientos de fumigación y a un equipo y condiciones de almacenamiento adecuados. La ONPF también debería aprobar procedimientos específicos adecuados para cada instalación, proveedor y tratamiento de producto.
- [63] Las ONPF deberían mantener una lista de los proveedores de tratamiento autorizados capaces de realizar la fumigación, así como, en caso pertinente, de las instalaciones aprobadas.

5.2 Monitoreo y auditoría

- [64] La ONPF del país en el que se realiza o inicia la fumigación es responsable del monitoreo y la auditoría de las instalaciones de tratamiento y los proveedores. La ONPF debería mantener un programa de auditorías y asegurarse de que estas sean realizadas por profesionales debidamente formados. No debería ser necesaria la supervisión continua de las fumigaciones, siempre que los procedimientos de tratamiento estén correctamente diseñados y puedan verificarse para garantizar un grado alto de integridad del sistema constituido por la instalación, el proceso y el producto de que se trate. El nivel de monitoreo y auditoría debería ser suficiente para detectar las deficiencias y corregirlas con prontitud.
- [65] Los proveedores de tratamientos deberían satisfacer los requisitos de monitoreo y auditoría establecidos por la ONPF. Estos requisitos podrán incluir:
- el acceso de la ONPF con fines de auditoría, incluso en visitas no anunciadas;
 - un sistema para mantener y archivar los registros de los tratamientos y proporcionar a las ONPF acceso a tales registros;
 - las medidas correctivas que han de adoptarse en caso de no conformidad.

5.3 Prevención de la infestación después de la fumigación

[66] El propietario del envío es responsable de la prevención de la infestación y la contaminación después de la fumigación y podrá colaborar con el proveedor del tratamiento en cuanto al modo de lograrlo. Deberían aplicarse medidas para evitar la posible infestación o contaminación del producto después de la fumigación. Podrán adoptarse las siguientes medidas:

- mantener el producto en un recinto libre de plagas;
- empacar el producto inmediatamente en un embalaje que lo proteja de las plagas;
- segregar e identificar los productos tratados;
- despachar el producto lo antes posible.

5.4 Etiquetado

[67] Los productos podrán etiquetarse con números de lote de fumigación u otros medios de identificación (por ejemplo, lugar de empaque y ubicación de las instalaciones de tratamiento, fechas de empaque y de fumigación) que permitan el rastreo de los envíos no conformes. Las etiquetas, cuando se usen, deberían ser fácilmente identificables y colocarse en lugares visibles.

6. Documentación

[68] La ONPF del país en el que se realiza o inicia la fumigación tiene el cometido de garantizar que los proveedores de tratamientos utilicen fumigantes autorizados, documenten los procedimientos y mantengan registros adecuados, como los datos brutos de la concentración de fumigante y la temperatura registrados durante los tratamientos. El mantenimiento de registros correctos es fundamental para permitir la capacidad de rastreo.

6.1 Documentación de los procedimientos

[69] Los procedimientos deberían documentarse para garantizar que los productos se fumigan sistemáticamente de conformidad con el protocolo de tratamiento. Deberían establecerse controles del proceso y parámetros operativos a fin de proporcionar la información operativa necesaria para la autorización de un proveedor de tratamientos. El proveedor de tratamientos debería documentar los procedimientos de calibración y de control de la calidad. Los procedimientos deberían indicarse por escrito en un documento que describa los aspectos siguientes:

- los procedimientos de manipulación del producto antes, durante y después de la fumigación;
- los parámetros críticos del proceso y los medios para medirlos;
- la calibración y el registro de los sensores de temperatura y gas, así como de los sensores de humedad o humidímetros;
- 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;
- los procedimientos de manipulación de los lotes rechazados;
- el etiquetado (si se requiere), el mantenimiento de registros y los requisitos de documentación;
- la capacitación del personal.

6.2 Mantenimiento de registros

[70] El proveedor de tratamientos debería mantener registros adecuados de todas las aplicaciones de tratamientos. Estos registros deberían ponerse a disposición de la ONPF del país en el que se realiza o se inicia la fumigación, a efectos de auditoría y verificación o de rastreo.

