

## Description and biology of a new species of *Zadiprion* (Hymenoptera: Diprionidae) in the Sierra Juárez of Oaxaca, Mexico

## Descripción y biología de una nueva especie de *Zadiprion* (Hymenoptera: Diprionidae) en la Sierra Juárez de Oaxaca, México

David Cibrián-Tovar<sup>1\*</sup>; Alexa Hernández-Contreras<sup>1</sup>;  
Guillermo Sánchez-Martínez<sup>2</sup>; Antonio Villanueva-Morales<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales, km 38.5 carretera México-Texcoco. C. P. 56230. Chapingo, Texcoco, Estado de México, México.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Norte-Centro, Campo Experimental Pabellón. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5. C. P. 20670. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México.

\*Corresponding author: dcibrian48@gmail.com; tel.: +52 595 952 1500 ext. 5542.

### Abstract

**Introduction:** Severe infestations by a sawfly species of the genus *Zadiprion* (Hymenoptera: Diprionidae), previously considered as *Zadiprion howdeni*, were detected in the forests of the Sierra Juárez of Oaxaca from 2018 to 2021.

**Objective:** The objective was to corroborate the identity and generate information on biological and ecological aspects of the defoliator *Zadiprion* sp. affecting *Pinus* trees in the Sierra Norte of Oaxaca.

**Materials and methods:** The biological development of the defoliator *Zadiprion* sp. was studied by field sampling in forests of Santa Catarina Ixtepeji. The species was identified by observing the external and internal morphological characteristics of the adult stage, based on taxonomic keys of diprionids. The number of instars was estimated by measuring the width of the larval head using digitized images and fitting a mathematical model.

**Results and discussion:** The species infesting the study area is not *Z. howdeni* but a new species named *Zadiprion llanderalae* nov. sp. The larvae fed on needles of *Pinus oaxacana* Mirov., *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham. and *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham., with the first being the main host. The species has one generation per year. In the field, an average density of  $39.2 \pm 9.69$  sawfly cocoons·m<sup>-2</sup> was reported; 50.1 % of these were attacked by parasitoids, including wasps of the genus *Exenterus* (Hymenoptera: Ichneumonidae).

**Conclusions:** We describe the species *Z. llanderalae* nov. sp. and provide data on its life cycle. This information is important for the planning of its management.

**Keywords:** pine defoliator;  
sawfly; parasitoidism;  
*Pinus oaxacana*;  
*Zadiprion llanderalae*.

### Resumen

**Introducción:** En los bosques de la Sierra Juárez de Oaxaca, de 2018 a 2021, se detectaron infestaciones severas por una especie de mosca sierra del género *Zadiprion* (Hymenoptera: Diprionidae), considerada previamente como *Zadiprion howdeni*.

**Objetivo:** Corroborar la identidad y generar información sobre aspectos biológicos y ecológicos del defoliador *Zadiprion* sp. que afecta el arbolado de *Pinus* en la Sierra Norte de Oaxaca.

**Materiales y métodos:** El desarrollo biológico del defoliador *Zadiprion* sp. se estudió mediante muestreos de campo en bosques de Santa Catarina Ixtepeji. La especie se identificó mediante observación de las características morfológicas externas e internas del estadio adulto, con base en claves taxonómicas de diprionidos. El número de instares se estimó a través de la medición del ancho de la cabeza de las larvas en imágenes digitalizadas y del ajuste a un modelo matemático.

**Resultados y discusión:** La especie que ha causado las infestaciones en el área de estudio no es *Z. howdeni* sino una especie nueva denominada *Zadiprion llanderalae* nov. sp. Las larvas se alimentaron de acículas de *Pinus oaxacana* Mirov., *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham. y *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham., siendo la primera el hospedante principal. La especie tiene una generación por año. En campo se obtuvo una densidad promedio de  $39.2 \pm 9.69$  capullos·m<sup>-2</sup>; 50.1% de estos fueron atacados por parasitoides, entre ellos avispas del género *Exenterus* (Hymenoptera: Ichneumonidae).

**Conclusiones:** Se describe la especie *Z. llanderalae* nov. sp. y se aportan datos sobre su ciclo biológico. Esta información es importante para la planificación de su manejo.

**Palabras clave:** defoliador  
de pino; mosca sierra;  
parasitoidismo; *Pinus oaxacana*;  
*Zadiprion llanderalae*.

## Introduction

Forest fires, excessive logging, and pests and diseases are some of the problems affecting Mexico's forests (Salinas et al., 2010; Sosa et al., 2018). The most prominent pests include pine bark beetles and defoliators of the genera *Zadiprion*, *Neodiprion* and *Monoctenus* (Castro, 1981; Cibrián-Tovar et al., 1995; Smith et al., 2010).

Since the beginning of the 20th century, there have been records of the damage caused by the larvae of species of the genus *Zadiprion* in the forests of Mexico, whose adults are commonly called sawflies because they resemble flies of the order Diptera (Cibrián et al., 1995; Smith, 1988). The species currently recognized in Mexico include *Zadiprion townsendi* (Cockerell) 1898, *Zadiprion rohweri* (Middleton) 1931, *Zadiprion falsus* Smith 1988, *Zadiprion roteus* Smith 1975, *Zadiprion howdeni* Smith 1975, *Zadiprion ojedae* Smith and Sánchez-Martínez 2012, *Zadiprion jeffreyi* Smith 2019 (Smith, 1993, 2019; Smith et al., 2012) and *Zadiprion borjai* González et al. 2021 (González-Gaona et al., 2022).

Severe infestations by a sawfly of the genus *Zadiprion* were reported in the Sierra Norte de Oaxaca from 2015 to 2021. This species was initially identified as *Z. falsus* (Suárez-Mota et al., 2018) and subsequently as *Z. howdeni* (Aguirre-Hidalgo et al., 2020). The present study, after a detailed review of field-collected and laboratory-reared specimens, showed that the external morphological and ovipositor characteristics of the female do not correspond to *Z. falsus*, *Z. howdeni* or any of the other species so far recognized. Consequently, it was concluded that this is an undescribed species, which is reported for the first time in this research.

The municipalities affected by the species studied are Ixtlán de Juárez, Santa Catarina Ixtepeji, Santiago Xiacui, Santa María Jaltianguis, Nuevo Zoquiapam and Pueblos Mancomunados (Unión Estatal de Silvicultores Comunitarios del Estado de Oaxaca [UESCO], 2018). Infestations were recorded from 2015 to 2021, with 12 194 ha being affected in the latter year. Therefore, control actions were developed during 2019, 2020 and 2021, mainly applying biological insecticides sprayed by helicopter (Comisión Nacional Forestal [CONAFOR], 2021). The species *Pinus oaxacana* Mirov., *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham., *Pinus pseudostrobus* Lindl. and *Pinus teocote* Schiede ex Schltdl. & Cham. have been recorded as main hosts, with *P. oaxacana* as the preferred host (Aguirre-Hidalgo et al., 2020; Suárez-Mota et al., 2018). These authors also indicate that, in the study area, *Zadiprion* adults are present from June to October, larvae from June to November, and new cocoons from September to December. However, the inhabitants of the communities collected larvae from several instars in December, January, and February,

## Introducción

Los incendios forestales, la tala excesiva, y las plagas y enfermedades son algunos de los problemas que afectan a los bosques de México (Salinas et al., 2010; Sosa et al., 2018). Entre las plagas más destacadas se encuentran los descortezadores de pino y los defoliadores de los géneros *Zadiprion*, *Neodiprion* y *Monoctenus* (Castro, 1981; Cibrián-Tovar et al., 1995; Smith et al., 2010).

Desde inicios del siglo XX se tienen registros de los daños que las larvas de especies de del género *Zadiprion* causan en los bosques de México, cuyos adultos son llamados comúnmente moscas sierra porque se parecen a las moscas del orden Diptera (Cibrián et al., 1995; Smith, 1988). Las especies reconocidas actualmente en México son: *Zadiprion townsendi* (Cockerell) 1898, *Zadiprion rohweri* (Middleton) 1931, *Zadiprion falsus* Smith 1988, *Zadiprion roteus* Smith 1975, *Zadiprion howdeni* Smith 1975, *Zadiprion ojedae* Smith y Sánchez-Martínez 2012, *Zadiprion jeffreyi* Smith 2019 (Smith, 1993, 2019; Smith et al., 2012) y *Zadiprion borjai* González et al. 2021 (González-Gaona et al., 2022).

En la Sierra Norte de Oaxaca, de 2015 a 2021, se reportaron infestaciones severas por una mosca sierra del género *Zadiprion*. Inicialmente, la especie fue identificada como *Z. falsus* (Suárez-Mota et al., 2018) y posteriormente como *Z. howdeni* (Aguirre-Hidalgo et al., 2020). En el presente estudio, luego de una revisión detallada de especímenes recolectados en campo y de los criados en laboratorio, se encontró que las características morfológicas externas y del ovipositor de la hembra no corresponden a *Z. falsus*, *Z. howdeni* o a alguna de las otras especies hasta ahora reconocidas. En consecuencia, se concluyó que se trata de una especie no descrita, la cual se reporta por primera vez en este trabajo.

