

**EL ESCARABAJO DEL TAMARIX (*Diorhabda* spp.): CONTROL DE  
DEFOLIACIÓN SOBRE PINABETE (*Tamarix aphylla*)**

**GREGORIO ADÁN ESTRADA MUÑOZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN**

**PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**Saltillo, Coahuila, México**

**Junio 2014**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

EL ESCARABAJO DEL TAMARIX (*Diorhabda* spp.): CONTROL DE  
DEFOLIACIÓN SOBRE PINABETE (*Tamarix aphylla*)

TESIS

Presentada por:

GREGORIO ADÁN ESTRADA MUÑOZ

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como  
requisito parcial para optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal



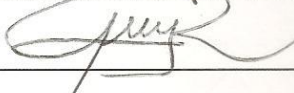
DR. SERGIO RENÉ SÁNCHEZ PEÑA

Asesor



M.C. ARTURO CORONADO LEZA

Asesor



DR. JUAN MARTÍN MARTÍNEZ REYNA

Asesor



DR. ERNESTO CERNA CHAVEZ

DR. FERNANDO RUÍZ ZARATE

Subdirector de Posgrado

Saltillo, Coahuila, México. Junio de 2014

## AGRADECIMIENTOS

A MI ALMA MATER: Por haberme brindado la oportunidad de superarme y darme las herramientas y conocimientos que me harán salir adelante durante toda una vida.

A MIS ASESORES:

Al Dr. Sergio Rene Sánchez Peña: Por sus valiosas enseñanzas, colaboración, amistad, entrega incondicional de tiempo, y por haberme ayudado en todo momento a ser mejor alumno e investigador, lo cuales fue indispensables para la realización de este trabajo.

Al M.C. Arturo Coronado Leza: Por su amistad y apoyo incondicional en todo momento y por su valiosa aportación y tiempo en la revisión de este trabajo, así como sus valiosas sugerencias y apoyo desinteresado.

Al Dr. Ernesto Cerna Chávez: Por su gran ayuda y apoyo en la realización de este trabajo.

Al Dr. Juan Manuel Martínez Reyna: Por su apoyo incondicional, por sus valiosas enseñanzas, sabios consejos y formación durante mi estancia en la universidad y en el Equipo Internacional de Identificación de Planta de Pastizales

Al Ing. José Irvin: Por su ayuda incondicional en la identificación de *Diorhabda* y por su valiosa amistad.

Al Ing. José Luis Hernández López: por el apoyo que me has brindado en todo momento, por ser un excelente amigo y hermano.

Al M.C. Denisse Ramírez Rodríguez: por siempre apoyarme en todo, resolviendo dudas, compartiendo material y experiencia, pero sobre todo por ser una gran amiga.

A todos los profesores del Departamento de Parasitología: Quienes siempre compartieron sus conocimientos y me dieron sus sabios consejos.

A CONACYT por el apoyo económico durante mi maestría y estancia.

## DEDICATORIAS

**Este trabajo está dedicado especialmente para mis padres.**

**Abuela Margarita:** Por todo el amor y apoyo que me diste desde el inicio de mi carrera.

**Mamá:** Por tu amor, desvelos, preocupaciones y enseñanzas durante esta vida, que han hecho de mí un ser humano predicador de paz y armonía. De todo corazón para ti mamá.

**Papá:** De ti he aprendí a hacer las cosas bien cuando se tiene voluntad y ganas de hacerlo. Aquí está la cosecha de lo que tú has sembrado, te agradezco tu amor, afecto y cariño paternal.

**A mis hermanos:**

**Héctor**

**Jose Luis**

**Diego**

**Lupita**

**Juan de Dios**

Gracias por la confianza y apoyo incondicional que siempre me han brindado, y por todos los momentos que hemos pasado juntos en familia, gracias por creer en mí, este trabajo es para ustedes, ya que ustedes me dieron la fuerza para terminar mis estudios profesionales.

A mis compañeros y amigos: Julio, Keren, Pablo, Chay, Elder, Chuy y Oswaldo por todas las aventuras que pasamos, gracias por llevarse el estrés de mi vida cada vez que nos reuníamos, gracias por su amistad y apoyo incondicional.

**COMPENDIO**

**EL ESCARABAJO DEL TAMARIX (*Diorhabda* spp.): CONTROL DE  
DEFOLIACIÓN SOBRE PINABETE (*Tamarix aphylla*)**

**POR:**

**GREGORIO ADAN ESTRADA MUÑOZ**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN**

**PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**SALTILLO, COHAUILA. MAYO 2014**

**Dr. Sergio René Sánchez Peña -Asesor-**

**Palabras clave:** Pinabete, cedro salado, defoliación, *Diorhabda sublineata*, Imidacloprid.

El cedro salado (*Tamarix ramosissima* Ledeb) y pinabete (*Tamarix aphylla* (L.) Karsten) son plantas exóticas nativas de Eurasia, importantes para control de la erosión, ornamentales, rompevientos y sombra en el norte de México. Estas plantas son severamente defoliadas por el escarabajo *Diorhabda* introducido para el biocontrol de especies altamente invasivas de *Tamarix* spp. Especialmente por el escarabajo subtropical tamarisco *Diorhabda sublineata* (Lucas). Este daño ha sido relevante en comunidades cercanas al Rio Grande y Rio Conches en el estado de Chihuahua. Buscando estrategias de control contra este daño, realizamos dos experimentos. En el primer experimento evaluamos tratamientos con insecticida (aplicación a chorro, 70 g de ingrediente activo (i.a.) de imidacloprid para cada árbol, árboles de > 12 m de alto y > 1 m de diámetro basal del tronco) para el control de *D. sublineata* en pinabetes en Ojinaga, Chihuahua, México. Había dos sitios tratados (B y C) y uno sin tratar (control) sitio (A). Después de 116 días, se tomó follaje fresco de árboles tratados y de control, para alimentar a adultos y larvas de *D. sublineata* en laboratorio. Los parámetros de rendimiento del insecticida fueron: Excrementos producidos e insectos que mostraban caída irreversible y convulsiones; para adultos de *D. sublineata*; después de 14 horas en follaje del control, el 100% de los insectos adultos producen altas cantidades de excrementos, y no mostraron caída irreversible; para los sitios B y C con insecticida, el 100% y 86,6% de los insectos adultos producen bajas cantidades de excrementos, y el 33,3% y el 42,2% mostraron caída irreversible, respectivamente. En larvas, los efectos de la alimentación en follaje de árboles tratados con imidacloprid o no tratados durante 14 horas fueron: en follaje de árboles sin tratar (sitio A): el 100% de larvas producen

altas cantidades de excrementos y no mostró caída irreversible; para los sitios B y C con insecticida, el 87,5% y 50% producen bajas cantidades de excrementos, y el 47,5% y el 28,7% mostraron caída irreversible. Para ambos casos (adultos y larvas), la cantidad de excrementos y número de insectos y larvas derribados fueron diferentes significativamente entre árboles tratados y no tratados.

En el segundo experimento, evaluamos tratamientos con insecticida (aplicación a chorro, 70 g A.I. de i.a., arboles > 10 m alto y >1 m de diámetro basal del tronco) en pinabete y cedro salado (aplicación a chorro, 4.37 g de i.a. de imidacloprid para cada árbol, arboles > 5 m de alto y > 20 cm de diámetro del tronco) para control de *D. sublineata* en Ojinaga, Chihuahua, México. Después de 116 días, se realizaron evaluaciones visuales del porcentaje de defoliación por pinabete y cedro salado, utilizando de referencia la escala de clasificación de uso internacional (E.W.R.C.). En pinabete; para arboles no tratados, se obtuvo una media del 55 % de defoliación, se le asignó el grado 6 y para arboles tratados se obtuvo una media del 29.30 % de defoliación y se le asignó el grado 4, las diferencias en porcentajes de defoliación no fueron significativas entre arboles tratados y no tratados. En cedro salado para arboles no tratados, se obtuvo una media del 88% de defoliación, se le asignó el grado 10 y para arboles tratados se obtuvo una media del 35.93% de defoliación y se le asignó un grado de 2, las diferencias en porcentajes de defoliación fueron altamente significativas entre arboles tratados y no tratados. La aplicación a chorro de imidacloprid puede ser una herramienta simple para reducir la defoliación indeseable de árboles de pinabete en el estado de Chihuahua.

**Abstract**

**THE BEETLE OF TAMARIX (*Diorhabda* spp.): DEFOLIATION CONTROL  
OVER PINABETE (*Tamarix aphylla*)**

**DIGEST**

**BY:**

**GREGORIO ADAN ESTRADA MUÑOZ**

**MASTER IN SCIENCE OF AGRICULTURAL PARASITOLOGY**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**SALTILLO, COAHUILA. JUNE 2014**

**Keywords:** Athel tree, saltcedar, defoliation percentage *Diorhabda sublineata*, Imidacloprid.



The Saltcedar (*Tamarix ramosissima* Ledebou) and Athel tree (*Tamarix aphylla* (L.) Karsten) are exotic plants natives to Eurasia, important for shade, wind protection, for erosion control and as ornamentals in North Mexico. These plants are severely defoliated by *Diorhabda* beetles introduced for biocontrol of more invasive *Tamarix* spp., especially by the subtropical tamarisk beetle *Diorhabda sublineata* (Lucas). This damage is relevant in Mexican communities at the Rio Grande and Conchos rivers, in Chihuahua State. Looking for control strategies against this damage, we conducted two experiments. In the first experiment we evaluated the effect of insecticide treatment (one drench, 70 g active ingredient of imidacloprid x single tree, for trees around 1 m basal trunk diameter) on *D. sublineata* on athel trees at Ojinaga, Chihuahua, Mexico. There were two treated (B and C) and one untreated (control) site (A). 116 days after treatment, fresh foliage was taken from treated and control trees, to feed *D. sublineata* adults and larvae in the laboratory. The parameters of insecticide performance were: droppings (excrement) produced, and insects showing irreversible knockdown and convulsions; both were evaluated after beetles were exposed to foliage for 14 hours. After this period of time, 100 % of adult insects on untreated foliage produced high amounts of droppings, and showed no knockdown, while on foliage from treated sites B and C, 100 % and 86.6 % produced low amounts of droppings, and 33.3 % adults and 42.2 % showed knockdown, respectively. In larvae, the effects of feeding on foliage from imidacloprid-treated or untreated trees for 14 hours was: untreated tree (site A): 100 % larvae produced high amounts of droppings and showed no knockdown; for insecticide sites B and C, 87.5 % and 50 % produced low amounts of droppings, and

47.5 % and 28.7 % showed knockdown. For both adults and larvae, the amount of droppings and number of knocked-down insects and larvae were significantly different among treated and control trees.

