

Folleto técnico

IDENTIFICACIÓN Y MANEJO DE MOSCAS SIERRA DE LA FAMILIA DIPRIONIDAE PRESENTES EN EL CENTRO NORTE DE MÉXICO



CONAFOR
COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

IDENTIFICACIÓN Y MANEJO DE MOSCAS SIERRA
DE LA FAMILIA DIPRIONIDAE PRESENTES
EN EL CENTRO NORTE DE MÉXICO

Autores

Ernesto González Gaona

Guillermo Sánchez Martínez

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias

Centro de Investigación Regional Norte Centro

Campo Experimental Pabellón

Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México

La información contenida en esta publicación puede ser reproducida, en parte o en su totalidad y por cualquier medio, con fines personales o públicos no comerciales, sin cargos ni permiso adicional, citando lo siguiente:

González G. E., G. Sánchez M. 2018. Identificación y manejo de moscas sierra de la familia Diprionidae presentes en el centro norte de México. Folleto Técnico. Producido con el apoyo del Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal (CONACYT-CONAFOR).

CONTENIDO

Introducción	5
Antecedentes de presencia o daños en México	8
Sitios recientes de detección en el centro norte de México	10
Características generales	22
Adultos	22
Larvas	26
Recolecta y proceso de muestras	31
Larvas	31
Pupas	34
Adultos	36
Identificación de larvas	38
Identificación de adultos	43

Ciclo de vida	54
Fenología de las especies de moscas sierra	59
Evaluación de daños	64
Preferencia de hospederos	70
Control químico	70
Control biológico	72
Hongos entomopatógenos	73
Bacterias	76
Virus	77
Depredadores	80
Parasitoides	80
Feromonas	98
Literatura consultada	106

INTRODUCCIÓN

Las moscas sierra de la familia Diprionidae son plagas de importancia forestal debido a que son defoliadoras de árboles de los géneros *Pinus* spp., *Juniperus* spp., *Abies* spp., *Picea* spp. y *Pseudotsuga menziesii*, en los bosques templados. Aunque existen reportes anecdóticos de ataques epidémicos de moscas sierra en Michoacán en 1930, 1943, 1960 y 1970, en este último año se registraron daños en 60,000 ha (Cisneros, 1970; Cibrián *et al.*, 1995), en Chihuahua en 1981 (Castro, 1981) y en Durango en 1984 (Quiñonez, 2006), no es hasta el periodo de 2004 a 2013 que este tipo de plagas cobra mayor importancia debido al número de reportes que la Gerencia de Sanidad de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) ha atendido, reportando daños en Chihuahua (Olivo, 2011), Durango (Álvarez-Zagoya y Díaz-Escobedo, 2007; Quiñonez, 2006), Jalisco (DGGFS, 2008), Guerrero y Oaxaca (F. Bonilla, CONAFOR, Jalisco; comunicación personal), involucrando los géneros *Zadiprion* y *Neodiprion*, así como un brote inusual de moscas sierra del género *Monoctenus* en *Juniperus flaccida* Schlechtendal en San Luis Potosí (Smith *et al.*, 2010). También se han presentado poblaciones endémicas de mosca sierra en Aguascalientes (Sánchez y González, 2006), Coahuila (González *et al.*, 2014), Michoacán (Coria y Muñoz, 2011) y San Luis Potosí (González *et al.*, 2014).

En nuestro país se desconocen muchos aspectos de la biología, estrategias de combate y aún de la correcta identificación de las especies de mosca sierra, a tal grado que al presentarse brotes epidémicos de moscas sierra se menciona que el ataque es ocasionado por una especie determinada y al corroborarlo se descubre

que es una especie diferente a la reportada, como el caso de *Monoctenus sanchezi* Smith atacando *J. flaccida* en San Luis Potosí (Smith *et al.*, 2010). También ha ocurrido que la época de incidencia es diferente a la reportada y al profundizar en los estudios se ha confirmado la presencia de nuevas especies, como el caso de *Zadiprion ojedae* Smith & Sánchez-Martínez en Chihuahua (Ojeda, 2011; Smith *et al.*, 2012).

A pesar de que las dependencias del sector han establecido estrategias de control biológico con aplicaciones aéreas de *Bacillus thuringiensis* Berliner y hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin y *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff, 1879) Sorokin, 1883, no se han logrado las reducciones deseadas (Heimpel, 1961; Braud 2001). En otros países cuando se emplean entomopatógenos, los éxitos se han logrado con la aplicación de virus de poliedrosis nuclear; sin embargo, estos son muy específicos hacia una especie de mosca sierra (Moreau *et al.*, 2005, Lucarotti *et al.*, 2007), por lo cual deben ser aislados de las poblaciones que se pretende controlar. En el caso de parasitoides, en condiciones de brotes epidémicos se observa gran cantidad de especies pero con niveles de parasitismo bajos, mientras que en condiciones endémicas los que regulan los incrementos son solo una o dos especies de parasitoides con altos niveles de parasitismo (Hertz y Heitland, 2003).

La CONAFOR emitió una convocatoria, con la finalidad de subsanar en primer instancia la problemática con moscas sierra en la Sierra El Tigre en el sur de Jalisco, en donde se afectaron alrededor de 5,000 ha por *Zadiprion falsus* Smith y generar conocimiento sobre el manejo biológico de este tipo de plagas.

El INIFAP atendió esta demanda y estableció un proyecto de control biológico ampliando el rango de acción, abarcando las moscas sierra presentes en el centro norte de México, incluyendo los sitios donde existían reportes a la Gerencia de Sanidad de la CONAFOR de daños por moscas sierra.

El objetivo de la presente publicación es proporcionar información actualizada a técnicos e investigadores del área forestal que les sea de utilidad en la identificación y manejo de las moscas sierra de la familia Diprionidae que se presentan en la zona centro norte de la República Mexicana. Esta información fue obtenida durante las actividades del proyecto CONAFOR 2010-CO2: 147913 y del proyecto INIFAP 2010-PRECI 1447383F, establecidos para estudiar las especies involucradas, los agentes de control natural que están incidiendo sobre la población y su evaluación a nivel campo.

ANTECEDENTES DE PRESENCIA O DAÑOS EN MÉXICO

En Michoacán, la presencia de moscas sierra se reporta desde 1930 cuando Hernández, citado por Cisneros (1970), menciona el ataque de *Neodiprion* sp., en 25,000 ha en la zona de Zacapu, mientras que en la zona de la Meseta Tarasca se consignó el daño por *Zadiprion falsus* Smith (=vallicola) (Figura 1) en alrededor de 15,000 ha (Cisneros, 1970), en esta región hubo daños considerables en los brotes epidémicos de los años 1930, 1943 y de 1966 a 1974 (Méndez y Cibrián, 1985). En el brote de la década de 1960 se observaron ataques en 7,000 ha y en el de 1974 se reportaron 60,000 ha afectando *Pinus devoniana* Lindley, *P. montezumae* Lamb. y *P. pseudostrobus* Lindl. var. *pseudostrobus* (Cibrián et al., 1995).

En Chihuahua se menciona una recolecta de *Zadiprion vallicola* Rohwer en la Mesa del Huracán realizada por Townsend en 1918 (Smith, 1988), así como el reporte de *Neodiprion fulviceps* (Creeson) atacando *Pinus ponderosa* var *arizonica* Engelm. en el municipio de Bocoyna (Castro, 1981); aunque se considera que la identificación no es correcta y que la especie involucrada fue *Neodiprion autumnalis* Smith (Sánchez et al., 2012). En 1986, se registra el ciclo de vida y hábitos de *Z. falsus* (=vallicola) afectando *P. arizonica* Engelm. en condiciones endémicas en los bosques de Chihuahua (Olivo, 1988).

En Durango, los primeros registros de afectaciones por moscas sierra del género *Neodiprion* fueron en 1984, en El Salto, Los Altares, El Huacal, Otinapa, Ciénega de Nuestra Señora y Ciénega de Vaca (Aguirre, 1984 citado por Quiñonez, 2006); para 1991, se le reporta también en La Quinta y Ejido Veracruz de la



Figura 1. Aspecto de la especie de *Zadiprion* causante de los daños en la Meseta Tarasca, Michoacán. Ejemplares de la Colección Nacional de Insectos del INIFAP. Celaya, Guanajuato, México. a) macho y b) hembra. Nótese que la hembra está identificada erróneamente como *Neodiprion vallicola*, actualmente se le considera como *Zadiprion falsus*. Fotos: M. A. Marín, INIFAP-CEBAJ.

Sierra atacando a *Pinus cooperi* var. *ornelasi* Martínez (Álvarez y Márquez, 1991), sin reportar el grado de afectación o la superficie afectada. Para el caso de *Zadiprion* se le ubica desde 1983 en los municipios de San Dimas y Pueblo Nuevo (Duraznitos, Ejido Los Negros, Picacho, Mesa Redonda y Puerto de los Ángeles) llegando a afectar cerca de 3,000 ha durante 1983-1986. La especie involucrada se señala como *Z. falsus* defoliando a *Pinus durangensis* Martínez, *P. maximinoi* H. E. Moore y *P. devoniana* (Álvarez, 1987; Cassian et al., 1987; Miranda et al., 1999).

SITIOS RECIENTES DE DETECCIÓN EN EL CENTRO NORTE DE MÉXICO

En este apartado se muestran los sitios donde se ha detectado la presencia de moscas sierra en forma endémica o se han registrado brotes epidémicos a la Gerencia de Sanidad de la CONAFOR en los últimos cinco años (Figura 2). En esos sitios se recolectaron ejemplares de larva, pupa o adultos según disponibilidad durante el periodo en que se desarrolló el proyecto CONAFOR 2010-CO2:147913. Las coordenadas de los sitios y características de los ataques se muestran por estado visitado o de donde se obtuvieron muestras por donación (caso del estado de Guerrero).

1) Aguascalientes. En la Sierra Fría, se detectó la presencia de *Neodiprion omosus* Smith en fase endémica desde 2004 en los predios denominados Presa de la Araña (22° 13'00'' N; 102° 38'05'' O y 2,648 msnm), El Cíbolo (22°13'11'' N; 102° 36'58'' O y 2,667 msnm), Ojo de Agua (22°13'04.15'' N; 102°38'10.10'' O y 2,652 msnm), Barranca Piletas (22° 12'04'' N; 102° 35'45'' O y 2,545 msnm) y Barranca de Juan Francisco (22°11'32'' N; 102° 35'43'' O y 2,488 msnm), en todos los casos las afectaciones fueron en uno o dos árboles o pinos de regeneración natural o ramas de árboles adultos de *Pinus teocote* Schied. ex Schltld. & Cham., *Pinus leiophylla* Schied. ex Schltld. & Cham. La mayor afectación se observó en una pequeña plantación de *P. devoniana* en El Gauro (22° 09'31.5'' N y 102° 35'51.3'' O y 2,581 msnm) (Figura 3), en este caso se determinó que el ataque pudo haberse iniciado desde 2002 por la presencia de los síntomas de ataque en años anteriores y la muerte de árboles individuales en 2005. En 2011, se le ubicó en el Centro de Educación Ambiental



Figura 2. Ubicación de sitios de recolecta de moscas sierra en la zona norte-centro de México. Proyecto CONAFOR 2010-CO2: 147913.



Figura 3. Sitios de recolecta en Aguascalientes. a) Alamitos y b) El Gauro. Fotos: Ernesto González Gaona, CEPAB.

Alamitos ($22^{\circ} 10' 23.4''$ N y $102^{\circ} 35' 15.2''$ O y 2,593 msnm) afectando dos árboles de *Pinus halepensis* Miller plantados en un bordo de retención de agua y de nuevo en la plantación citada de *P. devoniana*. Para finales de 2013 la mayoría de los árboles ya estaban muertos por sequía y por los ataques continuos de la plaga y se volvió a plantar pino pero ahora de una especie nativa y adaptada a las condiciones del lugar. Con la información obtenida en 2006 se consideró que la especie presenta una generación por año con la presencia de los adultos de junio a agosto (Sánchez y González, 2006), aunque es necesario revisar esta información ya que en 2011 y 2012 se detectaron adultos en diciembre y febrero.

En El Huapango ($22^{\circ} 11' 43''$ N; $102^{\circ} 38' 09''$ O y 2,708 msnm) durante 2012, se determinó la presencia de *Monoctenus* sp., atacando a *Juniperus deppeana* Steud. se le detectó en forma accidental. Para determinar



Figura 4. Sitios de recolecta en Chihuahua a) la Capilla y b) brecha a Tonachi. Fotos: Ernesto González Gaona, CEPAB.

la magnitud de la afectación se muestrearon alrededor de 200 plantas y solo se encontraron cinco larvas, por lo cual se considera que está en forma endémica. Esta detección representa un nuevo registro de la distribución de este género en nuestro país.

2) Chihuahua. Durante el periodo 2007 a 2009 se observó a *Neodiprion autumnalis* Smith afectando preferentemente *P. arizonica* en los municipios de Guerrero, Ocampo, Bocoyna y Guachochi, llegando a afectar una superficie aproximada de 34,500 ha (Olivo, 2011). Los sitios donde se estudió su biología fueron: Tobosachi (27° 05'32'' N, 107°15'29'' O; 2,394 msnm), La Capilla (27°05'23'' N; 107°14'41'' O) y Brecha a Tonachi (26° 51'03'' N; 107°08'34'' O) (Sánchez *et al.*, 2012) (Figura 4). En la zona de Guachochi, también se observó a *Zadiprion* spp., atacando principalmente *P. durangensis* en una superficie de 3,539 ha (Olivo,

2011). Los predios donde se determinó la biología de *Z. ojedae* fueron: Zaparichi (26°48'33'' N; 107°21'13'' O), Mesa de Cosympac (26°47'27'' N; 107°22'03'' O) y Mesa Pelona (26°49'03'' N; 107°20'42'' O) (Sánchez et al., 2012). En la Sierra La Magdalena (28° 10'41'' N y 108° 02'41'' O) se detectaron larvas oscuras de *Zadiprion* sp. (probablemente *Zadiprion townsendi* Cockerell) afectando dos árboles adultos de *Pinus ayacahuite* Ehrenb. ex Schltld., y larvas de *Zadiprion* sp. (28°13'14.6'' N; 108°04'11.0'' O y 2,371 msnm) afectando un árbol de renuevo de *P. arizonica*. En 2014 se detectó otro brote epidémico en la localidad de Talayotes, Moris, Chihuahua (28°13'52.2'' N; 108°45'03.5'' O y 1,822 msnm).

Durante 2008, se aplicó *Bacillus thuringiensis*, en 6,873 ha (3,539 contra *Zadiprion* spp. y 3,334 contra *N. autumnalis*), mientras que en 2009 se volvió a aplicar esta bacteria en 6,555 ha para combatir a *N. autumnalis* (Sánchez et al., 2012).

Durante 2010 y 2011 se estudió la biología de las dos especies que estaban causando los mayores daños en Guachochi y se definió que la especie de *Zadiprion* causante de los daños no era *Z. falsus* sino que se trataba de una nueva especie denominada como *Z. ojedae*. Los estudios biológicos mostraron que *N. autumnalis* presenta una sola generación y ataca preferentemente a *P. arizonica* y ocasionalmente a *Pinus herrerae* Martínez, hibernando como huevecillo dentro de las acículas, mientras que *Z. ojedae* tiene como hospedero principal a *P. durangensis*, también con una sola generación por año con la emergencia de los adultos de agosto a noviembre (Sánchez et al., 2012).

En diciembre de 2010 y febrero de 2011, se detectó una alta mortalidad de larvas de primer estadio por la presencia de bajas temperaturas (Sánchez et al., 2011) reduciendo considerablemente la población de *Z.*

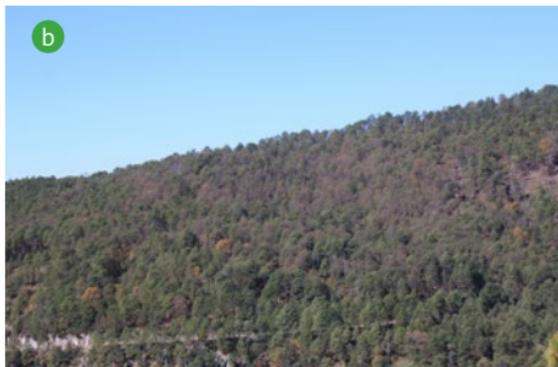


Figura 5. Sitios de recolecta en Durango. a) La Ermita, b) vista panorámica de El Pachón. Fotos: Ernesto González Gaona, CEPAB.

ojedae a tal grado que en noviembre de 2011 ya no se detectó la presencia de la plaga en el ejido Santa Anita, del municipio de Guachochi, en los sitios donde se determinó el ciclo biológico, esto después de una sequía muy prolongada cuando se observó la mitad de las acículas secas y la ausencia de larvas o acículas consumidas; sin embargo, no se conoce con precisión cuál es la causa del declinamiento de la población. Mientras que de *Neodiprion autumnalis* se detectaron todavía poblaciones en los sitios utilizados para los estudios biológicos en mayo de 2012, aunque solo en el sitio denominado como Brecha de Tonachi del predio de Tepozán de Cerro Grande se detectaron poblaciones altas donde se deberían aplicar medidas de combate.

3) Coahuila. Dentro de las instalaciones del hotel Monterreal (25° 14' 15.1'' N y 100° 25' 38.21'' O) se observaron ataques muy ligeros de *Zadiprion rohweri* Middleton atacando seis árboles adultos de *Pinus rudis*

Endl. en marzo de 2013 cerca de las instalaciones del campo de golf y en dos árboles pequeños ubicados alrededor de las instalaciones. Aunque los dueños sabían de la infestación no la consideraron de peligro por el tamaño de la población que se ubicó como endémica.

4) Durango. En El Pachón (23° 39'25.5'' N, 105° 44'22.6'' O y 2,575 msnm) del Ejido Los Bancos de Pueblo Nuevo se recolectaron larvas de *Zadiprion* sp., atacando *P. durangensis* tanto en árboles de renuevo como arbolado adulto reportado en forma epidémica en 100 ha, otras localidades con reporte de daños son: San Cayetano (23° 38'18.3'' N; 105°42'14.7'' O y 2,104 msnm) y La Fragüita del municipio de San Dimas (23° 38'17.3'' N; 105° 48' 14.5'' O y 2,287 msnm) (Sergio Quiñonez Barraza, 2006). Mientras que en La Ermita (23° 40'26.2'' N y 105° 43'22.4'' O y 2,715 msnm) se observaron larvas de *Neodiprion* sp., afectando renuevo de *Pinus cooperi* (C.E. Blanco) Farjon y *P. durangensis* a nivel endémico.

Los niveles poblacionales detectados en Los Bancos llegaron a 100 pupas por 25 cm², lo cual requirió la aplicación de medidas de combate como remoción de pupas del suelo, aplicación de quemas controladas apegadas a la NOM-015-RECNAT-1999 y la aplicación de hongos entomopatógenos mediante motobomba con una varilla de aspersion larga instalada en una camioneta (Quiñonez, 2006).

En septiembre de 2011 se visitaron algunos parajes de Los Bancos y se observó que la población ya había declinado notablemente en el predio denominado como Cruz de Piedra, no así en la localidad de El Pachón en donde se observó la presencia de larvas de *Zadiprion* sp. afectando un grupo de *P. durangensis* tanto en arbolado de renuevo como en arbolado adulto. En esta visita también se constató la presencia de larvas

afectadas por enfermedades virales. Para septiembre de 2012, la población disminuyó grandemente en el predio El Pachón.

En la zona de Durango los adultos de *Zadiprion* sp., se presentan en junio-agosto con los mayores daños en septiembre-octubre, aunque se considera una generación anual se han observado larvas aun en febrero, así como también se han observado diferencias entre las larvas, lo cual pudiera sugerir la presencia de varias especies involucradas en el ataque (Quiñonez, 2006).

5) Guerrero. En los ejidos El Mameyal, La Botella y San José de Petatlán del Municipio de Petatlán (17°38'23.74'' N; 101° 03'24.44'' O) se detectaron ataques por *N. omosus* sobre *P. maximinoi* y *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl., siendo atacado en aproximadamente 428 ha, considerando que el ataque se inició desde 2009 de acuerdo con los datos proporcionados por los productores (Bonilla CONAFOR, comunicación personal). De este sitio se obtuvieron pupas donadas por el Ing. Juan Carlos Gómez Núñez de la CONAFOR-Guerrero.

