

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Defoliadores de Coníferas de los Géneros *Zadiprion* spp., y *Neodiprion* spp., Existentes
en México

Por:

ARTURO NOLASCO GUMETA

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Defoliadores de Coníferas de los Géneros *Zadiprion* spp., y *Neodiprion* spp., Existentes
en México

Por:

ARTURO NOLASCO GUMETA

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

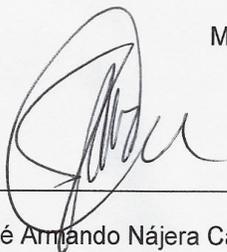
INGENIERO FORESTAL

Aprobada


M.C. Jorge David Flores Flores

Asesor Principal

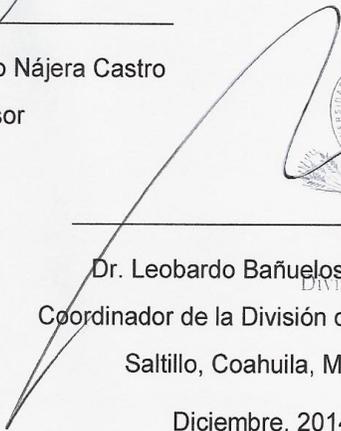

DEPARTAMENTO FORESTAL


M.C. José Américo Nájera Castro

Coasesor


Ing. José Antonio Ramírez Díaz

Coasesor


Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2014

DEDICATORIA

A Dios:

Por la bendición de vida, la capacidad, la oportunidad y el recurso asignado para lograr mi objetivo. Por hacerme merecedor de un título que conlleva sacrificios, tiempo, confianza, preocupaciones, alegrías y tristezas. Dedicado a USTED primeramente, quien es la razón del principio y culminación de este sueño de vida.

A mis Padres:

Freddy Nolasco López y Minerva Gumeta Vázquez, quienes son los merecedores de mis fortalezas y mis logros, razón por la que ahora puedo decir, lo hemos logrado papá, lo hemos logrado mamá, los amo.

A mis Hermanos:

A Freddy, Ana Laura, Reina Isabel y Yamileth, por el apoyo, el cariño, los impulsos de alcanzar mis sueños y la alegría que me da ser hermanos.

AGRADECIMIENTO

A DIOS:

Por la oportunidad de vida y permitirme estar aquí, bendiciéndome en cada etapa de la vida y darme el coraje de aspirar a algo más, sin olvidar la sencillez de la que provengo. Gracias Dios, por brindarme aquellas oportunidades que he esperado y aún de aquellas que nunca imaginé. Eternamente agradecido por la maravilla de su NOMBRE.

A mis Padres:

A mi padre Freddy Nolasco López y a mi madre Minerva Gumeta Vázquez, gracias por el esfuerzo reflejado en sacrificios, han hecho que mis futuros días se tornen de buenas oportunidades que no cualquiera las puede ver y palpar. Gracias por la confianza, el apoyo, el esmero, el cariño y amor, los llevo en mi corazón y en mi mente, tenerlos a ambos es mi bendición, regalo de Dios. Gracias de corazón, la bendición que recibo hoy es suya también, un regalo que va más allá de 20 años, es un regalo que va a generaciones.

A mis Hermanos:

A mi hermano Freddy y a mis hermanas Ana Laura, Reina Isabel y Yamileth, gracias por el apoyo y los consejos que me han brindado para terminar la carrera, este logro también es de ustedes, los amo.

A mis Tíos, Tías y Primos:

Por las exhortaciones, apoyo, preocupaciones y el ánimo brindado para culminar mi objetivo.

A mis Amigos:

Por la confianza y la amistad que me han brindado, el apoyo mutuo y las ganas de superarnos, que es la razón por la que vinimos aquí.

A mi Alma Terra Mater:

Por brindarme la enseñanza y hacer de mí un profesional, orgullosamente buitre, ¡¡Viva Alma Terra Mater!!.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	xii
I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Importancia del trabajo.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Objetivos	2
II METODOLOGÍA.....	3
2.1 Materiales y métodos	3
III REVISION DE LITERATURA	4
3.1 Importancia de los insectos en el bosque	4
3.2 Importancia de las copas de los árboles	5
3.3 Insectos Defoliadores.....	10
3.4 Daños y beneficios de los insectos defoliadores.....	12
3.5 Antecedentes de los géneros <i>Neodiprion</i> spp., y <i>Zadiprion</i> spp., en México.....	13
3.6 Generalidades de las moscas sierra	21
3.7 Diferencias morfológicas entre los géneros <i>Zadiprion</i> y <i>Neodiprion</i>	22
3.8 Descripción de especies de los géneros <i>Zadiprion</i> y <i>Neodiprion</i> reportados en México.....	25
3.8.1 <i>Zadiprion falsus</i> Smith = <i>Zadiprion vallicola</i> Rohwer	26
3.8.2 <i>Zadiprion ojedae</i> Smith	29
3.8.3 <i>Zadiprion roteus</i> Smith.....	31

3.8.4 <i>Zadiprion howdeni</i> Smith	31
3.8.5 <i>Zadiprion townsendi</i> (Cockerell).....	32
3.8.6 <i>Neodiprion autumnalis</i> Smith	34
3.8.7 <i>Neodiprion fulviceps</i> (Cresson) Complex.....	36
3.9 Daños causados por los géneros <i>Zadiprion</i> y <i>Neodiprion</i>	38
3.9.1 Daño Fisiológico	38
3.9.2 Daño Morfológico.....	40
3.9.3 Daño Ecológico.....	42
3.9.4 Daño Económico.....	44
3.10 Fluctuación Poblacional	44
3.11 Control integral de los insectos Diprionidos	45
3.11.1 Control Natural.....	48
3.11.2 Control Biológico.....	49
3.11.3 Control Químico	53
3.11.4 Control Mecánico	54
3.12 Cambio climático y efecto en las poblaciones de insectos.....	55
3.13 Trabajos Científicos	57
3.14 Reporte de la presencia de Diprionidos en la Reforestación Zapalinamé, Saltillo, Coahuila.....	69
IV CONCLUSIONES	73
V LITERATURA CITADA.....	76

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Pág.
Cuadro 1. Resumen de la factibilidad de aplicación del indicador condición de copa y sus variables (según metodología del FIA de Estados Unidos de Norte América), en las siete regiones ecológicas de México (Alvarado y Saavedra, 2011).....	10
Cuadro 2. Localidades/ Parajes muestreados con presencia de moscas sierra dentro del área de influencia de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán. Datos 2011 (González, 2013).	17
Cuadro 3. Resumen de la superficie afectada por defoliadores de los géneros <i>Zadiprion</i> y <i>Neodiprion</i> , en México.	19
Cuadro 4. Características morfológicas que permiten distinguir a los adultos de <i>Neodiprion</i> y <i>Zadiprion</i> (Ojeda, 2011).	23
Cuadro 5. Emergencia de <i>Neodiprion</i> y de sus parasitoides por sitio de colecta (Ojeda <i>et al.</i> , 2011).	65
Cuadro 6. Porcentaje de emergencia de <i>Neodiprion</i> , parasitoides y capullos sin emerger (Ojeda <i>et al.</i> , 2011).	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Pág.
Figura 1. Medición de diámetro de copa, las ramas anormales que se extienden más allá del borde de la copa quedan excluidas (ejemplo de copa irregular) (Schomaker <i>et al.</i> , 2007).	6
Figura 2. Clasificación de posición de copa. 1. Estrato superior, 2. Dominante, 3. Sotobosque y 4. Árboles en claros (Schomaker <i>et al.</i> , 2007).....	7
Figura 3. Proporción de copa viva se expresa como un porcentaje de la longitud real del árbol (Schomaker <i>et al.</i> , 2007).	7
Figura 4. División de la copa (cinco secciones necesarias) para evaluar la exposición a la luz (Schomaker <i>et al.</i> , 2007).....	8
Figura 5. Escala de densidad de copa. La calificación se basa en la abundancia de follaje (Schomaker <i>et al.</i> , 2007).....	8
Figura 6. Escala de transparencia de follaje. La calificación se basa en la abertura del follaje (Schomaker <i>et al.</i> , 2007).....	9
Figura 7. Muerte regresiva. La calificación se dirige solamente a las ramas muertas recientes (Schomaker <i>et al.</i> , 2007).....	9
Figura 8. Larva minadora de hoja.....	11
Figura 9. Insecto con aparato bucal chupador.	11
Figura 10. Hoja esqueletada por insecto.	12
Figura 11. Rama defoliada por insecto masticador.	12
Figura 12. Acción de insectos juntadores de hojas.	12
Figura 13. Incremento en la superficie afectada de <i>Pinus arizonica</i> Engelmman por los defoliadores <i>Neodiprion autumnalis</i> Smith y <i>Zadiprion falsus</i> Smith en Guerrero, Bocoyna y Ocampo, Chihuahua. Años 2007–2009 (Olivo, 2011).....	16
Figura 14. Mapa de distribución de los insectos de los géneros <i>Zadiprion</i> y <i>Neodiprion</i> (moscas sierra).	20
Figura 15. Diferencia principal entre las A) moscas sierra y B) avispas (falta de la constricción abdominal en las moscas sierra).	21

Figura 16. Individuos 1) <i>Neodiprion autumnalis</i> Smith [A) hembra y B) macho] y 2) <i>Zadiprion ojedae</i> Smith [A) macho y B) hembra] (Ojeda, 2011).....	22
Figura 17. Características de las patas posteriores de las hembras (cojinete pulvilar y forma de las espinas) de <i>Neodiprion</i> (imágenes superiores A y B 58) y de <i>Zadiprion</i> (imágenes inferiores A y B 59) (Smith citado por Ojeda, 2011).....	24
Figura 18. 1) Antenas de las hembras de A) <i>Neodiprion</i> y B) <i>Zadiprion</i> . 2) Antenas de los machos de <i>Neodiprion</i> , A) de Guerrero y B) de Chihuahua, y <i>Zadiprion</i> , C) de Jalisco y D) de Chihuahua (Ojeda, 2011).....	24
Figura 19. Ovipositor y genitalia de los machos de <i>Neodiprion</i> , A) de Chihuahua y B) de Guerrero (Ojeda, 2011).....	24
Figura 20. Ovipositor y genitalia de los machos de <i>Zadiprion</i> , A) de Michoacán, B) de Chihuahua y C) de Jalisco (Ojeda, 2011).	25
Figura 21. Vista dorsal de hembra de <i>Zadiprion falsus</i> Smith.	28
Figura 22. <i>Zadiprion falsus</i> Smith, 8) Lanceta, 14) Capsula genital masculino y 19) Pene.....	28
Figura 23. <i>Zadiprion ojedae</i> Smith A) Aspecto dorsal macho, B) Aspecto dorsal hembra, C) Aspecto ventrales hembra, D) Aspecto ventral macho, E) Ovipositor de la hembra, F) Genitalia del macho (Ojeda, 2011).	30
Figura 24. Periodos estacionales en que ocurren los estados de desarrollo de <i>Zadiprion ojedae</i> Smith en el municipio de Guachochi, Chihuahua (Sánchez <i>et al.</i> , 2012).....	30
Figura 25. Vista dorsal de la hembra de <i>Zadiprion roteus</i> Smith (Smith <i>et al.</i> , 2012).....	31
Figura 26. Lanceta de <i>Zadiprion roteus</i> Smith (Smith <i>et al.</i> , 2012).	31
Figura 27. Vista dorsal de la hembra de <i>Zadiprion howdeni</i> Smith (Smith <i>et al.</i> , 2012).....	32
Figura 28. <i>Zadiprion howdeni</i> Smith 9) Lanceta, 15) cápsula genital masculino, 20) pene (Smith <i>et al.</i> , 2012).....	32
Figura 29. Hembra de <i>Zadiprion townsendi</i> (Cockerell) (Smith <i>et al.</i> , 2012)	33

Figura 30. <i>Zadiprion townsendi</i> (Cockerell), 13) Lanceta, 18) Capsula genital masculino, y 23) pene (Smith <i>et al.</i> , 2012).	34
Figura 31. <i>Neodiprion autumnalis</i> Smith. A) Aspecto dorsal hembra, B) Aspecto dorsal macho, C) Aspecto ventral hembra, D) Aspecto ventral macho, E) Ovipositor de la hembra, F) Genitalia del macho (Ojeda, 2011).	35
Figura 32. Periodos estacionales en que ocurren los estados de desarrollo de <i>Neodiprion autumnalis</i> Smith en el municipio de Guachochi, Chihuahua (Sánchez <i>et al.</i> , 2012).	36
Figura 33. Ciclo biológico de <i>Neodiprion fulviceps</i> (Cresson) Complex.	37
Figura 34. Huevecillo de <i>Neodiprion edulicolus</i> Ross en acícula de pino (Donald Owen).	38
Figura 35. Viruta de pino (obtenida con el taladro de Pressler) que muestra anillos de crecimiento afectado por las defoliaciones de <i>Zadiprion vallicola</i> Rohwer (Méndez y Cibrián, 1985).	39
Figura 36. Defoliación de pino por <i>Neodiprion autumnalis</i> Smith en Guachochi, Chihuahua (Sánchez <i>et al.</i> , 2012).	41
Figura 37. Defoliación y roedura de la corteza de pino por <i>Neodiprion sertifer</i> Geoffroy (Consejería de Medio Ambiente, s/año).	42
Figura 38. Estructura del modelo conceptual general de un sistema de manejo de plagas forestales. (Waters y Cowling citado por Coulson y Witter, 1990).	46
Figura 39. Umbral de daño económico de las plagas.	47
Figura 40. Larvas de moscas sierra, descendiendo del fuste del árbol preparadas para pupar, en poblaciones muy densas el espesor de las larvas cubren el suelo (González, 2013).	48
Figura 41. Porcentaje de parasitismo a partir de pupas de <i>Zadiprion falsus</i> Smith colectadas en el ejido Los Bancos, Pueblo Nuevo, Durango.	51
Figura 42. Parasitoides de <i>Neodiprion</i> que emergieron en el laboratorio. A) y B) Hymenoptera: Ichneumonidae, C) Díptera: Tachinidae, D) Díptera: Sarcophagidae y E) Sin determinar (Ojeda <i>et al.</i> , 2011).	52

Figura 43. Cambio climático, factor principal de la diseminación de plagas y enfermedades. <i>Dendroctonus ponderosae</i> (Roberto Cenciarelli).	56
Figura 44. Macho adulto de <i>Neodiprion fulviceps</i> (Cresson) Complex (Izquierda), a la derecha pupas del mismo insecto (Castro, 1981).	59
Figura 45. Biología de <i>Neodiprion fulviceps</i> (Cresson) Complex y época para su control Químico (Castro, 1981).	60
Figura 46. Calendario biológico, fundamentado en las etapas de desarrollo de <i>Zadiprion ojedae</i> Smith, que sugiere los tiempos más adecuados para las actividades de diagnóstico, control y evaluación del parasitismo, en los municipios de Guachochi y Bocoyna, Chihuahua (Sánchez <i>et al.</i> , 2012).	63
Figura 47. Calendario biológico, fundamentado en las etapas de desarrollo de <i>Neodiprion autumnalis</i> Smith, que sugiere los tiempos más adecuados para las actividades de diagnóstico, control y evaluación del parasitismo, en los municipios de Guachochi y Bocoyna, Chihuahua (Sánchez <i>et al.</i> , 2012).	63
Figura 48. Larvas probablemente de <i>Diprion pini</i> causando defoliación en <i>Pinus cembroides</i> en la Reforestación Zapalinamé, dentro de la Zona Sujeta de Conservación Ecológica Sierra de Zapalinamé, Saltillo, Coahuila (Arturo Nolasco Gumeta 12/Septiembre/2014).	69
Figura 49. A) Ejemplares Diprionidos en rama de <i>Pinus cembroides</i> , a un costado una acícula con dos huevecillos (señalados en el círculo rojo), B) huevecillo en una acícula de <i>Pinus cembroides</i> vista desde un microscopio en laboratorio, C) Diprionidos en rama de <i>Pinus pinceana</i> . Reforestación Zapalinamé, Saltillo, Coahuila (Arturo Nolasco Gumeta 12/Septiembre/2014).	70
Figura 50. Capullo de Diprionido (de los ejemplares presentes en la Reforestación Zapalinamé) obtenido en el Laboratorio del Departamento Forestal, UAAAN. Se observa su color dorado y su longitud de 1.1 cm (Arturo Nolasco Gumeta, 06/Octubre/2014).	71

Figura 51. Comparación de larvas para identificación del género y especie del Diprionido presente en la reforestación Zapalinamé, Saltillo, Coahuila. A) *Zadiprion rohweri*, B) *Diprion pini*, C) Larva presente en la Reforestación Zapalinamé (Forest Insect Defoliator, s/año; Jarmo Holopainen; Arturo Nolasco Gumeta, 25/Septiembre/2014). 72

RESUMEN

Los defoliadores de la familia Diprionidae comúnmente llamados “mosca sierra”, en los que se encuentran el género *Zadiprion* spp., y *Neodiprion* spp., afectan masivamente los bosques en los que se presentan. Estos insectos defoliadores peligrosos han sido opacados por los impactos producidos por los insectos descortezadores y plantas epifitas, responsables de grandiosas pérdidas económicas y daños ecológicos. La investigación se realizó con el objetivo de: Recopilar y actualizar la información a nivel nacional de los defoliadores de coníferas de los género *Zadiprion* spp., y *Neodiprion* spp., e integrar un documento que sirva de consulta para estudiantes y profesionistas interesados en el tema. Para la investigación fue necesario utilizar todos los recursos a disposición, como: libros, revistas, manuales, internet (archivos PDF), etc., por la información obtenida se dieron los créditos a los autores correspondientes. En los años 2007 y 2008, la superficie afectada por los Diprionidos aumentó de 4,170 ha a 6,550 ha respectivamente y hasta al menos 34,493 ha en el año 2009, alcanzando todo el área de distribución del *Pinus arizonica* Engelman, abarcando los municipios de Guerrero, Bocoyna y Ocampo, Chihuahua (Olivo, 2011). Los daños producidos por estos defoliadores son: reducción de la superficie fotosintética, alteración en el proceso de transpiración y en el de traslocación de nutrimentos, suspensión de resina (hasta 50%), defoliaciones severas (100%) y cinchado de ramillas, modificación en el desarrollo en tamaño y estructura de los anillos anuales de crecimiento, muerte de arbolado, etc. La gran variedad de enemigos naturales de *Zadiprion* y *Neodiprion*, es ideal para el control biológico de las poblaciones plaga, algunos de ellos son: *Dipriocampe diprioni* y *Borrelinavirus diprionis* (virus de la poliedrosis), *Bacillus thuringiensis* (bacteria), *Lamachus*, *Stylocryptus*, *Spathimeigenia*, *Endasys subclavatus* Say (parásitos), etc. Se espera que los cambios en el clima también modifiquen la dinámica de las alteraciones generadas por los insectos y patógenos forestales (FAO, 2010).

Palabras clave: Diprionidae, *Zadiprion*, *Neodiprion*, Defoliadores.

ABSTRACT

The family defoliators Diprionidae commonly called "sawfly" in which gender are *Zadiprion* spp., and *Neodiprion* spp., affect massively the forests in the where present. These dangerous defoliators have been overshadowed by the impacts of bark beetles and epiphytes plant, responsible for great economic losses and environmental damage. The research was conducted in order to: Gather and update information nationwide defoliators of conifers of the genus *Zadiprion* spp., and *Neodiprion* spp., and integrate a document as a query for students and professionals interested in the theme. For the investigation was necessary to use all available resources, such as books, magazines, textbooks, internet (PDF files), etc., the information obtained credits corresponding authors were given. In 2007 and 2008, the area affected by Diprionidos increased from 4,170 ha to 6,550 ha respectively and up to at least 34,493 ha in 2009, reaching the entire range of *Pinus arizonica* Engelmann, encompassing the municipalities of Guerrero, Bocoyna and Ocampo, Chihuahua (Olivo, 2011). The damage caused by these defoliators are: reduced photosynthetic surface, alteration in the transpiration process and the translocation of nutrients, resin suspension (up 50%), severe defoliation (100%) and cinched twigs, modification development in size and structure of the annual rings of growth, death of trees, etc. The variety of natural enemies *Zadiprion* and *Neodiprion*, they are ideal for biological control pest populations, some of them are: *Dipriocampe diprioni* and *Borrelinavirus diprionis* (virus polyhedrosis), *Bacillus thuringiensis* (bacteria), *Lamachus*, *Stylocryptus*, *Spathimeigenia*, *Endasys subclavatus* Say (parasites), etc. It is expected that changes in climate will also change the dynamics of the changes generated by forest insects and pathogens (FAO, 2010).

Keywords: Diprionidae, *Zadiprion*, *Neodiprion*, Defoliators.

I INTRODUCCIÓN

1.1 Importancia del trabajo

Todas las partes de los árboles, flores, frutos, semillas, follaje, retoños, ramas, corteza, cambium y sistema radical, están expuestas a la acción de los insectos; hay al menos una especie de insecto que se especializa en cada una de ellas (Arguedas, 2006). Las plagas forestales constituyen uno de los principales agentes que alteran el estado fitosanitario, deterioro y destrucción de los bosques, lo que representa un grave peligro para el recurso por las pérdidas económicas y las consecuencias ecológicas a largo plazo (Castro, 1981; CONAFOR, 2007; Gómez, 2008).

Los defoliadores de la familia Diprionidae comúnmente llamados “Moscas Sierra”, en los que se encuentran el género *Zadiprion* spp., y *Neodiprion* spp., afectan masivamente los bosques en los que se presentan, pues, atacan por colonias volviendo indefensas las masas forestales.

Estos géneros se caracterizan porque las larvas manifiestan hábitos gregarios para alimentarse, permaneciendo en grupos de dos hasta cuatro individuos en una sola hoja. En el cuarto estadio, las larvas causan los mayores daños ya que se alimentan vorazmente del follaje, llegando a defoliar totalmente a los árboles. Sin follaje, los árboles pierden poder en su capacidad fotosintética y se debilitan marcadamente, al grado tal que si el ataque perdura estos irremediamente mueren. Otra característica de los Diprionidos, es que al faltarle follaje empiezan a devorar la corteza de la ramilla llegando a cincharla, lo que manifiesta la muerte parcial o total del árbol (Castro, 1981; Carrasco y Suero, s/año; Cibrián *et al.*, 1995).

La presencia de estos insectos defoliadores peligrosos ha sido opacada y subestimada por los impactos producidos por los insectos descortezadores y plantas parásitas, responsables de grandiosas pérdidas económicas y daños ecológicos, dejando en tercer puesto los efectos de los géneros de importancia (*Zadiprion* y *Neodiprion*) (Islas y Muñiz, s/año; Sánchez *et al.*, 2012). La Gerencia

de Sanidad Forestal de la CONAFOR publicó estadísticas sobre la superficie nacional afectada y tratada por plagas y enfermedades en el periodo 1990-2009, con relación a la superficie bajo tratamiento, la categoría de daño con mayor atención fue descortezadores (43.66%) seguido de plantas parásitas (26.70%); el tercer sitio de importancia lo ocupó el grupo defoliadores (15.97%) (Vargas *et al.*, 2010). Tan solo en los años 2007 y 2008, la superficie afectada por los Diprionidos aumentó de 4,170 ha a 6,550 ha respectivamente y hasta al menos 34,493 ha en el año 2009, alcanzando todo el área de distribución del *Pinus arizonica* Engelmann, abarcando los municipios de Guerrero, Bocoyna y Ocampo, Chihuahua (Olivo, 2011).

Se espera que los cambios en el clima también modifiquen la dinámica de las alteraciones generadas por los insectos y patógenos forestales nativos, además de facilitar el establecimiento y propagación de especies de plagas introducidas (FAO, 2010), teniendo la opción del control biológico como alternativa de solución.

