



INFORME FINAL

EFFECTIVIDAD DE INYECCIONES AL TRONCO O ENDOTERAPIA Y DE NUEVOS INGREDIENTES ACTIVOS DE INSECTICIDAS EN EL MANEJO DE INSECTOS DESCORTEZADORES DE CONÍFERAS

RESPONSABLE TÉCNICO: Dr. Víctor David Cibrián Llanderal (Postgrado en Ciencias Forestales, COLPOS, Campus Montecillo).

COLABORADORES: Biol. Israel Aquino Bolaños, M. C. Hugo César Álvarez Solís (UAM-Xochimilco), M. C. Octavio Rodríguez Muñoz (Postgrado en Estadística, COLPOS, Campus Montecillo), Ing. Luis Hipólito Sánchez Hernández y M.C. Marcelina Arguello Hernández (Instituto de Sanidad Forestal A.C.).

RESUMEN

Mediante inyecciones al tronco y aspersion de insecticidas se evaluó la efectividad de estos métodos de combate para el manejo de insectos descortezadores en coníferas. Se inyectaron los tratamientos de Benzoato de emamectina al 2% + Propiconazol al 25% y Acefato al 10% + Propiconazol al 25% evitaron la muerte durante el periodo de evaluación de árboles recién atacados con presencia grumos en el tronco y follaje verde a una dosis de 20 ml de la mezcla de los productos en aplicada en puntos de inyección separados cada 30-40 cm de perímetro del árbol. Los mismos tratamientos aplicados a la misma dosis y concentración en árboles con presencia de grumos en el tronco y follaje alimonado y rojizo no evitaron la muerte de estos. En un experimento de contención dividido en dos sitios y vecinos a árboles con brote activo de insectos descortezadores (24 y 25 árboles respectivamente) se inyectaron con Benzoato de emamectina al 2% + Propiconazol al 25% todos los árboles a una dosis de 20 ml de la mezcla por cada punto de inyección cada 30-40 cm de perímetro. Al término de la evaluación (tres meses) se registraron tres árboles atacados con presencia de grumos y follaje verde del total de 49 tratados. Se aplicaron por aspersion a la corteza de trozas atracadas los tratamientos: Tratamiento 1, Testigo negativo asperjado con agua estéril; Tratamiento 2, Bifentrina a concentración de 20 mL/1 L (10% de I.A.); Tratamiento 3, Deltametrina a concentración de 1.5 mL/1 L (10.7% de I.A.); Tratamiento 4, Abamectina a concentración de 3 mL/ 1 L (1.8% de I.A.); Tratamiento 5, Benzato de amamectina a concentración de 1.25 g/ 1 L (5% de I.A.); Tratamiento 6, Azadiractina a concentración de 1.5 mL/ 1 L (1.2% de I.A.); y Tratamiento 7, Tiametoxam a concentración de 0.6 g / 1 L (25% de I.A.), La mortalidad de adultos de insectos descortezadores al final del experimento fue de Bifentrina 32%, Deltametrina 24%, Abamectina 34%, Benzoato de emamectina 33%, Azadariactina 11%, Tiametoxam 47% y Testigo 9%.



I. INTRODUCCIÓN

La mortalidad causada por los descortezadores puede provocar cambios ecológicos e impactos socioeconómicos en los bosques afectados. Los principales factores climáticos que contribuyen al surgimiento de brotes de estos insectos son la sequía y el aumento de la temperatura (del-Val, E., & Sáenz-Romero, C. 2017). Los árboles bajo estas condiciones están estresados y pueden ser atacados con mayor facilidad. Se pueden clasificar a los descortezadores en plagas primarias y secundarias. Las primeras se caracterizan por ser capaces de atacar árboles aparentemente sanos y vencer sus defensas, los secundarios generalmente no son capaces de provocar la mortalidad de sus hospederos y regularmente se suman al ataque iniciado por los primarios (Cibrián-Tovar, 2017). Sin embargo, en condiciones de sequía anormal y altas temperaturas los insectos secundarios se pueden convertir en plagas primarias. Los insectos primarios se encuentran principalmente en los géneros *Dendroctonus* e *Ips* atacando a diferentes especies de árboles del género *Pinus* (Cibrián-Tovar et al., 2021).

Desde hace unos años atrás se tiene registro de fuertes infestaciones provocadas por insectos descortezadores en los bosques de pino de la zona baja del Parque Nacional La Malinche, Tlax. Estos brotes han ido incrementando su número y tamaño a lo largo del tiempo y el escenario actual es de grandes superficies de la masa forestal muerta y/o atacada por estos insectos. Las condicionantes que llevaron a la situación de contingencia ambiental fitosanitaria fueron: sequía crónica en la región y altas temperaturas desde hace varios años, ausencia de manejo forestal al ser una área natural protegida, detección tardía del problema, tenencia de la tierra, retraso en las notificaciones de saneamiento y deficiencias en los métodos de combate en los insectos descortezadores. La sequía y aumento de temperatura en la región han causado que existan generaciones superpuestas a lo largo de todo el año de los descortezadores primarios como *Dendroctonus mexicanus* y varias especies de *Ips* y hay evidencia de que especies de plagas secundarias se están convirtiendo en primarias. La unión de diferentes brotes activos ha formado grandes áreas afectadas en las que se dificulta determinar el frente de avance de la plaga. Los brotes nuevos han crecido de las zonas bajas a las partes altas de la montaña.



El manejo de los descortezadores en México se establece en la NORMA Oficial Mexicana NOM-019-SEMARNAT-2017, Que establece los lineamientos técnicos para la prevención, combate y control de insectos descortezadores (en adelante NOM-019-SEMARNAT-2017). Que comprende el manejo de brotes mediante diversos métodos de control, entre los que se incluye el combate químico mediante aspersión de insecticidas piretroides (deltametrina y bifentrina), uso de descortezadoras mecánicas, descortezado manual, trituradoras de troncos y ramas y uso del fuego. Estos métodos de manejo están dirigidos a los árboles considerados virulentos, es decir que tienen poblaciones de insectos vivos. El manejo establecido en la norma actual hace necesario el derribo de estos árboles en el frente de avance de la plaga, una vez derribados se procede a efectuar alguno o algunos de los métodos de control antes mencionados. Una alternativa al derribo puede ser la inyección al tronco de productos sistémicos, este método no está considerado actualmente en la NOM-019-SEMARNAT-2017 para la prevención, combate y control de insectos descortezadores. Debido a que no se ha validado la efectividad del método contra brotes de insectos descortezadores. La inyección a tronco permite traslocar al tejido de conducción del árbol (xilema) diversos ingredientes activos (IA) para el tratamiento de plagas y enfermedades. Se considera que ocasiona una menor contaminación al medio ambiente debido a que todo el IA ingresa al interior del árbol y requiere menor cantidad, además posee un mayor efecto residual y necesita de menos aplicaciones.