6) Jalisco. En el sur de Jalisco en la Sierra El Tigre, durante el periodo de 2006 a 2011, en diferentes predios del municipio de Gómez Farías se reportaron daños por *Z. falsus* atacando preferentemente arbolado adulto de *P. maximinoi* y *Pinus douglasiana* Martínez, conformando un brote epidémico en 5,000 ha. Lo anterior motivó la implementación de medidas de combate con agentes de control biológico, aplicados en forma aérea. Los predios con mayores afectaciones fueron: Las Varillas, Unión de Guadalupe, El Rodeo, Cerro Viejo, Catejuma y La Lobera, cada una con afectaciones superiores a



Figura 6. Aspecto del daño ocasionado por *Zadiprion falsus* en el brote epidémico de 2006-2011 en la Sierra El Tigre en el sur de Jalisco. a) aspecto del arbolado adulto afectado y b) aspecto aéreo del daño. Fotos: Francisco Bonilla Torres, Gerencia de Sanidad de la CONAFOR Jalisco.

las 100 ha (en la Figura 6, se muestra el área donde se aplicaron medidas de combate. Los predios donde se recolectó material biológico en la zona fueron: El Olotico ($19^{\circ}48'50.1''$ N; $103^{\circ}24'45.5''$ O y 2,218 msnm), La Cofradía ($19^{\circ}50'09.3''$ N; $103^{\circ}24'10.6''$ O y 2,027 msnm), El Ocote ($19^{\circ}51'22.7''$ N; $103^{\circ}25'53.4''$ O y 2,086 msnm), Las Minas ($19^{\circ}49'54.8''$ N; $103^{\circ}25'52.6''$ O y 2,190 msnm) y Cruz del Muchacho ($19^{\circ}52'47.8''$ N; $103^{\circ}25'14.5''$ O y 2,122 msnm) (Bonilla, CONAFOR, Jalisco; comunicación personal). A finales de 2011, la población de la plaga se encontraba en declinamiento, ya que solo se detectó la presencia en El Rodeo, La Cruz del Muchacho y El Ocote, esta

situación se mantuvo en 2012 y solo se detectó población de mosca sierra en La Cruz del Muchacho en alrededor de 30 árboles en bajas densidades y además la población se encontraba desfasada de lo ocurrido en años anteriores, razón por la cual se considera que la plaga en esta zona está cambiando a la fase endémica.

En diciembre de 2012 se reportó un ataque de moscas sierra en San Juan de los Potreros del municipio de Chimaltitlán (21°41'54.8'' N; 103° 35'24.9'' O y 2,259 msnm) se detectó una pequeña plantación de *Pinus devoniana* de 1.0 ha atacada por *Zadiprion* sp., la cual, actualmente aún no se tiene identificada a nivel especie, considerándose que la afectación se inició dos ciclos antes y los árboles afectados tenían una altura de 3 a 4 m.

En 2012 también se detectó la presencia de *Neodiprion* sp., la cual, actualmente aún no se tiene identificada a nivel especie, en dos árboles pequeños de una pequeña plantación de *Pinus radiata* D. Don., de menos de 1.5 m (19° 54'19.0'' N; 103° 24'05.3'' O y 2,009 msnm).

7) Michoacán. Se detectaron larvas de *Neodiprion* sp., afectando 14 árboles en una pequeña plantación de renuevo de *P. pseudostrobus* en forma endémica en el Predio La Cruz (19° 27'47.2'' N y 102° 12'02.3'' O y 2,605 msnm) de San Juan Nuevo Parangaricutiro. Otros puntos de detección con uno o dos árboles pequeños en la misma zona son: Patzingo (19°29'33.0'' N; 102°12'07.9'' O y 2,446 msnm), La alberca (19°27'37.4'' N; 102°11'46.3'' O y 2,568 msnm) y Condenbaro (19°28'57.2'' N; 102°12'24.0'' O y 2,520 msnm). La lanceta de la hembra difiere un poco de la de *N. omosus* por lo cual se mandó a corroborar la identidad taxonómica (Coria y Muñoz, 2011).

8) San Luis Potosí. En la Sierra de Álvarez en la localidad La Barranca, Armadillo de los Infante ($22^{\circ}11'34.1''$ N y $100^{\circ}36'18.3''$ O y 1,701 msnm) (Figura 7) se observó un ataque epidémico de *M. sanchezi* sobre *J. flaccida*. En 2007, se reportaron ataques por moscas sierra sobre *Juniperus* sp. en una área de 20 ha, para octubre de 2008 la infestación fue de una extensión de 200 ha (Smith *et al.*, 2010), llegando a 500 ha en 2009 (DGGFS, 2009). Para detener la infestación se realizaron aplicaciones de agentes de control biológico principalmente entomopatógenos en forma terrestre el primer año y aérea en la segunda, aunque se suspendieron en 2010 y 2011 se volvieron a aplicar



Figura 7. Sitios en San Luis Potosí, a) aspecto de *J. flaccida* dañado por *Monoctenus sanchezi* en La Barranca, b) recolecta de pupas de *Neodiprion bicolor* en Picacho de los Dolores. Fotos: Ernesto González Gaona, CEPAB.

en 2012 en una superficie de 355 ha asperjándose *Beauveria basiana* por medio de helicóptero. La especie causante de los daños fue *Monoctenus sanchezi*, una especie diferenciada de *M. sadadus* por las manchas oscuras en la cara y bajo los ocelos (Smith *et al.*, 2010). Se considera que el brote todavía se encuentra activo ya que existe una gran cantidad de árboles con presencia de larvas aunque en menor densidad y la defoliación ya no es tan notoria.

En enero de 2012 en el Picacho de los Dolores, Armadillo de los Infante (22° 10'28.9'' N y 100° 35'52.7'' O y 1,983 msnm) se recolectaron larvas de *Neodiprion*, afectando 15 arbolitos de menos de 1.5 m de altura dentro de una plantación de 1.0 ha de *Pinus greggii* Engelm. Al momento del monitoreo ya existían pocas larvas alimentándose y la mayoría de la población se encontraba en estado de pupa. Con los adultos que emergieron se determinó que la especie que ocasionó los daños fue *Neodiprion bicolor* Smith.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Adultos

Las moscas sierra (Figura 8) son Hymenópteros del suborden Symphyta, y se caracterizan porque no tienen la constricción en la base del abdomen, debido a que el primer tergito abdominal está fusionado al postnotum del metatórax, por lo tanto se asemejan más a una mosca que a una avispa (Goulet, 1992). Presentan un ovipositor en forma de sierra que es utilizado para cortar el tejido de las plantas e insertar sus huevecillos. La mayoría son de hábitos fitófagos a excepción de los Orussidae que son depredadores o parasitoides de insectos barrenadores especialmente Coleópteros (Smith, 1993).

El cuerpo está dividido en cabeza, tórax y abdomen. La cabeza presenta un par de ojos compuestos y tres ocelos. Tienen un par de antenas con un escapo o segmento basal unido a la cabeza, al segundo segmento se le llama pedicelo y al resto se le denomina como flagelo, que está dividido en pequeñas porciones llamadas flagelómeros. Por lo general la diferencia más notoria entre machos y hembras es la estructura de la antena que en las hembras son serradas mientras que en los machos son pectinadas o bipectinadas.

El tórax está conformado por tres secciones el protórax, mesotórax y metatórax de acuerdo con la posición. Estos a su vez se dividen en tres regiones, la dorsal (notum) lateral (pleural) y ventral (sterno).

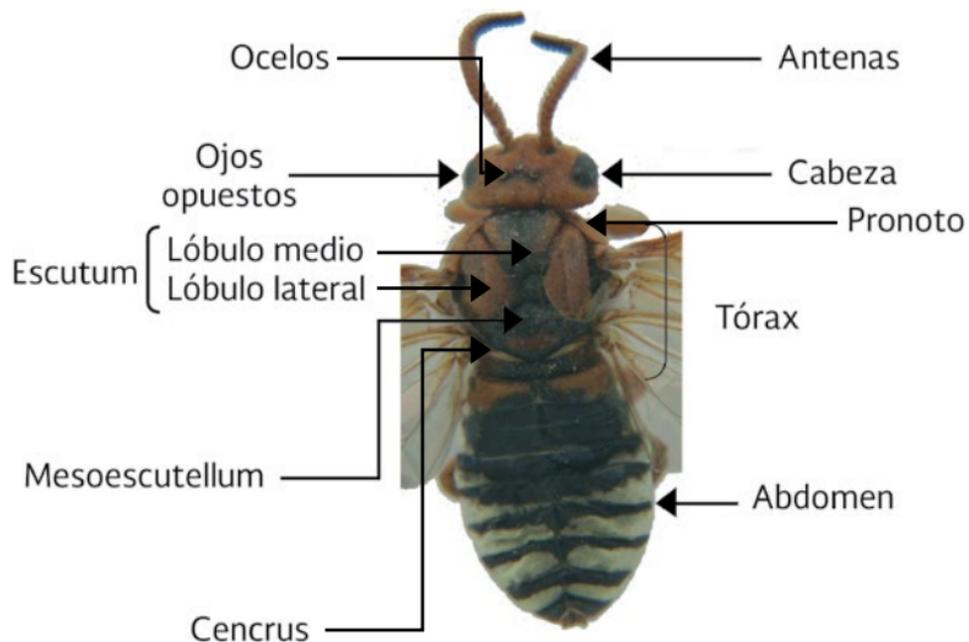


Figura 8. Aspecto dorsal de una hembra de *Zadiprion falsus*.

El notum está dividido en pronotum y mesonotum que se encuentra subdividido en escutum anterior y un escutelum posterior, el primero a su vez presenta un par de lobulos medios y laterales. El metanoto no está dividido pero presenta un par de “cencrus” membranosos parecidos a escamas que están involucrados en el pliegue de las alas. En forma lateral el pleuron se divide en Mesopleuron y Metapleuron. El primero ubicado en la porción media del cuerpo y se puede subdividir en mesepisternum que es la porción inferior y mesepimeron que es la porción cercana a las alas, este último se puede dividir en anepimeron y katepimeron (Figura 9). Las alas se desarrollan entre el área dorsal del pleuron y el margen lateral del noto en el meso y metatórax.

Las venas y celdas de las alas en las moscas sierra están bien desarrolladas y se nombran de acuerdo con la nomenclatura citada por Daly *et al.*, 1978 (Figura 10). En cada segmento torácico se ubican un par de patas que constan de coxa que es la porción unida al cuerpo, trocánter, fémur, tibia y tarsos que son llamados tarsómeros. En estos últimos, en forma apical se encuentra una especie de estructura acolchonada llamada “pulvillia” en los tarsómeros 1- 4 (Goulet, 1992).

El abdomen consiste de 10 segmentos visibles, cada uno formado por un tergito dorsal y esternito ventral. En los machos los tergitos 9 y 10 están ocultos mientras que en las hembras están fusionados. El esternito 8 está reducido a dos escleritos laterales y el 9 es largo y el 10 presenta un par de cercos de un segmento. En las hembras en los segmentos 8 y 9 presentan apéndices que conforman el ovipositor que está compuesto de valvas o tapas. Las valvas 1, 2 y 3 se observan externamente y se les denomina como funda del ovipositor (Goulet, 1992).

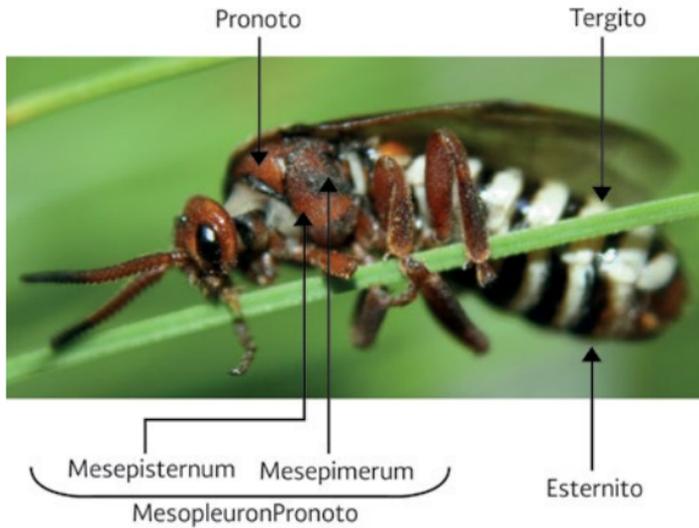


Figura 9. Aspecto lateral de una hembra de *Zadiprion falsus*.

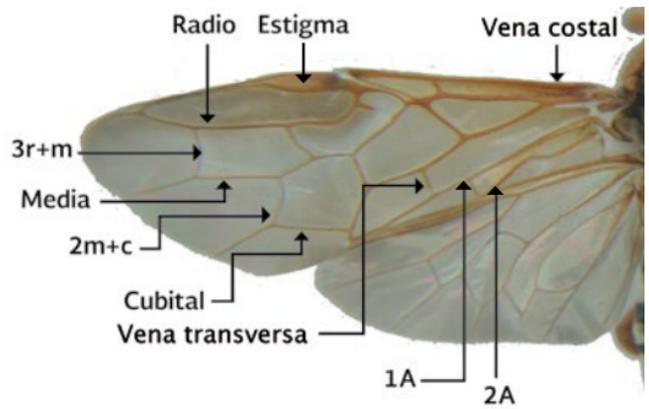


Figura 10. Alas de *Zadiprion falsus*, mostrando la nomenclatura de las principales venas longitudinales y algunos nombres de las venas transversas que las unen.

Larvas

Las larvas son parecidas a las de los lepidópteros, cilíndricas eruciformes ligeramente aplanadas ventralmente. El cuerpo está dividido en cabeza, tres segmentos torácicos distinguibles por la presencia de patas y el abdomen con diez segmentos visibles, algunos con pseudópodos, que están divididos por depresiones transversales en anulaciones (Figura 11).

La cabeza es subglobosa, ligeramente circular en contorno frontal, fuertemente quitinizada y con presencia de setas (Figura 12 a). La boca es dirigida en forma ventral, el color en esta área es constante y de característica específica. Presenta marcas cafés en el vértex, en la frente y alrededor de cada ocelo. Cuando la cabeza es oscura el clípeo es ligeramente más claro. Poseen un par de ocelos en cada lado de la cabeza, usualmente claros semiglobosos y se encuentran cerca del centro de los “oculorios” que son manchas circulares y distintivamente negras.

Las antenas se ubican en la porción ventral-lateral de la cabeza, las antenarias son usualmente subcirculares o subcuadradas, la antacoria es extensiva, distintivamente convexa y de color blanquecino, las antenas son cortas y varían de uno a cinco segmentos, fuertemente quitinizados más o menos parecidos a anillos sucesivamente más pequeños en diámetro y el segmento distal es cónico u ocasionalmente erecto y parecido a un “peg” (Figura 12 b), los segmentos pueden no completar el anillo y en ocasiones un lado puede estar reducido a una línea (Yuasa, 1922).

Mosca sierra



Gusano soldado



Figura 11. Aspecto de una larva de mosca sierra (Hymenoptera) y de una palomilla (Lepidóptera).

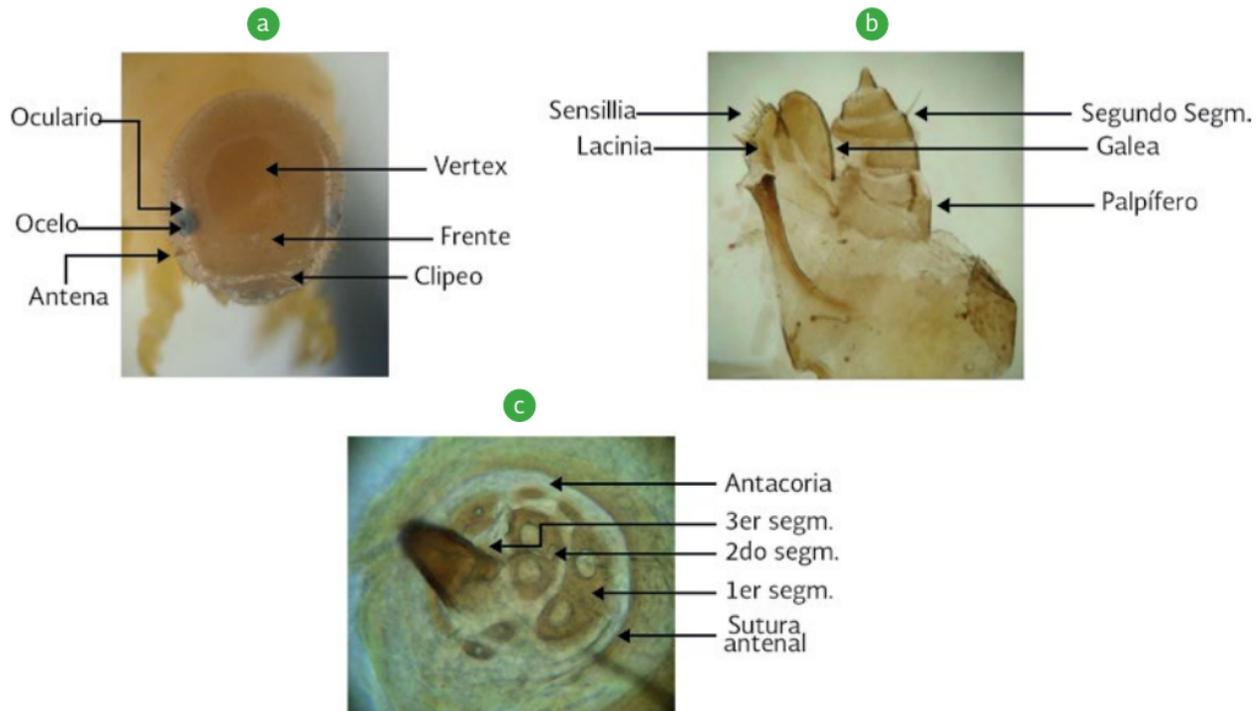


Figura 12. Aspectos de la cabeza (a), antenas (b) y palpos maxilares (c) larvas de mosca sierra.

Los palpos labiales son de tres segmentos con una seta distintiva en el segundo segmento. Los palpos maxilares son de cuatro segmentos con una seta en el segundo segmento y en ocasiones en el palpífero (Figura 12 c); epifaringe con un esclerito irregular en forma de pedestal y una línea de sensilias submarginales de diferentes tamaños; mandíbulas asimétricas pues la parte derecha tiene cuatro dientes mientras que la mandíbula izquierda tiene cinco.

El cuerpo presenta tres segmentos torácicos caracterizados por la presencia de patas de cinco segmentos más o menos quitinizados que presentan subdivisiones correspondientes a coxa, trocánter, fémur, tibia y un segmento distal en forma de uña (fusión de segmentos tarsales y las uñas). Las patas del protórax son las más pequeñas, después las del mesotórax y las metatorácicas son las más grandes. Presentan cuatro anulaciones y en ellas tienen setas microscópicas y “glandubas con tallo” en las anulaciones A, B, y C, así como en el área posterior al espiráculo y en el preepipleurito y postepipleurito.

En los segmentos abdominales 2-8 y 10 presentan propatas sin “crochets” lo cual los diferencia de las larvas de lepidópteros (las larvas de palomillas tienen “crochets” y más de un ocelo). Con propósitos de descripción se emplea el tercer segmento abdominal que es el de menores modificaciones y el más típico (Figura 13). Presenta seis anulaciones y setas microscópicas y glanduba en las mismas áreas señaladas para los segmentos torácicos. Los espiráculos pueden ser alados o no.

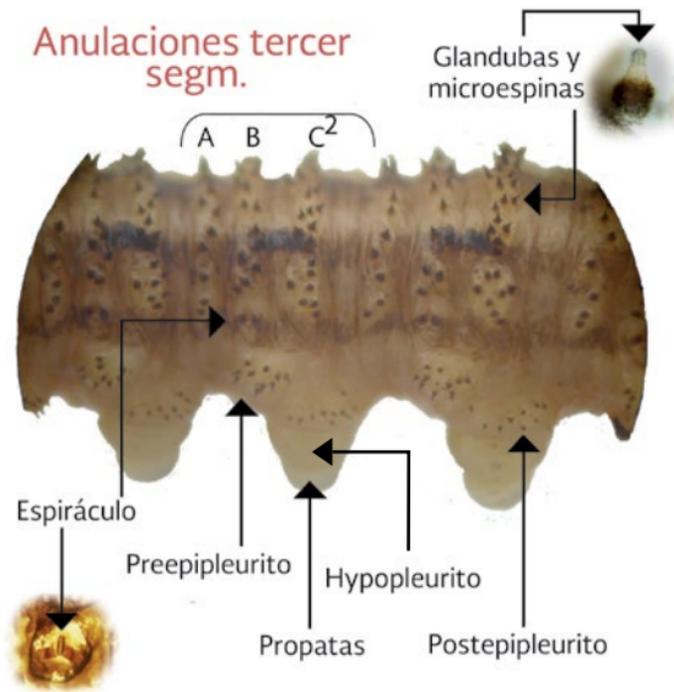


Figura 13. Vista lateral del tercer segmento abdominal de *Zadiprion ojeda*, con acercamiento del espiráculo y de las glandubas con microespinas.

RECOLECTA Y PROCESO DE MUESTRAS

Larvas

La identificación de las especies se basa preponderantemente en las características de las estructuras reproductivas de los adultos; sin embargo, estos solo se observan cuando el daño se está iniciando y se detecte a los adultos ovipositando. En el campo, lo que se observa comúnmente es el estado larvario y si se tiene experiencia, se puede discernir por hábitos y coloración del cuerpo si se trata de *Zadiprion*, *Neodiprion* o *Monoctenus*, pero no si se trata de una especie u otra.

El primer paso para procesar una muestra es recopilar la información general del sitio de recolecta, lo cual implica involucrar al dueño del predio para solicitarle, el nombre del predio, ruta para llegar a él, así como la fecha en que se percató del ataque de la plaga. Posteriormente se deben registrar las coordenadas geográficas del sitio, las preferencias de hospederos, número de árboles afectados, tamaño de los árboles, la dimensión de los daños y hacer un registro fotográficos de los daños.

Para obtener las muestras biológicas se cortan las ramas con larvas de los últimos estadios que se ponen en hieleras para su transporte (Figura 14). Si las larvas son pequeñas, es necesario cortar ramas extras que sirvan de alimento. Durante el transporte es necesario mantener las muestras frescas o frías a temperatura

aproximada de 10°C y cuidar que no se expongan al sol, para evitar altas temperaturas dentro de los contenedores o poner bolsas con hielo para mitigar el efecto.

