

**PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN POBLACIONAL DE LA MOSCA
SIERRA DE LOS PINOS (*ZADIPRION HOWDENI*) EN ÁREAS TRATADAS A TRAVÉS
DEL PROGRAMA OPERATIVO CONTRA DEFOLIADORES FORESTALES 2021, EN
LA REGIÓN SIERRA NORTE DE OAXACA**

INFORME FINAL



RESPONSABLE TÉCNICO:

Dr. Guillermo Sánchez Martínez - Investigador

COLABORADORES:

M. Sc. Adán Hernández Hernández - Investigador

Dr. Jesús Alberto Cruz López - Investigador

Mayo de 2022

INTRODUCCIÓN

Las moscas sierra de los pinos (Hymenoptera: Diprionidae) son insectos que durante su estado larvario consumen el follaje de los pinos causando con ello defoliación. En casos de defoliación severa, el efecto del ataque de estos insectos es la reducción del crecimiento y ocasionalmente la muerte de los árboles, sobre todo cuando son fuertemente defoliados en años sucesivos (González y Sánchez, 2018).

En los últimos cinco años, fue notable la presencia de moscas sierra en la región Sierra Norte de Oaxaca, en niveles poblacionales que superaron la condición endémica, alcanzando niveles epidémicos que han demandado la atención de dependencias gubernamentales y comunidades locales para su combate. De acuerdo con la información facilitada por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) y la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), durante 2019, 2020 y 2021, se realizaron acciones de combate de la mosca sierra de los pinos, *Zadiprion howdeni*, en varios predios de la región mencionada, debido a que este insecto ha causado altas infestaciones en las poblaciones de pino, especialmente de *Pinus oaxacana*. Para ello, en cada uno de estos años, se ha implementado un Programa Operativo contra Defoliadores Forestales en el que participan tanto instituciones como las comunidades de las zonas afectadas.

El presente documento contiene los resultados del estudio sobre la condición poblacional de *Zadiprion howdeni* después de la aplicación de los tratamientos de combate que formaron parte del Programa Operativo Contra Defoliadores 2021, y que fueron aplicados durante octubre-diciembre de dicho año. El estudio presenta también un comparativo de la situación poblacional de la mosca sierra en los dos últimos años, con base en lo cual se presentan algunas recomendaciones para el manejo de esta plaga.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la condición de la población de *Zadiprion howdeni* y la salud del arbolado, en las áreas que recibieron tratamientos de combate a través del Programa Operativo Contra Defoliadores Forestales 2021, en la región Sierra Norte de Oaxaca

Objetivos específicos

Evaluar la condición de la población de *Zadiprion howdeni* en áreas tratadas con entomopatógenos y/o métodos físico-mecánicos en 2021, en la región Sierra Norte de Oaxaca.

Evaluar la condición de copa del arbolado en áreas incluidas en el Programa Operativo Contra Defoliadores Forestales 2021 en la región Sierra Norte de Oaxaca.

Comprobar el efecto de los tratamientos aplicados como método de combate de mosca sierra en la Sierra Norte de Oaxaca en 2021 (entomopatógenos, escarificación, quemas controladas), en muestras de inmaduros muertos recolectadas en campo días posteriores a la aplicación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El estudio se realizó en la región Sierra Norte del estado de Oaxaca, en predios forestales que presentaron infestaciones de la mosca sierra *Zadiprion howdeni* en 2021 y que por ello fueron sometidos al Programa Operativo contra Defoliadores Forestales 2021 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Localidades Notificadas en la Sierra Norte de Oaxaca 2021, para el combate de *Zadiprion* spp. Fuente: Gerencia de Sanidad de CONAFOR.

Pedio	Municipio	Superficie Notificada (ha)
Santa Catarina Ixtepeji	Santa Catarina Ixtepeji	2,894.69
Santa Catarina Ixtepeji Ampliación	Santa Catarina Ixtepeji	382.30
Teococuilco de Marcos Pérez	Teococuilco de Marcos Pérez	32.01
Pueblos Mancomunados	Amatlán, Lachatao y Yavesia	741.45
Nuevo Zoquiapam	Nuevo Zoquiapam	725.71
San Pedro Nexicho	Santa Catarina Ixtepeji	172.38
Ixtlán de Juárez	Ixtlán de Juárez	214.40
San Andres Yatuni	Santiago Xíacui	466.77
La Trinidad Ixtlán	Santiago Xíacui	98.58
Santiago Comaltepec	Santiago Comaltepec	186.46
Santiago Xiacuí	Santiago Xíacui	146.37
TOTAL		6,061.12

Tratamientos operativos

Con base en las fuentes mencionadas, se identificaron los siguientes tratamientos que fueron aplicados a escala operativa en 2021:

1. Producto biológico (BMSil) compuesto por una mezcla líquida de *Metarhizium anisopliae* en una concentración de 1×10^8 UFC/ml y *Beauveria bassiana* en una concentración de 1×10^8 UFC/ml, aplicado en forma aérea con un helicóptero Bell 206-A, en dosis de 1L del producto/ha en una mezcla de 1 L del producto+ 20 L de agua + 200 ml de adherente.
2. Mismo producto biológico (BMSil) aplicado en la misma dosis, pero mediante aspersión terrestre, pero dirigido solamente a lugares específicos que mostraban renuevo de pino afectado por el defoliador.
3. Tratamiento complementario: consistente en escarificación y/o quema controlada, el cual también fue aplicado en lugares específicos localizados.

Las áreas tratadas con los tratamientos basados en el producto biológico BMSil se aprecian en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Localidades en la Sierra Norte de Oaxaca donde se aplicó la aspersión aérea y aplicación terrestre de entomopatógenos en 2021 (Fuente: SENASICA).

Municipio	Superficie asperjada (Ha)
Santa Catarina Ixtepeji	5545.15
Santa Martha Latuvi	1333.97
Teocouilco de Marcos Pérez	32.01
Santa Matías Zoquiapan	1417.89
Ixtlán de Juárez	214.4
San Andres Yatuni	466.77
Santiago Comaltepec	186.46
La Trinidad de Ixtlán	98.58
antiago Xiacuni	146.37
San Pedro Nexicho	172.38
Total	9,441.6

Nota: La superficie asperjada en la mayoría de los casos comprende la superficie acumulada de doble aspersión y aplicación terrestre, especialmente en las áreas de mayor infestación como el caso de Santa Catarina Ixtepeji y Pueblos Mancomunados.

Muestreo de la condición del arbolado

El muestreo se hizo a través de transectos en el que se ubicaron 10 sitios de muestreo por cada 1000 ha en localidades infestadas y tratadas específicamente en el año 2021. Se muestreó un total de 64 sitios a través de 13 transectos distribuidos en parajes representativos de las áreas tratadas en las diversas comunidades (Ver Anexo). La separación entre sitios de muestreo (en cada transecto) fue generalmente cada 200 m, haciendo ocasionalmente ajustes debido a la topografía del terreno o a la vegetación objetivo. En cada punto de muestreo se estableció un sitio circular de 100 m² (radio de 5.64 m), el cual se dividió en 4 cuadrantes. Dentro del sitio se midió la especie, diámetro y altura de los árboles con diámetro normal (dap) > 7.5 cm. Se midió, además, la transparencia de copa mediante las escalas utilizadas por el Programa Cooperativo Internacional sobre Evaluación y Monitoreo de los Efectos de la Contaminación en el Aire en los Bosques en Europa (ICP-Forests) y por el Programa de Inventario Forestal y Análisis del Servicio Forestal de los Estados Unidos (USDA Forest Service) (Figura1 y 2).



Figura1. Establecimiento de sitios de muestreo y toma de datos de vegetación en áreas afectadas por *Zadiprion howdeni* en la Sierra Norte de Oaxaca, en 2022.

Código Descripción

0	0%
5	>0-5%
10	>5-10%
15	>10-15%
20	>15-20%
25	>20-25%
30	>25-30%
35	>30-35%
40	>35-40%
45	>40-45%
50	>45-50%
55	>50-55%
60	>55-60%
65	>60-65%
70	>65-70%
75	>70-75%
80	>75-80%
85	>80-85%
90	>85-90%
95	>90-95%
99	>95-100% (alive)
100	100% (dead)

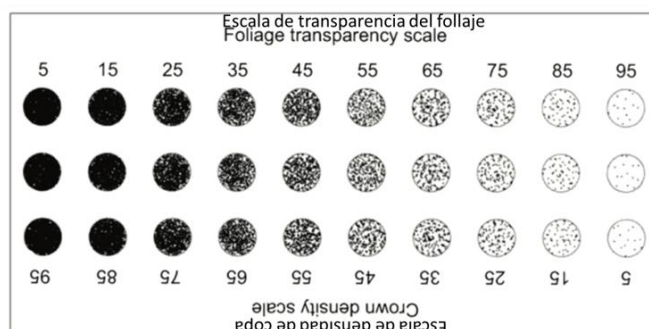


Figura 2. Escala de la intensidad de defoliación y transparencia del follaje. El código de defoliación y la escala de transparencia de follaje son equivalentes (Fuente: ICP-Forets, 2016; FIA, 2012).

Dado que en 2021 fueron tratados en su mayoría los mismos parajes que en 2020, 48 sitios de muestreo se establecieron en forma paralela a 20 m de distancia de los sitios de muestreo establecidos para el estudio anterior. La numeración de los sitios fue conservada, agregando solamente el adjetivo primo para distinguirlos de los sitios muestreados en el estudio anterior; por ejemplo, el sitio paralelo al sitio 74 recibe el número 74". Esto permitió comparar la condición de la población de *Zadiprion* del año 2022 con respecto a la población 2021, así como la incidencia de enemigos naturales y la afectación por los entomopatógenos aplicados. El resto de los sitios se estableció en nuevos parajes, para los cuales se tiene una primera condición de referencia.

Muestreo de la condición poblacional de *Zadiprion howdeni*

En cada sitio circular de 100 m² se delimitaron cuatro subsitios de muestreo 0.25 m² cada uno, en los cuales se recolectaron submuestras de capullos (Figura 3). Estos sitios fueron ubicados de forma dirigida bajo la copa de árboles hospederos, a ca. 1.0 m de distancia de la base del fuste del árbol. Con la ayuda de herramientas manuales se removió con cuidado la hojarasca. Posteriormente con las herramientas de campo revisó el suelo hasta una profundidad de 5 a 8 cm, recolectando todos los capullos encontrados dentro del subsitio. Las cuatro submuestras fueron colocadas dentro de una bolsa Ziploc, para constituir una muestra de capullos representativa de 1 m² de suelo por cada sitio de muestreo. Las muestras fueron etiquetadas y trasladadas al Laboratorio de Sanidad Forestal y Agrícola del INIFAP-Campo Experimental Pabellón, para su análisis.



Figura 3. Recolección de capullos de mosca sierra (*Zadiprion* spp.) en sitios de muestreo ubicados en áreas que fueron tratadas con entomopatógenos a través del Programa Operativo contra Defoliadores Forestales 2021, en la Sierra Norte de Oaxaca.

