

CONTROL QUÍMICO CON ETEFÓN (ÁCIDO 2-CLOROETIL FOSFÓNICO) DEL MUÉRDAGO VERDADERO *Struthanthus interruptus* (KUNTH) G. DON

CHEMICAL CONTROL WITH ETHEPHON (2-CHLOROETHYLPHOSPHONIC ACID) OF THE TRUE MISTLETOE *Struthanthus interruptus* (KUNTH) G. DON

Claudia Contreras-Ruiz¹, Dionicio Alvarado-Rosales¹, David Cibrián-Tovar², Guadalupe Valdovinos-Ponce¹

¹Fitopatología. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Estado de México (contrerasclaudia87@gmail.com). ²División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. 56230. Chapingo Estado de México.

RESUMEN

El muérdago verdadero *Struthanthus interruptus* afecta numerosas especies arbóreas en la Ciudad de México, principalmente a *Populus deltoides*, una de las más abundantes. La infección ocasiona alteraciones fisiológicas y estructurales, y en algunos casos la muerte del hospedante, por lo que la permanencia de un número considerable de árboles está en riesgo. Además de la poda de ramas, una opción es el control químico con herbicidas inyectados al tronco del hospedante. El etefón es un regulador de crecimiento utilizado en el manejo de muérdagos con resultados favorables. El objetivo de este estudio fue evaluar la aplicación de tres dosis de etefón (ácido 2-cloroetil fosfónico) y agua destilada estéril (testigo) inyectadas en el tronco de árboles de *P. deltoides* como medida de control químico del muérdago verdadero *S. interruptus*. La hipótesis fue que la inyección de etefón causa la caída temprana de las hojas del muérdago. El diseño experimental fue completamente al azar con siete repeticiones. Los tratamientos con etefón fueron dosis baja (2 mL), media (3 mL) y alta (4 mL), y un testigo (2 mL) por centímetro de diámetro normal del árbol inyectados al tronco. La unidad experimental fue el conjunto arbustivo del muérdago verdadero *S. interruptus* presente en un árbol de *P. deltoides* y las unidades experimentales totales fueron 28. La variable de respuesta fue la defoliación del muérdago (%) evaluada a los 165 d y después de dos aplicaciones (abril y agosto). Los datos se analizaron mediante un ANDEVA con el procedimiento GLM y las medias se compararon con la prueba LSD ($p \leq 0.05$) usando SAS (versión 9.5). El etefón causó la disminución de 31 a 56 % con respecto a la densidad de follaje inicial. Las diferencias entre los tratamientos con etefón y el testigo fueron significativas

ABSTRACT

True mistletoe *Struthanthus interruptus* affects numerous arboreal species in Mexico City, principally *Populus deltoides*, one of the most abundant. The infection causes physiological and structural alterations, and in some cases the death of the host, thus the permanence of a considerable number of trees is at risk. In addition to the pruning of branches, one option is chemical control with herbicides injected into the trunk of the host. Ethephon is a growth regulator used in the management of mistletoe with favorable results. The objective of the present study was to evaluate the application of three doses of ethephon (2-chloroethylphosphonic acid) and sterile distilled water (control) injected into the trunk of trees of *P. deltoides* as a chemical control measure of the true mistletoe *S. interruptus*. The hypothesis was that the injection of ethephon causes the early detachment of the leaves of mistletoe. The experimental design was completely randomized with seven replications. The treatments with ethephon were low (2 mL), medium (3 mL) and high (4 mL) doses, and a control (2 mL) per centimeter of normal diameter of the tree injected into the trunk. The experimental unit was the shrubby clump of the true mistletoe *S. interruptus* present in a tree of *P. deltoides* and the total experimental units were 28. The response variable was defoliation of the mistletoe (%) evaluated at 165 d after the applications (April and August). The data were analyzed through an ANOVA with the GLM procedure, and the means were compared with the LSD test (≤ 0.05) using SAS (version 9.5). The ethephon caused the reduction of 31 to 56 % with respect to the initial foliage density. The differences between treatments with ethephon and the control were significant ($p \leq 0.05$). The high dose caused greater defoliation among the treatments, (56.29 %), followed by the medium (31.14 %) and low (31.00 %) dose, which were not statistically different. The dynamic of defoliation varied in the time of evaluation; the treatment with sterile distilled

* Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: abril, 2017. Aprobado: octubre, 2017.

Publicado como ARTÍCULO en Agrociencia 52 741-755. 2018.