Es importante tomar una muestra de 10 a 20 ejemplares de los últimos estadios y matarlos en agua caliente, posteriormente se depositan en una solución de alcohol al 70% con la finalidad de preservarlos con la coloración lo más natural posible ya que si se depositan directamente al alcohol, las larvas se tornan oscuras. Posteriormente se hace un registro fotográfico de las larvas observadas con un microscopio de disección, se toman a través del ocular con una cámara digital y se corrige con la ayuda de un *software* de procesamiento de imágenes. Otra forma de conservarlas es diseccionando las larvas, para lo cual se hace un corte longitudinal en el vientre y se corta la cabeza. Después se quitan las vísceras con unas pinzas de disección de punta fina y se colocan las larvas en hidróxido de potasio (KOH) al 10% por cinco minutos, en forma posterior la piel de la larva se extiende sobre un portaobjetos en el cual se ha colocado una gota de glicerina, con un papel absorbente se quita el exceso y se pega la piel con esmalte de uñas transparente y se etiqueta debidamente el portaobjetos (Figura 15).

De la cabeza se remueven las antenas, mandíbulas, palpos maxilares y epifaringe que son elementos de identificación taxonómica. Con excepción de la mandíbulas, las demás partes se colocan en un portaobjeto con una gota de glicerina, se pone un cubreobjetos y se sella con esmalte de uñas; en el mismo portaobjetos se ponen la cabeza en forma dorsal y las mandíbulas. Para la nomenclatura de las diferentes partes se emplea la terminología señalada por Wong y Szlabey (1986).



Figura 14. Aspectos de la recolección y transporte de larvas de moscas sierra, a) rama conteniendo larvas y b) aspecto de hielera con follaje y larvas de *Zadiprion falsus* de El Rodeo, Gómez Farías Jalisco. Fotos: Ernesto González Gaona, CEPAB.



Figura 15. Ejemplo de conservación de larvas en alcohol (a) y en portaobjetos (b).

Pupas

Del material biológico recolectado en estado larvario, una proporción se alimenta con follaje cortado de la misma planta donde se encontró la infestación. Si las larvas son grandes se ponen en una jaula de tela de organza para que pupen entre el follaje y se revisa dos veces por semana para recolectar las pupas formadas. En caso de que las larvas sean pequeñas se ponen grupos de 50 en bolsas con cierre hermético con follaje cortado y se colocan en cámaras con temperatura controlada. En caso de no contar con estas cámaras se pueden dejar a temperatura ambiente. Si en la bolsa se forman pequeñas gotas de humedad es necesario ponerle una ventana con tela de organza pegada con silicón para evitar la condensación que provoca la muerte de larvas. Estas bolsas se revisan una vez por semana para ver la necesidad de limpiarlas o agregar alimento.

Una vez que se detectan las pupas, se recolectan y se ponen en frascos de 250 ml con hojarasca, *peat moss* o vermiculita. A la tapa se le hace una ventana que se cubre con tela de organza. El frasco se coloca en una cámara con temperatura controlada y se revisan dos veces por semana se agrega agua con un atomizador, para mantenerlo húmedo y posteriormente comprobar la presencia de adultos de mosca sierra o parasitoides

Otra forma es colocar las pupas en forma individual en cápsulas de gelatina tamaño “00” que se colocan en bolsas con cierre hermético con la respectiva etiqueta de la localidad donde se recolectaron y se sigue el mismo procedimiento para obtener la emergencia de adultos.

En caso de que durante la visita al predio afectado ya no se encuentren las larvas alimentándose del follaje, es necesario escarbar con un azadón alrededor de los árboles más afectados en busca de las pupas que no tengan señales de emergencia. En el piso de esos árboles se pueden encontrar las pupas de las larvas que ocasionaron el ataque (Figura 16). Las pupas obtenidas se colocan en bolsas o frascos y se trasladan a un laboratorio donde se revisan bajo un microscopio o lupa para separar las pupas no emergidas de las emergidas que no se hayan podido identificar durante la revisión de campo, así como las viables de las no viables, detectadas estas últimas al sacudirlas cerca del oído, si suenan significa que no son viables y la larva está muerta. Después se sigue el mismo procedimiento para obtener los adultos.



Figura 16. Aspectos de la recolección de pupas, a) en Gómez Farías, Jalisco y b) en brecha a Tonachi, Guachochi, Chihuahua. Fotos: Ernesto González Gaona, CEPAB.

Adultos

Los adultos se pueden conservar en alcohol al 70%, en frascos herméticos con su respectiva etiqueta de identificación o conservarlos en seco montados en alfileres entomológicos.

Se ha observado que en algunos casos, al sacar los especímenes del alcohol para realizar montajes en seco, estos se secan o doblan, sobre todo el abdomen, por lo que se recomienda matar a los adultos al emerger y enseguida montarlos en alfileres o bien matarlos en alcohol etílico absoluto, de esta forma no pierden su coloración y no se contrae el abdomen, aunque son más rígidos y fácil de quebrar.

Con los especímenes montados, se pueden tomar fotografías y procesar las imágenes en una computadora, mientras que con los preservados en alcohol se pueden realizar montajes de los genitalia para lo cual se cortan los últimos segmentos abdominales y se colocan en hidróxido de potasio (KOH) al 10% por un día y después bajo un microscopio de disección se extraen los genitalia y se transfiere a un portaobjeto con una gota de glicerina se coloca un cubreobjetos y se sella con esmalte de uñas transparente (Figura 17).

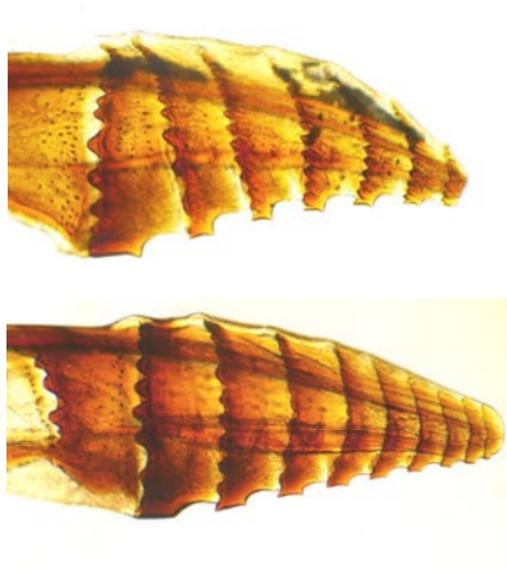


Figura 17. Aspectos de la conservación en seco de adultos (*Neodiprion omosus*), de la lanceta de *Zadiprion falsus* (centro sup.), *Zadiprion ojedae* (centro inf.) y de la genitalia del macho de *Neodiprion autumnalis*.

Identificación de larvas

A continuación se presenta una clave para poder discernir entre las larvas de las diferentes especies de los géneros *Monoctenus*, *Neodiprion* y *Zadiprion* detectados en los muestreos realizados con los apoyos del proyecto CONAFOR 2010-CO2, número:147913.

1. Larvas solitarias con rayas longitudinales atacando *Juniperus* o *Cupressus* (Monocteninae) (Figura 18 a).....2

Larvas en grupos con o sin rayas longitudinales, atacando *Pinus* (Diprioninae).....3

2. Antenas de cinco segmentos y de forma cónica con seis anulaciones en los segmentos abdominales y con tres dientes grandes en la mandíbula izquierda (Thentredinidae) (Smith, 1969; no detectado en este estudio).....*Susana*

Antenas de tres segmentos con el último en forma de botón, siete anulaciones en segmentos abdominales y más de tres dientes en la mandíbula izquierda..... *Monoctenus*

3. Larvas con rayas longitudinales oscuras, sin tuberculaciones parecidas a espinas. Cuando se les molesta arquean el cuerpo en forma de barco vikingo (*Neodiprion*) (Figura 18 b)..... 4

Larvas con proyecciones en forma de espinas. Cuando se les molesta, levantan la porción delantera y la regresan en forma rápida como un gusano azotador (*Zadiprion*) (Figura 18 c).....5



Figura 18. Larvas de especies de moscas sierra detectadas en el Centro Norte de México. a) *Monoctenus*, b) *Neodiprion* y c) *Zadiprion*.

4. Larvas con dos rayas oscuras longitudinales en porción dorsal, cabeza café (inverna como huevecillo) (Figura 19).....*N. autumnalis*

Larvas con dos rayas oscuras longitudinales en porción dorsal y una lateral en la base de los segmentos abdominales (Figura 19).....*N. omosus*

Larvas con dos rayas oscuras longitudinales en porción dorsal y dos en forma lateral, una adicional a la de la base de los segmentos abdominales (Figura 19)..... *N. bicolor*

5. Larvas de apariencia oscura debido a la presencia de dos franjas anchas oscuras longitudinales en forma lateral, cabeza café rojizo con una mancha oscura en la frente y el ocularium grande (mancha que rodea el ocelo) con la porción basal plana (Figura 20).....*Z. townsendi*

Larvas de apariencia clara pero con muchas proyecciones como espinas de color oscuro (Figura 20).....*Z. ojedae*

Larvas claras sin proyecciones como espinas aparentes, ocularium pequeño y circular (Figura 20)*Z. falsus*



Figura 19. Larvas de *Neodiprion* detectados en el centro norte de México, en la derecha acercamiento de larvas individuales.



Figura 20. Larvas de *Zadiprion* detectados en el centro norte de México, en la derecha acercamiento de larvas individuales.

Identificación de adultos

El suborden Symphyta, al cual pertenecen las moscas sierra tiene seis superfamilias: Xyeloidea (familia Xyelidae), Megalodontoidea (familias Pamphillidae y Megalodontidae), Tenthredinoidea (familias Pergidae, Argidae, Diprionidae, Cimbicidae, Blasticotomidae, y Tenthredinidae), Siricoidea (familias Xiphidriidae, Siricidae y Anaxyelidae) Cephoidea (familia Cephidae), y Orussoidea (familia Orussidae) (Smith, 1993).

Las características distintivas de los adultos de la familia Diprionidae son: antenas con 13 o más segmentos, serradas en las hembras y pectinadas o bipectinadas en los machos, sutura mesosternal-pleural ausente, tibias sin espinas preapicales, Vena 2A+3A en el ala delantera completas, celda anal dividida con una vena transversa o vena 2A+3A fusionadas en la parte media con 1A, formando dos celdas anales. En el ala posterior presenta celda anal. Las larvas de los diprionidos se alimentan del follaje de plantas coníferas de las familias Cupressaceae y Pinaceae, son de origen Holoártico y coexistente en todos los bosques de coníferas del mundo.

La familia Diprionidae comprende dos subfamilias (Monocteninae y Diprioninae) con 11 géneros y más de 90 especies; se les encuentra en las regiones templadas de Norte y Centroamérica y Eurasia aunque algunas especies se extienden hasta el norte de África, Tailandia, India y al sur hasta Nicaragua y Cuba (Smith, 1988). Los Monocteninae se distinguen de los Diprioninae en que la celda

anal tiene una constricción en la parte media, mientras que en los últimos existe una vena transversa (Figura 21).

En la región norte centro de México se ha detectado al género *Monoctenus*, correspondiente a la subfamilia *Monocteninae*, y a los géneros *Zadiprion* y *Neodiprion* que pertenecen a la subfamilia *Diprioninae*.

Monoctenus es un pequeño género de moscas sierra que se alimentan de Cupressaceae, principalmente *Juniperus* aunque también se han registrado ataques sobre *Thuja*. Se le ha reportado en Europa, Japón y Norteamérica (Taeger y Blank, 2008). Aunque su distribución se reporta desde el oeste de las montañas Rocallosas, México y Centroamérica, raramente son observados. En México se le describió como *Monoctenus sadadus* Smith de especímenes obtenidos en Durango y Veracruz por Smith (1975). En 2007, en Armadillo de los Infante, San Luis Potosí, en la Sierra de Álvarez, se observaron ataques por moscas sierra sobre *Juniperus flaccida* Schlechtendal en una área de 20 ha, la especie causante del daño se determinó como *M. sanchezi* Smith (Smith et al., 2010).

Las hembras del género *Monoctenus* (Figura 22) son de 6 mm de longitud con las antenas negras y la cabeza naranja con el área ocelar, y pequeñas manchas negras arriba de las antenas y en los agujeros tentoriales; el tórax es negro pero el prescutum y los lóbulos laterales del mesonoto y la tégula rojas, patas negras con excepción de las patas posteriores que presentan la porción apical del fémur y el sexto basal de la tibia de color blanco; abdomen negro con franjas blanca laterales longitudinales, alas hialinas con venas y estigma café claro, el cuerpo y cabeza lisos y brillantes sin esculturas o marcas (Smith et al., 2010).

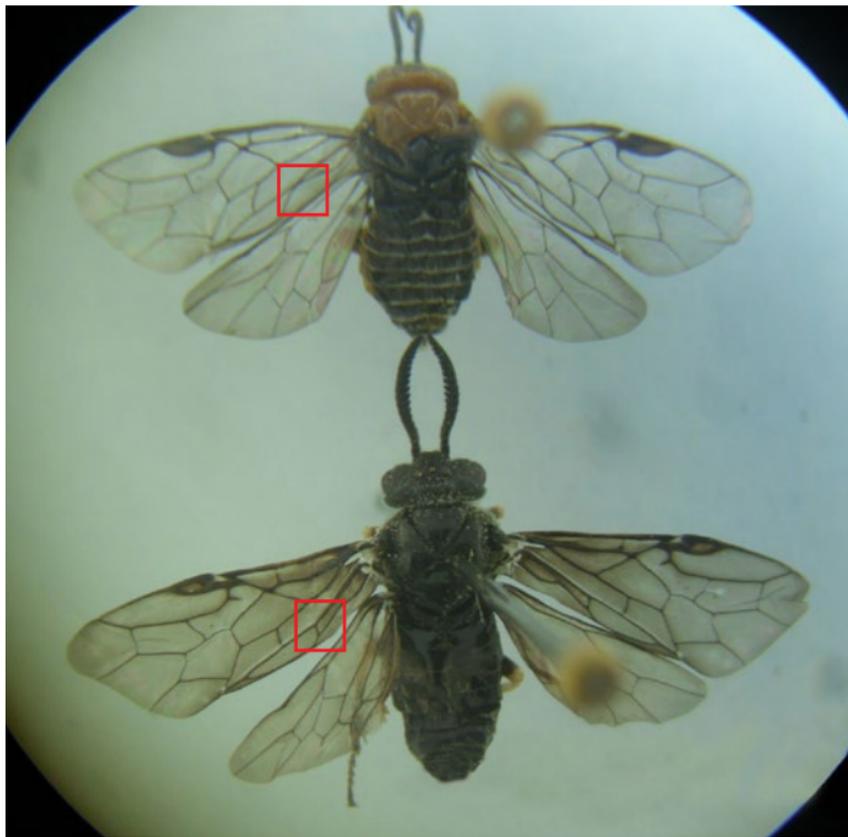


Figura 21. Diferencia entre las subfamilias de Diprionidae, en la parte superior *Monoctenus sanchezi* (Monocteninae) proveniente de Armadillo de los Infante San Luis Potosí atacando *Juniperus flaccida* y en la parte inferior *Neodiprion omosus* (Diprioninae) de la Sierra Fría, Aguascalientes atacando *Pinus halepensis*. Se señala con un marco como se une la vena 2A + 3A a la vena 1A, en el ala delantera, características que se emplea para diferenciar las subfamilias.



Figura 22. Apariencia de la hembra de *Monoctenus sanchezi*.

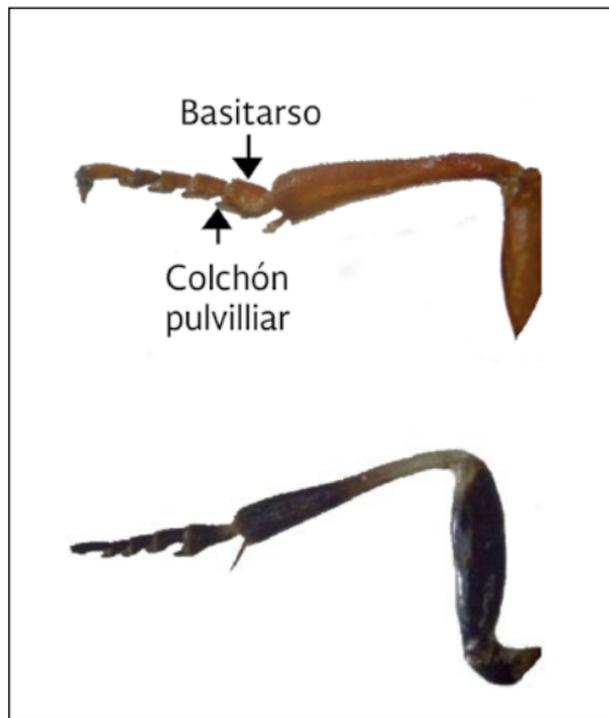


Figura 23. Aspecto del basitarso de la pata posterior de hembras de *Zadiprion* (arriba) y *Neodiprion* (abajo)

Para separar a los adultos de moscas sierra del género *Zadiprion* y *Neodiprion*, la primer característica es la apariencia general del cuerpo en la cual *Zadiprion* tiene una apariencia más robusta y clara que *Neodiprion*, la cual presentan tonalidades oscuras o combinaciones de negro, café y rojizo y en el basitarso de la pata posterior de las hembras el colchon pulvilliar del basitarso posterior es más casi tan largo como el basitarsomero y en *Neodiprion* es más corto (Figura 23, pág. 46).

Zadiprion Rohwer es un género de moscas sierra que se alimentan de *Pinus* spp. Estos insectos son nativos del oeste de los EEUU, México y Guatemala, con seis especies hasta ahora descritas, todas ellas presentes en México (Smith et al., 2012)

Se caracterizan por presentar el área supraclipeal redondeada no tuberculada, antenas serradas en las hembras con 20 a 26 antenómeros, mientras que en los machos son de 22 a 26 bipectinadas a excepción de los cinco apicales últimos que son unipectinados. En el ala delantera la vena 2A+3A se separa de 1A por una vena transversa. En las hembras se presenta en el basitarsomero posterior el colchón pulvilliar casi tan grande como el basitarsomero. Los adultos de este género son más fuertes y robustos que los de *Neodiprion*, el otro género que se presenta en el rango de *Zadiprion*. Las hembras presentan la cabeza y tórax completamente café rojizo a amarillento con el abdomen blanco con marcas rojizas, mientras que los machos son negros con manchas blancas-amarillas en la cabeza y abdomen (Figura 24) (Smith et al., 2012).



Figura 24. Apariencia de los adultos de *Zadiprion falsus*, hembra (izquierda) y macho (derecha).

El género *Neodiprion* Rohwer, está integrado por 32 especies que se encuentran principalmente en Norteamérica y Centroamérica, extendiéndose hasta El Salvador, aunque se han detectado algunas especies en Eurasia. Este género ataca principalmente a *Pinus* aunque se han reportado ataques en *Picea*, *Tsuga* y *Pseudotsuga*.

En este género la unión de la vena 2A+3A con la 1A es mediante una vena transversal, en las hembras el colchón pulvillar del basitarso posterior es más corto que el ancho apical del basitarsomero. Espinas de la tibia posterior agudas en el ápice con la espina interior más larga que la mitad del ancho de la tibia posterior.



Figura 25. Apariencia de *Neodiprion omosus* hembra (izquierda) y de *Neodiprion autumnalis* (derecha).

Antenas usualmente de 15 a 20 segmentos, en los machos son bipectinadas excepto el segmento apical, el tórax especialmente en los machos es liso brillante y sin punciones o con algunas grandes en el mesoescutellum (Figura 25) (Smith, 1993).

Para diferenciar los adultos de las especies se consideraron principalmente las hembras y la lanceta de su ovipositor. A continuación se muestra una pequeña clave adaptada de Smith, 1988, Smith *et al.*, 2010 y Smith *et al.*, 2012.