Durante la evaluación de las acciones de saneamiento forestal del programa operativo contra insectos descortezadores forestales 2021 operado y financiado por la OIRSA, en el parque nacional La Montaña Malinche. En esa ocasión, el saneamiento estuvo dirigido a los árboles marcados previamente para ser saneados, sin embargo, se observó que en algunas ocasiones estos árboles se encontraban abandonados o sea que ya no presentaban poblaciones de insectos y ya no eran virulentos, a estos árboles se les puede identificar por que presentan el color del follaje rojo grisáceo, café grisáceo o incluso ya no tienen follaje; la presencia de orificios de salida en el tronco también es un buen indicador del abandono por parte de los insectos descortezadores. Estos árboles albergan a numerosas poblaciones de enemigos naturales y es preferible dejarlos en pie. Esta situación se presentó de manera recurrente sobre todo en sitios con presencia de brotes de gran tamaño. Se les indicó a las brigadas que es preferible realizar el saneamiento a árboles virulentos en el frente de avance del brote. Se necesita de menor tiempo entre el marcado y el derribo de los árboles para poder incidir de manera más efectiva en las poblaciones de descortezadores. Se reconoce que los brotes son muy numerosos y de gran tamaño



por lo que sería importante aumentar el número de brigadas al y disminuir el tiempo de emisión de notificaciones y marcado de los árboles. En todos los sitios evaluados existía evidencia de incendios en años anteriores, esta situación es muy importante ya que aunado a los factores climáticos adversos predispone a los árboles al ataque de insectos descortezadores. El tiempo de saneamiento de las brigadas se consideró adecuado, sin embargo, debido al número y extensión de los brotes se recomienda incrementar el número de brigadas en futuros saneamientos. Durante la evaluación se realizaron colectas de trozas tratadas con insecticidas aprobados por la NOM-019-SEMARNAT-2017. Estas trozas se llevaron al laboratorio y se observó la emergencia de una gran cantidad de adultos de insectos descortezadores por lo que se planteó la posibilidad de que el método de aspersión con deltametrina y bifentrina no estuviera dando los resultados esperados, por lo que se planteó la validación o descarte del método.

II. OBJETIVOS

- 1.- Determinar la efectividad de la inyección al tronco o endoterapia como una alternativa efectiva en el manejo de insectos descortezadores para su posible inclusión en la NOM-019-SEMARNAT-2017.
- 2.- Evaluar mediante ensayos de efectividad biológica nuevos ingredientes activos y determinar la pertinencia de mantener los insecticidas aprobados en la NOM-019-SEMARNAT-2017 para el combate de insectos descortezadores mediante aspersión.

III. ANTECEDENTES

En otros países como los Estados Unidos se han utilizado y probado diferentes insecticidas químicos con el propósito de reducir las infestaciones provocadas por insectos descortezadores. Se tiene registro que se han probado mediante aspersión a los insecticidas de amplio espectro como Lindano, Chlorpirifos y Fenitrothion, estos productos son de muy alta toxicidad ambiental y humana y los resultados para proteger árboles de los ataques fueron inconsistentes por lo que su uso decayó con el tiempo. También, se tiene registro del uso de insecticidas del grupo de los piretroides como bifentrina, permetrina (ambos piretroides) y carbaril (carbamato) aplicados mediante aspersión para intentar la protección de árboles individuales. Los resultados son variables, pero de manera general se reportan como poco efectivo el uso de insecticidas de contacto contra insectos descortezadores.



La necesidad de proteger a árboles individuales contra el ataque ha provocado la experimentación con insecticidas sistémicos, inicialmente aplicados en el suelo y con una muy baja efectividad y más recientemente aplicados mediante inyección al tronco o endoterapia con resultados más prometedores. Existen antecedentes de la evaluación de la efectividad de los productos sistémicos azadiractina, acefato, dicrotophos, fenitrothion y monocrotofos en donde se han obtenido resultados que van desde baja a alta efectividad. En los últimos años uno de los productos que más interés ha despertado como insecticida sistémico inyectable es el benzoato de emamectina. Este producto pertenece a la clase de las ivermectinas, es un producto semisintético que deriva de la fermentación natural de las bacterias *Streptomyces*. Su modo de acción es la interrupción de neurotransmisores provocando una parálisis irreversible, es más efectivo cuando es ingerido, pero se ha reportado algo de actividad por contacto. En Estados Unidos está autorizado contra el barrenador esmeralda del fresno (*Agrilus planipennis*) mediante inyección. La residualidad del benzoato de emamectina es alta en comparación con otros insecticidas sistémicos y existen evidencias de protección de hasta tres años contra el nematodo del pino *Bursaphelenchus xylophylus* durante tres años.

En México, se ha conseguido hacer operativo el control del descortezador del cedro blanco *Phloeosinus baumani* mediante de inyecciones de acefato, monocrotofos y benzoato de emamectina tratando árboles tacados e inyectando árboles sanos a manera de protección en el frente de avance. La diferencia en el caso de descortezadores en pinos es que estos últimos inoculan hongos manchadores de madera (preferentemente del género *Ophiostoma*) que colonizan la xilema y contribuyen de manera significativa a la muerte de los árboles, lo que hace necesario la inyección de fungicidas mezclados con el propósito de detener o inhibir el crecimiento de los hongos inoculados por los descortezadores.

Existen diferentes sistemas de inyección disponibles en el mercado, sin embargo, no todos son capaces de administrar las dosis necesarias en coníferas. Esta dificultad se debe a la abertura de pequeño diámetro que tienen las traqueidas en las pináceas y la abundante resinación que se produce al perforar la madera para realizar la inyección. Por lo que es necesario utilizar sistemas que puedan inyectar bajo estas condiciones y suministrar grandes volúmenes medidos con exactitud por cada punto de inyección.



IV. MATERIALES Y MÉTODOS

IV.1. Área de estudio

La experimentación en campo se dividió en dos evaluaciones separadas, un experimento de contención montado en dos sitios diferentes, el primero en la ubicación 593586.27E/2122560.94N (WSG-84 UTM) con un radio de 70 m y el segundo en la ubicación 593536.00E/2123080.00N (WSG-84 UTM) con un radio 90 m; y un experimento de combate ubicado en las coordenadas 591907.71E/2124474.98N (WGS-84 UTM) con un radio de 40 m aproximadamente (Figuras 1,2 y 3).

Árboles con follaje alimonado se excluyeron del experimento debido a que en los experimentos de calibración previos se demostró que no es posible rescatarlos. Los árboles tratados se ubican en las faldas del Parque Nacional La Malinche, las especies tratadas fueron *Pinus pseudostrobus* y *Pinus leiophylla*. La ubicación de cada árbol se encuentra en los anexos en el cuadro 1. La evaluación del experimento de inyección concluirá en la segunda semana del mes de febrero de 2023.