($p \leq 0.05$). La dosis alta provocó la defoliación mayor entre los tratamientos (56.29 %), seguida por la dosis media (31.14 %) y baja (31.00 %), que no fueron estadísticamente diferentes. La dinámica de la defoliación varió en el tiempo de evaluación, el tratamiento con agua destilada estéril causó un efecto gradual durante el experimento. La dosis baja, media y alta con etefón mostraron una dinámica muy similar, pero la dosis más alta mostró su mayor efecto en el día 28 y las otras lo mostraron en el día 56.

Palabras clave: muérdago verdadero, *Populus*, *Struthanthus interruptus*.

INTRODUCCIÓN

El arbolado urbano de la Ciudad de México ofrece gran cantidad de beneficios ambientales, sociales, científicos y económicos que mejoran la calidad de vida de sus habitantes y demás seres vivos (GDF, 2000; SMA, 2013). Pero la selección inadecuada de especies, la falta de planeación y mantenimiento junto con otras actividades antropogénicas han generado problemas numerosos (Chacalo *et al.*, 1994) que favorecen la incidencia de plagas y enfermedades (Velasco *et al.*, 2002; Alvarado *et al.*, 2009³). Una de las principales causas de afectación en el arbolado urbano de la Ciudad de México es la infección por muérdagos de los géneros *Arceuthobium*, *Cladocolea*, *Phoradendron*, *Psittacanthus* y *Struthanthus* (Pérez *et al.*, 2006; Marchal, 2009; Arriola *et al.*, 2012). La mayor incidencia de *Struthanthus interruptus* se presenta en *Populus deltoides* y *P. tremuloides* (Arriola *et al.*, 2012) que representan las especies más abundantes del arbolado urbano (Cibrián *et al.*, 2010⁴), por lo que un número considerable de árboles es afectado por la infección de este muérdago verdadero.

Algunos muérdagos contienen clorofila funcional, pero dependen de sus hospedantes para cubrir sus necesidades mediante la unión de haustorios (Tainter y Baker, 1996; Press y Phoenix, 2005), y ocasionan escobas de bruja, muerte descendente, reducción del crecimiento, sobrevivencia y capacidad reproductiva, mayor susceptibilidad a otras enfermedades, y en algunos casos, la muerte de su hospedante (Hawksworth, 1983; Knutson, 1983; Manion, 1991; Tainter y Baker, 1996; Geils y Vázquez, 2002).

water caused a gradual effect during the experiment. The low, medium and high dose with ethephon showed a very similar dynamic, but the highest dose showed its greatest effect on day 28, and the others on day 56.

Key words: true mistletoe, *Populus*, *Struthanthus interruptus*.

INTRODUCTION

The urban trees of Mexico City offer a great amount of environmental, social, scientific and economic benefits that improve the quality of life of its inhabitants and other living beings (GDF, 2000; SMA, 2013). However, the inadequate selection of species, lack of planning and maintenance along with other anthropogenic activities have generated numerous problems (Chacalo *et al.*, 1994) that favor the incidence of pests and diseases (Velasco *et al.*, 2002; Alvarado *et al.*, 2009³). One of the principal causes of impact in the urban trees of Mexico City is the infestation by mistletoe of the genera *Arceuthobium*, *Cladocolea*, *Phoradendron*, *Psittacanthus* and *Struthanthus* (Pérez *et al.*, 2006; Marchal, 2009; Arriola *et al.*, 2012). The highest incidence of *Struthanthus interruptus* occurs in *Populus deltoides* and *P. tremuloides* (Arriola *et al.*, 2012), which represent the most abundant urban tree species (Cibrián *et al.*, 2010⁴), thus a considerable number of trees is affected by the infection of this true mistletoe.

Some mistletoes contain functional chlorophyll, but depend on their hosts to satisfy their needs through the use of haustoria (Tainter and Baker, 1996; Press and Phoenix, 2005), and cause witches' broom, descending death, reduction of growth, survival and reproductive capacity, higher susceptibility to other diseases and in some cases, the death of the host (Hawksworth, 1983; Knutson, 1983; Manion, 1991; Tainter and Baker, 1996; Geils and Vázquez, 2002).

The management of these parasitic plants is focused on pruning branches and felling trees, methods whose high cost is justified in recreational and urban areas and in trees of high value (Adams *et al.*, 1993; Vázquez *et al.*, 2006). There are alternatives of control of which there is more knowledge and may provide additional methods for reducing their impact (Kuijt, 1969; Hawksworth, 1983; Geils and

³Alvarado, R., D. *et al.*, 2009. Comunicación personal.

⁴Cibrián, T., D. *et al.* 2010. Comunicación personal.