1. Adultos recolectados sobre o provenientes de pupas de larvas que afectan *Juniperus* o *Cupressus*, tamaño pequeño negro brillante con tórax y cabeza café rojizo, la celda anal presenta una constricción en la parte media (Monocteninae) (Figura 21).....2
- Adultos recolectados sobre o provenientes de pupas de larvas que afectan *Pinus* spp. Adultos claros u oscuros, la celda anal presenta una vena transversa (Dripioninae) (Figura 21).....3
2. Adultos oscuros de tamaño pequeño 6.0 mm de longitud con la cabeza casi enteramente naranja solo con manchas oscuras en la base de las antenas y hoyos tentoriales, gran porción del tórax café anaranjado, abdomen negro con líneas blancas y base de la tibia posterior blanca (Figura 26).....*Monoctenus sanchezi*
- Adultos muy similares a *M. sanchezi* con excepción de las manchas oscuras en la cabeza que cubren gran parte de la frente, área postocelar clípeo y labrum, así como las proyecciones de los flagelomeros “rami” en la porción central de las antenas presentan una longitud del doble de la longitud del flagelomero, abdomen enteramente oscuro (consultar Smith *et al.*, 2010 para mayor detalle).....*Monoctenus sadadus*
3. Hembras grandes robustas de colores café-anaranjado-amarillento con el colchón pulviliar en el tarso basal de la pata posterior casi tan largo como el tarso basal (*Zadiprion*) (Figura 23).....4

- Hembras de apariencia oscura a negra con el colchón pulviliar en el tarso basal de la pata posterior menos de la mitad de la longitud del tarso basal (*Neodiprion*) (Figura 23)5

4. Hembras con cabeza, tórax y abdomen completamente café rojizo- amarillento. La lanceta del ovipositor no presenta el primer “anulus”, los “anulus” 2º y 3º son divergentes en el dorso y la base de la serrula del segundo “anulus” es aplanada y dos veces más ancha que la siguiente (Figura 27).....*Zadiprion ojedae*

-Hembras con cabeza y tórax café rojizo-amarillento y el abdomen es blanco con marcas dorsales oscuras en mayor proporción en la parte basal. Mesepisternum café rojizo con una banda oscura en la parte media. La lanceta del ovipositor presenta el primer “anulus” con tres o cuatro dientes grandes (Figura 28).....
.....*Zadiprion falsus*

5. Hembras con el cuerpo negro brillante con las patas negras a excepción de las tibias que presentan el cuarto basal al tercio apical blanco. La lanceta del ovipositor presenta el 1er “anulus” con menos de nueve dientes y los “anulus” 2º a 4º con menos de 11 dientes triangulares grandes. Margen inferior de la 2º serrula recto (Figura 29).....*N. omosus*

- Hembras con cabeza y tórax negro pero con el abdomen naranja amarillento, las patas naranja-amarillento con la base de los fémures oscuros. La lanceta presenta los “anulus” con dientes pequeños y triangulares, el

1° “anulus” con 13 - 14 dienteillos y el 2° con 16-18 mientras que en los 3° y 4° “anulus” con 12-14. La 2da serrula es pequeña y truncada en el ápice (Figura 29).....*N. bicolor*

-Hembras de apariencia oscura con la cabeza roja con antenas y ojos negros, el tórax es negro con manchas cafés cerca de las suturas, abdomen obscuro -verdoso y patas café rojizas. El ovipositor presenta la segunda serrula mucho más grande y curvada que la tercera (Figura 29).....*N. autumnalis*



Figura 26. Vista lateral y frontal de *Monoctenus sanchezi* y apariencia de la lanceta.



Figura 27. *Zadiprion ojedae*



Zadiprion falsus



Figura 28. Especies de *Zadiprion* detectadas en el Centro Norte de México



Neodiprion omosus



Neodiprion bicolor



Neodiprion autumnalis



Figura 29. Especies de *Neodiprion* detectadas en el Centro Norte de México.

CICLO DE VIDA

Las moscas sierra de la familia Diprionidae son insectos holometabolos con los estados fenológicos de huevo, larva, pupa y adulto. En México presentan por lo general una generación por año, aunque existen reportes de que en E. U. se pueden presentar varias generaciones por año, esto dependiendo del clima, así *Neodiprion lecontei* (Fitch) presenta una o dos generaciones en la parte norte del rango de distribución, mientras que en la porción sur se pueden presentar hasta tres generaciones (Wagner y Raffa, 1993).

Los adultos son parecidos a pequeñas moscas debido a que presentan una unión amplia entre el abdomen y el tórax, no observándose la constricción típica de otros hymenopteros como hormigas, abejas y avispas, pero no es una mosca debido a la presencia de dos pares de alas y también a que tienen numerosas venas y celdas. Se les denomina como moscas sierra debido a que las hembras presentan un ovipositor, que parece una pequeña sierra con la cual insertan los huevecillos en el tejido vegetal. Presentan dimorfismo sexual donde el macho es más pequeño de color oscuro y con las antenas bipectinadas, mientras que la hembra es más grande de color claro u oscuro y las antenas son serradas (Figura 30).

El ciclo se inicia con la emergencia de los adultos provenientes de las pupas del suelo, de larvas que atacaron el pino la temporada anterior. La época de aparición de los adultos es específica para cada especie. La cópula se realiza el mismo día de la emergencia y al otro día se inicia la ovoposición, la cual realizan de preferencia en árboles ubicados en lugares soleados, a orillas del rodal, o de un claro o camino y nunca en lugares muy sombreados.

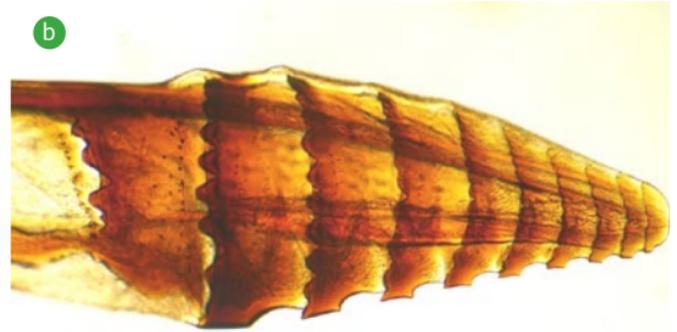
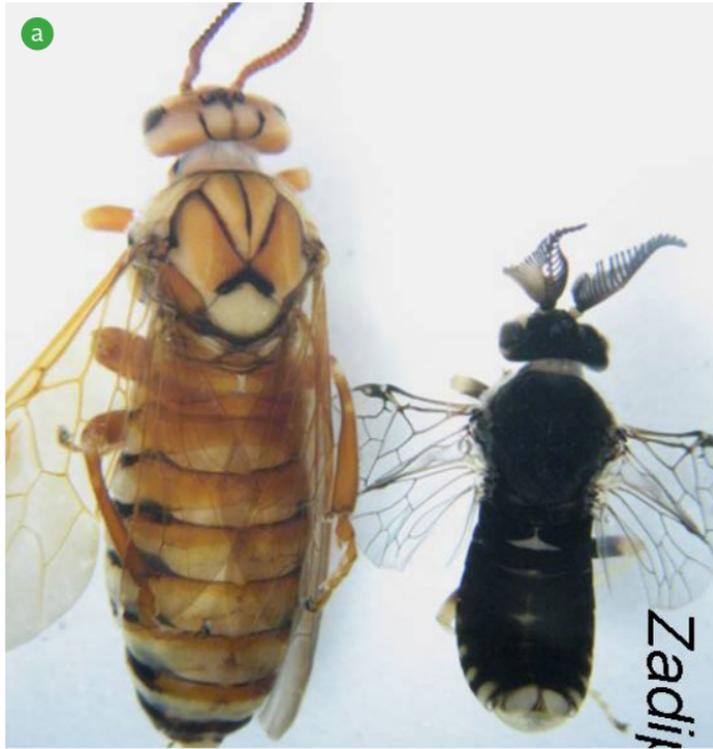


Figura 30. Aspecto de adultos a) de moscas sierra *Zadiprion ojedae* y del ovipositor de *Z. falsus* (b) y *Z. ojedae* (c) mostrando las diferencias en el número y forma de las “serrulas”. Foto a): Amelia Ojeda, LARSF-SEMARNAT. Fotos b) y c): Ernesto González Gaona, CEPAB.

La hembra selecciona una aguja y en ella pone todos sus huevecillos, ubicándolos en el tercio medio de la hoja. Los huevecillos son embebidos total o parcialmente en la aguja mediante una abertura que la hembra hace con su ovipositor, en un borde externo de la hoja triangular. En el caso de *Zadiprion*, es común observar que la hembra permanece en la acícula que ovipositó, protegiendo a los huevecillos (Figura 31). Después las acículas con ovoposición se secan de la parte media hacia la punta. Al observarlas detenidamente se ven los huevecillos.

Después de la emergencia, las larvas pequeñas empiezan a comer la acícula de la parte distal o apical a la basal en grupos de dos a cinco, siempre con la cabeza dirigida hacia la punta. Las de los géneros *Neodiprion* y *Zadiprion* son de hábitos gregarios, mientras que las del género *Monoctenus* son solitarias. Los machos presentan cinco estadios larvarios, mientras que en las hembras seis. La duración del estado larvario es específica para cada especie y su longitud puede variar de acuerdo con las condiciones climáticas. Al desarrollarse las larvas crecen en tamaño y debido a que tiene su estructura endurecida en forma externa “exoesqueleto” principalmente en la cabeza, tienen que mudar de piel como víboras, rompiendo la piel por la parte anterior de la cabeza, por lo que es común encontrar este tipo de “exuvias” en las agujas, indicativo de que existió un cambio de estadio. Los diferentes estadios se pueden distinguir con precisión con base en el tamaño de la cápsula cefálica.

Las larvas son parecidas a las de los lepidópteros, cilíndricas y eruciformes. El cuerpo está dividido en cabeza, tórax y abdomen. La cabeza es subglobosa más o menos circular, fuertemente quitinizada y con presencia de setas, la coloración en esta área es constante y puede ser utilizada para diferenciar las especies. Poseen un par de ocelos en cada lado de la cabeza, usualmente son claros semiglobosos y se

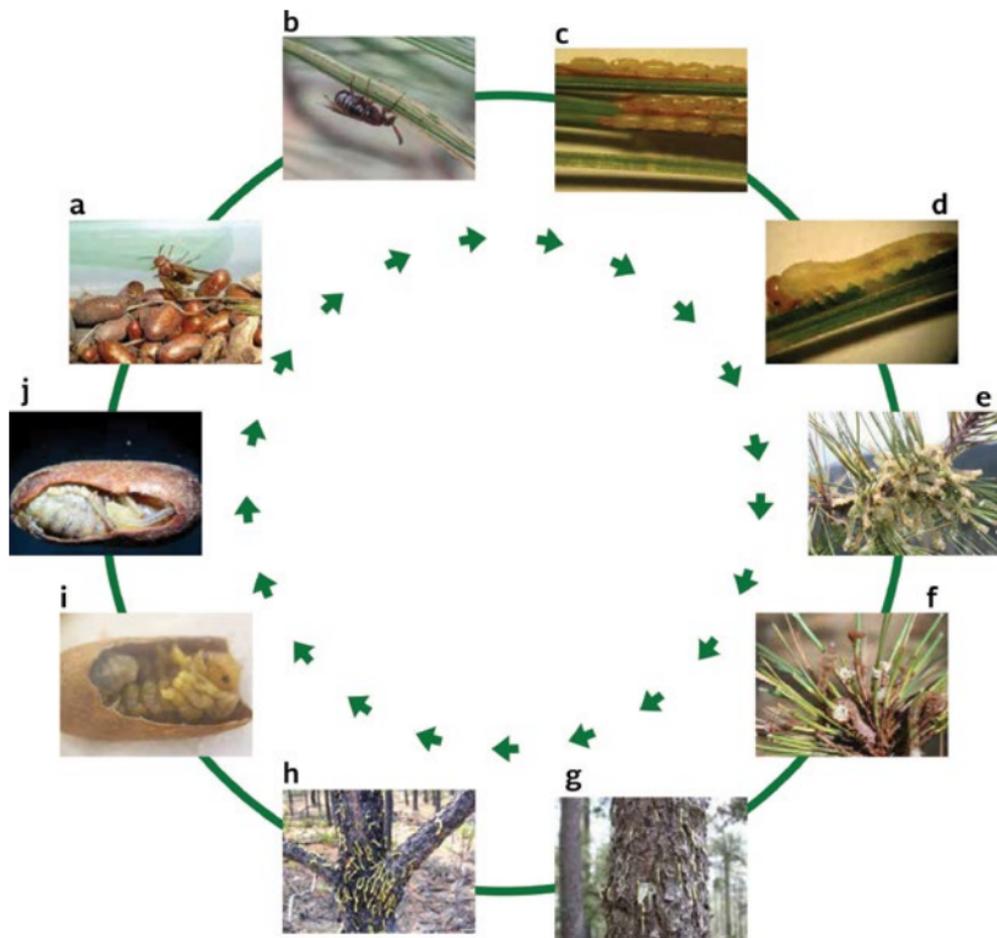


Figura 31. Esquematización del ciclo de vida de *Zadiprion* sp. a) emergencia de adultos, b) hembra cuidando ovipostura, c) acercamiento de aguas con huevecillos, d) larva de primer estadio, e) larvas de tercer estadio defendiéndose, f) larvas que recién han mudado, g) larvas cambiando de hospedero, h) larvas dejando el hospedero para formar el cocón en el suelo, i) prepupa dentro de cocón y j) pupa dentro del cocón. Fotos: Ernesto González Gaona, CEPAB (a, b, f, e i), Sergio Quiñonez Barraza, CONAFOR Durango (c, d, g y h) y Francisco Bonilla Torres, CONAFOR Jalisco (e y j).

encuentran cerca del centro de los “ocularios” que son manchas circulares y distintivamente negras. El tórax presenta tres segmentos distinguibles por la presencia de patas. El abdomen tiene diez segmentos visibles con pseudópodos en casi todos los segmentos, los pseudopodos no tienen “crochets” lo cual los diferencia de las larvas de lepidopteros.

En ocasiones es común observar que las larvas abandonan al árbol donde nacieron debido a que está completamente defoliado y ya no tiene alimento, las larvas migran en búsqueda de otro árbol donde completar su desarrollo. Al completarlo las larvas se entierran en la base del árbol donde forma un cocón donde puede pasar el invierno o las épocas críticas de estrés de humedad, en el interior se observa la larva de último estadio denominada como prepupa. Este periodo puede ser de cinco a seis meses, dependiendo de la especie y de las condiciones climáticas, después de lo cual ocurre la transformación al estado de pupa, que dura un mes. Por lo general la humedad o lluvia es la detonante para que ocurra la emergencia de los adultos (Cibrián *et al.*, 1995).

FENOLOGÍA DE LAS ESPECIES DE MOSCAS SIERRA

En el caso de *Zadiprion falsus*, los adultos se pueden encontrar desde la segunda semana de julio hasta la última semana de septiembre, mientras que los huevecillos, se ubican desde julio a septiembre, incubándose en alrededor de 45 días. Las larvas ocasionan los mayores daños en noviembre y para finales de diciembre las larvas migran al suelo para formar su capullo, prolongándose este periodo hasta marzo, dentro de la pupa permanece la prepupa por un espacio de cinco a seis meses para transformarse en pupa en mayo-junio (Cibrián *et al.*, 1995). Estos datos fenológicos pueden sufrir pequeñas variaciones debido a que son organismos poiquilotérmicos que no pueden regular su temperatura interna y son afectados por las temperaturas de cada región. En la figura 32, se muestra la emergencia de esta especie en Pueblo Nuevo, Durango, donde se observa que el ciclo se adelanta un poco a lo señalado.

Zadiprion ojedae presenta los adultos de la última semana de agosto hasta mediados de octubre, con la presencia de las larvas desde finales de septiembre hasta mayo. El periodo larval es muy largo debido a que esta especie pasa el invierno en estado de larva durante los primeros dos estadios, bajando su metabolismo, alimentándose en las horas más calientes del día y agrupándose entre la base de las acículas, soportando las temperaturas inferiores a 0°C presentes en la zona. Se reactiva y consume mayor cantidad de follaje conforme aumenta la temperatura, para ocasionar los mayores daños en mayo. La presencia de capullos se observa desde mediados de junio hasta octubre del mismo año (Sánchez *et al.*, 2012).

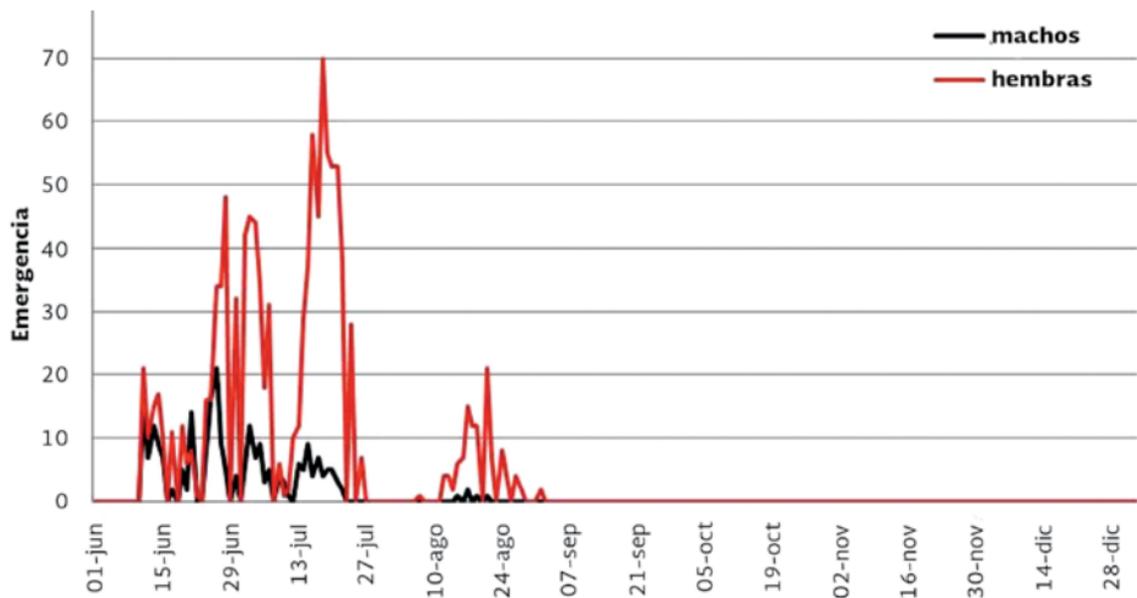


Figura 32. Patrón de emergencia de moscas sierra *Zadiprion falsus* de El Pachón, Pueblo Nuevo, Durango, Ciclo 2012.

La especie *Neodiprion autumnalis* es univoltina. Su ciclo inicia con la emergencia de los adultos al final del año (octubre a diciembre, Figura 33). Las hembras ovipositan en el interior de las acículas en esas fechas; sin embargo, debido a que pasa el invierno en este estado, los huevecillos no eclosionan hasta la tercera semana de abril, una vez que ya pasaron las temperaturas frías. Las larvas se alimentan del follaje del año anterior y en caso de

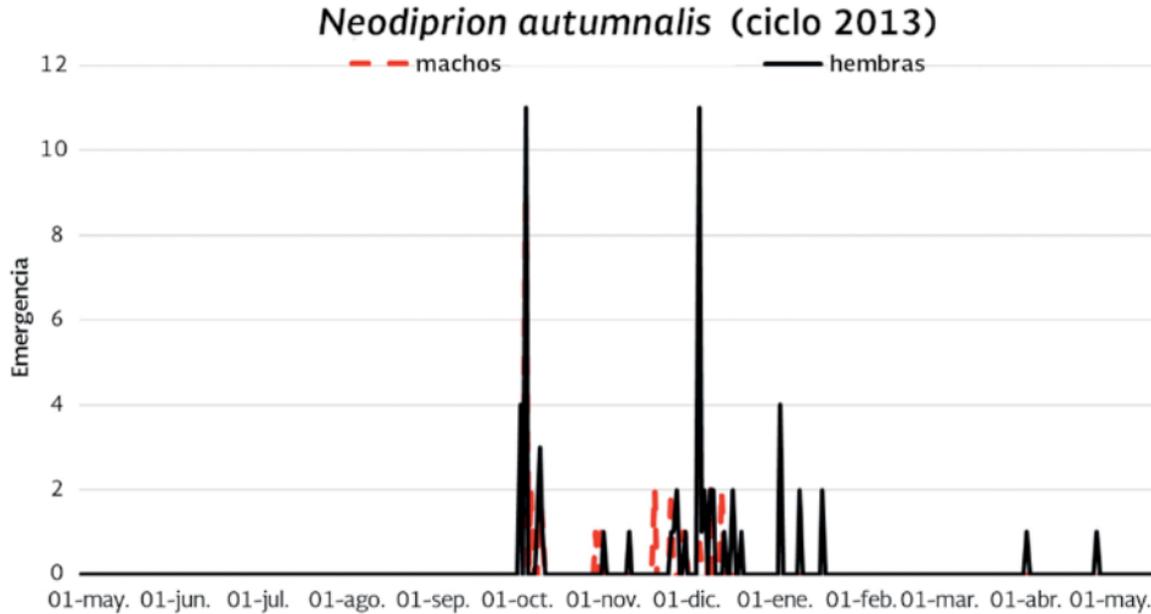


Figura 33. Patrón de emergencia de *Neodiprion autumnalis* en Guachochi, Chihuahua. Ciclo 2013.

acabarse esta fuente de alimento, se mudan a otro árbol para completar su desarrollo; que ocurre en la tercera semana de julio con el máximo daño en mayo. Las larvas bajan del pino dañado y se entierran en el suelo donde construyen su capullo, donde permanecen en estado de prepupa hasta septiembre cuando se transforma en pupa y después de un mes se observa la emergencia de los adultos (Sánchez *et al.*, 2012).

Los adultos de *Neodiprion omosus* están presentes de mediados de agosto a principios de octubre; sin embargo, en altitudes de 2,600 msnm como en el caso de la Sierra Fría, en Aguascalientes se pueden observar desde mediados de junio, con la presencia de larvas de julio a octubre y en zonas altas, las larvas se presentan en forma más tardía, ubicándose de septiembre a enero del año siguiente de la emergencia de los adultos. Al final de su etapa larval construyen un cocón en el suelo y pueden permanecer como prepupa de enero a agosto con la transformación a pupa de julio a septiembre (Cibrián *et al.*, 1995; Sánchez y González, 2006).