Los municipios afectados por la especie estudiada son Ixtlán de Juárez, Santa Catarina Ixtepeji, Santiago Xiacui, Santa María Jaltianguis, Nuevo Zoquiapan y Pueblos Mancomunados (Unión Estatal de Silvicultores Comunitarios del Estado de Oaxaca [UESCO], 2018). Las infestaciones se registraron desde 2015 hasta 2021, siendo afectadas 12 194 ha en este último año. Por ello, durante 2019, 2020 y 2021 se desarrollaron campañas de combate, principalmente mediante la aplicación de insecticidas biológicos asperjados con helicóptero (Comisión Nacional Forestal [CONAFOR], 2021). Las especies *Pinus oaxacana* Mirov., *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham., *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus teocote* Schiede ex Schltdl. & Cham. han sido registradas como hospedantes principales, siendo *P. oaxacana* el hospedante preferido (Aguirre-Hidalgo et al., 2020; Suárez-Mota et al., 2018). Estos mismos autores indican que, en el área de estudio, los adultos de *Zadiprion* están presentes de junio a octubre, las larvas de junio a noviembre y los nuevos capullos de

leading to a hypothesis that there are two generations per year or that several species of *Zadiprion* exist with cycles that are out of phase in date.

Although scientific literature and a CONAFOR report refer to *Z. falsus* as the pest species in the Sierra Norte de Oaxaca, González-Gaona and Sánchez-Martínez (2018) mention that the morphology and life cycle dates do not match this species; therefore, it was necessary to corroborate its identity. This motivated the present study in which the objectives were to describe the new species and gather information regarding its biology.

## Materials and Methods

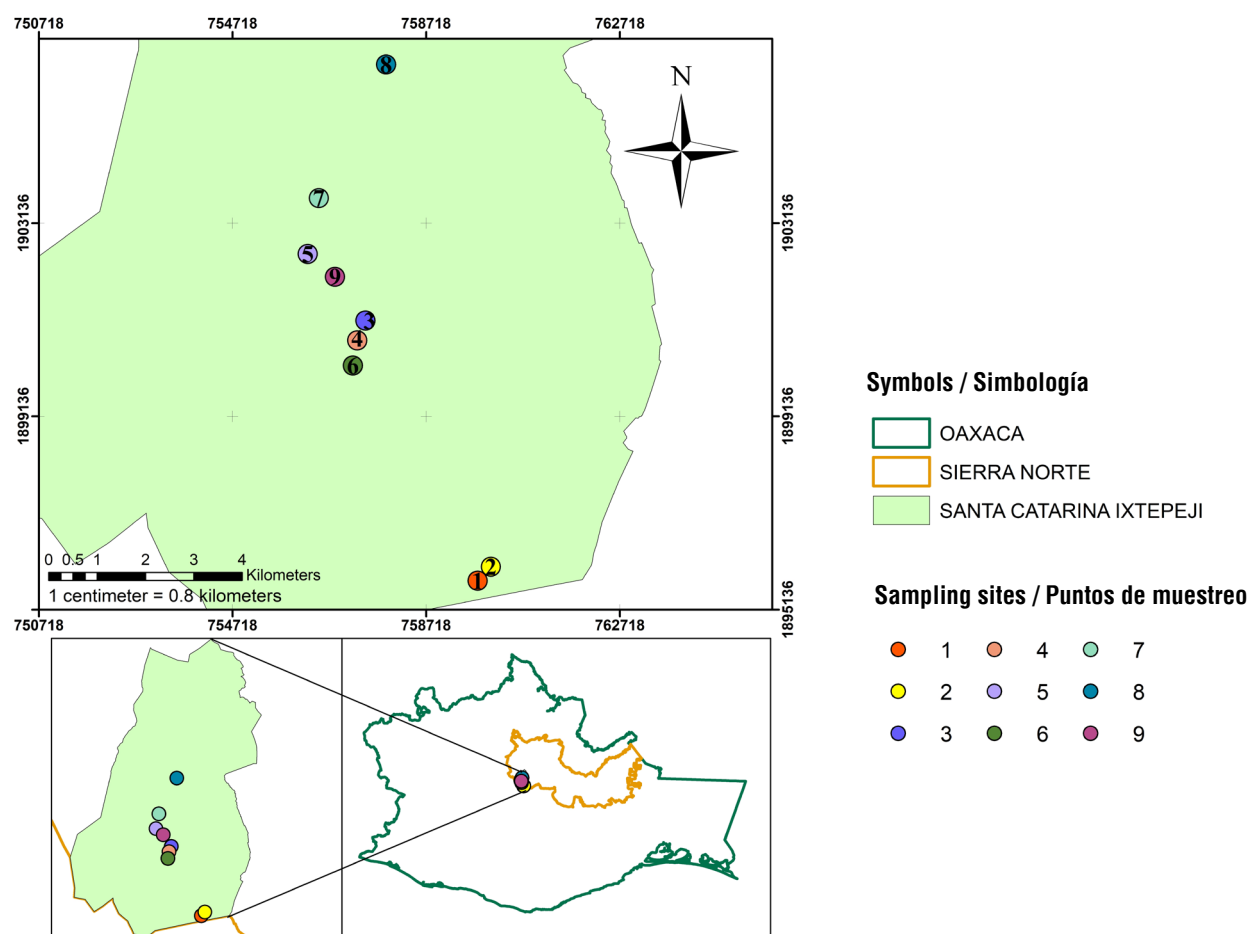
The study was carried out in forest areas of the municipality of Santa Catarina Ixtepeji, located at coordinates 17° 16' N and 96° 34' W (Figure 1), with an average altitude of 1920 m, belonging to the district of Ixtlán de Juárez in the Sierra Madre Oriental, locally known as Sierra Juárez or Sierra Norte de Oaxaca (Instituto Nacional de Geografía e Informática [INEGI], 2016; Ortiz-Pérez et al., 2004).

septiembre a diciembre. No obstante, los habitantes de las comunidades recolectaron larvas de varios instares en diciembre, enero y febrero, lo que llevó a hipotetizar que ocurren dos generaciones por año o que existen varias especies de *Zadiprion* con ciclos desfasados en fecha.

Aunque la literatura científica y un informe de la CONAFOR refieren a *Z. falsus* como la especie plaga en la Sierra Norte de Oaxaca, González-Gaona y Sánchez-Martínez (2018) mencionan que la morfología y fechas del ciclo biológico no concuerdan con esta especie; por lo tanto, era necesario corroborar su identidad. Ello motivó el presente estudio en el que se plantearon como objetivos describir la nueva especie y obtener información respecto a su biología.

## Materiales y métodos

El estudio se realizó en áreas forestales del municipio de Santa Catarina Ixtepeji, localizado en las coordenadas 17° 16' N y 96° 34' O (Figura 1), con una altitud media de 1920 m, perteneciente al distrito de Ixtlán de Juárez en la Sierra Madre Oriental, conocida localmente



**Figure 1. Geographical location of the study site in the municipality of Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca.**  
**Figura 1. Ubicación geográfica del sitio de estudio en el municipio de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca.**

The main vegetation types in this area are pine-oak forest and oak forest. The species *P. teocote*, *P. oaxacana* and *Pinus leiophylla* var. *leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham are the most representative, while *Quercus crassifolia* Humb. & Bonpl., *Quercus castanea* Née, *Quercus rugosa* Née and *Pseudotsuga menziesii* var. *oaxacana* Debreczy & I. Rácz have a lower presence (Castellanos-Bolaños et al., 2010).

### Egg collection and measurement

From April to July 2021, surveys were conducted for the detection of pine needles with recent ovipositions of the sawfly under study, including females that usually remain after oviposition to care for their eggs. Length and width of 78 eggs were measured using Leica Application Suite V 4.6.1® software and a Leica DFC295® camera mounted on a Leica M80® stereo microscope.

### Larval collection and measurement

From August 24, 2020 to July 29, 2021, nine field trips were conducted at intervals of approximately one and a half months. The methodology described by González-Gaona and Sánchez-Martínez (2018) was used to collect larvae, and site collection coordinates, host species, height data, diameter, and degree of defoliation of the host were recorded. Branches with larvae were cut and stored in bags, coolers or individual flasks, transported to the laboratory and kept at room temperature. To determine the first instar, a sample of needles with eggs was monitored until the larvae hatched. Sixty larvae were also extracted from cocoons collected in the field. All larvae were sacrificed in warm water and preserved in 70 % ethyl alcohol. Each vial was labeled with the date, host, site and collector's name.

Since daily monitoring of larvae collected in the field to record molt changes and obtain each instar was not, the width of the cephalic capsule of 452 larvae of different instars was measured. Data were fitted to a normal distribution using PROC UNIVARIATE of SAS v. 9 statistical software (Villa-Castorena & Catalán-Valencia, 2004).

To determine the limits of two successive instars, the probability that larvae entering rank  $i$  actually belong to  $i + 1$  was equated with the probability that larvae in rank  $i + 1$  actually belong to rank  $i$  (Got, 1988).

$$\text{Limit}_{i,i+1} = \frac{(\cdot)_i(\sigma_{i+1}) + (\cdot)_{i+1}(\sigma_i)}{(\sigma_{i+1}) + (\sigma_i)}$$

where,

$i$  = number of instars 1, 2, ...6

$\cdot$  = mean value of the larval head width for a specific instar

como Sierra Juárez o Sierra Norte de Oaxaca (Instituto Nacional de Geografía e Informática [INEGI], 2016; Ortiz-Pérez et al., 2004).

Los principales tipos de vegetación en dicha zona son bosque de pino-encino y bosque de encino. Las especies *P. teocote*, *P. oaxacana* y *Pinus leiophylla* var. *leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham. son las más representativas, mientras que *Quercus crassifolia* Humb. & Bonpl., *Quercus castanea* Née, *Quercus rugosa* Née y *Pseudotsuga menziesii* var. *oaxacana* Debreczy & I. Rácz tienen menor presencia (Castellanos-Bolaños et al., 2010).