Las muestras de capullos fueron analizadas para determinar sus características en cuanto antigüedad y condición. Primeramente, por su coloración y apariencia se separaron los capullos nuevos (tejidos en 2021, que darán la generación 2022 denominados capullos 2022), de los capullos viejos tejidos en años anteriores, siendo éstos últimos descartados porque no representan a la población actual y su contenido es vacío o de condición inerte. Los capullos nuevos tejidos en 2021 presentan coloración dorado brillante, están cerrados y tienen apariencia turgente, mientras que los capullos viejos de años anteriores son de color cobrizo oscuro, cafesosos y opacos (Figura 4). Posteriormente, para determinar condición poblacional de la mosca sierra, los capullos nuevos fueron clasificados en tres categorías de acuerdo a la condición del contenido interno, siendo estas: 1) larva sana de mosca sierra, 2) larva dañada por parasitoides o depredadores (enemigos naturales) y 3) larva infectada por entomopatógenos. Para hacer esta clasificación, los capullos se abrieron y se observó la apariencia de la larva (larva de último estadio que teje el capullo) (Figuras 5 y 6).



Figura 4. Muestra de capullos de mosca sierra (*Zadiprion* spp.) con diferente antigüedad. Los capullos más recientes (tejidos en 2021) presentan coloración dorada brillante y están cerrados, mientras que los que corresponden a años anteriores son oscuros y en su mayoría con orificios de emergencia de mosca sierra o parasitoides.



Figura 5. Ejemplo de muestras de capullos de *Zadiprion* spp. tejidos en 2021, abiertos para la observación del contenido. Las larvas de coloración amarilla están infectadas por entomopatógenos (círculos rojos), las de coloración normal (círculos verdes) son larvas sanas que darían lugar a moscas sierra adultas.



Figura 6. Muestras de capullos de *Zadiprion* spp., tejidos en 2021, que muestran la afectación de las larvas de mosca sierra por insectos parasitoides (enemigos naturales). Nótese que las larvas de mosca sierra han sido consumidas y reemplazadas por larvas de parasitoides.

La disección de los capullos para observar el contenido interno permite estimar la abundancia de: a) moscas sierras adultas sanas en 2022, b) moscas sierras muertas por enemigos naturales, y c) moscas sierra infectadas por entomopatógenos.

Comprobación del efecto letal de los entomopatógenos aplicados en el Programa Operativo 2021

Dentro de cada sitio de muestreo, se revisó cuidadosamente la parte inferior del fuste del hospedantes, la parte superficial del suelo, el follaje del renuevo de pino o de plantas de hoja ancha y por debajo de la proyección de la copa, en búsqueda de larvas muertas o moribundas cuyo estado pueda ser atribuido al efecto de los tratamientos (Figura 7). En los casos que se encontraron, se tomó una muestra y se colocó en un vial seco (sin alcohol) o en una bolsa de plástico, etiquetándolas con los datos básicos de colección. Las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Sanidad Forestal y Agrícola del INIFAP-Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes, para el aislamiento y purificación de colonias de hongos que permitan comprobar la presencia de los entomopatógenos aplicados (Figura 8).



Figura 7. Ejemplo de muestra de larvas muertas de mosca sierra, recolectadas sobre el fuste o la base del tallo, en áreas que fueron tratadas con entomopatógenos, en 2021.



Figura 8. Muestras de larvas muertas de mosca sierra recolectadas en áreas tratadas con entomopatógenos en la Sierra Norte de Oaxaca, preparadas para su análisis en laboratorio.

Una muestra de larvas muertas representativa de los sitios fue sometida a un análisis biológico, para aislar e identificar los entomopatógenos presentes en el cuerpo de las larvas. Para ello, las larvas fueron sometidas a un lavado en una solución de cloro para eliminar partículas y microorganismos no objetivo. Posteriormente se enjuagaron tres veces con agua destilada. Una vez secas, partes de las larvas o partículas fungosas presentes en el cuerpo fueron sembradas en medio de cultivo PDA (papa, dextrosa, agar) estéril, realizando el sembrado en cajas Petri dentro de una campana de flujo laminar Lumistell Tipo II, Clase A2, para evitar la contaminación de los cultivos (Figura 9). Posteriormente las cajas se colocaron en una incubadora Yamato a 24 °C, por al menos cuatro días para propiciar el crecimiento de los hongos.

Una vez obtenidas las primeras colonias de hongos, se seleccionaron aquellas cuya morfología coincidiera con los entomopatógenos de interés (*Beauveria bassiana* y *Metharizium anisopliae*) y mediante un proceso de resembrado se procedió a aislar y purificar las colonias bajo condiciones controladas (Figura 10).



Figura 9. Aislamiento de hongos entomopatógenos presentes en el cuerpo de las larvas muertas de *Zadiprion howdeni*, para constatar la presencia de los entomopatógenos aplicados durante el Programa Operativo contra Defoliadores Forestales 2021, en la Sierra Norte de Oaxaca.

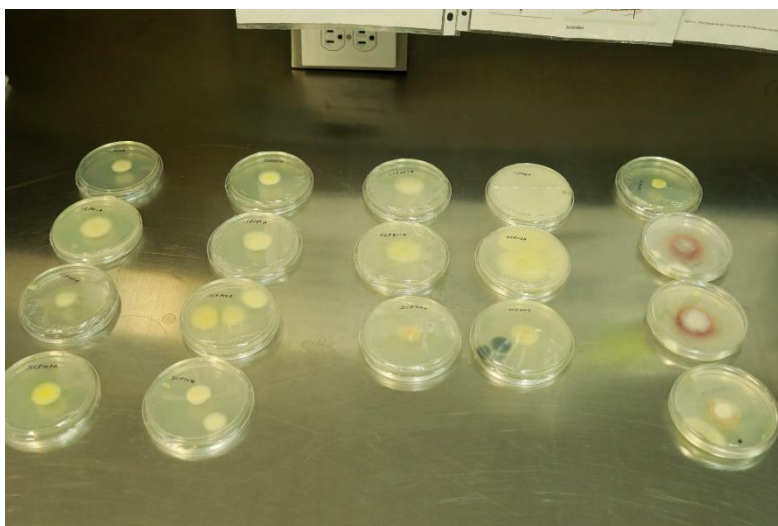


Figura 10. Proceso de selección, resembrado y purificación de colonias de hongos aisladas del cuerpo de larvas muertas de *Zadiprion howdeni*. Muestras de larvas procedentes de la Sierra Norte de Oaxaca tratadas con entomopatógenos.

Por otra parte, muestras de las larvas extraídas de capullos, con evidencia de infección por entomopatógenos, fue sometida también a un análisis biológico. La superficie de la larva, o una muestra de partículas fungosas, fue puesta en contacto en medio de cultivo PDA estéril en cajas Petri, para cultivar, aislar y purificar las

colonias de hongos presentes. Este procedimiento se llevó a cabo de la misma manera que el aislamiento y purificación de colonias de hongos de larvas (Figura 11)

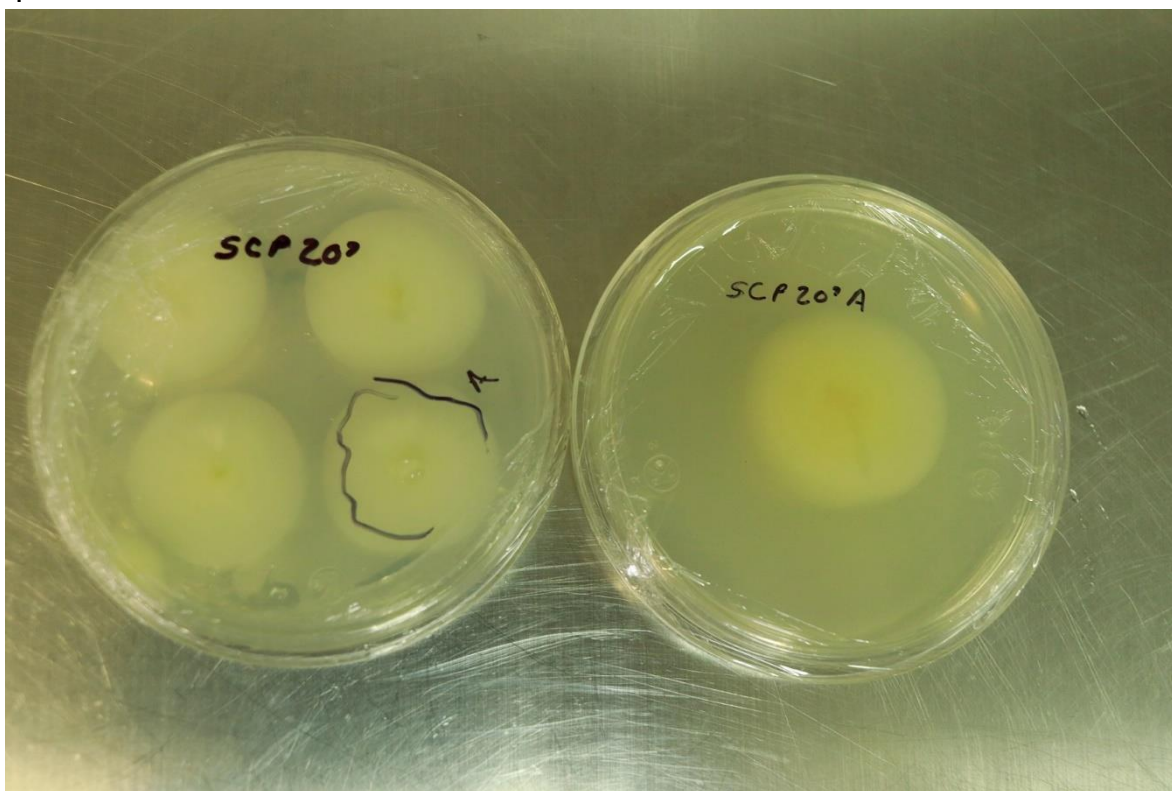


Figura 11. Ejemplo de aislamiento de entomopatógenos de larvas infectadas extraídas de los capullos de mosca sierra. SCP20 = Santa Catarina Ixtepeji, larva procedente de capullos, sitio 20, segunda y tercera resiembra.

RESULTADOS

Condición poblacional de *Zadiprion howdeni*

a) En parajes de Santa Catarina Ixtepeji

En términos generales se observó una abundancia moderada y baja de capullos de mosca sierra en los parajes de esta comunidad. Los lugares en que se presentó mayor abundancia fue en el transecto que abarcó los parajes Curva de Herlinda y Loma de Tobías y el que comprendió los parajes El Zacatón y El Catrín, con 42.8 y 20.1 capullos/m² respectivamente; sin embargo, de esos capullos, los que contuvieron larvas de moscas sierra sanas fueron en promedio solo 10 y 6.2/m² respectivamente. En estos sitios fue notable la presencia tanto de enemigos naturales como de entomopatógenos, que en conjunto afectan a más del 60% de la población de larvas, por lo que con base en estos resultados se estima que la población de adultos de mosca sierra para el año 2022 sea baja, con daños menores a los causados en 2021. Por otra parte, en el paraje Loma Grande se encontró que, aunque el promedio de capullos en general fue de solo 12.6/m², la mayoría de ellos contuvo larvas sanas de mosca sierra (10/m²) y una afectación mínima por enemigos naturales y entomopatógenos (Figura 12); por lo tanto, en este paraje se estima que la población de mosca sierra adulta en 2022 sea moderada, con daños posiblemente iguales a los observados en 2021.