El manejo de estas plantas parásitas se enfoca a la poda de ramas y derribo de árboles, métodos que por su alto costo sólo se justifican en áreas recreativas, urbanas y en árboles de gran valor (Adams *et al.*, 1993; Vázquez *et al.*, 2006). Hay alternativas de control de las cuales hay mayor conocimiento y pueden proveer métodos adicionales para reducir su impacto (Kuijt, 1969; Hawksworth, 1983; Geils y Vázquez, 2002; Vázquez *et al.*, 2006; Mathiasen *et al.*, 2008).

El control biológico con hongos patógenos es una alternativa estudiada y desarrollada en muérdagos enanos, logrando la muerte, la interrupción de su ciclo de vida y la reducción de su propagación, intensificación y daño (Shamoun y DeWald, 2002; Shamoun *et al.*, 2003; Mathiasen *et al.*, 2008). Pero la poda y el control biológico no son suficientes ante la creciente afectación y dispersión del muérdago (Wood y Reilly, 2004); por lo tanto, la opción más promisoría en el corto plazo podría ser el control químico (Michailides *et al.*, 1987; Minko y Fagg, 1989). Para este control la elección de un producto adecuado es difícil, y se debe encontrar un herbicida fácil de aplicar y cause la muerte del muérdago sin provocar fitotoxicidad al hospedante; si no se alcanza, se esperaría conseguir la abscisión de los brotes, flores y frutos para reducir y retardar la dispersión e intensificación de la infección (Shamoun y DeWald, 2002).

El control químico en muérdagos incluye la aplicación de herbicidas por aspersión directa a la planta (Vázquez *et al.*, 1986; Adams *et al.*, 1993; Vázquez, 1994; Hoffman, 2004; Wood y Reilly, 2004), por aspersión a los muñones como tratamiento complementario a la poda (Michailides *et al.*, 1987; Lichter *et al.*, 1991) y por inyección al tronco del hospedante (Minko y Fagg, 1989; Cibrián *et al.*, 2010^[2]). Pero en áreas urbanas la mejor opción es la inyección porque permite el uso eficiente del producto y elimina la contaminación ambiental (Sánchez y Fernández, 2000).

La aplicación de herbicidas es influenciada por la etapa fisiológica del muérdago y la época de aplicación y, según Berry *et al.* (1992) y Mallams y Mathiasen (2010), la efectividad es mayor en invierno porque el hospedante está en reposo y el muérdago fisiológicamente activo absorbe el producto químico y reduce el daño a los tejidos del árbol, pero en primavera la efectividad no es del todo segura. En algunos casos la aplicación antes (Perry y Elmore, 2006) o al inicio de la emisión de hojas jóvenes del muérdago

Vázquez, 2002; Vázquez *et al.*, 2006; Mathiasen *et al.*, 2008).

Biological control with pathogenic fungi is an alternative studied and developed in dwarf mistletoe, achieving death, the interruption of its life cycle and the reduction of its propagation, intensification and damage (Shamoun and DeWald, 2002; Shamoun *et al.*, 2003; Mathiasen *et al.*, 2008). However, pruning and biological control are insufficient against the growing impacts and dispersal of mistletoe (Wood and Reilly, 2004); therefore, the most promising option in the short term could be chemical control (Michailides *et al.*, 1987; Minko and Fagg, 1989). For this control the selection of an adequate product is difficult, an herbicide needs to be found which is easy to apply and causes the death of the mistletoe without provoking phytotoxicity to the host; if this is not achieved, then hopefully the abscission of the shoots, flowers and fruits would be obtained in order to reduce and retard the dispersal and intensification of the infection (Shamoun and DeWald, 2002).

Chemical control in mistletoe includes the application of herbicides by direct aspersión to the plant (Vázquez *et al.*, 1986; Adams *et al.*, 1993; Vázquez, 1994; Hoffman, 2004; Wood and Reilly, 2004), through aspersión to the stumps as complementary treatment to pruning (Michailides *et al.*, 1987; Lichter *et al.*, 1991) and by injection to the trunk of the host (Minko and Fagg, 1989; Cibrián *et al.*, 2010^[2]). But in urban areas the best option is injection because it permits the efficient use of the product and eliminates environmental contamination (Sánchez and Fernández, 2000).

The application of herbicides is influenced by the physiological stage of the mistletoe and the period of application. According to Berry *et al.* (1992) and Mallams and Mathiasen (2010), effectiveness is higher in winter because the host is in repose and the physiologically active mistletoe absorbs the chemical product and reduces damage to the tissues of the tree, but in spring effectiveness is not insured. In some cases, the application prior to (Perry and Elmore, 2006) or at the start of the emission of young leaves of the mistletoe interferes with the normal growth processes (Vázquez, 1994), although in other cases there is no effect (Berry *et al.*, 1992). Furthermore, it is recommended that the application be made prior to the seed dispersal of the mistletoe (Adams *et al.*, 1993).

interfiere con los procesos normales de crecimiento (Vázquez, 1994), aunque en otros casos no hay afectación (Berry *et al.*, 1992). Además, se recomienda realizar la aplicación antes de la dispersión de semillas del muérdago (Adams *et al.*, 1993).