Poco se ha estudiado de *N. bicolor*; sin embargo, se conoce que los adultos aparecen en noviembre y ovipositan en las acículas, no presentan diapausa, ya que las larvas emergen de enero a marzo y se alimentan del follaje hasta junio para pupar en el suelo y presentar la emergencia de los nuevos adultos en noviembre (Cibrián *et al.*, 1995). En Sierra de Álvarez San Luis Potosí se observaron cocones en el suelo y pocas larvas maduras en enero, se detectó la emergencia de los adultos del 15 de febrero al 31 de mayo. La discrepancia se observa sobre todo en la época de formación de los cocones. Lo anterior indica que es necesario realizar estudios de biología de esta especie, para entender cómo cambia su fenología en diferentes ambientes.

La emergencia de los adultos de *Monoctenus sanchezi* se da desde finales de mayo hasta finales de julio (Figura 34). Las larvas se observan de finales de julio hasta noviembre. Este periodo larval tan prolongado puede deberse a la presencia de adultos en septiembre, con la probable emergencia de los adultos en dos épocas. La presencia de los capullos en el suelo se observa de mediados de noviembre a los primeros días de diciembre, y permanecen en prepupa dentro del cocón hasta principios de junio, cuando se presentan la pupación y la emergencia de adultos (Smith *et al.*, 2010).

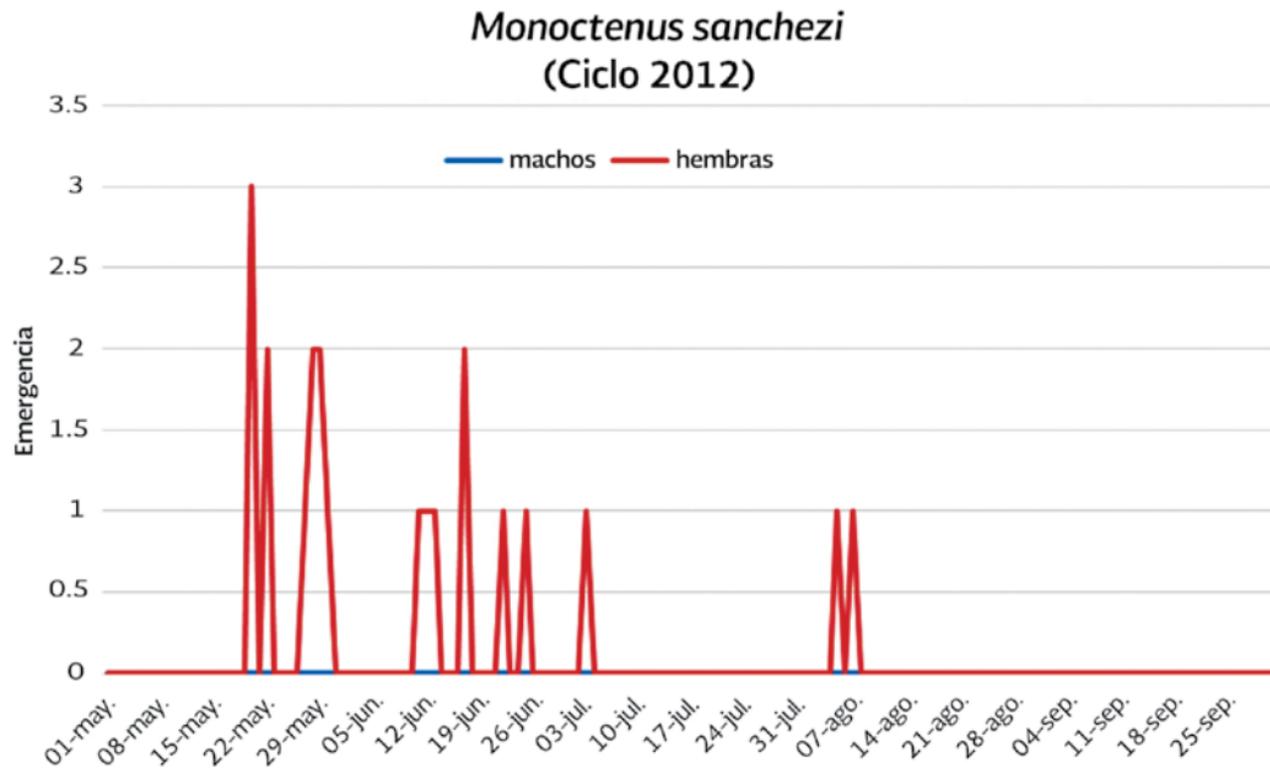


Figura 34. Patrón de emergencia de *Monoctenus sanchezi* en La Barranca, Armadillo de los Infante, San Luis Potosí. Ciclo 2012.

EVALUACIÓN DE DAÑOS

La mayoría de las especies de moscas sierra son de hábitos fitófagos con excepción de los Orussidae que son depredadores o parasitoides de insectos barrenadores, especialmente coleópteros (Smith, 1993). Las larvas de moscas sierra se alimentan de una variedad de plantas, de las 1,000 especies determinadas para Norteamérica (Smith, 1979), el 68% se alimentan sobre árboles, 13% en arbustos y el 19% en hierbas. Aunque existe una preferencia por plantas leñosas, hay una especialización a nivel familia, de tal manera que las familias Argidae, Cimbicidae y Pergidae se alimentan de plantas leñosas, la mayoría de la familia Xyelidae y Pampilidae se alimentan de coníferas, mientras que los Diprionidae lo hacen exclusivamente de coníferas; los géneros de plantas atacados son: *Rosa* (13 especies de moscas sierra), *Rubus* (12), *Alnus* (18), *Amelanchier* (13), *Picea* (14), y *Pinus* (72) (Haack y Mattson, 1993).

De acuerdo con el tipo de daño que ocasionan, las moscas sierra se pueden clasificar en barrenadores de brotes y frutos, agalladores de ramas, de brotes y hojas, masticadores de flores estaminadas de coníferas, masticadores que se alimentan externamente de hojas o acículas, enrolladores de hojas y minadores de hojas y peciolos de hojas, aunque la mayoría de las moscas sierra presentes en Norteamérica se alimentan externamente de hojas o acículas. En la región de los grandes lagos, E.U.A., se reportaron 52 especies de moscas sierra que alcanzaron el estatus de plaga, las familias involucradas fueron: Xyelidae (1 especie), Argidae (1), Cimbicidae (1), Pampilidae (3), Diprionidae (17) y Thenthredinidae (29), de las cuales el 96% fueron masticadores de hojas y acículas o minadores de hojas o peciolos. Considerándose a la familia

Diprionidae como la más importante con el estatus de plaga (Haack y Mattson, 1993). Las especies de esta familia ocasionan defoliaciones en Pinaceae (*Pinus*, *Picea* y *Abies*) y Cupresaseae (*Juniperus* y *Cupressus*) (Smith, 1988).

El daño que ocasiona la mosca sierra de la familia Diprionidae, es la defoliación de los hospederos. En el caso de los pinos, las larvas consumen las acículas de la punta hacia la base, sin dañar la yema, por lo que al desaparecer la larva, el árbol se puede recuperar (Figura 35). Aunque cabe mencionar que el efecto de la



Figura 35. Aspecto de árbol pequeño de *Pinus arizonica* defoliado por *Neodiprion autumnalis*, junto a uno sin ataque en Guachochi, Chihuahua (izq.) y acercamiento de una ramita de *Pinus douglasiana* afectada por *Zadiprion falsus* en Sierra El Tigre, Cd. Guzmán, Jalisco (der.)

defoliación se incrementará o disminuirá, dependiendo de la especie de árbol, de la edad, condiciones del sitio, condiciones ambientales antes y después del ataque, así como del ataque de insectos y enfermedades secundarias (Mattson y Addy, 1975).

Dependiendo del tamaño de la planta afectada y la intensidad de la defoliación, se puede provocar una reducción del crecimiento, tanto en el diámetro, como en altura y en la raíz de los árboles atacados (Méndez y Cibrián 1985; Sánchez-Martínez y Wagner, 1994 y 1999). Las defoliaciones reducen la capacidad fotosintética del árbol atacado y debido a que el follaje constituye el almacén de nutrientes en las coníferas (Bryant *et al.*, 1983) se ocasiona una reducción en el crecimiento radial. Dependiendo del grado de defoliación y de la especie de mosca sierra involucrada, se pueden llegar a ocasionar reducciones del 9, 21, y 32% en *Pinus sylvestris* L. defoliado por *Neodiprion sertifer* Geoff en daño ligero, moderado y severo respectivamente, incrementándose a 37, 86 y 94% cuando la mosca sierra es *Diprion pini* L. en los citados niveles de daño (Lyyticainen y Tomppo, 2002). En renuevo de *Pinus ponderosa* Douglas ex C. Lawson, las reducciones en el diámetro son del 35 a 45% cuando es defoliado totalmente por *Neodiprion gilletei* (Rohwer) (Sánchez-Martínez y Wagner, 1999).

En defoliaciones ligeras menores al 20% se presenta poco efecto en el árbol, pero defoliaciones de moderadas a severas reducen el crecimiento del árbol, de tal manera que después de dos años de

defoliación de este tipo se reduce el crecimiento radial en 70% presentándose además la muerte de raíces (Coulson, 1990). Si la defoliación es severa y continua, se puede ocasionar la muerte del arbolado, sobre todo en etapa de renuevo tanto en árboles individuales como en rodales enteros (Álvarez y Márquez, 2003 citados por Álvarez-Zagoya y Díaz- Escobedo, 2007) (Figura 36).

Para la evaluación individual de la defoliación, Álvarez-Zagoya y Díaz- Escobedo (2007), proponen una escala pictórica de la transparencia de la defoliación de la copa siguiendo las categorías consideradas por Díaz (2006), donde 1= es defoliación escasa (0 a 25%), 2= representa una defoliación ligera (26-50%), 3= defoliación moderada (51-75%) y 4= defoliación severa (76- 100%).

Esta escala es una forma esquemática de representar el daño, acumulando los diferentes puntos de ataque dentro de la copa. Sin embargo, es necesario aclarar que el daño se repite en el mismo árbol y en un mismo árbol se puede encontrar una rama con defoliación severa del año anterior y pequeñas áreas del actual ataque, por lo cual es necesario en la evaluación del ataque diferenciar, los árboles muertos (resultado del ataque sucesivo de al menos dos ciclos anteriores), árboles con ataques el ciclo anterior y su severidad (aquí se puede utilizar la escala propuesta por Álvarez-Zagoya y Díaz-Escobedo (2007)) y evaluar el ataque actual con la citada escala. A continuación se presentan diferentes fotografías de que representan los diferentes grados de daño (Figura 37).



Figura 36. a) *Zadiprion falsus* en *P. douglasiana* en Sierra del Tigre, Cd. Guzmán, Jalisco; b) *Monoctenus sanchezi* en *J. flaccida* en Sierra de Álvarez, Armadillo de los Infante, SLP; c) Acercamiento de ramas para mostrar los daños de *Zadiprion falsus*; d) Vista panorámica de árboles individuales afectados por *Z. falsus*. Fotos de *Zadiprion falsus*: Francisco Bonilla, CONAFOR-Jalisco; e) Daño ocasionado por *Monoctenus sanchezi* en ramas de los árboles de *J. flaccida*; f) Acercamiento para observar el daño ocasionado por *M. sanchezi* en *J. flaccida*. Fotos: Ernesto González Gaona, CEPAB.

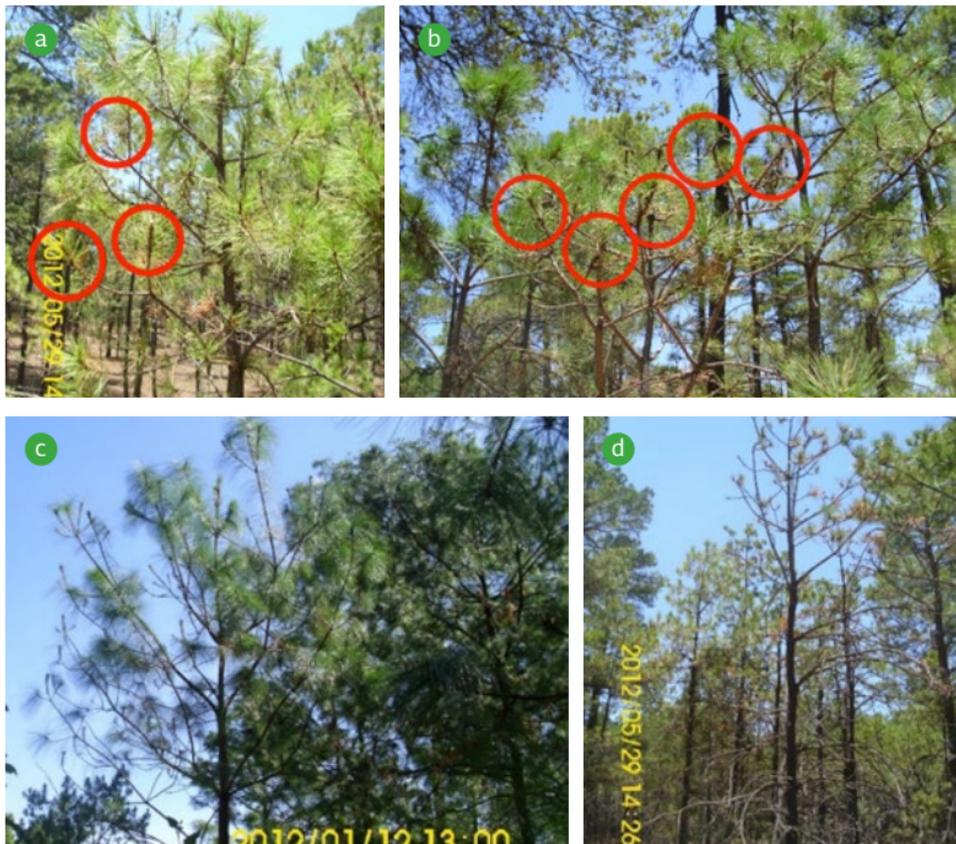


Figura 37. Grados de defoliación en pinos por moscas sierra del género *Zadiprion* a) Escasa o incipiente, b) Ligera, c) Moderada y d) Severa, de acuerdo con Díaz, 2006. En las primeras intensidades se marca con círculos las ramas pequeñas con afectación.

PREFERENCIA DE HOSPEDEROS

Los ataques de las moscas sierra se observan en forma diferencial. Unas especies atacan preferentemente renuevos o plantas de 2 a 3 m en plantaciones comerciales como es el caso de *Neodiprion* sp. *circa omosus*, mientras que otros se especializan en arbolado adulto como *Zadiprion* spp. En cada región se observa que existe un ataque preferentemente sobre uno o dos hospederos regionales y solo en raras ocasiones afecta otros. En la Sierra del Tigre en Jalisco, el hospedero preferencial de *Z. falsus* es *P. douglasiana* y ocasionalmente daña *P. devoniana* y raramente afecta o no afecta a *P. greggii* (Bonilla-Torres, F. comunicación personal) (Figura 38).

CONTROL QUÍMICO

Aunque la aplicación de plaguicidas de síntesis química en los bosques naturales no es correcta por los efectos colaterales sobre especies no objeto de control, por los riesgos de contaminación del ambiente y las intoxicaciones de animales silvestres y a las personas. Bajo ciertas condiciones preferentemente en ataques sobre árboles de alto valor estético o en parques y jardines donde no se permite la afectación por dañar las áreas recreativas se pueden emplear insecticidas.

Para el caso de *Neodiprion sertifer* (Geoff) se señalan los insecticidas convencionales Acephate, Bifentrina, Carbarilo, Clorpirifos, Cyflutrin, Deltametrina, Imidacloprid, Lambda Cyalotrina, Malatión y Permetrina,



Figura 38. Aspectos de la defoliación diferencial de *Zadiprion falsus* en la Sierra del Tigre, Cd. Guzmán, Jalisco. Fotos: Francisco Bonilla, CONAFOR-Jalisco.

aunque se prefiere el empleo de plaguicidas bioracionales como Azadiractina, aceites hortícolas, jabón insecticida, Piretrinas y Spinosad (IPM-Midwest Landscapes, sf).

En la zona de Guachochi, Chihuahua, durante 2013 y 2014 se evaluaron productos de origen biológico y, extractos de plantas contra *N. autumnalis*, de los cuales Spinosad y la Piretrina ocasionaron mortalidades superiores al 95%, mientras que la Azadiractina y el extracto de semillas de jícama ocasionan mortalidades alrededor del 70% y los extractos de higuierilla *Ricinus comunis* L. solo ocasionaron el 30%.

CONTROL BIOLÓGICO

Es cuando las personas manipulan a los agentes de control natural, ya sea mediante la incorporación de un factor de mortalidad externo, incremento o preservación de las condiciones que favorecen a los factores de mortalidad endémicos, todo esto con la finalidad de reducir o mantener las poblaciones de la mosca sierra en niveles endémicos. Por lo anterior el primer paso en el establecimiento de este tipo de estrategias es conocer los factores de mortalidad que inciden sobre la población objeto de control bajo las condiciones endémicas y después tratar de identificar los factores ausentes en las condiciones epidémicas y las condiciones que ocasionaron su ausencia para establecer medidas de remediación.

Las poblaciones de moscas sierra son afectadas por diversos agentes de control natural, como aves, bacterias, insectos depredadores, hongos y nematodos entomopatógenos, parasitoides, protozoarios, ranas, roedores y virus. En Suiza los parasitoides ocasionan del 19 al 34% de mortalidad en huevecillos y entre el 8 y 30% de mortalidad en larvas de *N. sertifer* y se considera que junto con la depredación son los factores de mortalidad más comunes (Olofsson, 1987); sin embargo, los que se han utilizado con fines de control biológico para reducir brotes epidémicos de moscas sierra son: parasitoides, bacterias entomopatógenas y virus de poliedrosis nuclear. A continuación se mencionan algunos de los grupos de entomopatógenos comunes en las poblaciones de moscas sierra.

Hongos entomopatógenos

Se han reportado hongos entomopatógenos afectando poblaciones de moscas sierra (Figura 39), tales como los reportes de *Entomophthora thentredinis* (Klein y Coppel, 1973) afectando a *Diprion similis* Hartig en Wisconsin, E.U. y en Polonia donde ocasionó el 86% de mortalidad. Otros hongos patogénicos reportados para esta mosca sierra fueron: *Aspergillus parasiticus* Speare (1912), *B. bassiana*, *Cephalosporium lecanii* Zimm 1898, *Fusarium* sp., *Paecilomyces farinosus* (Holmsk) A. H. S. Br. & G. Sm., 1957, *Scopulariopsis brevicaulis* Bainier y *Trichothecium roseum* (Pers.) Link (1809) (Swiezynska and Gornas, 1976).

En Belice se detectó a *Aspergillus* sp., *Scopulariosis* sp., *Penicillium* sp., *B. bassiana*, *Fusarium* sp., y *Cladosporium* sp., sobre *Neodiprion excitans* Rohwer (Wilkinson y Drooz, 1979). En Alaska *Entomophthora sphaerosperma* (Fres.) es uno de los agentes bióticos de control más importantes de *Neodiprion taedae tsugae* Ross (Hard, 1976).

En el Cuadro 1, se observa que *Beauveria bassiana* aislada de *Monoctenus sanchezi* de La Barranca, Armadillo de los Infante, San Luis Potosí fue el único que ocasionó mortalidad inducida de *Z. falsus* en Pueblo Nuevo Durango.



Figura 39. Aspecto de infecciones causadas por hongos sobre diferentes estados de moscas sierra a) huevecillos de *Zadiprion*, hongo no determinado b) larva de *Monoctenus sanchezi* y c) pupa de *M. sanchezi* afectadas por *Beauveria bassiana* d) prepupa de *Zadiprion falsus* afectada por *B. bassiana* y e) hongo no identificado sobre una avispa parasitoide. Fotos: Ernesto González Gaona, CEPAB.

Cuadro 1. Prueba de productos de control biológico contra *Zadiprion falsus* en “El Pachón” Pueblo Nuevo, Durango. Ciclo 2012.

Tratamiento	I	II	III	IV	V	Total
Agua	*2	2	2	2	2	10
<i>Bacillus thuringiensis</i>	2	5	5	0	5	17
<i>Baeuveria bassiana</i>	20	20	20	20	20	100
Larvas negras Jal. 1	0	2	0	2	0	4
Larvas con virus Dgo. 1	2	2	2	2	2	10

*Criterio de evaluación de la Mortalidad 0= no mortalidad, 2= 1 a 5 larvas muertas, considerado como incidental o por manejo de larvas, 5= de >5 a <10 larvas muertas, mortalidad ligera, si efecto de tratamiento pero ligero, 20= mitad de la población muerta o con mortalidad muy aparente.

Bacterias

La bacteria *Bacillus thuringiensis* se ha aislado de muestras del suelo, de la superficie de plantas, de insectos muertos y de granos almacenados. Los aislamientos muestran un amplio rango de especificidad contra diversos ordenes de insectos, incluyendo Lepidoptera, Diptera, Coleoptera, Hymenoptera, Homoptera, Phthiraptera, Mallophaga, Acari y otros invertebrados como nematelmintos y platelmintos (Feiltelson, 1993 citado por García-Robles *et al.*, 2001).