Cuadro 1. Ubicación geográfica de los sitios experimentales, número de árboles tratados y área total muestreada.

Sitio	Coordenadas	Tipo de experimento	Núm. Árboles	Área m ²
1	593586.27E/2122560.94N (WSG-84 UTM)	Contención	24	61 575
2	593536.00E/2123080.00N (WSG-84 UTM)	Contención	25	101 788
3	591907.71E/2124474.98N (WGS-84 UTM)	Combate	63	20 106



UBICACIÓN DE ÁRBOLES TRATADOS EN EL SITIO UNO UBICADOS EN EL PARQUE NACIONAL LA MALINCHE, TLAXCALA, MÉXICO

Leyenda

■ Árboles Sitio 1

Google Satellite

Ubicación del sitio

(x= 599586.27, y= 2122560.94)

Datum: WGS 1984.

Proyección: UTM Zona 14 N.

Escala 1: 600

Elaboró: Rigoberto Acosta Rico.

No.Árb	Especie	X	Y
1	Pinus pseudostrobus	593597.5278	2122528.7
2	Pinus pseudostrobus	593593.5902	2122536.4
3	Pinus pseudostrobus	593600.7948	2122549.7
4	Pinus pseudostrobus	593597.0692	2122579.2
5	Pinus pseudostrobus	593593.471	2122540.7
6	Pinus pseudostrobus	593599.845	2122542.5
7	Pinus pseudostrobus	593600.0477	2122549.9
8	Pinus pseudostrobus	593552.9253	2122553.8
9	Pinus pseudostrobus	593556.7295	2122550
10	Pinus pseudostrobus	593540.6649	2122533.4
11	Pinus leophylla	593570.9311	2122535.6
12	Pinus pseudostrobus	593534.881	2122541.2
13	Pinus pseudostrobus	593551.7801	2122507
14	Pinus pseudostrobus	593560.6522	2122507.3
15	Pinus pseudostrobus	593529.9711	2122529.7
16	Pinus leophylla	593594.8417	2122581.1
17	Pinus pseudostrobus	593590.0257	2122577.1
18	Pinus pseudostrobus	593587.5929	2122580
19	Pinus pseudostrobus	593589.3763	2122580.7
20	Pinus pseudostrobus	593593.7915	2122580.9
21	Pinus leophylla	593633.2586	2122573.1
22	Pinus leophylla	593643.5105	2122583.2
23	Pinus pseudostrobus	593555.2219	2122536.4
24	Pinus pseudostrobus	593560.5195	2122549.1



Figura 1. Primer sitio de contención y ubicación de árboles evaluados.



UBICACIÓN DE ÁRBOLES TRATADOS EN EL SITIO DOS UBICADOS EN EL PARQUE NACIONAL LA MALINCHE, TLAXCALA, MÉXICO

Leyenda

● Árboles Sitio 2

Google Satellite

Ubicación del sitio

(x= 593,536.00, y= 2,123,080.00)

Datum: WGS 1984.

Proyección: UTM Zona 14 N.

Escala 1: 900

Elaboró: Rigoberto Acosta Rico.

Número	Especie	X	Y
25	Pinus pseudostrobus	593806.4705	2123224.2
26	Pinus pseudostrobus	593448.7594	2123069.7
27	Pinus pseudostrobus	593508.9721	2123028.4
28	Pinus pseudostrobus	593557.7726	2123048.7
29	Pinus pseudostrobus	593528.1434	2123083.1
30	Rhus leicophylla	593561.0226	2123150.4
31	Rhus leicophylla	593568.4402	2123138
32	Rhus leicophylla	593516.379	2123115.5
33	Rhus leicophylla	593548.2213	2123304.4
34	Rhus leicophylla	593558.1231	2123115.9
35	Rhus leicophylla	593596.132	2123111.9
36	Rhus leicophylla	593546.5295	2123087.2
37	Rhus leicophylla	593552.1108	2123068.7
38	Rhus leicophylla	593514.8384	2123095.4
39	Pinus pseudostrobus	593567.9589	2123291.1
40	Pinus pseudostrobus	593488.7991	2123084.4
41	Pinus pseudostrobus	593496.1232	2123081.6
42	Pinus pseudostrobus	593497.9003	2123054
43	Pinus pseudostrobus	593512.3944	2123048
44	Pinus pseudostrobus	593521.4657	2123057.4
45	Pinus pseudostrobus	593574.7066	2123081.5
46	Pinus pseudostrobus	593579.2743	2123071.4
47	Pinus pseudostrobus	593605.3889	2123202.5
48	Pinus pseudostrobus	593594.3221	2123092.4
49	Pinus pseudostrobus	593614.801	2123090



Figura 2. Segundo sitio de contención y ubicación de árboles evaluados.