1.2 Planteamiento del problema

Existe información suficiente de los insectos defoliadores gregarios de importancia forestal entre los que destacan los géneros *Zadiprion* spp., y *Neodiprion* spp., sin embargo esta literatura se encuentra dispersa, lo que hace difícil la disponibilidad de la información. El proyecto pretende ofrecer a alumnos y a profesionistas interesados en el tema, un acceso sencillo a las distintas fuentes de información, con el propósito de facilitar investigaciones en cualquiera de sus modalidades sobre estos insectos defoliadores.

1.3 Objetivos

1. Recopilar y actualizar la información a nivel nacional de los defoliadores de coníferas de los género *Zadiprion* spp. y *Neodiprion* spp.
2. Integrar un documento que sirva de consulta para estudiantes y profesionistas interesados en el tema.

II METODOLOGÍA

2.1 Materiales y Métodos

Para el proyecto fue necesario utilizar: Lap-top, libros, revistas e internet, para realizar la investigación.

Los documentos descargados en la web, procedieron de fuentes confiables y en archivos PDF, dando crédito a los autores por la información obtenida. Cuando se utilizó información valiosa en la Web sin conocer el autor de la información, se registró el link de la página revisada.

Al tener conocimiento de la presencia de Diprionidos en la Reforestación Zapalinamé, se realizaron recorridos en el área con el propósito de registrar la especie en el Estado y su identificación, se tomaron fotografías de los especímenes y se colectaron larvas para la obtención del individuo adulto en laboratorio, que servirá para la corroboración de la especie.

Se mantuvo estrecha relación con el asesor de monografía para revisión constante de la investigación, con el propósito de realizar un trabajo detallado y profesional de la información.

III REVISION DE LITERATURA

3.1 Importancia de los insectos en el bosque

Los insectos son la forma de vida animal más numerosa que habita en los bosques, (Martorell *et al.*, 1990). La clase Insecta está muy bien adaptada a sus alrededores y ocupan una gran variedad de nichos ecológicos. Los insectos tienen muchas funciones en la economía de los bosques y son al igual que los árboles una parte esencial de la compleja asociación de organismos que lo comprenden. Constituyen los componentes más numerosos de los ecosistemas terrestres, tanto en número de especies como de individuos; son fundamentales para la movilización, descomposición, alimentación de vertebrados, consumición, depredación y parasitismo, siendo estas últimas las que regulan las poblaciones de otras especies. También muchas especies poseen valor industrial, medicinal, forense y artístico, además de ser útiles para la investigación científica, la enseñanza, y al hombre (Vanesa *et al.*, 2005 y Márquez, 2005).

Los insectos mejoran la condición física del suelo y promueven su fertilidad, al barrenar la capa superficial para la aireación del suelo y además sus excrementos y cuerpos muertos sirven de fertilizante (Metcalf y Flint, 1979).

Los insectos son la clase más evolucionada de los animales ya que por sus grandes características adaptativas, estos se localizan en todos los climas y ecosistemas del mundo, alimentándose de una gran variedad de plantas vivas y muertas, de otros insectos e incluso de material inorgánico. Sus habilidades de dispersión, al igual que sus hábitos para invernar, estivar, esconderse o emigrar, le permiten escapar de factores bióticos y abióticos que le pudieran causar su muerte (Coulson y Witter, 1990).

3.2 Importancia de las copas de los árboles

La condición de copa es uno de los indicadores del criterio Salud y Vitalidad, considerado dentro del Proceso de Montreal (USDA Forest Service citado por Alvarado y Saavedra, 2011), el cual se relaciona con la capacidad para mantener ecosistemas forestales saludables. La importancia de las copas radica en que se encargan de convertir la radiación solar en fotosintatos que el árbol utiliza para su crecimiento, reparación y mantenimiento. Las copas de los árboles proporcionan sombra, moderan la temperatura y brindan alimento y hábitat a muchos organismos. Copas llenas y saludables nos indican que el carbono está siendo almacenado, el árbol está creciendo, y que no hay impactos serios de patógenos, aeropoluantes o insectos. En otras palabras, las copas nos dan una idea rápida de la salud general del árbol (Schomaker *et al.*, 2007; Alvarado y Saavedra, 2011).

Las variables de copa se basan en la cantidad, condición y distribución del follaje, ramas y brotes en crecimiento de los árboles. El Programa de Inventario Forestal (FIA) considera los siguientes siete indicadores (Schomaker, 2007): Diámetro de Copa, Proporción de copa viva, Posición de copa, Exposición a la luz, Densidad de copa, Transparencia de follaje y Muerte regresiva. Es un buen indicador de la salud en general del árbol y los datos pueden ser utilizados para:

- Monitorear cambios visibles en la condición de la copa.
- Relacionar condición de copa con crecimiento del árbol o resistencia a factores estresantes como insectos y enfermedades.
- Evaluar disponibilidad del rodal para fauna silvestre y especies de pájaros.
- Proporcionar datos para estimar el riesgo de incendios de copa catastróficos.
- Sirve como un indicador de fertilidad de suelo y toxicidad.
- Sirve como un indicador de cambio climático.

A continuación se describen las variables de condición de copa utilizados por la FIA:

1. Diámetro de copa. Es la media aritmética (en metros) de dos mediciones (largo x ancho de copa) cuyos límites están indicados por la zona de goteo (Figura 1).

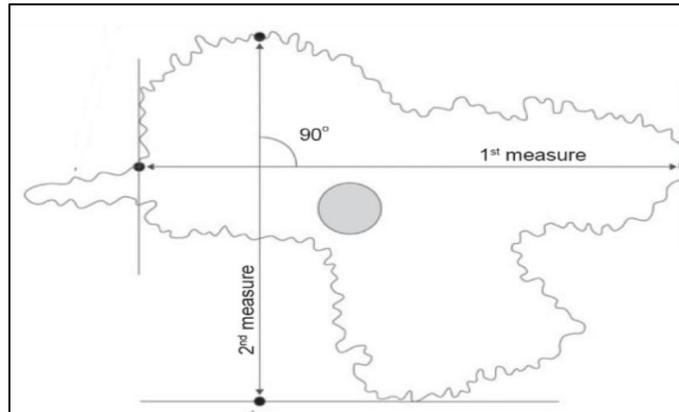


Figura 1. Medición de diámetro de copa, las ramas anormales que se extienden más allá del borde de la copa quedan excluidas (ejemplo de copa irregular) (Schomaker *et al.*, 2007).

2. Posición de Copa. Se refiere a la posición relativa de la copa de un individuo en relación al estrato superior del dosel. Este indicador nos provee de información respecto a la estructura y competencia dentro del rodal. Un código de posición se asigna individualmente a cada árbol. Códigos de 1 a 4 representan las posiciones *estrato superior*, *dominante*, *sotobosque* y *árboles en claros*, respectivamente (Figura 2).

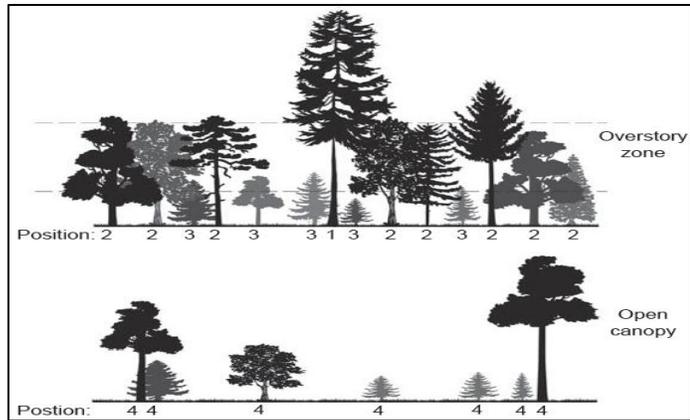


Figura 2. Clasificación de posición de copa. 1. Estrato superior, 2. Dominante, 3. Sotobosque y 4. Árboles en claros (Schomaker *et al.*, 2007).

3. Proporción de copa viva. Es la porción del árbol que soporta el follaje vivo. Se determina dividiendo la longitud de la copa viva (base de la copa viva-ápice de la copa) entre la altura total del árbol, multiplicado por 100 para expresar el valor en porcentaje (Figura 3).

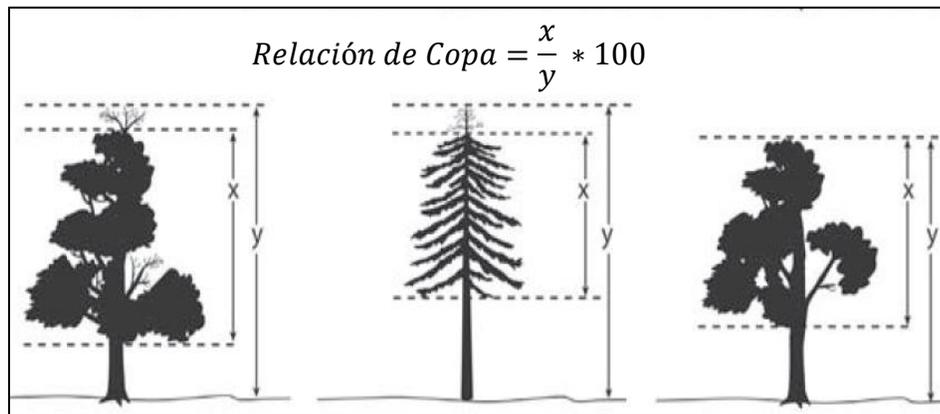


Figura 3. Proporción de copa viva se expresa como un porcentaje de la longitud real del árbol (Schomaker *et al.*, 2007).

4. Exposición a la luz. Mide la cantidad de luz del sol directa que recibe el árbol cuando el sol está directamente en el cenit. La copa del árbol se divide en cinco secciones: cuatro cuartos verticales (caras) y la parte superior. La medición toma

valores de 0 a 5, dependiendo del número de secciones de copa expuestas directamente al sol (Figura 4).

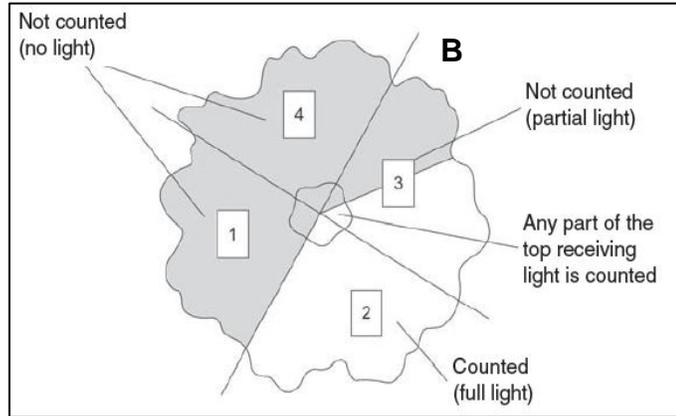


Figura 4. División de la copa (cinco secciones necesarias) para evaluar la exposición a la luz (Schomaker *et al.*, 2007).

5. Densidad de copa. Es la cantidad de luz bloqueada por la biomasa de la copa (tronco, ramas vivas y muertas, ramillas, brotes, yemas, follaje y semillas), se expresa en porcentaje (Figura 5).

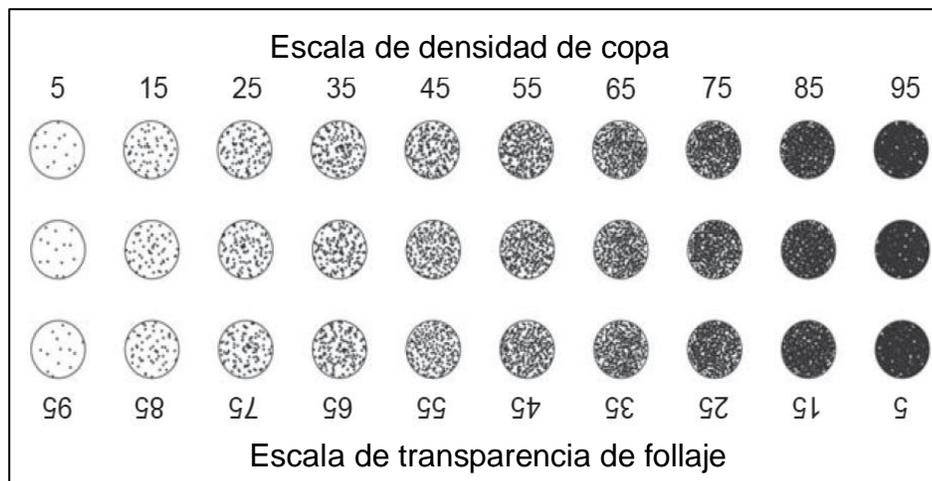


Figura 5. Escala de densidad de copa. La calificación se basa en la abundancia de follaje (Schomaker *et al.*, 2007).

6. Transparencia de copa. Es la cantidad de luz que pasa a través de la copa donde el follaje o sus remanentes están presentes, expresados en porcentaje. Se debe ignorar el tronco, ramas, frutos y huecos en la copa (Figura 6).

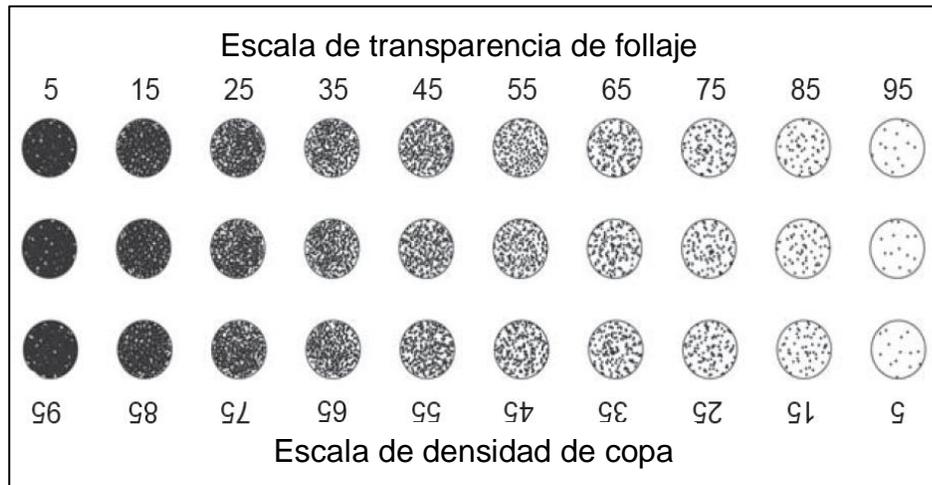


Figura 6. Escala de transparencia de follaje. La calificación se basa en la abertura del follaje (Schomaker *et al.*, 2007).

7. Muerte regresiva. Mortalidad reciente de ramas que incluye ramas fina en la porción terminal superior y exterior de la copa del árbol y que continúa hacia la parte baja, expresada en porcentaje (Figura 7).

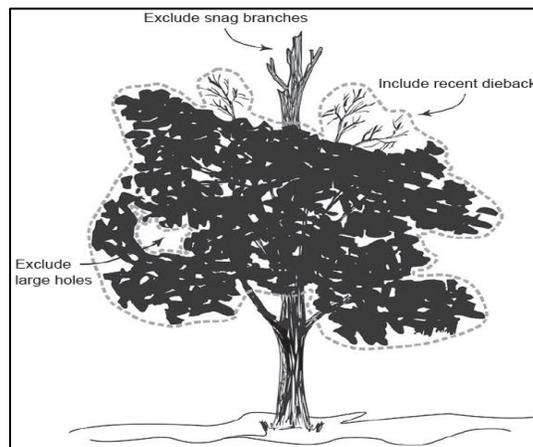


Figura 7. Muerte regresiva. La calificación se dirige solamente a las ramas muertas recientes (Schomaker *et al.*, 2007).

El Cuadro 1, señala la experiencia de la factibilidad de aplicar la metodología que utiliza el FIA de Estados Unidos de Norte América, para el indicador condición de copa, en la vegetación de las siete regiones ecológicas de México (Alvarado y Saavedra, 2011).

Cuadro 1. Resumen de la factibilidad de aplicación del indicador condición de copa y sus variables (según metodología del FIA de Estados Unidos de Norte América), en las siete regiones ecológicas de México (Alvarado y Saavedra, 2011).

Variables	Sierras Templadas	Cálido Secas	Cálido Húmedas	Elevaciones Semiáridas Meridionales	Grandes Planicies	Desiertos de Norte América	California Mediterranea arbolada chaparral
1 Diámetro de Copa	√	√*	√*	NA*	NA*	NA*	√/NA
2 Posición de Copa	√	√*	√*	NA*	NA*	NA*	√/NA
3 Proporción de Copa Viva	√	√*	√*	NA*	NA*	NA*	√/NA
4 Exposición a la luz	√	√*	√*	NA*	NA*	NA*	√/NA
5 Densidad de Copa	√	√*	√*	NA*	NA*	NA*	√/NA
6 Transparencia de Copa	√	√*	√*	NA*	NA*	NA*	√/NA
7 Muerte Regresiva	√	√*	√*	NA*	NA*	NA*	√/NA

√=Sencillo y práctico; √*=Tardado y no tan sencillo pero factible; NA*= no aplica en general, pero sí podría para árboles de porte medio; √/NA= aplica para arbolado pero no para chaparral.

3.3 Insectos Defoliadores

La variación en adaptaciones a ciertos tejidos de la planta, es hasta cierto punto, debido a factores nutricionales. El valor nutritivo de las diferentes partes de la planta e incluso de diferentes tejidos es tan diferente que muchos insectos son especialistas. Por tanto, la especialización del hospedador tiene dos dimensiones: las especies de planta hospedera y las partes de la planta hospedera (Pérez, 1999).

Los insectos defoliadores por ejemplo, son aquellos que causan la pérdida de vitalidad, reducción en el crecimiento y usualmente la muerte de los árboles al alimentarse de su follaje (Martorell *et al.*, 1990; Arguedas, 2006; CONAFOR, 2007).

Aunque los defoliadores se caracterizan por alimentarse de las hojas de los árboles o partes de ellas, algunos insectos muestran necesidades más específicas, como los que penetran en las células de la epidermis e ingieren contenidos de la célula, tal es el caso de los insectos minadores de hojas que viven y se alimentan durante su estado larvario entre la epidermis superior y la inferior devorando tejidos del parénquima (Pérez, 1999).

De acuerdo con Bauerle *et al.*, (1997) y Arguedas (2006), los diferentes tipos de insectos defoliadores según su forma de alimentación, son los siguientes:



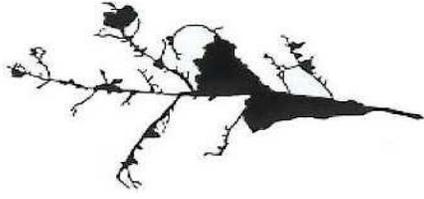
Minadores: consumen el tejido foliar entre la cutícula superior e inferior (parénquima), en el estado larval se observan túneles transparentes con formas retorcidas o serpentinas, completando allí su ciclo de vida (Figura 8).

Figura 8. Larva minadora de hoja.



Chupadores: presentan aparato bucal tipo perforador- chupador. Las hojas afectadas se tornan cloróticas o amarillentas (Figura 9).

Figura 9. Insecto con aparato bucal chupador.



Esqueletizadores: consumen sólo los tejidos blandos de las hojas, dejando las nervaduras principales y en algunos casos también las secundarias (Figura 10).

Figura 10. Hoja esqueletada por insecto.



Masticadores: consumen la totalidad de la hoja o la mayor parte de ella (Figura 11).

Figura 11. Rama defoliada por insecto masticador.



Enrolladores y juntadores de hoja: son insectos que enrollan o juntan las hojas, uniéndolas con seda y se alimentan como minadores (Figura 12).

Figura 12. Acción de insectos juntadores de hojas.

3.4 Daños y beneficios de los insectos defoliadores

Los insectos defoliadores, en función de su tamaño de población, pueden observarse cumpliendo dos funciones:

Los insectos beneficiosos contribuyen al mejoramiento de los rodales (crecimiento y productividad), atacan y eliminan aquellos árboles enfermos y decadentes (favoreciendo el raleo natural y la acción de otros insectos dañinos) y hacen lugar para arboles jóvenes (Walters, citado por Coulson y Witter, 1990; Martorell *et al.*, 1990; Bauerle *et al.*, 1997).

Los insectos perjudiciales de los bosques son los responsables de las pérdidas económicas, alteran los objetivos y programas de manejo forestal (Walters, citado por Coulson y Witter, 1990; Martorell *et al.*, 1990).

Los daños producidos por los insectos derivan de la forma en que éstos se relacionan con las plantas para cumplir con sus funciones vitales básicas. Los insectos utilizan a las plantas como alimento, refugio y sitio de oviposición, siendo la alimentación la principal forma de daño. Son responsables de favorecer a las enfermedades (vectores) de las plantas por medio de virus, hongos parásitos, bacterias y por protozoarios (Metcalf y Flint, 1979; Gómez, 2008).

Aunque los insectos y las enfermedades son componentes integrales de los bosques y suelen cumplir importantes funciones, los brotes esporádicos pueden tener efectos adversos en el arbolado, como: deficiencia en el crecimiento, retraso en la regeneración o disminución en el potencial reproductivo, reducción del vigor del árbol, pérdida de crecimiento acumulado, merman las producciones del bosque (rendimiento y calidad de los productos forestales maderables y no maderables), condicionan el uso del monte (hábitat de la fauna y el valor recreativo, escénico y cultural de los bosques) y causan la mortalidad de los árboles (Bauerle *et al.*, 1997; Romanyk y Cadahia, 2001; Centro de Sanidad Forestal de Calabazanos, 2003; Arguedas, 2006; FAO, 2010).

3.5 Antecedentes de los géneros *Neodiprion* spp., y *Zadiprion* spp., en México

Los insectos defoliadores pertenecientes a la familia Diprionidae corresponden a avispa conocida como mosca sierra; constituyen un factor limitante para el crecimiento de pinos, tanto en bosques como en plantaciones forestales.

Las moscas sierra se observó en el Estado de Michoacán desde 1912. Rohwer en 1918, consideró que el género *Neodiprion* comprende dos grupos bien definidos y que por sus diferencias, a estos grupos los designó subgéneros: *Zadiprion* y *Neodiprion*. En 1927 se reportó a *Zadiprion falsus* Smith en la meseta Tarasca, Michoacán, con 25, 000 ha plagadas de *Pinus ayacahuite*. Para 1962, se

calculó que afectaba 7,000 ha. Un tercer brote reportado en 1971, afectó a 60,000 ha de las cuales el 50% estaba arbolada de *Pinus michoacana*, *P. montezumae* y *P. pseudostrobus* (Solórzano, 1977; Cibrián *et al.*, 1995).

En octubre de 1966, se tuvo conocimiento de un brote de *Zadiprion vallicola* Rohwer de gran cuantía en un bosque aledaño al Volcán Paticutín, se localizó en terrenos de las comunidades indígenas de Angahuan, San Lorenzo y Urapicho del municipio de Uruapan, así como en la de San Juan Nuevo del municipio de Parangaricutiro, Michoacán (Solórzano, 1977).

En 1967, el autor citado calculó una superficie dañada de 7,052 ha causada por el mismo defoliador, las especies afectadas fueron: *Pinus montezumae* Var. *lindleyi* Loudon., *P. pseudostrobus* Var. *protuberans* Martínez., y *P. leiophylla* Schl et Cham., al suroeste del Estado de Michoacán. Un trabajo similar al año siguiente, *Zadiprion vallicola* Rohwer infestó nuevamente 10,578 ha.

Por otra parte Smith, menciona a *Zadiprion* elevándolo a la categoría de género y menciona que *Zadiprion vallicola* Rohwer es una especie conocida únicamente en bosques de pinos mexicanos (Hernández, 1980).