En los bosques se emplean por lo general las preparaciones de *B. thuringiensis* contra plagas de Lepidopteros y no contra de Hymenopteros. En este sentido existe información en Austria y Rusia donde no se obtuvo control de *Neodiprion sertifer* (Geoffroy) (Pelletieri *et al.*, 1997; Gulii, 1972 y Donaubauer and Schmutzenofer, 1973 citados por Fuxa *et al.*, 1998). Aunque en Virginia, (E.U.) se menciona que brotes de *Neodiprion lecontei* (Fitch) pueden ser controlados con aspersiones *B. thuringiensis* (Day, 1996). Mientras que en Polonia se está investigando la actividad de aislamientos de *B. thuringiensis* contra *Diprion similis* (Hartig), *D. pini* y *Macrodiprion nemoralis* Enslin, 1917 encontrando cepas prometedoras que ocasionan hasta 90% de mortalidad en larvas de *D. pini* después de 11 días (Sierpínska, 2005).

Se reporta que las cepas PS140E2, PS86Q3 y PS211B2 tienen actividad contra Hymenopteros como la hormiga *Monomorium pharaonis* L. Al evaluarlas contra la mosca sierra común de los pinos (*D. pini*) y contra la mosca sierra que forma telarañas en *Picea*, (*Cephalcia abietis* L.), García-Robles *et al.* (2001) encontraron

que solo la cepa PS86Q3 mostró ser tóxica a *D. pini* ocasionando 35% de mortalidad de larvas al aplicar 5 µg de proteína cristal solubilizada en agujas de pino, aunque la mortalidad se incrementó al 71% al utilizar la proteína de 75 kDa. La cepa PS86Q3 tiene un cristal bipiramidal compuesto de cinco proteínas de 155, 135, 116, 97 y 58 kDa, de las cuales la proteína de 155 kDa provee la toxina Cry5B por la secuencia terminal N, mientras que las otras son Cry5A, aunque estas últimas sean fragmentos proteolíticos de la misma proteína ya que mediante PCR se observó que esta cepa solo contiene genes Cry5Ac y Cry5Ba. Además se considera que la Cry5A es específica contra himenopteros y utiliza los mismos pasos en el mecanismo de acción que las toxinas Cry1 (García-Robles et al., 2001).

Otras bacterias que se han evaluado contra moscas sierra son *Enterobacter cloacae* Jordan, 1890/Hormaeche, 1960 y *Streptococcus* sp., que bajo condiciones de laboratorio ocasionaron el 50- 60% de mortalidad en *D. similis* (Glowacka-Pilot, 1983).

Virus

Los virus representan a los microorganismos más especializados y se definen como entidades submicroscópicas, intracelulares y patogénicas, constituidos básicamente por la presencia de un ácido nucleico (DNA o RNA de cadena doble o sencilla) que contiene la información genética del virus y una cápsida o cubierta proteínica, la forma de esta última sirve para identificar al grupo que pertenece. (Ibarra y Del Rincón, 1998).

Los Virus de Poliedrosis Nuclear causan enfermedades específicas y virulentas llegando a controlar a las moscas sierra por varios años. Las larvas recién muertas son blandas y negras y se encuentran colgando boca abajo en el follaje (Dixon, 2004) (Figura 40). Las larvas sanas se infectan al comer el follaje cubierto de virus. La lluvia disemina la enfermedad dentro del árbol, mientras que los carroñeros, pájaros y parasitoides la dispersan entre localidades. La mortalidad se presenta a los cuatro días después de la ingestión pero la mayor mortalidad ocurre a los diez días. Larvas con infecciones ligeras o infectadas al final de su desarrollo pueden pupar y el adulto puede transmitir el virus a través de sus huevecillos, lo cual ocasiona mortalidad en la siguiente generación. Los primeros



Figura 40. Larvas de *Zadiprion* spp. muertas por una enfermedad viral. Se tornan negras y quedan colgando de las agujas a) Talayotes, Moris, Chihuahua b) El Pachón, Pueblo Nuevo, Durango. Fotos: Ernesto González Gaona, CEPAB.

estadios son más susceptibles que los últimos. Los virus son muy específicos para cada especie y no pueden ser reproducidos *in vitro* por lo cual se requiere el aumento del inóculo en campo (Wilson, 1976; Thuston, 2000).

En Rusia y Siberia se aisló al virus *Birdiavirus diprionis* de *Diprion similis* (Gulli, 1971 citado por Fuxa *et al.*, 1998). Un virus aislado de *Neodiprion lecontei* (Fitch) denominado como lecontvirus en E.U. y Canadá ocasionó mortalidades superiores al 90% después de 15 días de su aplicación en forma aérea (Johnson *et al.*, 1978; De Groot *et al.*, 1979; Podgwaite *et al.*, 1986; Cunningham *et al.*, 1987).

En Canadá se trataron 15,000 ha con un virus de poliedrosis nuclear aislado de *Neodiprion abietis* en 1997 para proteger abeto de navidad *Abies balsamea* (L.) Mill. contra el ataque de *Neodiprion abietis* Harris. Este producto es considerado como seguro eficaz y económico para el control de brotes epidémicos de *N. abietis* (Moreau *et al.*, 2005; Lucarotti *et al.*, 2007). Existen otros productos para el control de moscas sierra que contienen virus contra *N. sertifer* (Geoffroy) (Zarin and Augstkalnin, 1976; Glowacka *et al.*, 1987; Kulikouskii, 1984 citados por Fuxa *et al.*, 1998; Podgwaite *et al.*, 1984). Este tipo de productos, son muy específicos lo cual los hace ideales para su empleo en campo ya sea por vía terrestre o aérea, ya que no se disturba el ambiente al no tener efecto contra otros organismos no objeto de control. Sin embargo, esta misma especificidad también es causa de su pobre desarrollo en plagas de poca distribución o plagas regionales.

Las enfermedades virales se convierten en importantes factores de mortalidad en brotes epidémicos prolongados, un indicio de que el brote está colapsando es la aparición de numerosas larvas muertas colgando de las agujas (Dixon, 2004; Olofsson, 1987).

Depredadores

La mayoría de los insectos depredadores de moscas sierra se ubican dentro de los órdenes Diptera, Hymenoptera, Heteroptera, y Coleoptera (Olofsson, 1987; Lindstedt *et al.*, 2006), aunque también se reporta la depredación por pequeños mamíferos como topos, musarañas, mapaches, roedores, (Buckner y Turnock, 1965; Hanski y Parviainen, 1985; Herz y Heitland, 2003; Day y Salom, 2009), aves, ranas y araneos (Figura 41); aunque estos más bien se consideran enemigos naturales y no agentes de control biológico manipulados por las personas para reducir las moscas sierra. Una excepción es la introducción de las hormigas *Formica lugubris* Zetterstedt y *F. obscura* Forel a Quebec con la finalidad de controlar a *Neodipiron swainei* Middleton (Finnegan, 1975; Willamson, 1973).

Parasitoides

Aunque existen parasitoides de huevecillos, larvas y pupas. En México el estadio más afectado es el de larva, debido a que son muy vulnerables por sus hábitos de alimentarse externamente sobre las agujas de los pinos, aunque la emergencia de los parasitoides se observa en el estado de pupa. La mayoría de los parasitoides pertenecen a los Dipteros (familia: Tachinidae) e Hymenopteros (familias: Ichneumonidae, Braconidae, Perilampidae, Pteromalidae y Eulophidae). Otras familias de hymenopteros asociados como parasitoides de moscas sierra son: Aulacidae, Ibalidae, Stephanidae, Chrysididae, Ropronidae, Orussidae y Trigonalidae (Wagner y Raffa, 1993).



Figura 41. Ejemplos de depredadores de moscas sierra. a) rastros de depredación sobre pupas de *Zadiprion* sp. en Moris Chihuahua, b) Chinche Pentatomidae depredando sobre larvas de *Monoctenus sanchezi*, c) ácaro depredador atacando larvas de *Neodiprion omosus* en San Juan Nuevo Parangaricutiro, Michoacán, d) chinche del género *Pselliopus* en *J. sp.* afectado por *M. sanchezi*. Fotos a), b) y d): Ernesto González Gaona, CEPAB. Foto c): Víctor Manuel Coria Avalos, CEURAPAN.

En condiciones de brotes epidémicos se observan gran cantidad de especies de parasitoides pero con niveles de parasitismo bajos, mientras que en condiciones endémicas los que regulan los incrementos son solo una o dos especies de parasitoides con altos niveles de parasitismo (Hertz y Heitland, 2003).

Es muy importante conocer la fauna de parasitoides presentes en las zonas de ataque endémico y utilizar las especies nativas, ya que si se introducen especies de otras regiones es muy probable que no funcionen ya sea por inadaptación a las condiciones de la región o porque el hospedero no sea adecuado para la ovoposición como ocurrió con las introducciones de *Trichogramma minutum* Rlg. parasitoide de huevecillos y *Dahlbominus fucipennis* Zett. parasitoide de prepupas importados de Canadá; en donde no se obtuvieron resultados satisfactorios (Mayo, 1983).

Identificación de parasitoides

De los cocones pueden emerger adultos de moscas sierra, parasitoides o no emerger nada, esto debido a que la prepupa se murió por desecación o por un entomopatógeno. Cuando se muestrea el piso del suelo de los árboles muy defoliados podemos encontrar puparios de ataques de varios años con o sin agujeros de emergencia.

Se ha observado que los diferentes parasitoides presentan un modo característico de emerger. Las moscas sierra al emerger empujan un extremo del pupario ocasionando que se rompa el integumento como un agujero circular de mismo grosor del pupario quedando todo un extremo sin cubierta, y el interior queda vacío (Figura 42).



Figura 42. Emergencia de mosca sierra a) apariencia externa de un pupario del cual emergió un adulto de mosca sierra y b) disección de un pupario de *Zadiprion falsus* donde se observa la pupa en su interior. Foto a): Ernesto González Gaona, CEPAB. Foto b): Francisco Bonilla Torres, CONAFOR- Jalisco.

En el caso de la emergencia de las moscas Tachinidae se observa en la punta de un extremo una especie de agujero con pedazos del integumento proyectados hacia el exterior, ocasionado por la ruptura de la pared de la pupa por una presión del interior hacia el exterior ya que la mosca para emerger empuja con la cabeza y rompe la pared del pupario. En el interior se observa una pequeña pupa de forma cilíndrica (Figura 43).



Figura 43. Emergencia de moscas Tachinidae de puparios de mosca sierra, a) vista lateral, b) vista superior, c) disección de un pupario y d) adulto de mosca Tachinidae. Fotos: Ernesto González Gaona, CEPAB.



Figura 44. Apariencia de cocones después de la emergencia de parasitoides, a) prepupa de *Zadiprion falsus* atacada por una larva de parasitoide, b) disección de un cocón mostrando la pupa de una avispa parasitoide de un cocón, c) emergencia de una avispa parasitoide de un cocón, d) agujero de emergencia de una avispa parasitoide, e) pupario mostrando dos agujeros de emergencia indicativo de la presencia de un hiperparasitoide, f) disección de un cocón mostrando el agujero de emergencia desde la larva de la mosca sierra. Foto a): Francisco Bonilla Torres, CONAFOR-Jalisco. Fotos b), c), d), e), y f): Ernesto González Gaona, CEPAB.

La emergencia por avispa parasitas. Se observa un agujero de forma circular en un extremo del cocón (Figura 44) debido a que la avispa tiene un aparato bucal masticador y con sus mandíbulas realiza una perforación en la pared de la pupa, en ocasiones se observan perforaciones circulares en la porción media de la pupa. Esto puede ser debido a la emergencia de hiperparasitoides. En el interior se observa una cápsula de color blanquecino de apariencia algodonosa.

En el caso de moscas de la familia Bombyliidae, la emergencia se observa en un extremo pero el agujero resultante es con bordes irregulares (Figura 45) debido a que la pupa de la mosca Bombyliidae



Figura 45. Aspecto de un pupario de mosca sierra, cuando emergió un parasitoide de la familia Bombyliidae, a) cocón mostrando los cortes irregulares ocasionados por la pupa del parasitoide y b) adulto de *Hemipenthes jaennickeana* en *J. flaccida* en Armadillo de los Infante, San Luis Potosí. Fotos: Ernesto González Gaona, CEPAB.

tiene dientes o picos esclerosados en la porción anterior con los que daña la pared de la pupa de la mosca sierra. Una vez en el exterior, emerge la mosca parasita por la porción anterior de la cabeza de su pupa.

Ichneumonidae

Los Ichneumonidae es la familia de avispas parasíticas con mayor número de especies detectadas en los bosques templados y tropicales. En México se reportan alrededor de 1,000 especies, todas son parasitoides de insectos holometábolos de los órdenes Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, Lepidoptera Neuroptera y Tichoptera, entre otros. La principal característica para distinguir a los adultos de esta familia es la celda discosubmarginal del ala anterior formada por la fusión de las celdas primera discoidal y submarginal, además de la venación del ala anterior donde la radiomediela (rs-m) se origina de la radiela (Rs) después de que se divide cerca de la Sc + R (Kasparyan y Ruiz, 2005).

Las subfamilias que atacan moscas sierra son: Rhyssinae, Tryponinae, Adelognathinae, Cryptynae, Ctenopelmatinae y Campopleginae. Los cryptinos ovipositan a través de la pared del cocón o del tejido vegetal, la larva, prepupa o pupa hospedera es picada, lo cual ocasiona que se paralice y el huevecillo es colocado externamente (Kasparyan y Ruiz, 2005).

De los Cryptynae, los miembros de la tribu Hemigasterini son comunes en bosques del norte y boreales, algunos géneros que son parasitoides de moscas sierra son: *Aptesis*, *Cubocephalus*, *Endasys*, *Pleolophus*

y *Oresbius*. Aunque de la región Neotropical y de México solo se conocen los géneros *Oxytaenia*, *Platymystax* y *Polytribax*. Mientras que de la tribu Cryptyni los parasitoides más conocidos de estas plagas son: *Agrothereutes abbreviator* Fabricius, *A. lophyri* Norton, y *Caenocryptus oregonensis* Cushman.

De la tribu Phygadeuontini, los géneros reportados para moscas sierra son: *Endasys* y *Aptesis* (Kasparyan y Ruiz, 2005). En Michoacán se reportó que *Endasys subclavatus* (Say) ocasionó un 10% de mortalidad de prepupas de *Zadiprion falsus* en la meseta Tarasca Michoacán (Cisneros, 1970).

Endasys subclavatus (Say 1835), se le ha detectado asociados a *Gilpinia hercyniae* (Hartig 1839), *Neodiprion banksianae* Rohwer 1955, *Pristiphora* sp y *Zadiprion* sp (Sick kiYu, 2012)

De los Tryponinae las tribus que tienen representantes de parasitoides de moscas sierra son Tryponini y Exenterini. En el centro norte de México se detectaron 3 especies del género *Exenterus* detectadas en Chihuahua, Jalisco y San Luis Potosí (Figura 46).

Exenterus Hartig 1837. Este parasitoide presenta una distribución muy amplia ubicándosele en el este y oeste de la zona Paleártica, Europa, zonas Neartica y Oriental. Se le ha asociado con las moscas sierra: *Cephalica abietis* (Linnaeus 1758), *Croesus* spp., *Diprion* spp., *Gilpinia* spp., *Microdiprion pallipes* (Fallen 1808), *Monoctenus* spp, *Monophadrioides geniculatus* (Hartig 1837), *Nematus* spp., *Neodiprion* spp., *Pontaria proxima* (Lepeltier 1823), *Pristiphora* spp. y *Zadiprion towsendi* (Cockerelli 1898) (Sick kiYu, 2012).

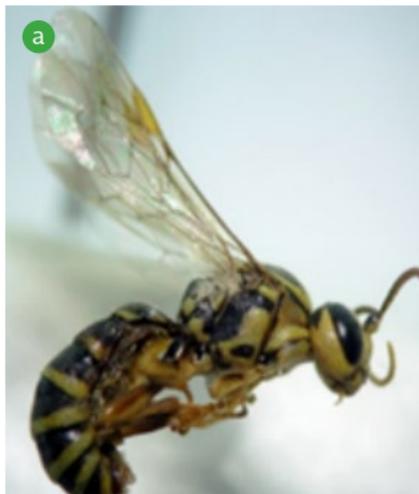


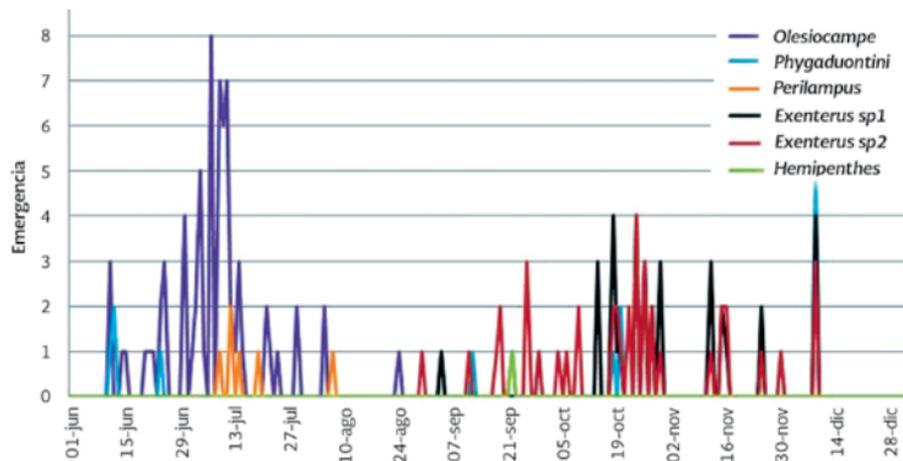
Figura 46. Parasitoides del género *Exenterus* a) detectado en Jalisco sobre *Zadiprion falsus* y b) detectado en San Luis Potosí atacando a *Monoctenus sanchezi*. Fotos: Adriana Huerta Ramírez, UAZ.

De los Campopleginae, la tribu Campoplegini presenta el género *Olesicampe* que es considerado como el parasitoides más importante de las moscas sierra en el centro norte de México, detectándosele en Aguascalientes, Chihuahua, Durango, Guerrero, Jalisco, Morelia y San Luis Potosí (Figura 47). La fluctuación poblacional de los diferentes parasitoides en Durango se muestra en la figura 48, no se observa la presencia de tachinidos debido a que la toma de muestras se realizó después de la emergencia de estos parasitoides.



Figura 47. Parasitoides de mosca sierra a) *Olesicampe* sp y b) parasitoides no identificado de la tribu Phygadeuontini. Fotos: Adriana Huerta Ramírez, UAZ.

Figura 48. Fluctuación poblacional de parasitoides de mosca sierra *Zadiprion falsus* de El Pachón, Pueblo Nuevo Durango, ciclo 2012.



Olesicampe Forster 1869, se le asocia con los géneros de moscas sierra: *Acantholyda*, *Aglaostigma*, *Allantus*, *Calirpa*, *Cephalcia*, *Cimbex*, *Croesus*, *Diprion*, *Dolerus*, *Gilpinia*, *Heterarthrus*, *Hoplocampa*, *Macrodiprion*, *Microdiprion*, *Nematus*, *Neodiprion*, *Neurotoma*, *Pachyprotasis*, *Pampilius*, *Pikonema*, *Platycampus*, *Pristiphora*, *Pseudoclavellaria*, *Siobla*, *Strongylogaster*, *Tenthredo*, *Trichiocampus*, *Trichiosoma*, y *Zaraea* (Sick kiYu, 2012).

Perilamidae

La familia tiene distribución mundial son hiperparasitoides de Lepidopteros, Tachinidos e Ichneumonidos o parasitoides de barrenadores de madera (Anobidae y Platypodidae), así como de Curculionidae y menos comúnmente de Hymenoptera (Sphecidae), Orthoptera y Neuroptera (Chysopidae) (Van Noort, 2004). Presenta dos subfamilias Perilampinae con cerca de 200 especies y 25 géneros y Chrysolampine con 25 especies y cinco géneros a nivel mundial (Grisell y Schauff, 1990). En la región Neartica se presentan cinco géneros y cerca de 40 especies (Darling, 1997). Los hiperparasitoides pueden disturbar el efecto de los parasitoides y ocasionar que la población de la plaga se mantenga en niveles epidémicos. En la figura 49 se muestra la fluctuación poblacional de un brote epidémico de *Monoctenus* y sus parasitoides donde se observa que existe una alta incidencia de *Perilampus*.

Esta familia se caracteriza por su cuerpo corto y jorobado, con el abdomen triangular en vista dorsal y lateral, de color azul-verde metálico aunque existen especies negras. El tórax presenta numerosas punciones. El abdomen está cubierto por los dos primeros tergitos (Grisell y Schauff, 1990).

Monoctenus sanchezi, La Barranca Armadillo de los infante SLP (2012)

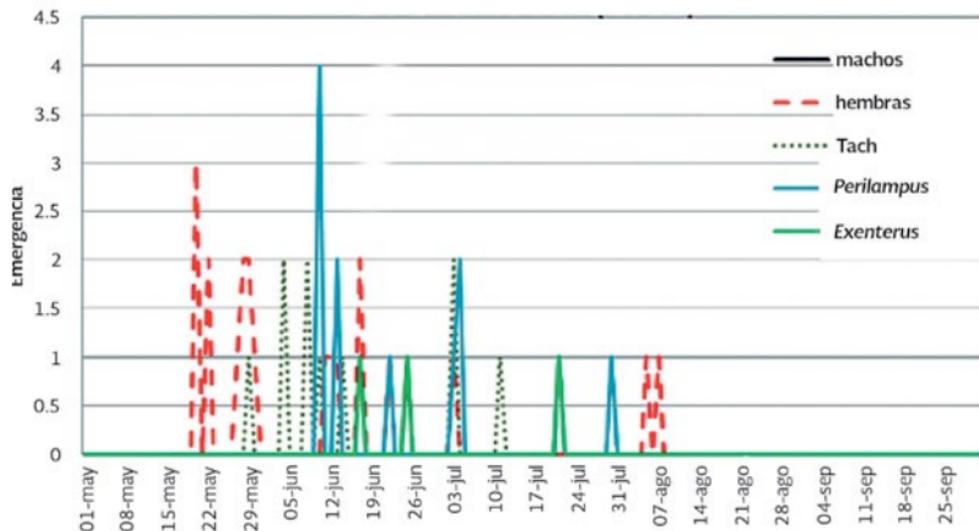


Figura 49. Fluctuación poblacional de *Monoctenus sanchezi* y de sus parasitoides en La Barranca, Armadillo de los Infantes, San Luis Potosí. Ciclo 2012.