### Recolección y medición de huevos

De abril a julio del 2021 se hicieron inspecciones para la detección de acículas de pino con oviposturas recientes de la mosca sierra en estudio, incluyendo las hembras que generalmente permanecen después de la oviposición al cuidado de sus huevos. La longitud y anchura de 78 huevos se midieron con el software Leica Application Suite V 4.6.1® y una cámara Leica DFC295® montada en un microscopio estereoscópico Leica M80®.

### Recolección y medición de larvas

Del 24 de agosto de 2020 al 29 de julio de 2021 se hicieron nueve salidas al campo en intervalos de aproximadamente mes y medio. Para la recolección de larvas se utilizó la metodología descrita por González-Gaona y Sánchez-Martínez (2018) y se registraron las coordenadas del sitio de colecta, especie de hospedante, datos de altura, diámetro y grado de defoliación del hospedante. Las ramas con larvas se cortaron y guardaron en bolsas, hieleras o frascos individuales, se transportaron al laboratorio y se conservaron a temperatura ambiente. Para obtener el primer instar, una muestra de acículas con huevos se vigiló hasta que las larvas emergieron. También se extrajeron 60 larvas de capullos recolectados en campo. Todas las larvas se sacrificaron en agua caliente y se conservaron en alcohol etílico al 70 %. Cada frasco se etiquetó con la fecha, hospedante, localidad y nombre del colector.

Debido a que no se pudo dar seguimiento diario a las larvas recolectadas en campo para el registro de los cambios de muda y obtener cada instar, se midió el ancho de la cápsula cefálica de 452 larvas de diferentes instares. Los datos se ajustaron a una distribución normal utilizando PROC UNIVARIATE del software estadístico SAS v. 9 (Villa-Castorena & Catalán-Valencia, 2004).

Para determinar los límites de dos instares sucesivos se igualó la probabilidad de que las larvas que entran al rango  $i$  en realidad pertenecen a  $i + 1$ , con la probabilidad de que las larvas que se encuentran en el rango  $i + 1$  en realidad pertenecen al rango  $i$  (Got, 1988).

$\sigma$  = standard deviation of larval head width for a specific instar.

### Cocoon measurements

A total of 40 whole sawfly cocoons were photographed, measured and described using Leica Application Suite V 4.6.1<sup>®</sup> software and a Leica DFC 295<sup>®</sup> camera mounted on a Leica M80<sup>®</sup> stereo microscope. Data was analyzed using descriptive statistics (mean and standard deviation) with SAS v. 9 statistical software.

### Adult collection, description and measurement

Most of the adults were collected during field trips and the remaining ones were specimens emerged from cocoons in the laboratory. Some of the adults were dry mounted and some were preserved in 70 % ethyl alcohol. Observations and morphological description were made at the Laboratorio de Sanidad Forestal y Agrícola del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Pabellón Experimental Field (CEPAB), Aguascalientes, Mexico.

Since key morphological characteristics in the identification of Diprionidae species are present in adult females (Smith et al., 2012), 34 dry-mounted females were used to determine the species. Additionally, one male specimen was included for general description purposes, knowing that Diprionidae males do not have morphological characteristics that allow for easy species differentiation.

Specimens were described morphologically using the taxonomic keys of Smith (1971, 1974, 1988) and Smith et al. (2012). The ovipositor (lancet) was removed from 29 females. First, the last abdominal segments were separated from the body and placed in 10 % potassium hydroxide (KOH) at 80 °C for 15 min to macerate the soft tissues and then rinsed with distilled water to remove residual KOH. Subsequently, the segments were dehydrated in 70 % ethyl alcohol for one minute and then another minute in 96 % ethyl alcohol; finally, they were preserved in 70 % ethyl alcohol. The abdominal segments were placed in a Petri dish with a drop of water and under a Motic SMZ-140<sup>®</sup> stereo microscope (magnification 10x, 20x and 40x) the ovipositor was extracted and mounted in Canada Balsam on a slide.

The characteristics observed in the ovipositors were number of rings and orientation, relative size of teeth in rings, and shape of serrulae. Appearance of ovipositors was compared with illustrations in Smith et al. (2012) and Smith (2019), and with lancets of *Zadiprion* specimens from the forest insect collection of the Pabellón Experimental Field, INIFAP.

$$\text{Límite}_{i,i+1} = \frac{(\bar{x}_i)(\sigma_{i+1}) + (\bar{x}_{i+1})(\sigma_i)}{(\sigma_{i+1}) + (\sigma_i)}$$

donde,

$i$  = número de instares 1, 2, ...6

$\bar{x}$  = valor medio del ancho de la cabeza de las larvas para un instar particular

$\sigma$  = desviación estándar del ancho de la cabeza de las larvas para un instar particular.

### Medición de capullos

Se fotografiaron, midieron y describieron 40 capullos enteros con el *software* Leica Application Suite V 4.6.1<sup>®</sup> y una cámara Leica DFC 295<sup>®</sup> montada en un microscopio estereoscópico Leica M80<sup>®</sup>. Los datos se analizaron mediante estadísticas descriptivas (promedio y desviación estándar) con el *software* estadístico SAS v. 9.

### Recolecta, descripción y medición de adultos

La mayoría de los adultos se recolectaron durante las salidas de campo y los restantes fueron ejemplares emergidos de capullos en laboratorio. Una parte de los adultos se montó en seco y otra parte se conservó en alcohol etílico al 70 %. Las observaciones y la descripción morfológica se hicieron en el Laboratorio de Sanidad Forestal y Agrícola del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Pabellón (CEPAB), Aguascalientes, México.

Debido a que las características morfológicas clave en la identificación de especies de Diprionidae se presentan en las hembras adultas (Smith et al., 2012), para la determinación de la especie se utilizaron 34 hembras montadas en seco. Adicionalmente, se incluyó un espécimen macho con fines de descripción general, a sabiendas de que los machos de Diprionidae no presentan características morfológicas que permitan la diferenciación de especies con facilidad.

Los ejemplares se describieron morfológicamente con las claves taxonómicas de Smith (1971, 1974, 1988) y de Smith et al. (2012). A 29 hembras se les extrajo el ovipositor (lanceta). Primero, los últimos segmentos abdominales se separaron del cuerpo y se colocaron en hidróxido de potasio (KOH) al 10 %, a 80 °C durante 15 min, para macerar los tejidos blandos y después se enjuagaron con agua destilada para eliminar los residuos de KOH. Posteriormente, los segmentos se deshidrataron en alcohol etílico al 70 % durante un minuto y luego otro minuto en alcohol etílico al 96 %; finalmente, se conservaron en alcohol etílico al 70 %. Los segmentos abdominales se colocaron en una caja Petri con una gota de agua y bajo un microscopio estereoscópico Motic SMZ-140<sup>®</sup> (aumentos 10x, 20x y 40x) se extrajo el

## Biological cycle

For information on developmental times, young larval instars were collected during the study period and kept in glass boxes (40 x 40 x 40 cm), labeled with codes ("Y" and "Z"). Larvae were fed with foliage from the same tree where they were collected. The boxes were sealed with tulle cloth and a spring band to favor air circulation and were kept in a cool, shaded place until cocoon formation and adult emergence.

## Evaluation of field-collected cocoons

From August 24-26, 2020, we placed five sampling units of 1 m<sup>2</sup> in each of 11 circular sites of 1000 m<sup>2</sup> (N = 55 sampling units). These units were established near defoliated trees at the sites to capture the greatest number of cocoons. The site was delimited, the leaf litter was removed until the soil was visible and dug to find the cocoons. These were collected and stored in bags, one per sampling unit, with their collection data. At the laboratory, the cocoons were individually checked to evaluate their condition and classified into one of the following groups: 1) with a wide, uniform cut at one end denoting adult sawfly emergence, 2) with lateral perforations corresponding to parasitoid emergence, and 3) torn by predators. It was accepted that these cocoons were formed the previous year and corresponded to the current generation of adults that oviposited in 2020.

## Results

According to the taxonomic keys used as references, it was determined that the specimens studied are of a new species, which is described below.

### *Zadiprion llanderalae* nov. sp. Sánchez-Martínez & Cibrián-Tovar

#### Etymology

Named after Celina Llanderal Cázares, entomologist and research professor at the Colegio de Postgraduados.

#### Adult female

Female is 9 to 13 mm long (mean = 10.2 mm, n = 34). Female head is light brown with a black spot above each antenna; light or only slightly dark postocellar area; lateral postocellar grooves are yellow on the dorsal side and dark on the occiput. Antennae are serrate with 22 light brown flagellomeres; the last six to eight are dark ventrally. The pronotum is light brown, including the propleuron. The mesoscutum is light brown; the dividing line of the lobes (left and right) is black and thin on the anterior and middle part, and dark on the posterior part. The mesoscutum

ovipositor, el cual se montó en Bálsamo de Canadá en un portaobjetos.

Las características observadas en los oviposidores fueron el número de anillos y su orientación, tamaño relativo de los dientes en los anillos y la forma de las sérrulas. El aspecto de los oviposidores se comparó con las ilustraciones de Smith et al. (2012) y Smith (2019), y con lancetas de especímenes de *Zadiprion* de la colección de insectos forestales del Campo Experimental Pabellón, INIFAP.