En 1976 y 1977 en el Área Experimental Forestal “El Abra” del entonces Instituto Nacional de Investigaciones Forestales en el Estado de Hidalgo, se estableció una plantación con varias especies, destacando entre ellas el *Pinus radiata*, cuatro años después de establecida fue afectada por diversos factores, entre ellos los insectos defoliadores *Zadiprion* sp., y *Halisidota* sp., perturbando la fotosíntesis y crecimiento de los arboles por la intensidad de la defoliación. Una plantación similar en el estado de México en 1983, fue afectada por larvas de los géneros *Neodiprion* sp., y *Zadiprion* sp., observándose también tumores en ramas y fustes (Hernández, 1986).

Durante los ochentas, se reportó la presencia de *Neodiprion autumnalis* Smith afectando miles de hectáreas en el noreste del Estado de Chihuahua. Castro (1981), en el mismo Estado realizó un estudio en el predio particular La Laja, en los ejidos San Juanito y Bocoyna, municipio de Bocoyna (región boscosa), al

detectar un brote de “moscas sierra” afectando *Pinus arizonica*, el trabajo formó la parte inicial del estudio de la biología del insecto.

En el año 2003 se reportó a CONAFOR, un brote de moscas sierra (*Zadiprion falsus* Smith, *Neodiprion omosus* Smith, y *Neodiprion fulviceps* (Cresson) Complex), en los predios Ejido Los Bancos y Ejido Sotolitos, municipios de Pueblo Nuevo y San Dimas, Durango. Dicha dependencia utilizó diferentes mecanismos de control en ese mismo año, tales como la remoción y quema de pupas del suelo y aspersión de hongos entomopatógenos como la bacteria *Bacillus thuringiensis*. Los mismos trabajos fueron empleados en el periodo noviembre del 2004 a agosto del 2005 (Quiñonez citado por Álvarez y Díaz, 2009).

En el mismo Estado para el 2005, se reportaron daños en una superficie de 120 ha por *Zadiprion falsus* Smith sobre *Pinus durangensis* y *Pinus herrerae*. Por otra parte, en Aguascalientes (2004) se observó que *Neodiprion omosus* Smith se encontraba de forma endémica afectando pequeñas plantaciones de *Pinus michoacana*, *P. teocote*, *P. leiophylla* y *P. greggii* (González et al., 2013).

Durante el 2008 nuevamente en Chihuahua, se detectaron once predios afectados por la moscas sierra menor (*Neodiprion autumnalis* Smith) en un área de 2,953.70 ha siendo los hospederos *Pinus arizonica*, *P. engelmannii*, *P. teocote*, *P. leiophylla* y *P. ayacahuite* (Ojeda et al., 2011). También se reportaron perjuicios en el *Pinus durangensis* por *Zadiprion ojeda* Smith en 3,500 ha, mientras que *Neodiprion autumnalis* Smith (en otro sitio) afectó 6,500 ha de *Pinus arizonica*. En la Sierra el Tigre, municipio de Gómez Farías, Jalisco, *Zadiprion falsus* Smith afectó un área de 5,600 ha de *Pinus tenuifolia*, *Pinus leiophylla*, *Pinus douglasiana* y *Pinus devoniana*, ambas plagas se controlaron con agentes de control biológico (DGGFS citado por Gonzales et al., 2012).

En Septiembre de 2009, el gobierno del Estado de Chihuahua a través de la Dirección de Desarrollo Forestal de la Secretaría de Desarrollo Rural, solicitó al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas, y Pecuarias (INIFAP), realizar un estudio para verificar el ciclo biológico de *Neodiprion autumnalis* Smith y *Zadiprion* sp., que afectaban los pinos (*Pinus arizonica*, *P. durangensis* y *P.*

herreriae) en el municipio de Guachochi y municipios vecinos. La investigación inició en Abril de 2010 y concluyó en Octubre de 2011 (Sánchez *et al.*, 2012).

Olivo (2011), menciona que la superficie afectada por los Diprionidos se ha incrementado, de 4,170 ha en el año 2007 a 6,550 ha en el año 2008 y hasta al menos 34,493 ha en el 2009, alcanzando toda la superficie de distribución de su hospedero preferido, *Pinus arizonica* Engelmann, abarcando los municipios de Guerrero, Bocoyna y Ocampo, Chihuahua (Figura 13). *Neodiprion autumnalis* Smith ha incrementado la superficie afectada desde 3,065 ha en el año 2008 en al menos 14,077 ha en el año 2009 en el municipio de Guachochi, Chihuahua, presentándose en el mismo hospedero. Mientras tanto, *Zadiprion falsus* Smith se localizó en alturas de 2,068 a 2,646 msnm., afectando a renuevos, arbolado joven y adulto de *Pinus durangensis* Martínez, *Pinus herreriae* Martínez y *Pinus arizonica* Engelmann.

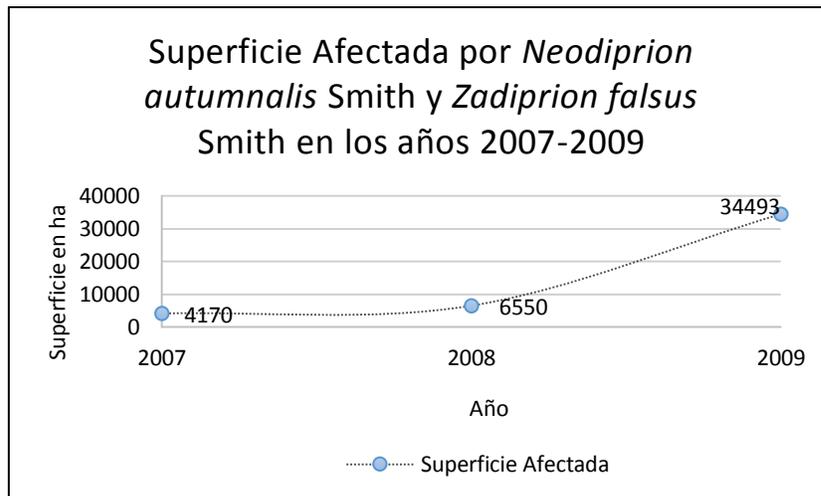


Figura 13. Incremento en la superficie afectada de *Pinus arizonica* Engelmann por los defoliadores *Neodiprion autumnalis* Smith y *Zadiprion falsus* Smith en Guerrero, Bocoyna y Ocampo, Chihuahua. Años 2007–2009 (Olivo, 2011).

En Oaxaca se reporta la afectación de 2,475.075 ha de bosque de encino provocado por los defoliadores del género *Neodiprion* y *Zadiprion*. La presencia de los defoliadores así como descortezadores y plantas parasitas, se atribuyen a las

sequías, incendios forestales, tala clandestina, pastoreo no controlado, cambio de uso de suelo, masas forestales sobre-madura, falta de manejo forestal y por último el cambio climático, que favorece en gran medida el aumento de calor induciendo estrés en la masa forestal y beneficiando el incremento de poblaciones de insectos (Grupo Mesófilo A.C., 2013).

González (2013), muestra información del estatus de *Neodiprion* sp., en forma endémica en distintas localidades de San Juan Parangaricutiro, Michoacán (Cuadro 2).

Cuadro 2. Localidades/ Parajes muestreados con presencia de moscas sierra dentro del área de influencia de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán. Datos 2011 (González, 2013).

Paraje	Altitud (msnm)	Hospedero	Observaciones
La alberca	2 568	Regeneración natural de <i>Pinus pseudostrobus</i>	Dos arbolitos ubicados en el camino
La cruz	2 605	Plantación de <i>Pinus pseudostrobus</i> y <i>P. leiophylla</i>	Se localizaron 14 arbolitos infestados, con una altura de 0.60 – 1.20 m
Condenbaro	2520	Regeneración natural de <i>Pinus pseudostrobus</i>	Dos arbolitos ubicados en el camino
Patzingo 1	2446	Regeneración natural de <i>Pinus pseudostrobus</i>	Dos arbolitos ubicados camino al centro ecoturístico de Patzingo
Patzingo 2	2464	Árboles plantados como cerco vivo de <i>Pinus ayacahuite</i>	Tres arbolitos infestados frente al centro ecoturístico de Patzingo

Otras especies reportadas de forma endémica son: *Neodiprion bicolor* Smith en San Luis Potosí, probablemente *Neodiprion gillettei* Rohwer y *Zadiprion towsendi* (Cockerell) (se necesita corroboración de las especies) ambos en Chihuahua, *Zadiprion falsus* Smith en Sierra de Arteaga, Coahuila (González, 2013).

Otras especies de menor importancia que se han reportado en México son *Zadiprion roteus* Smith en Hidalgo y *Zadiprion howdeni* Smith sobre *Pinus oaxacana* en Chiapas (Cibrián *et al.*, 1995).

El Cuadro 3, resume los impactos de los Diprionidos reportados en la República Mexicana, menciona el agente de daño, año de incidencia, estados afectados, superficie dañada y hospederos, posteriormente se ilustra el mapa en donde las moscas sierra han tenido lugar (Figura 14).

Cuadro 3. Resumen de la superficie afectada por defoliadores de los géneros *Zadiprion* y *Neodiprion*, en México.

Agente de daño	Año	Estado	Superficie afectada (ha.)	Hospederos
<i>Zadiprion falsus</i>	1927		25,000	<i>Pinus ayacahuite</i>
	1962		7,000	<i>Pinus ayacahuite</i>
	1966		s/d	s/d
<i>Zadiprion vallicola</i>	1967	Michoacán	7,052	<i>Pinus montezumae</i> , <i>P. pseudostrobus</i> , y <i>P. leiophylla</i>
	1968		10,578	s/d
<i>Zadiprion falsus</i>	1971		60,000	<i>Pinus michoacana</i> , <i>P. montezumae</i> , y <i>P. pseudostrobus</i>
<i>Zadiprion</i> sp.		Hidalgo	s/d	<i>Pinus radiata</i>
<i>Neodiprion autumnalis</i>	1981	Chihuahua	s/d	<i>Pinus arizonica</i>
<i>Zadiprion</i> y <i>Neodiprion</i>	1983	México	s/d	<i>Pinus radiata</i>
<i>Zadiprion roteus</i>	1995	Hidalgo	s/d	s/d
<i>Zadiprion howdeni</i>		Chiapas		<i>Pinus oaxacana</i>
<i>Neodiprion fulviceps</i> , <i>N. omosus</i> y <i>Zadiprion falsus</i>	2003	Durango	s/d	s/d
<i>Neodiprion omosus</i>	2004	Aguascalientes	Endémico	<i>Pinus michoacana</i> , <i>P. teocote</i> , <i>P. leiophylla</i> y <i>P. greggii</i>
<i>Zadiprion falsus</i>	2005	Durango	120	<i>Pinus durangensis</i> y <i>P. herrerae</i>
<i>Zadiprion falsus</i>	2008	Jalisco	5,600	<i>Pinus tenuifolia</i> , <i>Pinus leiophylla</i> , <i>Pinus douglasiana</i> y <i>Pinus devoniana</i>
<i>Neodiprion autumnalis</i> , <i>Zadiprion</i>	2007- 2009	Chihuahua	34,493	<i>Pinus arizonica</i> , <i>P. engelmannii</i> , <i>P. teocote</i> , <i>P.</i>

<i>oedae</i> y <i>Z. falsus</i>				<i>leiophylla</i> , <i>ayacahuite</i> , <i>durangensis</i> , y <i>P. herrerae</i>
<i>Neodiprion</i> sp.	2011	Michoacán	Endémico	<i>Pinus pseudostrobus</i> , <i>leiophylla</i> , y <i>P. ayacahuite</i>
<i>Neodiprion</i> sp. y <i>Zadiprion</i> sp.		Oaxaca	s/d	Bosque de encinos
<i>Neodiprion bicolor</i>	2013	San Luis Potosí	Endémico	s/d
<i>Neodiprion gillettei</i> y <i>Zadiprion townsendi</i>		Chihuahua	Endémico	s/d
<i>Zadiprion falsus</i>		Coahuila	Endémico	s/d

*S/d= sin dato.



Figura 14. Mapa de distribución de los insectos de los géneros *Zadiprion* y *Neodiprion* (moscas sierra).

3.6 Generalidades de las moscas sierra

La familia Diprionidae contiene tres géneros principales: *Neodiprion*, *Zadiprion* y *Monoctenus*, los cuales muestran preferencias por ciertos hospedantes; *Monoctenus* se alimenta exclusivamente de *Juniperus*, *Zadiprion* sólo de *Pinus*, mientras la mayoría de las especies de *Neodiprion* se alimentan de *Pinus* excepto algunas que llegan a consumir *Abies* y *Picea* (Smith citado por Sánchez *et al.*, 2012).

Las moscas sierra constituyen un grupo de insectos forestales, cuyo nombre común se debe a que, en el estado adulto, carecen de la constricción marcada en la base del abdomen, la cual es típica en la mayoría de los insectos del orden Hymenoptera, tales como avispas, abejas y hormigas. La falta de la constricción en la base abdominal (Figura 15), se debe a que el primer tergito abdominal está fusionado al postnotum del metatórax. Por otra parte, la hembra tiene un ovipositor en forma de sierra, con el que hace pequeños cortes en el tejido vegetal donde deposita sus huevecillos, de allí su nombre común (Goulet citado por González, 2013). Por lo tanto, en el sentido estricto las moscas sierra no son moscas verdaderas solamente tienen esa apariencia (Sánchez *et al.*, 2012).

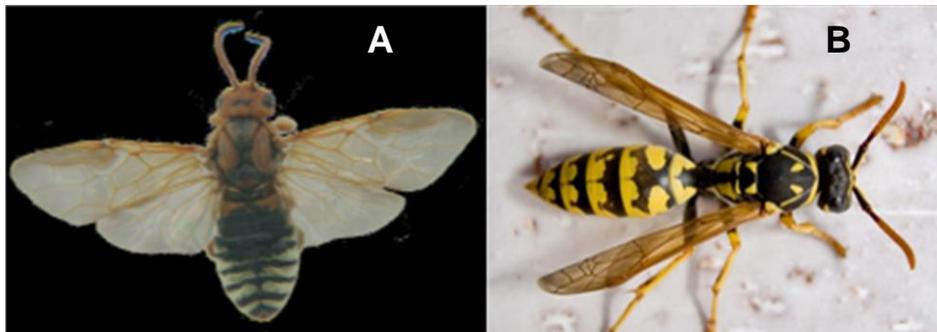


Figura 15. Diferencia principal entre las A) moscas sierra y B) avispas (falta de la constricción abdominal en las moscas sierra).

Las moscas sierra presentan dimorfismo sexual, siendo la hembra de mayor tamaño que el macho, además de que la primera tiene antenas filiformes y el segundo antenas bipectinadas (Solórzano, 1977).

El estado dañino de la mosca sierra, desde el punto de vista de la sanidad forestal, es la larva, ya que es la que se alimenta del follaje y causa la defoliación, llegando a defoliar completamente al hospedante. Las larvas son más voraces cuando van a mitad de su desarrollo, siendo el último estadio solamente un estado de reposo (Sánchez *et al.*, 2012).

3.7 Diferencias morfológicas entre los géneros *Zadiprion* y *Neodiprion*

Rohwer menciona que *Zadiprion* y *Neodiprion* son grupos bien definidos y fáciles de diferenciar por su tamaño, color y ramificaciones de sus antenas, longitud de la línea postocelar y tamaño del calcarion de las hembras (Rohwer citado por Solórzano, 1977).

Una forma de separar a los géneros *Neodiprion* y *Zadiprion* es por el número de segmentos de las antenas de la hembra en estado adulto y por la forma de las antenas en el caso de los machos. Las antenas de la hembra de *Neodiprion* generalmente tienen entre 15 a 20 segmentos, mientras que las antenas de la hembra de *Zadiprion* tienen más de 20 segmentos. Por otra parte, las antenas del adulto macho de *Neodiprion* son bipectinadas excepto en el segmento apical, mientras que las antenas del adulto macho de *Zadiprion* son bipectinadas excepto para los cuatro o cinco segmentos apicales. En términos relativos las especies del género *Zadiprion* son más grandes y robustos que las especies de *Neodiprion* (Figura 16) (Smith *et al.*, y Rohwer citado por Ojeda, 2011).

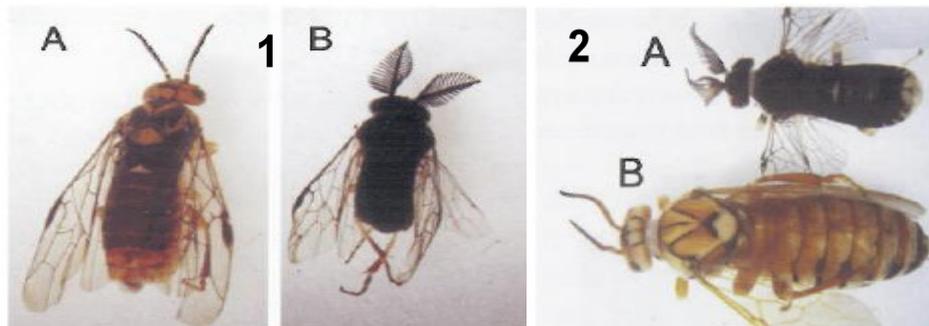


Figura 16. Individuos 1) *Neodiprion autumnalis* Smith [A) hembra y B) macho] y 2) *Zadiprion ojedae* Smith [A) macho y B) hembra] (Ojeda, 2011).

De igual forma Ojeda (2011), estudia las características morfológicas que permiten distinguir y diferenciar con certeza los individuos adultos del género *Zadiprion* y *Neodiprion*, los rasgos principales radican en las hembras (Cuadro 4 y Figuras 17, 18, 19 y 20), los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Cuadro 4. Características morfológicas que permiten distinguir a los adultos de *Neodiprion* y *Zadiprion* (Ojeda, 2011).

Características de la hembra	<i>Neodiprion</i>	<i>Zadiprion</i>
La longitud del cojinete pulvilar del basitarso posterior/ancho apical del mismo	Cojinete más corto que el ancho apical del basitarso	Cojinete más largo que el ancho apical del basitarso
Forma de las espinas de las tibias posteriores	Normales, la interna más larga, que la mitad del ancho apical de la tibia	Sub-clavadas, la interna más larga que la mitad del ancho apical de la tibia
Número de artejos antenales	Sub-clavadas, la interna más larga que la mitad del ancho apical de la tibia	21 a 25
Características del macho		
Número de artejos antenales unipeñinados	Uno (último)	5 (apicales)
Tórax	Casi sin puntuaciones, brillante; a veces algunas puntuaciones grandes en el mesoescutelo	Especialmente mesonoto con puntuaciones densas, opaco

*Características principales para separar a los géneros *Zadiprion* y *Neodiprion*.

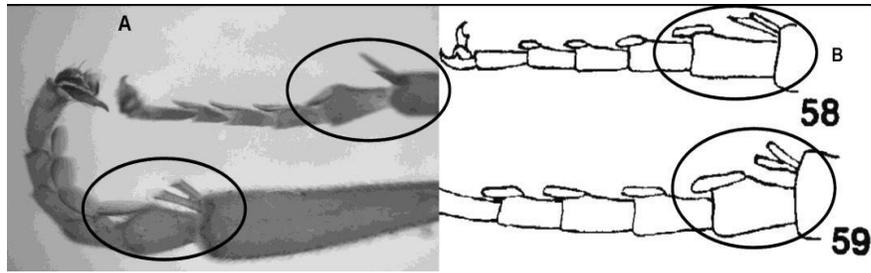


Figura 17. Características de las patas posteriores de las hembras (cojinete pulvilar y forma de las espinas) de *Neodiprion* (imágenes superiores A y B 58) y de *Zadiprion* (imágenes inferiores A y B 59) (Smith citado por Ojeda, 2011).

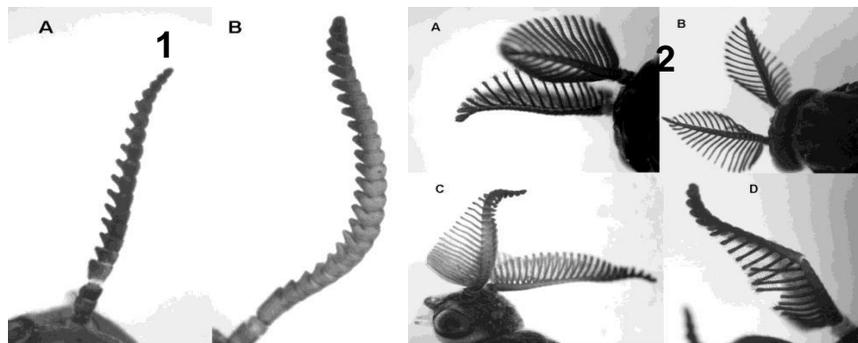


Figura 18. 1) Antenas de las hembras de A) *Neodiprion* y B) *Zadiprion*. 2) Antenas de los machos de *Neodiprion*, A) de Guerrero y B) de Chihuahua, y *Zadiprion*, C) de Jalisco y D) de Chihuahua (Ojeda, 2011).

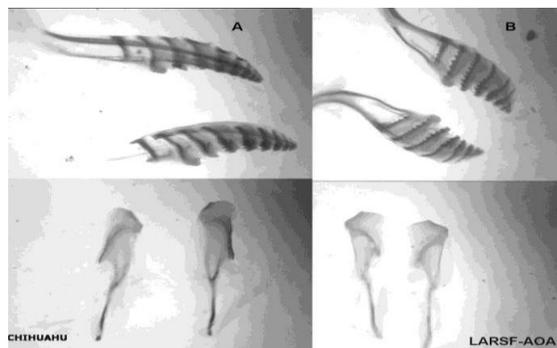


Figura 19. Ovipositor y genitalia de los machos de *Neodiprion*, A) de Chihuahua y B) de Guerrero (Ojeda, 2011).

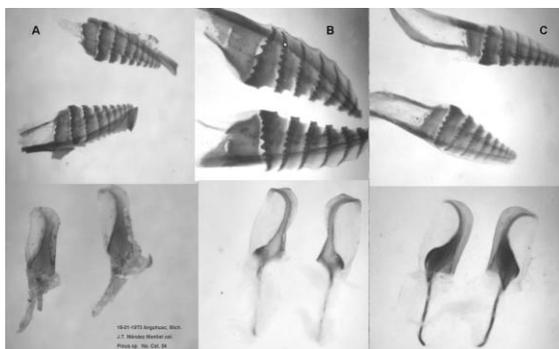


Figura 20. Ovipositor y genitalia de los machos de *Zadiprion*, A) de Michoacán, B) de Chihuahua y C) de Jalisco (Ojeda, 2011).

3.8 Descripción de especies de los géneros *Zadiprion* y *Neodiprion* reportados en México

Gauna (1988) e Instituto de Biología (2011), mencionan la taxonomía de *Zadiprion*.

Taxonomía

Reino: Animalia

Sub-reino: Metazoos

Phillum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Hymenoptera

Super-familia: Tenthredinoidea

Familia: Diprionidae

Género: *Zadiprion*

Especie: spp.

Taxonomía

Reino: Animalia

Sub-reino: Metazoos

Phillum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Hymenoptera

Super-familia: Tenthredinoidea

Familia: Diprionidae

Género: *Neodiprion*

Especie: spp.

A continuación se describen las especies de ambos géneros de moscas sierra reportados en México.