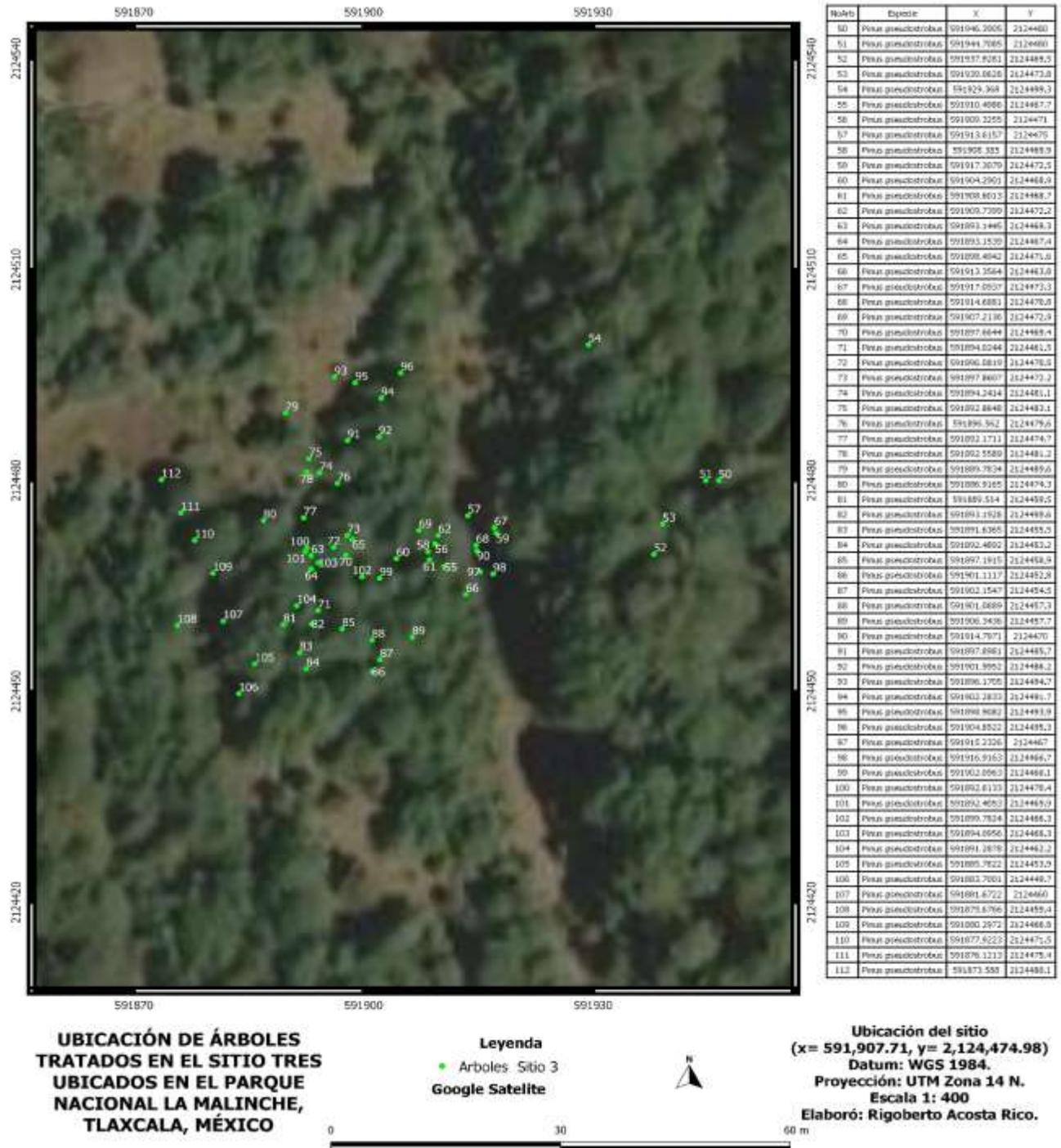


Figura 3. Tercer sitio de combate y ubicación de árboles evaluados.



IV.ii. Efectividad de la inyección al tronco o endoterapia

Previo a la aplicación de los tratamientos, se seleccionaron arboles de *Pinus pseudostrabus* y *Pinus leiophylla* por medio de condición de follaje y presencia o ausencia de grumos de resina en el tronco (cuadro 2). Otra condicionante es que los árboles seleccionados estuvieran dentro o en la vecindad de árboles virulentos que tuviera algún tipo de afectación como presencia de grumos de resina en el fuste y condición de follaje, además, que estuvieran dentro o cerca de árboles afectados por insectos descortezadores, una vez seleccionados se procedió con la metodología de inyección al tronco. Para el experimento de contención se seleccionaron árboles pertenecientes a la escala 1 (Sin grumos de resina y follaje verde) tanto tratados como testigos. Para el experimento de control se seleccionaron árboles pertenecientes a la escala 2 (Con grumos de resina y follaje verde) tanto tratados como testigos. La efectividad de los tratamientos se midió al permanecer o aumentar el número de la escala de daño.

Cuadro 2. Descripción de los criterios utilizados para la selección de árboles muestreados.

Escala	Características
1	Sin grumos de resina y follaje verde
2	Presencia de grumos y follaje verde
3	Presencia de grumos y follaje alimonado
4	Presencia de grumos y follaje rojizo
5	Presencia de grumos y follaje café o sin follaje

La experimentación en campo se dividió en dos sitios (Figura1). La ubicación de cada árbol se presenta la tabla 1.

IV.ii. Selección de productos químicos

Previo a la instalación de los experimentos finales se evaluó la inyección de los insecticidas acefato, monocrotofos, abamectina, spirotetramat y benzoato de emamectina. Todos estos estuvieron mezclados con el fungicida Propiconazol. Se descartó el producto monocrotofos, aunque tiene gran efectividad es muy tóxico para los aplicadores y solo debe ser suministrado por personal altamente calificado. La abamectina y el spirotetramat presentaron dificultades para su inyección debido a su formulación y se



decidió utilizar benzoato de emamectina y acefato debido a su efectividad, facilidad de inyección y a su perfil ambiental y toxicológico adecuado además de su alta residualidad dentro de los árboles. La inclusión del acefato en este experimento se debe a su rápida translocación en el tejido de los árboles atacados

IV.iii. Experimento de contención.

Se ubicaron dos sitios de arbolado (Figura 2) situados en el frente de avance de una infestación de descortezadores, con un total de 49 árboles evaluados, 24 en el primer sitio y 25 en el segundo. Los cuales fueron inyectados para evaluar la capacidad de contener la infestación mediante inyección de plaguicidas. Al momento de la inyección no presentaban síntomas de ataque lo que corresponde a la escala 1 del cuadro número 2. Los sitios de experimentación se seleccionaron en base a la proximidad de árboles atacados.

Se utilizó la combinación de los productos Benzoato de emamectina (y diluido al 10% (Benzoato de emamectina (100 ml) + Benzoato de emamectina (100 ml 100 ml/L de agua al 2% de ingrediente activo) + propiconazol (100 ml/L de agua al 25% de ingrediente activo). El diseño experimental fue completamente al azar. El experimento se estableció el día 30 de agosto de 2022 y se realizaron evaluaciones quincenales hasta el 15 de febrero de 2023.

IV.iiii. Experimento de combate.

Se montó un experimento en un brote activo de descortezadores, los árboles seleccionados presentaban grumos en la corteza y el follaje estaba verde, con la intención de combatir a las poblaciones de insectos activas (Figura 3). Los tratamientos fueron: Benzoato de emamectina (100 ml/L de agua al 2% de ingrediente activo) + propiconazol (100 ml/L de agua al 25% de ingrediente activo), acefato (100 g/L de agua) + propiconazol (100 ml/L de agua al 25% de ingrediente activo) y testigo. El diseño experimental fue completamente al azar. El experimento se estableció la primera semana de septiembre y se realizaron evaluaciones quincenales hasta el 15 de septiembre.



Cuadro 3. Tratamientos en el experimento de combate

Tratamiento	Núm. de árboles tratados
Benzoato de emamectina 2% + Propiconazol 25%	37
Acefato 10% + Propiconazol 25%	18
Testigo	9

IV.iiii. Inyección al tronco.

Para cumplir este requerimiento se adecuó un sistema de inyección llamado inyector tubular de árboles con el que previamente se han desarrollado trabajos de investigación en otras especies arbóreas (Aquino Bolaños y Cibrián-Llenderal, 2021). Este sistema consiste en una punta de inyección, una cámara de líquidos y un sistema para darle presión al equipo. Cabe mencionar que en las coníferas se requiere utilizar sistemas de inyección punto por puntos debido a que requiere inyectar inmediatamente después de realizar las perforaciones para evitar la saturación de la resina que se produce por la herida de la broca. La presión a utilizar en el sistema de inyección puede variar de 30 a 120 bares de presión y es muy variable entre los mismos individuos de una misma especie.