La abundancia de capullos de mosca sierra en los parajes Loma de Lilexy, El Paredón, El Libramiento y La Cooperativa fue relativamente baja, de entre 6 a 14.6 capullos/m², y con solo 1.5 a 5 larvas de mosca sierra sanas/m². En contraste, en estos parajes fue notable la incidencia de entomopatógenos (especialmente en Loma de Lilexy, El Paredón y El Libramiento) y de enemigos naturales (especialmente en La Cooperativa) que afectaron significativamente a la mosca sierra (Figura 12). Estos resultados sugieren que en estos tres parajes, la población de moscas sierra en 2022 será baja y los daños serán menores a los observados en 2021.

b) En parajes de Nuevo Zoquiapam

En el transecto correspondiente a los bosques de Nuevo Zoquiapam, que abarcó los parajes de La Cucharilla y El Yoyouto, se encontró una población incipiente de capullos de mosca sierra, con apenas 1 capullo/m², y menos de una larva de mosca sierra sana/m², lo cual indica que la población de moscas sierra esperada para 2022 es mínima, en nivel endémico. Esta escasez de capullos impidió la detección de entomopatógenos en este estado del insecto; sin embargo, fue constatada la afectación por enemigos naturales (Figura 13).

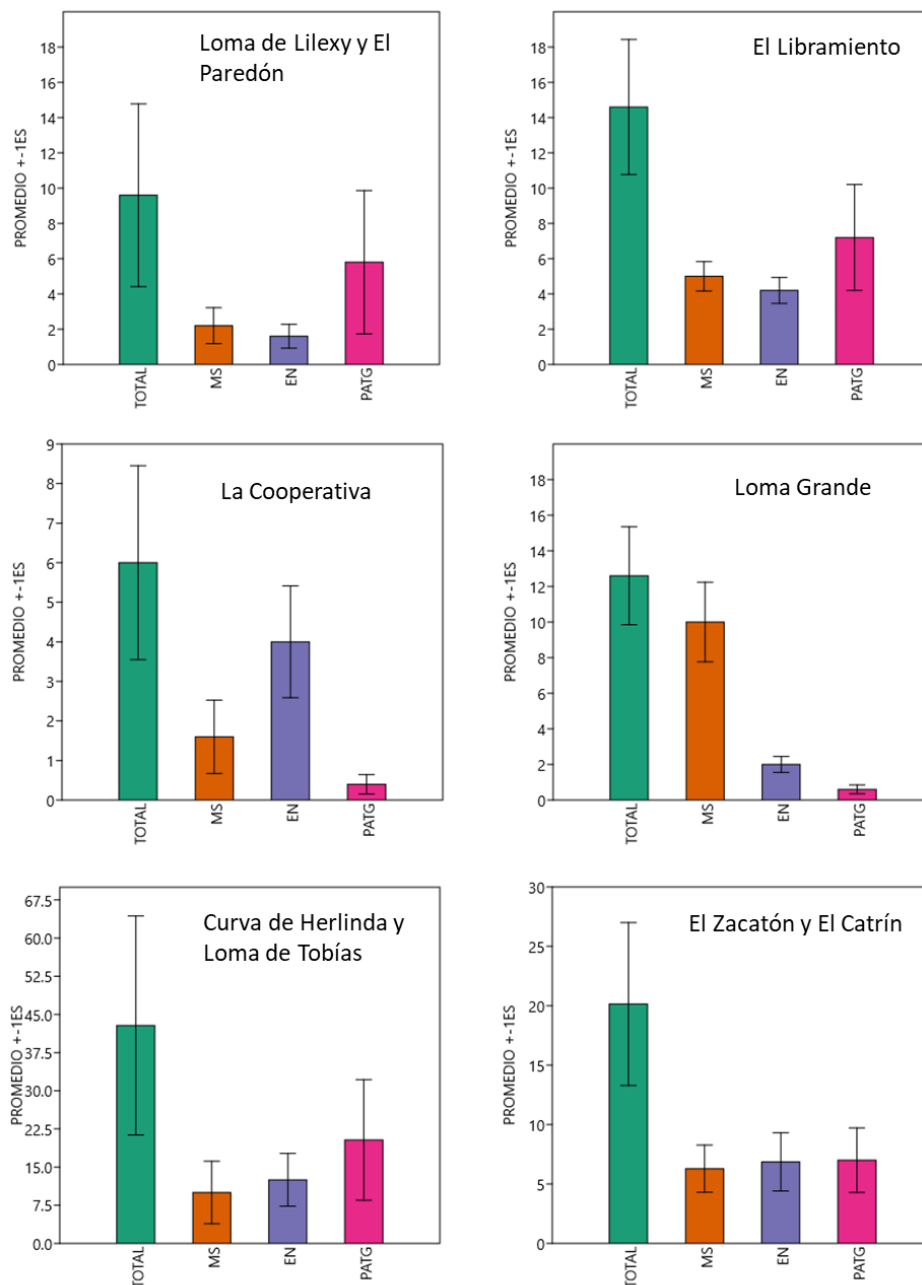


Figura 12. Abundancia de capullos de *Zadiprion howdeni* y la condición sanitaria del contenido interno observada a través de la disección del capullo. Parajes de Santa Catarina Ixtepeji. TOTAL = capullos sin distinción del contenido interno; MS = capullos con larvas de mosca sierra sana; EN = larvas de mosca sierra dañadas por enemigos naturales; PATG = capullos con larvas de mosca sierra infectadas por entomopatógenos.

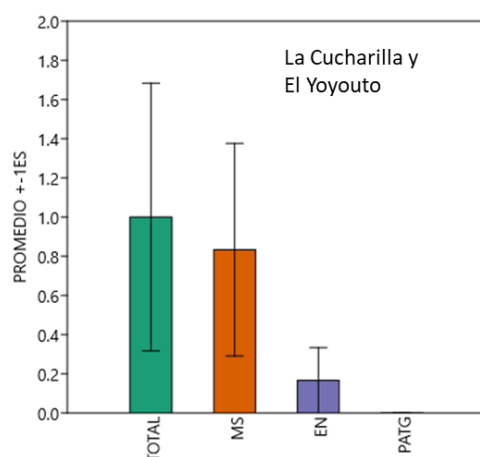


Figura 13. Abundancia de capullos de *Zadiprion howdeni* y la condición sanitaria del contenido interno observada a través de la disección del capullo. Parajes de Nuevo Zoquiapam. TOTAL = capullos sin distinción del contenido interno; MS = capullos con larvas de mosca sierra sana; EN = larvas de mosca sierra dañadas por enemigos naturales; PATG = capullos con larvas de mosca sierra infectadas por entomopatógenos.

c) En parajes de Pueblos Mancomunados

Se encontró una población baja de capullos de mosca sierra, con 3.4 y 8.8/ capullos/m², y apenas 0.6 y 2.2 larvas de mosca sierra sanas/m² en los parajes El Zacatón y El Espinal respectivamente. También en estos parajes se comprobó la incidencia de los entomopatógenos y enemigos naturales afectando en más de 60% a las larvas de la mosca sierra (Figura 14), por ello se estima una baja población de moscas sierra adultas en 2022.

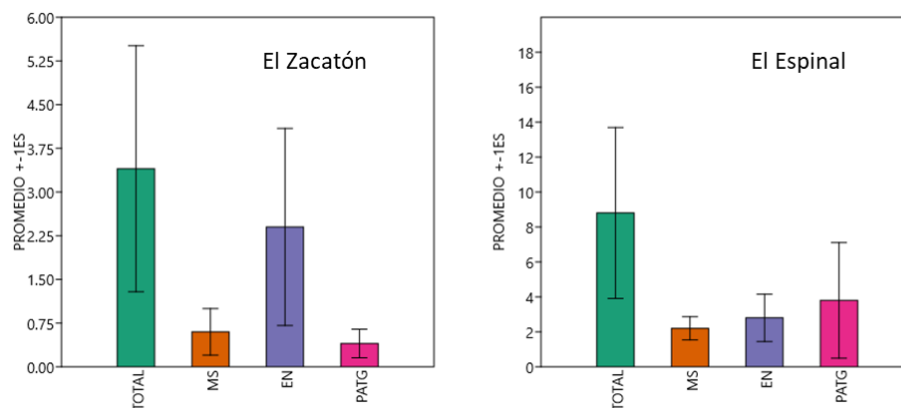


Figura 14. Abundancia de capullos de *Zadiprion howdeni* y la condición sanitaria del contenido interno observada a través de la disección del capullo. Parajes de Pueblos Mancomunados. TOTAL = capullos sin distinción del contenido interno; MS = capullos con larvas de mosca sierra sana; EN = larvas de mosca sierra dañadas por enemigos naturales; PATG = capullos con larvas de mosca sierra infectadas por entomopatógenos.

d) En parajes de San Andrés Yatuni y San Pedro Nexicho

Los parajes muestreados en estas comunidades presentaron una población incipiente de capullos de mosca sierra, con menos de 1 capullo/m² y por lo tanto menos de 1 larva sana de mosca sierra/m². Se constató también la afectación por enemigos naturales para el caso de San Andrés Yatuni y de entomopatógenos para el caso de San Pedro Nexicho (Figura 15). Estos resultados indican que la población de moscas sierra ha llegado a un nivel endémico y se estima que no ocasionarán daño en 2022.

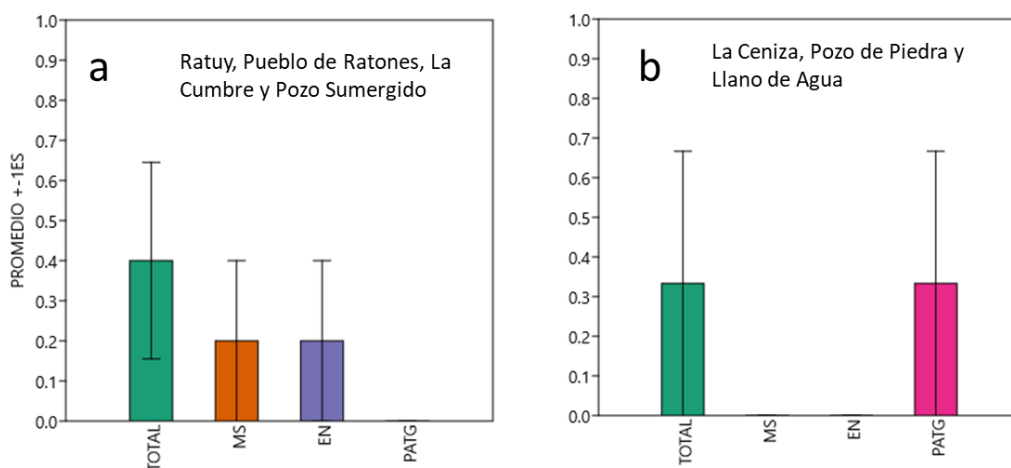


Figura 15. Abundancia de capullos de *Zadiprion howdeni* y la condición sanitaria del contenido interno observada a través de la disección del capullo. Parajes de San Andrés Yatuni (a) y San Pedro Nexicho (b). TOTAL = capullos sin distinción del contenido interno; MS = capullos con larvas de mosca sierra sana; EN = larvas de mosca sierra dañadas por enemigos naturales; PATG = capullos con larvas de mosca sierra infectadas por entomopatógenos.

e) En parajes de Santiago Comaltepec e Ixtlán de Juárez

No se encontraron capullos recientes de *Zadiprion* en ninguno de los sitios de muestreo, de manera que la situación poblacional se clasifica como ausente y no se espera observar daños por este insecto en 2022.

f) En parajes de Santiago Nexicho

Solo se encontró un capullo reciente, del total de los tres sitios muestreados, que además estuvo afectado por entomopatógenos.