3.8.1 *Zadiprion falsus* Smith = *Zadiprion vallicola* Rohwer (Islas y Muñiz, s/año; Cibrián *et al.*, 1995; Álvarez y Díaz, 2009; Smith *et al.*, 2012)

Descripción: El tamaño del adulto macho oscila entre 7 y 8.7 mm, con un promedio de 8 mm de longitud. La coloración del insecto es negra, con excepción de los tarsos, las tibias, el extremo distal de los fémures y los márgenes posteriores de las porciones ventrolaterales de cada segmento abdominal, que son de color amarillo pálido. Las antenas están formadas de 26 a 30 segmentos; de estos, los cuatro apicales son uniramificados pero los restantes son biramificados, con excepción del escapo y pedicelo que son simples. Las alas son membranosas, transparentes y en posición de reposo descansan sobre la parte dorsal del abdomen. La hembra (Figura 21) es más grande que el macho, ya que su tamaño oscila entre 9 a 10 mm, con un promedio de 9.8 mm de longitud. La coloración es obviamente más clara que la del macho, la cabeza es café con antenas aserradas, los primeros 14 segmentos son cafés y los restantes de coloración oscura, casi negra. En el abdomen en la parte dorsal de los segmentos 2 a 4 es de color café muy oscuro, casi negro, en cambio las partes ventrolaterales son blanquecino amarillentas; los segmentos abdominales restantes son blanco amarillentos con excepción de los bordes anteriores de cada uno de ellos, que presentan una banda oscura que rodea el segmento. La especie se reconoce porque su ovipositor en forma de sierra presenta su lanceta con el primer anillo o annulus formado por tres dientes grandes (Figura 22). Los huevos son alargados y semicilíndricos, de 1.7 mm de longitud por 0.7 mm de ancho. Recién puestos son de color blanco amarillento y al madurar cambian a tonos más amarillos. Están insertados en el interior de las acículas del pino. La larva es eruciforme, con ocho pares de falsas patas. La cabeza es de color café claro, con una mancha ocular evidente en cada lado de la cabeza. El cuerpo es casi liso, con setas poco evidentes, de coloración verdosa clara, parda o rosáceo violácea; puede presentar dos bandas longitudinales de color gris oscuro, a veces poco conspicuas. Se

presentan 5 instares en los machos y 6 en las hembras. El último instar alcanza un tamaño de 25 a 30 mm de longitud. Para pupar estas larvas elaboran un capullo de seda cilíndrico, que será más grande o más pequeño, dependiendo del sexo. A la larva del último instar, que se encuentra en el interior de un capullo de seda se le conoce como prepupa. Antes de entrar a dicho capullo, vacía su contenido intestinal y se reduce en tamaño. La pupa es exorada y está protegida por un capullo coriáceo color pardo mate, que mide en promedio 11.3 mm de longitud y 5.2 mm de diámetro, siendo más grande en las hembras.

Ciclo de vida y hábitos: Presenta una generación al año. Dependiendo de las condiciones climatológicas, los adultos se pueden encontrar desde la segunda semana de julio hasta la última de septiembre. La cópula se efectúa por lo general el mismo día de la emergencia, durante las primeras horas de la mañana y al día siguiente las hembras ovipositan cuando sale el sol. Raramente ovipositan durante mañanas lluviosas y frías. La oviposición termina al medio día y solo ocasionalmente las hembras utilizan dos días para ovipositar. Cada hembra utiliza solamente un fascículo para poner todos sus huevecillos, que son en promedio 47 por cada hembra y los coloca en el tercio medio de la hoja, haciendo una abertura longitudinal con su ovipositor en cualquiera de los bordes externos de la hoja triangular. Los huevecillos se encuentran desde mediados de julio hasta septiembre. El número de días que dura la incubación es de 43 días. Pocos días antes de eclosionar, los huevecillos se hinchan, tomando una forma arriñonada y se puede ver la larva ya formada a través del corion. Después de emerger las larvas comienzan a alimentarse, haciéndolo en grupos de 2 a 5 y empezando a comer la parte apical de la acícula; poco a poco van caminando hacia atrás, pero con la cabeza dirigida hacia la punta de la acícula. Se comen el parénquima y dejan los haces conductores de color amarillo, que en poco tiempo el viento se encarga de desprender. Son de hábitos gregarios y se alimentan principalmente de noche, aunque también se les puede observar alimentándose en las mañanas frescas y al caer la tarde. La defoliación más severa la causan en el mes de noviembre, cuando es posible encontrar a todos los instares juntos. Durante la última semana del mes de diciembre las larvas empiezan a caer al suelo para tejer

su capullo, prolongándose este período hasta el mes de marzo, cuando entra en el estado de prepupa permaneciendo allí un periodo de 5 a 6 meses. La pupa se encuentra dentro del capullo y se considera que dura un mes en ese estado, lo cual sucede durante la primavera y el verano.

Hospedantes: *Pinus arizonica*, *P. ayacahuite*, *P. douglasiana*, *P. engelmannii*, *P. durangensis*, *P. leiophylla*, *P. michoacana*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus*, *P. radiata*, *P. teocote*, *P. cembroides*, *P. chiapensis*, *P. hartwegi*, *P. pringlei*, *P. herrerae*, *P. tenuifolia*, *P. devoniana*.

Distribución: Chihuahua, Durango, Estado de México, Jalisco, Michoacán y Coahuila.



Figura 21. Vista dorsal de hembra de *Zadiprion falsus* Smith.

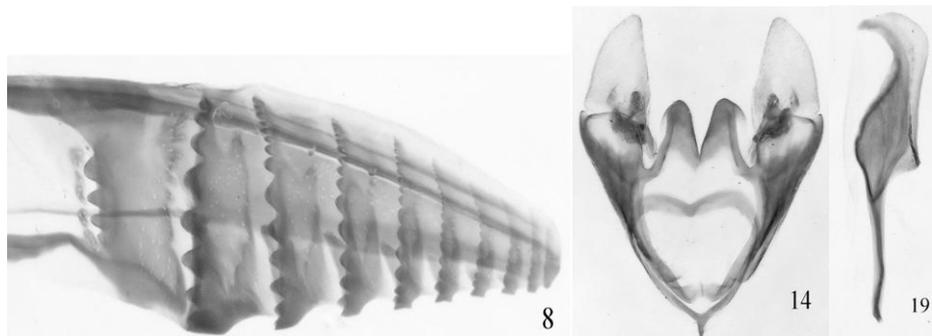


Figura 22. *Zadiprion falsus* Smith, 8) Lanceta, 14) Capsula genital masculino y 19) Pene.

3.8.2 *Zadiprion ojedae* Smith (Sánchez *et al.*, 2012; Smith *et al.*, 2012)

Descripción: La hembra mide 11 mm de largo en promedio. La cabeza es amarillo claro, mandíbulas negras, labrum anaranjado y ocelos rodeados de negro; antenas aserradas de 23 segmentos, siendo el escapo y pedicelo amarillo claro, los segmentos flagelares próximos al pedicelo marrón rojizo, los segmentos de la parte media negros ventralmente y marrón rojizo dorsalmente, y de tres a cinco segmentos apicales negros. Tórax amarillo claro, con franjas negras en las divisiones del mesonoto. Patas marrón rojizo. Alas transparentes con tonalidad marrón claro incluyendo las venas y el estigma. El macho mide entre 8 y 9 mm de largo. Cabeza negra con manchas blancas alrededor de los ojos; antenas bipectinadas marrón claro; mandíbulas negras; labrum, clípeo y palpos maxilares amarillentos. Tórax negro. Patas amarillo claro en el tarso y la tibia; fémur amarillo claro en la parte distal y negro en la base; trocánter y coxa negros. Alas transparentes con venas marrón claro. Genitalia del macho y hembra, como se muestra en la (Figura 23, E y F).

Ciclo de vida y hábitos: su hospedero principal es el *Pinus durangensis* y ocasionalmente infesta a *Pinus herrerae* para completar su periodo de alimentación. En condiciones endémicas puede encontrarse en arboles desde 1.4 hasta 7.5 m, pero en condiciones epidémicas se encuentra también en arboles de mayor altura. Los adultos de esta especie emergen a partir de la última semana de agosto y concluyen a mediados de octubre. En cuanto emergen, los adultos se aparean y ovipositan sobre las acículas de los pinos. El estado de huevo se presenta desde fines de agosto hasta la tercera semana de octubre del mismo año. Este insecto pasa un gran tiempo en estado de larva, hiberna durante los primeros dos estadios. Las larvas tienen un comportamiento gregario para alimentación, protección de factores ambientales y defensa contra enemigos naturales. Al llegar el invierno disminuye su metabolismo y debido a su tamaño, a las bajas temperaturas, así como a las nevadas, consumen muy poco follaje; en consecuencia, crecen lentamente. A mitad de invierno se observó que las larvas se alimentan en las horas del día y algunas se agrupan por momentos entre la

base de las acículas y el tallo, para soportar las bajas temperaturas, que regularmente son menores de 0° en las noches y mañanas de invierno. Por tener un desarrollo larvario lento, la defoliación de los hospederos a la vez ocurre más lentamente, la temporada de máxima defoliación ocurre durante el mes de mayo. Finalmente, los capullos se presentan desde mediados de junio hasta mediados de octubre del mismo año. Posterior a octubre, pueden encontrarse capullos aparentemente sanos; no obstante, no se observó emergencia de adultos después del otoño (Figura 24).

Hospederos: *Pinus durangensis* y *Pinus herrerae*.

Distribución: Chihuahua.

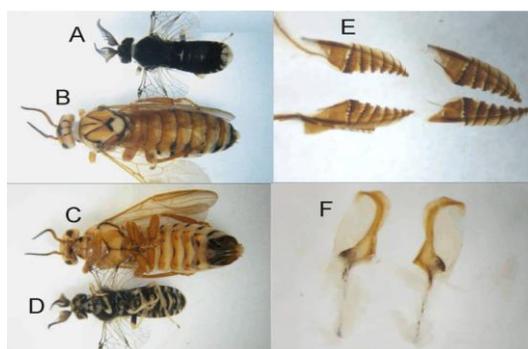


Figura 23. *Zadiprion ojedae* Smith A) Aspecto dorsal macho, B) Aspecto dorsal hembra, C) Aspecto ventrales hembra, D) Aspecto ventral macho, E) Ovipositor de la hembra, F) Genitalia del macho (Ojeda, 2011).

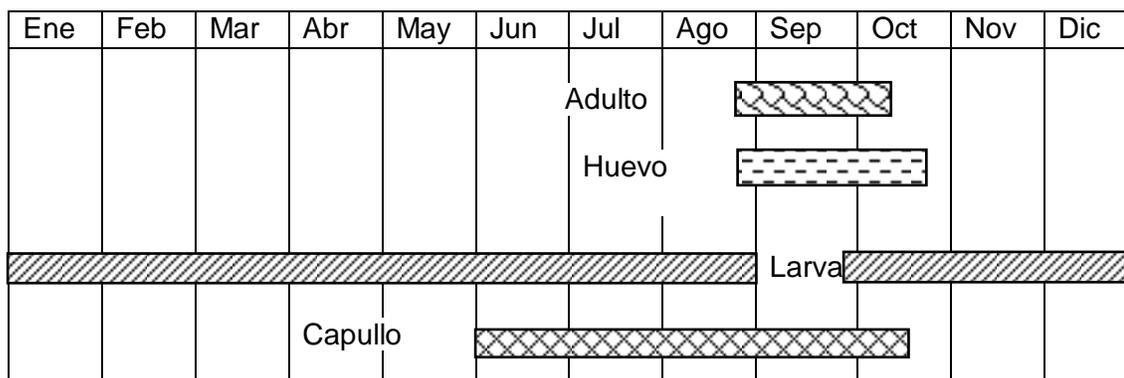


Figura 24. Periodos estacionales en que ocurren los estados de desarrollo de *Zadiprion ojedae* Smith en el municipio de Guachochi, Chihuahua (Sánchez *et al.*, 2012).

3.8.3 *Zadiprion roteus* Smith (Smith *et al.*, 2012)

Esta especie es conocida solo por un holotipo y un paratipo. La lanceta es similar a *Zadiprion howdeni* a excepción de ligeras diferencias en el segundo y tercer anillos, que están más cercas en *Zadiprion roteus* (Figuras 25 y 26).

Hospederos: desconocido.

Distribución: Hidalgo.



Figura 25. Vista dorsal de la hembra de *Zadiprion roteus* Smith (Smith *et al.*, 2012).

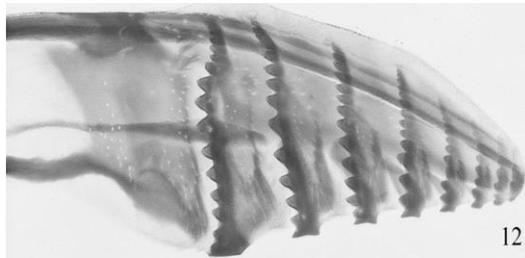


Figura 26. Lanceta de *Zadiprion roteus* Smith (Smith *et al.*, 2012).

3.8.4 *Zadiprion howdeni* Smith (Smith *et al.*, 2012)

Descripción: poco es conocido de esta especie. El primer anfitrión fue registrado por Smith en 1988 a partir de muestras en el National Museum of Natural History, pero el ciclo de vida de la especie no tiene publicado.

Las hembras de *Zadiprion howdeni* tienen la apariencia similar a *Zadiprion falsus*, pero la lanceta carece de la primera corona circular. El macho tiene un tórax de color negro, el mesotórax de color amarillo, la cápsula genital de la válvula del pene es truncar a ligeramente cóncava en su vértice (Figura 27 y 28).

Hospederos: *Pinus oaxacana*.

Distribución: Chiapas, Guatemala.



Figura 27. Vista dorsal de la hembra de *Zadiprion howdeni* Smith (Smith *et al.*, 2012).

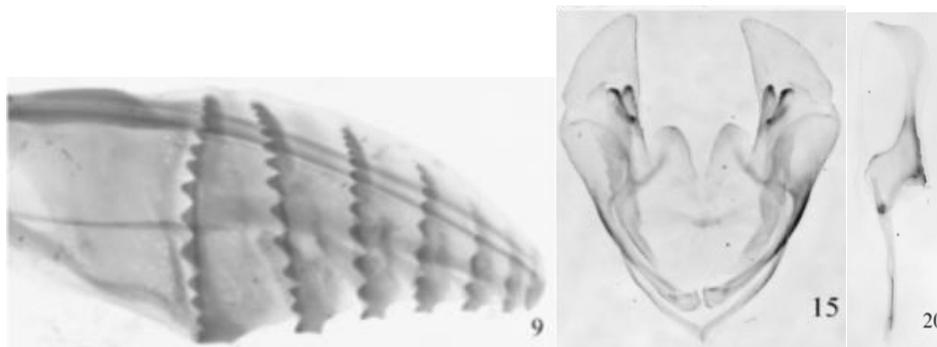


Figura 28. *Zadiprion howdeni* Smith 9) Lanceta, 15) cápsula genital masculino, 20) pene (Smith *et al.*, 2012).

3.8.5 *Zadiprion townsendi* (Cockerell) (Smith *et al.*, 2012)

Descripción: la hembra se distingue fácilmente por la lanceta, el primer anillo tiene 11 o más dientes finos. La cabeza y el tórax son generalmente marrón rojizo

con las órbitas interiores, genas, raya en cada lado del mesoprescutum, mesoscutelum, esclerito postpiracular y posterocentral en el mesepisternum de color amarillo. En el macho, la capsula genital es delgado y redondeada en su ápice, es la única especie conocido que tiene en el posterocentral del mesepisternum y el primer tergo abdominal de color amarillo (Figura 29 y 30).

Ciclo de vida: en Nebraska, los adultos son encontrados desde mediados de Junio a mediados de Julio. Las larvas aparecen a finales del verano, las larvas se alimentan y permanecen en grupos en el follaje, en el invierno aunque pueden ser activos se alimentan en los días cálidos. En primavera las larvas reanudan la alimentación y es cuando ocurre la mayor defoliación, en la maduración las larvas se entierran en el suelo del bosque. La pupación es en junio o julio justo antes de la emergencia de adultos.

Hospedero: *Pinus ponderosa* Dougl.

Distribución: Chihuahua, Arizona, Nuevo México, Colorado, Dakota del Sur, Nebraska



Figura 29. Hembra de *Zadiprion townsendi* (Cockerell) (Smith *et al.*, 2012)

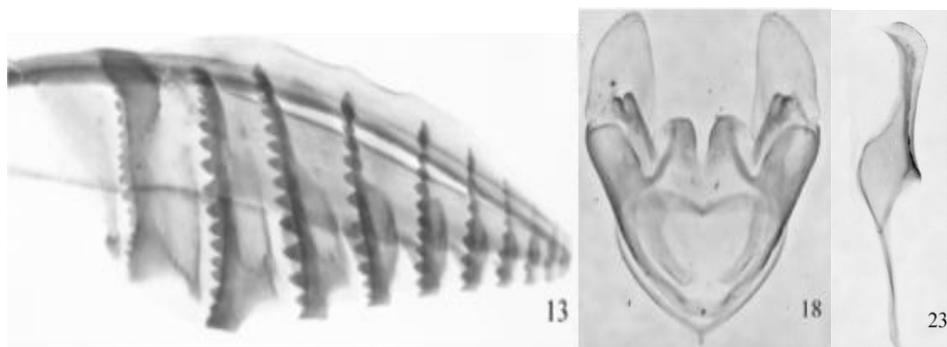


Figura 30. *Zadiprion townsendi* (Cockerell), 13) Lanceta, 18) Capsula genital masculino, y 23) pene (Smith *et al.*, 2012).

3.8.6 *Neodiprion autumnalis* Smith (Sánchez *et al.*, 2012)

Descripción: La hembra mide entre 8.5 a 10 mm de largo. Su cabeza es anaranjada; antenas aserradas, de 18 segmentos (puede variar de 16 a 19 segmentos) negras o marrón oscuro, con escapo, pedicelo y primer segmento flagelar castaño claro; protórax marrón claro; lóbulos del mesotórax marrón claro en el perímetro y negros en la parte media, excepto el mesescudete que es marrón claro; metatórax negro con un par de franjas claras en la parte media. Las patas son ligeramente anaranjadas con la base de las tibias y coxas blanquecinas. Las alas son transparentes con venas marrones. El abdomen en vista dorsal es marrón oscuro o negro, debido a que los terguitos 1 al 7 generalmente presentan esta coloración; en vista ventral el abdomen es de coloración anaranjado pálido o blanquecina. El ovipositor presenta nueve anillos dentados. El macho mide entre 7.5 a 8.5 mm de largo. Su cabeza es negra, presentando labrum blanquecino y antenas negras bipectinadas. Las patas son blanquecinas en los segmentos correspondientes al tarso y la tibia, blanquecino con negro en el fémur y negro en la coxa. Las alas son transparentes con venas marrones. Genitalia de la hembra y macho como se muestra en (Figura 31, E y F).

Ciclo de vida y hábitos: los adultos de esta mosca sierra emergen gradualmente durante el mes de noviembre, se aparean y ovipositan sobre las acículas de los pinos. Hiberna en estado de huevo, permaneciendo así desde

noviembre hasta la tercera semana de abril del siguiente año. Las larvas eclosionan en la segunda o tercera semana de abril, siendo más evidentes a fines de abril. Las larvas tienen un comportamiento gregario, alimentándose en grupos, consumiendo gradualmente el follaje del año anterior y si éste se acaba del árbol en que nacieron, descienden por el tallo, caminan por el suelo y seleccionan un nuevo árbol para concluir su periodo de alimentación. Aunque pueden encontrarse larvas hasta la segunda y tercera semana de julio, en esta temporada se encuentran en estado de reposo, ya sin alimentarse, y la mayoría de ellas se encuentran enterrándose en el suelo y tejiendo sus capullos. El estado de prepupa y pupa ocurre dentro del capullo, el cual se presenta desde la tercera semana de junio hasta noviembre cuando emergen los adultos (Figura 32).

Hospederos: *Pinus arizonica*.

Distribución: Chihuahua.

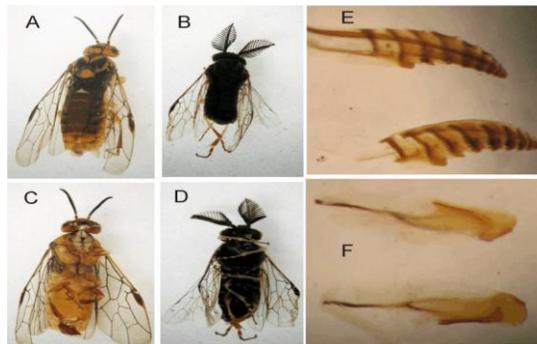


Figura 31. *Neodiprion autumnalis* Smith. A) Aspecto dorsal hembra, B) Aspecto dorsal macho, C) Aspecto ventral hembra, D) Aspecto ventral macho, E) Ovipositor de la hembra, F) Genitalia del macho. (Ojeda, 2011).

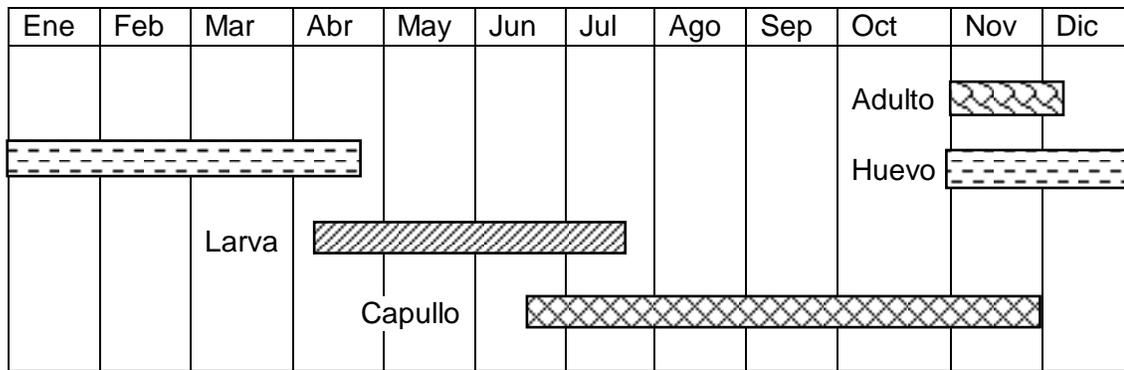


Figura 32. Periodos estacionales en que ocurren los estados de desarrollo de *Neodiprion autumnalis* Smith en el municipio de Guachochi, Chihuahua (Sánchez *et al.*, 2012).

3.8.7 *Neodiprion fulviceps* (Cresson) Complex (Smith y Wagner, 1986; Wagner *et al.*, 1986)

Hembra. 9 mm de longitud. Cabeza de color naranja oscuro con estrechas rayas negras entre los ocelos, tórax y piernas de color naranja; antenas de color negro, escapo ligeramente más pálida. Tórax con el pronoto y mesepisternum blanquecina, mesonoto negro con puntos de sutura y escutelo negro ligero a gris; metanoto negro; las partes restantes opaca de color naranja. Abdomen negro por encima, con rayas laterales longitudinales de color blanquecino; vientre naranja pálido. Las piernas de color naranja claro, las bases de las tibias y coxa más blanquecinas. Alas, con venas de color marrón a negro. Antenas con 18 segmentos. Macho, larva de 17-22 mm de longitud, cabeza de color naranja con mancha ocular negro, cuerpo con 2 rayas negras longitudinales subdorsales y por lo general con 2 rayas negras subpiraculares. Patas torácicas en su mayoría negras (fémures, tibias, y tarsos pueden ser blanquecinos a naranja).

Ciclo de vida y hábitos: La emergencia de adultos comenzó a finales de Abril y continuó hasta principios de Junio (Figura 33). Los machos son volantes activos y capaces de mantener el vuelo en el viento fuerte. Las hembras rara vez se observa en vuelo; generalmente se encuentran ya sea estacionaria o subiendo y bajando de las agujas en las ramas expuestas. Muy poco se observa el comportamiento de cortejo. En el laboratorio, el apareamiento y la oviposición se

produjeron a una hora después de la emergencia de la hembra. Los adultos por lo general vivían dos o tres días. La hembra adulta comenzó la oviposición haciendo una pequeña abertura cerca de la base de la aguja. Este pequeño corte se conoce como hendidura de prueba. La hendidura de prueba se hizo siempre proximal a la aguja en el que se produce la oviposición. La función de la ranura de prueba es desconocida, pero se cree que sirve para cortar el conducto de resina o determinar la idoneidad de la aguja para la oviposición. Un promedio de un huevo fue puesto por cada 1.12 cm de longitud de la aguja, los huevos fueron depositados en la mitad distal de cada aguja. Las larvas individuales de la eclosión de adultos, indicaron que hay cuatro estadios de alimentación para el macho y cinco estadios de alimentación para la hembra, en ambos casos el último estadio es de reposo. En la etapa de capullo, los machos tardan aproximadamente 27 días para la emergencia de adultos y las hembras aproximadamente 29 días.