La frecuencia en la aplicación de tratamientos es un criterio que depende del nivel de infección del muérdago tolerable para el árbol y para el arborista (Adams *et al.*, 1993). En *Arceuthobium*, *Phoradendron*, *Psittacanthus* y *Cladocolea* una sola aplicación con dosis adecuada logra resultados favorables que van desde la clorosis de hojas, necrosis, defoliación parcial o total, abscisión de brotes hasta, en algunos casos, la muerte (Vázquez, 1986; Michailides *et al.*, 1987; Vázquez, 1994; Wood y Reilly, 2004; Cibrián *et al.*, 2010⁷).

El etefón (ácido 2-cloroetil fosfónico) es un regulador de crecimiento que libera etileno y mejora el proceso de maduración, lo cual favorece la abscisión del brote de muérdago (Adams *et al.*, 1993; Shamoun y DeWald, 2002; Hoffman, 2004). El éxito relativo de este regulador de crecimiento se reporta en muérdagos de los géneros *Arceuthobium* y *Phoradendron* (Adams *et al.*, 1993; Shamoun y DeWald, 2002) y *Cladocolea* (Cibrián *et al.*, 2010⁷); sin embargo los resultados no pueden extrapolarse a otras especies o géneros de muérdago u hospedante sin antes realizar más pruebas (Minko y Fagg, 1989; Cibrián *et al.*, 2010⁷). La respuesta del etefón aplicado por aspersión ocurre de manera más rápida que por inyección al tronco, el cual manifiesta los primeros síntomas de amarillamiento y caída de hojas desde la primera semana y pierde efecto alrededor de la décima semana después de su aplicación (Wood y Reilly, 2004; Cibrián *et al.*, 2010⁷).

Los muérdagos del género *Struthanthus* son plantas arbustivas, hemiparásitas que afectan a un número reducido de coníferas y un amplio rango de otras plantas leñosas. Presentan raíces epicorticales largas, las cuales recorren la superficie del tejido del hospedante y forman una intermitente conexión haustorial. Sus hojas son simples, opuestas o alternas, bien desarrolladas, coriáceas y glabras. Las ramas son cilíndricas o comprimidas. Las flores con frecuencia dispuestas en fascículos de 3, organizados en inflorescencias indeterminadas; flores pequeñas en espigas, caliculadas y rara vez pediceladas, 6 tépalos libres verdosos o amarillentos, las masculinas con 6 estambres y gineceo reducido, las femeninas con androceo

The frequency of application of treatments is a criterion that depends on the level of infection of the mistletoe tolerable for the tree and for the arborist (Adams *et al.*, 1993). In *Arceuthobium*, *Phoradendron*, *Psittacanthus* and *Cladocolea*, a single application with an adequate dose achieves favorable results which include the chlorosis of leaves, necrosis, partial or total defoliation, abscission of shoots, and in some cases, death (Vázquez, 1986; Michailides *et al.*, 1987; Vázquez, 1994; Wood and Reilly, 2004; Cibrián *et al.*, 2010^[2]).

Ethephon (2-chloroethyl phosphonic acid) is a growth regulator that releases ethylene and improves the process of maturation, which favors the abscission of the mistletoe shoot (Adams *et al.*, 1993; Shamoun and DeWald, 2002; Hoffman, 2004). The relative success of this growth regulator is reported in mistletoes of the genera *Arceuthobium* and *Phoradendron* (Adams *et al.*, 1993; Shamoun and DeWald, 2002) and *Cladocolea* (Cibrián *et al.*, 2010^[2]); however, the results can not be extrapolated to other species or genera of mistletoe or host without conducting more tests (Minko and Fagg, 1989; Cibrián *et al.*, 2010^[2]). The response of ethephon applied by aspersión occurs more rapidly than by injection to the trunk, which manifests the first symptoms of yellowing and leaf fall starting the first week and loses effect around the seventh week after its application (Wood and Reilly, 2004; Cibrián *et al.*, 2010^[2]).