[71] El proveedor de tratamientos debería conservar registros adecuados de la fumigación como medida fitosanitaria durante al menos un año para permitir el rastreo de los lotes tratados. La información de cada registro de fumigación podrá incluir los datos siguientes:

- el nombre del fumigante;
- la identificación del recinto y del proveedor del tratamiento;

- los registros de las pruebas de estanqueidad del recinto;
- los registros de la calibración del equipo;
- el producto fumigado y sus características clave (por ejemplo, su contenido de humedad, la presencia de corteza, el tipo de embalaje, etc.);
- la plaga reglamentada objetivo;
- el envasador, el productor y el lugar de producción del producto;
- el número de lote de la fumigación y otras marcas o características que permitan la identificación;
- el tamaño y el volumen del lote, incluido el número de artículos o envases;
- la fecha y la duración de la fumigación y el nombre de la persona que la realizó;
- la ubicación y el número de líneas de muestreo de gas presentes en el recinto;
- cualquier desviación observada respecto del protocolo de tratamiento;
- la temperatura más baja del aire y del producto;
- los niveles de humedad;
- los registros de dosis y concentración del fumigante, incluida la hora a la que se realizó la lectura;
- los volúmenes (dosis unitaria) de fumigante calculados y añadidos durante la fumigación.

6.3 Documentación por la ONPF

- [72] 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, previa solicitud, la documentación pertinente, según se describe en la NIMF 13 (*Directrices para la notificación de incumplimiento y acción de emergencia*).

7. Inspección

- [73] La ONPF del país exportador debería realizar una inspección para determinar el cumplimiento de los requisitos fitosanitarios de importación; asimismo la ONPF del país importador podrá llevar a cabo una inspección a tal efecto. Cuando se detecten, después de la fumigación, plagas vivas distintas de la plaga objetivo, la ONPF debería considerar si su supervivencia indica la ineficacia de la fumigación y si podrán ser necesarias otras medidas fitosanitarias.

La ONPF del país importador podrá inspeccionar asimismo la documentación y los registros de los tratamientos realizados durante el transporte para determinar el cumplimiento de los requisitos fitosanitarios de importación.

8. Responsabilidades

- [74] La ONPF del país en el que se realiza o se inicia la fumigación tiene el cometido de evaluar, aprobar y auditar la aplicación de la fumigación como medida fitosanitaria, incluida la fumigación realizada por la propia ONPF y por otros proveedores de tratamientos autorizados. No obstante, cuando la fumigación se realiza o se completa durante el transporte, es habitualmente la ONPF del país exportador la responsable de autorizar al proveedor de tratamientos que aplica la fumigación durante el transporte y la ONPF del país importador tiene la responsabilidad de verificar si se ha cumplido el protocolo de fumigación.
- [75] En la medida en que sea necesario, la ONPF debería cooperar con otros organismos de reglamentación nacionales responsables del desarrollo, la aprobación y la seguridad de la fumigación, así como en la formación y certificación del personal que la realiza, la autorización de los proveedores de tratamientos y la aprobación de las instalaciones de tratamiento. Deberían especificarse las responsabilidades respectivas de la ONPF y los demás organismos de reglamentación, para evitar que haya requisitos que se solapen, entren en conflicto, sean incoherentes o no estén justificados.

El presente apéndice se presenta únicamente como referencia y no constituye una parte prescriptiva de la norma.

APÉNDICE 1: Propiedades químicas (a 25 °C) de algunos fumigantes de uso habitual

Sustancia activa del fumigante	Fórmula	Masa molar (g/mol)	Temperatura de ebullición (°C) (a 1 atm)	Densidad relativa (del gas) (aire = 1,0)	Límites de inflamabilidad en aire (% v/v)	Solubilidad en agua	Factor de conversión (de mg/l a ppm, v/v a 1 atm)
Sulfuro de carbonilo	COS	60	-50,2	2,07	12-29	0,125 g/100 ml	408
Etanodinitrilo (cianógeno)	C ₂ N ₂	52	-21,2	1,82	6-32	Muy soluble	470
Formiato de etilo	CH ₃ .CH ₂ .COOH	74,08	54,5	2,55	2,7-13,5	11,8 g/100 ml	330
Cianuro de hidrógeno	HCN	27	26	0,9	5,6-40	Miscible	906
Bromuro de metilo	CH ₃ Br	95	3,6	3,3	10-15	3,4 % v/v	257
Yoduro de metilo	CH ₃ I	141,94	42,6	4,89	no tiene	1,4 g/100 ml	172
Isotiocianato de metilo	C ₂ H ₃ NS	73,12	119	2,53	no tiene	0,82 g/100 ml	334
Fosfano (fosfina)	PH ₃	34	-87,7	1,2	>1,7	0,26 % v/v	719
Dióxido de azufre	SO ₂	64,066	-10	2,26	no tiene	9,4 g/100 ml	382
Fluoruro de sulfurilo	SO ₂ F ₂	102	-55,2	3,72	no tiene	Ligera	240

El presente apéndice se presenta únicamente como referencia y no constituye una parte prescriptiva de la norma.