Se realizó la mezcla de los productos a las concentraciones arriba mencionadas. Una vez teniendo la solución madre se vierte el producto en un recipiente oscuro este servirá para poder ser administrado al equipo de inyección utilizado que fueron los inyectores tubulares de Bioinjectree (patente en trámite). En cada punto de inyección de suministraron 20 ml de cada mezcla y la dosificación por árbol se realizó aplicando un punto de inyección cada 30 cm de perímetro. Posteriormente, se realizan las perforaciones en la corteza del árbol entre 20 y 30 cm por encima del suelo y a una profundidad aproximada de 7 a 9 centímetros para ello se emplea un taladro inalámbrico y una broca 3/8, esta última se desinfecta con una solución de sales cuaternarias y cloro utilizando un aspersor. Hechas las barrenaciones se colocaron las válvulas de inyección en cada una de las perforaciones, estas válvulas deben de quedar bien aprisionadas en la madera para evitar fugas del producto. Por último, se insertan las puntas inyectoras para colocar los sistemas de inyección en posición vertical, una vez hecho esto se introduce el producto, se cierra y se conecta a una bomba manual para comenzar la presurización hasta introducir el volumen en cada punto de inyección. Durante los meses de agosto a septiembre se realizaron ensayos previos para ajustar la metodología de inyección y la formulación de los productos. El establecimiento de los experimentos fue la primera semana de octubre de octubre de 2022 y se

realizaron ocho evaluaciones, una cada quince días para dar seguimiento al efecto de la inyección sobre el arbolado, utilizando como referencia la formación de nuevos grumos y el color de la copa basado en la escala mencionada en el cuadro 2 para determinar el nivel de afectación de cada árbol. La conclusión de las evaluaciones fue la segunda semana de febrero de 2023. El procedimiento de inyección se observa en la figura 4.



Figura 4. Inyección al tronco con de insecticidas + fungicidas utilizando inyectores tubulares. A. Productos químicos, B. Perforación del tronco, C. Inserción de la punta de inyección y D. Inyectores tubulares.



Experimento de combate químico por aspersión

Para determinar la efectividad biológica de nuevos ingredientes activos y determinar la pertinencia de mantener los insecticidas aprobados en la NOM-019-SEMARNAT-2017 para el combate de insectos descortezadores mediante aspersión se evaluaron los insecticidas Deltametrina (Decis Forte), Bifentrina (Talstar), Abamectina (Agrimec), Benzoato de emamectina (Proclaim), Azadiractina (Aza-Direct) y Thiametoxam (Actara). Para realizar la aplicación se derribaron árboles en campo con infestación activa que se encontraban en el sitio número tres (experimento de combate) y se seccionaron en trozas de aproximadamente 30 cm de largo por 30 cm de diámetro. Las trozas se llevaron al laboratorio en donde se asperjaron hasta escurrimiento siguiendo los siguientes tratamientos: Tratamiento 1, Testigo negativo asperjado con agua estéril; Tratamiento 2, Bifentrina a concentración de 20 mL/1 L (10% de I.A.); Tratamiento 3, Deltametrina a concentración de 1.5 mL/1 L (10.7% de I.A.); Tratamiento 4, Abamectina a concentración de 3 mL/ 1 L (1.8% de I.A.); Tratamiento 5, Benzoato de emamectina a concentración de 1.25 g/ 1 L (5% de I.A.); Tratamiento 6, Azadiractina a concentración de 1.5 mL/ 1 L (1.2% de I.A.); y Tratamiento 7, Thiametoxam a concentración de 0.6 g / 1 L (25% de I.A.). A todos los tratamientos incluyendo el testigo se les añadió 3 mL de INEX-A como agente coadyuvante para mejorar la aplicación.

Posteriormente, fueron colocadas en contenedores metálicos de acero inoxidable de 48 cm de altura por 40cm de diámetro, los cuales fueron cerrados y colocados a temperatura ambiente (25°C aproximadamente). Se realizaron observaciones periódicas cada 24 horas a partir del momento de aplicación hasta que dejaron de emerger adultos de insectos descortezadores. Se capturaron a los adultos de descortezador emergidos en cada ocasión y discriminando a vivos y muerto. Los insectos capturados fueron cuantificados y almacenados en cajas de Petri de 9 centímetros que luego fueron selladas con cinta plástica (figura 6). Se realizaron cuatro repeticiones de cada tratamiento y el diseño experimental fue completamente al azar.



Cuadro 4. Tratamientos experimento de combate químico por aspersión

Tratamiento	Ingrediente activo	Concentración de ingrediente activo del producto comercial
1	Testigo	0
2	Bifentrina	10
3	Deltametrina	10.7
4	Abamectina	1.8
5	Benzato de emamectina	5
6	Azadiractina	1.2
7	Thiametoxam	25



Figura. 5 A. Selección de trozas atacadas, B. Aspersión de productos químicos, C. Colocación de las trozas en las cubas metálicas y D. Colecta de insectos vivos y muertos.



Figura 6. Descortezadores (*Dendroctonus* e *Ips*) colectados después del experimento de aspersión de químicos.



V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Vi. Experimento de contención

En los dos sitios seleccionados para el experimento de contención se calibraron los equipos de inyección y se evaluó la cantidad de árboles inyectados por día. En promedio una brigada de dos personas inyectaba 20 árboles cada día, el tiempo por árbol fue de 20 minutos utilizando cuatro inyectores tubulares por árbol. En cada punto de inyección se suministraron 20 ml de la mezcla de productos y en promedio se inyectaron ocho puntos por árbol, lo que da un volumen final de 160 ml de solución lo que considera adecuado. Los inyectores tubulares permitieron dosificar con mucha precisión. Se considera que el número de árboles inyectado por día fue adecuado y supero la cifra de 10 árboles por día que se consideró inicialmente. Una cuadrilla de diez personas podría estar tratando 100 árboles cifra adecuada para realizar contención y combate en los frentes de avance de los descortezadores. En los dos sitios tratados se identificaron tres árboles atacados posterior a la inyección se mantenían con copa verde después de tres meses posterior a la inyección. El resto de los árboles no presentaban signos de ataque de descortezador. Estos resultados concuerdan con trabajos de otros autores en donde se reporta que la endoterapia no impide el ataque, pero si limita el desarrollo de las poblaciones de los insectos (García-Parra -2014). Se sugiere seguir evaluando ambos sitios se durante al menos un año para determinar la residualidad de los productos y la efectividad de los tratamientos.