Comparación de la población 2021 vs población 2022

Los análisis estadísticos a través de la Prueba de Rangos con Signo de Wilcoxon muestran que para las áreas más afectadas en 2021, que fueron los parajes de Santa Catarina Ixtepeji y Pueblos Mancomunados, la población de capullos y de larvas sanas disminuyó significativamente en 2022. Los valores de esta prueba fueron $W = 149$, $z = 2.78$, $p = 0.005$ y $W = 180$, $z = 2.64$, $p = 0.008$ para capullos y larvas vivas, respectivamente, en Santa Catarina Ixtepeji; mientras que estos valores fueron $W = 45$, $z = 2.66$, $p = 0.007$ y $W = 53$, $z = 2.60$, $p = 0.009$ para capullos y larvas vivas en Pueblos Mancomunados.

Como puede observarse en la Figura 16, en Santa Catarina Ixtepeji el número de capullos recientes fue de 28.87m^2 en 2021, mientras que este promedio fue de apenas $10.7/\text{m}^2$ en 2022. Así mismo, mientras que el promedio de larvas sanas dentro de los capullos fue en promedio de $8.0/\text{m}^2$ en 2021, este fue 4.7 larvas vivas/ m^2 en 2022.

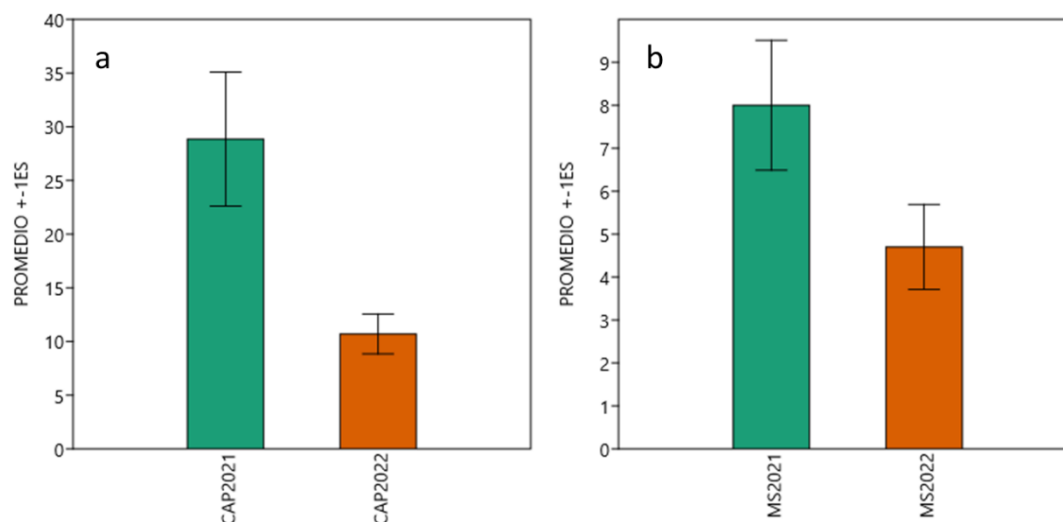


Figura 16. Comparación de la abundancia de capullos recientes/ m^2 (a) y de larvas sanas de mosca sierra en el interior de los capullos (b) en los años 2021 y 2022, en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca. CAP = Capullos, MS = Mosca sierra.

La disminución de la población de moscas sierra fue en mayor medida en Pueblos mancomunados, pues el promedio de capullos recientes disminuyó de $34.0/\text{m}^2$ en 2021 a $6.1/\text{m}^2$ en 2022; mientras que, el promedio de larvas de mosca sierra sanas dentro de esos capullos disminuyó de $11.9/\text{m}^2$ en 2021 a solo $1.4/\text{m}^2$ en 2022, llegando a ser una población incipiente (Figura 17).

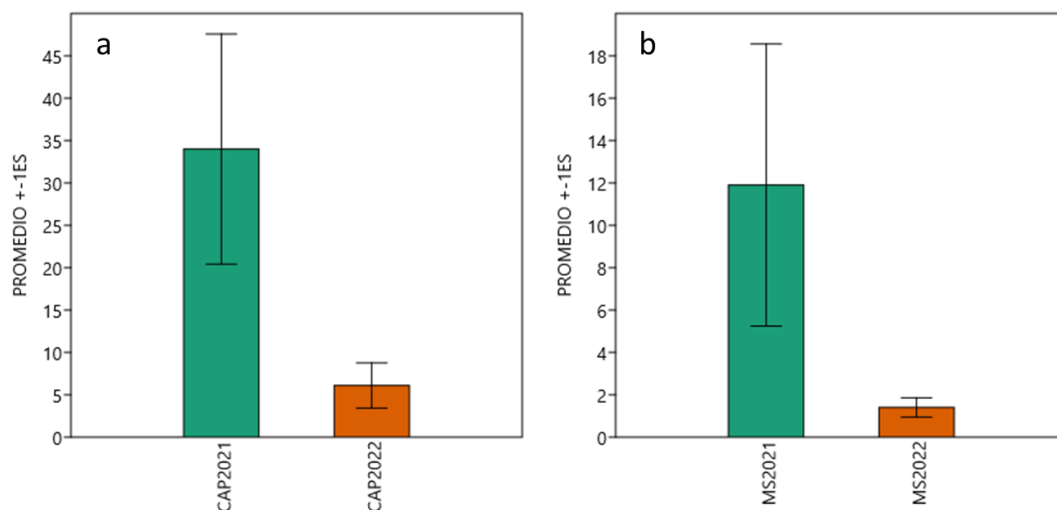


Figura 17. Comparación de la abundancia de capullos recientes/m² (a) y de larvas sanas de mosca sierra en el interior de los capullos (b) en los años 2021 y 2022, en Pueblos Mancomunados, Oaxaca. CAP = Capullos, MS = Mosca sierra.

Para el caso de Nuevo Zoquiapam, se observó una tendencia similar en cuanto a la disminución de la población de la mosca sierra, con diferencias significativas la abundancia de capullos recientes/m² ($W = 21$, $z = 2.20$, $p = 0.027$), y no significativas para larvas ($W = 13$, $z = 1.51$, $p = 0.13$); no obstante, puede observarse que la abundancia es mínima en ambos casos, con menos de 2 larvas/m² en 2022 (Figura 18).

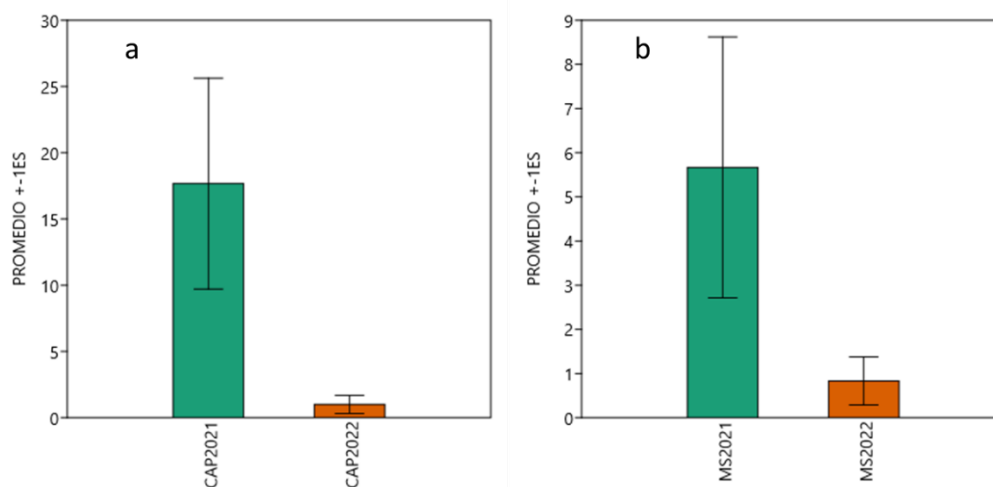


Figura 18. Comparación de la abundancia de capullos recientes/m² (a) y de larvas sanas de mosca sierra en el interior de los capullos (b) en los años 2021 y 2022, en Nuevo Zoquiapam, Oaxaca. CAP = Capullos, MS = Mosca sierra.

Referente al nivel poblacional de la mosca sierra en San Andrés Yatuni, en la evaluación anterior de 2021 ya se encontraba en niveles incipientes. Como puede observarse en la Figura 19, la población permanece incipiente en 2022, con menos de 1 capullo y menos de 1 larva de mosca sierra/m². Este resultado indica que no se espera ver daños por *Zadiprion howdeni* en San Andrés Yatuni en 2022.

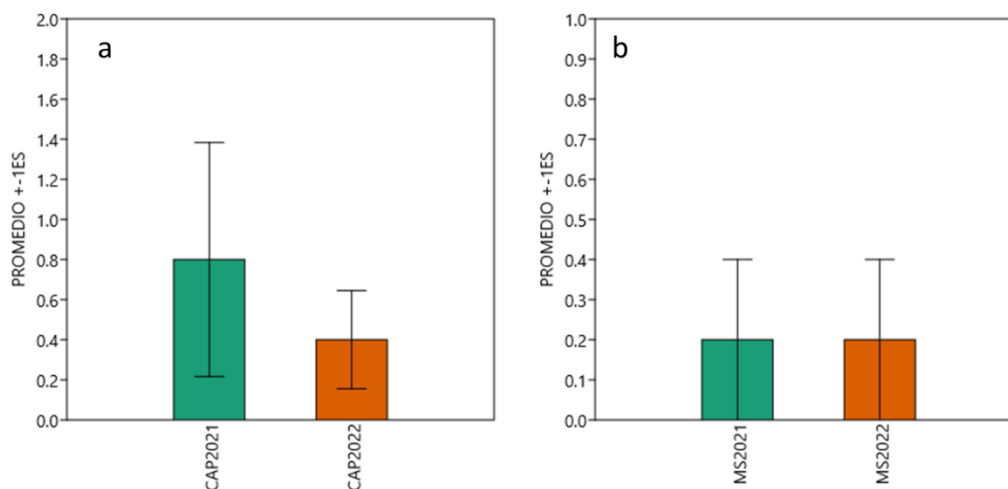


Figura 19. Comparación de la abundancia de capullos recientes/m² (a) y de larvas sanas de mosca sierra en el interior de los capullos (b) en los años 2021 y 2022, en San Andrés Yatuni, Oaxaca. CAP = Capullos, MS = Mosca sierra.

Finalmente, en los parajes muestreados en Ixtlán de Juárez y Santiago Comaltepec, como antes se mencionó, en 2022 ya no se encontraron capullos de mosca sierra por lo que se concluye que la población de *Zadiprion howdeni* es endémica y no se espera observar daños importantes en 2022 (Figuras 20 y 21).