In the second experiment, we evaluated insecticide treatment (one soil drench, 70 g A.I. imidacloprid per single tree, trees > 12 tall and >1 m trunk diameter) on athel trees and saltcedar (one soil drench, 4.37 g A.I. imidacloprid per single tree, trees > 5 tall and > 20 cm trunk diameter) at Ojinaga, Chihuahua, México. 116 days after application as drench, were conducted visual evaluations of the defoliation percentage by athel tree and saltcedar, using reference the rating scale used internationally E.W.R.C. In athel tree; for untreated trees, the mean was 55% of defoliation and we assign the rank 6 and for the treated trees the mean was 29.77% of defoliation and we assign the rank 4, For athels trees the defoliation percentages were not significantly different among treated and control trees. For saltcedar, for untreated trees was obtained a mean of 88% of defoliation and was assigned a rank 10 and for treated trees was obtained a mean of 35.93 % of defoliation and was assigned a rank of 2. For saltcedars trees the defoliation percentages were significantly different among treated and control trees. Drench application of imidacloprid can be a simple tool to reduce the undesirable defoliation of athel trees in Chihuahua

## ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
Objetivo General.....	4
Objetivos específicos.....	4
Hipótesis.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Origen e impactos del cedro salado ( <i>Tamarix</i> spp).....	5
Ecología del cedro salado.....	6
El pinabete ( <i>T. aphylla</i> ).....	6
Situación actual del pinabete.....	7
El Programa de Control Biológico.....	8
Características de <i>Diorhabda</i> spp.....	12
Descripción general.....	12
Biología y comportamiento.....	13
Efectos de <i>Diorhabda</i> spp en <i>Tamarix</i> spp.....	15
Control químico- Imidacloprid.....	16
ARTÍCULO 1.....	17
ARTÍCULO 2.....	36
CONCLUSIONES.....	52
LITERATURA CITADA.....	53

No. de Fig.		Pag.
Figura 1	<i>T. aphylla</i> con una defoliación severa por <i>Diorhabda</i> spp.....	8
Figura 2	Localidades donde se ha detectado el avance del escarabajo del cedro salado (octubre 2011) en los márgenes del Rio Bravo y Rio Conchos en el Estado de Chihuahua.....	11
Figura 3	Especies de <i>Diorhabda</i> importadas y liberadas en USA (Fotografía tomada por Steven Schafersman).....	13
Figura 4	a) Huevos de <i>Diorhabda</i> spp depositados sobre hoja de cedro salado (fotografía tomada por Texas A&M University). b) Estadio 2 de <i>Diorhabda</i> spp (fotografía tomada por PROFAUNA).....	14
Figura 5	Escarabajos adultos ( <i>Diorhabda</i> spp.) alimentándose de follaje del pinabete ( <i>T. aphylla</i> ).....	15

## INTRODUCCIÓN

El cedro salado (*Tamarix* spp., Tamaricaceae: Tamaricales) originario de Eurasia, *Tamarix* spp. fue introducido en América del Norte para el control de la erosión y como ornamental en el siglo XIX (DiTomasco, 1998). Sin embargo ha causado serios daños ecológicos y económicos a los recursos de agua y vida silvestre en el oeste de América del Norte (Moran *et al.*, 2009). Las dos especies de más amplia distribución, desde las planicies del norte de Estados Unidos hasta el norte de México, son *Tamarix ramosissima* Ledebour y *Tamarix chinensis* Loureiro, que a menudo se hibridizan; y otras dos especies, *Tamarix canariensis* Willdenow y *Tamarix gallica* Linneo (Gaskin y Schaal, 2003), se hallan en la costa del Golfo de México. Una quinta especie, *Tamarix parviflora* de Candolle, es más común en canales costeros del Pacífico. El pino salado puede ser controlado por herbicidas químicos, remoción mecánica y quema (DiTomaso, 1998), pero estos métodos son costosos y puede causar daños importantes a plantas nativas y a la vida silvestre.

El control biológico es el método mejor recomendado para malezas exóticas invasoras, en ecosistemas relativamente estables como las áreas naturales (PROFAUNA, 2011). Nuestras peores malezas fueron importadas de otros continentes, sin sus enemigos naturales, lo que le permite a estas malas hierbas importadas a crecer sin

control. El objetivo del control biológico es reducir permanentemente la abundancia de la maleza a niveles que no causen daños mayores, y no precisamente erradicarla (DeLoach, 2009). El cedro salado es una planta o maleza con muy pocos enemigos naturales en América del Norte. Por tanto, se investigó el biocontrol, el uso de enemigos naturales para ayudar a controlar las plagas, incluidas las malas hierbas. En los 80's el Dr. Jack DeLoach y su grupo (USDA en Temple, Texas), comenzaron la exploración en el extranjero para localizar a enemigos naturales de *Tamarix* spp. Estos esfuerzos llevaron a los investigadores del USDA a China, Kazajstán, Uzbekistán, Túnez, Grecia y muchos otros lugares en donde fueron guiados por los entomólogos locales, con el control biológico se esperaba reducir la abundancia del pino salado hasta en un 75-85%, y con esto se esperaba que la vegetación nativa regresara poco a poco (DeLoach, 1997).

Para el control biológico del pino salado (*Tamarix* spp), se introdujeron a EUA cinco especies de escarabajo del género *Diorhabda* (*Chrisomelidae*) (*Diorhabda carinulata* (Desbrochers), *D. elongata* desertícola (Chen), *D. elongata* (brullé), *D. sublineata* (Lucas) y *D. carinata* (Faldermann) (PROFAUNA, 2011), que se alimentan únicamente del género *Tamarix*. Sin embargo el agente de control biológico seleccionado fue el escarabajo *Diorhabda elongata* proveniente del centro de Eurasia. Para probar su inocuidad para el ambiente y su especificidad alimenticia, hicieron numerosas investigaciones en situación de cuarentena en Temple, Texas y debido a que el escarabajo es muy específico en su alimentación decidieron liberarlo en Mayo del 2001 en Nevada, Utah, Colorado y Wyoming (DeLoach *et al.*, 2009). Sin embargo las

mayores y más impactantes poblaciones de pino salado están a lo largo del Río Colorado, Utah, Arizona, California y México y el Río Grande de Nuevo México, Texas y México, donde para la aplicación del control biológico en zonas fronterizas con México se requieren acuerdos binacionales por el impacto ambiental que esto pueda ocasionar (PROFAUNA, 2011). Sin embargo, en 2007, autoridades mexicanas manifestaron su aprobación (no objeción) a E.U. para liberar escarabajos de *Diorhabda* a lo largo del Río Bravo del lado americano entre Presidio y Candelaria Texas, comprometiéndose los E.U. a la reparación de daños en especies no objetivos del programa. En el 2009, se liberó el escarabajo en cinco sitios del Río Bravo (Grande) dispersándose en territorio de México, en donde se ha interpretado de dos formas. La primera como positiva por su agresividad y eficiencia en el control de *Tamarix* spp y la segunda como negativa, en donde el daño es ocasionado sobre el árbol de athel o pinabete (*Tamarix aphylla* (L.) Karsten) (PROFAUNA, 2011), un árbol exótico que se ha plantado para sombra y protección contra el viento en las zonas urbanas y rurales del suroeste de los E.U. y el norte de México (Milbrath y DeLoach, 2006). El árbol de athel, está siendo defoliado severamente por *Diorhabda*, y es una planta no blanco en el control biológico de *Tamarix* spp. Este daño es relevante en comunidades rurales localizadas en los márgenes del Río Grande y Conchos, en esta zona al pinabete tiene diferentes usos (postes, miel, alimento para ganado, sombra, ornamento, etc.) por lo cual, es urgente un monitoreo (estudios ecológicos) en lugares estratégicos a lo largo de ambos ríos (Zamorano, 2012).

Debido a lo anterior se plantearon los siguientes objetivos:

#### OBJETIVO GENERAL

Analizar los impactos y estudios de control de *Diorhabda sublineata* sobre cedro salado y pinabete en el norte del Estado de Chihuahua, México.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- 1) Evaluar la protección de follaje de pinabete (*T. aphylla*) mediante aplicación de imidacloprid al suelo.
- 2) Comparar y evaluar el porcentaje de defoliación de cedro salado y pinabete después de aplicación de imidacloprid al suelo.

#### HIPOTESIS

- Al menos un tratamiento insecticida ofrecerá efectos positivos al proteger al pinabete *T. aphylla*.
- Se espera que el porcentaje de defoliación sea menor en arboles tratados con imidacloprid



## REVISIÓN DE LITERATURA

Origen e impactos del cedro salado (*Tamarix* spp)

El cedro salado (*Tamarix* spp. [este género incluye aproximadamente 54 especies], Tamaricaceae: Tamaricales) es nativo de Eurasia y África (Crins, 1989; DiTomaso, 1998), con un importante centro de especiación en Pakistán, Afganistán, Iran, Turkmenistan, sur de Kazajstán, zona oeste de China y otro en la zona del Mediterráneo oriental (Baum, 1978 citado por DeLoach, 2000). *Tamarix*, junto con otros dos géneros, *Myricaria* y *Reaumuria*, constituyen la familia *Tamaricaceae*. Cerca de 10 especies de *Tamarix* se introdujeron y fueron ampliamente plantadas en América del Norte para control de erosión, como ornamental y como barreras rompevientos en el siglo XIX (DiTomasco, 1998; DeLoach, 2007). Sin embargo, ha causado serios daños ecológicos y económicos a los recursos de agua y vida silvestre en el oeste de América del Norte (Scott, 2000; Moran *et al.*, 2009). Las dos especies de más amplia distribución, desde las planicies del norte de Estados Unidos hasta el norte de México, son *Tamarix ramosissima* Ledebour y *Tamarix chinensis* Loureiro, que a menudo se hibridizan; y otras dos especies, *Tamarix canariensis* Willdenow y *Tamarix gallica* Linneo (Gaskin y Schaal, 2003), se hallan en la costa del Golfo de México. Otra especie importante es *Tamarix parviflora* de Candolle, que invade zonas costeras y centrales de California. El

cedro salado puede ser controlado por herbicidas químicos, remoción mecánica y quema (DiTomaso, 1998), pero estos métodos son costosos y puede causar daños importantes a plantas nativas y a la vida silvestre.

### Ecología del cedro salado

Los cedros salados son freatófito facultativo y plantas halofitas facultativas que se propagan por el viento, por el agua o mediante la semilla vegetativa. Son polinizadas principalmente por insectos, y viento (Shmida, 1991) son tolerantes a la sequía e inundaciones, y es difícil de controlar con herbicidas o demoler (Everitt, 1980; DeLoach, 1996, 2000). Cuando el SC madura, su consumo de agua es excesivo. El SC puede utilizar agua subterránea salina y desechar el exceso de sales a través de las glándulas de las hojas, que luego cae y se acumula en la superficie del suelo, matando a otras plantas (DeLoach, 2000). El follaje caído SC es altamente inflamable, causando un aumento en la frecuencia de incendios. Insectos norteamericanos nativos causan poco o ningún daño a los cedros salados.

El pinabete (*Tamarix aphylla*).

El pinabete (*Tamarix aphylla* (L.) Karsten) (Conocido como Athel en USA) es un árbol que no tolera el frío, muy grande (aproximadamente de 18 m de altura), es una especie exótica de *Tamarix*, de hoja perenne, que se ha plantado como planta ornamental, barreras contra el viento y como árbol de sombra en zonas urbanas y rurales en todo el suroeste de USA y el norte de México (Moran *et al.*, 2009). El pinabete es

invasora en Australia (Griffin *et al.*, 1989), en el Lago Mead, a lo largo de la parte baja del Río Colorado, en el Mar Salton en California y en varios puntos de la cuenca del Río Grande Basin en Texas y México. Híbridos con *T. ramosissima* y *T. chinensis* se han descubierto en el Lago Mead en Nevada, Blythe, CA, y a lo largo del río Gila al este de Yuma en Arizona, (Gaskin y Shafroth, 2005). No obstante, el pinabete es actualmente una planta de no-objetivo en el control de biológico del cedro salado. Sin embargo, sólo *T. ramosissima* y *T. parviflora* son objetivos para el control biológico en los Estados Unidos (DeLoach, 2000).

#### Situación actual del pinabete

El pinabete un árbol exótico se ha plantado para sombra y protección contra el viento en las zonas urbanas y rurales del suroeste de los E.U. y el norte de México (Milbrath y DeLoach, 2006). El pinabete está siendo defoliado severamente por *Diorhabda*, y es una planta no blanco en el control biológico de *Tamarix* spp (Figura 1). Este daño es relevante en comunidades rurales localizadas en los márgenes del Río Grande y Conchos, en esta zona al pinabete tiene diferentes usos (postes, miel, alimento para ganado, sombra, ornamento, etc.) por lo cual es urgente un monitoreo (estudios ecológicos) en lugares estratégicos a lo largo de ambos ríos (Zamorano, 2012).