Vii. Experimento de combate

La endoterapia con las dos diferentes combinaciones de insecticida-fungicida fueron efectivas para el combate de árboles atacados clasificados como copa verde y ataque activo al momento de inyectarse. Los árboles con copa clasificada como alimonada no son salvables mediante este método y requiere que se realice el tratamiento tradicional de derribo, descortezado y quema o trituración de los residuos de corteza y ramas.

Se analizaron los datos en el Software R los árboles con presencia de ataque de insecto descortezador a los cuales se les aplicaron dos tratamientos y se tuvo un testigo. Se consideraron los datos como binomiales ya que, para fines experimentales, se consideró como “éxito” si el árbol se mantenía sin cambios y como “fracaso” si el árbol entraba en las fases siguientes en las que presenta cambio de coloración de la copa y eventualmente muere.



Para el análisis se hizo uso del modelo lineal generalizado y una prueba de ANOVA con un $\alpha=0.05$ y las siguientes hipótesis

H_0 : Todas las medias son iguales

H_a : al menos alguna de las medias es diferente

obteniendo el siguiente resultado en R

Analysis of Deviance Table (Type II tests)

Response: est_final

	LR	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
tratamiento	17.957	2	0.0001261	***

Como el valor p es menor que 0.05 se rechaza H_0 y se concluye con un $\alpha=0.05$ que existe diferencia entre tratamientos

Se realizó una prueba de comparación de medias en la que se identifican 2 grupos

Grupo 1: Ambos tratamientos con una probabilidad de supervivencia entre 0.75 y 0.88

Grupo 2: El testigo con una probabilidad de supervivencia de 0.11

La combinación de benzoato de emamectina más propiconazol y acefato más propiconazol permitieron que los árboles atacados se mantuvieran vivos después de dos meses de ser atacados y tratados. Es necesario mantener parcelas permanentes de evaluación para verificar la efectividad de los tratamientos en el tiempo.

La residualidad de los diferentes insecticidas evaluados es diferente. El acefato es un insecticida organofosforado altamente sistémico y de poca residualidad, esta característica lo hace ideal para matar rápidamente a las poblaciones de insectos, pero brinda poca protección en tiempo. El benzoato de emamectina es mucho más residual pero menos sistémico, con base a los resultados obtenidos se podría incluso mezclar ambos productos para tener ambas características.



Viii. Experimento de aspersión

Se analizaron los datos de mortalidad de insectos descortezadores expuestos a 6 tratamientos y un testigo. Se consideró el uso de un modelo lineal generalizado considerando los datos binomiales.

Una vez que se trabajó con el modelo, se realizó una prueba de ANOVA con un $\alpha=0.05$ y las siguientes hipótesis

H_0 : Todas las medias son iguales

H_a : al menos alguna de las medias es diferente

obteniendo el siguiente resultado

Analysis of Deviance Table (Type II tests)

Response: Res

LR Chisq Df Pr(>Chisq)

Tratamiento 233.52 6 < 2.2e-16 ***

Como el valor p es menor que 0.05 se rechaza H_0 y se concluye con un $\alpha=0.05$ que sí existe diferencia entre tratamientos.

Se realizó una prueba de comparación de medias en la que se pudieron identificar 3 grupos:

Grupo 1: El testigo y el tratamiento con Azadiractina

Grupo 2: Bifentrina, Deltametrina, Abamectina, Benzoato de emamectina

Grupo 3: Thiametoxam

Siendo el grupo 3 el que tiene una probabilidad de supervivencia de 0.53, mientras que en el grupo 2, la probabilidad de supervivencia oscila entre 0.66 y 0.75 y finalmente, el grupo uno es el que tiene la mayor probabilidad de supervivencia la cual está entre 0.88 y 0.90.

Los piretroides Bifentrina y Deltametrina autorizados en la norma NOM-019-SEMARNAT-2017, la Abamectina y el Benzoato de emamectina tuvieron una mortalidad entre el 25 y 34 por ciento por ciento de los insectos descortezadores. El insecticida con mayor efecto fue el Thiametoxam con cerca del 50 por ciento de control. Estos resultados muestran que, aunque hay diferencia de la mayoría de los



tratamientos con el testigo, el control desde el punto de vista de manejo de plagas es inefectivo ya que el porcentaje mínimo de mortalidad para considerarse efectivo es del 80 por ciento. De las trozas tratadas continuaron emergiendo adultos vivos de descortezadores y asociados hasta un mes después de realizado el tratamiento. Estos resultados concuerdan con lo observado en la evaluación de las brigadas realizado a finales del 2021 en donde se recomendó utilizar los controles físicos de astillado y/o quema. Es urgente cambiar a los métodos físicos de control en las zonas de combate del parque Nacional La Malinche, ya que con el método de control por aspersión autorizado en la NOM-019-SEMARNAT-2017 solo se está teniendo una efectividad del 30%. Un ejemplo de control utilizando fuego y astilladoras mecánicas es el que realizan las brigadas de saneamiento en el estado de Durango en donde han dejado de lado el combate mediante aspersión de químicos y la efectividad en la contención de brotes es mayor. El porcentaje de insectos muertos después de los tratamientos con fuego y con uso de descortezado mecánico es del 100% y al menos del 95% respectivamente (Cibrián Tovar, com pers.). En la figura 7 se observa los insectos vivos y muertos durante seis días.

A continuación, se describen los métodos de acción de los insecticidas evaluados. En caso de los tratamientos 2 y 3 (Bifentrina y Deltametrina) pertenecen a la familia química de los Piretroides (Grupo 3A, IRAC -Comité de Acción contra la Resistencia a Insecticidas -), los cuales son moduladores de los canales de sodio. Los compuestos de éste grupo químico provocan la apertura prolongada de los canales de sodio en los axones neuronales del insecto, causando una hiperexcitación del mismo, causando estimulaciones y descargas nerviosas repetitivas a los músculos hasta su muerte.

Cuadro 5. Conteo por día y total de insectos vivos y muertos de los tratamientos por aspersión.

Tratamiento	Testigo		Bifentrina		Deltametrina		Abamectina		Benzoato de emamectina		Azadiractina		Tiametoxan	
	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M
Días	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M
1	175	7	99	57	68	4	58	7	72	48	59	5	50	118
2	98	3	77	15	29	6	40	11	49	16	26	1	23	9
3	63	8	54	22	27	4	51	12	38	7	21	4	21	8
4	58	5	50	16	18	12	37	11	32	5	16	3	16	7
5	66	10	63	24	29	31	23	17	35	7	27	2	27	5
6	151	33	46	51	8	0	11	54	73	65	24	7	32	1
Total	611	66	389	185	179	57	220	112	299	148	173	22	169	148

Por otra parte, los tratamientos 4 y 5 (Abamectina y Benzoato de emamectina) pertenecen a la familia de las Avermectinas (Grupo 6, IRAC), éstas modulan los canales de cloro activados por glutamato (GluCl) del axón, lo cual sobre activa la entrada de cloro e inhibe las transmisiones nerviosas a los músculos, provocando una flacidez que gradualmente se convierte en parálisis muscular.

