



Documento de Ciencia y Tecnología

CT 08

Organismos contaminantes que afectan al comercio de productos forestales

Preparado por los miembros del grupo de expertos forestal de la NAPPO

Meghan Noseworthy (Servicio Forestal Canadiense, Ministerio de Recursos Naturales de Canadá; presidenta); Arvind Vasudevan (ACIA), John Tyrone Jones, II (APHIS-PPQ), Ron Mack (APHIS-PPQ), María Eugenia Guerrero Alarcón (SEMARNAT), Norma Patricia Miranda González (SEMARNAT), Gustavo Hernández Sánchez (SEMARNAT), Clemente de Jesús García Avila (SENASICA), Chuck Dentelbeck (industria de Canadá), Scott Geffros (industria de Canadá), Paul Conway (industria de EE. U.U.), Dave Kretschmann (industria de EE. U.U.), Faith Campbell (CISP, EE. U.U), Eric Allen (jubilado del Servicio Forestal Canadiense, Ministerio de Recursos Naturales de Canadá) y Brad Gething (industria de EE. U.U; vicepresidente).

Secretaría de la Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (NAPPO)
1730 Varsity Drive, Suite 145
Raleigh, Carolina del Norte 27606-5202
Estados Unidos

8 de marzo del 2022

Aprobación virtual de los productos de la NAPPO

Dadas las restricciones existentes para realizar viajes que se han establecido a raíz de la pandemia de la COVID-19, el Equipo de Manejo de la NAPPO aprobó de manera unánime un proceso provisional para la aprobación virtual de sus productos.

A partir de enero del 2021 y hasta nuevo aviso, se incluirá esta declaración a cada producto de la NAPPO que se haya aprobado en vez de la página con las firmas originales del Comité Ejecutivo.

El documento de Ciencia y Tecnología 08 —**Organismos contaminantes que afectan al comercio de productos forestales**— fue aprobado por el Comité Ejecutivo de la Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (NAPPO), véanse las fechas de aprobación abajo.

Aprobada por:

El presente Documento de Ciencia y Tecnología 08 de la NAPPO «**Organismos contaminantes que afectan al comercio de productos forestales**» fue aprobado electrónicamente por los miembros del Comité Ejecutivo de la NAPPO de Canadá (Greg Wolff, CFIA, por su sigla en inglés) el 8 de marzo del 2022; de EE. UU. (Ibrahim M. Shaqir, APHIS PPQ por sus sigla en inglés) el 8 de marzo del 2022 y de México (Francisco Ramírez y Ramírez, SENASICA-DGSV) el 4 de marzo del 2022. La Secretaría de la NAPPO ha archivado las copias de los mensajes electrónicos de aprobación de cada uno de los miembros del Comité Ejecutivo.

Stephanie Bloem

Stephanie Bloem
Directora Ejecutiva de la NAPPO

Índice	Página
Aprobación virtual de los productos de la NAPPO	2
1. ÁMBITO Y FINALIDAD	5
2. INTRODUCCIÓN	5
3. ¿QUÉ SE CONSIDERAN COMO PLAGAS CONTAMINANTES EN LOS DIFERENTES PAÍSES?	7
4. VÍAS: CÓMO LOS ORGANISMOS CONTAMINANTES SE MOVILIZAN EN EL COMERCIO INTERNACIONAL	9
4.1. Medios de transporte.....	9
4.1.1 Contenedores marítimos	10
4.1.2 Embarcaciones marítimas	11
4.1.3 Transporte terrestre – camiones, remolques y trenes.....	11
4.1.4 Transporte aéreo - aviones	12
4.2. Productos forestales.....	12
4.2.1 Madera en rollo	12
4.2.2. Madera aserrada	13
4.2.3 Astillas de madera.....	13
4.2.4 Embalaje de madera (EM).....	13
5. ¿POR QUÉ LOS ORGANISMOS CONTAMINANTES SE RELACIONAN CON LOS PRODUCTOS FORESTALES?	14
5.1. Atrayentes semioquímicos	15
5.2. Señales visuales	16
5.2.1 Luz (fototaxia)	16
5.2.2 Formas.....	16
5.3. Sonido.....	17
5.4. Temperatura	17
5.5. Humedad	18
5.6. Refugio.....	18
5.7. Posar	19
5.8. Anidar	19
5.9. Dispersión con el viento y el agua	19
6. CÓMO LA BIOLOGÍA DE LOS ORGANISMOS CONTAMINANTES AFECTA EL RIESGO FITOSANITARIO	20
6.1. Estadio de vida.....	20
6.2. Requisitos fisiológicos	21

6.3. Estrategias de reproducción.....	21
6.4. Potencial de establecimiento.....	21
7. MEDIDAS FITOSANITARIAS PARA DISMINUIR EL RIESGO DE ORGANISMOS	
CONTAMINANTES	21
7.1 Medidas fitosanitarias que se aplican antes del envío.....	22
7.1.1. Tratamiento con calor.....	22
7.1.2 Fumigación.....	23
7.1.3 Eliminación física de los organismos contaminantes	23
7.1.4 Inspección antes del envío	23
7.1.5 Aplicación de plaguicidas	24
7.2 Cómo la temporada de envío afecta el riesgo fitosanitario de los organismos contaminantes.....	24
7.3 Áreas libres de plagas o áreas de baja prevalencia de plagas y lugares de producción libres de plagas.....	25
7.4 Cómo las condiciones de almacenamiento afectan el riesgo fitosanitario.....	25
7.5 Aplicación de enfoques de sistemas para disminuir el riesgo de organismos contaminantes.....	26
7.6 Opciones de disminución del riesgo fitosanitario posterior al envío	27
7.7 Inspección.....	28
7.7.1 Consideraciones de la inspección	29
7.7.2 Elaboración de un manual de inspección para los organismos contaminantes en productos forestales.....	30
7.7.3 Capacitación	31
7.7.4 Auditoría.....	31
7.8 Rastreabilidad.....	32
8. CONCLUSIONES	32
9. REFERENCIAS	33

1. ÁMBITO Y FINALIDAD

Este documento de ciencia y tecnología de la NAPPO tiene como objetivo brindar información científica referente a los organismos contaminantes vivos vinculados con el comercio de productos forestales y sus medios de transporte relacionados. Tiene la intención de brindar apoyo para la toma de decisiones normativas que abordan los riesgos fitosanitarios posibles en estas vías.

Hay diversas vías en las cuales podrán transportarse los organismos contaminantes. Aunque el ámbito de este documento se limita a los organismos contaminantes que se encuentran en los productos forestales (p. ej., la madera aserrada, la madera en rollo, las astillas de madera y los árboles de Navidad), el embalaje de madera (p. ej., tarimas, calzadas, cajones, carretes, tambores, madera de estiba, etc.) y los medios de transporte (p. ej., contenedores marítimos, embarcaciones marítimas, camiones, trenes, remolques, trenes, aviones, etc.) la información también podría aplicarse a otros productos o embalajes (p. ej., cajas de cartón o de plástico). El ámbito de este documento no incluye otros materiales contaminantes, tales como la paja, la tierra, las cáscaras de semillas, los nidos, etc. La información científica que figura en el presente documento será útil para las Organizaciones Nacionales de Protección Fitosanitaria (ONPF) en lo concerniente a la elaboración de los análisis de riesgo de plagas (ARP), para decidir cuáles son las medidas fitosanitarias más apropiadas dados los riesgos identificados, así como para informar a todos los interesados que participan en la cadena de suministro de estos productos con el fin de promover un comercio seguro.

2. INTRODUCCIÓN

La concientización y preocupación crecientes debido a la introducción y dispersión de organismos contaminantes, algunos de los cuales podrán ser plagas, han generado la necesidad de obtener orientación adicional acerca del tema. La intercepción de organismos contaminantes en los productos de madera y el embalaje de madera es un tema que se planteó en dos talleres de la NAPPO sobre la implementación de la Norma Internacional para Medidas Fitosanitarias 15 (NIMF 15) celebrados en China (2014) y Costa Rica (2016). Durante dichos talleres, los países solicitaron aclaración para ayudar a distinguir entre los organismos contaminantes, las plagas contaminantes y las plagas reglamentadas (cuarentenarias o no cuarentenarias reglamentadas) con el fin de disminuir al mínimo las interrupciones al comercio que podrían suceder debido a las acciones normativas que se apliquen en los puertos de entrada.

Diferencia entre organismos contaminantes, plagas y plagas contaminantes

El diccionario *Biology Online* define al término **organismo** como «*un ser vivo que cuenta con una estructura organizada, puede reaccionar a estímulos, se reproduce, crece, adapta y mantiene homeostasis. Por ende, un organismo sería un animal, una planta, un hongo, protista, una bacteria o arqueas sobre la tierra*» (Biology Online, 2021). La NIMF 5 define al término **plaga** como «*cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales*». Por ende, las plagas son organismos que causan daños a los productos comercializados u otras plantas que son hospederas de las plagas en el país importador. Para determinar si un organismo es una plaga posible, se realiza un análisis de

riesgo de plagas (ARP) siguiendo la orientación que brindan las NIMF 2 y NIMF 11. Un ARP considera la información científica, técnica y económica para determinar si el organismo es una plaga, y de serlo, si debería reglamentarse, y cuáles medidas fitosanitarias, de haber alguna, podría aplicarse contra este.

La NIMF 5 define el término **plaga contaminante** como: «*plaga transportada por un producto, embalaje, medio de transporte o contenedor, o que está presente en un lugar de almacenamiento, y que, en el caso de (esas) plantas y productos vegetales (específicos), no los infesta*». Cabe destacar en esta definición el concepto de infestación, el cual la NIMF 5 define como: «*presencia en un producto de una plaga viva de la planta o producto vegetal de interés. La infestación incluye infección*». La infección hace referencia a la invasión de tejidos. La infestación supone una interacción biológica estrecha entre el organismo y su hospedero en la cual el organismo obtiene sus alimentos u otros requisitos necesarios para continuar su ciclo de vida. Por el contrario, las plagas contaminantes carecen de esta relación fisiológica o física (MAF, 2008; Lemay y Meissner, 2008). Las plagas contaminantes pueden encontrarse en una amplia variedad de artículos, incluidas las plantas, los productos vegetales, los medios de transporte (p. ej., aviones, barcos) los contenedores de envío, la maquinaria, los vehículos, etc. Cabe recordar que una plaga contaminante podrá ser perjudicial para su producto hospedero específico, si está relacionada con dicho producto.

El presente documento de ciencia y tecnología de la NAPPO hace referencia a los organismos relacionados con los productos como **organismos contaminantes**, incluidos como una subcategoría de organismos que se han sometido a un ARP y que se han determinado que causan daños a los productos específicos y por ende, se identifican como plagas contaminantes conforme a la definición de la NIMF 5 que se indica anteriormente.

Por ejemplo, la mosca común *Musca domestica* L. es un organismo que podría contaminar a un producto y es poco probable que a través de un ARP se designe como plaga, y por ende se le califica como **organismo contaminante**. La chinche marrón marmolada *Halymorpha halys* Stål en uvas frescas es un ejemplo de un organismo que se ha sometido a un ARP y se ha designado como una **plaga**. La misma chinche en un envío de acero es un ejemplo de un organismo que se ha sometido a un ARP y se ha identificado como una plaga pero no se encuentra en su hospedero y por ende se designa como una **plaga contaminante**.

La CIPF es un tratado intergubernamental cuyo objetivo es asegurar la colaboración entre las naciones en cuanto a la protección de los recursos vegetales en el ámbito mundial contra la introducción y dispersión de plagas con el fin de mantener la seguridad alimentaria y biodiversidad además de facilitar el comercio seguro.

El comercio internacional se reconoce como la vía principal para la introducción y dispersión de organismos tales como las plantas, los animales (incluidos los insectos y nematodos) y los microbios (incluidas las bacterias y los hongos), muchos de los cuales podrán considerarse plagas de plantas conforme a la definición de la NIMF 5. Dichos organismos, cuando se introducen a ambientes nuevos, se les denomina «no nativos» y los que son plagas podrán

causar graves daños ambientales, ecológicos y económicos (Liebhold *et al.*, 1995; Allen y Humble, 2002). Las plagas no nativas pueden moverse internacionalmente vinculadas con las plantas vivas y partes de plantas, incluida la madera. En muchos casos, las plagas no nativas se introducen de manera involuntaria en un artículo o superficie el cual no están infestando. A estas plagas se les conoce como plagas contaminantes.

3. ¿QUÉ SE CONSIDERAN COMO PLAGAS CONTAMINANTES EN LOS DIFERENTES PAÍSES?

Canadá, Estados Unidos y México elaboran/mantienen una lista de plagas reglamentadas, como parte del cumplimiento de sus obligaciones internacionales de notificaciones de plagas conforme al Artículo VII.2.i de la CIPF «las partes contratantes deberán establecer y actualizar, lo mejor que puedan, listas de plagas reglamentadas, con sus nombres científicos, y poner dichas listas periódicamente a disposición...» La parte contratante importadora establece las listas de plagas reglamentadas tal como se definen en la NIMF 5 con el fin de especificar todas las plagas que están reglamentadas en la actualidad y para las cuales se podrán aplicar medidas fitosanitarias (NIMF 19); los organismos interceptados se verifican frente a estas listas.

La lista de plagas reglamentadas de México para productos y subproductos forestales se mantiene como parte de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), que emite la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) que regulan las importaciones de materias primas, productos y subproductos forestales, concretamente: árboles de Navidad naturales, madera aserrada nueva y bambú, mimbre, bejuco o ratán, para su uso en la cestería o espartería (SEMARNAT 2003, 2013, 2020).

El Registro Oficial de Plagas de Nueva Zelanda (ONZPR, por su sigla en inglés) conocida anteriormente como la base de datos *Biosecurity Organisms Register for Imported Commodities* (Registro de Organismos de Bioseguridad para Productos Importados, BORIC, por su sigla en inglés) permite a los usuarios conocer la condición de los organismos interceptados (New Zeland Ministry for Primary Industries, 2021). Nueva Zelanda también utiliza «Listas de contaminantes» más generalizadas para beneficio de los inspectores de bioseguridad en los puertos de entrada (New Zeland Ministry for Primary Industries, 2020). Estas bases de datos ayudan a los inspectores en la diferenciación entre organismos contaminantes y plagas reglamentadas. Cuando se evalúan los registros de intercepciones frente a estas distintas bases de datos, se puede obtener un mejor entendimiento de los organismos contaminantes relacionados con el comercio de productos de madera, embalaje de madera y sus medios de transporte relacionados y utilizarse para brindar información en cuanto a las decisiones normativas.

Según la estructura del formato de recolección de datos de intercepciones de un país, los datos de intercepciones podrán diferenciar las plagas reglamentadas, las plagas contaminantes y los organismos contaminantes. Sin embargo, en algunos casos podrá ser desafiante relacionar claramente los organismos contaminantes con algunas vías debido a su naturaleza oportunista (Toy y Newfield, 2010). Aunque la lista de plagas reglamentadas de un país podrá ayudar a los inspectores en la identificación de plagas relacionadas con productos específicos, no siempre está claro si la plaga está infestando al producto o si es una plaga contaminante. Esto se debe a

que las bases de datos de intercepciones con frecuencia no reconocen a «contaminante» como un campo distinto. Sin embargo, la inspección cuidadosa de los datos (p. ej., especies de plagas, producto) podrán determinar si un registro de intercepción debería considerarse como el de una plaga o plaga contaminante.

Las ONPF cuentan con sistemas de mantenimiento de registros los cuales centralizan los datos de intercepciones para su acceso y análisis fácil. A pesar de que las bases de datos de intercepciones pueden identificar las vías de entrada de los organismos contaminantes, resulta difícil realizar un análisis cuantitativo de este tipo de datos, puesto que diferentes vías tienen distintos niveles de inspección, notificación, identificación y registro (Turner *et al.*, 2020). El examen de los datos de intercepciones recopilados en los últimos veinte años para ocho regiones del mundo (Nueva Zelanda, Australia, Corea del Sur, Japón, Estados Unidos, Canadá, Reino Unido y gran parte de Europa y el Mediterráneo) demuestran la falta de uniformidad en la recolección de datos necesaria para realizar el análisis cuantitativo (comunicación personal de Rebecca Turner). Por ejemplo, la serie de datos de Corea del Sur incluye solamente frecuencia de intercepciones por especies mientras que otros países, como Estados Unidos, también registran la vía, el año, el país de origen y algunas intercepciones se identifican a niveles taxonómicos más altos que el de las especies. La mayoría de los países recolectan datos de hospederos o productos, pero no siempre estaba claro si el organismo que se había interceptado estaba infestando al producto o era un organismo contaminante (Turner *et al.*, 2020). La base de datos del sistema de Manejo del Riesgo Agrícola de EE. UU. (*Agriculture Risk Management*, ARM, por su sigla en inglés), el cual incluye la antigua base de datos de la Red de Información de Puertos (*Port Information Network – PIN*, por su sigla en inglés), incluye una columna de proximidad del hospedero con opciones de en/sobre/con; sin embargo, otros países estructuran sus bases de datos de manera distinta. En muchos casos, la condición de plaga contaminante se fundamenta en información limitada. Las bases de datos de intercepciones resultan útiles para identificar los tipos de organismos que se movilizan en el comercio internacional. En la actualidad, la inspección y el registro de organismos contaminantes presentan desafíos para los distintos protocolos y diseños de inspección. Países como Nueva Zelanda y Australia han centrado las inspecciones de los vehículos como vías en la detección de las hormigas invasoras, la palomilla gitana asiática (PGA¹) (*Lymantria dispar asiatica* Vnukovskij, *Lymantria dispar japonica* Motschulsky, *Lymantria albescens* Hori y Umeno, *Lymantria umbrosa* Butler, *Lymantria postalba* Inoue) y la chinche marrón marmolada (*Halyomorpha halys* Stål).