Hospedante: *Pinus ponderosa*.

Distribución: Durango, Arizona.

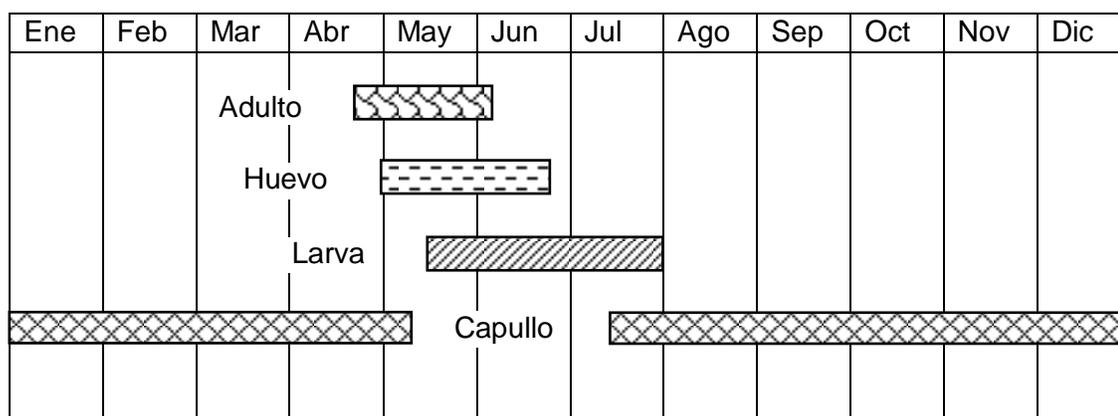


Figura 33. Ciclo biológico de *Neodiprion fulviceps* (Cresson) Complex.

En México se han registrado otras especies del género *Neodiprion* pero no se tiene información de su descripción morfológica y de su ciclo de vida, estas especies son:

**Neodiprion omosus* Smith

**Neodiprion edulicolus* Ross

**Neodiprion gillettei* Rohwer

**Neodiprion bicolor* Smith

3.9 Daños causados por los géneros *Zadiprion* y *Neodiprion*

3.9.1 Daño Fisiológico

Los defoliadores producen una reducción de la superficie fotosintética, alteración en el proceso de transpiración y en el de translocación de nutrimentos, siendo estos daños directamente proporcionales a la densidad poblacional (Bauerle *et al.*, 1997; Arguedas, 2006).

Castro (1981), menciona que el ataque del insecto se inicia con la oviposición de los huevecillos dentro de los tejidos parenquimatosos de la hoja, lo que ocasiona un ligero amarillamiento al principio, haciéndose más evidente con el transcurso del tiempo (los huevecillos son puestos en hileras a lo largo de la aguja del pino, los racimos contienen un promedio 36 huevecillos) (Figura 34).



Figura 34. Huevecillo de *Neodiprion edulicolus* Ross en acícula de pino (Donald Owen).

Según Solórzano (1977) y Cibrián *et al.*, (1995), señalan que los daños internos en los árboles por defoliaciones del género *Zadiprion*, la suspensión de resina, tiene mucho énfasis, ya que el rendimiento anual de trementina llegó a ser

nulo durante un periodo de ocho meses y de 50% para los cuatro meses siguientes, con relación a la producción normal.

El efecto de la defoliación cuando los árboles atacados no mueren, ocurre una modificación en el desarrollo en tamaño y estructura de los anillos anuales de crecimiento (interrupción de crecimiento en diámetro), debido a que el incremento anual en diámetro depende de la cantidad de reserva de materiales acumuladas por el árbol durante el año y se manifiesta en los anillos de crecimiento. En análisis troncales y virutas (patrón de crecimiento radial) durante un intervalo de tiempo en que ha ocurrido una defoliación, existe una reducción de crecimiento de los anillos que es proporcional al grado de defoliación que se presente (Solórzano, 1977; Méndez y Cibrián, 1985; Olivo, 2011; Sánchez *et al.*, 2012).

Los resultados de los estudios realizados por Méndez y Cibrián (1985), señalan que las reducciones en el crecimiento medio anual van de un 46.38 – 68%, esto implica que para pasar de una categoría diamétrica a la inmediata superior requiere mayor tiempo o aumenta el tiempo de paso. La reducción del incremento radial, va de cuatro a seis años, el árbol afectado puede recuperarse a la normalidad inmediatamente después de estos periodos (Figura 35).

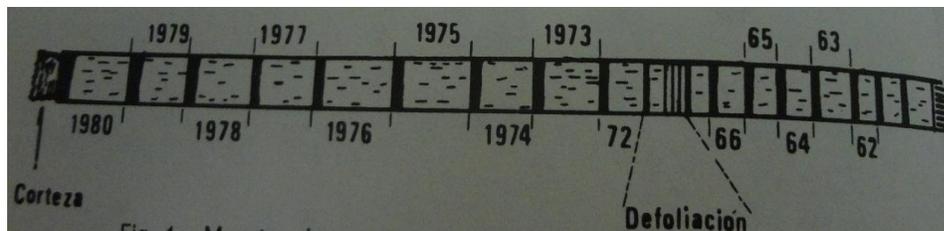


Figura 35. Viruta de pino (obtenida con el taladro de Pressler) que muestra anillos de crecimiento afectado por las defoliaciones de *Zadiprion vallicola* Rohwer (Méndez y Cibrián, 1985).

3.9.2 Daño Morfológico

Los arboles recientemente defoliados presentan una coloración rojiza-grisácea, debido a que las larvas no consumen los tocones de las acículas ni las vainas, al ir

muriendo estos fragmentos de hojas, se secan y su coloración se torna café rojiza, al desprenderse de las ramas estas quedan desnudas lo que le da la apariencia de estar muertos (Solórzano, 1977; Gauna, 1988).

En los municipios de Guachochi y Bocoyna, Chihuahua, en los rodales afectados, los árboles defoliados por *Neodiprion autumnalis* Smith observaron que las hojas nuevas de la siguiente temporada tienen un crecimiento menor, indicando una menor capacidad fotosintética y de crecimiento (diámetro y altura), los árboles reducen su vigor, haciéndolos susceptibles al ataque de otras plagas. También observaron la muerte de árboles severamente defoliados donde los suelos son delgados y la roca madre está casi expuesta (Sánchez *et al.*, 2012; Cibrián *et al.*, 1995).

En los estudios de Álvarez y Díaz (2009), observaron que *Zadiprion falsus* Smith se destaca por mostrar mayor daño en *Pinus durangensis*, ya que se observó del 60 al 80% de defoliación de la copa (defoliación moderada a severa); le siguió *Pinus leiophylla*, con un promedio de 30% (defoliación ligera) y *Pinus herrerae*, con un 5% de defoliación (escasa defoliación). Para esta evaluación en campo se utilizó una escala de 4 categorías de defoliación: escasa (0-25%), ligera (26-50%), moderada (51-75%) y severa (76-100%), (Coulson, 1990).

Los pinos que son defoliados por *Neodiprion autumnalis* Smith en un año, son más vulnerables de ser atacados al siguiente año, ya que mientras la biomasa del follaje se reduce, el contenido de nitrógeno aumenta ligeramente, lo cual beneficia al insecto al contar con follaje más nutritivo. Cuando la defoliación es continua los árboles mueren (Gauna, 1988; Cibrián *et al.*, 1995; McMillin y Wagner citado por Sánchez *et al.*, 2012).

Cuando el árbol se queda sin follaje y las larvas todavía están en desarrollo, éstas descienden a través del tallo y caminan por el suelo para mudarse a un nuevo hospedero para continuar su alimentación. El daño máximo provocado por las larvas de *Neodiprion autumnalis* Smith., ocurre durante Mayo, pues para la tercera semana de este mes muchos de los arboles infestados alcanzan entre 80 y 90% de defoliación (severa), y el 100% para mediados de Junio. *Zadiprion ojedae*

Smith mantiene el mismo comportamiento, para la tercera semana de Mayo provoca del 80 al 100% de defoliación (severa) y se observa que los grupos de larvas se trasladan a nuevos árboles para completar su desarrollo (Smith *et al.*, 2010; Sánchez *et al.*, 2012) (Figura 36).



Figura 36. Defoliación de pino por *Neodiprion autumnalis* Smith en Guachochi, Chihuahua (Sánchez *et al.*, 2012).

En las zonas más frías de Europa, los mayores daños causados por *Neodiprion sertifer* Geoffroy se observan sobre repoblados jóvenes de *Pinus halepensis*, *P. nigra*, *P. canariensis* y *P. pinaster*. Las larvas producen una disminución en el crecimiento de hasta el 40% durante 10 años, lo que impide que la repoblación se establezca correctamente debido a las defoliaciones. Los daños son importantes debido a que se trata de un defoliador primaveral, lo que provoca un mayor debilitamiento que las defoliaciones invernales (Consejería de Medio Ambiente, s/año).

Castro (1981) y Olivo (2011), mencionan que cuando el daño es muy severo, *Neodiprion fulviceps* (Cresson) Complex y *Zadiprion falsus* Smith una vez que terminan con el follaje empiezan a devorar la corteza de la ramilla llegando a cincharla, lo que se manifiesta con la muerte parcial o total del árbol, siendo más afectados los árboles jóvenes (Figura 37).



Figura 37. Defoliación y roedura de la corteza de pino por *Neodiprion sertifer* Geoffroy (Consejería de Medio Ambiente, s/año).

Sánchez y Wagner citado por Sánchez *et al.*, (2012), demostraron que la biomasa del tallo de *Pinus ponderosa* en estado de renuevo se reduce entre 35 a 45% cuando es defoliado totalmente por *Neodiprion gillettei* Rohwer pero las raíces secundarias redujeron el crecimiento aún más, siendo entre 58 a 71% en el caso de defoliación total.

La pérdida por mortandad de arbolado es mínima en 4% al final de las dos primeras defoliaciones y dirigida a sujetos decrepitos; mientras que después de la tercera y cuarta defoliaciones sucesivas, la mortandad se observa en arboles adultos no decrepitos, elevándose los daños considerablemente (Castro, 1981; Solórzano, 1977).

3.9.3 Daño Ecológico

Los montes plagados pueden distinguirse de largas distancias, ya que se destaca el ramaje desnudo, a diferencia de bosques sanos que se aprecian como masas oscuras debido al color verde de su follaje (Solórzano, 1977; Gauna, 1988).

Cuando los daños son severos y se presenta una elevada mortalidad del arbolado, la desestabilidad del ecosistema es la consecuencia, ya que se pierde la

estructura del bosque entre árboles adultos, jóvenes y renuevos, además se afectan otras especies que coexisten en el ecosistema (Coulson y Witter, 1990).

Los animales, insectos y hongos dependen directa o indirectamente de los árboles para su alimentación, en bosques seriamente defoliados provoca el caos en estas cadenas alimenticias (GEO, s/año).

En lo que respecta a interceptación de lluvia, Cantú y González (2002), mencionan que los bosques estudiados de pino, encino y pino-encino, las pérdidas por interceptación acumulada son de 19.2, 13.6 y 23% respectivamente. Esto quiere decir, que las defoliaciones provocadas en los brotes eruptivos de Diprionidos (como la del periodo 2007-2009 con 34,493 ha afectadas), el suelo del bosque juega un papel preocupante (haciéndose alarmante al tomar en cuenta la pendiente del terreno) al no contar con el amortiguamiento (dosel) del efecto de lluvia. Aunado a lo anterior, la escorrentía, erosión y sedimentación, son condicionadas trayendo como consecuencias otros problemas (reabastecimiento de los mantos acuíferos, pérdida del valor ecológico del bosque, etc.).

Stark citado por Coulson y Witter (1990), menciona algunos impactos que resultan del forrajeo de los insectos fitófagos, estos son: aumento en la penetración de la luz a través del dosel del bosque, reducción de la competencia entre las plantas, alteración en la composición de especies vegetales, alteración en la biomasa vegetal (especies tolerantes e intolerantes), aumento en las tasas de escurrimiento del agua y lixiviación de nutrientes, aumento en las tasas de descomposición de la hojarasca y redistribución de nutrientes, alteración del hábitat de la fauna silvestre, etc.

Los bosques que han incrementado el porcentaje de superficie defoliada verán reducida su capacidad y eficiencia en los procesos de fijación de carbono. Se sabe que los bosques captan y retienen anualmente cerca de un tercio de las emisiones de CO₂ generadas por las actividades humanas (GEO, s/año).

3.9.4 Daño Económico

De acuerdo al control químico, Solórzano (1977), describe los costos de control empleado por las defoliaciones del *Zadiprion vallicola* Rohwer en el suroeste del estado de Michoacán. Menciona que los costos por hectárea controlada van de \$ 126.78 pesos por el método aerospolvoreación y \$ 137.00 pesos por el método aspersion aérea. Los gastos toman en cuenta el alquiler de la avioneta, vuelos reconocidos, pago de piloto y mecánico, 24 toneladas de DDT al 10%, traslado de la misma, combustibles, salarios a trabajadores (brigadas), compra de tela para abanderamiento, entre otros materiales utilizados en la investigación y control de este defoliador.

Lyyticà inen y Tompoo citados por Sánchez *et al.*, (2012), estimaron que en el caso de un ataque de *Neodiprion sertifer* Geoffroy las pérdidas económicas son de US \$ 20.00, US \$ 40.00 Y US \$ 62.00/ha en defoliaciones ligeras, moderadas y severas respectivamente; mientras que, en el caso de un ataque de *Diprion pini* las pérdidas económicas son de US \$ 93.00, US \$ 310.00 Y US \$ 530.00/ha para las mismas categorías de defoliación. Las pérdidas económicas pueden incrementarse en función de los años que dure la infestación en el mismo sitio, considerando además de que los arboles requieren de varios años para recuperar su tasa de crecimiento normal.

3.10 Fluctuación Poblacional

Los insectos tienen el instinto efectivo para preparar y depositar sus huevecillos en el sitio correcto para que sus descendientes tengan la mejor oportunidad de sobrevivir (Metcalf y Flint, 1979).

Es probable que el aumento masivo poblacional de estos géneros (*Zadiprion* y *Neodiprion*) se deba por la partenogénesis dentro de la biología de las hembras, según los resultados de las proporciones de sexos del cultivo de pupas en 1944, fue de 80.4% hembras y 19.6% machos (De la Llave citado por Solórzano, 1977),

mientras que la proporción de sexos del cultivo efectuado en 1967, resultó ser de 98 y 2% para hembras y machos respectivamente (Solórzano, 1977).

Por otra parte Mayo (1985), observa que ocurren casos en que las hembras *Zadiprion vallicola* Rohwer ovipositan sin haber habido apareamiento y existe una irregularidad entre las proporciones de sexos, 44% machos y 56% hembras. Wagner *et al.*, (1986), al estudiar la biología de *Neodiprion fulviceps*, observaron poco comportamiento de apareamiento y en el laboratorio, las hembras depositaban sus huevecillos a una hora de su emergencia.

Las moscas sierra ocasionan brotes epidémicos en forma cíclica, aunque los periodos entre estos varían, se desconocen las causas que lo originan, la duración y el declinamiento (González *et al.*, 2013). Por otra parte, en los estudios en Europa, se desconocen los factores que producen las explosiones de *Neodiprion sertifer* Geoffroy, pueden ser debida a la climatología, años especialmente cálidos y secos, o a factores de calidad de estación, suelos especialmente pobres, con poca agua y déficit de nitrógeno (Consejería de Medio Ambiente, s/año).

3.11 Control integral de los insectos Diprionidos

Una de las causas principales que provocan grandes desplazamientos de la posición de equilibrio de las especies de insectos, es la introducción de un insecto desde su nicho ecológico donde está controlado naturalmente, manteniéndose una baja densidad de población, a otra zona nueva donde, en ausencia de sus enemigos naturales, se desarrolla de tal manera que su población crece considerablemente (Hoja Técnica de Divulgación Científica, 2012).

El término “plaga” es una designación antropocéntrica que se da a ciertos insectos forestales (y a otros organismos) cuando afectan los valores ecológicos, económicos y sociales que se relacionan con los árboles forestales y de sombra (Coulson y Witter, 1990).

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) es la utilización de todos los recursos necesarios, por medio de procedimientos operativos estandarizados, para

minimizar los peligros ocasionados por la presencia de plagas. A diferencia del control tradicional (sistema reactivo), el MIP es un sistema proactivo que se adelanta a la incidencia del impacto de las plagas en los procesos productivos. El objetivo inicial es proteger al máximo (Metcalf y Luckmann, 1990).

Waters citado por Coulson y Witter (1990) y Romero (2004), mencionan que el Manejo Integrado de Plagas, consiste en mantener a niveles tolerables los agentes destructores, mediante el uso planificado de tácticas y estrategias preventivas, supresoras o reguladoras que sean ecológica y económicamente eficientes además de socialmente aceptables. Descansa primeramente en las defensas biológicas contra las plagas, antes de alterar químicamente el ambiente (Figura 38).

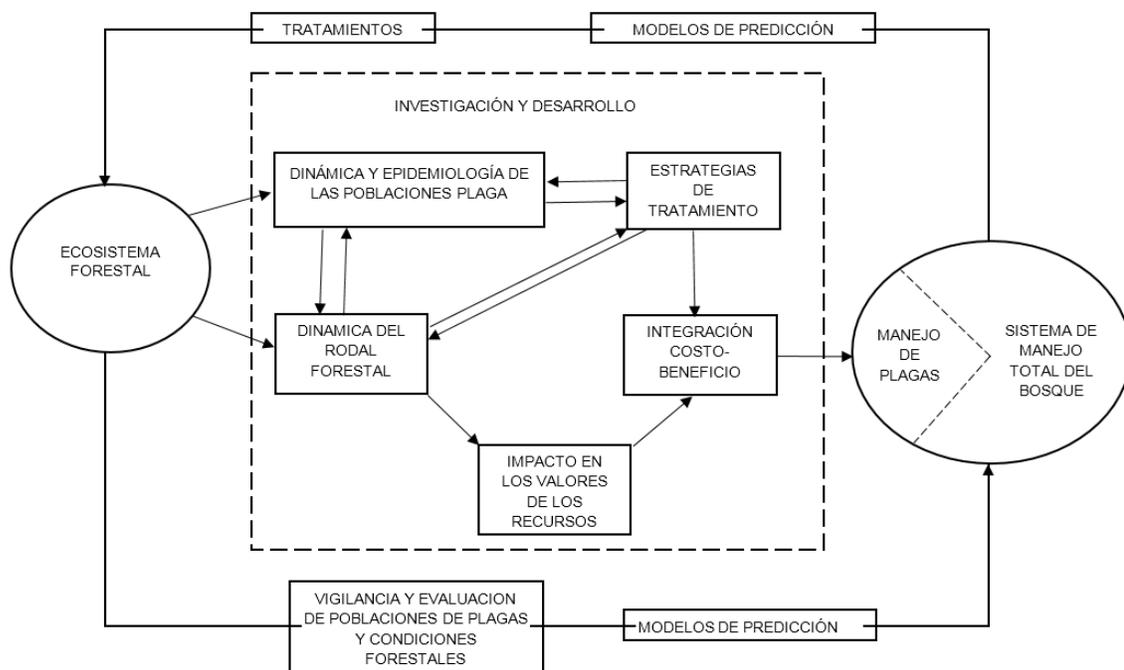


Figura 38. Estructura del modelo conceptual general de un sistema de manejo de plagas forestales (Waters y Cowling citado por Coulson y Witter, 1990).

Los términos “Umbral Económico” y “nivel de daño económico” se utilizan para describir la densidad de población de insectos que ocasionará daño económico sobre el recurso. Un insecto alcanza la categoría de plaga cuando rebaza el

umbral de tolerancia y llega al umbral económico, es decir, cuando la población es suficientemente grande como para ocasionar daños de importancia económica (Figura 39) (Stern *et al.*, y Stark, citado por Coulson y Witter, 1990).

El nivel de daño económico no es usado ampliamente en dasonomía como en agricultura, a causa de la naturaleza de largo plazo de la producción de la cosecha y de los múltiples valores que se le dan a los árboles forestales. En los ecosistemas forestales, el valor de la pérdida (impacto en la producción) es más difícil de calcular (Coulson y Witter, 1990).

Kanamitsu, citado por Coulson y Witter (1990), define la pérdida económica de un bosque, como el valor reducido de los árboles muertos que excede a la disminución normal de la densidad de árboles.

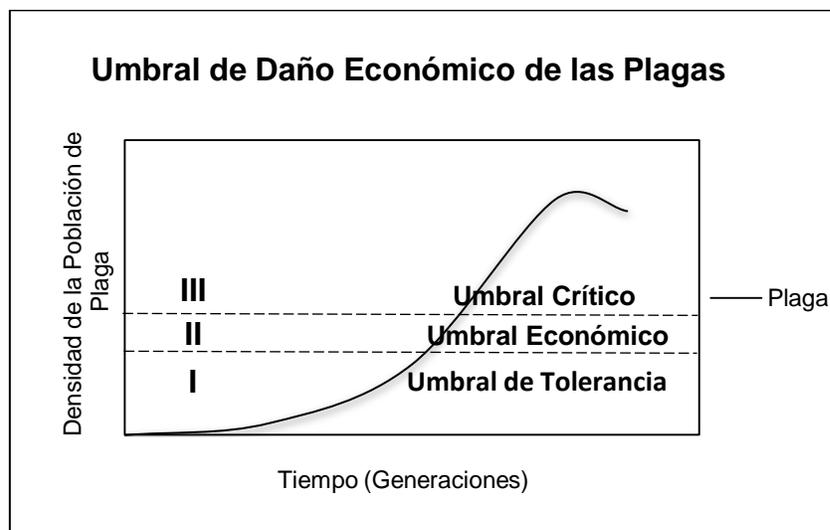


Figura 39. Umbral de daño económico de las plagas.

El Umbral de Tolerancia (I); o umbral de beneficio, se refiere a la cantidad de insectos de una población que no ocasionan daños significativos (nivel mínimo de lesiones), este umbral permite tomar medidas preventivas (limpieza, monitoreo de la población, etc.) para la detección oportuna de agentes de daño. El Umbral Económico (II); o umbral de tratamiento, es la densidad poblacional de plaga en la que el productor debe aplicar el tratamiento para evitar que la población de

insectos sobrepase el nivel de daño económico (pérdida económica). El Umbral Crítico (III); o nivel de daño económico (a nivel de siniestro), puede llegar a la pérdida total del recurso, donde los costos de combate se iguala o rebasa el beneficio de la cosecha, por tal razón en este umbral no es factible emplear las actividades de control, ya que se gasta más de lo que se recupera en rendimiento adicional (Pérez, 2000; Ríos y Baca, 2003).

3.11.1 Control Natural

De acuerdo con Solórzano (1977), la competencia por espacio y alimento hace que gran parte de la población plaga, antes o después de que han terminado con el follaje de los pinos, se precipiten al suelo y mueran por falta de alimento y por las altas temperaturas que la arena adquiere por los rayos solares (al no existir sombra del follaje del árbol), llegando a formar capas de 5 centímetros de espesor de larvas muertas sobre el suelo (Figura 40).



Figura 40. Larvas de moscas sierra, descendiendo del fuste del árbol preparadas para pupar, en poblaciones muy densas el espesor de las larvas cubren el suelo (González, 2013).