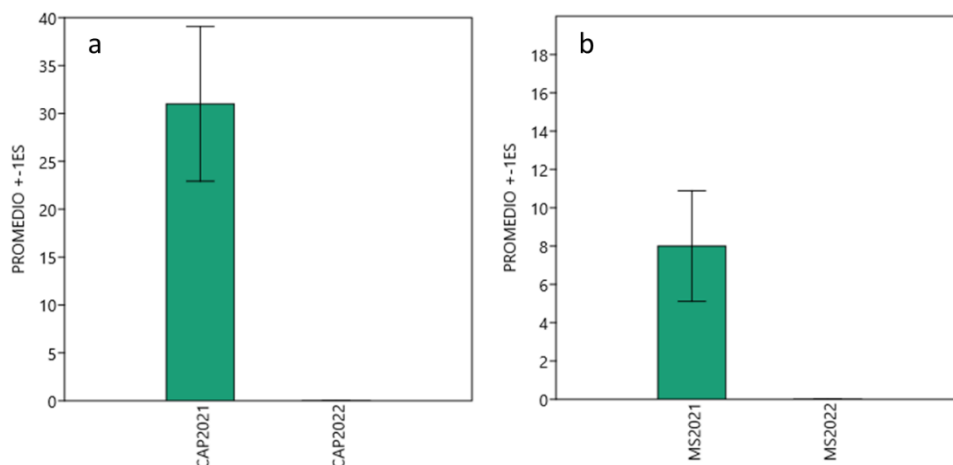


Figura 20. Comparación de la abundancia de capullos recientes/m² (a) y de larvas sanas de mosca sierra en el interior de los capullos (b) en los años 2021 y 2022, en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. CAP = Capullos, MS = Mosca sierra.

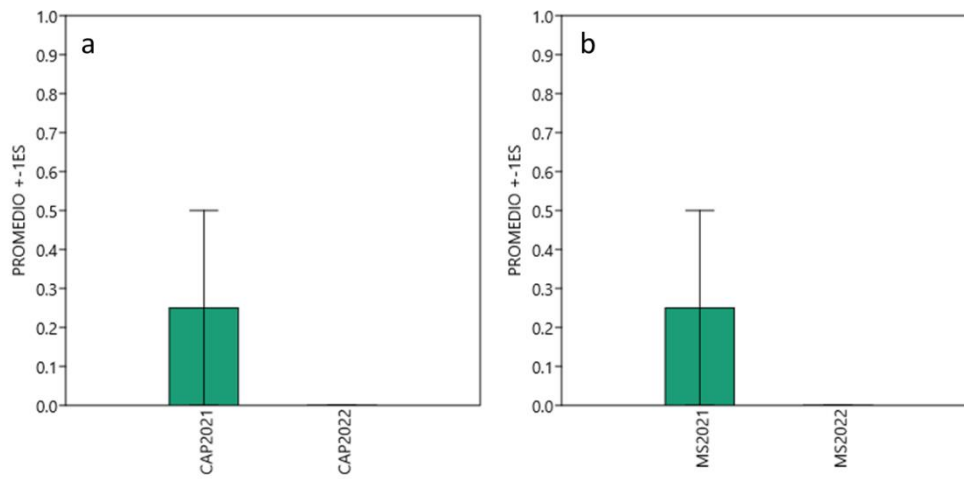


Figura 21. Comparación de la abundancia de capullos recientes/m² (a) y de larvas sanas de mosca sierra en el interior de los capullos (b) en los años 2021 y 2022, en Santiago Comaltepec, Oaxaca. CAP = Capullos, MS = Mosca sierra.

Efecto de los entomopatógenos aplicados en el Programa Operativo 2021

De las muestras de larvas muertas o moribundas recolectadas en la base del fuste de los árboles, sobre la corteza o sobre el follaje; así como, de las muestras de larvas muertas encontradas dentro de los capullos con síntoma de muerte por entomopatógenos se aisló exitosamente al hongo *Beauveria bassiana* (Figura 22) en diversos sitios de muestreo de los parajes de Santa Catarina Ixtepeji, Nuevo Zoquiapam y Pueblos Mancomunados (Tabla 3), mientras que la detección de este hongo fue menor o ausente en la mayoría de los parajes de San Andrés Yatuni, Ixtlán de Juárez y Santiago Comaltepec, por el hecho de que la población de capullos y larvas de mosca sierra fue incipiente o nula en la última generación de la mosca sierra. En ningún caso se encontraron especímenes muertos con síntomas de infección por *Metarhizium anisopliae*, ni apareció este entomopatógeno en los aislamientos y purificaciones hechas en laboratorio. Estos hallazgos permiten concluir que el producto biológico aplicado en el Programa Operativo contra Defoliadores 2021 como medida de combate fue efectivo y que, de los componentes, *Beauveria bassiana* fue el causante de la muerte de larvas de *Zadiprion*.



Figura 22. Ejemplo de colonias de *Beauveria bassiana* aisladas de larvas de *Zadiprion howdeni* en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca, sitio de muestreo 110. Los puntos negros en el centro de las colonias son pequeñas secciones de cuerpo de larvas previamente desinfectadas para la eliminación de bacterias.

CUADRO 3. RESULTADOS DEL AISLAMIENTO DE ENTOMOPATÓGENOS (*Beauveria bassiana*) A PARTIR DE LARVAS MUERTAS Y DE CAPULLOS RECOLECTADOS EN LA SIERRA NORTE DE OAXACA EN EL PERIODO DICIEMBRE DE 2021 A ABRIL DE 2022.

TRANSECTO	SITIO	COMUNIDAD	PARAJE	EN LARVA	EN CAPULLO
1	1'	S. Catarina	Loma de Lilexy	+	+
	2'	S. Catarina	Loma de Lilexy	+	+
	3'	S. Catarina	Loma de Lilexy	–	–
	4'	S. Catarina	El Paredón	–	–
	5'	S. Catarina	El Paredón	–	+
2	16'	S. Catarina	El Libramiento	+	–
	17'	S. Catarina	El Libramiento	–	–
	18'	S. Catarina	El Libramiento	–	+
	19'	S. Catarina	El Libramiento	SL	–
	20'	S. Catarina	El Libramiento	+	+
3	21'	S. Catarina	La Cooperativa	–	SC
	22'	S. Catarina	La Cooperativa	–	SC
	23'	S. Catarina	La Cooperativa	SL	+
	24'	S. Catarina	La Cooperativa	SL	+
	25'	S. Catarina	La Cooperativa	SL	SC
4	41'	S. Catarina	Loma Grande	+	SC
	42'	S. Catarina	Loma Grande	SL	+
	43'	S. Catarina	Loma Grande	+	SC
	44'	S. Catarina	Loma Grande	SL	–
	45'	S. Catarina	Loma Grande	–	+
5	103	S. Catarina	Curva de Herlinda	–	–
	104	S. Catarina	Loma de Tobías	–	+
	105	S. Catarina	Loma de Tobías	+	+
	106	S. Catarina	Loma de Tobías	+	–
	107	S. Catarina	Loma de Tobías	–	+
	108	S. Catarina	Loma de Tobías	+	+
6	109	S. Catarina	El Zacatón	+	+
	110	S. Catarina	El Zacatón	+	SC
	111	S. Catarina	El Zacatón	–	–
	112	S. Catarina	El Zacatón	–	+
	113	S. Catarina	El Zacatón	–	–
	114	S. Catarina	El Catrín	–	+
	115	S. Catarina	El Catrín	+	–
7	72'	N. Zoquiapam	La Cucharilla	–	–
	73'	N. Zoquiapam	Yoyouto	–	+
	74'	N. Zoquiapam	Yoyouto	–	–
	75'	N. Zoquiapam	La Cucharilla	–	–
	76'	N. Zoquiapam	La Cucharilla	–	–
	77'	N. Zoquiapam	La Cucharilla	+	+
	51'	P. mancomunados	El Zacatón	SL	SC

TRANSECTO	SITIO	COMUNIDAD	PARAJE	EN LARVA	EN CAPULLO
8	52'	P. mancomunados	El Zacatón	+	+
	53'	P. mancomunados	El Zacatón	SL	SC
	54'	P. mancomunados	El Zacatón	+	+
	55'	P. mancomunados	El Zacatón	+	SC
9	61'	P. mancomunados	El Espinal	+	+
	62'	P. mancomunados	El Espinal	–	+
	63'	P. mancomunados	El Espinal	–	–
	64'	P. mancomunados	El Espinal	–	SC
	65'	P. mancomunados	El Espinal	SL	SC
10	66'	S. Andrés Yatuni	Ratuny o Chyapyla	–	–
	67'	S. Andrés Yatuni	Pueblo de Ratones	SL	SC
	68'	S. Andrés Yatuni	La Cumbre	SL	SC
	69'	S. Andrés Yatuni	Pozo sumergido	SL	SC
	70'	S. Andrés Yatuni	Pozo sumergido	SL	SC
11	93'	Stgo. Comaltepec	Las Cercadas	–	SC
	94'	Stgo. Comaltepec	Las Cercadas	SL	SC
	95'	Stgo. Comaltepec	La Torre	SL	SC
	96'	Stgo. Comaltepec	Debajo De La Torre	–	SC
12	98'	Ixtlán de Juárez	Brecha 1100	–	SC
	101'	Ixtlán de Juárez	Brecha 1100	SL	SC
	102'	Ixtlán de Juárez	Brecha 1100	Indefinido	+
13	116	S. Pedro Nexicho	La ceniza	SL	SC
	117	S. Pedro Nexicho	Pozo de Piedra	–	SC
	118	S. Pedro Nexicho	Llano de Agua	+	SC

SIMBOLOGÍA:

SL = SIN LARVA; SC = SIN CAPULLO; + = POSITIVO A *Beauveria bassiana*; – = NEGATIVO A *Beauveria bassiana*.

Condición de copa del arbolado

El Cuadro 4 muestra los datos de condición de copa obtenidos dentro de los sitios de muestreo. Se encontró que la defoliación fue de moderada a alta en la mayoría de los sitios de Santa Catarina Ixtepeji. Por ejemplo, la categoría superior a 70 indica una transparencia de copa alta, sobre todo a causa de la pérdida de follaje por la mosca sierra, mientras que los valores menores de 70 indican una transparencia alta a moderada. Fuera de los sitios de muestreo se observaron casos de defoliación cercana a la categoría 99 que representa una pérdida de follaje severa causada por *Zadiprion howdeni* o *Zadiprion* spp en 2021, observándose abundante cantidad de excremento de larvas sobre el suelo. En esos casos la defoliación y la causa fue detectable a primera vista (Figura 23). No obstante, fue en estos sitios de alta defoliación donde también se observó una alta mortalidad de larvas después de la aplicación del tratamiento biológico (Figura 24), de manera que se concluye que, el tratamiento de combate fue efectivo y, como pudo comprobarse en el presente estudio, la muerte fue causada por el entomopatógeno *Beauveria bassiana*.



Figura 24. Grupos de árboles con defoliación severa en un patrón de manchones, en los parajes Loma de Lilexy y El Paredón, Santa Catarina Ixtepeji, diciembre de 2021.



Figura 24. Larvas de *Zadiprion* muertas (fotografía superior) y moribundas (fotografía inferior) en la base del fuste de árboles altamente defoliados, días después de la aplicación de producto biológico BMSil en Loma de Lilexy, Santa Catarina Ixtepeji. Noviembre de 2021.