De acuerdo con las claves proporcionadas por Darling (1997) el género detectado asociado con las moscas sierra en el centro norte de México es *Perilampus* Latreille (Figura 50). El cuerpo es azul-verde metálico con el tórax arqueado como una joroba con numerosas punciones. Pronoto sin proyecciones. El metasoma es triangular sésil o con un peciolo corto y en caso de que este peciolo sea más largo que ancho, entonces presenta una ruga en posición dorsal, los dos primeros tergitos cubren el resto



Figura 50. Vista lateral de *Perilampus* sp. probable hiperparasitoide de las moscas sierra del Centro Norte de México. Fotos: Ernesto González Gaona, CEPAB.

del abdomen, razón por la cual se ve liso y brillante. La cabeza presenta “sulcus malar” (proyección endurecida como una quilla en vista lateral entre la zona inferior del ojo y las partes bucales) o en su ausencia la región malar presenta una costa obliqua. Mandíbulas asimétricas, la derecha con tres dientes y la izquierda con dos. Perpectus ancho y triangular casi tan ancho como el pronoto adyacente al cual está fusionado. Las alas con venación reducida, presentan una vena marginal no más de tres veces la longitud de la vena estigmal (Darling, 1997).

Tachinidae

Los Tachinidae son una de las familias con más especies dentro de Diptera con casi 10,000 especies descritas a nivel mundial. Tienen hábitos endoparasíticos en insectos y otros artrópodos, cerca de 1,000 especies se han empleado en programas de control biológico de plagas de cultivos y bosques. La mayoría emerge del estado pupal de su hospedero y ninguno ataca pupas o huevecillos. Los tachinidos necesitan depositar los huevecillos externamente en el hospedero o cerca de ellos y las larvas pequeñas necesitan entrar al cuerpo del hospedero. Son conocidos como Koinobiontes que hacen que el hospedero continúe su desarrollo mientras ellos se desarrollan en su interior, muchas especies son polífagas y se han criado de docenas de hospederos en múltiples familias (Stireman *et al.*, 2006).

Méndez (1983) cita que los ichneumonidos *Lamachus* sp. y *Styloryptus* sp. y el tachinido es *Spathimeigenia mexicana* llegan a ocasionar un 20.5% de parasitismo sobre *Zadiprion falsus* en Michoacán. Los tachinidos son los primeros en emerger después emergen las moscas sierra siguen los ichneumonidos y al final las moscas bombiliidae. En el Centro Norte de México se ha detectado dos géneros *Winthemia* y *Chetogena* (Figura 51), al parecer son parasitoides generalistas que ponen los huevecillos sobre el follaje de donde las larvas de moscas sierra los consumen.

Bombyllidae

Son moscas de tamaño pequeño a grande con tonos variados y brillantes colores, las alas presentan patrones de color, vena transversa m-cu casi siempre ausente. Probosis a menudo muy larga y ojos sin pelos. Las



Figura 51. Moscas de la familia Tachinidae parasitoides de moscas sierra de los géneros a) *Winthemia* y b) *Chetogena*. Fotos: Adriana Huerta Ramírez, UAZ.

antenas de uno a cuatro flagelomeros, el primero agrandado el resto formando un estilo. El cuerpo cubierto con pelos delicados y escamas o ambos, el tórax no presenta pelos fuertes o desarrollados, aplanado o jorobado. Las patas delgadas sin pelos excepto en el ápice de las tibias. Abdomen corto y ancho, alargado o cilíndrico algunas veces cubiertos densamente de pelos o escamas (Hall, 1987).

Se ubican en una gran variedad de hábitats y ecosistemas desde 10 km del Océano Ártico en Canadá, atravesando todas las altitudes hasta el sur en la Tierra de Fuego. Se les encuentra desde los 3,500 msnm en los montes Himalayas a los 200 m bajo el nivel del mar en las orillas del mar muerto. Se le encuentra en todos los continentes con excepción del Antártico y en muchas islas oceánicas (Kits *et al.*, 2008).

Los adultos son voladores ágiles que se alimentan de polen para desarrollar sus ovarios, por lo cual son considerados como los mayores polinizadores de plantas en regiones desérticas. Todas las especies tienen hábitos parasíticos alimentándose de larvas, pupas o ambos de una variedad de especies de lepidópteros, himenópteros, coleópteros, dípteros, neurópteros y también sobre huevecillos de chapulines (Hall, 1987).

La familia Bombyliidae es representada a nivel mundial por alrededor de 4,500 especies de los cuales el 65% se encuentra en México y E.U., el 20% en Centroamérica y 15% en la zona del Caribe. En México existen diez subfamilias con 46 géneros y 390 especies descritas (Evenhuis y Greathead, 1999).

De acuerdo con las claves de Bombyliidae proporcionadas por Hall (1987) el género que está afectando a las moscas sierra presentes en el centro norte de México es *Hemipenthes*. Las moscas de este género son de 5 a 14 mm con la cara redonda, antenas con flagelómeros subcónicos con la base estrechándose en un estilo apical. Las alas presentan la base con pigmentación pudiendo ser débil pero no completamente hialina. Tibia anterior lisa, sin pelos con un surco individual de pelos negros en la superficie posterior ventral. Pertenecen a la tribu Villini o subfamilia Anthracinae con 85 especies distribuidas principalmente en la región Palearctica, Nearctica y Neotropical con especies parasitoides o hiperparasitoides de hymenoptera y otros dípteros (Avalos-Hernández, 2009).

La especie detectada en el centro norte de México fue *Hemipenthes jaenickeana* (Osten Saken) (Figura 52). La descripción de la especie es dada por Avalos-Hernández, 2009, es muy similar a *Hemipenthes sinuosa* (Wiedemann) y *Hemipenthes blanchardiana* (Jaenicke) pero se pueden diferenciar de la primera por la presencia



Figura 52. Adulto de mosca *Hemipenthes jaenickeana* parasitoide de moscas sierra en el centro norte de México.
Fotos: Ernesto González Gaona, CEPAB.

de la vena transversa entre R_4 y R_{2+3} y de la segunda por la pigmentación de la celda r_5 que está pigmentada solo la mitad. *H. jaenickeana* se encuentra ampliamente distribuida en E.U. (Alabama, Arkansas, Arizona, California, Colorado, Florida, Idaho, Illinois, Kansas, Massachusetts, Michigan, Montana, Nebraska, Nevada, Nueva Jersey, Nuevo México, Nueva York, Ohio, Oregon, Texas, Utah y Wyoming) y México (Aguascalientes, Chiapas, Coahuila, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, México, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla y Sonora). Con las detecciones de este estudio se pueden agregar los estados de Chihuahua, Jalisco y San Luis Potosí.

Feromonas

Los insectos se comunican mediante sonidos y olores químicos. Pueden ser las sustancias volátiles que despiden el hospedero llamadas “allomonas”, mientras que los semioquímicos que despiden los insectos para mandar mensajes a otros de la misma especie son denominados como feromonas; dentro de estas existen las sexuales que tienen como objetivo la búsqueda del sexo opuesto con la finalidad de copular y por lo general se obtienen de hembras vírgenes. Las feromonas de marcaje sirven para anunciar que el tejido ya está ovipositado y para su aislamiento se emplea parte del tejido dañado. Existen también las feromonas de senderos que es común observar en hormigas o las de agregación de machos utilizadas por coleópteros, entre otras.

Los primeros estudios sobre feromonas sexuales de moscas sierra se realizaron por Coppel y colaboradores (1960) que evaluaron el efecto de hembras vírgenes de *Diprion similis* promediándose capturas de 1,000 machos por hembra virgen encerrada por trampa, ellos señalan también el caso de una hembra que en las primeras cinco horas de vida atrajo 7,000 machos y después atrajo 1,000 machos por día hasta que murió (Anderbrant, 1993).

Los atrayentes sexuales para *Diprion similis* Hartig y *Neodiprion lecontei* fueron caracterizados como propionato en *D. similis* y acetato en *N. lecontei* del alcohol 3,7 dimetil-2-pentadecanol (Jewett et al.,

1976) que se denominó como Diprionol (Kraemer *et al.*, 1981); sin embargo, esta molécula presenta tres carbonos quirales con ocho posibles isómeros ópticos y no fue hasta 1990 que se sintetizaron mediante cromatografía quiral de gas (Anderbrant, 1993). Las moscas sierra para las cuales se ha determinado la feromona son: *Diprion jigyuansensis*, *Diprion nipponica* Rohwer, 1910, *Diprion pini* L., *Macrodipteron nemoralis* Enslin, 1917, *Neodiprion dailingensis* Xiao *et Zhou*, *N. sertifer*, *Cephus cinctus* Norton, 1872 y *Janus integer* (Keeling *et al.*, 2004).

Para el género *Zadiprion* no existen estudios sobre la detección de volátiles. Dentro de la actividades del proyecto CONAFOR 2010-CO2: 147913 se obtuvieron volátiles aislados de *Zadiprion falsus* mediante cromatografía de gases que se muestran en las figuras 53 y 54 y el Cuadro 2.

En general los aislamientos se caracterizaron por una “baja” recolecta de volátiles, considerando que las fibras de SPME en periodos de 5 a 20 min pueden capturar cantidades suficientes de volátiles vegetales o de insectos. El compuesto de mayor captura en las hembras fue el Cariofileno (T.R. 9.54 min) que es un conocido volátil “verde”; probablemente producto de la presencia o digestión del material vegetal (*Pinus* sp). Hubo presencia de contaminantes (T.R. 13.65 min) probablemente por el uso reiterado de fibras y compuestos como alcohol fenilo etil, hexadecano o trans-3-pinanon que pueden ser precursores de la feromona o elementos de atracción secundarios (González y Tafoya, 2013).

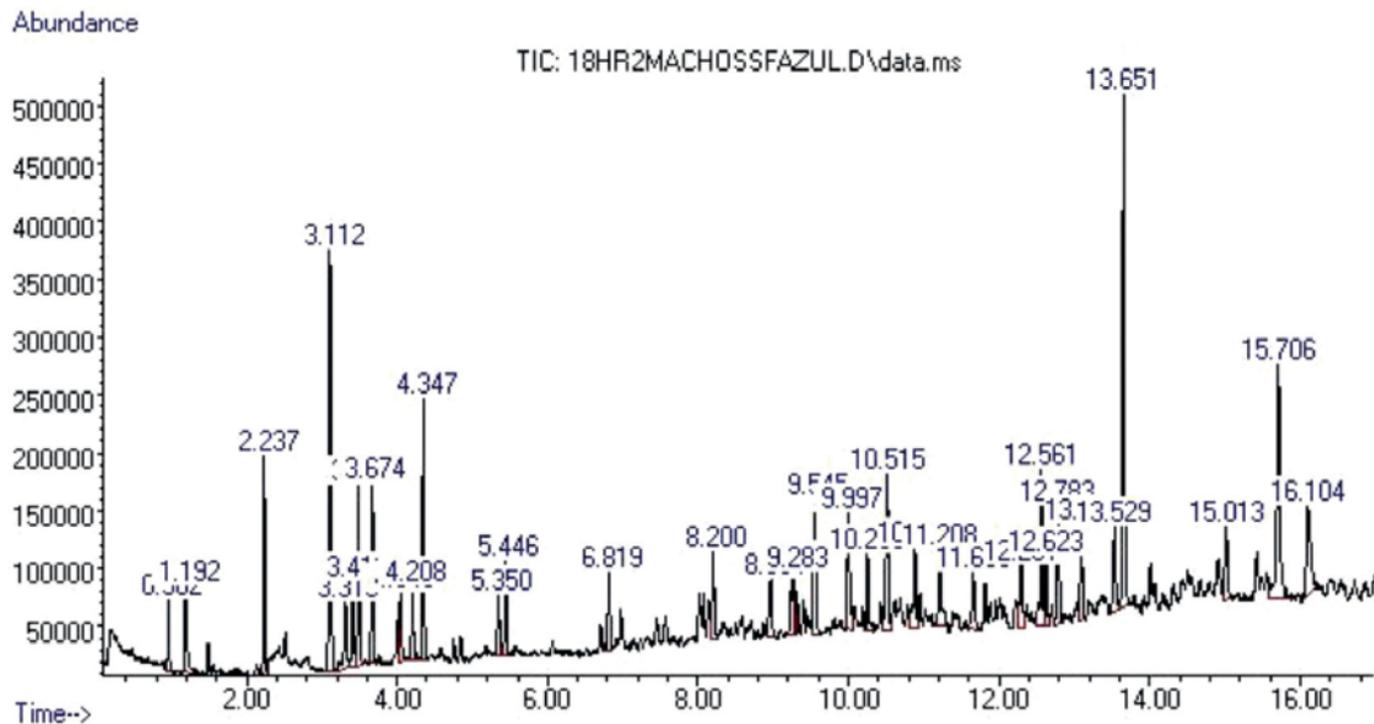


Figura 53. Perfil de compuestos de hembras adultas de moscas sierra (*Zadiprion falsus*) aislados mediante la técnica de aireación dinámica. Dos hembras, 18 h de captura de volátiles y fibra azul de polidimetilsiloxano/divinilbenceno.

Cuadro 2. Comparación de compuestos según la biblioteca NIST 98 y tiempos de retención para aislamiento de machos y hembras de moscas sierra (*Zadiprion falsus*) con la técnica de SPME.

Tiempo de Retención	Compuesto	Hembras	Machos
0.964	[Trimetil amina [86	√	√
2.22	[α pineno [95	√	√
3.11	[β pineno [91		√
3.47	[Xileno [89	√	
4.2	[Limoneno [94		√
4.34	[β felandreno [90		√
6.81	[Nonanal [52		√
8.07	[etil - 1-Hexanol [14 2		√

8.96	[trans-3-Pinanon [94		√
9.28	[Hexadecano [83		√
9.54	[Cariofileno [96	√	√
10.88	(Beta cubebeno (sintético	√	
12.29	[Ácido heptanoico [72		√
12.56	[Ac. Butanoico butil ester [86	√	
13.09	[Alcohol fenil etil [87	√	√
13.64	(Benzothiazole" [93] Compuesto sintético (contaminante"		
15.42	[Etanol, 2 fenoxi [55		√
15.51	[Ácido hexadecanoico [72	√	
15.07	(Morpholine, 4 octadecil (sintético"		√

Empleo de las feromonas

El monitoreo es la forma más común de empleo de las feromonas en el manejo de plagas con la finalidad de responder las preguntas ¿dónde?, ¿cuándo? y la ¿cantidad qué existe? en una área determinada de la especie bajo estudio o bien estudios sobre la distribución y determinación del rango de dispersión de la especie a nivel regional como se utilizó en *D. similis* para determinar su rango en North Carolina, Virginia y Tennessee (Thomas *et al.*, 1982) o la determinación de la fenología en *N. lecontei* (Wilkinson *et al.*, 1982), *D. pini* y *N. sertifer* (Hertz *et al.*, 2000), *Diprion jingyuanensis* (Zhang *et al.*, 2005).

Otras estrategias del uso de las feromonas es el trapeo masivo empleado para suprimir la densidad de la población residente (Mertins *et al.*, 1975) y como disruptores de la copulación con la finalidad reducir las copulaciones e inseminación exitosa de las hembras (Anderbrant *et al.*, 1998), debido a que los machos no encuentran a las hembras al liberarse altas tasas de liberación de feromona (25 ug/día durante el primer mes) (Mertins *et al.*, 1975; Anderbrant, 1993). Las hembras no fertilizadas pondrán teóricamente huevecillos que darán origen a machos lo cual afecta la densidad de población del siguiente año (Martini *et al.*, 2002)

Respecto a deterrentes se ha observado que las hembras de *Neodiprion fulviceps* Cresson no ovipositan en agujas de pino asperjadas con agua de agujas ovipositadas por la misma especie, lo cual es indicativo de una feromona deterrente de la ovoposición (Tisdale y Wagner, 1991).

Agradecimientos

Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal (CONACYT-CONAFOR).

Al Biól. Jesús Cortés Aguilar, Ing. Yanet B. García Cruz, Ing. Abel S. Juárez Cortéz y al Biól. Óscar de León Lara por el apoyo y el trabajo realizado en la revisión del presente manual técnico.

En 2012 se agradece las facilidades prestadas por la Gerencia de Sanidad Forestal de la CONAFOR y al personal operativo por las atenciones y por el auxilio en la selección de los sitios de recolecta del material vegetativo). A la Sra. Dora Alicia Amezcua, Sr. José Guzmán Medina y al Sr. Francisco Saldaña por el apoyo para la realización de experimentos de control de moscas sierra en sus predios en las zonas de Durango, Jalisco y San Luis Potosí respectivamente.

Al Centro Nacional de Referencia de Hongos Entomopatógenos (SNRHE) de la subdirección de Control Biológico de Sanidad Vegetal del SENASICA, por la donación de cepas de *Beauveria bassiana* evaluadas durante el presente proyecto. Al Dr. Alejandro González Hernández de la UANL por el apoyo para la identificación de los parasitoides.

Al Sr. Rafael Hernández Ávila y al Ing. Héctor Rogelio Reyes Phillips por el apoyo para la realización de las recolectas de material biológico.

LITERATURA CONSULTADA

Álvarez, Z. R. 1987. Insectos forestales presentes en los bosques de coníferas en el estado de Durango. *In: Memorias del Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal IV y IV Reunión sobre plagas y enfermedades forestales*, Durango, México. SARH, México. Publicación Especial Núm. 59. pp. 802 - 821.

Álvarez, Z. R. y M. A. Márquez L. 1991. Diagnóstico fitosanitario de la Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal No 4 "La Victoria - Miravalles", San Dimas, Durango, México. CIIDIR - IPN. Unidad Durango. 73 p.

Álvarez-Zagoya R., y V. M. Díaz-Escobedo. 2007. Enemigos naturales de la mosca sierra *Zadiprion falsus* Smith (Hymenoptera: Diprionidae) en Durango. *In: Memorias del XIV Simposio Nacional de Parasitología Forestal*. SEMARNAT- CONAFOR- INIFAP - Fundación Produce Aguascalientes, Aguascalientes, México. pp. 137-143.

Avalos-Hernández, O. 2009. A review of the North American species of *Hemipenthes* Loew 1869 (Diptera: Bombyliidae). *Zootaxa* 2074: 1-49.

Anderbrant, O. 1993. Pheromone biology of sawflies. *In: Sawfly life history adaptations to woody plants*. Wagner, M. R. and K. F Raffa (eds.). Academic Press Inc. New York. pp. 119-54.

Anderbrant, O., H. E. Hogberg, E. Hedenstrom and J. Lofquist. 1998. Towards the use of pine sawfly pheromones in forest Protection: Evaluation of behavioral antagonist for mating disruption of *Neodiprion sertifer*. In: Proceedings Population Dynamics, Impact and Integrated management of Forest defoliating Insects. M. L. McManus and A. M. Liebhold (eds.) USDA Forest Service. General Technical Report NE-247. pp 53-63.

Braud, R. A. 2001. Diversity, abundance and the effect of *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* Berliner and Gypechek™ on larval and adult Symphyta in Virginia and West Virginia. MSC Thesis. West Virginia University.

Bryant, J. P. F., F. S. Chapin III and D. R. Klain. 1983. Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. *Oikos* 40: 357-368.

Buckner, C. H. and Turnock, W. J. 1965. Avian predation on the larch sawfly *Pristiphora erichsonii* (Htg.) (Hymenoptera: Tenthredinidae). *Ecology* 46: 223-236.

Cassian, S. J. M., R. Miranda, S., S. Salazar, H., D. Cibrián, T. 1987. Manejo de plagas y enfermedades en El Salto, Durango. In: Memorias del XX Reunión del grupo de estudios sobre insectos y enfermedades forestales de América del Norte. (COFAN), Durango, Durango, México. 8p.

Castro, C. J. 1981. Contribución al estudio de la biología del defoliador de pino *Neodiprion fulviceps* (Cresson) complex (Hymenoptera: Diprionidae) en el estado de Chihuahua. *Ciencia Forestal* 6: 43- 51.

Cibrián, T. D., J. T. Méndez, M., R. Campos, B., H.O. Yates III, J. Flores, L., 1995. Insectos Forestales de México. Universidad Autónoma Chapingo. SARH Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre. USDA Forest Service. Natural Resources Canada. Comisión Forestal de América del Norte. FAO. 453 p.

Cisneros, P., S. 1970. Observaciones sobre *Zadiprion vallicola* Rohwer en la Meseta Tarasca, Michoacán. SAG -SFF -INIF. México. 14 p.