Las condiciones climáticas desfavorables, como la lluvia y temperaturas bajas (heladas) etc. cuando las larvas se alimentan, puede provocar el colapso de moscas sierra (Ciesla y Smith, 2011; Consejería de Medio Ambiente, s/año). Las

bajas temperaturas retrasan y con ello interrumpen el ciclo de vida de las moscas sierra (Owen, 2011). Aunque Solórzano (1977), menciona que las observaciones después de algunas heladas, no se encontraron larvas muertas.

Durante 12 años de seguimiento, la población de moscas sierra por debajo de 1,850 msnm se redujo significativamente en años cuando las temperaturas mínimas en el mes de abril fueron ya sea inusualmente baja o inusualmente alta. Las larvas de moscas sierra trasladado a la sede de los árboles por encima de 1,900 msnm no fueron capaces de mantener las poblaciones a pesar de abundantes árboles de acogida y alta supervivencia transferido de larvas (Owen, 2011).

3.11.2 Control Biológico

Los insectos entomófagos son considerados ventajosamente en dos grupos, conocidos como: depredadores y parásitos. Los depredadores son insectos que capturan y devoran a criaturas más pequeñas o más desamparadas, matándolas al obtener de ellas un solo alimento. Los parásitos, son formas de organismos vivos que hacen sus hogares sobre o dentro del cuerpo de otros organismos (hospederos), de los cuales ellos obtienen su alimento durante cuando menos un estado de su existencia (Metcalf y Flint, 1979).

Los aumentos de población de *Neodiprion sertifer* Geoffroy suelen desembocar en un colapso. Puede deberse al incremento en la mortalidad de los huevos causado por sus numerosos parasitoides y depredadores. Cuando alcanzan niveles de población elevados se observan enfermedades en las larvas que se transmiten con rapidez a casi toda la colonia diezmando fuertemente la población, tal es el caso de *Dipriocampe diprioni* y *Borrelinavirus diprionis* (virus de la poliedrosis) que afecta larvas de segundo y tercer estadio (Consejería de Medio Ambiente, s/año; Gobierno de Navarra s/año).

En el cultivo de pupas realizado en 1943, el 30.5% del total de pupas puestas, emergieron insectos parásitos, que fueron identificados de los géneros *Lamachus*, *Stylocryptus* y *Spathimeigenia* (De la Llave citado por Solórzano, 1977).

Igualmente ocurrió en el cultivo de 1967, se registraron emergencias de avispas de los géneros *Lamachus* sp., y *Stylocryptus* sp., y de moscas como *Spathimeigenia mexicana*, asociadas con adultos de *Zadiprion vallicola* Rohwer. El parasitismo ocurre después de que las larvas del *Zadiprion* se dejan caer al suelo; en este estado las hembras de los parásitos hacen presa de las larvas y valiéndose de su oviscapto en forma de aguijón depositan en su cuerpo los huevecillos (sobre los ganglio nerviosos torácicos) que dan origen a las larvas parasitas. Las larvas pueden alcanzar a formar su capullo antes de que sus materiales sean consumidos, de modo que al final, en lugar de emerger los capullos adultos de *Zadiprion*, resultan adultos de los insectos parásitos (Solórzano, 1977; Mayo, 1985).

Uno de los enemigos naturales encontrados en *Zadiprion vallicola* Rohwer y *Neodiprion* sp., en la región de Tequesquináhuac, México, fue: *Olesicampe* sp. (Himenóptero: Ichneumonidae) parasito de huevecillos (Hernández, 1980).

Mayo (1985), menciona que al manejar *Endasys subclavatus* Say (avispa) en laboratorio, obtuvo un promedio de 55.9% de parasitismo (primer ensayo), al tratar 33,575 capullos de *Zadiprion vallicola* Rohwer con 1,341 hembras parásitas, en 5 crianzas. Mientras que en la segunda liberación, de cuatro pruebas, solo una de ellas resultó ser significativa con 26.42% de parasitismo.

En el incremento de superficie afectada (4,170-34,493 ha) por moscas sierra en el periodo 2007-2009 en los municipios de Guerrero, Bocoyna y Ocampo, Chihuahua, se llevaron a cabo trabajos de control biológico a través del uso de organismos entomopatógenos como la bacteria *Bacillus thuringiensis* y un adherente en una superficie de 3,334 ha ocupado por *Neodiprion autumnalis* Smith y 3,539 ha de superficie infestada por *Zadiprion falsus* Smith (Olivo, 2011). El mismo método de control se utilizó en el periodo 2003-2005, en el brote de *Zadiprion falsus* Smith, *Neodiprion omosus* Smith y *Neodiprion fulviceps* (Cresson) Complex en los Ejidos Los Bancos y Sotolitos, municipios de Pueblo Nuevo y San Dimas, Durango (Quiñonez citado por Álvarez y Díaz, 2009).

En las observaciones de Álvarez y Díaz (2009), los enemigos que controlan de manera natural las poblaciones de *Zadiprion falsus* Smith, en el ejido Los Bancos, Pueblo Nuevo, Durango, se obtuvo: durante la segunda mitad del periodo larval se encontró al hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* con 4.25% de mortalidad y la mosca aún no determinada (Díptera: Tachinidae) causó el 1.54%; durante el periodo de pupa, se observó el 36.9% de mortandad causada por las especies parasitoides de las avispa *Netelia* spp. (Figura 41) (Álvarez y Díaz, 2009).

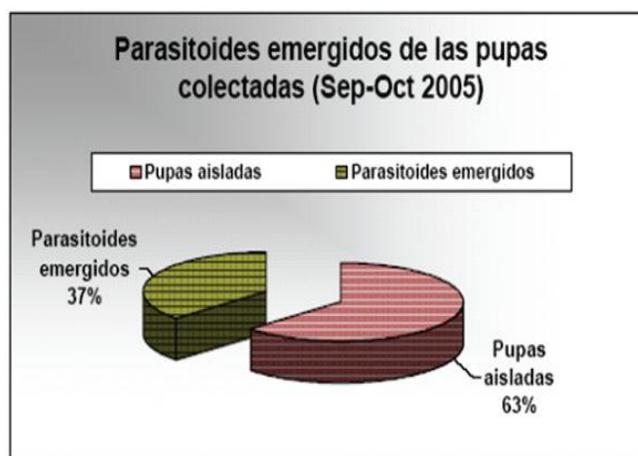


Figura 41. Porcentaje de parasitismo a partir de pupas de *Zadiprion falsus* Smith colectadas en el ejido Los Bancos, Pueblo Nuevo, Durango.

En los estudios de Ojeda *et al.*, (2011), los parasitoides que emergieron de las pupas de *Neodiprion autumnalis* Smith colectadas en Chihuahua, corresponden a dos avispias (Hymenoptera: Ichneumonidae) y tres moscas (Díptera: Tachinidae, Sarcophagidae y otra sin determinar) (Figura 42).

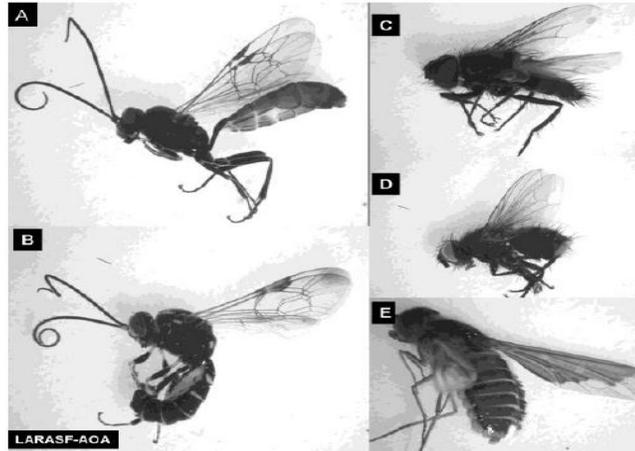


Figura 42. Parasitoides de *Neodiprion* que emergieron en el laboratorio. A) y B) Hymenoptera: Ichneumonidae, C) Díptera: Tachinidae, D) Díptera: Sarcophagidae y E) Sin determinar (Ojeda *et al.*, 2011).

Solórzano (1977), después de examinar varias muestras de larvas enfermas, encontró que estaban infestadas por hongos posiblemente del género *Beauveria* spp., se realizó un pequeño conteo de larvas vivas y muertas en un bosque plagado y se tuvo el 30% de mortalidad. El síntoma de larvas enfermas, es que cuelgan de las acículas del pino, sosteniéndose con la parte terminal de su cuerpo y así permanecen hasta que mueren.

El autor citado, observó el control de *Zadiprion vallicola* Rohwer por depredadores: chinches de la familia Pentatomidae devorando larvas en sus primeros estadios, pericos en grupos en la zona plagada alimentándose de las mismas. En la etapa de pupa los mamíferos pequeños y pequeños roedores resultaron ser los más efectivos depredadores, se encontraron dentro y fuera de madrigueras abundancia de capullos vacíos con orificios irregulares causados por mordeduras. Estos últimos depredadores empiezan a devorar las larvas una vez que abandonan las copas de los árboles.

Desde hace algunas décadas se han venido utilizando insecticidas biológicos para el control de plagas, uno de ellos es el que está formulado a base del hongo *Metarhizium anisopliae*. Dosis: 240 g /ha. Forma de preparación: En aplicaciones terrestres disolver 240 gramos de *Metarhizium anisopliae* en 200 litros de agua libre de cloro, agregarle 200 centímetros cúbicos de jabón agrícola (ácidos grasos

no iónicos al 30%) para una hectárea de cobertura. En aplicaciones aéreas, disolver 4.800 Kilogramos en 400 litros de agua, agregarle 800 centímetros cúbicos de jabón agrícola (ácidos grasos no iónicos al 30%) para 20 hectáreas de cobertura. Forma de aplicación: Aspersión en el área foliar. En aplicaciones aéreas, aspersión en la totalidad de la superficie afectada. Período de aplicación: Dependiendo del insecto defoliador y su ciclo biológico (CONAFOR, 2007).

Otro insecticida biológico es el preparado con base al hongo *Paecilomyces fumosoroseus*. Dosis: 240g/ha. Forma de preparación: en aplicaciones terrestres disolver 240 gramos de *Paecilomyces fumosoroseus* en 200 litros de agua libre de cloro, agregarle 200 mililitros de jabón agrícola (ácidos grasos no iónicos al 30%) para una hectárea de cobertura. En aplicaciones aéreas: disolver 4,800 kg en 400 lt de agua, agregarle 800 ml de jabón agrícola (ácidos grasos no iónicos al 30%) para 20 hectáreas de cobertura. Forma de aplicación: aspersión en el área foliar. En aplicaciones aéreas: aspersión en la totalidad de la superficie afectada. Periodo de aplicación: Dependiendo del insecto defoliador y su ciclo biológico (CONAFOR, 2007).

El insecticida a base de la bacteria *Bacillus thuringiensis* es el que mayormente se ha utilizado en los últimos 10 años.

El colapso normal del brote de plagas en el núcleo del radio de acción de los árboles huéspedes se asocia con la mortandad causada por los enemigos naturales en la parte final del estadio larval (Volney y Fleming, 2000).

3.11.3 Control Químico

La autorización para la aplicación de tratamientos fitosanitarios que puedan ser propuestos, corresponde a la SEMARNAT y dicha autorización, deberá ser obtenida por escrito, antes de proceder a la aplicación de cualquier tratamiento en terrenos forestales (CONAFOR, 2007).

Para el control de esta plaga se recomienda aspersiones o espolvoraciones de insecticidas como Servín 80%, Diptorex 80%, Bionex (adherente), Lannate 90%.

Las dosis varían según el producto que se use (Gauna, 1988; González *et al.*, 2012).

Los plaguicidas siendo todos los productos químicos, naturales o sintéticos, presentan características en particular que en determinadas dosis logran un efecto tóxico en algunos seres vivos (Hoja Técnica de Divulgación Científica, 2012; Hódar *et al.*, 2012).

La gran cantidad de parásitos y predadores que controlan la plaga de forma natural, obliga a ser especialmente cuidadosos con las aplicaciones químicas de forma que altere mínimamente el equilibrio del complejo parasitario (Consejería de Medio Ambiente, s/año).

3.11.4 Control Mecánico

Trampeos

Los machos de *Neodiprion sertifer* Geoffroy son fuertemente atraídos por las feromonas. Las trampas empleadas son blancas y de tipo Lund, constituidas por dos placas paralelas entre sí, separadas unos 10 cm y paralelas al suelo. Se colocan a más de 1 m del suelo y se impregnan de pegamento para que los machos queden atrapados (Consejería de Medio Ambiente, s/año).

Avances de investigaciones mencionan que los compuestos volátiles asociados a *Zadiprion*, el de mayor captura fue el Cariofileno que es producto de la digestión del hospedero. Los compuestos alcohol fenilo etil, hexadecano o trans-3-pinanon pueden ser considerados precursores de la feromona que junto con otros compuestos detectados como Alfa pineno, Xileno o Limoneno se pueden usar para incrementar la atracción (González, 2013).

Manual

La escarificación o remoción de suelo, para exponer las pupas para que sean atacadas por enemigos naturales y quemas controladas, que sería el método más económico y rápido para matar pupas, teniendo en consideración todas las medidas normativas que implica esta técnica (Álvarez y Díaz, 2009).

3.12 Cambio climático y efecto en las poblaciones de insectos

El clima mundial está cambiando. Las temperaturas en aumento y los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera, al igual que los cambios en las precipitaciones y en la frecuencia y gravedad de los eventos climáticos extremos, son sólo algunos ejemplos de los cambios que se están dando. Se presume que el cambio climático impactará en la vulnerabilidad de los bosques ante las perturbaciones y afectará también la frecuencia, intensidad, duración y ritmos de las perturbaciones mismas. Afectará también la dinámica de las perturbaciones de las plagas forestales autóctonas, de insectos y patógenos, facilitando al mismo tiempo el establecimiento y la difusión de las especies extranjeras (Moore y Allard, 2008; FAO, 2010). Por su naturaleza de organismos de sangre fría, los insectos y agentes patógenos forestales pueden responder rápidamente a sus ambientes climáticos, impactando directamente en su desarrollo, supervivencia, reproducción y expansión (Menéndez, 2007).

El incremento en la temperatura afecta tanto a los insectos como a las plantas, en ambos casos adelantando la fenología y acelerando el metabolismo, pero si la respuesta a ese cambio es más rápida en uno de los interactores, el otro tendrá problemas. Si la planta crece muy rápido, los defoliadores encontrarán tejidos más duros para comer en sus fases iniciales de desarrollo, y habitualmente perecerán; si por el contrario, el insecto responde más rápidamente, las fases iniciales de su desarrollo encontrarán tejidos vegetales poco endurecidos y desarrollados, sobrevivirán y provocaran graves daños a las plantas (Figura 43) (Hódar *et al.*, 2012). Con sus tiempos de reproducción cortos, alta movilidad y altos índices de reproducción, es probable que los insectos respondan con mayor rapidez al cambio climático que los organismos con ciclos mayores de vida, tales como las plantas y mamíferos superiores (Menéndez, 2007).



Figura 43. Cambio climático, factor principal de la diseminación de plagas y enfermedades. *Dendroctonus ponderosae* (Roberto Cenciarelli).

Tolerancia a la temperatura global, fue la causa más probable de la disminución de la población de *Neodiprion edulicolus* en los años 1994-2006, si las temperaturas de abril siguen aumentando, pronto las moscas sierra junto con otras especies con óptimos de temperatura estrecho, pueden verse obligados a dispersarse y adaptarse de forma rápida (Owen, 2011).

En años anteriores, se pronosticó los brotes de moscas sierra en los pinos silvestres de Finlandia oriental y septentrional, mencionaron que los brotes de estas plagas se iban a dar con mayor frecuencia debido al calentamiento global. Se observó una alta variación en la resistencia de los huevos al congelamiento que permitiría que los *Neodiprion sertifer* se adaptaran a los cambios climáticos pronosticados y se expandieran hacia el norte (Veteli *et al.*, 2005).

Estudios recientes mencionan que algunos defoliadores (procesionaria) dependen de la temperatura para su desarrollo, hay un ajuste entre clima y defoliaciones, y sus poblaciones se están expandiendo en altitud y latitud (Hódar *et al.*, 2012). Estas poblaciones de insectos se verán beneficiadas de la falta de competidores y enemigos naturales en sus nuevos ambientes (Battisti, 2004).

El aumento simultáneo en las concentraciones del ozono (O_3) al nivel del terreno puede disminuir la productividad de los árboles y aumentar la vulnerabilidad ante agentes patógenos, mientras el óxido nitroso (N_2O) puede

aumentar el crecimiento de ecosistemas en condiciones de supresión de nitrógeno, tales como los bosques boreales (Karnosky *et al.*, 2002). Por otro lado, los niveles elevados de CO₂ en la atmósfera implican un aumento del balance de C / N de los tejidos de la planta, que a su vez se traduce en una menor calidad de los alimentos para muchos insectos defoliadores. Algunos insectos responden aumentando el nivel de consumo de la hoja y, por consiguiente el daño al árbol, mientras que otros muestran un menor rendimiento y mayor mortalidad (Battisti, 2008).

Aun cuando la vigilancia continua de los ecosistemas forestales es la principal actividad en la prevención de poblaciones plaga, lo cierto es que es un proceso costoso, lo que hace que dicha actividad sea una problemática para los países en desarrollo y los de economías en transición. Incluso algunos países industrializados no consideran suficientemente los riesgos por posibles brotes de plaga en sus planes de gestión (FAO, 2010).

3.13 Trabajos Científicos

Solórzano (1977), publicó un estudio sobre la biología, daños y control del defoliador *Zadiprion vallicola* Rohwer en los bosques de pino al suroeste del Estado de Michoacán, al presentarse periódicamente la infestación de la plaga. Para conocer la magnitud del problema y estimar los daños causados, se llevó a cabo el levantamiento de un inventario de la zona infestada, auxiliándose con fotografías aéreas para delimitarla y cuantificarla. Los resultados fueron los siguientes:

Los insectos son de metamorfosis completa, pasan por los estados de huevo, larva, pupa y adulto. Los adultos emergen durante el verano, inmediatamente después de emergidas las hembras inician su oviposición, las larvas inician su emergencia a principios de octubre y empiezan a alimentarse sobre las agujas en que los huevecillos fueron depositados por los adultos, se observaron de 5 a 6 estadios larvarios con igual número de mudas, se presenta una sola generación al año. La superficie total defoliada fue de 7,052 ha dirigida a las especies: *Pinus*

montezumae Var. *lindleyi* Loudon, *P. pseudostrobus protuberans* Martínez y *P. leiophylla* Schl & Cham. En cuanto a daños causados al arbolado, la suspensión de resina, resultó ser el más importante, ya que el rendimiento anual de trementina llegó a ser nulo durante un periodo de ocho meses y de 50% para los cuatro meses restantes, con relación a la producción normal. La pérdida por mortandad de arbolado fue mínima en 4% al final de las dos primeras defoliaciones y dirigida a sujetos decrepitos; mientras que después de la tercera y cuarta defoliaciones sucesivas, la mortandad se observó en árboles adultos no decrepitos, elevándose los daños considerablemente. Entre los agentes de control natural se encontraron; avispas de los géneros *Lamachus* sp., y *Stylocryptus* sp.; moscas de la especie *Spathimeigenia mexicana* (7 % de parasitismo); y bacilo del género *Beauveria* spp.

De la espolvoreación aérea efectuada en 1967, con DDT (ya no existe en el mercado) al 10% en dosis de 30 a 35 Kg. de polvo/ha y la aspersion aérea realizada en 1968, con DDT al 25% líquido emulsionable en aceite diésel en dosis de 10 lt/ha, la aspersion mostró ser la más aconsejable, ya que el cubrimiento y penetración de líquido resultó ser más eficiente que el polvo en la espolvoreación aérea. Es importante señalar que este producto ya fue retirado del mercado por su alta peligrosidad y residualidad. El método de control aconsejable y práctico es el biológico, dando preferencia a la reproducción de las avispas que las moscas, ya que parasitan en mayor porcentaje a las larvas de *Zadiprion*.

Hernández (1980), realizó un estudio de defoliadores de pinos en la región de Tequesquináhuac, México, zona reforestada en 1968 por la UIEF. Las especies utilizadas fueron *Pinus halepensis* Mill, *P. patula* Schl et Cham, *P. montezumae* Lamb, *P. radiata* D. Don., *Cupressus* sp., y *Eucalyptus* sp. El objetivo fue determinar la distribución y daños de dos tipos de moscas sierra (*Zadiprion vallicola* Rohwer y *Neodiprion* sp.), así como la descripción de su ciclo biológico y aplicación de métodos de combate contra este tipo de plaga, los resultados fueron: entre los enemigos naturales de *Zadiprion* sp. y *Neodiprion* sp., se encontraron: *Olesicampe* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae), parásito de huevecillos; *Endasys* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae), parásito de pupas; *Sphatimeiginea* sp. (Díptera: Tachinidae) endoparásito de larvas de *Zadiprion*. Los principales

hospederos en el área de estudio fueron *Pinus montezumae* Lamb y *Pinus radiata*. El control químico se aplicó en los meses de octubre a noviembre, los insecticidas utilizados fueron: Gesarol E-25 al 5% y Prot-amb No.1 al 95%, ambos aplicados por aspersión. Respecto al control mecánico, se utilizó lanzallamas (sistema mecánico diseñado para proyectar un fluido de fuego prolongado y controlable) directamente al suelo para combate de capullos.

Según Castro (1981), la contribución al estudio de la biología del defoliador de pino *Neodiprion fulviceps* (Cresson) Complex (Himenóptera: Diprionidae) en el Estado de Chihuahua, constituye la parte inicial del estudio de la biología del insecto, el cual se enfoca en determinar las distintas fases del desarrollo y la época en que éstas se presentan, con la finalidad de apoyar futuras acciones de prevención y combate (Figura 44 y Figura 45). Estudios recientes mencionan que el defoliador presentado en esta época, no pertenece a *Neodiprion fulviceps* (Cresson) Complex sino a *Neodiprion autumnalis* Smith.



Figura 44. Macho adulto de *Neodiprion fulviceps* (Cresson) Complex (Izquierda), a la derecha pupas del mismo insecto (Castro, 1981).

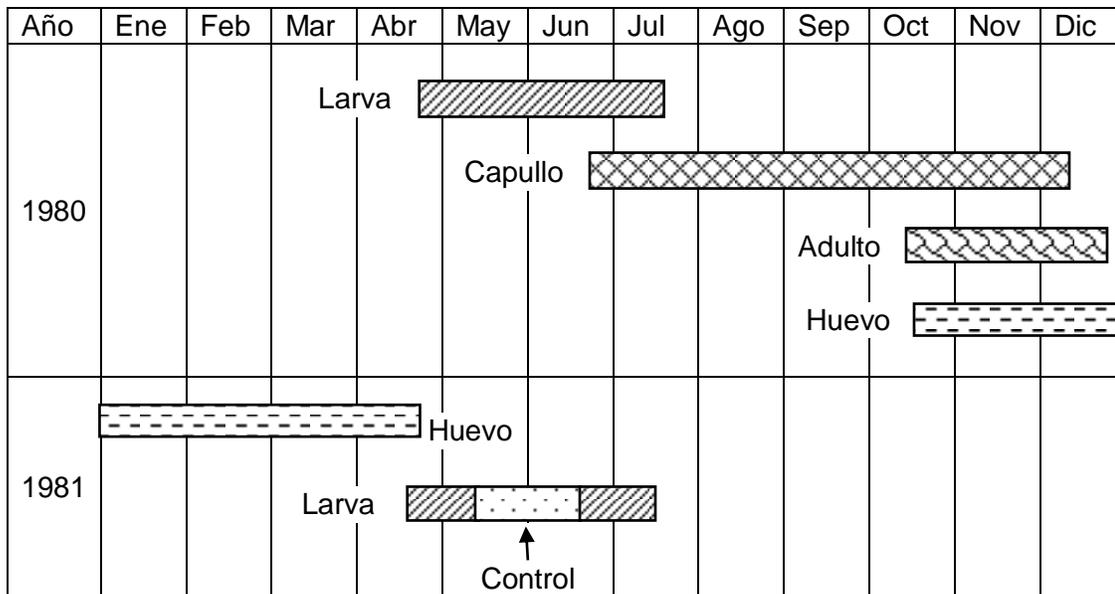


Figura 45. Biología de *Neodiprion fulviceps* (Cresson) Complex y época para su control Químico (Castro, 1981).