Los organismos y las plagas contaminantes que se detectaron en importaciones a Australia se documentaron y resumieron en un documento que se redactó en el 2018 y se presentó durante la reunión de la Comisión de Medidas Fitosanitarias (CMF) del 2019 (FAO, 2018). Los organismos que figuraban en la lista como plagas contaminantes incluían a los insectos, los fitopatógenos, las malezas, las semillas, los reptiles, los caracoles y las babosas. Además, se han venido realizando análisis adicionales sobre los tipos de productos contaminados que llegan

¹ La Sociedad Entomológica de América está realizando una revisión del nombre común de las especies de *Lymantria dispar*. Al momento de publicarse este documento, no se habían formalizado los nombres comunes nuevos. En el presente documento haremos referencia a las especies de *L. dispar* que se originan en Asia como PGA.

a Australia, como parte de una evaluación del riesgo de plaga para la plaga contaminante, la chinche marrón marmolada (Australian Department of Agriculture, 2019).

El sistema de Manejo del Riesgo Agrícola de EE. UU. (*Agriculture Risk Management*, ARM, por su sigla en inglés), el cual reemplazó al Sistema de Actividad de Cuarentena Agrícola de EE. UU. (*Agricultural Quarantine Activity System* – AQAS, por su sigla en inglés) en abril del 2021, registra los datos de las inspecciones que realizan la Oficina de Aduanas y Protección Fronteriza del Departamento de Seguridad Nacional (DHS-CBP, por su sigla en inglés), y la Oficina de Protección Fitosanitaria y Cuarentena del APHIS (PPQ, por su sigla en inglés) en los puertos de entrada a Estados Unidos (USDA, 2011). En México, el Laboratorio de Análisis y Referencia en Sanidad Forestal de la Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos de SEMARNAT, cuenta con una base de datos para registrar las intercepciones de organismos detectados durante la inspección de embalajes de madera y productos y subproductos forestales. La ONPF de Canadá, la Agencia Canadiense de Inspección Alimentaria (ACIA), en colaboración con la Agencia de Servicios Fronterizos de Canadá (CBSA, por su sigla en inglés) recolecta los datos de las intercepciones en una variedad de productos y registra esta información en una base de datos interna.

4. VÍAS: CÓMO LOS ORGANISMOS CONTAMINANTES SE MOVILIZAN EN EL COMERCIO INTERNACIONAL

Casi cualquier cosa que se moviliza en el comercio internacional, incluidos todos los productos (ya sean productos vegetales u otros productos), el embalaje y los medios de transporte constituyen vías para el movimiento de organismos contaminantes. Además, ellos pueden originarse en el país exportador del envío, durante el tránsito desde un país por el cual el envío transitó o después de su llegada al país importador. Por ende, la concientización y el manejo de los organismos y plagas contaminantes en el comercio debería ser una prioridad compartida y mundial.

En gran medida, los datos acerca de los organismos contaminantes y de las intercepciones de plagas e introducciones de plagas están vinculados con una vía, no con el hospedero ni un producto específico, aunque hay algunas excepciones. Los organismos contaminantes no están relacionados necesariamente con hospederos o productos, aunque existen algunas preferencias. Por ejemplo, los gasterópodos terrestres (caracoles y babosas) se encuentran comúnmente en envíos de losa de cerámica, mármol y cemento (Robinson, 1999). El gorgojo khapra (*Trogoderma granarium* Everts), una plaga reglamentada en la región de la NAPPO, está relacionado comúnmente con contenedores de envío (o marítimos) en donde las larvas que permanecen en estado de diapausa pueden mantenerse escondidas en las grietas y rendijas de los contenedores (NAPPO, 2019a).

4.1. Medios de transporte

Se define ampliamente un medio de transporte como algo que se utiliza para trasladar bienes o personas. A pesar de que cualquier medio de transporte tiene la posibilidad de movilizar un organismo contaminante, el presente documento se centrará más específicamente en medios de

transporte que se utilizan para mover productos forestales en el comercio internacional. Estos medios de transporte son grandes, generalmente viajan largas distancias y por ende, representan un riesgo mayor de transportar organismos contaminantes de un área a otra.

4.1.1 Contenedores marítimos

Aproximadamente el 60 % del comercio mundial viaja en contenedores marítimos (Statistica, 2021); ellos son una vía importante para el movimiento de organismos contaminantes. A los contenedores marítimos también se les conoce como contenedores de envío, unidades equivalentes a veinte pies (TEU, por su sigla en inglés) o contenedores de carga. El código para las unidades de transporte de carga (CTU) define a un contenedor de carga como un «*elemento de equipo de transporte de carácter permanente, y por lo tanto suficientemente resistente para poderse utilizar repetidas veces; proyectado especialmente para facilitar el transporte de mercancías, por uno o varios modos de transporte, sin operaciones intermedias de carga, y para que se pueda sujetar y/o manipular fácilmente, para lo cual está dotado de los adecuados accesorios, y aprobado de conformidad con lo dispuesto en el Convenio internacional sobre la seguridad de los contenedores (CSC), 1972 enmendado. El término «contenedor» no incluye ni vehículos ni embalajes. No obstante, sí incluye los contenedores transportados sobre chasis*» (OMI, 2014).

Para disminuir el riesgo de organismos contaminantes que se movilizan con la vía de los contenedores marítimos, Nueva Zelanda diseñó e implementó el sistema de higiene de contenedores marítimos el cual comprende buenas prácticas certificadas, tales como un depósito de contenedores y la limpieza de contenedores y manejo del riesgo de plagas (MAF, 2009). Las ONPF de Nueva Zelanda y Australia ahora operan conjuntamente el sistema y está aprobado en 6 países de las islas del Pacífico. Dicho programa ha disminuido la contaminación de los contenedores marítimos en un 99.5 % (Australian Department of Agriculture, 2020). Un estudio que evaluó la contaminación interior y exterior de los contenedores marítimos vacíos en Nueva Zelanda indicó que los tipos de contaminantes que se movilizan en los contenedores marítimos incluyen: tierra y sus patógenos, productos vegetales (semillas), invertebrados (insectos, arañas, caracoles) y reptiles en orden decreciente de incidencia (Brockhoff, 2016).

Se encuentra ampliamente disponible documentación adicional acerca del riesgo de los organismos contaminantes que se movilizan sobre los contenedores marítimos o dentro de estos (Stanaway *et al.*, 2001; Gadgil *et al.*, 2002). Se agregó a la lista de temas de las normas de la CIPF, durante la reunión de la CMF 3 en el 2018 (Proyecto de NIMF 2008-001), un proyecto de NIMF titulado *Reducción al mínimo de los movimientos de plagas mediante contenedores marítimos*. El proyecto de norma se ha puesto en suspenso por cinco años una vez que algunas partes contratantes de la CIPF manifestaron sus preocupaciones con el documento. Para continuar trabajando en este tema de relevancia, en el 2017 la CIPF estableció el Grupo de trabajo de expertos sobre contenedores marítimos (SCTF, por su sigla en inglés) para crear conciencia acerca de la importancia de la limpieza de los contenedores marítimos. El SCTF publicó una guía de buenas prácticas para disminuir la contaminación de plagas (FAO, 2020a).

La Iniciativa de Contenedores Marítimos de Norteamérica (NASCI, por su sigla en inglés) elaboró un documento de orientación sobre la limpieza e inspección de contenedores marítimos (NAPPO, 2019b). La NASCI complementa la guía del Código de prácticas sobre la arrumazón de las unidades de transporte que presentó la Organización Marítima Internacional (IMO, 2014). Puesto que el Código CTU se actualizó en el 2014, se completó en el 2016 un documento suplementario, *Prevención de contaminación de plagas en contenedores: guía conjunta de la industria para la limpieza de contenedores* (COA et al., 2016).

4.1.2 Embarcaciones marítimas

Las embarcaciones marítimas también se ven afectadas con el movimiento de organismos contaminantes, y ofrecen una variedad de sitios para que los organismos contaminantes se escondan (por ejemplo, en las cubiertas, bodegas y almacenes (Lemay y Meissner, 2008). Se interceptan de manera rutinaria masas de huevecillos de la PGA en las embarcaciones que viajan a Norteamérica desde los países reglamentados por la PGA. Los períodos de riesgo especificados para el vuelo de la PGA en los países reglamentados se aplican para activar programas formales de inspección, que tienen como objetivo abordar específicamente esta plaga (NAPPO, 2021b; véase el apartado 7.6).

4.1.3 Transporte terrestre – camiones, remolques y trenes

Los organismos contaminantes en vehículos terrestres, por lo general, se documentan mucho menos (Meurisse et al., 2019). Una gran cantidad de camiones, remolques y trenes se utilizan para transportar contenedores marítimos por tierra. La transferencia de contenedores marítimos a los camiones, remolques y trenes es una consideración importante en la caracterización plena de esta vía nacional y fronteriza para dispersar organismos contaminantes.

Los datos de transporte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) demuestran que la carretera y el ferrocarril son los medios predominantes para el transporte de carga y pasajeros en la mayoría de los países (ITF 2017; Meurisse et al., 2019). Las observaciones en campo de las masas de huevecillos de *Lymantria dispar* L. en la superficie de transportes comerciales terrestres indican que son lugares comunes, y se sabe que los adultos del barrenador esmeralda del fresno (*Agilus planipennis* Fairmaire) puede usar estos como medio de dispersión secundaria (Buck y Marshall, 2009; Short et al., 2020). Las masas de huevecillos, las ninfas y los adultos de la mosca linterna con manchas, *Lycorma delicatula* (White), pueden transportarse en vías inertes tales como equipo para exteriores y vehículos todoterreno, remolques, tractores cortacésped y camiones (Pennsylvania Department of Agriculture, 2019). La posibilidad de movilizar organismos contaminantes en el transporte terrestre varía considerablemente y depende de la etapa biológica de la plaga, la estación y frecuencia del transporte, entre otros factores.

A pesar de que el transporte por tierra en camiones y remolques es principalmente una preocupación nacional, los vehículos nuevos y usados como productos comercializados representan una vía internacional importante para albergar y transportar organismos contaminantes (NIMF 41). Los vehículos militares también son una vía importante para introducciones puesto que estos se movilizan entre los países, con frecuencia bajo condiciones

normativas excepcionales (Cofrancesco *et al.*, 2007). Los vehículos como productos comercializados se consideran de mayor riesgo debido a factores como el almacenamiento el cual brinda tiempo adicional para que los organismos contaminantes se relacionen con los vehículos. Nueva Zelanda y Australia han implementado programas de salvaguarda para la importación de vehículos que se centran en la chinche marrón marmolada y otros organismos contaminantes (Australian Department of Agriculture, 2019; MAF, 2021). Aunque la incidencia de un organismo contaminante particular en los vehículos importados podrá ser baja, la introducción general puede ser alta debido al número elevado de vehículos que se importan (MAF 2008; Toy y Newfield, 2010).

4.1.4 Transporte aéreo - aviones

Por mucho tiempo se ha reconocido a los aviones como una vía de alto riesgo para los organismos contaminantes. Durante un período de 10 años, desde 1997 al 2007, más de 1900 intercepciones de plagas vivas, incluidos insectos, malezas, moluscos y ácaros se registraron en las bodegas de aviones en Estados Unidos (Meissner *et al.*, 2009). Las plagas de alto perfil en las bodegas de aviones, como el escarabajo japonés (*Popillia japonica* Newman), han dado lugar al uso de dispositivos de exclusión en los aviones antes de su partida de tal forma que el cargamento se pueda mover exitosamente y sea aceptado por los estados del oeste (USDA, 2020b). Se transportaron plagas de plantas no nativas por todo el mundo en cargamento de aviones o sobre estos durante la Segunda Guerra Mundial, incluida la serpiente arbórea marrón, *Boiga irregularis* (Bechstein), las cuales se introdujeron de manera accidental a Guam (Richmond *et al.*, 2015). El manejo de la serpiente arbórea marrón en Guam se centró en limitar la dispersión adicional por medios aéreos (Engeman *et al.*, 2018)

4.2. Productos forestales

Una gran variedad de productos forestales se moviliza en el comercio internacional. Estos podrán incluir: madera en rollo sin procesar, madera aserrada, contrachapado, tableros de fibra orientada, árboles de Navidad o subproductos derivados de la fabricación de estos, tales como aserrín o astillas de madera. Los productos forestales que se mueven en el comercio también podrán incluir al embalaje que se utiliza para contener o sostener un producto, p. ej., tarimas, cajones o madera de estiba. Los organismos contaminantes podrán encontrarse relacionados con cualquiera de estos productos forestales.

4.2.1 Madera en rollo

Se denomina madera en rollo a los troncos, palos, postes, madera para construcción o polines y se define como «*madera no aserrada longitudinalmente, que conserva su superficie redondeada natural, con o sin corteza*» (NIMF 5). La madera en rollo podrá atraer a los organismos contaminantes. Por ejemplo, la chinche de la conífera occidental, *Leptoglossus occidentalis* (Heidemann), podrá encontrarse encaramada en madera en el otoño cuando está en búsqueda de lugares para pasar el invierno. El minador de la hoja del haya, *Orchestes fagi* (L.), pasa el invierno como adulto en fisuras y bajo la corteza de la madera en rollo y en los troncos de las coníferas así como de árboles de madera dura (Morrison *et al.*, 2017). Los escarabajos de la

corteza podrán verse atraídos a la madera en rollo descortezada debido a los componentes volátiles que despiden la madera (véase el apartado 5.1 Atrayentes semioquímicos), pero no son capaces de infestarla, a estos organismos contaminantes con frecuencia se les conoce como insectos trepadores.

4.2.2. Madera aserrada (madera)

Se define como «*madera aserrada longitudinalmente, con o sin su superficie natural redondeada, con o sin corteza*» (NIMF 5). La madera aserrada podrá incluir pedazos de madera cuadrada sin corteza o parcialmente cuadrada con uno o más bordes curvos que podrán o no incluir la corteza. En la producción comercial y venta de productos de madera dura aserrados, los bordes curvos por lo general se dejan para recortarlos posteriormente (NAPPO, 2018).

Con el nivel creciente de procesamiento, la madera llama menos la atención a los organismos que se ven atraídos a los restos de la corteza y a los componentes volátiles emitidos por la madera recientemente cortada. La madera sometida a tratamiento con calor resulta menos estimulante debido a que los componentes de atracción con frecuencia se volatilizan durante el tratamiento (Haack y Petrice, 2009). Algunos organismos contaminantes podrán verse atraídos a pilas de madera aserrada como medio de refugio. Otros insectos, como la chinche marrón marmolada, se ven atraídos a patrones de luz que forman los espacios entre las tablas (para ver los ejemplos adicionales, véase el apartado 5.2.2 Formas). En Nueva Zelanda, el escarabajo de los pinos quemados, *Arhopalus ferus* (Mulsant), es un organismo contaminante regular en la madera aserrada que se envía a Australia y se ha manejado de forma más eficaz debido al mejor entendimiento de su biología y los datos climáticos (Pawson, 2009).

4.2.3 Astillas de madera

Las astillas de madera son fragmentos de madera, con o sin corteza, que se producen mecánicamente con partes de varios árboles cosechados y los residuos del procesamiento o el material de madera posterior a su consumo (EPPO, 2015). Algunos organismos contaminantes se ven atraídos a los componentes volátiles que despiden la madera recientemente cortada (véase el apartado 5.1 Atrayentes semioquímicos), y en pocos casos podrá infestar a las astillas de madera recientemente procesadas. Con mayor frecuencia, los insectos que se ven atraídos a la madera recientemente astillada estarán presentes como organismos contaminantes. Muchas especies de hongos patógenos que causan pudrición, hongos causantes de cancro y nematodos podrán estar presentes en astillas de madera con o sin corteza (NRMF 41) pero la mayoría de estos se habrían originado de la infestación de la madera antes de astillarla y no se considerarían organismos contaminantes.