Figura 1. *T. aphilla* con una defoliación severa por *Diorhabda* spp (Fotografía por Adán Estrada, UAAAN, 2013)

### El Programa de Control Biológico

El control biológico, es el método mejor recomendado para malezas exóticas invasoras, en ecosistemas relativamente estables como las áreas naturales (PROFAUNA, 2011). Nuestras peores malezas fueron importados de otros continentes, sin sus enemigos naturales, lo que le permite a estas malas hierbas importadas a crecer sin control. El objetivo del control biológico es reducir permanentemente la abundancia de la maleza a niveles que no causen daños mayores, y no precisamente erradicarla (DeLoach, 2009). El cedro salado es una maleza con muy pocos enemigos naturales en

América del Norte. Por lo cual se investigó el biocontrol, el uso de enemigos naturales para ayudar a controlar las plagas, incluidas las malas hierbas, para eso en la década de 1980, el Dr. Jack DeLoach y su grupo (USDA en Temple, Texas), comenzaron la exploración en el extranjero para localizar a enemigos naturales de *Tamarix*. Estos esfuerzos llevaron a los investigadores del USDA a China, Kazajstán, Uzbekistán, Túnez, Grecia y muchos otros lugares en donde fueron guiados por los entomólogos locales, con el control biológico se esperaba reducir la abundancia del cedro salado hasta en un 75-85%, y que la vegetación nativa regresara poco a poco (DeLoach, 1997). Para el control biológico del cedro salado (*Tamarix* spp), se introdujeron a EUA cinco especies de escarabajo del género *Diorhabda* (Chrisomelidae), *Diorhabda carinulata* (Desbrochers), *Diorhabda elongata* desertícola (Chen), *Diorhabda elongata* (brullé), *Diorhabda sublineata* (Lucas) y *Diorhabda carinata* (Faldermann) (PROFAUNA, 2011), que se alimentan únicamente del género *Tamarix*. Sin embargo, el agente de control biológico seleccionado fue el escarabajo *D. elongata* proveniente del centro de Eurasia. Para probar su inocuidad para el ambiente y su especificidad alimenticia, hicieron numerosas investigaciones en situación de cuarentena en Temple, Texas y debido a que el escarabajo es muy específico en su alimentación decidieron liberarlo en Mayo del 2001 en Nevada, Utah, Colorado y Wyoming (DeLoach *et al.*, 2009). Sin embargo las mayores y más impactantes poblaciones de cedro salado están a lo largo del Río Colorado, Río Grande de Nuevo México, Texas, Utah, Arizona, California y México. Para la aplicación del control biológico en zonas fronterizas con México se requirieron acuerdos binacionales por el impacto ambiental que esto pueda ocasionar

(PROFAUNA, 2011). En 2007 autoridades mexicanas manifestaron su aprobación (no objeción) a E.U. para liberar escarabajos de *Diorhabda* a lo largo del Río Bravo del lado americano entre Presidio y Candelaria Texas, comprometiéndose los E.U. a la reparación de daños en especies no objetivos del programa. En el 2009, se liberó el escarabajo en cinco sitios del Río Bravo (Grande) dispersándose en territorio de México (Figura 2), en donde se ha interpretado de dos formas. La primera como positiva por su agresividad y eficiencia en el control de *Tamarix* spp y la segunda como negativa, en donde el daño es ocasionado sobre el pinabete (*T. aphylla*) (PROFAUNA, 2011).



## Características de *Diorhabda* spp

### Descripción general

Los escarabajos son insectos del Orden Coleoptera y son el grupo de insectos con mayor número de especies (Morón, 2004). *D. elongata* es una especie conocida como Escarabajo del Tamarix del Mediterráneo (MTB por sus siglas en inglés Mediterranean Tamarix Beetle). Se alimenta de las hojas de los tamariscos de Portugal, Este de Argelia y sur de Rusia. *D. elongata* es utilizado en América del Norte como un agente de control biológico contra el cedro salado o tamarisco (*Tamarix* spp.), especie invasora en ecosistemas acuáticos de climas áridos y semiáridos (PROFAUNA, 2011). Localmente es conocido como escarabajo de la hoja o del cedro salado (Tracy y Robbins, 2009). *D. elongata* fue descrita por primera vez desde la península del Peloponeso de Grecia como *Galeruca elongata* Brullé (1832). Mulsant y Wahanru (1852) encontraron a *D. elongata* en el suroeste de Turquía, y lo describieron como *Galeruca costalis* Mulsant. Reiche y Saulcy en 1858 lo identificaron correctamente como sinónimo de *G. elongata* pero erróneamente identificaron dos especies hermanas de escarabajos, *G. carinata* Faldermann (1837) y *G. sublineata* Lucas (1849) como sinónimos menores de *G. elongata*. Weise (1883) creó el género *Diorhabda* y erróneamente, ubicó la especie hermana *G. carinulata*. Desbrochers (1870) como sinónimo de *D. elongata*. Berti y Rapilly (1973) reconocieron *D. carinata* y *D. carinulata* como especies separadas unas de otras, y, en consecuencia, como especie separada de la *D. elongata*, basados en la morfología sexual masculina detallada. Tracy y Robbins, (2009) confirmaron los hallazgos de Berti y Rapilly (1973), reconocieron a *D. sublineata* como una especie distinta de *D. elongata*, separando a *D. elongata* de otras cuatro especies hermanas:



*Diorhabda carinata*, *Diorhabda sublineata*, *Diorhabda carinulata* y *Diorhabda meridionalis*.

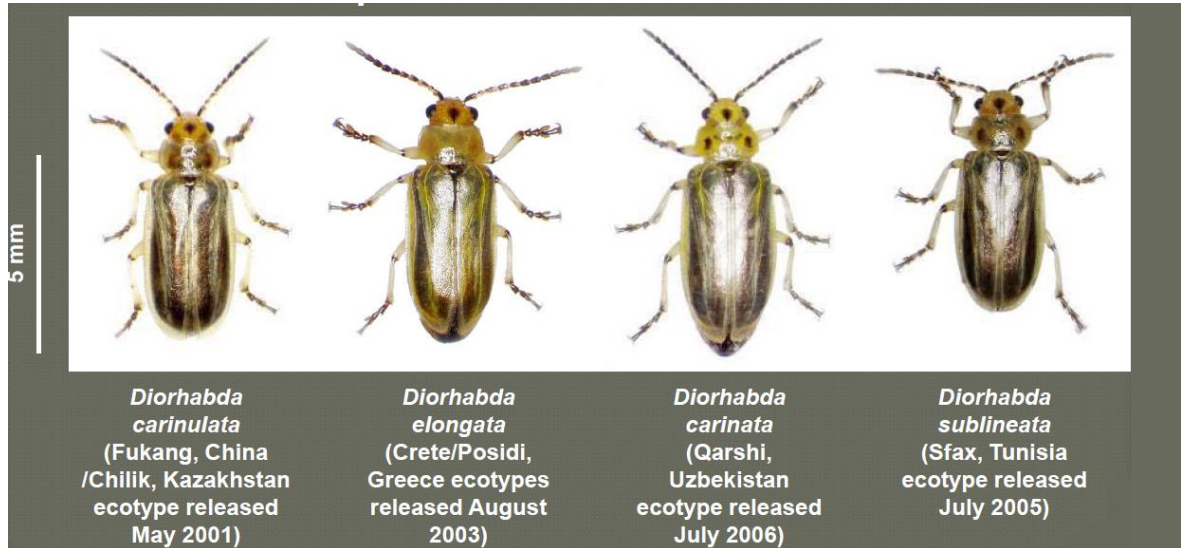


Figura 3. Especies de *Diorhabda* importadas y liberadas en USA (Imagen hecha por Steven Schafersman en el 2013).

### Biología y comportamiento

El MTB (*Diorhabda* spp), deposita los huevos en masas de 2-20 en el follaje. Estos huevecillos eclosionan aproximadamente en 7-10 días. Los huevos son de 0.99 mm por 0.8 mm de diámetro. Son de color amarillo brillante cuando se depositados y se vuelve a un bronceado blanquecino a medida que envejecen (Figura 4). Las larvas se alimentan de las hojas del *Tamarix*. En el desarrollo larval se observan tres estadíos; en el primero la larva alcanza una longitud de 2 mm, en el segundo alcanza los 4 mm y en el tercero 9 mm (Figura 4). En los primeros dos estadios las larvas se alimentan del follaje más tierno del *Tamarix*; el tercer estadío es el más agresivo ya que si el follaje disminuye la larva desciende a consumir la corteza y brotes del año. Todo esto ocurre

durante cinco días, después cae al suelo donde forma una pupa con materia orgánica y secreciones de seda producidos por la larva. Una semana más tarde, adultos escarabajos emergen de las pupas (Figura 5). Dos o más generaciones se producen cada año. Cuando llega el invierno, los adultos viven debajo de la hojarasca que se localiza bajo el *Tamarix* (PROFAUNA, 2011).

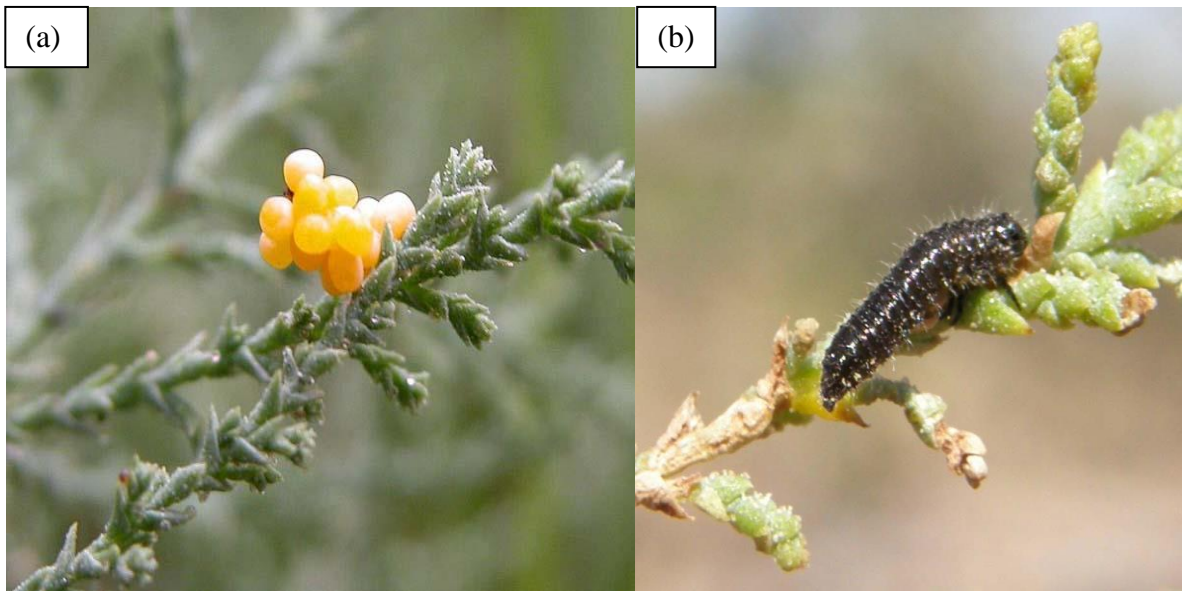


Figura 4. a) Huevos de *Diorhabda* spp depositados sobre hoja de cedro salado (fotografía tomada por Texas A&M University). b) Estadio 2 de *Diorhabda* spp (fotografía tomada por PROFAUNA).



Figura 5. Escarabajos adultos (*Diorhabda sublineata*.) alimentándose de follaje del pinabete (*T. aphylla*) (Fotografía por Adán Estrada 2013).

#### Efectos de *Diorhabda* spp en *Tamarix* spp

El *Tamarix* no muere con una sola defoliación debido al escarabajo, sino que defoliaciones repetidas son las que llevan a la muerte a plantas de *Tamarix* por influencia del escarabajo, esto ocurre después de varios años (DeLoach y Carruthers, 2004), debido a la severa disminución de las reservas de carbohidratos no estructurales en la corona de cada árbol (Hudgeons *et al.*, 2007). El control biológico del *Tamarix* por el escarabajo *Diorhabda* spp, no va a erradicar a la especie, pero tiene el potencial para suprimir las poblaciones en 75-85%, después de que ambos, escarabajo y *Tamarix*,

alcancen el equilibrio en los niveles inferiores (Tracy y DeLoach, 1999; DeLoach y Carruthers, 2004).

#### Control químico de *Diorhabda* spp. - Imidacloprid

El imidacloprid es un neonicotinoide que actúa en el sistema nervioso central de los insectos causando un bloqueo irreversible de los receptores nicotínicos de la acetilcolina, es decir; cuando la acetilcolina se liga a receptores nicotínicos, estos sufren un cambio en su estructura que permite el ingreso de iones de  $\text{Na}^+$ , llevando a la despolarización de la célula.