## Ciclo biológico

Para obtener información sobre tiempos de desarrollo, durante el periodo de estudio se recolectaron instares larvales jóvenes que se mantuvieron en cajas de vidrio (40 x 40 x 40 cm), etiquetadas con códigos ("Y" y "Z"). Las larvas se alimentaron con follaje del mismo árbol donde se recolectaron. Las cajas se sellaron con tela tul y una banda de resorte para favorecer la circulación del aire y se conservaron en un lugar fresco y sombreado hasta la formación de capullos y la emergencia de los adultos.

## Evaluación de capullos recolectados en campo

Del 24 al 26 de agosto del 2020 se colocaron cinco unidades de muestreo de 1 m<sup>2</sup> en cada uno de 11 sitios circulares de 1000 m<sup>2</sup> (N = 55 unidades de muestreo). Dichas unidades se establecieron cerca de árboles defoliados dentro de los sitios para obtener el mayor número de capullos. El sitio se delimitó, la hojarasca se removió hasta dejar visible el suelo y se escarbó para encontrar los capullos. Estos se recolectaron y guardaron en bolsas, una por unidad de muestreo, con sus datos de colecta. En laboratorio, los capullos se revisaron individualmente para evaluar su condición y clasificarlos en alguno de los siguientes grupos: 1) con un corte amplio y uniforme en un extremo que denota la emergencia de un adulto de mosca sierra, 2) con perforaciones laterales que corresponden a la emergencia de parasitoides y 3) desgarrados por depredadores. Se aceptó que estos capullos se formaron el año anterior y correspondían a la generación actual de adultos que ovipositaron en 2020.

## Resultados

De acuerdo con las claves taxonómicas utilizadas como referencias se determinó que los especímenes estudiados son de una nueva especie, la cual se describe a continuación.

### *Zadiprion llanderalae* nov. sp. Sánchez-Martínez & Cibrián-Tovar

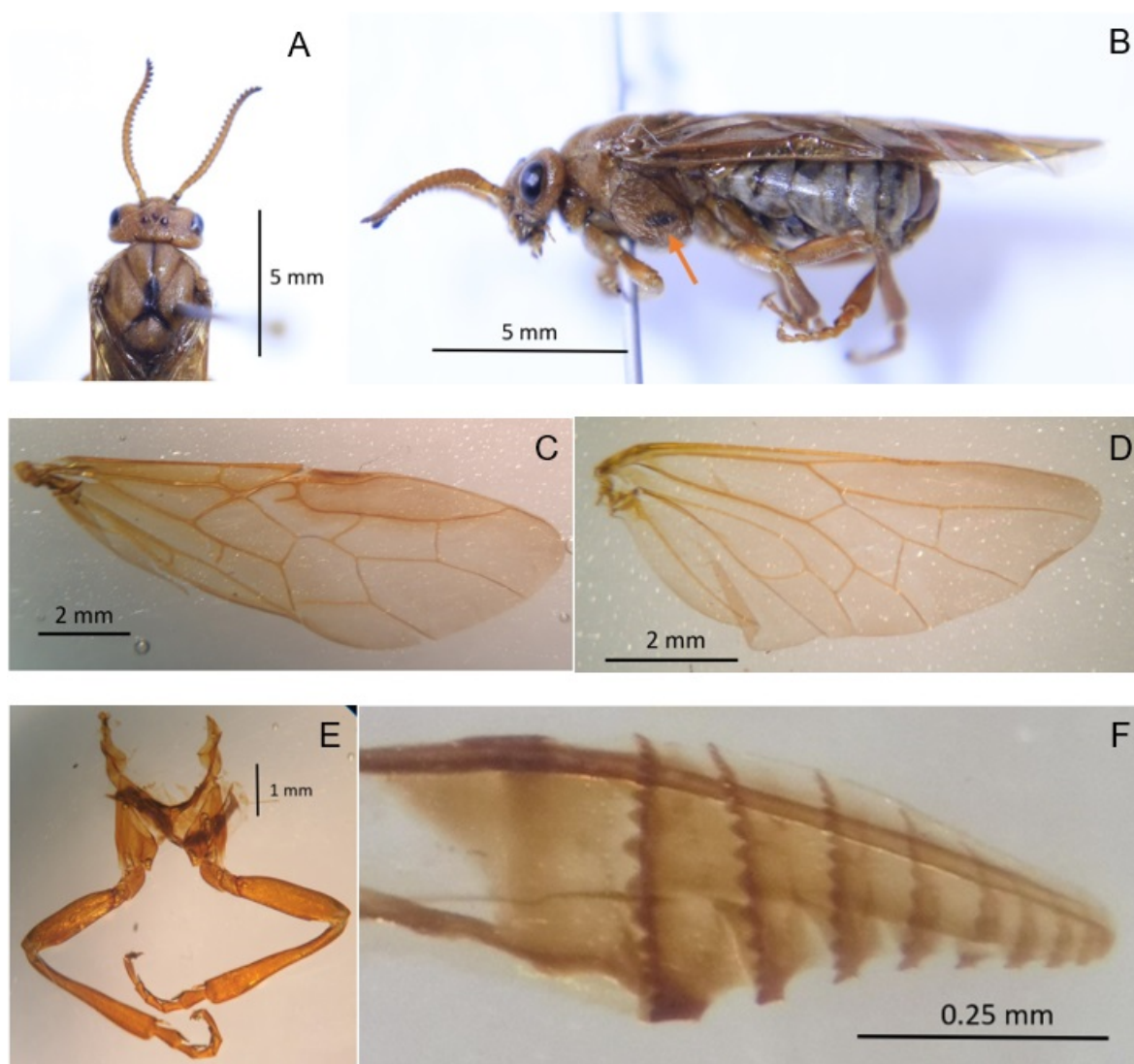
#### Etimología

En honor a Celina Llanderal Cázares, entomóloga y profesora investigadora del Colegio de Postgraduados.

is light brown, except in the inner basal part where it is black; the mesoscutum grooves (notauli) are light without black lines. The mesoscutum is light brown, dark on the posterior margin. The groove separating the mesoscutum from the mesoscutellum is black and markedly deep. Metanotum dark brown with black anterior and posterior margins (Figure 2A). Mesepisternum light brown with an oval, dark or black spot medially, occasionally barely visible and sometimes extending to the dorsal margin. Mesepisternum and mesosternum are light brown (Figure 2B). Forewings are yellow, transparent (amber-like), with a slightly

#### Adulto hembra

La hembra mide 9 a 13 mm de longitud (media = 10.2 mm, n = 34). La cabeza es café claro con un punto negro arriba de cada antena; área postocelar clara o solo ligeramente oscura; surcos postocelares laterales amarillos en la parte dorsal y oscuros en el occipucio. Las antenas son aserradas con 22 flagelómeros café claros; los últimos seis a ocho son oscuros en la parte ventral. El pronoto es café claro, incluido el propleuron. El meso pre-escudo café claro; la línea divisoria de los lóbulos (izquierdo y derecho) es negra y delgada en la parte anterior y media, y oscura en



**Figure 2.** Female of *Zadiprion llanderalae* nov. sp. A) dorsal view (head and thorax), B) lateral view with the characteristic spot of the species on the mesepisternum (arrow), C) anterior wing, D) posterior wing, E) metathoracic legs and F) lancet with nine rings. Reference samples deposited in the forest insect collection of INIFAP, Pabellón Experimental Field.

**Figura 2.** Hembra de *Zadiprion llanderalae* nov. sp. A) Vista dorsal (cabeza y tórax), B) vista lateral con la mancha característica de la especie en el mesepisterno (flecha), C) ala anterior, D) ala posterior, E) patas metatorácicas y F) lanceta con nueve anillos. Muestras de referencia depositadas en la colección de insectos forestales del INIFAP, Campo Experimental Pabellón.

dark hue in the radial cell and stigma; veins C, R, RS and M are transparent yellow (Figure 2C). The hind wings are yellow, transparent and with venation of the same color (Figure 2D). Abdomen predominantly black in dorsal view; tergites I light brown, tergites II to VIII black, with whitish stripes posteriorly when expanded and whitish in lateral view. Sternites dark anteriorly and whitish posteriorly. Legs have the puviliar pads on the basal tarsus of the hind leg nearly as long as or longer than half of the basal tarsus (Figure 2E). The lancet has nine rings: first ring absent, rings 2 and 3 slightly divergent and 4 to 10 subparallel; second ring with 11 to 13 distinguishable teeth; the central three larger than the rest and the last ring short. Basal serrula flat at apex, twice as wide as second serrula and slightly acute posteriorly. Serrulae 2 to 5 are flat at the apex and noticeably acute posteriorly (Figure 2F).

#### Adult male

The male measured 8.8 mm in length ( $n = 1$ ) and is black in appearance with thin, barely noticeable stripes on the posterior part of the tergites in dorsal view. The antennae are bipectinate composed of 27 flagellomeres, plus the scape and pedicel; the last seven flagellomeres unipectinate. The thorax is black with dark transparent wings, black legs with yellow segments on the tibia and trochanter and black femur (Figures 3A-3C).