APÉNDICE 2: Ejemplos de fórmulas para calcular la cantidad de fumigante requerido

[76] A continuación, figuran ejemplos de fórmulas para calcular cantidades de fumigantes, en peso y en volumen.

En peso:

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

[78] La pureza del fumigante es el porcentaje de sustancia activa indicada en la etiqueta del producto químico.

En volumen:

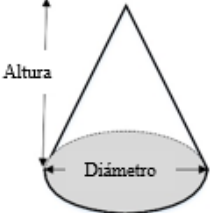
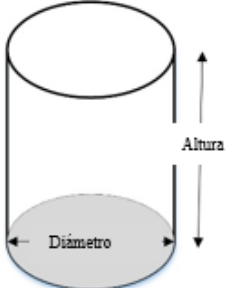
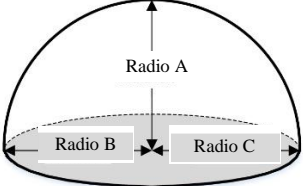
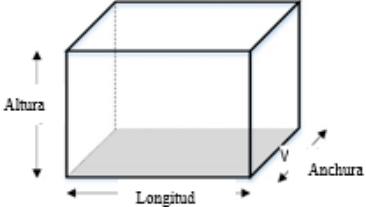
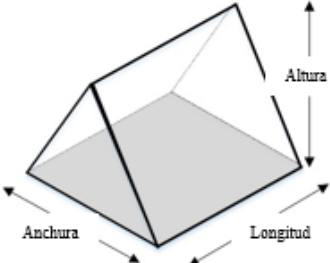
[79] Cantidad de fumigante (ml) = $(273 \text{ (K)} + \text{Temperatura (}^\circ\text{C)}) \times$

$$\left(\frac{\text{Constante de los gases (R) (62.363 L.mmHg.K}^{-1}\text{.mol}^{-1}) \times \text{Volumen del recinto (L)} \times \text{Dosis objetivo (mg/L)} \times 100}{\text{Presión atmosférica (mmHg)} \times \text{Masa molar del fumigante (} \frac{\text{g}}{\text{mol}} \text{)} \times \% \text{ Pureza del fumigante}} \right)$$

[80] La pureza del fumigante es el porcentaje de sustancia activa indicada en la etiqueta del producto químico.

El presente apéndice se presenta únicamente como referencia y no constituye una parte prescriptiva de la norma.

APÉNDICE 3: Fórmulas para calcular el volumen de formas geométricas

Tipo de forma geométrica	Estructura geométrica	Fórmula para calcular el volumen
Cono		$Volumen = \frac{\pi \times Radio^2 \times Altura}{3}$
Cilindro		$Volumen = \pi \times Radio^2 \times Altura$
Cúpula†		$Volumen = \frac{2 \times \pi \times Radio A \times Radio B \times Radio C}{3}$
Prisma rectangular		$Volumen = Longitud \times Anchura \times Altura$
Prisma triangular		$Volumen = \frac{Longitud \times Anchura \times Altura}{2}$

† La fórmula utilizada proporciona solamente un volumen aproximado.

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

APÉNDICE 4: Ejemplos de fórmulas para calcular el producto de la concentración por el tiempo (CT)

[81] A continuación, figuran ejemplos de fórmulas para calcular el producto de la concentración por el tiempo.

$$\text{Ejemplo 1: } CT_{n,n+1} = (T_{n+1} - T_n) \times \sqrt{C_n \times C_{n+1}}$$

$$\text{Ejemplo 2: } CT_{n,n+1} = (T_{n+1} - T_n) \times (C_n + C_{n+1})/2$$

donde:

T_n es el tiempo en el que se tomó la primera lectura, en horas

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

C_n es la lectura de la concentración en el momento T_n , en g/m^3

C_{n+1} es la lectura de la concentración en el momento T_{n+1} , en g/m^3

$CT_{n,n+1}$ es el CT calculado entre T_n y T_{n+1} , en $g \text{ h}/m^3$