4.2.4 Embalaje de madera (EM)

El embalaje de madera, incluidas las tarimas, las calzas, los collares para tarimas (paredes laterales plegables para la base de una tarima), los recipientes, las jaulas, las cajas, los cajones, las cajas de madera, los carretes, los tambores, los tablones de carga y la madera de estiba, se construye a partir de madera sólida o procesada. Cuando cumple con los tratamientos que se

indican en la NIMF 15, el embalaje de madera disminuye considerablemente el riesgo de plagas inmediatamente después del tratamiento (NIMF 15). Sin embargo, al igual que con cualquier otro medio de transporte, los organismos contaminantes podrán relacionarse con cualquier tipo de embalaje de madera en cualquier momento después del tratamiento a través de la vida útil del embalaje de madera. La presencia de organismos contaminantes en material certificado conforme a la NIMF 15 no indica necesariamente una falla de la NIMF 15. Cuando se detecta un organismo contaminante en el embalaje de madera certificado conforme a la NIMF 15, puede ser a raíz de la contaminación de los materiales posterior al tratamiento. Esto debería tomarse en cuenta cuando la ONPF del país importador presente una 'notificación de incumplimiento' a la ONPF del país exportador (NIMF 13). La causa más probable de la detección de la contaminación debería incluirse en cualquier notificación que se presente a la ONPF del país exportador.

Las investigaciones han demostrado que el secado de la madera (ya sea mediante secado en estufa o el equilibrio de las condiciones de humedad ambiental con el tiempo) podrá cambiar los tipos de plagas que se ven atraídas a esta (Naves *et al.*, 2019). Esto podrá ser pertinente para los organismos contaminantes que se ven atraídos a los componentes volátiles químicos del hospedero en madera sin tratamiento con mayor contenido de humedad.

El diseño de la estructura del embalaje de madera se presta a oportunidades de refugio para algunos organismos contaminantes. La probabilidad de contaminación dependerá del diseño del embalaje de madera y sus cualidades posteriores de atracción (véase el apartado 5.2 Señales visuales, para obtener explicación adicional).

5. ¿POR QUÉ LOS ORGANISMOS CONTAMINANTES SE RELACIONAN CON LOS PRODUCTOS FORESTALES?

Los organismos contaminantes se encuentran relacionados prácticamente con todos los productos forestales que se comercializan en el ámbito internacional. Cómo y por qué se relacionan con los productos forestales, esto varía con la naturaleza del organismo contaminante como con el sustrato. Algunos organismos contaminantes se depositan de manera pasiva con el aire o en las gotitas de agua (esto se aplica a la mayoría de los hongos y los estadios de vida de los artrópodos que realizan el vuelo arácnido) o son transportados por organismos intermediarios (algunos insectos, hongos y nematodos) y otros llegan de manera activa con su propia locomoción (volando, arrastrándose, deslizándose (culebras) o mediante la locomoción adhesiva (babosas)). En algunos casos, los organismos contaminantes se ven atraídos a un sustrato mediante la estimulación sensorial a través de las señales químicas, térmicas, auditivas o visuales, y en otros casos ellos llegan por casualidad (Bell, 1990, Saint-Germain *et al.*, 2007). Algunos rasgos biológicos aumentan la probabilidad de contaminación, principalmente la afinidad a las actividades de los humanos (p. ej., producción de luz y sonido) y los objetos relacionados con ellos (p. ej., superficies para que *Lymantria spp.* ovipositen) (Leibhold, 1995). Otras características exitosas de organismos contaminantes incluyen: la capacidad de completar el ciclo de vida en hábitats sumamente perturbados; un estadio de vida que busca áreas de refugio; un estadio de vida con estados latentes que permite la supervivencia durante el tránsito y la relación con contaminantes comunes de productos tales como la tierra (Toy y Newfield, 2010).

Los organismos contaminantes podrán escoger un sustrato de madera según su compatibilidad para aumentar su supervivencia. Esto puede incluir características que aumenten la habilidad para evitar al depredador y que brinden protección a corto y largo plazo de los elementos, según los movimientos estacionales de la especie. También podrán escoger las características del sustrato y de los hábitats que lo rodean por la abundancia de materiales para construir un nido y las posibles ubicaciones del nido. Los organismos contaminantes que dependen de la dispersión pasiva podrán tener mayor probabilidad de llegar a ciertos sustratos según el movimiento del viento y del agua a través del paisaje natural.

La contaminación de los productos forestales comercializados internacionalmente puede suceder en cualquier momento posterior a cualquier aplicación de las medidas fitosanitarias, incluso: antes de la partida del país exportador; durante el tránsito (posterior a su partida del país exportador); a través de la contaminación cruzada de otro cargamento o de medios de transporte que no se hayan limpiado debidamente o a causa de la contaminación posterior a la llegada en el país importador. El riesgo de contaminación variará según la prevalencia del organismo y cuándo o dónde se procese o transporte el producto forestal a lo largo de la cadena de suministro. Los siguientes subapartados describen varios estímulos físicos y factores biológicos que ayudan a aclarar por qué los organismos contaminantes están relacionados con los productos forestales.

5.1. Atrayentes semioquímicos

Los insectos pueden verse atraídos por los componentes orgánicos volátiles que producen, de manera natural, la madera de árboles vivos y productos de madera, tales como la madera aserrada, las astillas de madera, etc. (Moeck, 1970; Wallin y Raffa, 2002; Saint-Germain *et al.*, 2007) o por otros insectos (Borden, 1989; Allison *et al.*, 2004). Los volátiles producidos por la madera, generalmente los alcoholes o terpenos, son utilizados por los insectos para detectar hospederos apropiados (Kirkendall *et al.*, 2008; Miller y Rabaglia, 2009; Oliver y Mannion, 2001; Roling y Kirby, 1975). Los árboles debilitados y estresados, la madera aserrada y los productos de madera liberan etanol, un producto de metabolismo anaeróbico, (Gara *et al.* 1993; Kimmerer y Kozlowski, 1982; Steckel *et al.*, 2010; Pohleven *et al.*, 2019) y es un atrayente para muchas especies de insectos descortezadores y ambrosiales (Graham, 1968; Hayes *et al.*, 2007; Miller y Rabaglia, 2009; Montgomery y Wargo, 1983). Algunos de estos químicos continúan emitiéndose mucho después de que la madera se haya cortado y secado, aunque las emisiones disminuyen considerablemente mediante el tratamiento con calor a altas temperaturas (Kačik *et al.*, 2012; Pohleven *et al.*, 2019).

Los insectos liberan con frecuencia feromonas sexuales y de agregación cuando colonizan al sustrato nuevo de cruza. Muchos insectos se ven atraídos a combinaciones de hospederos volátiles y feromonas producidas por otros insectos, lo cual sugiere que estos organismos contaminantes utilizan un juego de atrayentes para encontrar al material hospedante. A pesar de que es probable que esto sea más pertinente al ataque de árboles, los insectos que están relacionados con cualquier producto de madera podrían liberar semioquímicos, atrayendo por ende a otros insectos a la madera.

5.2. Señales visuales

Los insectos utilizan una variedad de sensores e insumos para orientarse hacia las fuentes de alimento, los sitios de oviposición y las parejas. En algunos casos, las señales visuales y olfativas se utilizan conjuntamente para encontrar un objeto o una condición apropiados. Los caracoles terrestres podrán utilizar los estímulos visuales para desplazarse hacia los alimentos o alejarse de los depredadores (Chernorizov y Sokolov, 2010; Bobkova *et al.*, 2004).

5.2.1 Luz (fototaxia)

Muchos insectos se ven atraídos a la luz. Un ejemplo bien conocido de movimiento de plaga contaminante debido a su atracción a la luz (fototaxia positiva) se encuentra en la PGA. Las hembras adultas de la PGA se ven atraídas a la luz durante las operaciones de carga en los países reglamentados. Esta plaga ubicará superficies adecuadas en las embarcaciones marítimas y ovipositará sus masas de huevecillos (Schaefer y Wallner, 1992; Wallner *et al.*, 1995). Un número de palomillas de limántridos se ven atraídas específicamente a la luz en un rango de 480-520 (región azul-verde) y 340-380 nm (Crook *et al.*, 2014). Wallner *et al.* (1995) descubrieron que el uso de filtros de bloqueo de luz UV y luz azul hizo que las palomillas hembras de limántridos, en el Lejano Oriente de Rusia, se vieran menos atraídas a la luz (Mastro *et al.* 2021).

Los insectos cuyas larvas o ninfas se desarrollan en agua dulce poseen polarotaxis positiva, es decir, se ven atraídos a una fuente de luz polarizada horizontalmente, la cual puede incluir la atracción a superficies verticales de vidrio y otras superficies artificiales (p. ej., calles de asfalto, hojas de plástico de color negro, carros de color oscuro, superficies de vidrio oscuras, paneles solares) las cuales reflejan luz fuerte y polarizada horizontalmente (Kriska *et al.*, 2008). Los estudios similares que se realizaron en tábanos concluyeron que la repelencia y protección del ganado mejora con cubiertas con fondos con manchas, rayas o blancas, con lo cual despolariza la luz de manera eficaz (Horváth *et al.*, 2010; Blaho *et al.*, 2013).

5.2.2 Formas

Muchos escarabajos de la corteza utilizan una combinación de señales para ubicar al hospedero. Por ejemplo, las especies de *Dendroctonus* utilizan formas para ubicar a los árboles y se ven atraídas a objetos que se encuentran en forma vertical, tienen forma cilíndrica y son similares a la silueta y el color de un árbol hospedero (Campbell y Borden, 2006). Esta información llevó al diseño de las trampas embudo las cuales se asemejan a la silueta de un árbol vertical (Lindgren, 1983). Algunos insectos, como *Triatoma infestans* (Klug), exhiben una reacción negativa considerable a la luz y se ven atraídos a las manchas o formas oscuras, posiblemente para refugiarse con y sin señales olfativas (Reisenman *et al.*, 2000). Las abejas y avispas se pueden ver atraídas a las cavidades o formas oscuras para anidar. La atracción a los diferentes patrones relacionados con las sombras y grietas también podría estar vinculada con las cajas de cartón, el metal, plástico u otros materiales.

5.3. Sonido

La comunicación acústica se dispersa entre los animales vertebrados, pero los insectos son el único grupo de invertebrados en el que la producción de sonido y la audición están bien desarrollados (Hoy 1998; Pollack, 2017). El sonido se divide generalmente en «sonidos transportados por el aire» y «sentido de la vibración en el sustrato», siendo el último el menos prevalente en los insectos debido a las limitaciones de onda corta. Cuando se emite el sonido se utiliza para atraer, repeler o amenazar, y también para detectar y localizar a los depredadores, hospederos y a las parejas (Pollack, 2017). El sonido se utiliza, con diversos grados de éxito, como la base de los programas de manejo de plagas los cuales se centran en la interrupción del apareamiento y la repelencia (Gammon, 2015; Mankin, 2004).

Varios escarabajos utilizan sonidos acústicos o «chirridos», los cuales producen con la fricción de las superficies del cuerpo para comunicarse. Ellos utilizan estas llamadas para indicar agresión o que están listos para aparearse (Barr, 1969; Rudinsky y Michael, 1973). También se puede utilizar la emisión de sonidos para evitar a los depredadores (Spangler, 1988) o para la detección del hospedero en el caso de los insectos parásitos tales como las moscas taquínidas (Lehmann y Heller, 1998). Los artrópodos y vertebrados generalmente producen sonidos para la comunicación en un rango de 1-10kHz; el ruido abiótico es generalmente menor que este nivel (Luther y Gentry, 2013). Sin embargo, el ruido antropogénico puede escucharse en una gran variedad de frecuencias y según la especie, puede llevar a la interferencia de la comunicación, comportamientos alterados, confusión o atracción a señales auditivas de origen humano (Bunkley *et al.*, 2017). Algunos organismos, especialmente aquellos de reproducción rápida y ciclos de vida cortos, tales como los grillos de árbol del género *Oecanthus*, se adaptan a la contaminación acústica rápidamente con poca interferencia a la comunicación (Costello y Symes, 2014). La emergencia de datos sobre el efecto del sonido antropogénico en las comunidades de insectos tiene implicaciones importantes para el manejo de los productos enviados. Bunkley *et al.* (2017) realizaron estudios en los campos de gas natural industrial con niveles elevados de ruidos debido a los compresores y otros ruidos de fondo elevados, y como resultado, confirmaron el cambio de distribución en las comunidades de insectos. Las actividades comerciales alrededor de los puertos y otros sitios industriales que comprenden el envío y almacenamiento podrían tener efectos similares en los organismos contaminantes.

5.4. Temperatura

Los insectos en búsqueda de fuentes de alimentos y hábitats podrán detectar señales térmicas. La chinche de la conífera occidental, *Leptoglossus occidentalis*, tiene órganos especiales que detectan la radiación infrarroja emitida por su fuente principal de alimento, los conos de las coníferas (Takács *et al.*, 2009). Varios órdenes de insectos se ven atraídos a la radiación infrarroja emitida por los incendios que se encuentran a grandes distancias. En cuanto los incendios amainan, estos insectos atacan a los árboles dañados, que en condiciones normales serían inhabitables. Se ha informado que el escarabajo joya, *Melanophila acuminata* (DeGeer), vuela hasta 80 km para llegar al material que se está quemando (Evans 1964; Schmitz y Bleckmann, 1998).

Los termorreceptores en los insectos varían en gran medida según la especie. Algunos insectos pueden detectar cambios menores en temperatura, como los conos de las coníferas que están 15 °C más calientes que las agujas de las coníferas. Otros pueden sentir aumentos considerables de temperatura, como incendios que fluctúan entre 500 a más de 1000 °C (Takács *et al.*, 2009, Schmitz y Bleckmann, 1998). Esta atracción al calor podrá presentar un riesgo durante el procesamiento y almacenamiento de la madera. Por ejemplo, la madera con calor residual, posterior al tratamiento con secado en estufa o la exposición al sol, podrá provocar atracción a una gran variedad de organismos contaminantes.

5.5. Humedad

Muchos organismos utilizan los receptores olfativos para ubicar las fuentes de agua que son vitales para las funciones metabólicas. Los receptores odoríferos en los vertebrados están compuestos de dos clases principales de genes receptores. Se cree que la primera clase detecta las sustancias odorantes hidrosolubles y se encuentran principalmente en los peces, los anfibios y algunos mamíferos. La segunda clase, que se encuentra en los tetrápodos, es probable que detecte las sustancias odorantes transportadas por el aire (Freitag *et al.*, 1998). Los insectos tales como los moscardones, *Phormia regina* (Meigen), detectan el agua con quimiorreceptores en sus antenas y tarsos. La presencia de higrorreceptores en los insectos también brinda a algunas especies la capacidad de detectar la humedad (Tichy y Kallina, 2013; Wigglesworth, 1972).

A pesar de que los organismos utilizan varios métodos para ubicar directamente el agua, otros podrán utilizar métodos indirectos tales como la detección de compuestos orgánicos volátiles (COV), los cuales pueden emitirse de otros componentes bióticos del ecosistema que están relacionados con el agua. Los hongos y microbios causan la liberación de COV cuando ellos descomponen la madera, la cual puede atraer insectos simbióticos que utilizan el sustrato y la fuente de alimento alterados. Los insectos depredadores y parasíticos también podrán verse atraídos a estas condiciones (Mali *et al.*, 2019, Kandasamy *et al.*, 2016). Los invertebrados pequeños y de movimiento lento, tales como los caracoles y las babosas, también utilizan COV liberados por las plantas, las diatomeas y las algas para ubicar un hábitat húmedo el cual contiene alimento (Brönmark y Hansson, 2012; Hanley *et al.*, 2018).

5.6. Refugio

Muchos organismos, tras su llegada a una superficie, la cual puede incluir un producto forestal o su medio de transporte, evalúan las condiciones y compatibilidad del refugio (contenido de humedad, luz/oscuridad, temperatura). Por ejemplo, la palomilla del árbol del tulipán, *Epimecis hortaria* (Fabricius), se refugia en cortezas de árboles similares a sus machas lo cual dificulta su ubicación. Muchos organismos utilizan el camuflaje en su ambiente para evitar a los depredadores, lo cual representa un desafío para las inspecciones. Otras especies utilizan agujeros y fisuras o se esconden bajo la corteza. Estos refugios también brindan protección contra condiciones ambientales, como temperaturas, precipitación y vientos extremos. Los canchales del haya, que son ocasionados por la enfermedad de la corteza del haya, brindan más

refugio a los picudos adultos del haya, *Orchestes fagi* (L.), para pasar el invierno que los árboles con corteza suave no infectados (Morrison *et al.*, 2017).