Mistletoes of the genus *Struthanthus* are arbustive plants, hemiparasites that affect a reduced number of conifers and a wide range of other woody plants. They present long epicortical roots, which run the surface of the host tissue and form an intermittent haustorial connection. Its leaves are simple, opposing or alternate, well developed, coriaceous and glabrous. The branches are cylindrical or compressed. The flowers are frequently arranged in fascicles of three, organized in indeterminate inflorescences; small flowers in spikes, caliculate and rarely pediculate, 6 greenish or yellowish free tepals, males with 6 reduced stamen and pistil, the females with reduced androecium. The fruit is a berry or drupe with a seed encased in a viscous layer; the seed with succulent endosperm, lacking testa and rarely contains more than one embryo (Geils and Vázquez, 2002; Cibrián and Alvarado, 2007; Calderón, 2010). In Mexico City, the flower formation of *S. interruptus* occurs

reducido. El fruto es una baya o drupa con una semilla envuelta en una capa viscosa; semilla con endospermo succulento, carente de testa y rara vez contiene más de un embrión (Geils y Vázquez, 2002; Cibrián y Alvarado, 2007; Calderón, 2010). En la Ciudad de México, la formación de flor de *S. interruptus* se realiza en octubre, la formación del fruto de noviembre a enero, la maduración del fruto de febrero a junio y la dispersión de semillas de marzo a septiembre (Cárdenas, 2014⁵).

Populus deltoides es una especie usada como árbol ornamental y de sombra en parques y alineación en calles. Es monoico caducifolio de 25 a 30 m de altura, de rápido crecimiento y corta vida. Las hojas son deciduas, simples, ampliamente ovadas-deltoides de 8 a 18 cm de largo y casi igual de ancho y margen es dentado, ápice abruptamente agudo o acuminado, base truncada, en forma de corazón o abruptamente cuneada, haz verde claro, glabro, con nervadura principal notoria, de amarilla a rojiza. Las flores nacen en amentos en primavera; las masculinas de color rojo o púrpura y las femeninas de color café, con pelos algodonosos cuando se rompe la cápsula. Los frutos aparecen en racimos; cada uno tiene forma de cápsula dehiscente y cuando se rompen aparecen numerosos pelos algodonosos y semillas muy pequeñas. La corteza es delgada y lisa, de color amarillo en troncos jóvenes y de gris a casi negra en individuos viejos, profundamente surcada, con rebordes anchos y aplanados, que se rompen en escamas (Martínez, 2008).

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar la aplicación de tres dosis del regulador de crecimiento etefón inyectadas en el tronco de árboles de *P. deltoides* como medida de control químico del muérdago verdadero *S. interruptus*. La hipótesis fue que la inyección de etefón causa la caída temprana de las hojas del muérdago.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

La investigación se desarrolló en el Jardín Alexander Pushkin (19° 25' 13.12" N y 99° 9' 16.85" O), en la colonia Roma Norte, delegación Cuauhtémoc, Ciudad de México. Las especies arbóreas más abundantes dentro del jardín fueron de los géneros *Populus*, *Ficus* y *Fraxinus*, todas afectadas por el muérdago verdadero

in October, fruit formation from November to January, fruit maturation from February to June and seed dispersal from March to September (Cárdenas, 2014⁵).

Populus deltoides is a species used as an ornamental and shade tree in parks and streets. It is monoecious deciduous, from 25 to 30 m height, of rapid growth and short life. The leaves are deciduous, simple, widely ovoid-deltoid of 8 to 18 cm in length and almost equal in width, the margin is toothed, the apex is abruptly acuminate, with truncated base, heart shaped or abruptly cuneate, light green spathe, glabrous, with notorious principal nerves, from yellow to red. The flowers appear as catkins in spring; the males reddish or purple and the females are brown, with cottony hairs when the capsule breaks. The fruits appear in clusters, each one in the shape of a dehiscent capsule, and when they break, numerous cottony hairs and very small seeds appear. The cortex is thin and smooth, yellow in young trunks and gray to almost black in old individuals, deeply furrowed, with wide and flattened borders, which derive in scales (Martínez, 2008).

Therefore, the objective of this research was to evaluate the application of three doses of the growth regulator ethephon injected in the trunk of trees of *P. deltoides* as a chemical control measure of the true mistletoe *S. interruptus*. The hypothesis was that the injection of ethephon causes the early fall of the mistletoe leaves.

MATERIALS AND METHODS

Description of the study area

The research was developed in the Alexander Pushkin Garden (19° 25' 13.12" N and 99° 9' 16.85" W) in Colonia Roma Norte, Cuauhtémoc delegation, Mexico City. The most abundant arboreal species in the garden were of the genera *Populus*, *Ficus* and *Fraxinus*, all affected by the true mistletoe *S. interruptus*, although the host species in the study was *P. deltoides*.

Experimental design

The experimental design was completely randomized and the treatments were as follows: 1) control (2 mL of sterile distilled water), 2) ethephon (Ethephon 240 LS®) high dose (4 mL), 3)

⁵Cárdenas, S., V. 2014. Comunicación personal.