*Zadiprion llanderalae* nov. sp. differs from *Z. falsus* by the less robust appearance of the female and the smaller but more defined black spot on the mesepisternum. The lancet of *Z. llanderalae* has nine rings with the first ring absent, while *Z. falsus* has 11 rings with a larger number of teeth on the second ring and *Z. howdeni* has a short lancet with seven rings. Table 1 compares the lancets of the *Zadiprion* species with which *Z. llanderalae* was mistaken.

la parte posterior. El mesoescudo es café claro, excepto en la parte basal interna en la que es negro; los surcos del mesoescudo (notauros) son claros sin líneas negras. El mesoescudete es café claro, oscuro en el margen posterior. El surco que separa el mesoescudo del mesoescudete es negro y marcadamente profundo. Metanoto café oscuro con márgenes anteriores y posteriores negros (Figura 2A). Mesepisterno café claro con una mancha ovalada, oscura o negra en la parte media, ocasionalmente apenas visible y algunas veces se extiende hasta el margen dorsal. El mesepímero y mesoesterno son café claro (Figura 2B). Las alas anteriores son amarillas, transparentes (como ámbar), con un tono ligeramente oscuro en la celda radial y estigma; las venas C, R, RS y M amarillas transparentes (Figura 2C). Las alas posteriores son amarillas, transparentes y con venación del mismo color (Figura 2D). El abdomen es predominantemente negro en vista dorsal; tergito I café claro, tergitos II al VIII negros, con franjas blanquecinas en la parte posterior cuando están expandidos y blanquecinos en vista lateral. Esternitos oscuros en la parte anterior y blanquecinos en la parte posterior. Las patas tienen el colchón pulvilar en el tarso basal de la pata posterior casi tan o más largo que la mitad del tarso basal (Figura 2E). La lanceta tiene nueve anillos: primer anillo ausente, anillos 2 y 3 ligeramente divergentes y 4 a 10 subparalelos; segundo anillo con 11 a 13 dientes distinguibles; los tres centrales de mayor tamaño que el resto y el último anillo corto. La sérrula basal es plana en el ápex, dos veces más ancha que la segunda sérrula y ligeramente aguda en la parte posterior. Las sérrulas 2 a 5 son planas en el ápex y notablemente agudas en la parte posterior (Figura 2F).

#### Adulto macho

El macho midió 8.8 mm de longitud ( $n = 1$ ) y es negro en aspecto general con franjas delgadas, apenas notables en la parte posterior de los tergitos en vista dorsal. Las

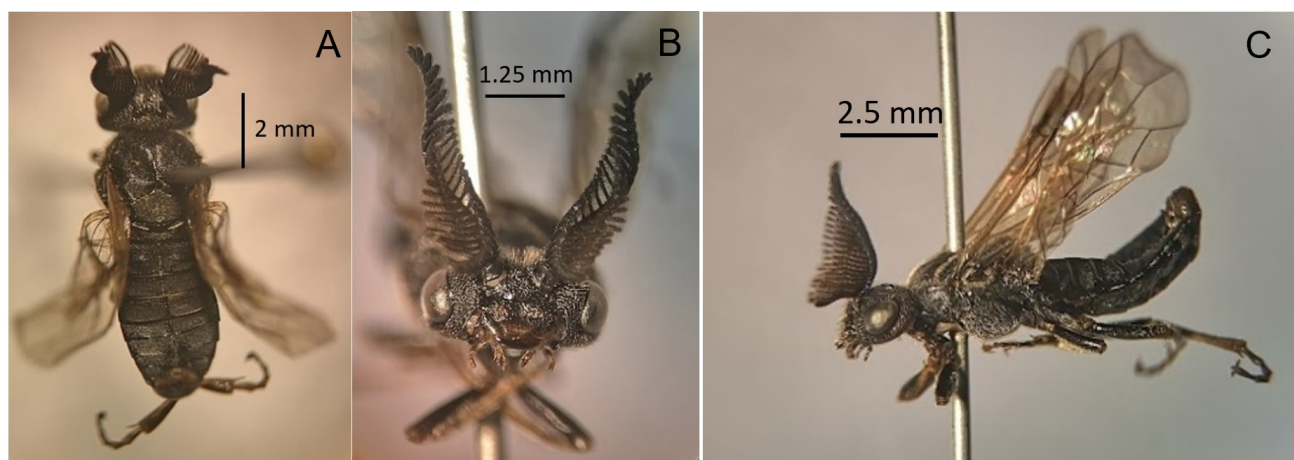



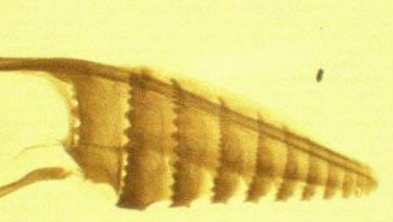

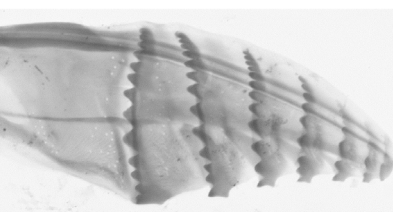


Figure 3. Male of *Zadiprion llanderalae* nov. sp. A) dorsal view, B) frontal view of head and C) lateral view.

Figura 3. Macho de *Zadiprion llanderalae* nov. sp. A) Vista dorsal, B) vista frontal de la cabeza y C) vista lateral.



**Table 1. Comparison of lancets of *Zadiprion llanderalae*, *Z. falsus* and *Z. howdeni*.  
Cuadro 1. Comparación de lancetas de *Zadiprion llanderalae*, *Z. falsus* y *Z. howdeni*.**

Female/Hembra	Lancet/Lanceta	Reference/Referencia
 <i>Zadiprion llanderalae</i>	 nine rings/nueve anillos	This document / Esta publicación
 <i>Zadiprion falsus</i>	 eleven rings/once anillos	Smith (1988) Reproduced from Smith et al. (2012) under the fair use principle./ Reproducido de Smith et al. (2012) bajo el principio de uso justo.
 <i>Zadiprion howdeni</i>	 seven rings/siete anillos	Reproduced from Smith et al. (2012) under the fair use principle./ Reproducido de Smith et al. (2012) bajo el principio de uso justo.

### Material type

Holotype: female labeled “México/Oaxaca/Santa Catarina Ixtepeji/Paraje El Paredón and Lilexy, at an elevation of 2483 m, 17° 11’ 26” N, 96° 35’ 5” W. 02/VII/2021, col. Guadalupe Gómez M., det. G. Sánchez Martínez 2021, field collected on *Pinus oaxacana*”, deposited in the INIFAP forest insect collection, Pabellón Experimental Field (CEPAB), Pabellón de Arteaga, Aguascalientes.

Paratypes: 15 ♀ with the same data as contained on the holotype label; 9 ♀ labeled “México/Oaxaca/Santa Catarina Ixtepeji/Paraje El Paredón, at an elevation of 2385 m, 17° 11’ 19” N, 96° 35’ 07” W. 28/VII/2021, col. Sánchez Martínez, G., det. G. Sánchez Martínez 2021, field collected on *Pinus oaxacana*”, deposited in the insect collection of CEPAB; 10 ♀, 1 ♂ labeled: “México/Oaxaca/Santa Catarina Ixtepeji/Paraje La Cooperativa 17° 08’ 02.7” N, 96° 33’ 20.6” O. 2632 m de elevación. 29/VII/2021, col. A. Hernández C., det. G. Sánchez Martínez 2021, *Pinus oaxacana*”, deposited in the insect collection of the Division of Forestry of the Universidad Autónoma Chapingo.

antenas son bipectinadas compuestas por 27 flagelómeros, más el escapo y pedicelo; los últimos siete flagelómeros unipectinados. El tórax es negro con alas oscuras transparentes, patas negras con segmentos amarillos en la tibia y trocánter y fémur negro (Figuras 3A-3C).

*Zadiprion llanderalae* nov. sp. se diferencia de *Z. falsus* por el aspecto menos robusto de la hembra y la mancha negra de tamaño menor pero más definida en el mesepisterno. La lanceta de *Z. llanderalae* tiene nueve anillos con el primer anillo ausente, mientras que *Z. falsus* tiene 11 anillos con un número mayor de dientes en el segundo anillo y *Z. howdeni* tiene una lanceta corta con siete anillos. En el Cuadro 1 se comparan las lancetas de las especies de *Zadiprion* con las que se confundió a *Z. llanderalae*.

### Material tipo

Holotipo: hembra etiquetada “México/Oaxaca/Santa Catarina Ixtepeji/Paraje El Paredón y Lilexy, 2483 m de elevación, 17° 11’ 26” N, 96° 35’ 5” O. 02/VII/2021, col. Guadalupe Gómez M., det. G. Sánchez Martínez 2021,

### Eggs

Eggs inserted in the needles of the last year of growth, contiguous in position, in rows of 20 to 35; the female uses several contiguous needles to deposit them (Figure 4). Newly laid eggs are translucent white, turning light beige as they mature. They measure 1.07 mm in average length (maximum 1.2 mm, minimum 0.84 mm,  $n = 78$ ) and 0.37 mm in average width (maximum 0.54 mm, minimum 0.29 mm,  $n = 78$ ).

### Larva

The frequency distribution of the cephalic capsule width data of 475 larvae suggested the existence of six larval instars (Table 2), which agrees with that indicated by Smith (1993) for sawflies; however, the division between instars was not clear, mainly because of the wide variation in the width of the cephalic capsule of larvae that recently formed cocoons.

The estimated parameters of the normalized data for each instar are shown in Table 2; the  $P$  values obtained in the Shapiro-Wilk test were close to 1, indicating a good fit of the data with respect to the normal distribution function. The limits of the ranges for each instar were obtained with the methodology of Got (1988) (Table 3).

recolectada en campo en *Pinus oaxacana*", depositada en la colección de insectos forestales del INIFAP, Campo Experimental Pabellón (CEPAB), Pabellón de Arteaga, Aguascalientes.