El imidacloprid es un insecticida neuroactivo diseñado a partir de la nicotina. Es sistémico con actividad residual y se encuentra bajo la clasificación de toxicidad tipo II o tipo III. El imidacloprid es patentado, fabricado y vendido por Bayer Cropscience (parte de Bayer AG) bajo diversas marcas tales como: Admire, Advantage, Confidor, Escocet, Gaucho, Hachikusan, Kohinor, Kopy, Merit, Nuprid, Impacto, Picus, Premise, Prothor, Seedoprid, Winner y otras más. Está etiquetado como utilizable para una amplia gama de plagas, incluyendo el suelo, semillas, mascotas, tratamientos foliares en algodón, arroz, cereales, cacahuate, nogales y tratamientos para césped. Es eficaz contra insectos chupadores, insectos del suelo, moscas blancas y termitas, sin embargo, hay numerosos reportes que indican que también se puede utilizar para escarabajo que se alimentan de follaje (Soft, 2005).

## ARTÍCULO 1

### **Evaluation of Imidacloprid Applied as Drench to Athel Trees (*Tamarix aphylla*) for Control of *Diorhabda sublineata* at Ojinaga, Chihuahua, Mexico.**

Gregorio Adán Estrada-Muñoz<sup>1</sup> and Sergio R. Sánchez-Peña<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (Departamento de Parasitología),  
Saltillo, Coahuila, México. gaem24@hotmail.com.

## Abstract.

The athel tree, siempreverde, rompeviento or pinabete (*Tamarix aphylla* (L.) Karsten) is an exotic ornamental tree that is important for shade and wind protection in northern Mexico. There, this tree is severely defoliated by *Diorhabda* beetles introduced for biocontrol of other arbustive, invasive *Tamarix* spp., especially by the subtropical tamarisk beetle *Diorhabda sublineata* (Lucas). The damage is conspicuous in Mexican communities at the Rio Grande and Conchos rivers basins, in Chihuahua state. Looking for control strategies against this damage, we evaluated the effect of insecticide treatment (one drench, 70 g active ingredient of imidacloprid x single tree, for trees around 1 m basal trunk diameter) on *D. sublineata* on athel trees at Ojinaga, Chihuahua, Mexico. There were two treated (B and C) and one untreated (control) site (A). 116 days after treatment, fresh foliage was taken from treated and control trees, to feed *D. sublineata* adults and larvae in the laboratory. The parameters of insecticide performance were: droppings (excrement) produced, and insects showing irreversible knockdown and convulsions; both were evaluated after beetles were exposed to foliage for 14 hours. After this period of time, 100 % of adult insects on untreated foliage produced high amounts of droppings, and showed no knockdown, while on foliage from treated sites B and C, 100 % and 86.6 % produced low amounts of droppings, and 33.3 % adults and 42.2 % showed knockdown, respectively. In larvae, the effects of feeding on foliage from imidacloprid-treated or untreated trees for 14 hours was: untreated tree (site A): 100 % larvae produced high amounts of droppings and showed no knockdown;

for insecticide sites B and C, 87.5 % and 50 % produced low amounts of droppings, and 47.5 % and 28.7 % showed knockdown. For both adults and larvae, the amount of droppings and number of knocked-down insects and larvae were significantly different among treated and control trees. Drench application of imidacloprid can be a simple tool to reduce the undesirable defoliation of athel trees in Chihuahua.

Keywords: Athel tree, *Diorhabda sublineata*, imidacloprid.

## Introduction

Saltcedars (*Tamarix* spp.), native to Eurasia and Africa (Crins 1989), were introduced to western North America for erosion control and as ornamentals in the XIX century (DiTomaso 1998). However, they infested banks and riverbeds, causing serious damage to water resources and ecosystems (Moran et al. 2009). Saltcedars are invasive plant with few natural enemies in North America. In the 80's, Dr. Jack DeLoach and his group (USDA-ARS at Temple, Texas) explored abroad for natural enemies of *Tamarix* (Milbrath and DeLoach, 2006). The biological control agents selected were beetles, *Diorhabda* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae) from Eurasia. After testing plant host specificity, beetles were released in 2001 in the USA (DeLoach et al. 2009). In 2009 the beetles were released in five sites of the Rio Bravo (Grande), and they dispersed into Mexico. There, the insect is generally considered positive, for its voracity and efficiency in the control of invasive saltcedars; however, the insect has inflicted significant damage to athel tree (*Tamarix aphylla* (L.) Karsten), an exotic ornamental

species in northern Mexico (PROFAUNA 2011). This tree is important for shade and wind protection there (Milbrath and DeLoach, 2006). Defoliation of athel trees is relevant in communities at the Rio Grande and Conchos rivers basins, where few landscape trees tolerate drought and salinity, and provide similar levels of shade and wind protection (Zamorano 2012). Drench application of systemic insecticides, like the neonicotinoid imidacloprid, is a very simple method that provides effective protection against (mainly sucking) insects feeding on tree leaves (Webb et al. 2003; Dilling et al. 2010; Griffin 2010) and also against chewing insects, like beetles (Coleoptera) (Frank et al. 2007; Tenczar and Krischik 2007). Muegge (2011) suggested that systemic insecticides, including imidacloprid, be used to protect athel trees from *Diorhabda* in Texas. However, there are apparently no specific trials or data on *Diorhabda* control on athel trees. The objective of this work was to evaluate (in the laboratory) protection of *T. aphylla* foliage, recording beetle fecal matter (dropping) production as indicator of foliage consumption, and knockdown of larvae and adult insects, when exposed to foliage from athel trees treated with a drench application of imidacloprid.

## **Materials and Methods**

The experiment (application of imidacloprid) was conducted in La Esmeralda, Ojinaga, Chihuahua, Mexico, (29° 34' N and 104° 27' W, at 787 m above sea level), 1 March, 2013. Insecticide treatment consisted of 70 g active ingredient (A.I.) of imidacloprid/m tree basal diameter (equivalent to 1.75 g A.I./2.54 cm basal diameter). This is according to the reports of Frank et al. (2007) against foliage-feeding scarabs,



and Webb et al. (2003) and others, for sucking insects (adelgids) control. These authors mention dosages of 40-60 gr A.I/m Diameter at Breast Height (DBH, usually at 1.4 m height). We do not report DBH because the trunks of athel trees are very commonly slanted or even horizontal, sometimes prostrated, and deformed. We tried to adjust the dosage considering that trees are usually thicker at the base. The imidacloprid used was Picador™ (Gowan Mexicana, Mexicali, Baja California). Treated trees were large ( $\geq 10$  m high and  $\geq 1$  m trunk diameter); this tree size is typical in the area. 500 g of commercial product (packed in two water-soluble bags) were dissolved in 20 liters of water. Four liters of this insecticide solution were applied to each tree as follows: four wells were dug around each tree; each well was 20-40 cm deep and 20-30 cm in diameter. There was one well per quadrant, at 80 cm-1 m from the base of the tree. One liter of solution was applied in each well (total four liters). In this way the imidacloprid was applied as a soil drench near the base of the tree (Webb et al. 2003, Ward et al. 2004, Cowles et al. 2006, Griffin 2010), and flushed with 5-10 additional liters of water/well. There were 20 treated trees and 7 untreated trees. Some roots of athel trees are very shallow; roots and rootlets with absorbent hairs were very often observed when digging the wells. It was expected that this facilitated insecticide absorption.

**Bioassay of foliage from treated athel trees.** 116 days after drench application (24 June 2013), fresh foliage was taken from treated and control athel trees. One control athel tree (A) and two imidacloprid treated athel trees (B and C) were selected. Trees were located at different sites of La Esmeralda, Ojinaga, Chihuahua. Adult beetles and large larvae were collected on untreated trees, at least 1 km from treated trees. Insects were fed with foliage from treated or untreated trees in 335 ml plastic cups. For adult

beetles, there were 15 replicates (cups)/treatment, and 6 insects/replicate; and for larvae, there were 8 replicates (cups)/treatment, with 10 large (7-9.4 mm) larvae per replicate.

Parameters evaluated were: a) numbers of insects and larvae showing irreversible knockdown or convulsions after 14 hours of exposure to foliage; and b) dropping (fecal pellets) production, as indicator of treated and untreated foliage ingestion. The values of pellet production registered were 1: (no or little pellet production), 2 (some pellet production) and 3 (abundant pellets produced). Due to non-unambiguous normality of knock-down data, and the ordinal character of pellet production data (Fowler et al. 1998), the Kruskal-Wallis test for treatment median comparison was used for analysis (Lowry 2014). Since there are no post-hoc pair-wise comparisons of groups on the Kruskal-Wallis test, planned pair-wise individual comparisons of insecticide treatments were made against the untreated control using the Mann-Whitney test (Lowry 2014) adjusting for experimentwise type I error rate (i.e. Bonferroni approach; Ruxton and Beauchamp 2008).

## **Results and Discussion**

Dropping production and knock-down after feeding for 14 hours on foliage from imidacloprid-treated or untreated trees was as follows: for adults on foliage from untreated site (A): 100 % insects produced high amounts of droppings and showed 0 % knockdown, while on foliage from both insecticide sites (B and C) 100 % and 86.6% adults produced low amounts of droppings (Fig. 3), and 33.3 % and 42.2 % adults showed irreversible knockdown (Fig. 4). Only foliage from treated trees (B and C)

induced knockdown. Differences of medians for both amount of droppings and number of knocked-down insects were highly significantly among adult beetles exposed to foliage from treated and untreated trees ( $p = 0.0001$ ;  $p < 0.0001$ , respectively; Kruskal-Wallis test). Differences in amounts of droppings produced by adults were highly significant between the untreated site and each of the insecticide sites ( $P < 0.000$ ; Mann-Whitney test), and not significant between insecticide sites (B and C) ( $P < 0.15$ ; Mann-Whitney test). Differences in amounts of knocked-down adult insects were highly significant between the untreated site and each of the insecticide sites ( $P < 0.000$ ; Mann-Whitney test), and not significant between insecticide sites (B and C) ( $P = 0.448$ ; Mann-Whitney test).

For larvae, dropping production and knock-down insects after feeding for 14 hours on foliage from imidacloprid-treated or untreated trees was as follows: on foliage from untreated site (A), 100 % larvae produced high amounts of droppings and showed no knockdown; on foliage from insecticide sites B and C, 87.5 % and 50 % produced low amounts of droppings (Fig. 5), and 47.5 % and 28.7 % showed irreversible knockdown respectively (Fig. 6). Only foliage from treated trees (B and C) induced knockdown. Differences of medians for both amount of droppings and number of knocked-down beetle larvae were highly significant among insects exposed to foliage from treated and untreated trees ( $P = 0.0002$  and  $P = 0.0005$ , respectively; Kruskal-Wallis test). Differences in amounts of droppings produced by larvae were highly significant between the untreated site and insecticide site B ( $P < 0.000$ ; Mann-Whitney test). Considering the Bonferroni approach, amounts of droppings produced by larvae were not different between the untreated site and insecticide site C ( $P = 0.027$ ; Mann-

Whitney test). Differences in amounts of droppings produced by larvae were significant between insecticide sites B and C ( $P = 0.003$ ; Mann-Whitney test). Differences in amounts of knocked-down insect larvae were highly significant between the untreated site and insecticide site B ( $P < 0.000$ ; Mann-Whitney test); significant between the untreated site and insecticide site C ( $P = 0.004$ ; Mann-Whitney test); and not significant between insecticide sites (B and C) ( $P < 0.071$ ; Mann-Whitney test).

In the field, dozens of killed and moribund beetles were clearly visible under treated trees only (Fig. 1). In the laboratory, it appeared that beetles feeding on treated foliage were rapidly intoxicated and knocked-down, being prevented from continued feeding and from ingesting a more rapidly lethal dose of insecticide.