5.7. Posar

En algunos casos, los organismos se detienen en los objetos en busca de alimentos, pareja o refugio o para ubicarlos. El comportamiento migratorio puede dar lugar a la llegada repentina de organismos que se movilizan hacia los sitios de invierno o cuando se alejan de estos. Esto puede suceder en diversas generaciones, en cuyo caso cada generación se detiene y pone huevecillos antes de morir. La progenie entonces continúa migrando y repite el proceso en un sitio nuevo. La migración puede realizarse a largas distancias o de manera local según la especie. Algunas especies tal como el picudo rojo de las palmas, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier), vuela distancias cortas antes de posar, mientras que otros utilizan el viento para impulsarse a grandes distancias como es el caso del gusano del brote de la col, *Hellula undalis* (Fabricius) (Ávalos *et al.*, 2014, Shirai y Yano, 1994).

5.8. Anidar

La madera sin alterar que se almacena por un período extenso de tiempo podrá brindar sitios adecuados para que aniden una gran variedad de organismos contaminantes, tales como las avispas solitarias, abejas, arañas, palomillas y hormigas, entre otras. Las abejas cortadoras de hojas (familia *Megachilidae*) utilizan rendijas y cavidades que ya existen en la madera como sitios para anidar (Michener, 2000). El avispon asiático gigante, *Vespa mandarinia* Smith, también construye nidos en cavidades que ya existen en la madera, pero se encuentran con mayor frecuencia en cavidades subterráneas y ocultas (Matsuura y Sakagami, 1973).

Los medios de transporte como los contenedores marítimos también podrán ofrecer a una gran variedad de vertebrados e invertebrados sitios adecuados para anidar (véase el apartado 4.1.1). La parte interior de los contenedores marítimos, incluso debajo de los pisos, brinda refugios y sitios de anidación para las plagas de productos de almacén, avispas y una variedad de otros organismos contaminantes (Stanaway *et al.*, 2001).

5.9. Dispersión con el viento y el agua

Algunos organismos contaminantes o materiales contaminantes tales como los hongos, los nematodos, las semillas o la tierra no detectan, determinan o escogen activamente sus sustratos. Estos se depositan de manera pasiva en sustratos a través del viento, el agua o los organismos vectores.

Las esporas de los hongos, por ejemplo, pueden dispersarse a grandes distancias y muchas lo hacen a través del viento. Los insectos vectores, los animales o la lluvia pueden dispersar a las esporas. Se ha demostrado que las esporas de la roya viajan como organismos contaminantes en productos o embalaje, como lo demuestra *Austropuccinia psidii* (G. Winter) Beenken en madera nueva aserrada y secada en estufa (Grurinovic *et al.*, 2006), pero su supervivencia y riesgo de dispersión se consideran sumamente bajos (Lana *et al.*, 2012). La longevidad de las

esporas varía entre las especies de hongos y debería considerarse en la evaluación del riesgo de las esporas de hongos como contaminantes (Sussman, 2013). Las esporas de los hongos se encuentran con mucha frecuencia en el aire y pueden detectarse como organismos contaminantes en productos forestales, especialmente mediante el uso de métodos moleculares de detección de sensibilidad intensa. Sin embargo, su presencia no implica necesariamente un riesgo y debería considerarse cuidadosamente la evaluación de la posibilidad de dispersión a hospederos nuevos.

Algunas especies de nematodos pueden sobrevivir durante períodos de tiempo extensos, en algunos casos décadas (Wharton, 1986), en estado seco (anhidrobiosis) y posteriormente dispersarse con el viento con las partículas finas del suelo (Fielding, 1951; Carroll y Viglierchio, 1981; Guar, 1988; Treonis y Wall, 2005; Nkem *et al.*, 2006). Cuando estos caen en superficies húmedas (incluida las pilas de madera aserrada), dichos nematodos pueden rehidratarse y alimentarse de hongos o bacterias. Los nematodos foliares (p. ej., *Aphelenchoides*) pueden dispersarse con las gotitas de agua a superficies cercanas (otra vegetación o madera) (Kohl *et al.*, 2010).

Otros organismos que se dispersan de manera pasiva tales como las bacterias y el polen podrían considerarse organismos contaminantes. Las bacterias fitopatógenas, por ejemplo *Erwinia amylovora* (Burr.) Winsl. *et al.* y *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi, Kosako, Yano, Hotta y Nishiuchi de las cuales hay informes que las denominan como contaminantes en cajones de frutas y madera (Ceroni *et al.*, 2004; di Bisceglie *et al.*, 2005).

6. CÓMO LA BIOLOGÍA DE LOS ORGANISMOS CONTAMINANTES AFECTA EL RIESGO FITOSANITARIO

El entendimiento de la biología de los organismos contaminantes, incluso cuáles estadios de vida pueden transportarse y sobrevivir la duración del viaje, se combina con factores adicionales (p. ej., las condiciones climáticas existentes en la ruta, la disponibilidad y el contacto con los posibles hospederos posterior al envío) para determinar su riesgo de plaga general. Estas consideraciones biológicas son factores importantes que se consideran en la etapa de evaluación del riesgo de plaga de un análisis de riesgo de plagas (ARP) (NIMF 2, NIMF 11 y NIMF 21).

6.1. Estadio de vida

Cada estadio de vida de los organismos contaminantes representa un riesgo inherente diferente, según los factores tales como: el tipo de producto, la vía de transporte y las condiciones posterior a la entrada. Por ejemplo, los estadios de vida que pueden soportar condiciones desfavorables podrán presentar un riesgo mayor que los estadios de vida con necesidades específicas. Las larvas del gorgojo khapra presentan resistencia extrema y soportan períodos largos en estado de diapausa bajo diversas condiciones en grietas y fisuras de los contenedores y medios de transporte (Ahmedani *et al.*, 2007; NAPPO 2019). Es posible que algunas masas de huevecillos resulten difíciles de detectar, lo cual facilita su dispersión cuando se adhieren al exterior de un objeto fabricado por los humanos (véase el ejemplo de la PGA, apartado 5.2.1).

6.2. Requisitos fisiológicos

Los requisitos fisiológicos de un organismo contaminante deberían considerarse cuando se realiza un análisis de riesgo de plagas. Por ejemplo, un período de descanso obligatorio (a saber, diapausa obligatoria) o la necesidad de un hospedero alterno para completar su ciclo de vida podrán afectar el riesgo de plaga general. La diapausa es un estado latente en el cual entran los organismos con frecuencia para sobrevivir las condiciones ambientales extremas. En algunos casos, la diapausa se ve activada por las condiciones ambientales (facultativa) y en otros es obligatoria y depende de los estadios de vida (Kostál, 2006). Si no se cumplen los requisitos de la diapausa en un estadio de vida particular en la vía, entonces se invalida el riesgo (p. ej., requisitos de temperatura en grados día para la eclosión de huevecillos). Si dichos requisitos fisiológicos no se cumplen, el riesgo general es más bajo.

6.3. Estrategias de reproducción

Las estrategias de reproducción de los organismos contaminantes son importantes cuando se evalúa su riesgo general. Por ejemplo, una hembra grávida (apareada) tiene un potencial mayor de establecimiento que una hembra no apareada o un solo insecto macho, molusco u organismo vertebrado. La fecundidad alta de la hembra aumenta más el riesgo de plagas. Otras estrategias de reproducción, por ejemplo, los organismos partenogenéticos (asexuales) tales como el pulgón de la tsuga, *Adelges tsugae* (Annand) (Havill *et al.*, 2006) y los organismos con estrategias haplodiploides que no necesitan una pareja sexual podrán facilitar el establecimiento de plagas (Kirkendall *et al.*, 2015).

6.4. Potencial de establecimiento

El potencial de establecimiento puede calcularse utilizando información acerca de un organismo contaminante determinado, tal como su ciclo de vida, la disponibilidad de hospederos adecuados, el ambiente adecuado, las estrategias de reproducción, los mecanismos naturales de dispersión y otros factores que afectan su supervivencia (Tobin y Liebhold, 2011). Estos factores pueden considerarse en la realización de un análisis de riesgo de plagas. La CIPF ofrece material de capacitación sobre análisis de riesgo de plagas, incluido el potencial de establecimiento, el cual se fundamenta en las NIMF 2, NIMF 11 y NIMF 21 (FAO, 2020 b).

7. MEDIDAS FITOSANITARIAS PARA DISMINUIR EL RIESGO DE ORGANISMOS CONTAMINANTES

Se mencionaron las medidas fitosanitarias específicas en los apartados anteriores. A continuación, se presentan ejemplos de los programas existentes y las mejores prácticas relacionadas que se han implementado para disminuir el riesgo de organismos contaminantes específicos. Las medidas fitosanitarias que se identifican más adelante no tienen la finalidad de ser una lista exhaustiva de los enfoques para manejar el riesgo de los organismos contaminantes. Además, la omisión accidental de una medida en esta lista no refleja la eficacia de esa medida en la disminución del riesgo de organismos contaminantes.

7.1 Medidas fitosanitarias que se aplican antes del envío

Las medidas fitosanitarias que se aplican antes del envío tienen la finalidad de mitigar el riesgo de plagas contaminantes específicas. Su aplicabilidad y eficacia podrán limitarse debido a la naturaleza del producto, el tiempo de la contaminación, los tipos de tratamientos y las prácticas de manejo que se aplican posterior al tratamiento (p. ej., salvaguardas, barreras físicas).

Los tratamientos de productos forestales pueden separarse en dos categorías principales: químicos o no químicos. Los fumigantes dominan la categoría de tratamientos químicos, siendo el bromuro de metilo el de mayor aplicación dentro de los contenedores y bajo lonas. En conformidad con el Protocolo de Montreal, muchos países se están alejando del bromuro de metilo debido a las preocupaciones ambientales (Velders *et al.*, 2007) y se están utilizando otros fumigantes y se están sometiendo a prueba fumigantes nuevos (véase el apartado 7.1.2). Además, los aerosoles, la inmersión, pulverización y la aspersion son opciones de tratamientos para los productos forestales en algunas circunstancias. Entre los tratamientos no químicos, el calor en varias formas es el que se utiliza con mayor frecuencia. El tratamiento con frío y la irradiación también se clasifican como tratamientos no químicos, pero su uso está limitado en mayor parte para los productos perecederos. Las medidas fitosanitarias para los medios de transporte pueden incluir la fumigación, aplicación de plaguicidas, inspección y el saneamiento/la limpieza.

Las medidas fitosanitarias que se aplican específicamente para eliminar a las plagas de la madera tal vez no tengan efectos duraderos que serían eficaces contra los organismos contaminantes, salvo que sean tratamientos químicos (p. ej., preservativos, antimanchas, fungicidas e insecticidas) que permanecen en el material o en la superficie en concentraciones suficientes para brindar protección residual. Sin embargo, algunos organismos podrán contaminar a los productos sin importar el nivel residual del químico. Por el contrario, la disminución de la humedad en la madera que se logra a través del tratamiento con calor (p. ej., secado en estufa) podrá tener un efecto duradero, convirtiendo a la madera en menos atractiva para algunos organismos contaminantes.

Debido a la eficacia provisional de algunas de estas medidas fitosanitarias, no hay garantía de que los productos sometidos a tratamiento no tengan organismos contaminantes. La probabilidad de contaminación aumentará con el transcurso del tiempo después del tratamiento. Las condiciones de almacenamiento también deberían tomarse en cuenta cuando se evalúe la probabilidad de contaminación.

7.1.1. Tratamiento con calor

Los tratamientos con calor (incluido el tratamiento convencional con calor seco, aire caliente forzado, vapor, vapor caliente e inmersión en agua caliente) son eficaces contra una gran variedad de organismos contaminantes (NAPPO, 2014). Los esquemas de tratamiento variarán según el organismo contaminante, la naturaleza del producto y otros factores. El calor dieléctrico, el cual incluye microondas y radiofrecuencia, se reconoce como un tratamiento alternativo para

el embalaje de madera sólida (NIMF 15). Los productos sensibles al calor, como los árboles de Navidad, no podrán resistir el tratamiento con calor (NAPPO, 2014).

7.1.2 Fumigación

La fumigación está disponible ampliamente y es generalmente fácil de aplicar a los envíos de productos y contenedores, pero la eficacia podrá ser un punto de preocupación según el tipo de producto forestal y la aplicación apropiada, entre otros factores. Además, la fumigación tal vez no se podrá aplicar debido a la absorción química, la toxicidad o las preocupaciones ambientales y de salud. Se han desarrollado procesos para mitigar algunas preocupaciones ambientales, por ejemplo, el bromuro de metilo se recaptura después de aplicar el tratamiento a los productos forestales. El fluoruro de sulfurilo y la fosfina también aparecen en la lista como fumigantes alternativos para algunas categorías de productos. La aplicación apropiada de la fumigación necesita un profesional con licencia y certificación.

7.1.3 Eliminación física de los organismos contaminantes

En algunos casos, los organismos contaminantes pueden eliminarse de los productos antes del envío. Por ejemplo, tal como lo recomienda la NRMF 37:

«pueden agitarse mecánicamente utilizando una unidad de agitación impulsada con motor o tractor. Este método se considera eficaz para disminuir la incidencia de algunas plagas en los árboles. Cada árbol sin atar debería agitarse con suficiente intensidad y duración para desalojar insectos y otros contaminantes, y hasta que cese la caída de la mayoría de las agujas muertas» (NRMF 37).

Este procedimiento ha demostrado ser eficaz en la eliminación de avispa chaquetas amarillas (*Vespula* spp.) (Hollingsworth *et al.*, 2009) y se ha implementado en los reglamentos de importaciones de árboles de Navidad a Hawái y otros países. Las señales de organismos contaminantes también podrán identificarse mediante la inspección y la eliminación posterior de los organismos (p. ej., nidos de hormigas o avispas).

En la producción de madera aserrada, los pasos en el procesamiento tal como el descortezado, el encuadrado de la madera en rollo y el cepillado de la madera aserrada pueden eliminar físicamente los organismos contaminantes, los cuales podrán estar presentes (NRMF 41).

7.1.4 Inspección antes del envío

La inspección también podrá realizarse como medida que se aplica inmediatamente antes del envío o en cualquier punto en la cadena de suministro del producto forestal. Un nivel de intensidad de muestreo puede establecerse a partir de la información que se encuentra en el Manual AQIM (USDA, 2021) u orientación equivalente de otros países o de la NIMF 31, la cual contiene detalles acerca de la inspección (véase el apartado 7.7 en el presente documento).

7.1.5 Aplicación de plaguicidas

Los plaguicidas de contacto se utilizan ampliamente en la madera en rollo y madera procesada, principalmente para la protección nacional en las instalaciones comerciales de procesamiento de madera. Las aplicaciones con aerosoles se utilizan para la protección de contenedores y medios de transporte. Las compañías grandes de tratamientos para madera cuentan con divisiones específicas que abordan la disuasión de las plagas y la mejora de la preservación de la madera mediante la aplicación de plaguicidas.

La aplicación de plaguicidas puede brindar protección adicional contra los organismos contaminantes. Los plaguicidas generalmente se aplican a la madera mediante aspersión, el enrollado, la inmersión o impregnación a presión/al vacío. Existen una serie de formulaciones de plaguicidas (Lebow, 2010). Los plaguicidas por lo general se aplican a la madera durante el procesamiento y antes del envío. Las aplicaciones de plaguicidas en medios de transporte o contenedores usualmente se realizan antes del envío (MAF, 2009). La mayoría de las aplicaciones de plaguicidas a bordo están relacionadas con el manejo de embarcaciones marítimas y tienen como objetivo los roedores, las cucarachas y plagas de productos de almacén (United States Navy, 2008).

La toxicidad de los plaguicidas puede ser una preocupación para la salud humana y ambiental, lo cual da lugar a la aplicación de las mejores prácticas de manipulación, para la seguridad de los trabajadores, con el fin de evitar los residuos. Así mismo, es necesario que los países con los cuales se mantiene relaciones comerciales estén de acuerdo en cuanto a los productos que se permiten y sus niveles de concentración. El esquema de los plaguicidas puede adaptarse para cumplir con el tiempo necesario de duración de la protección, en conformidad con las especificaciones indicadas en la etiqueta.

7.2 Cómo la temporada de envío afecta el riesgo fitosanitario de los organismos contaminantes

Los organismos contaminantes relacionados con los productos forestales podrán mostrar desarrollo estacional y permanecer en estado latente o estar presentes como estadios de vida inmaduros durante ciertas temporadas del año. Así mismo, algunos organismos contaminantes están relacionados solamente con productos o medios de transporte en ciertas temporadas del año. Durante estas temporadas, por ejemplo las estaciones frías o secas, tal vez sea posible exportar productos forestales con poco riesgo de transportar estadios de vida contaminantes capaces de establecerse en un ambiente nuevo. Sin embargo, cuando los productos forestales se envían desde climas fríos a cálidos, las plagas podrán activarse si se han cumplido sus requisitos del estado latente (p. ej., diapausa en algunos insectos). Por ejemplo, las masas de huevecillos de la PGA que se ovipositan en los contenedores marítimos, las embarcaciones marítimas u otros sustratos podrán completar el desarrollo en ruta y estar listos para eclosionar y dispersarse a su llegada (los modelos para el desarrollo de la PGA ilustran este ejemplo (Gray, 2016)). Las embarcaciones que visitan las áreas infestadas de la PGA están reglamentadas durante los períodos del año cuando la hembra puede volar (NRMF 33). Un ejemplo de EE. UU.

es la exportación de madera sometida a tratamiento de calor fuera del período de vuelo (octubre-abril) de los escarabajos aserradores, *Monochamus* spp. Este enfoque asegura que el nematodo del pino, *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner y Buhner) Nickle ni su vector, *Monochamus* spp. tengan la probabilidad de transportarse en la madera (Bragard *et al.*, 2018). Se deberían considerar cuidadosamente los ciclos de vida de la plaga, los períodos de envío y el tránsito a través de las zonas de temperaturas al evaluar el riesgo de plaga y determinar las medidas fitosanitarias necesarias.