En el caso de los sitios muestreados en Nuevo Zoquiapam, los valores de categoría de copa reflejan una transparencia intermedia. No obstante, de acuerdo con las observaciones directas, esta transparencia se debe al resultado de defoliaciones en el año 2020 y/o anteriores, pues la defoliación por moscas sierra correspondiente al año 2021 fue ligera, apenas apreciable, y en algunos casos imperceptible (Figura 25). Esto coincide con la incipiente abundancia de capullos recientes y larvas de mosca sierra encontradas en estos sitios (Figuras 13 y 18) y la poca abundancia de larvas muertas observadas en la base de los árboles. Solo en el sitio 77" la defoliación fue ligeramente mayor; sin embargo, en comparación con lo observado en Santa Catarina Ixtepeji, esta defoliación es imperceptible a primera vista.



Figura 8. Pinos con defoliación inapreciable en los parajes muestreados (Yoyouto y La Cucharilla) en Nuevo Zoquiapam, diciembre de 2021.

En los parajes de Pueblos Mancomunados se encontró una condición de transparencia de copa de moderada a alta, con categorías de defoliación desde 40 hasta 85, pero predominaron las categorías de defoliación moderada de entre 55 a 65 (Cuadro 4), lo cual indica que la intensidad de la defoliación por mosca sierra fue menor en 2021 que en 2020.

Finalmente, en los parajes de San Andrés Yatuni, Ixtlán de Juárez y Santiago Comaltepec, también se encontraron categorías de transparencia de copa moderadas a ligeramente altas (Cuadro 4); sin embargo, esas categorías observadas se atribuyen a un proceso de recuperación del follaje de defoliaciones pasadas, puesto que no se observó defoliación reciente y los niveles de población del insecto fueron incipientes o nulos. La transparencia observada en el follaje se atribuye también a la pérdida natural del follaje de años anteriores para dar paso al nuevo crecimiento en 2022.

CUADRO 4. SITIOS DE MUESTREO DE *Zadiprion* CON ESTIMACIÓN DE LA CATEGORÍA DE DEFOLIACIÓN EN LA REGIÓN SIERRA NORTE DE OAXACA, DICIEMBRE 2021-ABRIL DE 2022.

TRAN- SECTO	SITIO No.	UBICACIÓN	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ALTITUD (m)	DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DEL SITIO	CATEGORÍA DE DEFOLIACION ICP-FIA (O a 100)
1	01'	Paraje. Loma de Lilexy, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°11'39.2" N 96°35'4.9" W	2503	Bosque de pino-encino, domina el <i>Pinus oaxacana</i> .	85
	02'	Paraje. Loma de Lilexy, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°11'32.8" N 96°35'4.6" W	2480	Bosque de pino-encino.	50
	03'	Paraje. Loma de Lilexy, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°11'25.7" N 96°35'04.2" W	2488	Rodal de <i>Pinus leiophylla</i> , con <i>Pinus oaxacana</i> , presencia de <i>Quercus</i> spp. y madroños.	45-55
	04'	Paraje. El Paredón, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°11'18.9" N 96°35'5.6" W	2395	Bosque de pino-encino	65
	05'	Paraje. El Paredón, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de	17°11'12.4" N 96°35'5.3" W	2406	Bosque de pino-encino	N/A

TRAN- SECTO	SITIO No.	UBICACIÓN	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ALTITUD (m)	DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DEL SITIO	CATEGORÍA DE DEFOLIACION ICP-FIA (O a 100)
		Ixtlán de Juárez, Oaxaca				
2	16'	Paraje. El Libramiento, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°11'00.3" N 96°34'22.8" W	2426	Rodal de pinos	70-85
	17'	Paraje. El Libramiento, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°11'0.67" N 96°34'23" W	2377	Rodal de encino- pino	45
	18'	Paraje. El Libramiento, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°10'52.7" N 96°34'22.7" W	2495	Rodal de encino- pino	70-75
	19'	Paraje. El Libramiento, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°10'45.4" N 96°34'25.3" W	2534	Rodal de pino, predomina el <i>Pinus michoacana</i>	60-70
	20'	Paraje. El Libramiento, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°10'38.3" N 96°34'25.7" W	2580	Rodal de pinos	55-75
3	21'	Paraje. La Cooperativa, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°07'52" N 96°33'07.3" W	2636	Rodal de pino.	60-65
	22'	Paraje. La Cooperativa, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°07'56.4" N 96°33'13.3" W	2582	Rodal de pino, presencia de <i>Abies</i> sp.	60
	23'	Paraje. La Cooperativa, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°07'55.0" N 96°33'20.4" W	2504	Rodal de pino.	60

TRAN- SECTO	SITIO No.	UBICACIÓN	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ALTITUD (m)	DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DEL SITIO	CATEGORÍA DE DEFOLIACION ICP-FIA (O a 100)
	24'	Paraje. La Cooperativa, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°07'49.8" N 96°33'25.7" W	2511	Bosque de encino pino, predomina el <i>Pinus oaxacana</i> , con presencia de <i>Pinus teocote</i> .	55-60
	25'	Paraje. La Cooperativa, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°07'53.5" N 96°33'29.8" W	2561	Bosque de pino.	65
4	41'	Paraje. Loma Grande, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°12'12" N 96°35'15.8" W	2457	Rodal de pino- encino	N/A
	42'	Paraje. Loma Grande, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°12'12.9" N 96°35'10.1" W	2379	Rodal de <i>Pinus oaxacana</i> .	55-80
	43'	Paraje. Loma Grande, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°12'10.5" N 96°35'13.8" W	2350	Rodal de pino, predomina <i>Pinus oaxacana</i>	50-95
	44'	Paraje. Loma Grande, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°12'11.4" N 96°35'22.8" W	2500	Rodal de pino- encino.	45
	45'	Paraje. Loma Grande, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°12'9.2" N 96°35'29.3" W	2547	Rodal de pino, predomina <i>Pinus oaxacana</i>	45-60
5	103	Paraje. Curva de Herlinda, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°09'56.5" N 96°34'13.5" W	2528	Rodal de pino, predomina el <i>Pinus oaxacana</i> .	60-85
	104	Paraje. Loma de Tobías, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°09'56.1" N 96°34'20.2" W	2548	Rodal de <i>Pinus oaxacana</i> con presencia de <i>P. leiophylla</i> .	65

TRAN-SECTO	SITIO No.	UBICACIÓN	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ALTITUD (m)	DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DEL SITIO	CATEGORÍA DE DEFOLIACION ICP-FIA (O a 100)
	105	Paraje. Loma de Tobías, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°09'55.6" N 96°34'27.5" W	2613	Bosque de encino-pino.	75
	106	Paraje. Loma de Tobías, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°09'56.4" N 96°34'34.2" W	2649	Bosque de encino con presencia de madroños y escasa presencia de <i>Pinus oaxacana</i> .	65
	107	Paraje. Loma de Tobías, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°09'56.3" N 96°34'41.4" W	2661	Rodal de encino-pino.	60-80
	108	Paraje. Loma de Tobías, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°09'56.3" N 96°34'48.0" W	2724	Rodal de encino-pino. <i>Pinus oaxacana</i> .	55
6	109	Paraje. El Zacatón, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°09'36.8" N 96°34'24.1" W	2438	Bosque de <i>Pinus oaxacana</i>	65-70
	110	Paraje. El Zacatón, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°09'37.2" N 96°34'17.1" W	2441	Rodal de encino-pino.	80-95
	111	Paraje. El Zacatón (Terreno de Lencho), Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°09'27.9" N 96°34'13.1" W	2409	Rodal de pino, predomina el <i>Pinus oaxacana</i> .	55-95
	112	Paraje. El Zacatón, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°09'21.9" N 96°34'11.8" W	2432	Bosque de pino-encino.	N/A
	113	Paraje. El Zacatón, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de	17°09'15.0" N 96°34'10.0" W	2503	Bosque de pino-encino.	65-85

TRAN- SECTO	SITIO No.	UBICACIÓN	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ALTITUD (m)	DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DEL SITIO	CATEGORÍA DE DEFOLIACION ICP-FIA (O a 100)
		Ixtlán de Juárez, Oaxaca				
	114	Paraje. El Catrín, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°09'10.8" N 96°34'4.4" W	2539	Bosque de pino- encino.	60-80
	115	Paraje. El Catrín, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°09'5.4" N 96°34'0.7" W	2578	Bosque de <i>Pinus oaxacana</i> .	50
7	72'	Paraje. La Cucharilla, Nuevo Zoquiapam, Nuevo Zoquiapam, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°14'38.8" N 96°38'22.5" W	2637	Rodal de pino- encino, domina <i>Pinus oakacana</i>	35-70
	73'	Paraje. Yoyouto, Nuevo Zoquiapam, Nuevo Zoquiapam, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°14'45.3" N 96°38'23.4" W	2587	Rodal de pino- encino, el <i>Pinus oaxacana</i> la especie única de pino.	45
	74'	Paraje. Yoyouto, Nuevo Zoquiapam, Nuevo Zoquiapam, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°14'51.8" N 96°38'24.2" W	2486	Rodal bosque de pino-encino	40-55
	75'	Paraje. La Cucharilla, Nuevo Zoquiapam, Nuevo Zoquiapam, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°14'41.6" N 96°38'31.4" W	2665	Rodal de pino	45-60
	76'	Paraje. La Cucharilla, Nuevo Zoquiapam, Nuevo Zoquiapam, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°14'31.9" N 96°38'25.2" W	2581	Rodal de pino- encino, domina el pino.	40-55
	77'	Paraje. La Cucharilla, Nuevo Zoquiapam, Nuevo Zoquiapam, Distrito	17°14'27.6" N 96°38'17.6" W	2553	Rodal de pino – encino, presencia de <i>Pinus oakacana</i> y <i>P. leiophylla</i>	40-65

TRAN- SECTO	SITIO No.	UBICACIÓN	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ALTITUD (m)	DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DEL SITIO	CATEGORÍA DE DEFOLIACION ICP-FIA (O a 100)
		de Ixtlán de Juárez, Oaxaca				
8	51'	Paraje El Zacatón, Pueblos Mancomunados, Santa Catarina Lachataou, Oaxaca.	17°13'3.2" N 96°29'49.2" W	2601	Bosque de encino- pino, domina <i>Pinus oaxacana</i>	N/A
	52'	Paraje El Zacatón, Pueblos Mancomunados, Santa Catarina Lachataou, Oaxaca.	17°12'57.5" N 96°29'52.1" W	2627	Bosque de encino- pino, domina el <i>Pinus</i> <i>oaxacana</i> con presencia de <i>Pinus patula</i> .	50-85
	53'	Paraje El Zacatón, Pueblos Mancomunados, Santa Catarina Lachataou, Oaxaca.	17°12'51.2" N 96°29'51.7" W	2630	Bosque de pino- encino	45-65
	54'	Paraje El Zacatón, Pueblos Mancomunados, Santa Catarina Lachataou, Oaxaca.	17°12'44.1" N 96°29'47.1" W	2580	Bosque de encino- pino, domina el <i>Pinus</i> <i>oaxacana</i> con presencia de <i>Pinus patula</i> .	55-75
	55'	Paraje El Zacatón, Pueblos Mancomunados, Santa Catarina Lachataou, Oaxaca.	17°12'32.9" N 96°29'45.9" W	2626	Bosque de pino- encino	55
9	61'	Paraje. El Espinal, Pueblos Mancomunados, Santa Catarina Lachataou, Oaxaca.	17°15'2.4" N 96°27'49.6" W	2538	Rodal de pino- encino	55-70
	62'	Paraje. El Espinal, Pueblos Mancomunados, Santa Catarina Lachataou, Oaxaca.	17°15'2.4" N 96°27'41.7" W	2521	Rodal de pino- encino, predomina los pinos <i>oaxacana</i> .	N/A
	63'	Paraje. El Espinal, Pueblos Mancomunados, Santa Catarina Lachataou, Oaxaca.	17°15'1.9" N 96°27'34.0" W	2572	Rodal de pino- encino, predomina los pinos <i>oaxacana</i> .	55-65