There are few reports on systemic chemical control of *Diorhabda* on *Tamarix* spp. Our dosages (drenches of 70 g imidacloprid/tree  $\geq 1$  m basal diameter [=1.75 g A.I./2.54 cm basal diameter]) are comparable to previous tests on foliar insect control using imidacloprid on large trees. It should be mentioned that most previous evaluations report DBH for dosage calculation; however, as mentioned, most athel trees reported in the present work had very slanted, irregular or deformed trunks, or even horizontal, prostrated trunks, precluding the reliable use of DBH as measurement (Fig. 2). Webb et al. (2003), Dilling et al. (2010) and Griffin (2010) used 40-60 g AI/1m DBH on hemlock trees, for woolly adelgid, *Adelges tsugae* (Hemiptera: Adelgidae) control, with positive results. Cowles et al. (2006) report that the recommended (label) amount of imidacloprid in hemlock for *Adelges* control is in the range of 28-56 gr A.I./1 m DBH. In the work by Webb (2003), hemlock trees treated with imidacloprid were rated in good condition, while those untreated received poor ratings due to continued dieback caused

by woolly adelgid. An amount of 59 g AI/tree for American elm (DBH, 1m) was used for control of European elm scale, *Eriococcus spuria* (Hemiptera: Eriococcidae) and elm cockscomb gall aphid, *Colopha ulmicola* (Homoptera: Aphididae) (Szczepaniec et al. 2013). Regarding the use of imidacloprid for beetle control on trees, 60 g AI/tree for linden trees (DBH, 1m) were used for Japanese beetles, *Popillia japonica* (Coleoptera: Scarabaeidae) control (Frank et al. 2007); and 52-60 g AI/tree on ash trees (DBH, 1 m) were used for emerald ash borer control (Herms and Shetlar 2007, Smitley et al. 2010). There are very few reports on the use of imidacloprid against leaf-feeding beetles in the Chrysomelidae. Tenczar and Krischik (2007) report the use of this compound on hybrid poplar saplings against cottonwood leaf beetle, *Chrysomela scripta* (Coleoptera: Chrysomelidae). However, their results are not directly comparable to the present work because they worked with considerably smaller plants (saplings 23 cm long). Lawson and Dahlsten (2003) injected imidacloprid in the trunk of American elm trees, against elm leaf beetle, *Xanthogaleruca luteola* (Müller) (Coleoptera: Chrysomelidae), with positive results.

Compared to sprays or broadcast applications, in-soil application of systemic insecticides is considered to have a reduced negative impact upon non-target organisms, as well as minimize human exposure to chemicals. The present work indicates that one drench application of imidacloprid as described can significantly reduce feeding and induce high mortality levels on *Diorhabda* adults and larvae attacking foliage of athel trees. Imidacloprid drench can be a straightforward tool to reduce the undesirable defoliation of athel trees by *D. sublineata*. In this case, all recommendations on pesticide

use should be followed, and undesirable side effects of imidacloprid applications should be monitored.



Fig. 1. Dead and knocked-down *Diorhabda sublineata* beetles under imidacloprid-treated trees in the field.



Fig. 2. Athel trees have slanted, commonly irregular or deformed trunks, or even horizontal, prostrated trunks.

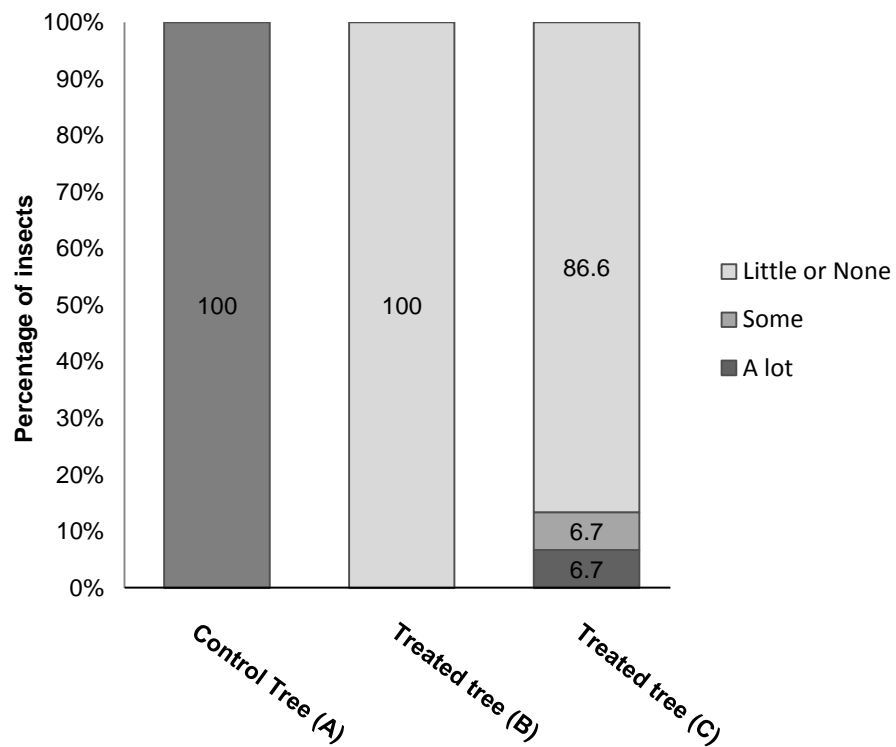


Fig. 3. Dropping levels produced by adult *Diorhabda* fed on foliage from untreated (A) and treated trees (B and C). Percentages indicate the fraction of adult beetles producing low levels (little or none), intermediate levels (some) or high levels (a lot) of fecal pellets (droppings). There were significant differences ( $P < 0.05$ ) on median dropping production (Kruskal-Wallis test). Both insecticide treatments are significantly different from the control (Mann-Whitney test,  $P < 0.05$ ).



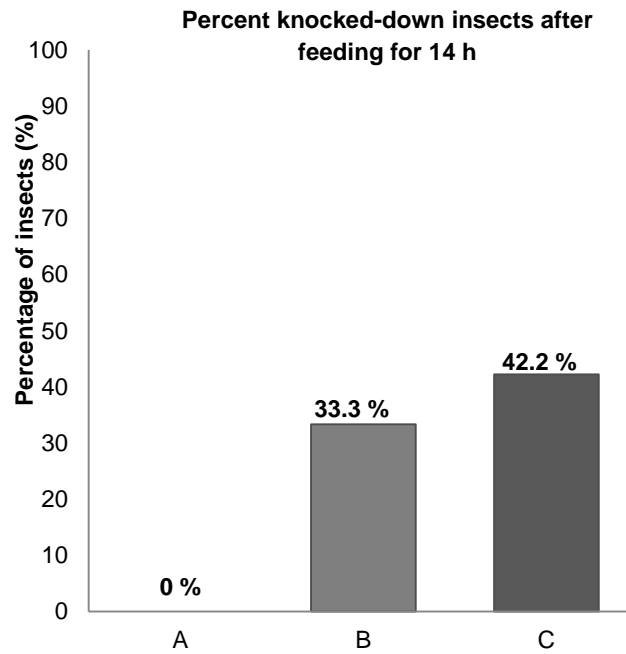


Fig. 4. Percentage of adult insects that showed permanent knock-down after feeding on foliage from untreated (A) and treated trees (B and C). There were significant differences ( $p < 0.05$ ) on median number of knocked-down insects among treatments (Kruskal-Wallis test; see test for details).

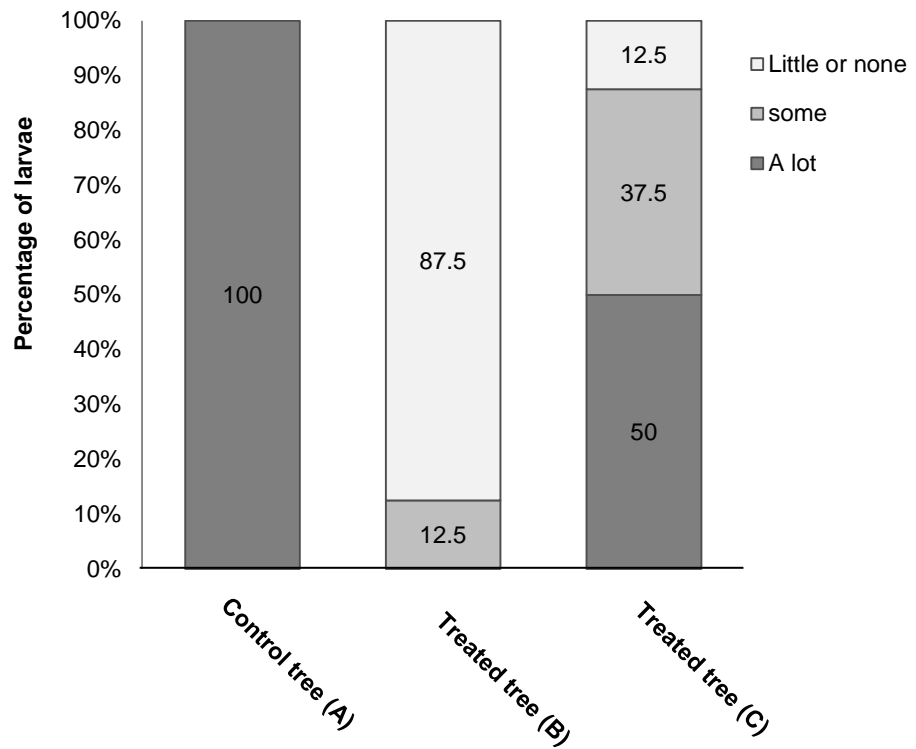


Fig. 5. Dropping levels produced by *Diorhabda* larvae fed on foliage of untreated (A) and treated trees (B and C). Percentages indicate the fraction of beetle larvae producing low levels (little or none), intermediate levels (some) or high levels (a lot) of fecal pellets (droppings). There were significant differences ( $P < 0.05$ ) on dropping production after feeding on foliage from treated and untreated sites (Kruskal-Wallis test; see test for details).

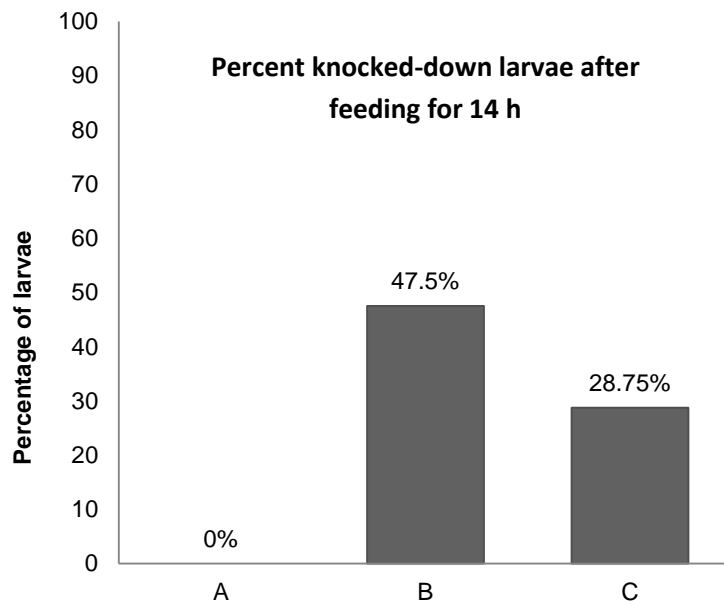


Fig. 6. Percentage of *D. sublineata* larvae that showed permanent knock-down after feeding on foliage of untreated (A) and treated athel trees (B and C). There were significant differences ( $P < 0.05$ ) on numbers of knocked-down larvae after feeding on foliage from treated and untreated sites (Kruskal-Wallis test; see test for details).

## Acknowledgement

We thank Celso Morales-Reyes for support with data analysis, and Eduardo Rosales-Escobar with field applications. Supported by Dirección de Investigación, UAAAN.

## References Cited

- Cowles, R. S., C. S. Cheah, and M. Motgomery. 2006. Activity and residues of imidacloprid applied to soil and tree trunks to control hemlock woolly adelgid (Hemiptera: *Adelgidae*) in forests. *J. Econ. Entomol.* 99: 1258 – 1267.
- Crins, W.L. 1989. The Tamaricaceae in the southeastern United States. *J. Arnold Arboretum.* 70: 403–425.
- DeLoach, J., A. Knutson, and M. Muegge. 2009. Biological control of *Tamarix* in Texas. USDA-ARS. Weed Science Society Symposium. 68pp.
- Dilling, C., P. Lamdin, J. Grant, R. Rhea. 2010. Spatial and temporal distribution of imidacloprid in eastern hemlock in the Southern Appalachians. *J. Econ. Entomol.* 368-373.
- DiTomaso, J. M. 1998. Impact, biology, and ecology of saltcedar (*Tamarix* spp.) in the Southwestern United States. *Weed Technology.* 12: 326-336.
- Griffin, S. 2010. Hemlock woolly adelgid: control options. Georgia Forestry Commission.