Mayo (1985), después de estudiar el ciclo biológico de *Endasys subclavatus* Say avispa que parasita prepupas de *Zadiprion vallicola* Rohwer bajo tierra, logró criarla bajo condiciones de laboratorio y posteriormente se realizaron dos ensayos de control biológico en campo. En el primer ensayo se llegaron a tratar 33,575 capullos, obteniéndose un promedio de parasitismo del 55.9% con 1,341 hembras parásitas, en 5 crías. En la segunda liberación de la avispa parásita, solo uno de los cuatro tratamientos resultó ser significativo con respecto al testigo con una confiabilidad del 95%. La razón de esta diferencia tal vez se deba a que el último ensayo se efectuó dos meses después del primero, aproximadamente tres meses después de iniciada la emergencia del hospedero, lo cual significó que la avispa tuvo poco tiempo para reproducirse y parasitar capullos.

Méndez y Cibrián (1985), estudiaron el impacto del ataque de *Zadiprion vallicola* Rohwer sobre el incremento en diámetro de *Pinus montezumae*, con el objetivo de cuantificar los efectos de la defoliación en el incremento en diámetro, por considerar este parámetro de suma importancia en estudios dasométricos. Los resultados obtenidos fueron: En los árboles defoliados hay una reducción significativa del incremento radial; en cuatro, cinco y seis años durante los efectos

de la defoliación, recuperándose a la normalidad inmediatamente después de estos periodos. Las reducciones en el incremento medio anual van de un 46.38 – 68%, esto implica que para pasar de una categoría diamétrica a otra, requiere mayor tiempo y debe ser considerado en el manejo del bosque. También en los sitios de muestreo se encontró una baja densidad de *Pinus montezumae* lo que puede indicar que hubo una gran mortalidad de la especie por el efecto de las defoliaciones durante 1966 – 1974, además de una sobreexplotación de la especie en la región.

Ramírez (1986), en su trabajo de tesis reportó a *Neodiprion fulviceps* Cresson atacando exclusivamente a *Pinus arizonica* y en una sola ocasión a *Pinus cembroides* en el Cañón de San Lorenzo, Saltillo, Coahuila. Para su identificación se colectaron larvas y se mantuvieron en laboratorio para la obtención de individuo adulto. Los imagos de *Neodiprion* nunca surgieron, pero los que si emergieron de algunos capullos fueron Dípteros de la familia Tachinidae que actuaron como parasitismo. Este pudiera ser el primer reporte de Diprionido para el Estado Coahuila.

Un trabajo realizado en el Paraje El Pachón, predio Los Bancos, municipio Pueblo Nuevo, Durango. Se enfocó en identificar las diferentes especies de defoliadores de la familia Diprionidae: *Zadiprion falsus* Smith, *Neodiprion omosus* Smith y *Neodiprion fulviceps* (Cresson) Complex. De estas, se eligió la primera especie defoliadora para el estudio de enemigos naturales que regulan su población tales como: *Netelia* spp. (Hymenoptera: Ichneumonidae), una especie de mosca aún no determinada (Díptera: Tachinidae) y el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Deuteromycetes: Moniliaceae). Durante la segunda mitad del periodo larval se obtuvieron los siguientes resultados: el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* reportó 4.25% de mortalidad; la mosca aún no determinada (Díptera: Tachinidae) causó el 1.54% de mortalidad; y durante el periodo de pupa, se observó el 36.9% de mortandad causada por las especies parasitoides de las avispas *Netelia* spp. (Álvarez y Díaz, 2009).

En el año 2007 en la Sierra de Álvarez, San Luis Potosí, se detectó defoliación en 20 ha de cedro blanco (*Juniperus flaccida* Schlechtendal) ocasionada por la mosca sierra *Monoctenus sanchezi* Smith, la cual se incrementó a cerca de 200 y 500 ha para el año 2008 y 2009. Aunque en el 2010 y 2011 no se hicieron actividades de control, en el año 2012 se autorizó la aplicación de 355 ha con hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* (Smith *et al.*, 2010; González, 2013).

En Septiembre de 2009, el gobierno del Estado de Chihuahua a través de la Dirección de Desarrollo Forestal de la Secretaría de Desarrollo Rural, solicitó al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas, y Pecuarias (INIFAP) realizar un estudio para verificar el ciclo biológico de *Neodiprion autumnalis* Smith y *Zadiprion* sp., que afectan a los pinos en el municipio de Guachochi y municipios vecinos. El estudio se realizó en Abril de 2010 a Octubre de 2011, con los objetivos: Corroborar la identidad taxonómica y el ciclo de vida de *Neodiprion autumnalis* y *Zadiprion* sp., los resultados se muestran a continuación (Sánchez *et al.*, 2012).

Fotografías y especímenes preservados en alcohol fueron enviados a Dave R. Smith (National Museum of Natural History Smithsonian Institution, Washington D.C.) quien corroboró la identidad de estas especies. Las Figuras 23 y 31, 24 y 32, 46 y 47, muestran las especies de *Zadiprion ojeda* Smith y *Neodiprion autumnalis* Smith, el ciclo biológico y los periodos de las actividades de diagnóstico, control y evaluación de parasitismo para ambas especies respectivamente.

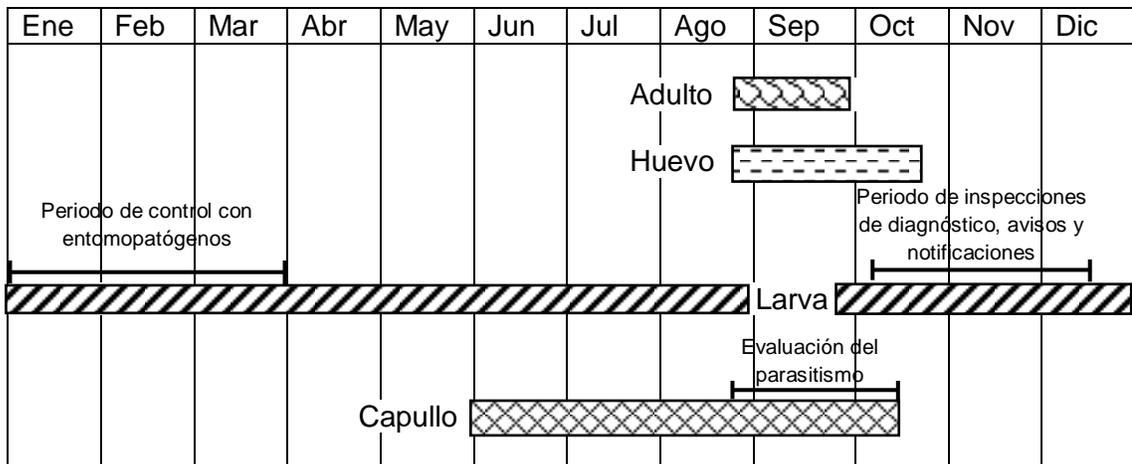


Figura 46. Calendario biológico, fundamentado en las etapas de desarrollo de *Zadiprion ojedae* Smith, que sugiere los tiempos más adecuados para las actividades de diagnóstico, control y evaluación del parasitismo, en los municipios de Guachochi y Bocoyna, Chihuahua (Sánchez *et al.*, 2012).

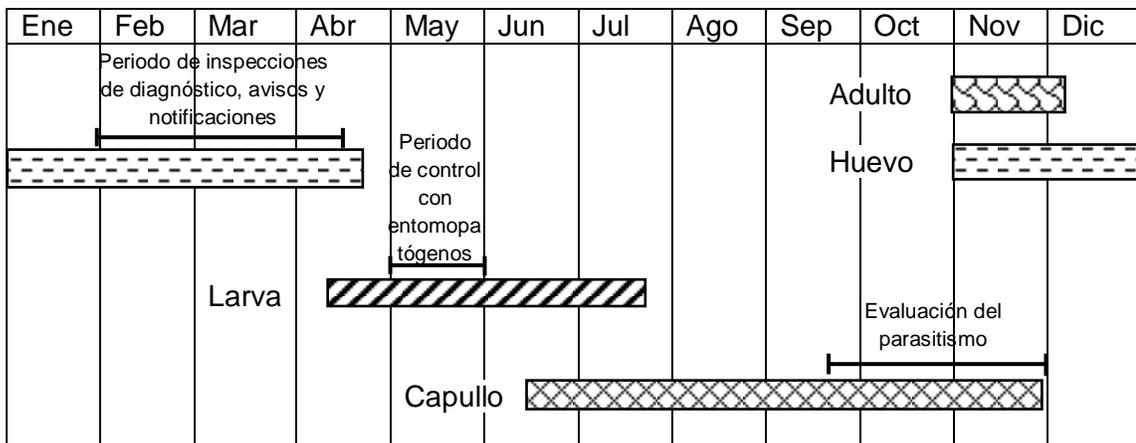


Figura 47. Calendario biológico, fundamentado en las etapas de desarrollo de *Neodiprion autumnalis* Smith, que sugiere los tiempos más adecuados para las actividades de diagnóstico, control y evaluación del parasitismo, en los municipios de Guachochi y Bocoyna, Chihuahua (Sánchez *et al.*, 2012).

Olivo (2011), realizó observaciones periódicas en tres sitios de muestreo para el monitoreo del estado larval del defoliador del pino *Neodiprion autumnalis* Smith. Por otra parte, se llevó a cabo observaciones periódicas en cinco sitios de muestreo para el monitoreo del ciclo de vida del defoliador de pino *Zadiprion falsus* Smith. Los sitios se ubicaron en el municipio de Bocoyna, Chihuahua, dentro de

los predios: ejido El Ranchito, en la comunidad Choguita (y anexos) y en el ejido San Ignacio de Arareco.

Ojeda (2011), estudia las diferencias morfológicas que permiten diferenciar a los géneros *Zadiprion* y *Neodiprion*, los resultados son los siguientes: las diferencias se encuentran en las hembras; relación entre la longitud del cojinete pulvilar del basitarso posterior y el ancho apical del mismo, número de artejos antenales, forma de las espinas de las tibiae posteriores y ovipositor (presencia o ausencia del primer anillo, número de dientecillos en el primer anillo) y en machos, número de artejos antenales unipechinados y genitalia, que por primera vez se presentan (Figuras 17, 18, 19, 20).

Ojeda *et al.*, (2011), mencionan los resultados obtenidos del cuidado de capullos de la mosca sierra menor (*Neodiprion autumnalis* Smith) colectados en Chihuahua y mantenidos en el laboratorio, se tiene lo siguiente: Los capullos colectados en las Unidades de manejo forestal “Silvicultores Unidos de Occidente de Chihuahua, A. C.”, durante el 12-15 de Agosto del 2008, se enviaron al Laboratorio de Análisis y Referencia en Sanidad Forestal de la Dirección de Salud Forestal y Conservación de Recursos Genéticos, también se enviaron al laboratorio larvas de *Neodiprion* en alcohol para la determinación del estadio larval. Los insectos que emergían (moscas sierra, avispas y moscas) se colocaban en frascos con alcohol etílico al 70%, debidamente etiquetado. Para ilustrar las características morfológicas de *Neodiprion* se hicieron disecciones de la genitalia de la hembra y del macho y se tomaron fotografías de éstas y de las diferentes estructuras (antenas, patas, vista dorsal y ventral). La metodología que se empleó en campo para cuantificar las pupas de la mosca sierra fue la siguiente: alrededor de la zona de goteo de los árboles afectados se realizaron sitios de muestreo de 1 m² distribuidos al azar (los sitios se georeferenciaron), durante la colecta se determinó número de pupas, proporción de sexos (hembra macho) y daño de las mismas (parasitadas y sanas). La emergencia de los adultos de *Neodiprion* se inició el 17 de octubre y concluyó el 17 de noviembre de 2008; los parasitoides iniciaron el 29 de septiembre de 2008 y terminó el 29 de septiembre de 2009. Los parasitoides que emergieron corresponden a dos avispas (Himenoptera:

Ichneumonidae) y tres moscas (dos Díptera: Tachinidae, Sarcophagidae y otra sin determinar) (Figuras 42 y Cuadros 5 y 6).

Cuadro 5. Emergencia de *Neodiprion* y de sus parasitoides por sitio de colecta (Ojeda *et al.*, 2011).

Sitio de colecta	Total de capullos	Neodiprion		Avispas	Moscas
		Machos	Hembras		
Ejido El Retiro y Gumeachi	384	13	17	56	42
Ej. Ahuichique	231	16	21	25	15
Ej. San Pablo de la Sierra	26	3	0	1	4
Ej. San Ignacio de Arareco	122	9	14	14	14
Ej. San Ignacio de Arareco*	83	7	4	1	2
Predio Huetosacachi*	20	0	1	4	1
Total	866	48	57	101	78

Cuadro 6. Porcentaje de emergencia de *Neodiprion*, parasitoides y capullos sin emerger (Ojeda *et al.*, 2011).

Individuos y pupas	% De emergencia
Machos de <i>Neodiprion</i>	6
Hembras de <i>Neodiprion</i>	7
Avispas	12
Moscas	9
Pupas sin Emerger	66

Un estudio financiado por la CONAFOR para identificar y reproducir agentes de control biológico, establecen una colonia de *Zadiprion* y *Neodiprion* para evaluar e incrementar los organismos entomopatógenos y parasitoides.

Para lograr lo anterior, se realizaron colectas de larvas de *Neodiprion* que estaban dañando *Pinus halepensis* y *P. michoacana* en la Sierra Fría,

Aguascalientes. Las larvas se desarrollaron en bolsas “zip lock” con follaje cortado en temperaturas de 20 a 24 °C y fotoperiodo de 10:14 h oscuridad y luz respectivamente. Las pupas obtenidas se colocaron en frascos de 250 ml. Los adultos emergidos se colocaron en diversos tipos de jaulas encerrando *Pinus greggii*, *P. michoacana* y *P. douglasiana* para inducir oviposición. La seleccionada fue una jaula de tela de tul encerrando *Pinus greggii* con una a dos hembras y varios machos bajo condiciones de 22 y 24 °C en oscuridad y luz respectivamente. Después de cuatro días los huevecillos se hacen notorios y las pequeñas larvas se observan 15 días después. Los ejemplares son trasladadas a bolsas “zip lock” con follaje cortado. Con esta metodología se han incrementado poblaciones de *Neodiprion* de Aguascalientes y San Luis Potosí (González, 2012).

Especies de insectos de climas templados se prevé que irá mejor en la cara del cambio climático, debido a su tolerancia a temperaturas amplias. Las larvas moscas sierra *Neodiprion edulicolus* Ross son susceptibles al frío y rara vez se producen por encima de 1,900 m de altitud, cerca de Sunset Crater, Arizona, a pesar de que sus árboles hospederos (*Pinus edulis* Engelman) son abundantes hasta 2,300 msnm. Durante 12 años de seguimiento, la población de moscas sierra por debajo de 1,850 msnm se redujo significativamente en años cuando las temperaturas mínimas en el mes de abril fueron ya sea inusualmente baja o inusualmente alta. Las larvas de moscas sierra trasladado a la sede de los árboles por encima de 1,900 msnm no fueron capaces de mantener las poblaciones a pesar de abundantes árboles de acogida y alta supervivencia transferido de larvas. Las bajas temperaturas retrasan y con ello interrumpen el ciclo de vida de las moscas sierra. Tolerancia a la temperatura global, fue la causa más probable de la disminución de la población de *Neodiprion edulicolus* en los años 1994-2006, si las temperaturas de abril siguen aumentando, pronto las moscas sierra junto con otras especies con óptimos de temperatura estrecho, pueden verse obligados a dispersarse y adaptarse de forma rápida (Owen, 2011).

González *et al.*, (2012), realizaron estudio de identificación y reproducción de agentes de control biológico asociados a moscas sierra en el centro norte de México. El objetivo fue definir metodologías de cría de moscas sierra (*Neodiprion*

autumnalis, *Zadiprion falsus*, *Zadiprion roteus* y *Monoctenus sanchezii*) y de sus enemigos naturales, así como determinar la eficiencia de estrategias de control biológico con parasitoides y entomopatógenos. Se tiene lo siguiente:

Se coleccionarán por separado los diferentes estadios larvarios, que se pondrá en bolsas “zip lock” (considerando la localidad, fecha, estadio y especie), el material se transportará al laboratorio en hieleras con bolsas de gel congelado. Las agujas con huevecillos, se pondrán en forma individual en vasos de plástico tamaño 12 con tapa agujerada pero cubierta con tela de organza, las agujas se insertarán en pelotitas de gel recubiertas con “plastipack” que se sentarán en una base de hielo seco. Diez larvas de segundo estadio (L2) se trasladarán a plantas de pino de la especie que afectan naturalmente (10 repeticiones), desarrolladas en macetas individuales con una mezcla de “peat moss” y arena esterilizada (1:1) y adicionada con fertilizante de lenta liberación (osmocote). Las pupas coleccionadas se colocarán en forma individual en frasquitos de 15 ml con un tercio de su capacidad lleno con arena esterilizada. La tapa y la base se perforarán con un alfiler para permitir la ventilación y el drenaje. Los frascos se revisarán dos veces por semana para consignar la emergencia de adultos de la mosca sierra o parasitoides. Se consignará el porcentaje de parasitismo por especie. Los adultos se colocarán en jaulas de madera de 50X50X100 cm cubiertas con tela de organza, en el interior se podrán dos plantas de pino de la especie que afectan naturalmente, se ubicarán pedazos de esponja de 5X5X2 cm embebidos en agua con azúcar al 10%, así como acetatos de 5 cm² con gotas de miel de abeja sin diluir. Para la identificación se enviarán a Dave R. Smith (Systematic Entomology Laboratory, PSI, Agricultural Research Service, U. S. Department of Agriculture) especialista en la taxonomía de Diprionidos. Los himenopteros se enviarán para su identificación específica al Dr. Alejandro González Hernández de la UANL mientras que para la identificación de tachinidos se contactará al Dr. James E O’Hara del Invertebrate Biodiversity and Agri - Food de Canada. Para la identificación de hongos se enviarán al Dr. Gabriel Gallegos Morales de la UAAAN, mientras que las muestras conteniendo virus se enviarán al CINVESTAV previo contacto con el Dr. Jorge Ibarra Rendón. Para determinar el efecto de los

parasitoides en larvas expuestas se utilizará el método de exposición del hospedero, el cual consiste en infestar artificialmente ramitas de pinos con larvas de mosca sierra (L2) con un tamaño de colonia definido (15 a 60 de L2 según disponibilidad), adhiriendo una colonia por pino a la altura del pecho, manteniendo la exposición por 15 a 25 días sin protección para asegurar el libre acceso a los parasitoides, en el centro de cada parcela se liberaran dos días después 10 adultos de cada parasitoide evaluado. Se consignará el porcentaje de parasitismo y las especies involucradas. Para la determinación del parasitismo en prepupas o larvas enterradas se utilizará la metodología de pupas centinela propuesto por Mayo en 1985. Colocando 25 capullos de mosca sierra criados en laboratorio, enterrados a 8 cm de profundidad en pequeños contenedores de tela mosquitera con el margen superior destapado, ubicando 4 contenedores por localidad. En la superficie del suelo se colocara una malla con abertura de 0.5 cm para prevenir la depredación por roedores. En el centro de la parcela se liberaran dos días después 10 - 15 adultos de parasitoides criados en laboratorio. El periodo de exposición será de 15 días. En el caso de hongos y virus entomopatógenos se asperjaran 10 árboles con infestación activa con diluciones de los microorganismos. Para la aspersión se utilizarán mochilas de aspersión de 15 lt de capacidad diluyendo 4 gr del biopreparado y 15 gotas del adherente Bionex. Bajo los árboles aplicados se colocara una malla de color negro de tela de tul para capturar las larvas que se caigan debilitadas por la enfermedad. Se contabilizará la proporción de larvas muertas y sanas 10 días después de la aplicación.

Actualmente, la CONAFOR informó la existencia de un brote de *Zadiprion falsus* en los límites de los Estados de Chihuahua y Sonora, afectando más de 3,500 ha de bosque de *Pinus engelmannii*, en varios ejidos y comunidades forestales del municipio de Moris, Chihuahua, así como otras 524 ha en el municipio de Yécora, Sonora. Se ha monitoreado las poblaciones y el ciclo de vida del defoliador para llevar a cabo trabajos de control biológico a través del uso de organismos entomopatógenos, mismos que se realizarán este noviembre y diciembre de 2014

y enero de 2015, hasta controlar la población plaga, los tratamientos se emplearán vía aérea (El Devenir de Chihuahua, 2014).

3.14 Reporte de la presencia de Diprionidos en la Reforestación Zapalinamé, Saltillo, Coahuila

En la Reforestación Zapalinamé, dentro de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Sierra de Zapalinamé, Saltillo, Coahuila, se detectaron larvas de la familia Diprionidae. Curiosamente, los individuos fotografiados se situaban en la parte este de la copa, siendo la primera parte del árbol que recibe los rayos del sol y que contrapone la temperatura (fresca) de la mañana. Las larvas probablemente *Diprion pini* se localizaron en la parte media y baja de la copa de *Pinus cembroides* y *Pinus pinceana* (arbolado joven de 5-10 años de establecida) (Figura 48).



Figura 48. Larvas probablemente de *Diprion pini* causando defoliación en *Pinus cembroides* en la Reforestación Zapalinamé, dentro de la Zona Sujeta de Conservación Ecológica Sierra de Zapalinamé, Saltillo, Coahuila (Arturo Nolasco Gumeta 12/Septiembre/2014).

En un segundo recorrido por la reforestación, tras unos días de lluvia y temperaturas de 14- 17° C, las larvas no se presentaron en todos los árboles observados con anterioridad, solo pocos especímenes fueron vistos en las ramas (las longitudes de las larvas encontradas fueron de: 1.2, 2.2 y 2.5 cm), buscando

debajo de la cobertura de copa de los árboles a nivel del suelo, ninguno de los ejemplares fueron vistos. Por el contrario, en un porcentaje de 3-7 % de la copa, las acículas presentaban una coloración amarillenta a café rojizo con huevecillos solitarios (existe una discrepancia en que si estos huevecillos corresponden a los Diprionidos) (Figura 49), ya que están distribuidos en el área donde se encuentran las larvas, aunque se conoce que estos insectos suelen colocar sus huevecillos a lo largo de las acículas de los pinos.



Figura 49. A) Ejemplares Diprionidos en rama de *Pinus cembroides*, a un costado una acícula con dos huevecillos (señalados en el círculo rojo), B) huevecillo en una acícula de *Pinus cembroides* vista desde un microscopio en laboratorio, C) Diprionidos en rama de *Pinus pinceana*. Reforestación Zapalinamé, Saltillo, Coahuila (Arturo Nolasco Gumeta 12/Septiembre/2014).

En un tercer recorrido, el número de individuos en los grupos de larvas y ramas, fue menor. Se colectaron muestras de larvas para su posterior identificación y esperar la emergencia de adultos.

Las larvas colectadas se transportaron en una bolsa oscura con ramas de *Pinus cembroides* y *Pinus pinceana*. Por falta de recipiente en donde colocar las

larvas, éstas se mantienen en la bolsa. Al segundo día, al cambiar las larvas a un nuevo recipiente, se observa que los Diprionidos han fabricado capullos (los individuos de 2.5 y 2.7 cm de longitud), se observan capsulas doradas con seda en su contorno. Si esto ha ocurrido, se deduce que la falta de larvas en las acículas de pino, se debe a que éstos se encuentran en la etapa de pupa (Figura 50).