TRAN- SECTO	SITIO No.	UBICACIÓN	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ALTITUD (m)	DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DEL SITIO	CATEGORÍA DE DEFOLIACION ICP-FIA (O a 100)
	64'	Paraje. El Espinal, Pueblos Mancomunados, Santa Catarina Lachataou, Oaxaca.	17°15'1.1" N 96°27'26.1" W	2581	Rodal de pino- encino, predomina los pinos <i>oaxacana</i> .	50-60
	65'	Paraje. El Espinal, Pueblos Mancomunados, Santa Catarina Lachataou, Oaxaca.	17°15'2.02" N 96°27'19.5" W	2538	Bosque de encino- pino, domina el pino <i>oaxacana</i> con presencia de <i>leioiphylla</i> y <i>teocote</i> .	60-65
10	66'	Paraje. Ratuny o Chyapyla, San Andrés Yatuni, Santiago Xiarví, Oaxaca.	17°15'13.4" N 96°23'53.5" W	2421	Bosque de encino- pino, domina el <i>Pinus</i> <i>oaxacana</i> con presencia de <i>Pinus</i> <i>patula</i> .	55-70
	67'	Paraje. Pueblo de Ratones, San Andrés Yatuni, Santiago Xiarví, Oaxaca.	17°14'29.6" N 96°24'23.2" W	2455	Bosque de encino- pino, domina el <i>Pinus</i> <i>oaxacana</i> con presencia de <i>Pinus</i> <i>patula</i> .	55-65
	68'	Paraje. La Cumbre, San Andrés Yatuni, Santiago Xiarví, Oaxaca.	17°14'34.7" N 96°24'30.0" W	2432	Bosque de encino- pino, domina <i>Pinus</i> <i>oaxacana</i>	55-75
	69'	Paraje. Pozo sumergido, San Andrés Yatuni, Santiago Xiarví, Oaxaca.	17°14'39.7" N 96°24'37.9" W	2449	Bosque de pino, domina <i>Pinus</i> <i>oaxacana</i> .	45-65
	70'	Paraje. Pozo sumergido, San Andrés Yatuni, Santiago Xiarví, Oaxaca.	17°14'50.5" N 96°24'41.1" W	2364	Bosque de pino, domina <i>Pinus</i> <i>oaxacana</i> .	50-65
11	93'	Paraje Las Cercadas Santiago Comaltepec, Oaxaca	17°34'20.3" N 96°28'37.7" W	2471	Bosque de Pino, predomina <i>Pinus</i> <i>patula</i> .	60-75
	94'	Paraje Las Cercadas, Santiago Comaltepec, Oaxaca	17°34'23.1" N 96°28'32.2" W	2516	Bosque de Pino, predomina el <i>Pinus</i> <i>patula</i> , variedad <i>longipendunculada</i>	60-70
	95'	Paraje La Torre, Santiago Comaltepec, Oaxaca	17°34'31.5" N 96°28'16.8" W	2585	Bosque de pino- encino.	60-75

TRAN-SECTO	SITIO No.	UBICACIÓN	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ALTITUD (m)	DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DEL SITIO	CATEGORÍA DE DEFOLIACION ICP-FIA (O a 100)
	96'	Paraje. Debajo De La Torre, Santiago Comaltepec, Oaxaca	17°34'44.9" N 96°28'9.3" W	2566	Bosque de <i>Pinus oaxacana</i>	55-75
12	98'	Paraje Brecha 1100, Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°21'9.2" N 96°30'42.4" W	2535	Bosque de pino-encino.	70-75
	101'	Paraje Brecha 1100, Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°21'10.9" N 96°30'39.6" W	2407	Bosque de pino	60-85
	102'	Paraje Brecha 1100, Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°21'13.9" N 96°30'39.7" W	2405	Bosque de pino-encino.	65
13	116	Paraje. La ceniza, San Pedro Nexicho, Oaxaca	17°15'52.4" N 96°35'59.6" W	2389	Bosque de pino-encino, predomina <i>Pinus oaxacana</i>	65-70
	117	Paraje. Pozo de Piedra, San Pedro Nexicho, Oaxaca	17°15'59.8" N 96°36'1.7" W	2430	Bosque de pino, predomina <i>Pinus oaxacana</i>	60-70
	118	Paraje. Llano de Agua, San Pedro Nexicho, Oaxaca	17°15'52.3" N 96°36'17.1" W	2368	Bosque de pino-encino, predomina <i>Pinus oaxacana</i>	70-75

N/A= No aplica debido a que los árboles que cayeron en el sitio fueron diferentes a especies de pino.

CONCLUSIONES

Se concluye de manera general que la población de *Zadiprion howdeni* en 2022 ha disminuido significativamente en comparación con la población de esta mosca sierra en 2021. Se concluye también que el tratamiento biológico aplicado en el Programa Operativo contra Defoliadores 2021 ha contribuido a bajar los niveles de población de esta mosca sierra en el área de estudio.

Si bien en algunos parajes de Santa Catarina Ixtepeji, se registraron sitios con defoliación alta causada por *Zadiprion howdeni* en 2021, la observación de alta mortalidad de larvas después del tratamiento con BMIsil y el aislamiento de *Beauveria bassiana* de ellas, indica que la aplicación del tratamiento biológico fue efectivo y contribuyó a la disminución de la población de la mosca sierra.

Las poblaciones de *Zadiprion howdeni* en los parajes tratados en Nuevo Zoquiapam y Pueblos Mancomunados es baja, considerando que se encuentra en un nivel endémico con poca probabilidad de causar daños en 2022.

La población de *Zadiprion howdeni* en San Andrés Yatuni es incipiente (nivel endémico), y no se espera observar daños en 2022.

Las poblaciones de *Zadiprion howdeni* en Ixtlán de Juárez, San Pedro Nexicho y Santiago Comaltepec, no representan ya un problema, pues no se encontraron ya capullos recientes de mosca sierra, de manera que no se espera observar daños en 2022.

RECOMENDACIONES

Para 2022, se recomienda monitorear de cerca la población de *Zadiprion howdeni* en los parajes de Santa Catarina Ixtepeji, en especial (y en orden de importancia) los parajes Loma Grande, Curva de Herlinda, Loma de Tobías, El Libramiento, El Zacatón y El Catrín. Estos parajes pueden requerir continuar con el tratamiento en 2022, si se observa una alta población de adultos, huevos y larvas (primeros estadios) durante la última semana de julio a segunda semana de agosto.

Se recomienda además monitorear la población en los parajes de Nuevo Zoquiapam y Pueblos Mancomunados; sin embargo, no se considera necesario continuar con los tratamientos en 2022, a menos que se constate una moderada a alta presencia de adultos, huevos o larvas en los primeros estadios durante la última semana de julio a la segunda semana de agosto.

Se recomienda dar por concluidos los tratamientos en los parajes de San Andrés Yatuni, Santiago Comaltepec, Ixtlán de Juárez y San Pedro Nexicho, donde la población de mosca sierra se encuentra ya en niveles endémicos con muy poca probabilidad de causar daños en 2022. También se recomienda continuar con los monitoreos para anticipar daños en años posteriores.

Con respecto a la fecha de aplicación de los tratamientos, se recomienda la primera aplicación aérea del producto biológico, durante la tercera y cuarta semana de septiembre. Una segunda aplicación puede hacerse a más tardar en la segunda semana de octubre, antes de que se cause una defoliación severa en las áreas con mayor incidencia del insecto.

AGRADECIMIENTOS

Este fue posible a través del contrato de servicios INIFAP-OIRSA, con fondos otorgados por SENASICA. Se agradece a estas instituciones por la aportación de los recursos para la protección de los bosques de la Sierra Norte de Oaxaca. También se tuvo el apoyo de la Comisión Nacional Forestal quien aportó información antecedente sobre el combate de moscas sierra en el área de estudio.

Por otra parte, se agradece el acompañamiento de los representantes de las comunidades que además apoyaron para que el muestreo fuera hecho dentro de los tiempos del proyecto. A continuación se nombran las comunidades y personas participantes:

Nuevo Zoquiapam

Ing. Keyla Beteta Santiago - Prestadora de Servicios Profesionales de Nuevo Zoquiapam.

C. Demetrio Pérez Vázquez - Presidente del Consejo de Vigilancia.

C. Filemón Pérez Beteta - Secretario del Consejo de Vigilancia.

Ing. Joaquín García Barrios. Profesional del Proyecto Operativo OIRSA.

Ing. Esmeralda Rodríguez Domínguez- Profesional del Proyecto Operativo OIRSA

Estudiante de Ing. Forestal Natalia Correa Martínez-por OIRSA

Biól. Benita García Santiago- Profesional del proyecto SIGI de OIRSA.

Santa Catarina Ixtepeji

C. Mario Guadalupe Gómez Juárez - Presidente del Comisariado.

C. Ángel Avendaño Ramírez - Secretario del Comisariado.

C. Rogelio Méndez Acevedo -Tesorero del Comisariado.

C. Salomón Juárez León - Presidente del Consejo de Vigilancia.

C. Efraín Santiago Méndez - Suplente del Consejo de Vigilancia.

Ixtlán de Juárez

Ing. Sergio Ruiz Soto. Prestador de Servicios Profesionales de Ixtlán de Juárez.

San Pedro Nexicho

C. Alfredo Hernández Hernández – Presidente del Comisariado.

C. Pedro Llescas León – Secretario del Comisariado

Santiago Comaltepec

C. Ismael Hernández López – Presidente del Comisariado

C. Alberto Luna Hernández – Secretario del Comisariado.

Ing. Adolfo Isidro López Hernández – Técnico de la Comunidad

Pueblos Mancomunados

C. Lorenzo Domingo González Hernández

San Andrés Yatuni

C. Martiniano Felipe Hernández Martínez – Presidente del Comisariado

C. Alejandro Jiménez Santiago – Secretario

C. Erasmo Jiménez Ramírez – Tesorero.

Personal técnico de apoyo de los responsables:

Biól. Rosalía Hernández Muñoz

Ing. Bertario Sánchez Rosales

B.T. Maribel Torres Niño.

LITERATURA CITADA

González G., E. y G. Sánchez M. 2018. Identificación y manejo de moscas sierra de la familia Diprionidae presentes en el centro norte de México. Folleto Técnico. Fondo Sectorial CONACYT-CONAFOR. 122 p. <https://cmicef.org/biblioteca-sanidad-forestal/>

International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests (ICP Forest). 2020. Manual on methods and criterion for harmonized sampling assessment, monitoring and analysis of the effect of air pollution on forests. Part IV Visual assessments of Crown conditions and damaging agents.