7.3 Áreas libres de plagas o áreas de baja prevalencia de plagas y lugares de producción libres de plagas

Las áreas libres de plagas (ALP) son una estrategia valiosa de manejo del riesgo ya que una vez que la ONPF del país exportador las identifique, certifique e implemente plenamente y las verifique y documente de manera continua, ellas no necesitan medidas fitosanitarias adicionales siempre que se cumplan ciertos requisitos (NIMF 4; FAO, 2019). Las áreas libres de plagas se definen como «*un área en la cual una plaga específica está ausente, tal y como se ha demostrado con evidencia científica y en la cual, cuando sea apropiado, dicha condición se esté manteniendo oficialmente*» (NIMF 5). Un área de baja prevalencia de plagas se define como «*un área identificada por las autoridades competentes, que puede abarcar la totalidad de un país, parte de un país o la totalidad o partes de varios países, en la cual una plaga específica está presente a niveles bajos y está sujeta a medidas eficaces de vigilancia o control*» (NIMF 5).

Puede ser difícil establecer, certificar y mantener las áreas libres de plagas, y la certificación de la ausencia de plagas es específica para cada plaga. Las ALP no excluyen el transporte de los organismos contaminantes que no se hayan detectado o identificado. Las ALP requieren un proceso meticuloso y efectivo de certificación para asegurar que la población de la plaga está ausente en el área. Las ONPF del país importador y exportador también necesitan elaborar, dar a conocer y acordar claramente este proceso de certificación (NIMF 4). Se crearon los conceptos para las plagas reglamentadas que causan infestación y podrán ser apropiados, y por ende considerarse, para las plagas contaminantes.

7.4 Cómo las condiciones de almacenamiento afectan el riesgo fitosanitario

Cuando los esquemas no permitan el envío de un producto inmediatamente después de su procesamiento, se podrá considerar la protección de la contaminación durante el almacenamiento. Los productos podrán almacenarse en una serie de lugares y condiciones, con la aplicación de las mejores prácticas de manejo, según los riesgos relacionados con los organismos contaminantes que podrán estar presentes. Los productores, procesadores y expedidores deberían estar conscientes de las preocupaciones por los organismos contaminantes en el país importador y deberían considerar las opciones de manejo del riesgo correspondientes. Las opciones de almacenamiento podrán variar según el tipo de producto, las condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa), la temporada del año y los riesgos de los organismos contaminantes relacionados.

El almacenamiento apropiado incluye la aplicación de las mejores prácticas, las cuales sean eficaces en la disminución de la probabilidad de contaminación. La eficacia de estas prácticas depende del tipo de organismo, la naturaleza del producto así como de las condiciones ambientales predominantes. Los países importador y exportador deberían compartir información y las mejores prácticas sobre las condiciones de almacenamiento más eficaces y su implementación. Idealmente, los expedidores de productos y fletes y los fabricantes de equipo de transporte deberían participar en la elaboración de prácticas eficaces de almacenamiento que no establezcan barreras al comercio.

Deberían aplicarse las mejores prácticas de almacenamiento y manipulación para disminuir al mínimo el riesgo de contaminación de los productos forestales, tomando en cuenta los tipos de organismos contaminantes en una circunstancia determinada. Estas pueden incluir, entre otras:

Almacenamiento:

- almacenarlas en interiores, en la mayor medida posible
- cubrir con malla sombra o contra plagas cuando se almacena en exteriores
- almacenar lo más lejos posible de árboles y arbustos vivos
- evitar almacenar bajo iluminación fuerte, especialmente durante la noche
- evitar el contacto con el suelo, idealmente de una superficie elevada seca y/o una superficie sólida
- evitar almacenar en un sitio abierto cubierto de malezas o pasto
- evitar el contacto con el agua y otros líquidos.

Manipulación:

- inspeccionar los productos forestales para ver si hay contaminación, antes de moverlos a través de la cadena de suministro
- limpiar los productos forestales para eliminar cualquier contaminante (p. ej., aire comprimido, agua o aspirado)
- rotar el inventario de ser posible (el primero que llega, es el primero que sale)
- mantener limpio el equipo de carga y embalaje

Otras medidas fitosanitarias protectoras:

- almacenar la madera en rollo bajo agua o asperjar con agua como medida de protección
- utilizar feromonas de antiagregación para disuadir la contaminación causada por insectos secundarios (Hughes *et al.*, 2017; Borden *et al.*, 2001).

Otros:

- mantener los pisos, el lugar de contención, el envoltorio y los patios limpios (por ejemplo, el saneamiento podrá incluir la eliminación de la corteza en las áreas de procesamiento y almacenamiento de la madera)
- disminuir los períodos de almacenamiento

7.5 Aplicación de enfoques de sistemas para disminuir el riesgo de organismos contaminantes

La integración de varias de las medidas fitosanitarias que se discuten en el presente documento, en un enfoque de sistemas, podrá brindar una opción alternativa de manejo del riesgo y ser más eficaz en la disminución y el manejo de la presencia de organismos contaminantes en productos forestales que se movilizan en el comercio. Un enfoque de sistema se define como una «*opción de manejo del riesgo de plagas que integra diferentes medidas, de las cuales al menos dos actúan independientemente, con efecto acumulativo*» (NIMF 5). Los enfoques de sistemas para productos forestales, como se indica en la NRMF 41, incluyen las opciones de disminución del riesgo que se aplican en diferentes puntos críticos a lo largo de la vía de producción. Las medidas de disminución del riesgo podrán aplicarse durante la producción, el almacenamiento, el envío y posterior a este. Se podrán designar los enfoques de sistemas que tendrán como objetivo los organismos contaminantes de la misma forma que se utilizan para las plagas reglamentadas, utilizando información biológica y aplicando enfoques científicos sólidos para la disminución del riesgo.

Un ejemplo de un enfoque de sistemas que se utiliza para manejar una plaga contaminante es el programa canadiense de certificación de madera aserrada (Canadian Sawn Wood Certification Program) para detectar la chinche marrón marmolada. Este combina la inspección, la segregación de madera sin organismos, las condiciones específicas de almacenamiento, la supervisión, la rastreabilidad y el uso de un manual el cual especifique los componentes de todo el sistema (CFIA, 2019). Nueva Zelanda implementó un enfoque de sistemas para disminuir el riesgo de los organismos contaminantes que se movilizan con los contenedores marítimos en la región de las islas del Pacífico, en el cual se combina la limpieza, el almacenamiento en superficies duras, el control de plagas, la disminución del hábitat de plagas en las áreas de los puertos, la auditoría y certificación (MAF, 2009; Ashcroft *et al.*, 2008).

7.6 Opciones de disminución del riesgo fitosanitario posterior al envío

Los organismos contaminantes podrán verse relacionados con un producto o medio de transporte en diferentes puntos a lo largo de su vía de exportación-importación, desde el sitio de producción hasta el destino final. Las medidas que se aplican posterior al envío brindan la oportunidad de abordar los organismos contaminantes antes de que abandonen al producto o medio de transporte y posiblemente se establezcan en un ambiente nuevo. La disminución del riesgo posterior al envío podrá incluir cualquiera medida fitosanitaria que se aplica después de que el producto haya salido del país exportador (se indican en el apartado 7), tales como la inspección, la eliminación física de organismos, la aplicación de plaguicidas, la fumigación, el tratamiento con calor, etc. El almacenamiento, el uso restringido y/o la distribución limitada en el lugar de destino son otras alternativas que están disponibles para abordar a los organismos contaminantes que estén relacionados con el producto específico (por ejemplo, las astillas de madera que se han de utilizar para pulpa o biocombustible). El procesamiento posterior al envío, junto con los requisitos de almacenamiento cuidadosos, podrá considerarse una opción práctica de disminución del riesgo.

NRMF 33 – inspección previa a la entrada para la PGA

La NRMF 33 brinda las directrices sobre el manejo del riesgo para disminuir al mínimo la entrada y el establecimiento de la PGA hacia la región de la NAPPO. Las medidas fitosanitarias están relacionadas con la inspección y la posterior certificación de embarcaciones antes de llegar a un puerto de entrada. Este enfoque puede utilizarse con otros organismos o plagas contaminantes. De descubrirse cualquier señal de PGA u otras plagas, estas se retiran y eliminan. Las ONPF de la NAPPO cuentan con manuales que brindan orientación especial y protocolos para dar seguimiento cuando se recolectan muestras sospechosas de PGA (USDA, 2016).

Este enfoque presenta una interrupción simbólica al comercio para las embarcaciones que cumplen con los requisitos, a la vez que disminuye el riesgo de introducción de la PGA. Se necesita comunicación constante entre las ONPF del país importador y exportador para coordinar los procesos de inspección y certificación, así como la capacitación de los funcionarios de la ONPF y la tripulación de la embarcación.

7.7 Inspección

Los países exportador e importador utilizan la inspección con el fin de certificar la presencia/ausencia de la plaga, dar fe de la condición fitosanitaria de los productos forestales y las embarcaciones de transporte o verificar los procedimientos documentales. La inspección se define como el «*examen visual oficial de plantas, productos vegetales u otros artículos reglamentados para determinar si hay plagas o determinar el cumplimiento con las reglamentaciones fitosanitarias*» (NIMF 5). Las NIMF 23 y la NIMF 31 apoyan el uso de la inspección como medida fitosanitaria. Cada país puede estipular sus propios enfoques de inspección y el carácter exhaustivo de sus políticas. Los diferentes niveles de la frecuencia y el escrutinio de la inspección pueden presentar un desafío para las ONPF del país importador y exportador en cuanto a llegar a un acuerdo acerca de los protocolos aceptables. Además, la inspección precisa de la infraestructura apropiada. El país importador también debe determinar su enfoque/respuesta a los envíos infestados y debe elaborar los procedimientos adecuados para los cargamentos y/o medios de transporte que durante la inspección se hayan encontrado que no cumplen con los requisitos. Estas acciones podrán incluir multas o recargos, rechazos, aplicación de tratamiento, destrucción o confiscación/detención de envíos que no cumplan con los requisitos.

Hay consideraciones específicas para la creación de programas de inspección. La inspección necesita que el personal bien capacitado sea eficaz. Además, debido a que la inspección necesita mucho tiempo y recursos, generalmente solo se inspecciona un porcentaje pequeño de productos importados. Según el tamaño del envío, una inspección basada en el porcentaje puede

dar lugar a una inspección excesiva o inferior de un envío, mientras que con las inspecciones «fundamentadas en el riesgo», donde el tamaño del lote y el límite de confianza varían según el nivel de confianza e infestación, se pronostica de manera más precisa la tasa apropiada de inspección. Los desafíos que presenta la inspección aumentan debido a la naturaleza críptica de los organismos contaminantes. Tal vez no se detecten durante la inspección los organismos contaminantes que están escondidos en grietas y fisuras o que están bien camuflajeados (véase el ejemplo en el apartado 5.6 Refugio).

El éxito de la inspección puede mejorarse mediante la identificación de vías de mayor riesgo y/o envíos de menor riesgo. Al utilizarse un enfoque del muestreo fundamentado en el riesgo, para identificar las vías de alto riesgo, los inspectores pueden enfocar sus esfuerzos en la fuente más probable de organismos contaminantes. Los programas voluntarios, como la *Customs Trade Partnership Against Terrorism* (Sociedad aduanas comercio contra el terrorismo, CTPAT, por su sigla en inglés) en Estados Unidos, ayudan a identificar a los expedidores que están dispuestos a adherirse a directrices estrictas para disminuir el riesgo fitosanitario, de tal forma que los recursos de la inspección puedan dedicarse a las vías de mayor riesgo (US Customs and Border Protection, 2021).

La inspección de productos y medios de transporte podrá realizarse en cualquier momento a lo largo de la vía del producto. Los detalles de la inspección y el mantenimiento de registros son parte del manual de producción aprobado y certificado por la ONPF del país exportador.

En México, el personal oficial de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) supervisa la verificación de productos y subproductos forestales importados, las cuales se llevan a cabo en las instalaciones de los puertos, aeropuertos y las fronteras nacionales. Los procedimientos oficiales para la inspección fitosanitaria y para la toma de decisiones que son obligatorios se establecen en el *Manual de procedimientos para la importación y exportación de vida silvestre, productos y subproductos forestales, y materiales y residuos peligrosos, sujetos a regulación por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales* el cual se publicó en el Diario Oficial de la Federación en el 2004.

7.7.1 Consideraciones de la inspección

Los procesos de inspección deberían fundamentarse en conceptos estadísticos sólidos para asegurar que se alcanzan los niveles deseados de protección y que la información que viene de las inspecciones sea valiosa y precisa. Una aplicación de los programas de inspección es identificar y clasificar de una mejor forma las importaciones que no cumplen con los requisitos, lo cual se aplica al embalaje de madera como al cargamento. Los países han utilizado la inspección y la inspección fundamentada en un objetivo basadas en resultados cuantitativos para identificar productos de alto riesgo relacionados con organismos contaminantes y para identificar las entidades que están relacionadas frecuentemente con las detecciones problemáticas.

El muestreo para la detección de organismos contaminantes en materiales de madera podrá ser posible como un medio de dirigirse a artículos que se encuentran en la vía con mayores

probabilidades de infestarse, pero esto resulta desafiante debido a que la información acerca del cargamento que llegará podrá o no reflejar de manera útil el perfil de riesgo del material de madera relacionado con este. Los esquemas de muestreo con frecuencia se diseñan específicamente para cada sitio de inspección, con el fin de reflejar las características exclusivas de este lugar y su personal. Canadá utiliza un enfoque fundamentado en un objetivo para un producto o plaga y un enfoque de muestreo al azar para determinar los lotes de muestreo y las unidades de inspección.

El tamaño de una muestra para fines de inspección generalmente depende del objetivo del muestreo fundamentado en el riesgo. El objetivo del muestreo se ve influido por el riesgo relacionado con una plaga reglamentada especificada de un producto específico y de un origen particular (a saber, país, productor, exportador). El *Manual sobre muestreo fundamentado en el riesgo – parte I* de la NAPPO esboza la forma de diseñar, evaluar y manejar el muestreo fundamentado en el riesgo (NAPPO, 2021a). Europa, Australia y varios otros países importadores cuentan con programas individualizados de muestreo fundamentado en el riesgo que combinan elementos del muestreo al azar y dirigido. Los costos operativos y otras consideraciones con frecuencia determinan que el muestreo para una inspección fundamentada en un objetivo es el enfoque preferido.

7.7.2 Elaboración de un manual de inspección para los organismos contaminantes en productos forestales

La elaboración de un manual de inspección para los organismos contaminantes en productos forestales podrá brindar a los expertos la oportunidad de que ofrezcan orientación en cuanto a la inspección y que se centren en organismos contaminantes específicos, en circunstancias determinadas. El manual también asegura la aplicación constante de los procedimientos elegidos y puede satisfacer los requisitos del país importador. Los manuales también podrán elaborarse para la implementación de otras medidas fitosanitarias. De necesitarse este para abordar plagas contaminantes específicas, el manual podrá contener lo siguiente, según corresponda:

- mejores prácticas en inspección de envíos y evaluación del riesgo
- mantenimiento de registros
- sistemas de manejo fitosanitario para que concuerden con los requisitos de los países importadores.

Las ONPF podrán consultar con expertos en cuanto a la elaboración del manual de orientación para la inspección. El manual de AQIM ofrece un proceso de toma de decisiones con el cual se puede crear un manual. Este incluye cuadros de decisiones, en donde las plagas contaminantes se utilizan como una categoría reconocida. La información de la inspección posteriormente se incluye en la base de datos del sistema de Manejo del Riesgo Agrícola (Agricultural Risk Management, ARM, por su sigla en inglés). La NRMF 33 se elaboró para brindar orientación con la cual los países miembros de la NAPPO elaboran reglamentaciones y procedimientos con el fin de abordar el riesgo que representa la PGA en embarcaciones que entran a Norteamérica (USDA, 2016). Las reglamentaciones de la PGA para las embarcaciones marítimas que llegan a

Canadá provenientes de las áreas reglamentadas se indican en el documento de política de la CFIA – D95-03 (CFIA, 2021).