S. interruptus, aunque la especie hospedante en el estudio fue *P. deltoides*.

Diseño experimental

El diseño experimental fue completamente al azar y los tratamientos fueron: 1) testigo (2 mL de agua destilada estéril), 2) etefón (Ethepon 240 LS[®]) dosis alta (4 mL), 3) etefón dosis media (3 mL) y 4) etefón dosis baja (2 mL) por centímetro de diámetro normal del árbol (DN). Cada tratamiento tuvo siete repeticiones. La unidad experimental fue el conjunto arbustivo del muérdago verdadero *S. interruptus* presente en un árbol de *P. deltoides* y las unidades experimentales totales fueron 28. La variable evaluada fue densidad de follaje (%) de la unidad experimental en veinte ocasiones desde el día 0 hasta el día 165 de iniciado el experimento.

Aplicación de tratamientos

Los árboles seleccionados se marcaron con una placa de aluminio en la cual se registró el número de árbol y la dosis. Los tratamientos se aplicaron con un equipo de inyección de baja presión denominado Bioinject-tree (Aquino, s/a⁶), para lo cual se realizaron perforaciones con un taladro inalámbrico de 13 mm DeWalt[®] DCD776 20V y broca de 3/8" a cada 30 cm de la base del árbol y una profundidad de 7 cm, se introdujo un arborplug[®] de No. 4 en cada perforación, se colocó la manguera inyectora del equipo Bioinject-tree en el punto de inyección y se inyectó con una bomba manual para inflar Truper[®] 100 PSI. El volumen de cada tratamiento se estableció de acuerdo al diámetro normal del árbol (DN) multiplicado por la dosis, según lo sugerido por Cibrián *et al.* (2010)⁷, repartiendo el producto de manera equitativa en cada punto de inyección con una jeringa de plástico de 20 mL sin aguja Plastipak[™]. El diámetro normal promedio de los árboles fue de 39 cm.

La aplicación de tratamientos se realizó a inicios de la temporada de dispersión de semillas del muérdago *S. interruptus* y en dos ocasiones para observar por mayor tiempo el efecto del producto, 17 de abril y 4 de agosto de 2015. En la segunda aplicación de tratamientos se realizaron nuevas perforaciones debido al proceso de compartimentación del árbol (Shigo, 1977).

Para prevenir la infección de las heridas se realizó la desinfección de la broca con Anibac[®] 580 de manera previa a la perforación de cada árbol; los arborplugs[®] utilizados en cada punto de inyección se dejaron para cerrar la herida, evitar la pérdida de producto y prevenir la entrada de insectos vectores (Arborjet,

ethephon medium dose (3 mL) and 4) ethephon low dose (2 mL) per centimeter of normal diameter of the tree (ND). Each treatment had seven replications. The experimental unit was the shrubby clump of the true mistletoe *S. interruptus* present in a tree of *P. deltoides*, and the total experimental units were 28. The evaluated variable was foliage density (%) of the experimental unit in twenty occasions from day 0 until day 165 from the start of the experiment.

Application of treatments

The trees selected were marked with an aluminum plate on which the tree number and dose were registered. Treatments were applied with a low pressure injector (Bioinject-tree) (Aquino, s/a⁶), for which different perforations were made with a cordless drill DeWalt[®] DCD776 20V and drill bit of 3/8" every 30 cm of the base of the tree and at a depth of 7 cm, a No. 4 arborplug[®] was introduced into each perforation. Next, the injection hose of the Bioinject-tree was introduced in the injection point and injected with a manual air inflation pump Truper[®] 100 PSI. The volume of each treatment was established according to the normal diameter of the tree (ND) multiplied by the dose, according to what was suggested by Cibrián *et al.* (2010)⁷, distributing the product equally in each injection point with a plastic syringe of 20 mL Plastipak[™] without a needle. The average normal diameter of the trees was 39 cm.

The application of treatments was made at the start of the period of seed dispersal of the mistletoe *S. interruptus* and on two occasions to observe for a longer time the effect of the product, April 17 and August 4 of 2015. In the second application of treatments, nine perforations were made due to the process of compartmentalization of the tree (Shigo, 1977). To prevent the infection of the wounds, disinfection of the drill bit was made with Anibac[®] 580 prior to the perforation of each tree; the arborplugs[®] used in each injection point were left to close the wound, prevent the loss of the product and the entrance of vector insects (Arborjet, s/a). It should be pointed out that during the establishment and evaluation of the present experiment maintenance irrigations were not applied to the trees.

Evaluation of foliage density of the mistletoe

To determine the effect of the treatments applied to the trunk of the host, evaluations were made of the foliage density of the true mistletoe, for which a crown density scale was used proposed by Schomaker *et al.* (2007), and was adjusted

⁶Aquino, B., I. s/a. Comunicación personal.