Para el caso de la Azadiractina (Tratamiento 6), el IRAC lo ubica como un compuesto con modo de acción indefinido (UN Compounds, IRAC), concluyendo que a pesar de ser medible su letalidad en los insectos, no hay referencias concretas de como sucede. Finalmente, para el tratamiento 7 (Tiametoxam) se trata de un Neonicotinoide (Grupo 4A, IRAC), los cuales son moduladores competitivos de los receptores nicotínicos de acetilcolina; las moléculas de ésta familia química simulan a la acetilcolina acoplándose a los receptores nerviosos permanentemente, lo cual los sobre estimula y destruye provocando espasmos y posteriormente parálisis.

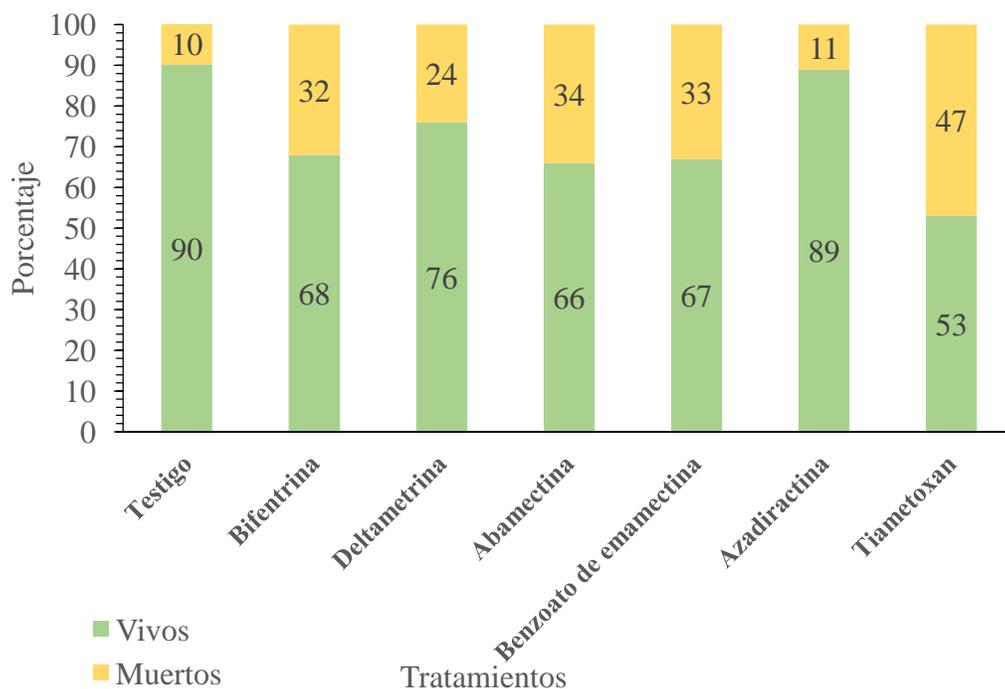


Figura 7. Porcentaje de insectos vivos y muertos en los tratamientos de dispersión.



VI. CONCLUSIONES

- La inyección al tronco de Benzoato de emamectina al 2% + Propiconazol al 25% y Acefato al 10% + Propiconazol al 25% a una dosis de 20 ml de la mezcla de los productos en aplicada en puntos de inyección separados cada 30-40 cm de perímetro del árbol, evitó la muerte de árboles recién atacados con presencia de grumos y follaje verde atacados por insectos descortezadores durante el periodo de evaluación.
- -La inyección al tronco de Benzoato de emamectina al 2% + Propiconazol al 25% y Acefato al 10% + Propiconazol al 25% a una dosis de 20 ml de la mezcla de los productos en aplicada en puntos de inyección separados cada 30-40 cm de perímetro del árbol, no evitó la muerte de árboles atacados con presencia de grumos y follaje alimonado y rojizo atacados por insectos descortezadores durante el periodo de evaluación.
- -La mortalidad de adultos de insectos descortezadores al final del experimento fue de Bifentrina 32%, Deltametrina 24%, Abamectina 34%, Benzoato de emamectina 33%, Azadariactina 11%, Tiametoxam 43% y Testigo 9%.

VII. RECOMENDACIONES FINALES

Se sugiere que en la próxima revisión de la NOM-019-SEMARNAT-2017 se discuta la validez del método por aspersión de insecticidas en el manejo de insectos descortezadores debido a que en comparación con los métodos de control mecánico y fuego su efectividad es menor.

Se sugieren utilizar los métodos de control físico para tratar los residuos de corteza y ramas producto de los saneamientos de insectos descortezadores en el Parque Nacional La Malinche.

Mantener las parcelas experimentales por el método de inyección al tronco o endoterapia para continuar evaluando la residualidad y efectividad de los tratamientos.



VIII AGRADECIMIENTOS

A la Comisión Nacional Forestal CONAFOR y a la Secretaría de Medio Ambiente de Tlaxcala por el financiamiento otorgado para la realización del proyecto de investigación.

IX ANEXOS

Fotografías

https://drive.google.com/drive/folders/10NIcb8FF7Ndav9NEm_dFnxhVgm8sZfZV?usp=sharing



Cuadro 6. Ubicación de los árboles tratados en los experimentos de contención y combate mediante inyecciones al tronco