- Fowler, J., L. Cohen, and P. Jarvis. 1998. *Practical Statistics for Field Biology*. John Wiley & Sons Ltd. Chichester. 259pp.
- Frank, S., R. Ahem and M. J. Raupp. 2007. Does imidacloprid reduce defoliation by Japanese beetles on linden for more than one growing season? *Arboriculture and Urban Forestry* 33: 392–396.
- Hermes D. A. and D. J. Shetlar. 2007. *Insecticide Options for Protecting Ash Trees from Emerald Ash Borer and Their Effectiveness*. The Ohio State University. College of Food, Agricultural, and Environmental Sciences. Section of Communications and Technology.
- Lawson A. B., and D. L. Dahlsten, 2003. Evaluation of Systemic Insecticides as a Treatment Option in Integrated Pest Management of the Elm Leaf Beetle, *Xanthogaleruca luteola* (Müller) (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Econ. Entomol.* 96: 1455-1462.
- Lowry, R. 2014. *Concepts and Applications of Inferential Statistics*. Vassar College, Poughkeepsie, NY. (30 May 2014; [www.vassarstats.net/textbook/](http://www.vassarstats.net/textbook/)).
- Milbrath, R. L., and C. J. DeLoach. 2006. Acceptability and suitability of athel, *Tamarix aphylla*, to the leaf beetle *Diorhabda elongata* (Coleoptera: Chrysomelidae), a biological control agent of Saltcedar (*Tamarix* spp.). *Environ. Entomol.* 35: 1379- 1389.
- Moran, P. J., J. C. DeLoach, T. L. Dudley, and J. Sanabria. 2009. Open field host selection and behavior by tamarisk beetles (*Diorhabda* spp.) (Coleoptera: Chrysomelidae) in biological control of exotic saltcedars (*Tamarix* spp.) and

- risks to non-target athel (*T. aphylla*) and native *Frankenia* spp. *Biol. Control*. 50: 243-256.
- Muegge, M. 2011. Controlling saltcedar leaf beetle on athel. Publication E-290. Texas A&M AgriLife Communications. College Station, TX.
- Ruxton G. D. and G. Beauchamp. 2008. Time for some a priori thinking about post hoc testing. *Behav. Ecol.* 19: 690-693.
- Smitley D. R., J. J. Doccola, and D. L. Cox. 2010. Multiple-year Protection of Ash Trees from Emerald Ash Borer with a Single Trunk Injection of Emamectin Benzoate, and Single-year Protection with an Imidacloprid Basal Drench. *Arboriculture and Urban Forestry*. 36: 206–211.
- SPSS. 2003. Version 19.0. SPSS Inc., Chicago, USA.
- Szczepaniec, A., B. B. Raupp, and M. J. Raupp. 2013. Effects of dinotefuran and imidacloprid on target and non-target arthropods on American elm. *Arboriculture and Urban Forestry* 2013. 39: 231–235.
- Tenczar E. G. and V. A. Krischik. 2007. Comparison of Standard (Granular and Drench) and Novel (Tablet, Stick Soak, and Root Dip) Imidacloprid Treatments for Cottonwood Leaf Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) Management on Hybrid Poplar. *J. Econ. Entomol.* 100: 1611-1621.
- Ward, J. S., M. E. Montgomery, C. S. Cheah, B. Onken, and R. S. Cowles. 2004. Eastern hemlock forests: guidelines to minimize the impacts of hemlock woolly adelgid. USDA For. Service Publication NA-TP-03-04. Northeast Area State and Private Forestry, Morgantown, WV.

Webb, R.E., J.R. Frank, and M.J. Raupp. 2003. Eastern hemlock recovery from hemlock woolly adelgid damage following imidacloprid therapy. *J. Arboric.* 29: 298-302.

Zamorano, P. 2012. Monitoring of the distribution of the beetle (*Diorhabda sublineata*) released as biological control of saltcedar (*Tamarix* spp.) on the banks of the Rio Grande and Rio Conchos. *Weed Across Border*. Cancun, Q. Roo 31pp.

## ARTICULO 2

**Comparacion y Evaluaciones Visuales del Porcentaje de Defoliación en Cedros Salados y Pinabetes (*Tamarix* spp) Tratados con Imidacloprid para el Control de *Diorhabda sublineata*.**

Gregorio Adán Estrada-Muñoz<sup>1</sup> and Sergio R. Sánchez-Peña<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (Departamento de Parasitología),  
Saltillo, Coahuila, México. gaem24@hotmail.com.



## Resumen

El cedro salado (*Tamarix ramosissima* Ledeb) y el pinabete (*Tamarix aphylla* (L.) Karsten) son plantas exóticas nativas de Eurasia, importantes para control de la erosión, como plantas ornamentales, para sombra, y como barreras rompevientos en America del norte. Estas plantas son severamente defoliadas por el escarabajo *Diorhabda* introducido para el biocontrol de especies altamente invasivas de *Tamarix* spp. Especialmente por el subtropical escarabajo tamarisco *Diorhabda sublineata* (Lucas). Este daño ha sido relevante en comunidades cercanas al Rio Grande y Rio Conches en el estado de Chihuahua. Buscando estrategias de control contra este daño, evaluamos tratamientos con insecticida en pinabete (aplicación a chorro, 70 g de ingrediente activo de imidacloprid por cada árbol, arboles de aproximadamente 1 m de diámetro basal del tronco) y en cedro salado (aplicación a chorro, 4.37 g de ingrediente activo de imidacloprid para cada árbol, arboles > 5 m alto and >25 cm de diámetro del tronco) para control de *D. sublineata* en Ojinaga, Chihuahua, México. 116 días después de la aplicación, evaluamos visualmente el porcentaje de defoliación por árbol de pinabete y cedro salado, y asignamos grados que van desde 0 a 10, utilizando de referencia la escala de clasificación de uso internacional E.W.R.C. En arboles de pinabete no tratados se obtuvo una media del 55 % de defoliación, y se le asignó el grado 6 de defoliación y para arboles de pinabetes tratados se obtuvo una media del 29.30 % de defoliación y se le asignó un grado 4, las diferencias en porcentajes de defoliación no fueron significativas entre arboles tratados y no tratados. En arboles de

cedros salado no tratados se obtuvo una media del 88% de defoliación y se le asignó el grado 10 de defoliación y para arboles de cedros salado tratados se obtuvo una media del 35.93% de defoliación y se le asignó un grado de 2, las diferencias en porcentajes de defoliación fueron altamente significativas entre arboles tratados y no tratados. La aplicación a chorro de imidacloprid puede ser una herramienta simple para reducir la defoliación indeseable de árboles de pinabete en el estado de Chihuahua.

## **Introducción**

Los cedros salados (*Tamarix* spp) son plantas nativas de Eurasia (Crins 1989). Estas plantas fueron introducidas en el oeste de América del Norte para el control de la erosión y como plantas ornamentales en el siglo XIX (DiTomasco 1998). Sin embargo, han causado daños ecológicos y económicos graves a los recursos hídricos y a los ecosistemas (Moran et al., 2009). Los cedros salados son plantas herbáceas con muy pocos enemigos naturales en América del Norte. En los 80's el Dr. Jack DeLoach y su grupo (USDA-ARS en Temple, Texas) comenzaron a explorar en el extranjero para localizar enemigos naturales de *Tamarix* (Milbrath y DeLoach, 2006). Los agentes de control biológico seleccionados fueron escarabajos, *Diorhabda* spp (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae) de Eurasia. Para probar su inocuidad para el ambiente y su especificidad alimenticia, hicieron numerosas investigaciones en situación de cuarentena en Temple, Texas y debido a que el escarabajo es muy específico en su

alimentación decidieron liberarlo en Mayo del 2001 en USA (DeLoach et al. 2009). En año 2009 los escarabajos fueron liberados en cinco sitios en el Rio Bravo (Grande) y se dispersaron en México, allí, el insecto se considera generalmente positiva, por su agresividad y eficiencia en el control del Cedro Salado (*Tamarix ramosissima* Ledeb), sin embargo, el insecto ha causado daños considerables a árbol de pinabete (*Tamarix aphylla* (L.) Karsten) (PROFAUNA 2011). Este árbol es exótico, importante para sombra y protección contra el viento en el norte de México (Milbrath y DeLoach, 2006). Este árbol es severamente defoliado por escarabajos *Diorhabda* introducidos para el control biológico de plantas invasivas de *Tamarix* spp. Este daño es relevante en las comunidades en los ríos Río Grande y Conchos, donde pocos arboles proporcionan sombra y protección contra el viento (Zamorano 2012). La aplicación a chorro de insecticidas sistémicos, como el imidacloprid, es un método muy sencillo que proporciona una protección eficaz contra (principalmente chupadores) insectos que se alimentan de las hojas del árbol (Webb et al. 2003; Dilling et al. 2010; Griffin 2010) y también en contra de insectos masticadores, como los escarabajos (Coleoptera) (Frank et al. 2007; Tenczar y Krischik 2007). Muegge (2011) sugirió que insecticidas sistémicos, incluyendo imidacloprid, se utiliza para proteger árboles de pinabetes de *Diorhabda* en Texas. El objetivo de este trabajo fue; Comparar y Evaluar el porcentaje de defoliación de cedro salado y pinabete en Ojinaga, Chihuahua, México.

## Material Y Métodos

Los experimentos (aplicación de imidacloprid) se llevaron a cabo en La Esmeralda, (29° 34' N y 104° 27' O, a 787 m sobre el nivel del mar), el 1 de Marzo del 2013 en pinabete (*T. aphylla*), y en el Arroyo de la Estación (29° 32' N y 104° 23' O, a 785 m sobre el nivel del mar) el 2 de Marzo del 2013 en cedro salado (*T. ramosissima*) en Ojinaga, Chihuahua, México.

Para pinabete, arboles muy grandes, ( $\geq 10$  m de alto y  $\geq 1$  m de diámetro basal del tronco) se evaluaron tratamientos con insecticida a una porción de 70 g de ingrediente activo (i.a.) de imidacloprid/m de diámetro basal (equivalente a 1.75 g A.I./2.54 cm de diámetro basal). Esto es de acuerdo a lo que reporta Frank et al. (2007) contra los escarabajos que se alimentan de follaje, y Webb et al. (2003) y otros, para el control de insectos chupadores. Estos autores mencionan dosis que van desde 40 hasta 60 g de IA / m diámetro a la altura del pecho (DAP, por lo general arboles de 1.4 m de altura). No informamos DBH porque los troncos de los pinabetes están muy inclinados u horizontales, a veces se postrados, y deformes. Tratamos de ajustar las dosis considerando que son árboles generalmente más gruesos en la base. El imidacloprid usado fue Picador TM (Gowan Mexicana, Mexicali, Baja California). 500 g de insecticida fueron disueltos en 20 litros de agua. 4 litros de la solución de insecticida fueron aplicados de la siguiente manera: 4 hoyos fueron cavados alrededor de cada árbol. Cada hoyo fue de 20-40 cm de profundidad y diámetro; 1 pozo por cuadrante, de 80 cm-1 m de la base del árbol. Un litro de solución fue aplicada a cada árbol (4 litros en

total). El imidacloprid fue aplicado a chorro cerca de la base del árbol (Webb et al. 2003, Ward et al. 2004, Cowles et al. 2006, Griffin 2010), los hoyos se enjuagaron con 5-10 litros de agua por pozo. En total fueron 7 árboles tratados y 7 árboles no tratados.