⁷Cibrián *et al.* (2010) Comunicación personal.

s/a). Cabe señalar que durante el establecimiento y evaluación del presente experimento no se suministraron riegos de mantenimiento a los árboles.

Evaluación de la densidad de follaje del muérdago

Para determinar el efecto de los tratamientos aplicados al tronco del hospedante, se realizaron evaluaciones de la densidad de follaje del muérdago verdadero, para lo cual se usó la escala de densidad de copa propuesta por Schomaker *et al.* (2007) y se adecuó a *Struthanthus interruptus* (Figura 1), la cual incluye diez categorías donde el porcentaje más bajo de densidad de follaje del muérdago verdadero es 5 % y el más alto de 95 %. Para ello se tomaron fotografías de diferentes plantas de muérdago verdadero con una cámara Nikon® D5200, y se seleccionó una fotografía adecuada para representar cada categoría de densidad y después se validó en campo, por lo que se realizaron mediciones con la escala de densidad de copa propuesta por Schomaker *et al.* (2007) y la de los autores, registrándose los mismos porcentajes con ambas escalas. El registro de datos se realizó desde el 17 de abril de 2015, fecha de la primera aplicación, y concluyó el 30 de septiembre del mismo año, debido al inicio de las actividades de remodelación del jardín que incluyeron la remoción de adoquín, mobiliario y arbolado, todo lo anterior con maquinaria pesada, lo que podría generar problemas de estrés en los árboles, afectar su crecimiento, salud y estructura (Coder, 2007) y de manera indirecta, generar un sesgo en la evaluación. Las evaluaciones se

for *Struthanthus interruptus* (Figure 1), which includes ten categories where the lowest percentage of foliage density of the true mistletoe is 5 % and the highest is 95 %. For this purpose, photographs of different true mistletoe plants were taken with a Nikon® D5200, and an adequate photograph was selected to represent each category of density, which was later validated in the field. Measurements were taken with the crown density scale proposed by Schomaker *et al.* (2007) and that of the authors, registering the same percentages with both scales. The data was registered from April 17 of 2015, date of the first application, and concluded on September 30 of the same year, due to the start of remodeling activities of the garden which included the removal of pavement, structures and trees, all of the above with heavy machinery, which could generate problems of stress in the trees, affect their growth, health and structure (Coder, 2007), and indirectly generate a bias in the evaluation. The evaluations were made every 4 d during the first six weeks, then one every 15 d, with a total of 20 evaluations, with which the graph of average defoliation dynamic of the true mistletoe *S. interruptus* was generated as effect of the treatments.

The percentage of defoliation of the true mistletoe *S. interruptus* (D_i) was calculated with the following formula proposed by the authors:

$$D_i = 100 \times \left(1 - \frac{df_i}{df_1} \right), i = 1, 2, 3, \dots, 20$$

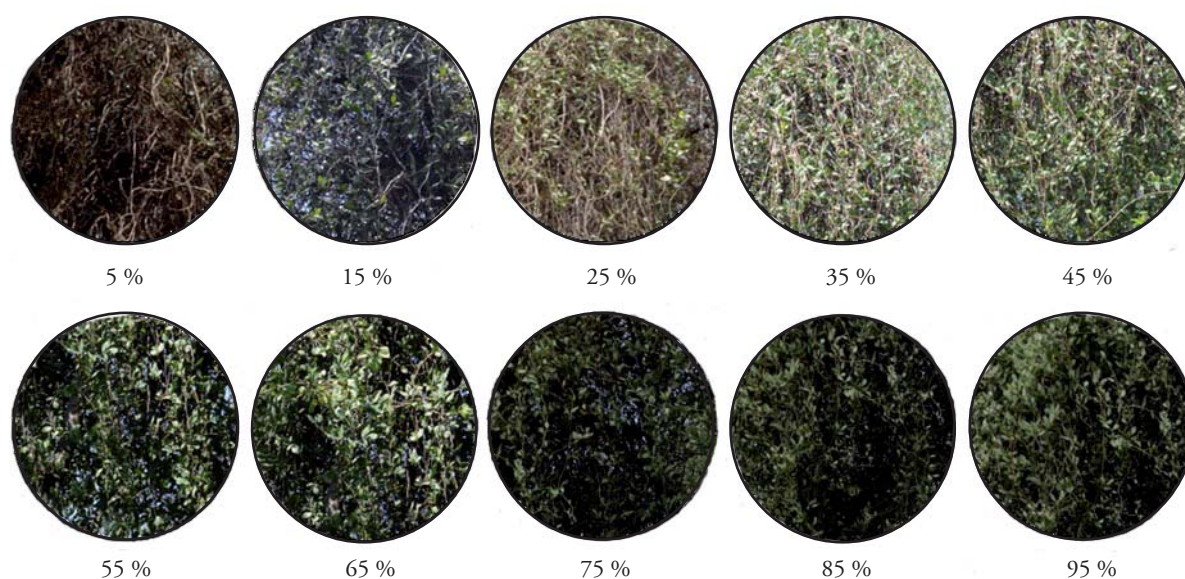


Figura 1. Escala de evaluación de la densidad de follaje del muérdago verdadero *Struthanthus interruptus*.
Figure 1. Evaluation scale of the foliage density of the true mistletoe *Struthanthus interruptus*.