Paratipos: 15 ♀ con los mismos datos que contiene la etiqueta del holotipo; 9 ♀ etiquetadas "México/Oaxaca/Santa Catarina Ixtepeji/Paraje El Paredón, 2385 m de elevación, 17° 11' 19" N, 96° 35' 07" O. 28/VII/2021, col. Sánchez Martínez, G., det. G. Sánchez Martínez 2021, recolectadas en campo en *Pinus oaxacana*", depositadas en la colección CEPAB; 10 ♀, 1 ♂ etiquetados: "México/Oaxaca/Santa Catarina Ixtepeji/Paraje La Cooperativa 17° 08' 02.7" N, 96° 33' 20.6" O. 2632 m de elevación. 29/VII/2021, col. A. Hernández C., det. G. Sánchez Martínez 2021, *Pinus oaxacana*", depositadas en la colección de insectos de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo.

### Huevos

Huevos insertados en las acículas del último año de crecimiento, contiguos en posición, en hileras de 20 a 35; la hembra utiliza varias acículas contiguas para depositarlos (Figura 4). Los huevos recién puestos son de color blanco translúcido, al madurar se vuelven color beige claro. Estos miden 1.07 mm de longitud media (máximo 1.2 mm, mínimo 0.84 mm,  $n = 78$ ) y



Figure 4. Female and eggs of *Zadiprion llanderalae* nov. sp. on needles of *Pinus oaxacana*. Images Alexa Hernández, 2 July 2021.  
Figura 4. Hembra y huevos de *Zadiprion llanderalae* nov. sp. en acículas de *Pinus oaxacana*. Imágenes Alexa Hernández, 2 de julio de 2021.

**Table 2. Estimated parameters of normal distribution functions of cephalic capsule width of *Zadiprion llanderalae* nov. sp. larvae by instar.**

**Cuadro 2. Parámetros estimados de las funciones de distribución normal del ancho de cápsula cefálica de las larvas de *Zadiprion llanderalae* nov. sp. por instar.**

Instar	N	Average (mm)/ Media (mm)	Minimum value/ Valor mínimo	Maximum value/ Valor máximo	Shapiro-Wilk (P)
1	69	0.438 ± 0.024	0.360	0.488	0.977
2	129	0.600 ± 0.061	0.506	0.750	0.874
3	34	0.867 ± 0.057	0.765	0.950	0.947
4	80	1.075 ± 0.070	0.920	1.246	0.990
5	74	1.390 ± 0.080	1.263	1.545	0.957
6	89	1.659 ± 0.081	1.552	1.849	0.929

± standard deviation of the mean.

± desviación estándar de la media.

**Table 3. Range limits of cephalic capsule width of *Zadiprion llanderalae* nov. sp. larvae by instar.**

**Cuadro 3. Límites de los rangos del ancho de la cápsula cefálica de las larvas de *Zadiprion llanderalae* nov. sp. por instar.**

Instar	Head width (mm)/ Ancho de cabeza (mm)
1	< 0.483
2	> 0.483 to 0.738
3	> 0.738 to 0.960
4	> 0.960 to 1.223
5	>1.223 to 1.523
6	>1.523

Newly emerged larvae from eggs are almost transparent and pale (Figure 5A). As they feed, they become greenish, resulting from the ingestion of green foliage accumulating in the gut. Larval behavior is highly gregarious. Second to fourth instar larvae are green, form compact groups, have a light brown head and a round black eyelid (Figures 5B and 5C). Mature fifth and sixth instar larvae lose some of their gregarious behavior (Figure 5D), measure on average 2.6 cm in length (maximum 3.7 cm, minimum 1.4 cm, n = 163), the head is light brown with a round, black eyecup, and the thoracic and abdominal segments are almost smooth with short spines on the annular segments. The body is semitransparent and opaque, revealing green intestinal contents from consuming needles, with a broad dorsal light stripe (separated by a thin grayish stripe) and medium wide, grayish lateral stripes, often discontinuous along the body. The legs are whitish on the soft parts, with yellowish-brown sclerites on the coxa, trochanter, femur, tibia and tarsal nails.

### Sawfly cocoons

Of the 40 sawfly cocoons measured, two groups were identified, small and large, the first measuring 3.6 mm

0.37 mm de ancho medio (máximo 0.54 mm, mínimo 0.29 mm, n = 78).

### Larva

La distribución de frecuencias de los datos de ancho de la cápsula cefálica de 475 larvas sugirió la existencia de seis instares larvales (Cuadro 2), lo cual coincide con lo indicado por Smith (1993) para las moscas sierra; no obstante, la separación entre instares no fue clara, principalmente por la variación amplia en el ancho de la cápsula cefálica de las larvas que recién formaron capullos.

Los parámetros estimados de los datos normalizados para cada instar se muestran en el Cuadro 2; los valores de P obtenidos en la prueba de Shapiro-Wilk fueron cercanos a 1, indicando un buen ajuste de los datos respecto a la función de distribución normal. Los límites de los rangos para cada instar se obtuvieron con la metodología de Got (1988) (Cuadro 3).

Las larvas recién emergidas de los huevos son casi transparentes y pálidas (Figura 5A). Conforme se alimentan toman un color verdoso, resultado de la



**Figure 5.** Larvae of *Zadiprion llanderalae* nov. sp.: first instar just emerged from the egg (A), intermediate instars (B and C) and last instar larvae (D).

**Figura 5.** Larvas de *Zadiprion llanderalae* nov. sp.: primer instar recién emergido del huevo (A), instares intermedios (B y C) y larvas de último instar (D).

in average length and the second 4.2 mm in average. The newly formed cocoons are whitish and then acquire a golden-brown color. In the inside, the larvae enter a resting stage until the pupa is formed.

#### **Biological cycle**

In the second half of April 2021, a few females resting on needles were collected, but no egg-laying were found; in May, no adults or egg-laying were recorded. The first ovipositions were recorded in the first week of June 2021, being more frequent in the following weeks and until the end of July; females were always observed guarding the egg rows. The first larvae were observed from the last week of June and were more abundant in the first week of July. Intermediate instars were present from July to October. Mature larvae were found from August, being more abundant from September to November; in this last month, they descend from the tree canopy to bury themselves in the ground and form their cocoon, where they will pass to the pupal stage. In December 2021 and January and February 2022, mature larvae on foliage were scarce. On the ground, the first sawfly cocoons were found since August; during September and until the first half of July of the

ingesta de follaje verde que se acumula en el intestino. El comportamiento de las larvas es altamente gregario. Las larvas de segundo a cuarto instar son de color verde, forman grupos compactos, tienen cabeza color café claro y oculario redondo y negro (Figuras 5B y 5C). Las larvas maduras de quinto y sexto instar pierden parte del comportamiento gregario (Figura 5D), miden en promedio 2.6 cm de longitud (máximo 3.7 cm, mínimo 1.4 cm,  $n = 163$ ), la cabeza es café claro con oculario redondo y negro, y los segmentos torácicos y abdominales son casi lisos con espinas cortas en los segmentos anulares. El cuerpo es semitransparente y opaco que deja ver el contenido intestinal verde por el consumo de acículas, con una franja clara dorsal ancha (separada por una franja delgada grisácea) y franjas laterales grisáceas, medianamente anchas, a menudo discontinuas a lo largo del cuerpo. Las patas son blanquecinas en las partes blandas, con los escleritos de la coxa, trocánter, fémur, tibia y uñas tarsales café-amarillentos.

#### **Capullos**

De los 40 capullos medidos se obtuvieron dos grupos, pequeños y grandes, los primeros midieron 3.6 mm de longitud promedio y los segundos 4.2 mm en promedio.

following year they were more abundant, and in the second half of July there were fewer individuals. These observations indicate that an annual generation occurs with developmental stages present in several months. Figure 6 shows the times at which each developmental stage occurs. Field inspections determined that the larvae fed on needles of *P. oaxacana*, *P. patula* and *P. leiophylla*, with the former as the main host.

An average density of  $39.2 \pm 9.69$  sawfly cocoons·m<sup>-2</sup> was recorded in 2019. Of the 2 156 cocoons collected in the 55 1 m<sup>2</sup> sites, 1081 cocoons (50.13 %) had parasitoid emergence holes and 810 cocoons (37.57 %) had a clean cut at one end, where females and males of *Z. llanderalae* were expected to emerge, of which 50 % (405) were females, i.e.,  $7.3 \pm 1.80$  females·m<sup>-2</sup>. The remaining 265 sawfly cocoons (12.29 %) were closed; from some, in the months of November and December, adults of parasitoid wasps of the genus *Exenterus* (Hymenoptera: Ichneumonidae) emerged, which has been recorded in cocoons of *Z. falsus* (Cibrián-Tovar et al., 1995; González-Gaona & Sánchez-Martínez, 2018). In the cocoons remaining closed, we found remains of larvae or pupae with mycelium with white or greenish-gray coloration, probably from entomopathogenic fungi.

## Discussion

For the Sierra Juárez, CONAFOR identified the species *Z. falsus* and *Z. howdeni* as the agents causing defoliation (Aguirre-Hidalgo et al., 2020; González-Gaona & Sánchez-Martínez, 2018; Suárez-Mota et al., 2018). In

Recién formados son blanquecinos y luego adquieren un color café dorado. En el interior las larvas entran en una etapa de reposo hasta que se forma la pupa.