Coria, A. V. M. y H. J. Muñoz F. 2011. Reporte de actividades en Uruapan. *In*: primer informe parcial del Proyecto. Identificación y reproducción de agentes de control biológico asociados a moscas sierra en el centro norte de México. Mimeografiado. CONAFOR 2010-CO2-147913. p. 11.

Coppel, H. C., Casida, J. E. and Dauterman, W. C. 1960. Evidence for a potent sex attractant in the introduced pine sawfly *Diprion similis* (Hymenoptera: Diprionidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 53: 510-512.

Coulson, R. N. 1990. Insectos defoliadores. *In*: Entomología Forestal. Ecología y control. Editorial Limusa, México. Primera edición. 450 p.

Cunningham, J. C., de Groot, P., Kaupp, W. J. 1987. A review of aerial spray trials with lecontvirus for control of redheaded pine sawfly *Neodiprion lecontei* (Hymenoptera: Diprionidae) in Ontario, Canada. Proceedings Entomological Society of Ontario 117: 65-72.

Daly, H. V., J. T. Doyen., P. R. Ehrlich. 1978. Order Hymenoptera (bees, wasps, ants, etc.) *In*: Introduction to insect biology and diversity. McGraw-Hill Kogakusha LTD. Mexico, International student edition. pp. 483-486.

Darling, D. C. 1997. Chapter 16 Perilampidae. *In*: Gibson, G. A. P., J. T. Huber, J. Braden, W. 1997. Annotated keys to the genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera). NRC, Research Press p 534-540.

Day E. 1996. Redheaded Pine Sawfly. Virginia Cooperative Extension Publication 444-239.

Day, E. and S. Salom. 2009. Virginia Pine Sawfly Hymenoptera: Diprionidae: *Neodiprion pratti* (Dyer). Virginia State University and Virginia Polytechnic Institute. Extension Program Virginia State. 2911- 1424.

De Groot, P., J. C. Cunningham, J. R. McPhee. 1979. Control of red-headed pine sawfly with a baculovirus in Ontario in 1978 and a survey of areas in previous years. Sault Ste. Marie. Ontario. Canadian Forest Service. Report FPM-X-20. 14 p.

De Groot, P., Cunningham, J. C. 1985. Aerial spray trials with a baculovirus to control redheaded pine sawfly in Ontario in 1979 and 1980. Information Report FPM-X-63. Forest Pest Management Institute 12 p.

Díaz, E. V. M. 2006. Estudio del ciclo de vida y enemigos naturales de *Zadiprion falsus* Smith, en Pueblo Nuevo, Durango, México. Tesis de Ingeniero en Ciencias Forestales, Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Juárez del estado de Durango. México. 61 p.

Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos (DGGFS). 2008. Notificaciones para realizar trabajos de saneamiento expedidas en el 2008. SEMARNAT- Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental. Dirección de Sanidad Forestal México. Concentrado por tipo de plaga. 1 p.

Dixon, W. N. 2004. Pine Sawflies *Neodiprion* spp. (Insecta: Hymenoptera: Diprionidae). Entomology and Nematology Department. Florida Cooperative Extension Services. University of Florida. EENY-317. 7 p.

Evenhuis, N. L., and Greathead D. J. 1999. World catalog of bee flies (Diptera: Bombyliidae), Blachuy Publishers, Leiden 756 p.

Finnegan, R. J. 1975. Introduction of a predacious red Wood ant, *Formica lugubris* (Hymenoptera: Formicidae) from Italy to eastern Canada. Can. Entomol. 107: 1271-1274.

Fuxa, R.J., R.A. Ayyappath, R.A. Goyer. 1998. Pathogen and microbial control of North American Forest Insect Pest. Forest Health Technology Enterprise Team. USDA Forest Service FHTET-97.27. p. 9-1.

García-Robles, I., J. Sánchez, A. Gruppe, A. C. Martínez-Ramírez, C. Rausell, M. D. Real, y A. Bravo. 2001. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* PS86Q3 strain in hymenopteran forest pests. Insect Biochemistry and Molecular Biology 31: 849 - 856.

Glowacka-Pilot, B. 1983. Bacterial disease of Diprionid larvae. Sylwan 127: 53-62.

González, G. E., F. Bonilla, T., S. Quiñonez, B., G. Sánchez, M., F. Tafoya, R., M. P. España, L., J. Lozano, G., y S. Robles, U. 2014. Guía para la identificación de moscas sierra de la familia Diprionidae presentes en el Centro Norte de México. Publicación Especial 41. INIFAP-CIRNOC-CEPAB. 36 p.

Goulet, H. 1992. The genera and subgenera of the sawflies of Canada and Alaska. Hymenoptera: Symphyta. The Insects and Arachnids of Canada, Part 20. Center for Land and Biological Resources Research. Research Branch Agriculture Canada. Publication 1876. 235 p.

Grisell, E. E., and M. E. Schauff. 1990. A handbook of the families of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera). Entomol. Soc. Wash. Systematic Entomology Laboratory PSI. Agriculture Research Service USDA. 83 p.

Haack, R. A., and W. J. Mattson. 1993. Life history patterns of North American tree-feeding sawflies. *In: Sawfly life history adaptations to woody plants.* Wagner M.R. and K F. Raffa (eds). Academic Press New York. Pp. 503- 545.

Hall, J. C. 1987. Bombyliidae. *In: Manual of Nearctic Diptera Vol 2.* J. F. McAlpine (ed) B. V. Peterson, G. E. Shewell, H. J. Teskey, J. R. Vockeroth, D. M. Wood, Biosystematics Research Center. Ottawa, Ontario, Canada. Monograph No 28 p. 589- 602.

Hard, J. S. 1976. Natural control of hemlock sawfly *Neodiprion tsugae* (Hymenoptera: Diprionidae) populations in Southeast Alaska. *Canadian Entomologist* 108: 485-498.

Hanski, I. and Parviainen, P. 1985. Cocoon predation by small mammals and pine sawfly population dynamics. *Oikos* 45:125-136.

Heimpel A. M. 1961. Pathogenicity of *Bacillus cereus* Frankland and Frankland and *Bacillus thuringiensis* Berliner varieties for several species of sawfly larvae. *Journal of Insect Pathology* 3: 271-273.

Hertz, A., W. Heitland, O. Anderbrandt, H. Edlund y E. Hedenstrom. 2000. First use of pheromone to detect phenology patterns and density relationships of pine sawflies in German Forest. *Agricultural and Forest Entomology Vol 2:* 123-129.

Herz, A. and W. Heitland. 2003. Impact of cocoon predation and parasitism on endemic population of the common pine sawfly *Diprion pini* (L.) (Hymenoptera: Diprionidae) in different forest types. *Agricultural and Forest Entomology* 5: 35-41.

Ibarra, R. J. E. y M. C. Del Rincón. 1988. Capítulo 9 Virus entomopatógenos. *In: Memorias del IX Curso Nacional de Control Biológico. SAGARPA-INIFAP-Comisión Nacional de Sanidad Agropecuaria-Sociedad Mexicana de Control Biológico. L. A. Rodríguez, del B. y J. L. Leyva, V. (eds.). Rio Bravo, Tamaulipas. pp. 90-103.*

Jewett, D. M., Matsumura F. and H. C. Coppel. 1976. Sex pheromone specificity in the pine sawflies: Interchange of acid moieties in an ester. *Science* 192: 51-53.

Johnson, W. T., Cunningham, J. C., Kaupp, W. J. Edwards J. C. 1978. Insect virus application with a cold fog generator. *Canadian Forestry Service* 34: 25-26.

Kasparyan D. R., E. Ruiz C. 2005. Avispas parasíticas de plagas y otros insectos. Cryptini de México (Hymenoptera: Ichneumonidae: Cryptinae) Parte 1. Universidad Autónoma de Tamaulipas. UAM Agronomía y Ciencias. Tamaulipas, México. 287 p.

Keeling, K. L., E. Plettner, K. N. Slessor. 2004. Hymenopteran semiochemicals. Topics in Current Chemistry. 239: 133-177. doi: 10.1007/b95452.

Kits, J. H., S. A. Marshall, and N. L. Evenhuis. 2008. The bee flies (Diptera: Bombyliidae) of Ontario with a key to the species of eastern Canada. Canadian Journal of Arthropod Identification No 6: 1-52.

Klein, M. G., H. C. Coppel. 1973. *Entomophthora tentredinis* fungal pathogen of the introduced pine sawfly in Northwestern Wisconsin. Annals Entomological Society of America 66: 1178-1180.

Kraemer, M., Coppel, H. C., Matsumura, F., Wilkinson, R. C. and Kikukawua, T. 1981. Field and electroantennogram responses of the red headed pine sawfly *Neodiprion lecontei* (Fitch) to optical isomers of sawfly sex pheromones. J. Chem. Ecol. 7: 1063-1072.

Lindstedt, C., Mappes, J., Paivianen, J., Varama, M. 2006. Effects of group size and pine defence chemicals on diprionid sawfly survival against ant predation. Oecologia 150: 519-526

Lucarotti C. J., B. Morin R., I. Graham and R. L. Laponte. 2007. Production, application and field performance of AbietivTM The Balsam Fire Saw Fly Nucleopolyedrosis. Virologica Sinica 22: 163-172.

Martini, A., N. Baldassari, P. Baronio, o. Anderbrant, E. Hedenstrom, H. Hogberg and G. Rocchetta. 2002. Mating disruption of the pine sawfly *Neodiprion sertifer* (Hymenoptera: Diprionidae) in isolated pine stands. *Agricultural and Forest Entomology* Vol 4: 195-201.

Mattson, W. J. and N. D. Addy. 1975. Phytophagous insects as regulators of forest primary productivity. *Science* 49: 657- 667.

Mayo, J. P. 1976. Observaciones preliminares sobre la biología y hábitos de *Neodiprion*. Boletín Técnico No. 4. INIF. México.

Méndez, M. T. 1983. Evaluación del ataque de *Zadiprion vallicola* Rohwer (Hymenoptera: Diprionidae) defoliador de pinos, sobre el crecimiento e incremento en diámetro de *Pinus montezumae* Lamb., en la Meseta Tarasca. Tesis Depto. de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. México. 70 p.

Méndez, M. J.T. y D. Cibrián 1985. Impacto del ataque de *Zadiprion vallicola* defoliadores de pinos, sobre el incremento de diámetro de *Pinus montezumae* en la Meseta Tarasca *In: Memoria del Simposios Nacionales de Parasitología Forestal (II y III)*. Sociedad Mexicana de Entomología – INIF- Instituto de Ecología. México pp. 249-255.

Mertins, J. W., Coppel, H. C. and Karandinos, M. G. 1975. Potential for suppressing *Diprion similis* (Hymenoptera: Diprionidae) with pheromone trapping: A population model. Res. Popul. Ecol. 17: 77-84.

Miranda, S. R., S. Salazar H., F. N. Coria Q. 1999. Insectos y patógenos de importancia económica en los bosques de pino encino de la Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal No 6. El Salto, Durango, México. 61 p.

Moreau, G., C. J. Lucarotti, E. G. Kettela, G. S. Thurston, S. Holmes, C. Weaver, D. B. Levin, B. Morin. 2005. Aerial application of nucleopolyhedrovirus induces decline in increasing and peaking populations of *Neodiprion abietis*. Biological Control 33: 65 - 73.

Ojeda, A. A. 2011. Características morfológicas que permiten identificar a las moscas sierras de los géneros *Zadiprion* y *Neodiprion* (Hymenoptera: Diprionidae). In: Memorias del XV Simposio Nacional de Parasitología Forestal. Equihua, M. A., E. Estrada, V., J. A. Acuña, S., y M. P. Chaírez, G. (eds.) CP. Montecillo, Texcoco Edo. de México. pp. 58 - 61.

Olivo, M. J. A. 1988. Observaciones sobre el ciclo de vida y hábitos de la mosca sierra del pino *Zadiprion vallicola* Rower (Hymenoptera: Diprionidae) en el estado de Chihuahua, 1986. In: memorias del IV Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal y IV Reunión sobre Plagas y Enfermedades Forestales. Durango, México. SARH, México. Publicación Especial Núm. 59. pp. 442 - 451.

Olivo, M. J. A. 2011. Brotes epidémicos de diprionidos en la sierra Tarahumara de Chihuahua. *In: Memoria del XV Simposio Nacional de Parasitología Forestal*. Colegio de Postgraduados. Oaxaca, México. pp. 33 - 35.

Olofsson, E. 1987. Mortality factors in a population of *Neodiprion sertifer* (Hymenoptera: Diprionidae). *Oikos* 48: 297-303.

Pelletieri, P. J., D. L. Mahr, D. J. Hall.1997. Pine disorder: European pine sawfly. University of Wisconsin Extension, Cooperative Extension. Disponible en línea: learningstore.uwex.edu/assets/pdfs/a3180.pdf. consultado el 20 de marzo de 2013.

Podgwaite, J. D., Rush, P., Hall, D., Walton, G. S. 1984. Efficacy of the *Neodiprion sertifer* (Hymenoptera: Diprionidae) nucleopolyhedrosis virus (Baculovirus) product Neochek-S. *Journal Economic Entomology* 77: 525-528.

Podgwaite, J. D., Rush, P., Hall, D., Walton, G. S. 1986. Field evaluation of nucleopolyhedrosis virus for control of readheaded pine sawfly (Hymenoptera: Diprionidae). *Journal Economic Entomology* 79: 1648-1652.

Quiñonez, B. S. 2006. Diagnóstico fitosanitario forestal de insectos defoliadores en varios ejidos de los municipios de Pueblo Nuevo y Durango en Durango, México. Seminario de titulación. Universidad Autónoma Chapingo. 91 p.

Sánchez-Martínez, G. and M. R. Wagner. 1994. Sawfly and artificial defoliation affects above-and below-ground growth of ponderosa pine seedlings. *Journal of Economic Entomology* 87: 1038 -1045.

Sánchez-Martínez, G. and M. R. Wagner. 1999. Short-term effects of defoliation by sawflies (Hymenoptera: Diprionidae) on above-and below-ground growth of three ponderosa pine genotypes. *Environmental Entomology* 28: 38 - 43.

Sánchez, M. G. y E. González, G. 2006. Biología y hábitos de la mosca sierra de los pinos (*Neodiprion omosus* Smith) en la Sierra Fría, Aguascalientes. *In: Memorias de Resúmenes del Séptimo Seminario de Investigación. Universidad Autónoma de Aguascalientes.* pp. 84 - 87.

Sánchez, M. G., H. Alanis, M., M. Cano, R., y J. A. Olivo, M. 2011. Biología de las moscas sierra de los pinos (*Neodiprion autumnalis* y *Zadipiron* sp.) en el municipio de Guachohi, Chihuahua. Mimeografiado. Informe de actividades 2010 - 2011. INIFAP- Gobierno del Estado de Chihuahua. México 49 p.

Sánchez, M. G., H. Alanis, M., M. Cano, R., y J. A. Olivo, M. 2012. Biología y aspectos taxonómicos de dos especies de mosca sierra de los pinos en Chihuahua. SAGARPA - INIFAP - CIRNOC - Campo Experimental Pabellón. Aguascalientes, México. Folleto Técnico Núm. 44. 26 p.

Sick KiYu, D. 2012. Taxapad. Home of Ichneumonoidea-Taxonomy-list of taxa-partners. Disponible en

www.taxapad.com/local.php?newwolp=list se consultaron las siguientes *Endasys subclavatus* 90180623; *Exenterus* 90178712; *Olesiocampe* 90179288, el 27 de junio de 2014.

Sierpinska A. 2005. Possibilities of the use of *Bacillus thuringiensis* in the control of forest pest in Poland. *In*: abstracts Workshop Bacterial toxins for insect control. p 37.

Smith, D. R. 1969. The genus *Susana* Rowher and Middleton (Hymenoptera: Tenthredinidae). Proceedings of the Entomological Society of Washington Vol 71: 13-23. Disponible en línea en <http://biostor.org/reference84262>.

Smith, D. R. 1975. Conifer Sawfly, Diprionidae: keys to North American genera. Checklist of world species and new species from Mexico (Hymenoptera). Proceedings Entomological Society of Washington. 76: 409 - 418.

Smith, D. R. 1979. Symphyta *In*: Catalog of Hymenoptera in America north of Mexico. K.V. Krombein, P.D. Hurd Jr., D.R. Smith and B. D. Burks (eds). Smithsonian Institute Press, Washington D.C. Vol. I pp. 1 - 37.

Smith, D. R. 1988. A synopsis of the sawflies (Hymenoptera: Symphyta) of America south of the United States: Introduction Xyelidae, Pamphiliidae, Cimbicidae, Diprionidae, Xyphydriidae, Siricidae, Orussidae, Cephidae. Systematic Entomology 13: 205-261.

Smith, D. R. 1993. Systematics, life history and distribution of sawflies. *In*: M. R. Wagner and K.F Raffa (eds.) Sawfly life history adaptations to wood plants. Academic Press. California EUA. pp. 3 - 32.

Smith R. D., G. Sánchez-Martínez., and S. Ordaz - Silva. 2010. A new *Monoctenus* (Hymenoptera: Diprionidae) damaging *Juniperus flaccida* (Cupressaceae) in San Luis Potosí, México. Proceedings of the Entomological Society of Washington 112: 444 – 450

Smith, R.D., G. Sanchez M., y A. Ojeda A. 2012. A new species of *Zadiprion* (Hymenoptera: Diprionidae) on *Pinus durangensis* from Chihuahua, México, and a review of other species of the Genus. Genus. Proceedings of the Entomological Society of Washington 114: 224- 237.

Stireman III, J. O., J E. O´Hara, and D. M. Wood. 2006. Tachinidae: Evolution, Behavior and Ecology. Annual Review of Entomology 51: 525 – 555.

Swienzynska, H., Gornas, E. 1976. Insecticidal fungi on certain species of Diprionidae (Hym) in 1971-75-Sylwan 120: 47-56.

Taeger, A and S. M. Blank 2008. ECatsym - Electronic World Catalog of Symphyta (Isecta Hymenoptera). <http://dzmbl.biologie.uni-oldeburg.de/dei/ecatsym/ecatsym.php>.

Thomas, H. A., Ghent, J. H., and Stone, C. G. 1982. Use of pheromone traps as a new technique in a large scale survey of the introduced pine sawfly (Hymenoptera: Diprionidae) Bull. Entomol. Soc. Am. 28: 303-304.

Thuston, G. S. 2000. *Neodiprion abietis* (Harris) Balsam Fir Sawfly (Hymenoptera: Diprionidae) in Biological control programmes in Canada 1981 - 2000. P.G. Mason and J. T. Huber (eds). Cab Publishing.

Tisdale, R. A., and Wagner, M. R. 1991. Oviposition behavior of *Neodiprion fulviceps* (Cresson) (Hymenoptera: Diprionidae) on ponderosa pine. J. Insect. Beh. 4:609-617.

Van Noort, S. 2004. Perilampinae wasps of Africa and Madagascar. Iziko Museum of South Africa. En Línea www.waspweb.org/chalcidoidea/Perilampidae/Perilampinae/index.htm. Consultado el 28 de junio de 2014.

Wagner, M. R., and K. F. Raffa. 1993. Sawfly life history adaptations to woody plants. Academic Press.

Williamson, F. 1973. Introduction of *Formica obscuripes* into Quebec. Can. Dept. Agric. Liberation Bull. 30, p 2.

Wilkinson, R. C., Drooz, A. T. 1979. Oviposition fecundity and parasites of *Neodiprion excitans* from Belice Central America. Environmental Entomology 8: 501- 505.

Wilkinson, R. C., Chappelka III, A. H., Kraemer, M. E., Coppel, H. C. and Matsumura, F. 1982. Field response of redheaded pine sawfly *Neodiprion lecontei* males to a synthetic pheromone and virgin females in Florida. *J. Chem Ecol.* 8: 471-476.

Wilson, L. F. 1976. European Pine Sawfly. USDA. Forest Service. Forest Pest Leaflet. 6 p.

Wood, D. M. 1987. Tachinidae. *In: Manual of Nearctic Diptera Vol 2.* J. I. McAlpine, B. V. Peterson, G. E. Shewell, H. J. Teskey, J. R. Vukeroth, D. M. Wood (ed). Biosystematic Research Center Ottawa, Ontario. Research Branch Agriculture Canada. Mongraph No 28 pp. 1193-1269.

Wong, H. R. and D. L. Szlabey. 1986. Larvae of the North American Genera of Diprionidae (Hymenoptera: Symphyta). *Canadian Entomologist* 118: 577- 587.

Yuasa, H. 1922. A classification of the larvae of the Tenthredinoidea. Thesis Doctor in Philosophy in Entomology. University of Illinois Press. Illinois Biological Monographs. Vol. VII (4) 208 p.

Zhang, Z., H. Wang, G. Chen, O. Anderbrant, Y. Zhang, S. Zhou, E. Hedenstrom and H. E. Hogberg. 2005. Sex pheromone for monitoring flight periods and population densities of the pine sawfly *Diprion jigyanensis* Xiao et Zhang (Hym., Diprionidae). *JEN* 129: 368-374. Doi: 10.1111/j.1439-0418.2005.00983.368-374.

Esta publicación se terminó de imprimir en mes de marzo de 2018.

Su tiraje consta de 850 ejemplares.



SEMARNAT

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



Fondo
CONACYT
CONAFOR



EJEMPLAR GRATUITO
PROHIBIDA SU VENTA
www.gob.mx/conafor
01800 73 70 000



Comisión Nacional Forestal



@CONAFOR



conaforgob



conafor