México cuenta con el Manual de Procedimientos para la Importación y Exportación de Vida Silvestre, Productos y Subproductos Forestales, y Materiales y Residuos Peligrosos, sujetos a Regulación por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2004), el cual es una guía de procedimientos generales para la verificación/inspección de los productos y subproductos forestales de importación y su documentación que aplica el personal oficial de la PROFEPA en los puntos de ingreso de estos tipos de productos. El proceso de toma de decisión para las plagas interceptadas y los requisitos específicos que deben verificarse/inspeccionarse, se establecen en los Dictámenes Técnicos de Determinación Taxonómica y las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), un ejemplo de ellas es la NOM-013-SEMARNAT-2020, que establece especificaciones y requisitos fitosanitarios para la importación de árboles de Navidad naturales de los géneros *Pinus* y *Abies* y la especie *Pseudotsuga menziesii*. La información de las inspecciones se incluye en la base de datos de la Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos de la SEMARNAT.

7.7.3 Capacitación

La capacitación y competencia de los inspectores y otro personal aumentan la probabilidad de que las vías y los productos inspeccionados no contengan organismos contaminantes. Una institución u organismo acreditado podrán brindar la capacitación para mantener la constancia y precisión de la inspección y abordar los requisitos de la instalación y de la ONPF del país exportador (organismo de acreditación). El material de capacitación puede ser útil para el entendimiento general de los organismos contaminantes, pero en cuanto se identifican las plagas contaminantes individuales tal vez se necesite elaborar materiales de capacitación más específicos. Las ONPF con frecuencia elaboran y utilizan internamente el material de capacitación.

7.7.4 Auditoría

Es algunos casos, los requisitos fitosanitarios se acuerdan formalmente de manera bilateral entre los países que mantienen relaciones comerciales. Las auditorías y supervisión de la inspección, la certificación y los aspectos del manejo fitosanitario de estos acuerdos, además de la certificación autorizada, son fundamentales para asegurar la integridad y mantener la transparencia. Las auditorías de las instalaciones autorizadas son importantes para identificar los casos de no conformidad, las acciones correctivas y la necesidad de realizar auditorías de seguimiento. Las ONPF podrán monitorear las acciones correctivas. La ONPF del país importador o del país exportador podrán solicitar las auditorías, y podrán realizarlas cualquiera de las ONPF de los países con los cuales mantiene relaciones comerciales o una tercera parte autorizada (NIMF 45).

7.8 Rastreabilidad

La NRMF 41 define la rastreabilidad como «*la documentación y verificación de la movilización de un producto desde el punto de control inicial hasta el producto final*» (NRMF 41). La rastreabilidad generalmente describe los conceptos de origen, seguimiento y rastreo. Esto se logra mediante el reconocimiento universal y el uso de certificados fitosanitarios o certificados de terceros (con la supervisión de la ONPF, conforme a la NIMF 45), como un instrumento que garantiza que los artículos reglamentados cumplan los requisitos fitosanitarios de importación específicos.

La gran mayoría de programas exitosos de rastreo y seguimiento se han limitado a la relación plaga/hospedante positivo, a saber, material de madera infestado. Los organismos contaminantes podrán carecer de especificidad de un hospedero y por ende, la rastreabilidad puede ser más difícil de lograr cuando sea necesaria. Por esta razón, los programas exitosos de rastreo y seguimiento deberían diseñarse de manera flexible de tal forma que se consideren los costos, la dificultad en la identificación del origen de un producto, el transporte y los aspectos logísticos de la distribución, así como otros factores. Podrá ser ventajoso ampliar el enfoque de los productos para incluir los medios de transporte y las vías, puesto que el enfoque tan solo en el producto no podrá ser útil en algunos casos. Los programas exitosos de rastreo para la PGA en barcos, los caracoles en contenedores militares y la chinche marrón marmolada en vehículos son tan solo algunos ejemplos. Un acuerdo bilateral entre la industria y las autoridades normativas es esencial en la elaboración y el aprovechamiento al máximo del potencial de los programas de rastreabilidad.

8. CONCLUSIONES

Una gran variedad de organismos contaminantes, incluidos los animales, las plantas, las bacterias y los hongos se movilizan con los productos y los medios de transporte en el comercio internacional. Estos organismos pueden categorizarse según la naturaleza de su relación con los productos o medios de transporte (organismos que causan infestación o contaminantes) y si se consideran plagas. A través de los años, los reglamentos fitosanitarios se han centrado en los organismos que causan infestación, específicamente las plagas: esos organismos que se han sometido a un ARP. Los organismos contaminantes, los organismos que se relacionan con los productos o los medios de transporte, pero que no los infestan, pueden ser más difíciles de pronosticar y manejar y tal vez se necesiten enfoques novedosos para prevenir su movimiento. Aunque hay algunos organismos contaminantes bien conocidos que se han sometido a un ARP y se han identificado como plagas contaminantes, las listas de plagas reglamentadas elaboradas por los países en su gran mayoría incluyen las plagas que causan infestación. Diversos organismos contaminantes tienen el potencial de considerarse una plaga contaminante, especialmente si encuentran su hospedero a su llegada al producto o medio de transporte en el lugar de destino.

Este documento identifica una serie de factores relacionados con el cómo y porqué los organismos contaminantes se relacionan con un producto o medio de transporte incluida la dispersión pasiva, la atracción a señales físicas tales como la luz/oscuridad, el nivel de humedad,

la temperatura, las señales olfativas, etc., y las consideraciones biológicas del organismo (estadio de vida y estrategia del historial de vida). Es importantísimo el entendimiento de estos factores en cuanto se relacionan con diferentes tipos de productos para el desarrollo de herramientas fundamentadas en la ciencia con el fin de identificar (mediante la vigilancia, inspección, ARP, etc.) y manejar el riesgo del movimiento de los organismos contaminantes con los productos forestales mediante la aplicación de medidas fitosanitarias antes y después de la producción. En cuanto aumenten nuestros conocimientos de los organismos contaminantes, las ONPF explorarán otras formas de manejarlos y de compartir información de manera conjunta y armonizada. Esto servirá para brindar información acerca de la elaboración de políticas eficaces y de orientaciones prácticas para los inspectores de sanidad vegetal con el fin de disminuir el riesgo de organismos contaminantes que se movilizan en el comercio y evitar la reglamentación innecesaria de organismos que no son plagas.

9. REFERENCIAS

- Ahmedani M.S., Khaliq, A., Tariq, M., Anwar, M. y Naz, S.** 2007. Khapra beetle (*Trogoderma granarium* (Everts): A serious threat to food security and safety. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*: 44(3): 481-93.
- Ainsworth, G.C.** 2008. *Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi*. CABI.
- Allen, E.A, y Humble, L.M.** 2002. Nonindigenous species introductions: a threat to Canada's forests and forest economy¹. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 24(2):103-10.
- Allison, J.D., Borden, J.H. y Seybold, S.J.** 2004. A review of the chemical ecology of the Cerambycidae (Coleoptera). *Chemoecology*, 14(3):123-150.
- Alya, A.B. y Hain, F.P.** 1985. Life histories of *Monochamus carolinensis* and *M. titillator* (Coleoptera: Cerambycidae) in the Piedmont of North Carolina. *Journal of Entomological Science*, 20(4): 390–397.
- Ashcroft, T.T., Nendick, D. y O'Connor, S.M.** 2008. Managing the risk of invasive exotic ants establishing in New Zealand. En: K.J. Froud, A.I. Popay y S.M. Zydenbos, eds. *Surveillance for biosecurity: pre-border to pest management*. pp 151–160. Hastings, Nueva Zelanda, The New Zealand Plant Protection Society.
- Australian Department of Agriculture.** 2019. *Final pest risk analysis for brown marmorated stink bug (Halyomorpha halys)*. Disponible en: <https://www.agriculture.gov.au/sites/default/files/documents/final-bmsb-pra-report.pdf> (accesado por última vez el 13 de marzo del 2021).
- Australian Department of Agriculture.** 2020. International symposium on limiting the global spread of contaminating pests (3-4 March 2020, Sydney, Australia): presentation by Sina Waghorn: Managing contaminating pests – the difficulties in regulating inanimate pathways.
- Ávalos, J.A., Martí-Campoy, A. y Soto, A.** 2014. Study of the flying ability of *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Dryophthoridae) adults using a computer-monitored flight mill. *Bulletin of Entomological Research*. 104(4): 462-470.
- Barr, B.** 1969. Sound production in Scolytidae (Coleoptera) with emphasis on the genus *Ips*. *The Canadian Entomologist*, 101(6), 636-672.

- Bell, W.J.** 1990. Searching behavior patterns in insects. *Annual review of entomology*, 35(1):447-67.
- Biologonline.com Editors.** 2021. «Organism» <https://www.biologonline.com/dictionary/organism>. (accesado por última vez el 24 de enero del 2022).
- Blahó, M., Egri, Á., Száz, D., Kriska, G., Åkesson, S. y Horváth, G.** 2013. Stripes disrupt odour attractiveness to biting horseflies: Battle between ammonia, CO₂, and colour pattern for dominance in the sensory systems of host-seeking tabanids. *Physiology & behavior*, 119(1): 68-74.
- Bobkova, M.V., Gál, J., Zhukov, V.V., Shepeleva, I.P. y Meyer-Rochow, V.B.** 2004. Variations in the retinal designs of pulmonate snails (Mollusca, Gastropoda): squaring phylogenetic background and ecophysiological needs (I). *Invertebrate Biology*, 123(2): 101-15.
- Borden, J.H.** 1989. Semiochemicals and bark beetle populations: exploitation of natural phenomena by pest management strategists. *Ecography*, 12(4): 501-510.
- Borden, J.H., Chong, L.J., Gries, R. y Pierce, H.D.** 2001. Potential for nonhost volatiles as repellents in integrated pest management of ambrosia beetles. *Integrated Pest Management Reviews*, 6(3): 221-36.
- Bragard, C., Dehnen-Schmutz, K., Di Serio, F., Gonthier, P., Jacques, M.A., Miret, J.A., Justesen, A.F., MacLeod, A., Magnusson, C.S., Navas-Cortes, J.A. y Parnell, S.** 2018. Pest categorisation of non-EU *Monochamus* spp. *European Food Safety Association Journal*, 16(11): 34.
- Bright, D.E.** 1976. The bark beetles of Canada and Alaska Coleoptera: Scolytidae. *Canada Department of Agriculture Publication*, 1576. 1–241
- Brockerhoff, E.G., Bulman, L.S., Liebhold, A.M. y Monge, J.J.** 2016. *Role of sea containers in unintentional movement of invasive contaminating pests (so-called “hitchhikers”), and opportunities for mitigation measures*. Report to IPPC Commission on Phytosanitary Measures. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, Italia.
- Brönmark, C. y Hansson, L.** 2012. *Chemical ecology in aquatic systems*. New York, NY, Oxford University Press. 312 pp.
- Buck, J.H. y Marshall, J.M.** 2009. Hitchhiking as a secondary dispersal pathway for adult emerald ash borer, *Agrilus planipennis*. *The Great Lakes Entomologist* 41:197–199.
- Bunkley, J.P., McClure, C.J.W., Kawahara, A.Y., Francis, C.D. y Barber, J.R.** 2017. Anthropogenic noise changes arthropod abundances. *Ecology and Evolution*, 7(9), 2977-2985.
- Campbell, S.A. y Borden, J.H.** 2006. Close-range, in-flight integration of olfactory and visual information by a host-seeking bark beetle. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 120(2): 91-98.
- Carroll, J.J. y Viglierchio, D.R.** 1981. On the transport of nematodes by the wind. *Journal of Nematology*, 13(4): 476.
- Caton, B.P., Dobbs, T.T. y Brodel, C.F.** 2006. Arrivals of hitchhiking insect pests on international cargo aircraft at Miami International Airport. *Biological Invasions*, 8(4): 765-785.

- Cerezke, H.F.** 1975. *White-spotted sawyer beetle in logs*. Information Report NOR-X-129. Environment Canada, Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre.
- Ceroni, P., Minardi, P., Babini, V., Traversa, F. y Mazzucchi, U.** 2004. Survival of *Erwinia amylovora* on pears and on fruit containers in cold storage and outdoors. *EPPO Bulletin*: 34(1): 109-15.
- CFIA (Canadian Food Inspection Agency).** 2021. D-95-03: Plant protection policy for marine vessels arriving in Canada from areas regulated for AGM (*Lymantria dispar*, *Lymantria albescens*, *Lymantria postalba*, *Lymantria umbrosa*). Available at: <https://inspection.canada.ca/plant-health/invasive-species/directives/invasive-alien-species-and-domestic-plant-health-p/d-95-03/eng/1321945111492/1321945247982> (accessado por última vez el 6 de octubre del 2021).
- CFIA (Canadian Food Inspection Agency).** 2019. D-17-04: *Canadian Sawn Wood Certification Program*. Disponible en: <https://www.inspection.gc.ca/plant-health/plant-pests-invasive-species/directives/date/d-17-04/eng/1546882362007/1546882362522> (accesado por última vez el 5 de febrero del 2021)
- Cherepanov, A.I.** 1990. *Cerambycidae of Northern Asia, Vol. 3 Lamiinae, Part 1.*, New York, EJ Brill. 300 pp.
- Chernorizov, A.M. y Sokolov, E.N.** 2010. Mechanisms of achromatic vision in invertebrates and vertebrates: a comparative study. *The Spanish Journal of Psychology*, 13(1): 18–29.
- CIPF.** 2014. Traceability in the phytosanitary context. Discussion paper submitted by North America. September. 2pp. 08_SPG-2014_Oct. (Agenda item 7.6). <https://www.ippc.int/en/publications/83717/>
- CLSAB.** (Canadian Lumber Standards Accreditation Board). 2019. *Operating Plan for the Agreement Between the Canadian Food Inspection Agency and Canadian Lumber Standards Accreditation Board*. 32 pp.
- COA, ICHCA, ICCL y WSC.** 2016. *Prevention of pest contamination of containers: Joint Industry Guidelines for Cleaning of Containers*. Issue 1, 8 pp. Disponible en: <http://www.worldshipping.org/industry-issues/safety/joint-industry-guidelines-for-cleaning-of-containers> (accesado por última vez el 10 de julio del 2020).
- Cofrancesco, A.F. Jr., Reaves, D.R. y Averett, D.E.** 2007. Transfer of Invasive species associated with the movement of military equipment and personnel. Final report prepared for the Department of Defense Legacy Resource Management Program. US Army Corps of Engineers-Engineer Research and Development Center. Washington, DC. 119pp.
- Colunga-García, M., Haack, R.A. y Adelaja, A.O.** 2009. Freight transportation and the potential for invasions of exotic insects in urban and periurban forests of the United States. *Journal of Economic Entomology*, 102(1): 237-246.
- Costello, R.A. y Symes, L.B.** 2014. Effects of anthropogenic noise on male signalling behaviour and female phonotaxis in *Oecanthus* tree crickets. *Animal Behaviour*. 95: 15-22.
- Craighead, F.C.** 1923. North American cerambycid larvae, a classification, and the biology of North American cerambycid larvae. Dominion of Canada Department of Agriculture Bulletin, 27. 239 pp.

- Crook, D.J., Hull-Sanders, H.M., Hibbard, E.L. y Mastro, V.C.** 2014. A comparison of electrophysiologically determined spectral responses in six subspecies of *Lymantria*. *Journal of economic entomology*. 107(2): 667-74.
- Di Bisceglie, D.P., Saccardi, A., Giosue, S., Traversa, F. y Mazzucchi, U.** 2005. Survival of *Ralstonia solanacearum* on wood, high density polyethylene and on jute fabric in cold storage. *Journal of Plant Pathology*: 87(4): 145–7.
- EPPO.** (European and Mediterranean Plant Protection Organization). 2015. *EPPO Study on wood commodities other than roundwood, sawnwood and manufactured items*. EPPO Technical Document No. 1071. Paris, EPPO. 38pp.
- Engeman, R. M., A. B. Shiels y C. S. Clark.** 2018. Objectives and integrated approaches for the control of brown tree snakes: an updated overview. *Journal of Environmental Management* 219: 115– 124.
- Evans, H.F.** 2007. ISPM 15 treatments and residual bark: how much bark matters in relation to founder populations of bark and wood boring beetles. En H. Evans y T. Oszako, eds. *Alien invasive species and international trade*. Forest Research Institute, Sêkocin Stary, Poland, pp. 149-155.
- Evans, H.F., McNamara, D.G., Braasch, H., Chadoeuf, J. y Magnusson, C.** 1996. Pest Risk Analysis (PRA) for the territories of the European Union (as PRA area) on *Bursaphelenchus xylophilus* and its vectors in the genus *Monochamus*. *EPPO Bulletin*, 26(2): 199–249.
- Evans, W.G.** 1964. Infra-red receptors in *Melanophila acuminata*. *Nature*, 202(4928): 211.
- FAO.** 2019. *Guide for establishing and maintaining pest free areas*. Roma. Secretaría de la CIPF, FAO. 107 pp. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ca5844en/CA5844EN.pdf> (accesado por última vez el 13 de marzo del 2021).
- FAO.** 2018. *Commission on Phytosanitary Measures, Fourteenth Session*. CPM 2019/37. Agenda item 8.10. Preparado por Australia, apoyado por Nueva Zelanda.
- FAO.** 2020a. *Cadenas de suministro y limpieza de los contenedores marítimos – Guía de la CIPF de buenas prácticas sobre las medidas para reducir al mínimo la contaminación por plagas*. Roma, Secretaría de la CIPF, FAO. 6 pp. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ca7963es/CA7963ES.pdf> (accesado por última vez el 13 de marzo del 2021).
- FAO.** 2020b. *Training Material on Pest Risk Analysis Based on IPPC International Standards for Phytosanitary Measures*. Roma, Secretaría de la CIPF, FAO. Disponible en: <https://www.ippc.int/en/core-activities/capacity-development/training-material-pest-risk-analysis-based-ippc-standards/> (accesado por última vez el 13 de marzo del 2021).
- Ferrero, F., Lohrer, C., Schmidt, B.M., Noll, M. y Malow, M.** 2009. A mathematical model to predict the heating-up of large-scale wood piles. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 22(4): 439-448.
- Fielding, M.J.** 1951. Observations on the length of dormancy in certain plant infecting nematodes. *Proceedings of the Helminthological Society* 18(2): 110-112.
- Forest Products Laboratory.** 1999. *Air drying of lumber*. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–117. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 62 pp.