Para cedro salado, arboles pequeños ( $\geq 5$  m de alto y  $\geq 20$  cm de diámetro basal del tronco) se evaluaron tratamientos con insecticida a una porción de 4.37 gr de i.a. de imidacloprid/ 20 cm de diámetro basal. El imidacloprid usado fue Picador TM (Gowan Mexicana, Mexicali, Baja California). 500 g de insecticida fueron disueltos en 20 litros de agua. 250 ml de la solución de insecticida fueron aplicados de la siguiente manera: tres hoyos fueron cavados alrededor de cada árbol. Cada hoyo fue de 20-40 cm de profundidad y diámetro; 83 mililitros de solución fue aplicada a cada árbol (250 ml en total). El imidacloprid fue aplicado a chorro cerca de la base del árbol y enjuagado con 2 litros adicionales de agua por hoyo, cada árbol tratado fue marcado con pintura azul para ser diferenciado. En total fueron 16 árboles tratados y 16 árboles no tratados.

116 días después de la aplicación (22 y 23 de Junio del 2013), se realizaron evaluaciones visuales del porcentaje de defoliación por árbol de pinabete y cedro salado, utilizando de referencia la escala de clasificación de uso internacional E.W.R.C. (Consejo Europeo de Investigación de Malezas) (Autran et al. 2013) (cuadro 1). Para el porcentaje de defoliación el valor puede variar de 0% (árbol sano) hasta el 100% (árbol totalmente dañado), y de acuerdo a éste, se asigna el nivel de grado de defoliación.

**Cuadro 1.** Efecto sobre pino salado, en el sistema de 6 clases y grados de defoliación.

<b>Efecto sobre <i>Tamarix spp</i> (%)</b>	
<b>Grado</b>	<b>Porcentaje de defoliación/árbol</b>
0	Árbol sano
2	1-20 Árbol defoliado
4	21-40 Árbol defoliado
6	41-60 Árbol defoliado
8	61-80 Árbol defoliado
10	81-100 Árbol defoliado

Los datos de porcentaje se transformaron utilizando la función Arcoseno y posteriormente se analizaron en el programa SAS versión 9.0, mediante una prueba de T student  $p < 0.05$ .

### **Resultados y Discusión**

Las evaluaciones visuales del porcentaje de defoliación para pinabete fueron las siguientes: para arboles no tratados se obtuvo una media del 55% de defoliación y se le asignó el grado de 6 de acuerdo a la escala de clasificación de uso internacional E.W.R.C. y para los arboles tratados se obtuvo una media del 29.30 % de defoliación asignándosele el grado 4 (Fig. 2). Las diferencias de las medias de los porcentajes de

defoliación no fueron significativas entre los árboles tratados y no tratados ( $P = 0.1176$ ; T-student test), sin embargo en arboles tratados hubo menos defoliación. Para cedro salado las evaluaciones visuales del porcentaje de defoliación fueron las siguientes: para los arboles no tratados se obtuvo una media del 88% de defoliación y se le asignó un grado 10 de defoliación de acuerdo la escala de clasificación de uso internacional E.W.R.C. y para arboles tratados se obtuvo una media del 35.93% de defoliación asignándosele un grado de 2 (Fig. 3). Las diferencias de las medias de los porcentajes de defoliación fueron altamente significativas entre los árboles tratados y no tratados ( $P = 0.0003$ ; T-student test).

En el arroyo la estación y en el ejido La Esmeralda, se encontraron, decenas de escarabajos muertos claramente visibles solo de bajo de los arboles tratados (Fig. 1).

Hay pocos informes sobre el control químico de *Diorhabda* en *Tamarix* spp. En pinabetes; nuestras dosis (aplicación a chorro de 70 g de imidacloprid / árbol  $\geq$  1m de diámetro basal) son comparables a trabajos anteriores sobre control de insectos foliares en árboles de gran tamaño; por ejemplo a 40-60 g de i.a. /1 m DBH para arboles de abeto, para el control de pulgón *Adelges tsugae* (Hemiptera: Adelgidae) (Webb et al. 2003, Griffin 2010), con resultados positivos. Una cantidad de 59 g de i.a. /árbol de olmo americano (DBH, 1m) se utiliza para el control de la escama del olmo, *Eriococcus spuria* (Hemiptera: Eriococcidae) y el pulgón del olmo, *Colopha ulmicola* (Homoptera: Aphididae) (Szczepaniec et al. 2013). En cuanto al uso de imidacloprid para el control del escarabajo en los árboles, 60 g de i.a./ árbol para arboles de tilo silvestre (DBH, 1m) se utilizaron para el control de los escarabajos japoneses, *Popillia japonica* (Coleoptera:

Scarabaeidae) (Frank et al 2007). Todos los árboles de abeto tratados con imidacloprid fueron calificados como árboles en buenas condiciones, mientras que los no tratados recibieron malas calificaciones debido a los daños causados por el pulgón del abeto (Webb 2003). El presente trabajo indica que una aplicación a chorro de imidacloprid, a 70 g / por árbol de  $\geq 1$  m de diámetro basal, puede ser una herramienta simple para reducir significativamente la defoliación indeseable de los árboles pinabete por *D. elongata*. Se deben seguir todas las recomendaciones sobre el uso de plaguicidas, y los efectos secundarios indeseables de la aplicación de imidacloprid deben ser controlados.

En arboles de cedro salado nuestras dosis (aplicación a chorro, 4.37 gr de imidacloprid / árbol  $\geq 20$  cm de diámetro basal) son comparables a trabajos anteriores sobre control de insectos foliares en árboles de gran tamaño; por ejemplo a 8-12 g de i.a.AI / árbol para abetos (20 cm / DBH), se utiliza para el control del pulgón (Webb et al. 2003, Griffin 2010, Cowles et al. 2006), 10.4-12 gr de i.a. / árbol para fresno (DBH, 20 cm), se utiliza para el control del barrenador esmeralda del fresno (Herms y Shetlar 2007, Smitley et al. 2010), 11.7 g de i.a. /árbol para olmo americano (DBH, 20 cm) se utiliza para el control de la escama del olmo, *E. spuria* y el pulgón del olmo, *C. ulmico* (Szczepaniec et al. 2013) En cuanto al uso de imidacloprid para el control del escarabajo en los árboles, 12 g de i.a./ árbol para arboles de tilo silvestre (DBH, 20 cm) se utilizaron para el control de los escarabajos Japoneses, *P. japonica* (Coleoptera: Scarabaeidae) (Frank et al 2007). Nuestro trabajo indica que una aplicación a chorro de imidacloprid, a 4.37 gr / árbol  $\geq 20$  cm de diámetro basal, puede ser una herramienta simple para reducir la defoliación de los árboles de pinabete indeseable.



El uso descrito de imidacloprid, aunque no causan impacto indeseable obvio, debe ser examinado cuidadosamente teniendo en cuenta las cuestiones ambientales.



Figura 1. Escarabajos (*D. sublineata*) muertos y derribados (knocked-down) debajo de árboles tratados con Imidacloprid en campo.

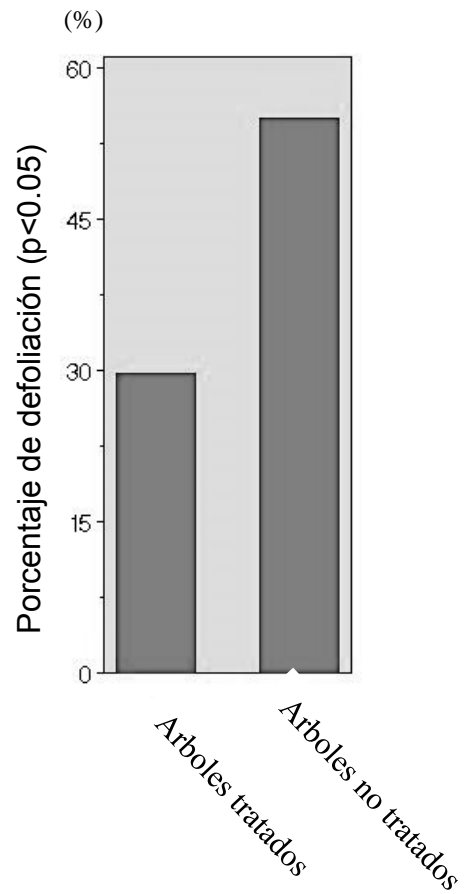


Figura 2. Porcentaje de defoliación en árboles de pinabete (*T. aphylla*) tratados y no tratados. La diferencia de las medias entre ambos tratamientos no fue significativa (T-student test,  $p < 0.05$ ). Sin embargo hubo más defoliación en arboles no tratados.

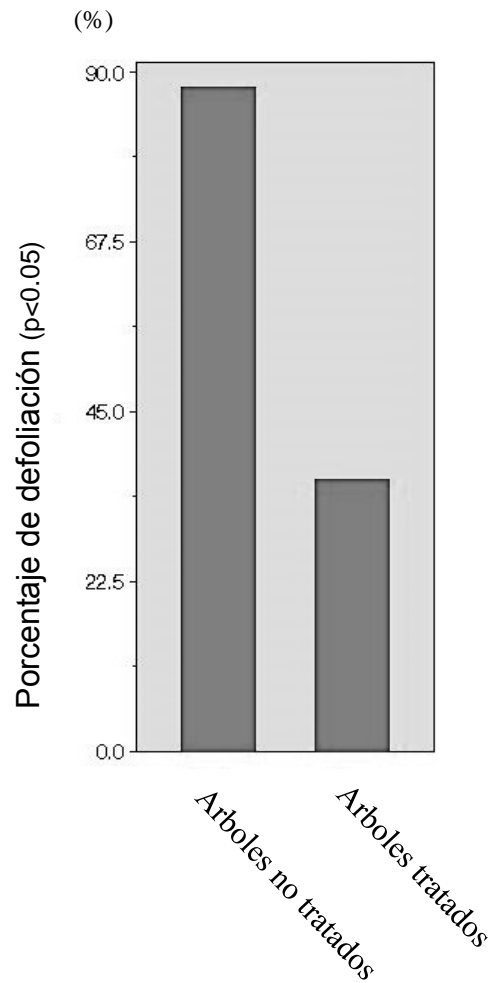


Figura 3. Porcentaje de defoliación en árboles de cedro salado (*T. ramosissima*) tratados y no tratados. La diferencia de las medias entre ambos tratamientos fue altamente significativa (T-student test,  $p < 0.05$ ). Sin embargo hubo más defoliación en arboles no tratados.

## Literatura Citada

- Autrán, V.A., E.C. Puricelli, y J.A. Andrés. 2013. Fitotoxicidad de herbicidas postemergentes sobre *Adesmia bicolor* (Poir.) DC y control de malezas asociadas. *Agroscientia*. 57-67: 30 (2).
- Cowles, R. S., C. S. Cheah, and M. Motgomery. 2006. Activity and residues of imidacloprid applied to soil and tree trunks to control hemlock woolly adelgid (Hemiptera: Adelgidae) in forests. *J. Econ. Entomol.* 99: 1258 – 1267.
- Crins, W.L. 1989. The Tamaricaceae in the southeastern United States. *J. Arnold Arboretum*. 70: 403–425.
- DeLoach, J., A. Knutson, and M. Muegge. 2009. Biological control of *Tamarix* in Texas. USDA-ARS. Weed Science Society Symposium. 68pp.
- Dilling, C., P. Lamdin, J. Grant, R. Rhea. 2010. Spatial and temporal distribution of imidacloprid in eastern hemlock in the Southern Appalachians. *J. Econ. Entomol.* 368-373.
- DiTomaso, J. M. 1998. Impact, biology, and ecology of saltcedar (*Tamarix* spp.) in the Southwestern United States. *Weed Technology*. 12: 326-336.
- Griffin, S. 2010. Hemlock woolly adelgid: control options. Georgia Forestry Commission.