No. Árbol	ESPECIE	Coordenda en Y (WGS84-UTM)	Coordenada en X (WGS84-UTM)	Experimento
1	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593597.5278	2122528.667	Contención 1
2	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593593.5982	2122536.393	Contención 1
3	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593600.7848	2122549.709	Contención 1
4	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593597.0592	2122579.238	Contención 1
5	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593593.471	2122540.708	Contención 1
6	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593599.665	2122542.511	Contención 1
7	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593600.0477	2122549.927	Contención 1
8	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593552.9253	2122553.781	Contención 1
9	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593556.7295	2122550.038	Contención 1
10	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593549.6649	2122533.402	Contención 1
11	<i>Pinus leiophylla</i>	593539.9311	2122515.56	Contención 1
12	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593534.881	2122541.232	Contención 1
13	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593551.7801	2122507.04	Contención 1
14	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593560.0522	2122507.328	Contención 1
15	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593529.9711	2122529.696	Contención 1
16	<i>Pinus leiophylla</i>	593594.8417	2122581.108	Contención 1
17	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593590.0257	2122577.099	Contención 1
18	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593587.5929	2122579.964	Contención 1
19	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593589.3763	2122580.748	Contención 1
20	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593593.7915	2122580.881	Contención 1
21	<i>Pinus leiophylla</i>	593633.2586	2122573.115	Contención 1
22	<i>Pinus leiophylla</i>	593643.5105	2122583.238	Contención 1
23	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593555.2219	2122536.418	Contención 1
24	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593560.5195	2122549.061	Contención 1
25	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593606.4705	2123124.193	Contención 2
26	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593449.7794	2123069.721	Contención 2
27	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593508.9721	2123028.414	Contención 2
28	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593557.7726	2123045.705	Contención 2
29	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593528.1434	2123083.069	Contención 2
30	<i>Pinus leiophylla</i>	593561.0226	2123150.41	Contención 2
31	<i>Pinus leiophylla</i>	593568.4402	2123139.049	Contención 2
32	<i>Pinus leiophylla</i>	593516.379	2123111.522	Contención 2
33	<i>Pinus leiophylla</i>	593548.2213	2123104.440	Contención 2
34	<i>Pinus leiophylla</i>	593556.1331	2123111.878	Contención 2
35	<i>Pinus leiophylla</i>	593556.133	2123111.879	Contención 2
36	<i>Pinus leiophylla</i>	593546.5355	2123087.201	Contención 2
37	<i>Pinus leiophylla</i>	593552.1108	2123068.727	Contención 2
38	<i>Pinus leiophylla</i>	593514.8384	2123076.435	Contención 2
39	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593567.5589	2123100.14	Contención 2
40	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593488.7991	2123089.394	Contención 2
41	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593496.1232	2123061.611	Contención 2
42	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593497.9003	2123053.999	Contención 2
43	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593512.3544	1223046.009	Contención 2
44	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593523.4657	21233037.37	Contención 2
45	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593574.7866	2123081.542	Contención 2
46	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593579.2743	2123071.422	Contención 2
47	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593605.3889	2123102.481	Contención 2
48	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593594.3321	2123092.371	Contención 2
49	<i>Pinus pseudostrubus</i>	593614.001	2121090.001	Contención 2
50	<i>Pinus pseudostrubus</i>	591946.3905	2124480.04	Contención 2
51	<i>Pinus pseudostrubus</i>	591944.7085	2124480.031	Contención 2
52	<i>Pinus pseudostrubus</i>	591937.9281	2124469.484	Contención 2
53	<i>Pinus pseudostrubus</i>	591939.0628	2124473.806	Contención 2
54	<i>Pinus pseudostrubus</i>	591929.368	2124499.321	Contención 2
55	<i>Pinus pseudostrubus</i>	591910.4986	2124467.687	Contención 2
56	<i>Pinus pseudostrubus</i>	591909.3255	2124471.001	Contención 2
57	<i>Pinus pseudostrubus</i>	591913.6157	2124475.006	Contención 2
58	<i>Pinus pseudostrubus</i>	591908.385	2124469.889	Contención 2
59	<i>Pinus pseudostrubus</i>	591917.3079	2124472.479	Contención 2
60	<i>Pinus pseudostrubus</i>	591904.2901	2124468.873	Contención 2



61	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591908.6013	2124468.673	Contención 2
62	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591909.7399	2124472.22	Contención 2
63	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591893.1445	2124469.26	Combate
64	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591893.1539	2124467.378	Combate
65	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591898.4942	2124471.61	Combate
66	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591913.3564	2124463.828	Combate
67	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591917.0937	2124473.253	Combate
68	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591914.6881	2124470.806	Combate
69	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591907.2136	2124472.871	Combate
70	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591897.6644	2124469.393	Combate
71	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591894.0244	2124461.518	Combate
72	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591896.0819	2124470.492	Combate
73	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591897.8607	2124472.16	Combate
74	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591894.2414	2124481.106	Combate
75	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591892.8648	2124483.091	Combate
76	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591896.562	2124479.568	Combate
77	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591892.1711	2124474.677	Combate
78	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591892.5589	2124481.208	Combate
79	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591889.7834	2124489.605	Combate
80	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591886.9165	2124474.319	Combate
81	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591889.514	2124459.503	Combate
82	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591893.1928	2124459.632	Combate
83	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591891.6365	2124455.53	Combate
84	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591892.4892	2124453.21	Combate
85	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591897.1915	2124458.877	Combate
86	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591901.1117	2124452.811	Combate
87	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591902.1547	2124454.476	Combate
88	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591901.0889	2124457.348	Combate
89	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591906.3436	2124457.706	Combate
90	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591914.7971	2124470.032	Combate
91	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591897.8981	2124485.662	Combate
92	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591901.9952	2124486.235	Combate
93	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591896.1705	2124494.727	Combate
94	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591902.2833	2124491.659	Combate
95	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591898.9082	2124493.856	Combate
96	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591904.8522	2124495.3	Combate
97	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591915.2326	2124467.046	Combate
98	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591916.9163	2124466.723	Combate
99	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591902.0963	2124466.095	Combate
100	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591892.6133	2124470.363	Combate
101	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591892.4053	2124469.92	Combate
102	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591899.7824	2124466.305	Combate
103	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591894.0956	2124468.268	Combate
104	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591891.2878	2124462.168	Combate
105	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591885.7822	2124453.909	Combate
106	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591883.7001	2124449.703	Combate
107	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591881.6722	2124459.967	Combate
108	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591875.6766	2124459.357	Combate
109	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591880.2972	2124466.833	Combate
110	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591877.9223	2124471.474	Combate
111	<i>Pinus pseudostrabus</i>	591876.1213	2124475.356	Combate
112	<i>Pinus pseudostrabus</i>	5951873.588	2124480.122	Combate



X. BIBLIOGRAFÍA

- Aquino-Bolaños I y V. Cibrián-Llenderal (2021). Inyección en árboles, una técnica de control contra plagas y enfermedades *In*: Cibrián-Tovar D. Fundamentos para el manejo de plagas forestales. Universidad Autónoma Chapingo.
- Cibrián-Tovar, D. (Ed.). (2017). Fundamentos de entomología forestal. Universidad Autónoma Chapingo.
- Cibrián-Tovar, D... (2021). Fundamentos para el manejo integrado de plagas forestales 978-607-12-0595-7. 1-358.
- Del-Val, E., & Sáenz-Romero, C. (2017). Insectos descortezadores (Coleoptera: Curculionidae) y cambio climático: problemática actual y perspectivas en los bosques templados. TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas, 20(2), 53-60.
- García-Parra, Sánchez-Domingo, A., Laborda R., Xamaní, P. & Rodrigo, E. (2014). Estudio del ciclo biológico y ensayo de endoterapia para el tratamiento de *Chrysomphalus aonidum* en naranjos del arbolado de la zona norte de Valencia. La contribución del Árbol a la ciudad sostenible.