- Freitag, J., Ludwig, G., Andreini, I., Rössler, P. y Breer, H.** 1998. Olfactory receptors in aquatic and terrestrial vertebrates. *Journal of Comparative Physiology*, 183(5): 635-650.
- French, R.C.** 1992. Volatile chemical germination stimulators of rust and other fungal spores. *Mycologia*, 84(3): 277-288.
- Froud, K.J., Pearson, H.G., McCarthy, B.J.T. y Thompson, G.** 2008. Contaminants of upholstered furniture from China and Malaysia. En: I.A. Popay, K.J. Froud, S.M. Zydenbos, eds. *Surveillance for Biosecurity: Pre-Border to Pest Management*, pp. 63–75. The New Zealand Plant Protection Society. 224 pp.
- Gadgil, P.D. y Bulman, L.S.** 2002. Quarantine risk associated with air cargo containers. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 32 (1): 28-47.
- Gammon, K.** 2015. Fighting pests with sound waves, not pesticides. Disponible en: <http://www.takepart.com/article/2015/11/04/sound-waves-could-replace-pesticides-fighting-pest-devastation-orange-groves> (accesado por última vez el 13 de marzo del 2021).
- Gara, R.I., Littke, W.R. y Rhoades, D.F.** 1993. Emission of ethanol and monoterpenes by fungal infected lodgepole pine trees. *Phytochemistry*, 34: 987-990.
- Gaur, H.S.** 1988. Dissemiation and mode of survival of nematodes in dust storms. *Indian Journal of Nematology*, 18(1): 94-98.
- Government of Canada.** 1990. *Plant Protection Act (SC 1990, c 22.)* 32 pp. Disponible en: <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/acts/P-14.8/> (accesado por última vez el 1 de febrero del 2021).
- Graham, K.** 1968. Anaerobic induction of primary chemical attractancy for ambrosia beetles. *Canadian Journal of Zoology*, 46: 905–908.
- Gray, D.R.** 2016. Risk reduction of an invasive insect by targeting surveillance efforts with the assistance of a phenology model and international maritime shipping routes and schedules. *Risk Analysis*, 36(5): 914–25.
- Grgurinovic, C.A., Walsh, D. y Macbeth, F.** 2006. Eucalyptus rust caused by *Puccinia psidii* and the threat it poses to Australia 1. *EPPO Bulletin*, 36(3): 486-489.
- Haack, R.A., Britton K.O., Brockerhoff, E.G., Cavey, J.F., Garrett, L.J., Kimberley, M., Lowenstein, F., Nuding, A., Olson, L.J., Turner, J. y Vasilaky, K.N.** 2014. Effectiveness of the International Phytosanitary Standard ISPM No. 15 on reducing wood borer infestation rates in wood packaging material entering the United States. *PLoS One*: doi: 10.1371/journal.pone.0096611.
- Haack, R.A. y Petrice, T.R.** 2009. Bark- and wood-borer colonization of logs and lumber after heat treatment to ISPM 15 specifications: the role of residual bark. *Journal of Economic Entomology* 102(3): 1075-1084.
- Hanley, M.E., Shannon, R.W.R., Lemoine, D.G., Sandey, B., Newland, P.L. y Poppy, G.M.** 2018. Riding on the wind: volatile compounds dictate selection of grassland seedlings by snails. *Annals of Botany*, 122(6): 1075-1083.
- Havill, N.P., Montgomery, M.E., Yu, G., Shiyake, S. y Caccone, A.** 2006. Mitochondrial DNA from hemlock woolly adelgid (Hemiptera: Adelgidae) suggests cryptic speciation and pinpoints the source of the introduction to eastern North America. *Annals of the Entomological Society of America*, 99(2): 195-203.

- Hayes, J.L., Johnson, P.L., Eglitis, A., Scott, D.W., Spiegel, L., Schmitt, C.L. y Smith, S.E.** 2007. Response of bark and woodboring beetles to host volatiles and wounding on western juniper. *Western Journal of Applied Forestry*, 23(4): 206–215.
- Hollingsworth, R.G., Chastagner, G.A., Reimer, N.J., Oishi, D.E., Landolt, P.J. y Paull, R.E.** 2009. Use of shaking treatments and preharvest sprays of pyrethroid insecticides to reduce risk of yellowjackets and other insects on Christmas trees imported into Hawaii. *Journal of economic entomology*, 102(1): 69-78.
- Horváth, G., Szörényi, T., Pereszélyi, Á., Gerics, B., Hegedüs, R., Barta, A. y Åkesson S.** 2017. Why do horseflies need polarization vision for host detection? Polarization helps tabanid flies to select sunlit dark host animals from the dark patches of the visual environment. *Royal Society Open Science*: doi: [10.1098/rsos.170735](https://doi.org/10.1098/rsos.170735).
- Hoy, R.R., Popper, A.N. y Fay, R.R.** 1998. *Comparative hearing: insects*. New York, NY: Springer. 341 pp.
- Hughes, M.A., Martini, X., Kuhns, E., Colee, J., Mafra-Neto, A., Stelinski, L.L., Smith, J.A.** 2017. Evaluation of repellents for the red-bay ambrosia beetle, *Xyleborus glabratus*, vector of the laurel wilt pathogen. *Journal of Applied Entomology*, 141(8): 653-64.
- ITF.** (International Transport Forum). 2017. *ITF transport outlook*. International Transport Forum, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. Paris. 180 pp. Disponible en: https://www.oecd-ilibrary.org/transport/itf-transport-outlook-2017_9789282108000-en (accesado por última vez el 12 de febrero del 2021).
- Kačík, F., Veřková, V., Šmíra, P., Nasswetrová, A., Kačíková, D. y Reinprecht, L.** 2012. Release of terpenes from fir wood during its long-term use and in thermal treatment. *Molecules*, 17(8): 9990-9999.
- Kandasamy, D., Gershenzon, J. y Hammerbacher, A.** 2016. Volatile organic compounds emitted by fungal associates of conifer bark beetles and their potential in bark beetle control. *Journal of Chemical Ecology*, 42(9): 952-969.
- Kimmerer, T.W. y T.T. Kozlowski.** 1982. Ethylene, ethane, acetaldehyde, and ethanol production by plants under stress. *Plant Physiology*. 69(4): 840-847.
- Kirkendall, L.R., Biedermann, P.H. y Jordal, B.H.** 2015. Evolution and diversity of bark and ambrosia beetles. En: F.E. Vega & R.W. Hofstetter, eds. *Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species*. pp. 85–156. San Diego, California, Academic Press. 615 pp.
- Kirkendall, L.R., Dal Cortivo, M. y Gatti, E.** 2008. First record of the ambrosia beetle, *Monarthrum mali* (Curculionidae, Scolytinae) in Europe. *Journal of Pest Science*, 81(3): 175–178.
- Kohl, L.M., Warfield, C.Y. y Benson, D.M.** 2010. Population dynamics and dispersal of *Aphelenchoides fragariae* in nursery-grown Lantana. *Journal of nematology*, 42(4): 332.
- Kostál, V.** 2006. Eco-physiological phases of insect diapause. *Journal of Insect Physiology*, 52(2): 113–127.
- Krishnankutty, S., Nadel, H., Taylor, A.M, Wiemann, M.C., Wu, Y., Lingafelter, S.W., Myers, S.W. y Ray, A.M.** 2020. Identification of tree genera in the construction of solid wood packaging materials that arrived at US ports infested with live wood-boring insects. *Journal of Economic Entomology*, 113: 1183–1194.

- Krishnankutty, S., Ray, A.M., Nadel, H., Myers, S., Molongoski, J., Wu, Y., Taylor, A.M. y Lingafelter, S.W.** 2017. *Identification of wood samples from non-compliant wood packaging material*. Poster presented at the 27th USDA Interagency Forum on Invasive Species, Annapolis, MD, 10 –13 de enero del 2020.
- Kriska, G., Malik, P., Szivák, I. y Horváth, G.** 2008. Glass buildings on riverbanks as “polarized light traps” for mass-swarmed polarotactic caddisfly larvae. *Naturwissenschaften*, 95(5): 461–7.
- Lana, V.M., Mafia, R.G., Ferreira, M.A., Sartório, R.C., Zauza, E.A., Munteer, A.H. y Alfenas, A.C.** 2012. Survival and dispersal of *Puccinia psidii* spores in eucalypt wood products. *Australasian Plant Pathology*, 41(3): 229–38
- Lebow, S.T.** 2010. Wood Handbook, Chapter 15: Wood Preservation. 28pp.
- Lehmann, G.U., Heller, K.G.** 1998. Bushcricket song structure and predation by the acoustically orienting parasitoid fly *Therobia leonidei* (Diptera: Tachinidae: Ormiini). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 43(4): 239–45.
- Lemay, Andrea V. y Meissner, Heike E.** 2008. *Likelihood of Hitchhiker Pests Being Moved into and within the Greater Caribbean Region*, 44th Annual Meeting, July 13-17, 2008, Miami, Florida, USA 256482, Caribbean Food Crops Society.
- Liebold, A.M., MacDonald, W.L., Bergdahl, D. y Mastro, V.C.** 1995. Invasion by exotic forest pests: a threat to forest ecosystems. *Forest Science Monographs*, 30: 1–58.
- Lindgren, B.S.** 1983. A multiple funnel trap for Scolytid beetles (Coleoptera). *The Canadian Entomologist*, 115(3): 299-302.
- Luther, D. y Gentry, K.** 2013. Sources of background noise and their influence on vertebrate acoustic communication. *Behaviour* 150(9-10): 1045-1068.
- MAF (Ministry of Agriculture and Forestry).** 2008. *Pest risk analysis for six moth species: lessons for the biosecurity system on managing hitchhiker organisms*. Biosecurity New Zealand. Wellington, Nueva Zelanda, New Zealand Ministry of Agriculture and Forestry. 419 pp.
- MAF (Ministry of Agriculture and Forestry).** 2009. *Cost benefit analysis: Application of sea container hygiene systems in Papua New Guinea Samoa and the Solomon Islands*. Wellington, Nueva Zelanda. New Zealand Ministry of Agriculture and Forestry.
- MAF (Ministry of Agriculture and Forestry).** 2021. *Import Health Standard: Vehicles, Machinery and Parts*. Wellington, New Zealand, New Zealand Ministry of Agriculture and Forestry. 34 pp.
- Mali, T., Mäki, M., Hellén, H., Heinonsalo, J., Bäck, J. y Lundell T.** 2019. Decomposition of spruce wood and release of volatile organic compounds depend on decay type, fungal interactions and enzyme production patterns. *FEMS Microbiology Ecology*, <https://doi.org/10.1093/femsec/fiz135>.
- Mankin, R.W.** 2012. Applications of acoustics in insect pest management. *CAB Reviews Perspectives in Agriculture Veterinary Science Nutrition and Natural Resources*, doi: 10.1079/PAVSNNR20127001.
- Mastro, V.C., Munson, A.S., Wang, B., Freyman, T. y Humble, L.M.** 2021. History of the Asian Lymantria species Program: A Unique Pathway Risk Mitigation Strategy. *Journal of Integrated Pest Management*, 12(1):1–10.

- Matsuura, M. y Sakagami, S.F.** 1973. A Bionomic Sketch of the Giant Hornet, *Vespa mandarinia*, a Serious Pest for Japanese Apiculture (With 12 Text-figures and 5 Tables). 北海道大學理學部紀要= "Journal of the Faculty of Science Hokkaido University Series VI. Zoology", 19(1): 125–62.
- McCullough, D.G., Work, T.T., Cavey, J.F., Liebhold, A.M. y Marshall, D.** 2006. Interceptions of nonindigenous plant pests at US ports of entry and border crossings over a 17-year period. *Biological Invasions*, 8: 611–630.
- Meissner, H., Lemay, A., Bertone, C., Schwartzburg, K., Ferguson, L. y Newton, L.** 2009. *Evaluation of pathways for exotic plant pest movement into and within the greater Caribbean region*. USDA, USA. 267 pp.
- Meurisse, N., Rassati, D., Hurley, B.P., Brockerhoff, E.G. y Haack, R.A.** 2019. Common pathways by which non-native forest insects move internationally and domestically. *Journal of Pest Science*, 92(1): 13-27.
- Moeck, H.A.** 1970. Ethanol as the primary attractant for the ambrosia beetle *Trypodendron lineatum* (Coleoptera: Scolytidae). *The Canadian Entomologist*, 102(8): 985-995.
- Morgan, C.V.G.** 1948. The biology of *Monochamus notatus morgani* (Coleoptera: Cerambycidae). *Journal of the Entomological Society of British Columbia*, 44: 28–30.
- Michener, C.D.** 2000. *The bees of the world*. Baltimore, MD, John Hopkins University Press. 783 pp.
- Miller, D.R. y Rabaglia, R.J.** 2009. Ethanol and (-)- α -Pinene: Attractant kairomones for bark and ambrosia beetles in the Southeastern US. *Journal of Chemical Ecology*, 35: 435–448.
- Montgomery, M.E. y Wargo, P.M.** 1983. Ethanol and other host-derived volatiles as attractants to beetles that bore into hardwoods. *Journal of Chemical Ecology*, 9: 181–190.
- Morrison, A., Sweeney, J., Hughes, C., y Johns, R.C.** 2017. Hitching a ride: firewood as a potential pathway for range expansion of an exotic beech leaf-mining weevil, *Orchestes fagi* (Coleoptera: Curculionidae). *The Canadian Entomologist*, 149(1):129–37.
- NAPPO** (Organización Norteamericana de Protección a las Plantas). 2014. *Documento de ciencia y tecnología de la NAPPO CT 05: Revisión del tratamiento térmico de la madera y del embalaje de madera*. 35 pp.
- NAPPO** (Organización Norteamericana de Protección a las Plantas). 2017. *Memoria del Simposio Internacional de Muestreo Fundamentado en el Riesgo*. Disponible en: Organización Norteamericana de Protección a las Plantas: https://nappo.org/application/files/8915/9350/0775/RBS_Symposium_Proceedings_-_10062018-s.pdf (accesada por última vez el 15 de marzo del 2021).
- NAPPO** (Organización Norteamericana de Protección a las Plantas). 2018. *Norma regional de la NAPPO sobre medidas fitosanitarias (NRMF) 41: Aplicación de enfoques de sistemas para manejar el riesgo de plagas relacionado con la movilización de productos forestales*. 54 pp. Disponible en: https://nappo.org/application/files/8515/9452/5746/RSPM_41-s.pdf (accesada por última vez el 14 de marzo del 2021).
- NAPPO** (Organización Norteamericana de Protección a las Plantas). 2019a. *DD10: Documento de discusión – Enfoque norteamericano para prevenir la entrada, el establecimiento y la dispersión del gorgojo khapra (Trogoderma granarium Everts, 1899 Coleoptera:*