Figura 50. Capullos de Diprionido (de los ejemplares presentes en la Reforestación Zapalinamé) obtenido en el Laboratorio del Departamento Forestal, UAAAN. Se observa su color dorado y su longitud de 1.1 cm (Arturo Nolasco Gumeta, 06/Octubre/2014).

Es difícil identificar el género y especie de la larva en cuestión, ya que no se cuenta con el individuo adulto. La Figura 51, compara la similitud entre larvas Diprionidos para la identificación de los especímenes encontrados en la Reforestación Zapalinamé.



Figura 51. Comparación de larvas para identificación del género y especie del Diprionido presente en la reforestación Zapalinamé, Saltillo, Coahuila. A) *Zadiprion rohweri*, B) *Diprion pini*, C) Larva presente en la Reforestación Zapalinamé (Forest Insect Defoliator, s/año; Jarmo Holopainen; Arturo Nolasco Gumeta, 25/Septiembre/2014).

Aunque en las fotografías anteriores los tres tipos de larvas presentan mucha similitud, la imagen A, se diferencia por el color de la cabeza y la coloración negra en forma de rayas en la parte del lomo, mientras que la imagen B y C, tienen el color en particular, sin embargo, la imagen B tiene el lomo ligeramente sombreado (viendo la imagen a tamaño original) y líneas punteadas (muy pequeñas) transversal a la longitud de la larva, características que las larvas presentes en la Reforestación Zapalinamé no tienen. Una vez que se tengan los individuos adultos de las larvas colectadas se enviarán con taxónomos especialistas para confirmar el género y especie aquí descrita.

IV CONCLUSIONES

De acuerdo a la información obtenida de la revisión de literatura, se concluye lo siguiente:

1. Se recopiló la información existente de los géneros *Zadiprion* y *Neodiprion* reportados en el país, se describió: la taxonomía, descripción morfológica, hospederos, daños, distribución geográfica y medidas de control, además se plasman los trabajos científicos realizados en México y se menciona por tercera ocasión en el Estado de Coahuila de Zaragoza, la presencia de otro Diprionido (aún no identificado) afectando arboles jóvenes de *Pinus cembroides* y *Pinus pinceana* en la Reforestación Zapalinamé.
2. La recopilación de este documento a través de las investigaciones realizadas por distintos autores en diferentes años, proporciona datos confiables de la presencia de los géneros *Zadiprion* y *Neodiprion* en los diferentes Estados de la República Mexicana, el cual, está disponible para investigadores interesados en el tema.
3. Se afirmaba que los insectos de la familia Diprionidae conocidos como “moscas sierra”, solamente se alimentaban de coníferas, sin embargo, en el Estado de Oaxaca (año 2013) situaron a ambos géneros (*Zadiprion* y *Neodiprion*) como plaga en bosques de encino, dañando una superficie considerable. La preocupación está en que si el hábito alimenticio de las moscas sierra se diversifica, lo más probable es que se hable de ecosistemas destruidos al referirnos a plagas del género *Zadiprion* y *Neodiprion*.
4. Los brotes explosivos de los géneros *Zadiprion* y *Neodiprion* se deben a la partenogénesis dentro de la biología de la hembra, que sin necesidad de la cópula o apareamiento, éstas tienen la capacidad de ovipositar huevos fértiles. Lo anterior se atribuye al total desbalance en la proporción de hembras y machos al eclosionar los huevos. Esto demuestra la superioridad de supervivencia de los insectos.

5. El control biológico debe ser la principal alternativa de combate a las plagas forestales, se conoce que los géneros *Zadiprion* y *Neodiprion* tienen muchos enemigos naturales (parásitos: *Lamachus*, *Stylocryptus* y *Spathimeigenia*, etc.) que regulan su población. Hay que tomar en cuenta que el desarrollo potencial de una población de insecto se debe en parte a la ausencia de depredadores que regulan las poblaciones de otros insectos.
6. Aunque el control químico es eficiente en la regulación de las poblaciones de insectos, presenta desventajas serias, una de ellas son los daños colaterales en insectos benéficos, como los parásitos de las moscas sierra, polinizadores (abejas), microorganismos, etc. Cabe mencionar que de alguna forma se produce una alteración en la genética de los insectos que logran sobrevivir, haciendo que las nuevas generaciones de insectos presenten un margen de tolerancia a los pesticidas, necesitando después, concentraciones más altas del químico para controlar las nuevas poblaciones plaga.
7. Una razón de la explosión de las poblaciones de insectos, son los factores atmosféricos inestables (sequías, heladas, lluvia ácida) principalmente, es la causa que las coníferas se debiliten (estrés) y estén disponibles para organismos dañinos al no tener la capacidad de tolerar o contrarrestar el efecto de su hospedador.
8. La población de Diprionidos (no estimada su tamaño) que se encuentra afectando arbolado joven de *Pinus cembroides* y *Pinus pinceana* en la Reforestación Zapalinamé, probablemente se trata de *Diprion pini* (falta el ejemplar adulto para su identificación), si esto es cierto, estaríamos hablando del primer reporte del género y especie en México, se desconocería la causa del cómo llegó hasta aquí siendo que estas poblaciones de insectos se distribuyen originalmente en la Península Ibérica, ocupando los países de España, Portugal y Andorra. Las pupas colectadas de estos ejemplares, se han enterrado y se mantienen en laboratorio para obtener la emergencia del individuo adulto e identificarlo posteriormente. En caso de tratarse de otra especie, no hay que pasar por alto que estos especímenes no corresponden a estas regiones y un

brote esporádico podría causar un daño considerable en la plantación, más aún cuando se trata de un Área Natural Protegida y que brinda un servicio vital para la ciudad de Saltillo.

9. Debe procurarse poner mayor atención en los futuros brotes de moscas sierra, desde 1912 a la fecha, las poblaciones explosivas de estos insectos han demostrado ser agresivos con el recurso, en ocasiones han dañado todo el rango de distribución de su hospedero. Más que un daño foliar y una pérdida económica, debe tomarse en cuenta los efectos de la defoliación en el desequilibrio de la fauna silvestre, crecimiento del bosque, estabilidad del suelo, etc., que dependen directamente de la cobertura del dosel del bosque.

V LITERATURA CITADA

- Alvarado, R. D., y Saavedra, R. L. L. 2011. La Condición de Copa como Indicador de Salud Forestal en los Bosques de México. Memoria del XV Simposio Nacional de Parasitología Forestal. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. Pág. 2.
- Álvarez, Z. R., y Díaz E. V. M. 2009. Enemigos Naturales del Defoliador de Pinos, *Zadiprion falsus* Smith (Hymenoptera: Symphyta: Diprionidae) en Durango. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional -Unidad Durango. Instituto Politécnico Nacional. Tesista, Pasante de Ingeniero Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango. Pág. 8.
- Arguedas, M. 2006. Clasificación de tipos de daños producidos por insectos forestales. Kurú: Revista Forestal, 3 (8). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Pág. 1, 4.
- Battisti, A. 2004. Forests and climate change – lessons from insects. Forest@, 1(1). Dipartimento Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali. Università di Padova. Italy. Pág. 17–24.
- Battisti, A. 2008. Forests and climate change – lessons from insects. Review Article. I Forest-Biogeosciences and Forestry, 1(1). Dipartimento Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali, Università di Padova. Italy. Pág. 1-5.
- Bauerle, P., Rutherford, P., Lanfranco, D. Defoliadores de roble (*Nothofagus obliqua*), raulí (*N. alpina*), coigue (*N. dombeyi*) y lenga (*N. pumilio*). BOSQUE 18 (2). Instituto de Silvicultura. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. Pág. 98.
- Cantú, S. I., y González, R. H. 2002. Propiedades Hidrológicas del Dosel de los Bosques de Pino-Encino en el noreste de México. Ciencia UANL. Vol. V, Número 001. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México. Pág. 72 y 75.

- Carrasco, A., y Suero, E. s/año. Área de Distribución de *Neodiprion sertifer* Geoffr en Andalucía Oriental. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Grupo Tragsa. España. Pág. 2.
- Castro, C. J. 1981. Contribución al Estudio de la Biología del Defoliador de Pino *Neodiprion fulvicep* (Cresson) Complex (Hymenoptera: Diprionidae) en el Estado de Chihuahua. Revista Ciencia Forestal, Número 30, Volumen 6. México. Pág. 51.
- Centro de Sanidad Forestal de Calabazanos. 2003. Procesionaria del Pino *Thaumetopoea pityocampa*. Junta de Castilla y León. Consejería de Medio Ambiente. Hoja Técnica 4. Madrid, España. Pág. 2.
- Cibrián, T. D., Méndez, M. J. L., Campos, B. R., Yates, III. H. O., y Flores, L. J. E. 1995. Insectos Forestales de México/Forest Insects México. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México, México. Pág. 174-176.
- Ciesla, W. M. y Smith, D. R. 2011. Diprionid Sawflies on Lodgepole and Ponderosa Pines. U.S. Department of Agriculture. Forest Service. Forest Insect Disease Leaflet 179. Portland, Oregon. U.S.A. Pág. 10.
- CONAFOR. 2007. Manual de Sanidad Forestal. Coordinación General de Conservación y Restauración. Gerencia de Sanidad Forestal. Primera edición 2007, Modificación 2010. Zapopan, Jalisco. Pág. 7, 9, 43 y 46.
- Consejería de Medio Ambiente. s/año. *Neodiprion sertifer*. Junta de Andalucía. Ficha Resumen. España. Pág. 2 y 3.
- Coulson, R. 1990. Insectos Defoliadores. In: Entomología Forestal (Ecología y Control) México, D. F., Editorial Limusa, Primera Edición. Pág. 450.
- Coulson, R. N. y Witter J. A. 1990. Entomología Forestal Ecología y Control. Departamento de Entomología. School of Natural Resources. Editorial LIMUSA. México, D.F. 119, 120, 132, 295, 297 y 298.
- FAO. 2010. Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2010. Roma. Pág. 69 y 71.

- Gauna, M. P. 1988. Tesis Plagas Forestales. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco. Pág. 37-39.
- Gobierno de Navarra. s/año. *Neodiprion sertifer*, Geoffroy 1785. Servicio de Conservación de la Biodiversidad. Sección de Gestión Forestal. España. Pág. 2.
- Gómez, C. A. 2008. Principales Especies de Insectos Forestales en Plantaciones de Pino de la Patagonia. Manejo Integrado de Plagas. Cuadernillo No. 3. ISSN 1851-4103. Chubut, Argentina. Pág. 2.
- González, G. E. 2012. Avances Sobre un Método de Cría Masiva para Moscas Sierra del Género *Neodiprion*. Publicación Electrónica de Abstracts. 13º Seminario de Investigación. Unidad de Estudios Avanzados y Edificio Polivalente de Ciudad Universitaria. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes. Pág. 18.
- González, G. E. 2013. Generalidades de las Moscas Sierra. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestal, Agrícolas y Pecuaria. Comisión Nacional Forestal. Campo Experimental Pabellón. Aguascalientes. Pág. 2, 4, 8 y 29.
- González, G. E., Sánchez, M. G., Bonilla T. F., Robles U. S., Muñoz F. J., Coria A. V. M., Quiñonez B. S., Ortiz H. O. 2012. Estatus de las Moscas Sierra en el Centro Norte de México. Publicación Electrónica de Abstracts. 13º Seminario de Investigación. Unidad de Estudios Avanzados y Edificio Polivalente de Ciudad Universitaria. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes. Pág. 19.
- González, G. E., Sánchez, M. G., Candelario, S. G., Gallegos, M. G., Lozano, G. J., España, L. M. P., Coria, A. V. M., y Muñoz F. J. 2012. Identificación y Reproducción de Agentes de Control Biológico Asociados a Moscas Sierra en el Centro-Norte de México. Ciencia y Tecnología para el Campo Mexicano. CONAFOR 2010-2012. Pág. 7-18.

- González, G. E., Sánchez, M. G., Muñoz, F. J., Coria, A. V. M., Bonilla, T. F., Quiñonez, B. S., y Robles, U. S. 2013. Especies de Moscas Sierra Presentes en el Centro Norte de México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Comisión Nacional Forestal. Pág. 2.
- Grupo Mesófilo A.C. 2013. Oaxaca, Diagnóstico del Sector Forestal. Oaxaca. Pág. 46.
- Hernández, H. M. S. 1980. Diprionidos (Hymenoptera: Tenthredinoidea) Defoliadores de Pinos en la Región de Tequesquináhuac, México. Centro de Investigaciones Forestales de la Región Central (INIF. SFF). Memoria Primer Simposio Nacional Sobre Parasitología Forestal. Sociedad Mexicana de Entomología. Uruapan, Michoacán. Pág. 324.
- Hernández, H. M. S. 1986. Observaciones Sobre los Insectos que Dañan a *Pinus radiata* D. Don., en la Región Central de México. Revista Ciencia Forestal 60 (11). México. Pág. 10.
- Hódar, J. A., Zamora, R., y Cayuela, L. 2012. Cambio Climático y Plagas: Algo más que el Clima. Ecosistemas, Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente. Asociación Española de Ecología Terrestre. 21 (3): 73-78.
- Hoja Técnica de Divulgación Científica. 2012. Introducción a las Plagas. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Instituto de Ciencias Biomédicas, Programa de Biología. Unidad de Exhibición Biológica. Ciudad Juárez, Chihuahua. Pág. 1 y 2.
- Instituto de Biología UNAM. 2011. *Zadiprion vallicola*. Colecciones Biológicas. URN: catalogo: IBUNAM: CNIN: IC_02216. Universidad Nacional Autónoma de México. México. Pág. 1.
- Islas, S. F., y Muñiz, V. R. s/año. Morfología de *Zadiprion vallicola* Roh. (Hymenoptera: Diprionidae). Contribución del Laboratorio de Entomología, INIF. Pág. 1.

- Karnosky, D. F., Percy, K. E., Xiang, B., Callan, B., Noormets, A., Mankovskas, B., Hopkin, A., Sober, J., Jones, W., Dickson, R. E., y Isebrands, J. G. 2002. Interacting elevated CO₂ and tropospheric O₃ predisposes aspen (*Populus tremuloides* Michx.) to infection by rust (*Melampsora medusae* f.sp. *tremuloidae*). *Global Change Biology*, 8: 329–338.
- Márquez, L. J. 2005. Técnicas de Colecta y Preservación de Insectos. Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa, No. 37. Pachuca, Hidalgo, México. Pág. 1.
- Martorell, L. F., Emeritus, U. P. R., O’Farril, N. H., Medina, G. S. 1990. Control de Plagas en Bosques. Universidad de Puerto Rico. Recinto de Mayaguez. Colegio de Ciencias Agrícolas. Servicio de Extensión Agrícola. Puerto Rico. Pág. 12.
- Mayo, J. P. 1985. Ensayos Preliminares de Control Biológico con la Avispa Parásita *Endasys Subclavatus* Say (Hymenoptera: Ichneumonidae) en Prepupas de *Zadiprion vallicola* Roh., en el Estado de Michoacán. Boletín Técnico. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. No. 134. D.F, México. Pág. 16 y 17.
- Méndez, M. J. T., y Cibrián, T. D. 1985. Impacto del Ataque de *Zadiprion vallicola*, Defoliador de los Pinos, Sobre el Incremento de Diámetro de *Pinus Montezumae*, en la Meseta Tarasca. Memoria de los Simposio Nacionales de Parasitología Forestal II y III. Laboratorio de Entomología y Patología Forestal. Departamento Bosques, UACH. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Michoacán. Pág. 249, 250 y 255.
- Menéndez, R. 2007. How are insects responding to global warming?. *Tijdschrift voor Entomologie*, 150. U.S.A. Pág. 355–365.
- Metcalf, C. L., y Flint, W. P. 1979. Insectos Destructivos e Insectos Útiles sus Costumbres y su Control. CECSA. México. Pág. 32 y 33.
- Ojeda, A. A. 2011. Características Morfológicas que Permiten Identificar a las Moscas Sierras de los Géneros *Zadiprion* y *Neodiprion* (Hymenoptera:

- Diprionidae). Memoria del XV Simposio Nacional de Parasitología Forestal. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. Dirección de Salud Forestal y Conservación de Recursos Genéticos. Laboratorio de Análisis y Referencia en Sanidad Forestal. Coyoacán, México. Pág. 58-61.
- Ojeda, A. A., Robles U. S., Ruiz G. A. 2011. Mosca Sierra Menor *Neodiprion autumnalis* (Hymenoptera: *Diprionidae*) en el Estado de Chihuahua. Memoria del XV Simposio Nacional de Parasitología Forestal. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. Dirección de Salud Forestal y Conservación de Recursos Genéticos. Coyoacán, México. Pág. 62-65.
- Olivo, M. J. A. 2011. Brotes Epidémicos de Diprionidos en la Sierra Tarahumara del Estado de Chihuahua. Memoria del XV Simposio Nacional de Parasitología Forestal. Comisión Nacional Forestal. Región VI, Chihuahua. Pág. 33-35.
- Owen, D. V. S. 2011. Consequences of Narrow Temperature Tolerance for a Pinyon Pine Sawfly, *Neodiprion edulicolus*. Bioone, Research Evolved. Environmental Entomology, 40(4): 777-781.
- Pérez, C. T. 1999. La Especialización en los Insectos Fitófagos: una regla más que una excepción. Evolución y Filogenia de Arthropoda. Sección V: Ecología Evolutiva. Departamento de Biología Animal y Ecología. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. Bol. S.E.A. No. 26. Granada, España. Pág. 762.
- Pérez, M. I. 2000. Fundamentos Teóricos del Manejo Integrado de Plagas. Entomología Aplicada. Bol. S.E.A, nº 27. Departamento de Agricultura y Alimentación. Universidad de La Rioja. España. Pág. 129 y 130.
- Ramírez, D. J. A. 1986. Aportaciones al Estudio de la Entomofauna Asociada a Coníferas del Cañón de San Lorenzo, Saltillo, Coahuila. Tesis. Buenavista, Saltillo, Coahuila. Pág. 125, 126 y 127.

- Ríos, F. F., y Baca, P. 2003. Niveles y Umbrales de Daños Económicos de las Plagas. Manual para el Estudiante, Primer Año de Bachillerato Técnico. Programa MIP en América Central (PROMIPAC). Instituto Nacional Tecnológico (INATEC). Dirección General de Formación Profesional (DGFP). Nicaragua. Pág. 37.
- Romero, R. F. 2004. Manejo Integrado de Plagas: Las Bases, Los Conceptos, su Mercantilización. Universidad Autónoma Chapingo. Colegio de Postgraduados: Instituto de Fitosanidad, Montecillo. Chapingo, Texcoco, México. Pág. 10.
- Sánchez, M. G., Alanis, M. H. E., Cano, R. M., y Olivo, M. J. A. 2012. Biología y Aspectos Taxonómicos de dos Especies de Mosca Sierra de los Pinos en Chihuahua. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo Experimental Pabellón. Folleto Técnico Núm. 44. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes. México. Pág. 9.
- Schomaker, M. E., Zarnoch, S. J., Bechtold, W. A., Latelle, D. J., Burkman, W. G., and Cox, S. M. 2007. Crown-Condition Classification: A Guide to Data Collection and Analysis. United States Department of Agriculture. Forest Service Southern Research Station. General Technical Report SRS-102. U. S. A. Pág. 1, 2, 11, 14, 15, 17, 21, 24 y 31.
- Smith, D. R., and Wagner, M. R. 1986. Recognition of Two Species in the Pine Feeding “*Neodiprion fulviceps* Complex” (Hymenoptera: Diprionidae) of Western United States. Proceedings of the Entomological Society Washington, 88 (2). Flagstaff, Arizona. Pág. 215-220.
- Smith, D. R., Sánchez, M. G., y Ojeda, A. A. 2012. A New Species of *Zadiprion* (Hymenoptera: Diprionidae) on *Pinus durangensis* from Chihuahua, México, and a Review of Other Species of the Genus. Proceedings of the Entomological Society of Washington. 114 (2). U. S. A. Pág. 224-237.
- Smith, D. R., Sánchez, M. G., y Ordaz, S. S. 2010. A New Monoctenus (Hymenoptera: Diprionidae) Damaging *Juniperus flaccida* (Cupressaceae) in

- San Luis Potosí, México. Proceedings of the Entomological Society Washington, 112 (3), Pág. 444- 450.
- Solórzano, B. L. 1977. Biología, Daños y Control del Defoliador del Pino *Zadiprion vallicola* Roh., en el Suroeste de Michoacán. Comisión Forestal. Técnica Reforestación. No. 10. Serie Época 2^a. Michoacán. México. Pág. 8, 16, 21, 24, 25, 36, 45, 53, 56 y 85.
- Vanesa, L. M., Gallo E., y Martínez P. G. 2005. “Modificación de la Biodiversidad por el Manejo Forestal: Plantas, Aves e Insectos”. Módulo Lengua-Subproyecto 4- Insectos. PIARFON BAP. Argentina. Pág. 1.
- Vargas, P. E., Vanegas, L. M., Méndez, M. J. L., Ángel, A. L., Lozano C. M. P. 2010. Informe de Evaluación Externa de los Apoyos de Sanidad Forestal. Ejercicio Fiscal 2009. Universidad Autónoma Chapingo. México. Pág. 41 y 42.
- Veteli, T. O., Lahtinen, A., Repo, T., Niemela, P., y Varama, M. 2005. Geographic variation in winter freezing susceptibility in the eggs of the European pine sawfly (*Neodiprion sertifer*). Agricultural and Forest Entomology, 7(2). Facultad de Silvicultura, Universidad de Joensuu. Joensuu, Finlandia. Pág. 115–120.
- Volney, W. J. A., y Fleming, R. A. 2000. Climate change and impacts of boreal forest insects. Agriculture Ecosystems and Environment, 82 (1–3). U. S. A. Pág. 283–294.
- Wagner, M. R, McCullough, D. G., and Di Matteo, J. M. 1986. Life History of *Neodiprion fulviceps* (Cresson), a Ponderosa Pine Feeding Sawfly (Hymenoptera: Diprionidae). Proceedings of the Entomological Society Washington, 88 (2). School of Forestry. Northern Arizona University. Flagstaff, Arizona. Pág. 221-226.

Páginas Web:

El Devenir de Chihuahua. 2014. Gusano defoliador de pinos afecta más de 4 mil hectáreas de bosque. Periodismo cívico de compromiso social. Disponible en la página: http://devenir.com.mx/devenir2013/diario/index.php?option=com_content&view=article&id=30843:-gusano-defoliador-de-pinos-afecta-mas-de-4-mil-hectareas-de-bosque&catid=43:el-estado&Itemid=57.

Forest Insect Defoliators. s/año. Field Guide to Insects and Diseases of Arizona and New Mexico Forests. Disponible en la página: http://www.fs.fed.us/r3/resources/health/field-guide/fid/pine_sawflies.shtml, capturada el día 20 de Octubre de 2014.

Fotografía, *Neodiprion edulicolus* Ross, disponible en la página: <http://wiki.bugwood.org/HPIPM:Neodiprion>, capturada el día 08 de Septiembre de 2014.

GEO. s/año. Calentamiento Global. Disponible en la página: <http://www.mundo-geo.es/naturaleza/el-calentamiento-global-arrasa-con-los-bosques>, capturada el día 16 de Octubre de 2014.

Jarmo Holopainen. Fotografía de *Diprion pini*. Disponible en la página: <http://www.pbase.com/image/32838991>, capturada el día 20 de Octubre de 2014.

Romanyk, N., y Cadahia D., 2001. Plagas de insectos en las masas forestales. Universidad - Patología Vegetal. Editorial: Mundi-Prensa. Madrid, España. Disponible en la página: [file:///C:/Users/Administrador/Downloads/9788484760269%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Administrador/Downloads/9788484760269%20(1).pdf), capturada el día 12 de septiembre de 2014.