## Ciclo biológico

En la segunda mitad del mes de abril de 2021 se recolectaron pocas hembras que estaban posadas sobre acículas, pero no se encontraron oviposturas; en mayo no se registraron adultos ni oviposturas. Las primeras oviposturas se registraron en la primera semana de junio de 2021, siendo más frecuentes en las semanas siguientes y hasta finales de julio; siempre se observaron hembras cuidando las hileras de huevos. Las primeras larvas se observaron a partir de la última semana de junio y fueron más abundantes en la primera de julio. Los instares intermedios se presentaron de julio a octubre. Las larvas maduras se encontraron a partir de agosto, siendo más abundantes de septiembre a noviembre; en este último mes, descienden de la copa de los árboles para enterrarse en el suelo y formar su capullo, donde pasarán al estado de pupa. En diciembre del 2021 y enero y febrero del 2022, las larvas maduras sobre follaje fueron escasas. En el suelo, los primeros capullos se encontraron desde agosto; durante septiembre y hasta la primera mitad de julio del siguiente año fueron más abundantes, y en la segunda mitad de julio hubo menos individuos. Estas observaciones indican que ocurre una generación anual con estados de desarrollo presentes en varios meses. La Figura 6 muestra los tiempos en que ocurre cada estado de desarrollo. En las inspecciones en campo se determinó que las larvas se alimentaron de

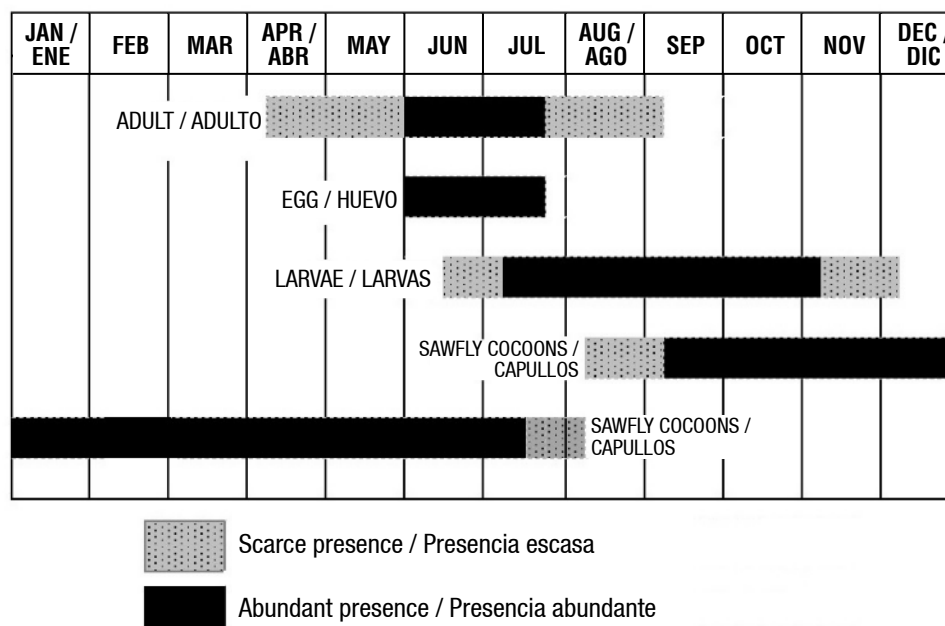


Figure 6. Development stages of *Zadiprion llanderalae* nov. sp. in Santa Catarina Ixtepeji, Sierra Norte de Oaxaca.

Figura 6. Estados de desarrollo de *Zadiprion llanderalae* nov. sp. en Santa Catarina Ixtepeji, Sierra Norte de Oaxaca.

addition to the above, Aguirre-Hidalgo et al. (2020) mention *Z. howdeni* as the species present in Ixtlán de Juárez and indicate that the specimens they studied had a short ovipositor with nine rings and the first one absent. The morphological characteristics of the females and ovipositor of *Z. howdeni*, indicated by Smith (1988), are inconsistent with the characteristics of the specimens collected at the study site, which led to the identification of a new species: *Zadiprion llanderalae* nov. sp. Furthermore, the characteristics of the specimens studied by Aguirre-Hidalgo et al. (2020) conform to those described for *Z. llanderalae* nov. sp., suggesting that it is this species rather than *Z. howdeni*.

The life history data reported by Aguirre-Hidalgo et al. (2020) do not agree with that observed in this study. They report adult insects from February, eggs from April-August, larvae from the end of May-November and cocoons until the end of February. Meanwhile, the results of this research show the presence of adults from April, eggs from June to July, this being the shortest development stage, and larvae from the end of June to the beginning of December. Because of the different type of sampling used in the studies, further research is needed to gather more detailed data.

The importance of natural biological control by parasitoid wasps is evident, since 50 % of the cocoons were found under this condition, with wasps of the genus *Exenterus* (Hymenoptera: Ichneumonidae) being one of the parasitoids detected. In Mexico, sawfly parasitoids are reported in species of the families Tachinidae, Ichneumonidae, Braconidae, Perilampidae, Pteromalidae and Eulophidae (Cibrián-Tovar et al., 1995; González-Gaona & Sánchez-Martínez, 2018; Ruíz-Cancino & Khalaim, 2015). For *Z. falsus*, 30 % parasitism of *Lamachus*, *Stylocryptus*, *Endasys* y *Exenterus* (Hymenoptera: Ichneumonidae) and *Spathimeigenia mexicana* (Diptera: Tachinidae) have been found (Cibrián-Tovar et al., 1995; González-Gaona & Sánchez-Martínez, 2018).

Suárez-Mota et al. (2018) report an average density of 35 to 138 cocoons·m<sup>-2</sup>, while that reported by Aguirre-Hidalgo et al. (2020) in the region of Ixtlán, Oaxaca, was 37.92 ± 8.63, which is similar to the 39.2 ± 9.69 of the present study in Ixtepeji, Oaxaca.

## Conclusions

The defoliator causing high infestations in the pine forests of Santa Catarina Ixtepeji in the last five years is a new species that in this study has been named *Zadiprion llanderalae* nov. sp. The biological cycle of *Z. llanderalae* is annual. The period of presence of eggs is short, while the larval and cocoon periods are the longest, which is important to know to plan measures to combat this pest.

acículas de *P. oaxacana*, *P. patula* y *P. leiophylla*, siendo la primera el hospedante principal.

En 2019 se obtuvo una densidad promedio de 39.2 ± 9.69 capullos·m<sup>-2</sup>. De los 2 156 capullos recolectados en los 55 sitios de 1 m<sup>2</sup>, 1 081 capullos (50.13 %) tuvieron orificios de emergencia de parasitoides y 810 capullos (37.57 %) tuvieron un corte limpio en un extremo, por donde se asumió salieron hembras y machos de *Z. llanderalae*, de los cuales 50 % (405) fueron hembras; es decir, 7.3 ± 1.80 hembras·m<sup>-2</sup>. Los 265 capullos restantes (12.29 %) estuvieron cerrados; de algunos, en los meses de noviembre y diciembre, emergieron adultos de avispa parasitoides del género *Exenterus* (Hymenoptera: Ichneumonidae), el cual se ha registrado en capullos de *Z. falsus* (Cibrián-Tovar et al., 1995; González-Gaona & Sánchez-Martínez, 2018). En los capullos que permanecieron cerrados se encontraron restos de larvas o pupas con micelio de coloración blanca o gris verdosa, probablemente de hongos entomopatógenos.

## Discusión

Para la Sierra Juárez, la CONAFOR señaló a las especies *Z. falsus* y *Z. howdeni* como los agentes causantes de la defoliación (Aguirre-Hidalgo et al., 2020; González-Gaona & Sánchez-Martínez, 2018; Suárez-Mota et al., 2018). Aunado a lo anterior, Aguirre-Hidalgo et al. (2020) mencionan a *Z. howdeni* como la especie presente en Ixtlán de Juárez e indican que los ejemplares que estudiaron tenían un ovipositor corto con nueve anillos y el primero de ellos ausente. Las características morfológicas de las hembras y el ovipositor de *Z. howdeni*, indicadas por Smith (1988), son inconsistentes con las características de los especímenes recolectados en el sitio de estudio, lo que derivó en la identificación de una especie nueva: *Zadiprion llanderalae* nov. sp. Además, las características de los ejemplares estudiados por Aguirre-Hidalgo et al. (2020) se ajustan a las descritas para *Z. llanderalae* nov. sp., lo cual sugiere que se trata de esta especie en vez de *Z. howdeni*.

Los datos del ciclo biológico reportado por Aguirre-Hidalgo et al. (2020) no concuerdan de manera precisa con lo observado en este trabajo. Ellos reportan insectos adultos desde el mes de febrero, los huevos desde abril-agosto, larvas desde finales de mayo-noviembre y los capullos hasta finales de febrero. Mientras tanto, los resultados de esta investigación muestran la presencia de adultos a partir de abril, los huevos de junio a julio, siendo esta la etapa de desarrollo más corta, y las larvas desde finales de junio hasta principios de diciembre. Debido a que el tipo de muestreo utilizado en los trabajos es diferente, es necesario seguir investigando para obtener datos más detallados.

Se reconoce la importancia del control biológico natural que las avispa parasitoides ejercen, ya que

## Acknowledgments

The authors thank the Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT), the Division of Forest Sciences of the Universidad Autónoma Chapingo, the Department Sanidad Forestal y Agrícola del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Pabellón Experimental Field (Aguascalientes, Mexico), and the communal authorities of Santa Catarina Ixtepeji for their support and availability to carry out this study.