<https://storage.ning.com/topology/rest/1.0/file/get/8951950283?profile=original>

Schomaker, M. E., S.J, Zarnoch, W. A. Bechtold, D. J. Latelle, W. G. Burkman, and S. M. Cox. 2007. Crown-Condition Classification: A guide to data collection and analysis. 2007. USDA-Forest Service. Southern Research Station. General Technical Report SRS-102. 78 p. https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/gtr/gtr_srs102.pdf

ANEXO1.

SITIOS DE MUESTREO DE *Zadiprion spp.* Y DE LA VEGETACIÓN EN LA SIERRA NORTE DE OAXACA, CON DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO RECIBIDO EN EL PROGRAMA OPERATIVO CONTRA INSECTOS DEFOLIADORES 2021

TRAN-SECTO	SITIO No.	UBICACIÓN	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ALTITUD (m)	TRATAMIENTO
1	01'	Paraje. Loma de Lilexy, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°11'39.2" N 96°35'4.9" W	2503	Doble aspersión aérea + terrestre
	02'	Paraje. Loma de Lilexy, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°11'32.8" N 96°35'4.6" W	2480	Doble aspersión aérea + terrestre
	03'	Paraje. Loma de Lilexy, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°11'25.7" N 96°35'04.2" W	2488	Doble aspersión aérea + terrestre
	04'	Paraje. El Paredón, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°11'18.9" N 96°35'5.6" W	2395	Doble aspersión aérea + terrestre
	05'	Paraje. El Paredón, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°11'12.4" N 96°35'5.3" W	2406	Doble aspersión aérea + terrestre
2	16'	Paraje. El Libramiento, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°11'00.3" N 96°34'22.8" W	2426	Doble aspersión aérea
	17'	Paraje. El Libramiento, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°11'0.67" N 96°34'23" W	2377	Doble aspersión aérea
	18'	Paraje. El Libramiento, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°10'52.7" N 96°34'22.7" W	2495	Doble aspersión aérea
	19'	Paraje. El Libramiento, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°10'45.4" N 96°34'25.3" W	2534	Doble aspersión aérea
	20'	Paraje. El Libramiento, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°10'38.3" N 96°34'25.7" W	2580	Doble aspersión aérea
3	21'	Paraje. La Cooperativa, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°07'52" N 96°33'07.3" W	2636	Doble aspersión aérea
	22'	Paraje. La Cooperativa, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°07'56.4" N 96°33'13.3" W	2582	Doble aspersión aérea
	23'	Paraje. La Cooperativa, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°07'55.0" N 96°33'20.4" W	2504	Doble aspersión aérea

TRAN- SECTO	SITIO No.	UBICACIÓN	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ALTITUD (m)	TRATAMIENTO
	24'	Paraje. La Cooperativa, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°07'49.8" N 96°33'25.7" W	2511	Doble aspersión aérea
	25'	Paraje. La Cooperativa, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°07'53.5" N 96°33'29.8" W	2561	Doble aspersión aérea
4	41'	Paraje. Loma Grande, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°12'12" N 96°35'15.8" W	2457	Doble aspersión aérea
	42'	Paraje. Loma Grande, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°12'12.9" N 96°35'10.1" W	2379	Doble aspersión aérea
	43'	Paraje. Loma Grande, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°12'10.5" N 96°35'13.8" W	2350	Doble aspersión aérea
	44'	Paraje. Loma Grande, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°12'11.4" N 96°35'22.8" W	2500	Doble aspersión aérea + terrestre
	45'	Paraje. Loma Grande, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°12'9.2" N 96°35'29.3" W	2547	Doble aspersión aérea
5	103	Paraje. Curva de Herlinda, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°09'56.5" N 96°34'13.5" W	2528	Doble aspersión aérea
	104	Paraje. Loma de Tobías, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°09'56.1" N 96°34'20.2" W	2548	Doble aspersión aérea
	105	Paraje. Loma de Tobías, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°09'55.6" N 96°34'27.5" W	2613	Doble aspersión aérea
	106	Paraje. Loma de Tobías, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°09'56.4" N 96°34'34.2" W	2649	Doble aspersión aérea
	107	Paraje. Loma de Tobías, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°09'56.3" N 96°34'41.4" W	2661	Doble aspersión aérea
	108	Paraje. Loma de Tobías, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°09'56.3" N 96°34'48.0" W	2724	Doble aspersión aérea
6	109	Paraje. El Zacatón, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°09'36.8" N 96°34'24.1" W	2438	Doble aspersión aérea

TRAN- SECTO	SITIO No.	UBICACIÓN	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ALTITUD (m)	TRATAMIENTO
	110	Paraje. El Zacatón, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°09'37.2" N 96°34'17.1" W	2441	Doble aspersión aérea
	111	Paraje. El Zacatón (Terreno de Lencho), Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°09'27.9" N 96°34'13.1" W	2409	Doble aspersión aérea
	112	Paraje. El Zacatón, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°09'21.9" N 96°34'11.8" W	2432	Una aspersión aérea
	113	Paraje. El Zacatón, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°09'15.0" N 96°34'10.0" W	2503	Una aspersión aérea
	114	Paraje. El Catrín, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°09'10.8" N 96°34'4.4" W	2539	Aspersión aérea + terrestre
	115	Paraje. El Catrín, Sta. Catarina, Ixtepeji, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°09'5.4" N 96°34'0.7" W	2578	Una aspersión aérea
7	72'	Paraje. La Cucharilla, Nuevo Zoquiapam, Nuevo Zoquiapam, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°14'38.8" N 96°38'22.5" W	2637	Doble aspersión aérea + terrestre
	73'	Paraje. Yoyouto, Nuevo Zoquiapam, Nuevo Zoquiapam, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°14'45.3" N 96°38'23.4" W	2587	Doble aspersión aérea + terrestre
	74'	Paraje. Yoyouto, Nuevo Zoquiapam, Nuevo Zoquiapam, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°14'51.8" N 96°38'24.2" W	2486	Doble aspersión aérea + terrestre
	75'	Paraje. La Cucharilla, Nuevo Zoquiapam, Nuevo Zoquiapam, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°14'41.6" N 96°38'31.4" W	2665	Doble aspersión aérea + terrestre
	76'	Paraje. La Cucharilla, Nuevo Zoquiapam, Nuevo Zoquiapam, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°14'31.9" N 96°38'25.2" W	2581	Doble aspersión aérea + terrestre
	77'	Paraje. La Cucharilla, Nuevo Zoquiapam, Nuevo Zoquiapam, Distrito de Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°14'27.6" N 96°38'17.6" W	2553	Doble aspersión aérea + terrestre
8	51'	Paraje El Zacatón, Pueblos Mancomunados, Santa Catarina Lachataou, Oaxaca.	17°13'3.2" N 96°29'49.2" W	2601	Doble aspersión aérea

TRAN- SECTO	SITIO No.	UBICACIÓN	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ALTITUD (m)	TRATAMIENTO
	52'	Paraje El Zacatón, Pueblos Mancomunados, Santa Catarina Lachataou, Oaxaca.	17°12'57.5" N 96°29'52.1" W	2627	Doble aspersión aérea
	53'	Paraje El Zacatón, Pueblos Mancomunados, Santa Catarina Lachataou, Oaxaca.	17°12'51.2" N 96°29'51.7" W	2630	Doble aspersión aérea
	54'	Paraje El Zacatón, Pueblos Mancomunados, Santa Catarina Lachataou, Oaxaca.	17°12'44.1" N 96°29'47.1" W	2580	Doble aspersión aérea
	55'	Paraje El Zacatón, Pueblos Mancomunados, Santa Catarina Lachataou, Oaxaca.	17°12'32.9" N 96°29'45.9" W	2626	Doble aspersión aérea
9	61'	Paraje. El Espinal, Pueblos Mancomunados, Santa Catarina Lachataou, Oaxaca.	17°15'2.4" N 96°27'49.6" W	2538	Doble aspersión aérea
	62'	Paraje. El Espinal, Pueblos Mancomunados, Santa Catarina Lachataou, Oaxaca.	17°15'2.4" N 96°27'41.7" W	2521	Doble aspersión aérea
	63'	Paraje. El Espinal, Pueblos Mancomunados, Santa Catarina Lachataou, Oaxaca.	17°15'1.9" N 96°27'34.0" W	2572	Doble aspersión aérea
	64'	Paraje. El Espinal, Pueblos Mancomunados, Santa Catarina Lachataou, Oaxaca.	17°15'1.1" N 96°27'26.1" W	2581	Doble aspersión aérea
	65'	Paraje. El Espinal, Pueblos Mancomunados, Santa Catarina Lachataou, Oaxaca.	17°15'2.02" N 96°27'19.5" W	2538	Doble aspersión aérea
10	66'	Paraje. Ratuny o Chyapyla, San Andrés Yatuni, Santiago Xiarví, Oaxaca.	17°15'13.4" N 96°23'53.5" W	2421	Una aspersión aérea
	67'	Paraje. Pueblo de Ratones, San Andrés Yatuni, Santiago Xiarví, Oaxaca.	17°14'29.6" N 96°24'23.2" W	2455	Una aspersión aérea
	68'	Paraje. La Cumbre, San Andrés Yatuni, Santiago Xiarví, Oaxaca.	17°14'34.7" N 96°24'30.0" W	2432	Una aspersión aérea
	69'	Paraje. Pozo sumergido, San Andrés Yatuni, Santiago Xiarví, Oaxaca.	17°14'39.7" N 96°24'37.9" W	2449	Una aspersión aérea + terrestre
	70'	Paraje. Pozo sumergido, San Andrés Yatuni, Santiago Xiarví, Oaxaca.	17°14'50.5" N 96°24'41.1" W	2364	Una aspersión aérea + terrestre

TRAN- SECTO	SITIO No.	UBICACIÓN	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ALTITUD (m)	TRATAMIENTO
11	93'	Paraje Las Cercadas Santiago Comaltepec, Oaxaca	17°34'20.3" N 96°28'37.7" W	2471	Una aspersión aérea + terrestre
	94'	Paraje Las Cercadas, Santiago Comaltepec, Oaxaca	17°34'23.1" N 96°28'32.2" W	2516	Una aspersión aérea + terrestre
	95'	Paraje La Torre, Santiago Comaltepec, Oaxaca	17°34'31.5" N 96°28'16.8" W	2585	Una aspersión aérea + terrestre
	96'	Paraje. Debajo De La Torre, Santiago Comaltepec, Oaxaca	17°34'44.9" N 96°28'9.3" W	2566	Una aspersión aérea + terrestre
12	98'	Paraje Brecha 1100, Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°21'9.2" N 96°30'42.4" W	2535	Una aspersión aérea
	101'	Paraje Brecha 1100, Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°21'10.9" N 96°30'39.6" W	2407	Una aspersión aérea
	102'	Paraje Brecha 1100, Ixtlán de Juárez, Oaxaca	17°21'13.9" N 96°30'39.7" W	2405	Una aspersión aérea
13	116	Paraje. La ceniza, San Pedro Nexicho, Oaxaca	17°15'52.4" N 96°35'59.6" W	2389	Una aspersión terrestre
	117	Paraje. Pozo de Piedra, San Pedro Nexicho, Oaxaca	17°15'59.8" N 96°36'1.7" W	2430	Una aspersión terrestre
	118	Paraje. Llano de Agua, San Pedro Nexicho, Oaxaca	17°15'52.3" N 96°36'17.1" W	2368	Una aspersión terrestre