- Frank, S., R. Ahem and M. J. Raupp. 2007. Does imidacloprid reduce defoliation by Japanese beetles on linden for more than one growing season? *Arboriculture and Urban Forestry* 33: 392–396.
- Hermes D. A. and D. J. Shetlar. 2007. Insecticide options for protecting ash trees from emerald ash borer and their effectiveness. The Ohio State University. College of Food, Agricultural, and Environmental Sciences. Section of Communications and Technology.
- Milbrath, R. L., and C. J. DeLoach. 2006. Acceptability and suitability of athel, *Tamarix aphylla*, to the leaf beetle *Diorhabda elongata* (Coleoptera: Chrysomelidae), a biological control agent of Saltcedar (*Tamarix* spp.). *Environ. Entomol.* 35: 1379- 1389.
- Moran, P. J., J. C. DeLoach, T. L. Dudley, and J. Sanabria. 2009. Open field host selection and behavior by tamarisk beetles (*Diorhabda* spp.) (Coleoptera: Chrysomelidae) in biological control of exotic saltcedars (*Tamarix* spp.) and risks to non-target athel (*T. aphylla*) and native *Frankenia* spp. *Biol. Control.* 50: 243-256.
- Muegge, M. 2011. Controlling saltcedar leaf beetle on athel. Publication E-290. Texas A&M AgriLife Communications. College Station, TX.
- SAS, 2002. SAS Institute Inc. Cary, NC. USA. Version 9.00.

- Smitley D. R., J. J. Docola, and D. L. Cox. 2010. Multiple-year protection of ash trees from emerald ash dorer with a single trunk injection of emamectin benzoate, and single-year protection with an imidacloprid basal drench. *Arboriculture and Urban Forestry*. 36: 206–211.
- Szczepaniec, A., B. B. Raupp, and M. J. Raupp. 2013. Effects of dinotefuran and imidacloprid on target and non-target arthropods on American elm. *Arboriculture and Urban Forestry* 2013. 39: 231–235.
- Tenczar E. G. and V. A. Krischik. 2007. Comparison of Standard (Granular and Drench) and Novel (Tablet, Stick Soak, and Root Dip) Imidacloprid Treatments for Cottonwood Leaf Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) Management on Hybrid Poplar. *J. Econ. Entomol.* 100: 1611-1621.
- Ward, J. S., M. E. Montgomery, C. S. Cheah, B. Onken, and R. S. Cowles. 2004. Eastern hemlock forests: guidelines to minimize the impacts of hemlock woolly adelgid. USDA For. Service Publication NA-TP-03-04. Northeast Area State and Private Forestry, Morgantown, WV.
- Webb, R.E., J.R. Frank, and M.J. Raupp. 2003. Eastern hemlock recovery from hemlock woolly adelgid damage following imidacloprid therapy. *J. Arboric.* 29: 298-302.
- Zamorano, P. 2012. Monitoring of the distribution of the beetle (*Diorhabda sublineata*) released as biological control of saltcedar (*Tamarix* spp.) on the banks of the Rio Grande and Rio Conchos. *Weed Across Border*. Cancun, Q. Roo 31pp.

## CONCLUSIONES

El presente trabajo indica que una aplicación a chorro de imidacloprid, a 70 g / por árbol de  $\geq 1$  m de diámetro basal, puede ser una herramienta simple para reducir significativamente la defoliación indeseable de los árboles de pinabete por *D. sublineata*.

El escarabajo (*D. sublineata*) se comporta más agresivo en cedros salado (*T. ramosissima*) alcanzando altos porcentajes de defoliación, comparado con árboles de pinabete.

Se deben seguir todas las recomendaciones sobre el uso de plaguicidas, y los efectos secundarios indeseables de la aplicación de imidacloprid deben ser controlados, aunque no causan impacto indeseable obvio, debe ser examinado cuidadosamente teniendo en cuenta las cuestiones ambientales.



## REVISIÓN DE LITERATURA

- Berti, N. & M. Rapilly, 1973. Contribution a la faune de l'Iran; Voyages de MM. R. Naviaux et M. Rapilly (Col. Chrysomelidae). *Annales de la Société Entomologique de France*. 9(4): 861-894. (In French).
- Brullé, A. 1832. Expedition scientifique de Morée (Paris) Volume 3, Pt. 2. (*Zool.*): 266- 271. (In French).
- Cowles, R. C. C. and M. Montgomery. 2005. Proceedings 16 th U.S.D.A. Interagency Research Forum on Gypsy Moth and Other Invasive Species. Annapolis MD. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station. 107pp.
- Desbrocher, M.J. 1870. Descriptions de Coléoptères nouveaux d'Europe et confins. *L'Abeille*. 7: Part 1, 10–135. (In French).
- DeLoach, C.J., D. Gerling, L. Fornasari, R. Sobhian, S. Myartseva, Mityaev, I.D., Q.G. Lu, Tracy, J.L., Wang, R., J.F. Wang, A. Kirk, R.W. Pemberton, V. Chikatunov, R. V. Jashenko, J.E. Johnson, H. Zeng, S.L. Jiang, M.T. Liu, A.P. Liu, & J. Cisneroz. 1996 Biological control programme against saltcedar (*Tamarix* spp.). Proceedings of the 9th International Symposium of Biological Control of Weeds, January 1996, Stellenbosch, South Africa. University of Cape Town, Cape Town, pp. 253–260.
- DeLoach, C.J. 1997. Biological control of weeds in the United States and Canada, Chapter 13. In: Luken, J.O. and Thieret, J.W. (Eds.), *Assessment and Management of Plant Invasions*. Springer-Verlag, New York, pp. 172–194.
- DeLoach, J. C., R. I. Carruthers, J. E. Lovich., T. L. Dudley, and S. D. Smith. 2000. Ecological interactions in the biological control of saltcedar (*Tamarix* spp.) in the United States: Toward a New Understanding. USDA. Agricultural Research Service 66 pp.

- DeLoach, C.J., R.I. Carruthers, T.L. Dudley, D. Eberts, D.J. Kazmer, A.E. Knutson, D.W. Bean, J. Knight, P.A. Lewis, L.R. Milbrath, J.L. Tracy, N. Tomic-Carruthers, J.C. Herr, G. Abbott, S. Prestwich, G. Harruff, J.H. Everitt, D.C. Thompson, I. Mityaev, R. Jashenko, B. Li, R. Sobhian, A. Kirk, T.O. Robbins, and E. S. Delfosse, 2004. First results for control of saltcedar (*Tamarix* spp.) in the open field in the western United States. In: Cullen, J.M., Briese, D.T., Kriticos, D.J., Lonsdale, W.M., Morin, L. & Scott, J.K. (Eds.), Proceedings of the XI International Symposium on Biological Control of Weeds Canberra, Australia. CSIRO, Canberra, Australia: 505-513.
- DeLoach, C.J., P.J. Moran, A.E. Knutson, D.C. Thompson, R.I. Carruthers, J. Michels, J.C. Herr, M. Muegge, D. Eberts, C. Randal, J. Everitt, S. O'Meara and J. Sanabria. 2007. Beginning success of biological control of saltcedars (*Tamarix* spp.) in the southwestern USA. XII International Symposium on Biological Control of Weeds. 535-539.
- DeLoach J., A. Knutson and M. Muegge. 2009. Biological Control of *Tamarix* in Texas. USDA-ARS. Weed Science Society Symposium. 68pag.
- DiTomaso, J.M. 1998. Impact, biology, and ecology of saltcedar (*Tamarix* spp.) in the Southwestern United States. Weed Technology 12:326-336.
- Everitt, B.L. 1980. Ecology of saltcedar - a plea for research. Environmental Geology 3:77- 84.
- Faldermann, F. (1837) Fauna entomologica trans-caucasica, II: Coleoptera. Nouveaux Mémoires de la Société Impériale des Naturalistes de Moscou 5, 1-433. (In Latin).
- Gaskin, J.F., y B.A. Schaal. 2003. Molecular phylogenetic investigation of U.S. invasive *Tamarix*. Systematic Botany 28, 86-95.
- Gaskin, J.F., Shafroth, P.B., 2005. Hybridization of *Tamarix ramosissima* and *T. chinensis* (saltcedars) with *T. aphylla* (athel) (*Tamaricaceae*) in the southwestern USA determined from DNA sequence data. Madroño. 52: 1-10.
- Griffin, G.F., D.M. Stafford-Smith, S.R. Morton, G.E. Allan, y K.A. Masters. 1989. Status and management of the invasion of tamarisk (*Tamarix aphylla*) on the Finke River, Northern Territory, Australia. Journal of Environmental Management. 29: 297-315.
- Lucas, P.H. 1849. Exploration scientifique de l'Algeria. Zoologie (Paris). 2: 542-546. (In French).

- Hudgeons, J. L., A.E. Knutson, K.M. Heinz, C.J. DeLoach, T.L. Dudley, R.R. Pattison, and J.R. Kiniry. 2007. Defoliation by introduced *Diorhabda elongata* leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) reduces carbohydrate reserves and regrowth of *Tamarix* (Tamaricaceae). *Biol Control*. 43: 213–221.
- Hudgeons, J. L., 2007. The establishment, biological success and host impact of *Diorhabda elongata*, imported biological control agents of invasive *Tamarix* in the United States. Thesis. Texas A&M University. 82 pp.
- Milbrath, R. L. y C. J. DeLoach. 2006. Acceptability and suitability of athel, *Tamarix aphylla*, to the leaf beetle *Diorhabda elongata* (Coleoptera: Chrysomelidae), a biological control agent of saltcedar (*Tamarix* spp.). *Environ entomol*. 35 (5): 1379-1389.
- Moran, P. J., J. C. DeLoach, T. L. Dudley, and J. Sanabria. 2009. Open field host selection and behavior by tamarisk beetles (*Diorhabda* spp.) (Coleoptera: Chrysomelidae) in biological control of exotic saltcedars (*Tamarix* spp.) and risks to non-target athel (*T. aphylla*) and native *Frankenia* spp. *Biol. Control*. 50: 243-256.
- Morón, M. A. 2004. Escarabajos 200 millones de años de evolución. Instituto de Ecología ac, Xalapa. Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza. 204 pp.
- Mulsant, E. & A. Wachanru, 1852. Première série de coléoptères nouveaux. *Opuscles Entomologiques*, 1, 161–177. (In French).
- Pinkston, K. 1994. Insects and mites affecting ornamentals. p. 53-54.
- PROFAUNA, 2011. Monitoreo de escarabajo (*Diorhabda* spp) en los márgenes del Río Bravo. Protección de la Fauna Mexicana, A.C. en colaboración con el Instituto Nacional de Ecología. México.
- Reiche, L. & F. Saulcy. 1858. Espèces nouvelles ou peu connues de Coléoptères, recueillies par M.F. de Saulcy, member de l'Institute, dans son voyage en Orient, et décrites par M.M. L. Reiche et Fèlicien de Saulcy. *Annales de la Société Entomologique de France*, Sér. 3, 6: 5–60. (In French).
- Scott M. S. 2000. Saltcedar integrated weed management and the endangered species act. x international symposium on biological control of weeds. Montana State University: 487-504 pp.
- Shmida, A. 1991. Tamarisks in Israel. *Israel Land and Nature*. 16:119-125.
- Soft, B. S. L. 2005. Neonicotinoides. *Revista Terralia*. 6: 10

- Tracy, J.L. and C.J. DeLoach. 1999. Biological control of saltcedar in the United States: Progress and projected ecological effects. In: Bell, C.E. (Ed.), *Arundo and Saltcedar: The Deadly Duo*, Proceedings of the Arundo and Saltcedar Workshop, 17 June, 1998. Ontario, California: 111– 154.
- Tracy, JL and Robbins. 2009. Revisión taxonómica y biogeografía del *Tamarix* de amamantar *Diorhabda elongata*. (Brullé, 1832) grupo de especies (Coleoptera: *Chrysomelidae*: *Galerucinae*: *Galerucini*) y el análisis de su potencial en el control biológico de Tamarisk *Zootaxa*: 1-152
- Ward, J. S., M. E. Montgomery, C. S. Cheah, B Onken, and R. S. Cowles 2004. Eastern hemlock forests: guidelines to minimize the impacts of hemlock woolly adelgid. USDA For. Service Publication NA-TP-03-04. Northeast Area State and Private Forestry, Morgantown, WV.
- Weise, J. (1883) Über die mit *Galeruca* Geoffr. Verwandten Gattungen. *Deutsche Entomologische Zeitschrift*, 27(2): 315–316. (In German).
- Zamorano, P. 2012, Monitoring of the distribution of the beetle (*Diorhabda sublineata*) released as biological control of saltcedar (*Tamarix* spp.) on the banks of the Rio Grande and Rio Conchos. *Weed Across Border*. Cancun, Q. Roo. 31pp