### End of English version

## References / Referencias

- Aguirre-Hidalgo, V., Casasola-González, J. A., Alfonso-Corrado, C., Santiago-García, E., & Clark-Tapia, R. (2020). Registro y ecología de *Zadiprion howdeni* (Hymenoptera: Diprionidae) en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Madera y Bosques*, 26(3), e2631943. <https://doi.org/10.21829/myb.2020.2631943>
- Castellanos-Bolaños, J. F., Treviño-Garza, E. J., Aguirre-Calderón, O. A., Jiménez-Pérez, J., & Velázquez-Martínez, A. (2010). Diversidad arbórea y estructura espacial de bosques de pino-encino en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 1(2), 39–52. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v1i2.636>
- Castro, C. J. (1981). Contribución al estudio de la biología del defoliador de pino *Neodiprion fulviceps* (Cresson) complex (Hymenoptera: Diprionidae) en el estado de Chihuahua. *Ciencia Forestal*, 6(30), 43–51.
- Cibrián-Tovar, D., Méndez-Montiel, J. T., Campos-Bolaños, R., Yates Iii, H. O., & Flores-Lara, J. (1995). *Insectos forestales de México*. Universidad Autónoma Chapingo-SARH-SFFS-USDA-NRC-CFAN-FAO. <https://www.ltrr.arizona.edu/~sheppard/paricutin/insectosforestales.pdf>
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2021). *Diagnóstico fitosanitario del estado de Oaxaca, primer semestre, año 2021*. <http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/02%20Informes%20de%20acciones%20operativas/DiagnosticosEstatales/2021/Oaxaca.pdf>
- González-Gaona, E., & Sánchez-Martínez, G. (2018). *Identificación y manejo de moscas sierra de la familia Diprionidae presentes en el centro norte de México* (Folleto Técnico). <http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/09%20Manuales%20t%C3%A9cnicos/Manual%20moscas%20sierra.pdf>
- González-Gaona, E., Borja-Nava, H. E., De Lira-Ramos, K. V., Rodríguez-Cruz, Y. E., & Arriola-Padilla, V. J. (2022). Nueva especie de mosca sierra del género *Zadiprion* Rohwer (Hymenoptera: Diprionidae) atacando *Pinus cembroides* (Zucc.) en Tamaulipas, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 28(3), 399–409. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2021.10.061>
- Got, B. (1988). Determination of instar of the European Corn Borer (Lepidoptera: Pyralidae) based on a distribution model of head capsule widths. *Annals of Entomological Society of America*, 81(1), 91–98. <https://doi.org/10.1093/aesa/81.1.91>
- Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI). (2016). *Anuario estadístico del estado de Oaxaca*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825084295>
- Suárez-Mota et al. (2018) reportan una densidad promedio de 35 a 138 capullos·m<sup>-2</sup>, mientras que la reportada por Aguirre-Hidalgo et al. (2020) en la región de Ixtlán, Oaxaca, fue de 37.92 ± 8.63, que es similar a los 39.2 ± 9.69 del presente trabajo en el 2020 en Ixtepeji, Oaxaca.

## Conclusiones

El defoliador que ha causado infestaciones altas en los bosques de pino de Santa Catarina Ixtepeji en los últimos cinco años es una nueva especie que en este estudio se ha nombrado *Zadiprion llanderalae* nov. sp. El ciclo biológico de *Z. llanderalae* es anual. El periodo de presencia de huevos es corto, mientras que los periodos de larvas y capullos son los más extensos, lo que es importante conocer para planificar las medidas de combate de esta plaga.

## Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT), a la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo, al departamento de Sanidad Forestal y Agrícola del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Pabellón (Aguascalientes, México), y a las autoridades comunales de Santa Catarina Ixtepeji por su apoyo y disponibilidad para la realización de este estudio.

### Fin de la versión en español

- Ortiz-Pérez, M. A., Hernández-Santana, J. R., & Figueroa-Mah-Eng, J. M. (2004). Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico. In A. J. García-Mendoza, M. J. Ordóñez & M. A. Briones-Salas (Eds.), *Biodiversidad de Oaxaca* (pp. 141–158). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, World Wildlife Fund. <https://www.scielo.sa.cr/scieloOrg/php/reflinks.php?refpid=S0034-7744201200010003300028&pid=S0034-77442012000100033&lng=es>

- Ruíz-Cancino, E., & Khalaim, A. I. (2015). Mexican species of the genus *Exenterus* Hartig (Hymenoptera: Ichneumonidae: Tryphoninae) reared from diprionid hosts. *Zootaxa*, 4048(1), 140–150. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4048.1.9>
- Salinas, M. Y., Vargas, C. F., Zúñiga, G., Ager, J. V., & Hayes, J. L. (2010). Atlas de distribución geográfica de los descortezadores del género *Dendroctonus* (Curculionidae: Scolytinae) en México. <http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/10%20Material%20de%20Consulta/Literatura/lectura%20adicional%20Atlas%20Distribuci%C3%B3n%20Descortezador.pdf>
- Sánchez-Martínez, G. (2017). Familia Diprionidae. En D. Cibrián T. (Ed.), *Fundamentos de entomología forestal* (pp. 321–325). Publicación de la Red de Salud Forestal, Redes Temáticas de la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Universidad Autónoma Chapingo y Comisión Nacional Forestal. [https://www.researchgate.net/profile/Dulce-Zetina/publication/337447577\\_Fundamentos\\_de\\_Entomologia\\_Forestal\\_Conacyt/links/5e5fdb42a6fdccbeba1c6b44/Fundamentos-de-Entomologia-Forestal-Conacyt.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Dulce-Zetina/publication/337447577_Fundamentos_de_Entomologia_Forestal_Conacyt/links/5e5fdb42a6fdccbeba1c6b44/Fundamentos-de-Entomologia-Forestal-Conacyt.pdf)
- Smith, D. R. (1971). The genus *Zadiprion* Rohwer (Hymenoptera: Diprionidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 73(2), 187–197. [https://www.researchgate.net/publication/260794568\\_The\\_genus\\_Zadiprion\\_Rohwer\\_Hymenoptera\\_Diprionidae](https://www.researchgate.net/publication/260794568_The_genus_Zadiprion_Rohwer_Hymenoptera_Diprionidae)
- Smith, D. R. (1974). Conifer sawflies, Diprionidae: Key to North American genera, checklist of world species, and new species from Mexico (Hymenoptera). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 76(4), 409–418. <https://ia800207.us.archive.org/33/items/biostor-83969/biostor-83969.pdf>
- Smith, D. R. (1988). A synopsis of the sawflies (Hymenoptera: Symphyta) of America south of the United States: Introduction, Xyelidae, Pamphiliidae, Cimbicidae, Diprionidae, Xiphydriidae, Siricidae, Orussidae, Cephidae. *Systematic Entomology*, 13, 205–261. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.1988.tb00242.x>
- Smith, D. R. (1993). Systematics, life history, and distribution of sawflies. In M. Wagner, & K. F. Raffa (Eds.), *Sawfly life history adaptations to woody plants* (pp. 3–32). Academic Press. [https://www.researchgate.net/publication/260798522\\_Systematics\\_life\\_history\\_and\\_distribution\\_of\\_sawflies#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/260798522_Systematics_life_history_and_distribution_of_sawflies#fullTextFileContent)
- Smith, D. R. (2019). A new *Zadiprion* (Hymenoptera: Diprionidae) from Baja California, Mexico, on *Pinus jeffreyi*. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 121(4), 700–703. <https://doi.org/10.4289/0013-8797.121.4.700>
- Smith, D. R., Sánchez-Martínez, G., & Ordaz-Silva, S. (2010). A new *Monoctenus* (Hymenoptera: Diprionidae) damaging *Juniperus flaccida* (Cupressaceae) in San Luis Potosí, México. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 112(3), 444–450. <https://doi.org/10.4289/0013-8797.112.3.444>
- Smith, D. R., Sánchez-Martínez, G., & Ojeda-Aguilera, A. (2012). A new species of *Zadiprion* (Hymenoptera: Diprionidae) on *Pinus durangensis* from Chihuahua, Mexico, and a review of other species of the genus. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 114(2), 224–237. <https://doi.org/10.4289/0013-8797.114.2.224>
- Sosa, D. L., Méndez, G. J., García, A. M. A., Cambrón, S. V. H., Villarreal, Q. J. A., Ruiz, G. C. G., & Montoya, J. J. C. (2018). Distribución potencial de barrenadores, defoliadores, descortezadores y muérdagos en bosques de coníferas de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(47), 187–208. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i47.159>
- Suárez-Mota, M. E., Pacheco-García, M. M., Cristobal-Angulo, O. P., Antúnez, P., Santiago-García, W., & Bautista-Juárez, I. (2018). La plaga defoliadora *Zadiprion falsus* Smith en la Sierra Norte de Oaxaca, México: estado actual y perspectivas. *Agroproductividad*, 11(7), 35–41. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/913>
- Unión Estatal de Silvicultores Comunitarios del Estado de Oaxaca (UESCO). (2018). Proyecto de contingencia fitosanitaria para el combate y control de insectos defoliadores mosca sierra (*Zadiprion falsus* y *Neodiprion bicolor*) e insectos descortezadores (*Dendroctonus adjunctus*) en las regiones Sierra Norte, Sierra Sur, Valles Centrales y Costa del estado de Oaxaca. <http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/02%20Informes%20de%20acciones%20operativas/CordinacionInstitucional/SAN3AP0818201698%20CONTINGENCIA%20FITOSANITARIA%20FORESTAL.pdf>
- Villa-Castorena, M. M., & Catalán-Valencia, E. A. (2004). Determinación de estadios larvales de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) para la construcción de un modelo de predicción. *Folia Entomológica Mexicana*, 43(3), 307–312. <https://www.redalyc.org/pdf/424/42443306.pdf>