- Dermestidae*) en la región de la NAPPO. 15 pp. Disponible en: https://nappo.org/application/files/7315/9363/4368/DD_10_Khapra_beetle_discussion_document-s.pdf (consultado por última vez el 15 de marzo del 2021).
- NAPPO** (Organización Norteamericana de Protección a las Plantas). 2019b. *Prevención de la dispersión de plagas invasoras: prácticas que se recomiendan para la cadena de suministro de contenedores*. Infograma de la NASCI (abril del 2019), 1 pp. Disponible en: https://www.nappo.org/application/files/2415/9340/6689/USDA_NASCI_infographic_Spanish.pdf (accesado por última vez el 21 de abril del 2021).
- NAPPO** (Organización Norteamericana de Protección a las Plantas). 2021. *Manual sobre muestreo fundamentado en el riesgo (MFR) – parte I, Manual creado por expertos internacionales sobre el qué, el por qué y el cómo del MFR*. 144 pp. Disponible en: <https://www.nappo.org/espanol/Herramientas-de-capacitaci%C3%B3n/Recursos-y-herramientas-de-aprendizaje-para-el-muestreo-fundamentado-en-el-riesgo/Manual-I-Parte> (accesado por última vez el 14 de marzo del 2021).
- NAPPO** (Organización Norteamericana de Protección a las Plantas). 2021b. *Períodos de riesgo especificados para la palomilla gitana asiática (PGA) en Japón, Rusia, República de Corea y China. Documento de Posición de la NAPPO P 07*. 10pp. Disponible en: https://www.nappo.org/application/files/9116/3908/2771/20211209_AGM_PD07_Approved-e.pdf (last accessed 9 January 2021).
- Naves, P., Inácio, M.L., Nóbrega, F., Sousa, E. y Michielsen, M.** 2019. Pinewood nematode presence and survival in commercial pallets of different ages. *European Journal of Wood and Wood Products*, 77: 301-309.
- New Zealand Ministry for Primary Industries.** 2020. *Hitchhiker Pests*. Disponible en: <https://www.mpi.govt.nz/import/border-clearance/ships-and-boats-border-clearance/arrival-process-steps/hitchhiker-pests/> (accesado por última vez el 14 de febrero del 2021).
- New Zealand Ministry for Primary Industries.** 2021. *Biosecurity Organisms Register for Imported Commodities*. Disponible en: <https://catalogue.data.govt.nz/dataset/biosecurity-organisms-register-for-imported-commodities> (accesado por última vez el 14 de febrero del 2021).
- NIMF** (2008-001). Proyecto de NIMF. *Reducción al mínimo de los movimientos de plagas mediante contenedores marítimos*. Roma, Secretaría de la CIPF, FAO.
- NIMF 2.** 2019. *Marco para el análisis de riesgo de plagas*. Roma, Secretaría de la CIPF, FAO.
- NIMF 4.** 2017. *Requisitos para el establecimiento de áreas libres de plagas*. Roma, Secretaría de la CIPF, FAO.
- NIMF 5.** *Glosario de términos fitosanitarios*. Roma, Secretaría de la CIPF, FAO.
- NIMF 11.** 2019. *Análisis de riesgo de plagas para plagas cuarentenarias*. Roma, Secretaría de la CIPF, FAO.
- NIMF 13.** 2016. *Directrices para la notificación del incumplimiento y acción de emergencia*. Roma, Secretaría de la CIPF, FAO.
- NIMF 15.** 2017. *Reglamentación del embalaje de madera utilizado en el comercio internacional*. Roma, Secretaría de la CIPF, FAO.

- NIMF 19.** 2021. *Directrices sobre las listas de plagas reglamentadas*. Roma, Secretaría de la CIPF, FAO.
- NIMF 21.** 2019. *Análisis de riesgo de plagas para plagas no cuarentenarias reglamentadas*. Roma, Secretaría de la CIPF, FAO.
- NIMF 23.** 2019. *Directrices para la inspección*. Roma, Secretaría de la CIPF, FAO.
- NIMF 31.** 2016. *Metodologías para muestreo de envíos*. Roma, Secretaría de la CIPF, FAO.
- NIMF 41.** 2017. *Movimiento internacional de vehículos, maquinaria y equipos usados*. Roma, Secretaría de la CIPF, FAO.
- NIMF 45.** 2021. *Requisitos para las organizaciones nacionales de protección fitosanitarias que autoricen a entidades para ejecutar acciones fitosanitarias* Roma, Secretaría de la CIPF, FAO.
- Nkem, J.N., Wall, D.H., Virginia, R.A., Barrett, J.E., Broos, E.J., Porzinska, D.L. y Adams, B.J.** 2006. Wind dispersal of soil invertebrates in the McMurdo Dry Valleys, Antarctica. *Polar Biology*, 29(4): 346–352.
- NOM-029-SEMARNAT-2003**, Especificaciones sanitarias del bambú, mimbre, bejuco, ratán, caña, junco y rafia, utilizados principalmente en la cestería y espartería. Publicada en el DOF el 24 de julio de 2003
- NOM-016-SEMARNAT-2013**, Que regula fitosanitariamente la importación de madera aserrada nueva. Publicada en el DOF el 4 de marzo de 2013.
- NOM-013-SEMARNAT-2020**. Especificaciones y requisitos fitosanitarios para la importación de árboles de navidad naturales de las especies de los géneros *Pinus* y *Abies* y la especie *Pseudotsuga menziesii*. Publicada en el DOF el 12 de noviembre de 2020.
- NRMF 33.** 2017. *Directrices para reglamentar la movilización de embarcaciones provenientes de áreas infestadas de la palomilla gitana asiática*. Carolina del Norte, NAPPO. 12 pp.
- NRMF 37.** 2012. *Medidas integradas para el comercio de árboles de Navidad*. Carolina del Norte, NAPPO. 9 pp.
- NRMF 41.** 2018. *Aplicación de enfoques de sistemas para manejar el riesgo de plagas relacionado con la movilización de productos forestales*. Carolina del Norte, NAPPO. 54 pp.
- OMI** (Organización Marítima Internacional). 2014. *Código de prácticas OMI/OIT/CEPE-Naciones Unidas sobre la arrumazón de las unidades de transporte (Código CTU)*. MSC. 1/Circ. 1497. Organización Marítima Internacional, 149 pp.
- Oliver, J.B. y Mannion, C.M.** 2001. Ambrosia beetle (Coleoptera: Scolytidae) species attacking chestnut and captured in ethanol-baited traps in Middle Tennessee. *Environmental Entomology*, 30(5): 909-918.
- Pennsylvania Department of Agriculture.** 2019. *Recommended Best Management Practices Preventing Spread of Spotted Lanternfly for the Trucking Industry*. Disponible en: https://www.agriculture.pa.gov/Plants_Land_Water/PlantIndustry/Entomology/spotted_lanternfly/quarantine/Pages/default.aspx (accesado por última vez el 14 de marzo del 2021).
- Paim, U. y Beckel, W.E.** 1960. A practical method for rearing *Monochamus scutellatus* (Say) and *M. notatus* (Drury) (Coleoptera: Cerambycidae). *The Canadian Entomologist*, 92(11): 875-878.

- Pawson, S.M., Watt, M.S. y Brockerhoff, E.G.** 2009. Using differential responses to light spectra as a monitoring and control tool for *Arhopalus ferus* (Coleoptera: Cerambycidae) and other wood borers and bark beetles. *Journal of Economic Entomology* 102: 79-85.
- Pershing, J.C., Linit, M.J.** 1986. Biology of *Monochamus carolinensis* (Coleoptera: Cerambycidae) on Scotch pine in Missouri. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 59 (4): 706-711.
- Pohleven, J., Burnard, M.D. y Kutnar, A.** 2019. Volatile organic compounds emitted from untreated and thermally modified wood—a review. *Wood and fiber science*, 51(3): 231–254.
- Pollack, G.** 2017. Insect bioacoustics. *Acoustics Today*. 13(2): 26-34.
- Reisenman, C.E., Figueiras, A.N., Giurfa, M. y Lazzari, C.R.** 2000. Interaction of visual and olfactory cues in the aggregation behaviour of the haematophagous bug *Triatoma infestans*. *Journal of Comparative Physiology*, 186(10): 961-8.
- Richmond, J.Q., Wood, D.A., Stanford, J.W. y Fisher, R.N.** 2015. Testing for multiple invasion routes and source populations for the invasive brown treesnake (*Boiga irregularis*) on Guam: implications for pest management. *Biological Invasions*, 17(1): 337–349.
- Robinson, D.G.** 1999. Alien invasions: the effects of the global economy on non-marine gastropod introductions into the United States. *Malacologia*, 41(2): 413–438.
- Roling, M.P. y Kearby, W.H.** 1975. Seasonal flight and vertical distribution of Scolytidae attracted to ethanol in an oak-hickory forest in Missouri. *The Canadian Entomologist*, 107(12): 1315–1320.
- Rose, E.H.** 1957. Some notes on the biology of *Monochamus scutellatus* (Say) (Coleoptera: Cerambycidae). *The Canadian Entomologist*, 89: 547–553.
- Rudinsky, J.A. y Michael, R.R.** 1973. Sound production in Scolytidae: Stridulation by female *Dendroctonus* beetles. *Journal of Insect Physiology*, 19(3): 689–705.
- Saint-Germain, M., Buddle, C.M. y Drapeau, P.** 2007. Primary attraction and random landing in host-selection by wood-feeding insects: a matter of scale? *Agricultural and Forest Entomology*, 9(3): 227-235.
- Sanders, C., Mellor, P.S. y Wilson, A.J.** 2010. Invasive arthropods. *Revue scientifique et technique*, 29(2): 273.
- Schaefer, P.W. y Wallner, W.E.** 1992. Asian gypsy moth (AGM) bioecology: comparisons with North American gypsy moth and other species of *Lymnatria*. P. 42-43. En: K.W. Gottschalk y M.J. Twery, (eds.). *Proceedings USDA Interagency Gypsy Moth Research Forum 1992*, USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. NE-170.
- Schmitz, H. y Bleckmann, H.** 1998. The photomechanic infrared receptor for the detection of forest fires in the beetle *Melanophila acuminata* (Coleoptera: Buprestidae). *Journal of Comparative Physiology A*, 182(5): 647-657.
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria de México.** 2021. *Pests Under Active Surveillance*. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/532531/Pests_under_Active_Surveillan ce.pdf (accesado por última vez el 15 de febrero del 2021).
- Shirai, Y. y Yano, E.** 1994. Hibernation and flight ability of the cabbage webworm, *Hellula undalis* in Japan. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 28(3): 161–167.

- Short, M.T., Chase, K.D., Feeley, T.E., Kees, A.M., Wittman, J.T. y Aukema, B.H.** 2020. Rail transport as a vector of emerald ash borer. *Agricultural and Forest Entomology*, 22(1): 92–7.
- Simpson, W.T. y Hart, C.A.** 2000. Estimates of air-drying times for several hardwoods and softwoods. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–121. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 70 pp.
- Spangler, H.G.** 1988. Hearing in tiger beetles (Cicindelidae). *Physiological entomology*, 13(4): 447–52.
- Stanaway, M.A., Zalucki, M.P., Gillespie, P.S., Rodriguez, C.M. y Maynard, G.V.** 2001. Pest risk assessment of insects in sea cargo containers. *Australian Journal of Entomology*, 40: 180–192.
- Statista.** 2021. Container Shipping - Statistics & Facts. Disponible en: <https://www.statista.com/topics/1367/container-shipping/> (accesado por última vez el 9 de enero del 2022).
- Steckel, V., Welling, J. y Ohlmeyer, M.** 2010. Emissions of volatile organic compounds from convection dried Norway spruce timber. En *COST Action E53 Conference on The Future of Quality Control for Wood & Wood Products*. Edinburgh, Scotland.
- Sussman, A.S. y Douthit Jr., H.A.** 1982. Environmental Aspects of the Germination of Spores. En: O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond & H. Ziegler, eds. *Physiological Plant Ecology II*, pp. 433–451. Berlin, Heidelberg, Springer.
- Takács, S., Bottomley, H., Andreller, I., Zaradnik, T., Schwarz, J., Bennett, R., Strong, W. y Gries, G.** 2009. Infrared radiation from hot cones on cool conifers attracts seed-feeding insects. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276(1657): 649–655.
- Tessmann, D.J. y Dianese, J.C.** 2002. Hentriacontane: a leaf hydrocarbon from *Syzygium jambos* with stimulatory effects on the germination of urediniospores of *Puccinia psidii*. *Fitopatologia Brasileira*, 27(5): 538–542.
- Tichy, H. y Kallina, W.** 2013. The evaporative function of cockroach hygrosensors. *PLoS One*, 8(1): e53998.
- Tobin, P.C., Berec, L. & Liebhold, A.M.** 2011. Exploiting Allee effects for managing biological invasions. *Ecology letters*, 14(6): 615–624.
- Torre-Bueno, J.R., Nichols, S.W., Tulloch, G. S. y Schuh, R.T.** 1989. *The Torre-Bueno glossary of entomology*. New York, N.Y., EE. UU. New York Entomological Society in cooperation with the American Museum of Natural History. 840 pp.
- Toy, S.J. y Newfield, M.J.** 2010. The accidental introduction of invasive animals as hitchhikers through inanimate pathways: a New Zealand perspective. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*, 29(1): 123–133.
- Treonis, A.M. y Wall, D.H.** 2005. Soil nematodes and desiccation survival in the extreme arid environment of the Antarctic Dry Valleys. *Integrative and Comparative Biology*, 45(5): 741–750.
- Turner, R.M., Plank, M.J., Brockerhoff, E.G., Pawson, S., Liebhold, A. y James, A.** 2020. Considering unseen arrivals in predictions of establishment risk based on border biosecurity interceptions. *Ecological Applications*, 30(8): e02194.

- US Customs and Border Protection.** 2021. CTPAT: *Customs Trade Partnership Against Terrorism*. Disponible en: <https://www.cbp.gov/border-security/ports-entry/cargo-security/ctpat> (accesado por última vez el 15 de febrero del 2021).
- United States Navy.** 2008. *Shipboard Pest Management Manual*. Entomology Center of Excellence. 91 pp.
- USDA.** 2011. *Privacy Impact Assessment for the Agriculture Activity System (AQAS)*. Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS). Version 1.0. 16 pp. Disponible en: https://www.usda.gov/sites/default/files/documents/APHIS_AQAS_PIA.pdf (accesado por última vez el 15 de marzo del 2021).
- USDA.** 2021. *Agricultural Quarantine Inspection Monitoring (AQIM) Handbook*. United States Department of Agriculture. Third edition. 178 pp. Disponible en: https://www.aphis.usda.gov/import_export/plants/manuals/ports/downloads/aqim_handbook.pdf (accesado por última vez el 14 de octubre del 2021).
- USDA.** 2016. Special Procedures for Ships Arriving from Areas with Asian Gypsy Moth (AGM). 7 pp. Available at: https://www.aphis.usda.gov/plant_health/plant_pest_info/gypsy_moth/downloads/revised-special-procedures-ships-arriving-areas-agm.pdf (accesado por última vez el 14 de octubre del 2021).
- USDA.** 2020a. *Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS) U.S. Regulated Plant Pest List*. Disponible en: <https://www.aphis.usda.gov/aphis/ourfocus/planthealth/import-information/rppl> (accesado por última vez 14 de febrero del 2021).
- USDA.** 2020b. *Assessment of the PPQ Japanese Beetle Air Cargo Program*. USDA Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS), Plant Epidemiology and Risk Analysis Laboratory (PERAL). 30pp.
- Van Grunsven, R.H., Donners, M., Boekee, K., Tichelaar, I., Van Geffen, K.G., Groenendijk, D., Berendse, F. y Veenendaal, E.M.** 2014. Spectral composition of light sources and insect phototaxis, with an evaluation of existing spectral response models. *Journal of Insect Conservation*, 18(2): 225–31.
- Velders, G.J., Andersen, S.O., Daniel, J.S., Fahey, D.W. y McFarland, M.** 2007. The importance of the Montreal Protocol in protecting climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(12): 4814–9.
- Wallin, K.F. y Raffa, K.F.** 2002. Density-mediated responses of bark beetles to host allelochemicals: a link between individual behaviour and population dynamics. *Ecological Entomology*, 27(4): 484–492.
- Wallner, W.E., Humble, L.M., Levin, R.E., Baranchikov, Y.N. y Cardé, R.T.** 1995. Response of adult Lymantriid moths to illumination devices in the Russian Far East. *Journal of Economic Entomology*, 88: 337–342.
- Wharton, D.A.** 1986. *A functional biology of nematodes*. Kent, UK, Croom Helm Ltd. 192 pp.
- Wigglesworth, V.B.** 1972. *The principles of insect physiology*. New York, NY, Chapman and Hall. pp. 293–294.
- Wu, Y., Trepanowski, N.F., Molongoski, J.J., Reagel, P.F., Lingafelter, S.W., Nadel, H., Myers, S.W. y Ray, A.M.** 2017. Identification of wood-boring beetles (Cerambycidae

and Buprestidae) intercepted in trade associated solid wood packaging material using DNA barcoding and morphology. *Scientific Reports*, doi: 10.1038/srep40316.

Wu, Z.L., Liang, X.D., Zhao, J.N., Lin, F.P. y Li, R.L. 2000. Secondary infection test of *Bursaphelenchus xylophilus*. *Journal of Zhejiang Forestry Science and Technology*, 20(2): 48–49.