realizaron cada 4 d durante las primeras seis semanas, después una cada 15 d, por lo que hubo un total de 20 evaluaciones, con las que se generó la gráfica de la dinámica de la defoliación promedio del muérdago verdadero *S. interruptus* como efecto de los tratamientos.

El porcentaje de defoliación del muérdago verdadero *S. interruptus* (D_i) se calculó con la siguiente fórmula propuesta por los autores:

$$D_i = 100 \times \left(1 - \frac{df_i}{df_1} \right), i = 1, 2, 3, \dots, 20$$

donde df_i es la densidad de follaje del muérdago verdadero medido en la i -ésima evaluación.

Análisis de datos

La variable respuesta fue la defoliación del muérdago (%) evaluada 165 d después de iniciado el experimento. Con los datos se realizó un ANDEVA con el procedimiento GLM y las medias se compararon con la prueba LSD ($p \leq 0.05$) usando SAS® (versión 9.5).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de etefón causó defoliación significativa ($p=0.0008$) del muérdago verdadero *S. interruptus* desarrollado sobre *P. deltoides*, en comparación con el testigo absoluto. La defoliación del muérdago incluyó la pérdida de hojas y el desprendimiento de flores y frutos. La dosis alta, media y baja de etefón provocaron 56.29, 31.14 y 31.00 % de defoliación respectivamente, sin diferencia estadística entre los dos últimos (Cuadro 1). Uno de los árboles con tratamiento de dosis baja de etefón (2 mL) murió a los 99 d después de iniciado el experimento.

Independiente del tratamiento, la dinámica de la defoliación fue diferente en cada caso, lo cual significó que el efecto se observó en distinto tiempo e intensidad. La defoliación del muérdago por efecto de la primera inyección de etefón realizada en abril se presentó 4 d después, lo que representó un tiempo menor en comparación con la realizada en agosto, la cual mostró efecto a los 17 d (Figura 2). Es probable que la circulación del producto químico en la segunda aplicación fuese influenciada por condiciones ambientales como la precipitación. De acuerdo con Doccola y Wild (2012), el efecto de las inyecciones es mayor cuando el árbol está transpirando, pero

where df_i is the foliage density of true mistletoe measured in the i -th evaluation.

Analysis of data

The response variable was the defoliation of the mistletoe (%) evaluated 165 d after the start of the experiment. An ANOVA was made with the data with the GLM procedure and the means were compared with the LSD test ($p \leq 0.05$) using SAS® (version 9.5).

RESULTS and DISCUSSION

The application of ethephon caused significant defoliation ($p=0.0008$) of the true mistletoe *S. interruptus* developed on *P. deltoides*, in comparison with the absolute control. The defoliation of the mistletoe included the loss of leaves and the detachment of flowers and fruits. The high, medium and low dose of ethephon provoked 56.29, 31.14 and 31.00 % defoliation, respectively, with no statistical difference between the latter two (Table 1). One of the trees with low dose treatment of ethephon (2 mL) died at 99 d after the start of the experiment.

Independently of the treatment, the dynamic of defoliation was different in each case, which signified that the effect was observed in different time and intensity. The defoliation of the mistletoe from the

Cuadro 1. Defoliación del muérdago verdadero *Struthanthus interruptus* por efecto de la aplicación de etefón y agua destilada estéril (testigo).

Table 1. Defoliation of the true mistletoe *Struthanthus interruptus* due to the effect of the application of ethephon and sterile distilled water (control).

Dosis de etefón (mL) [†]	Defoliación, % [‡]
4	56.29 A
3	31.14 B
2	31.00 B [§]
T	9.86 C

[†]Dosis de etefón y T: testigo con agua destilada estéril (2 mL)
[‡] Dose of ethephon and T: control with sterile distilled water (2 mL).

[§]Letras diferentes en una columna indican diferencias estadísticamente significativas (LSD; $p \leq 0.05$). Cada dato representa el promedio de siete y seis (°) árboles evaluados
[§] Different letters in a column indicate statistically significant differences (LSD; $p \leq 0.05$). Each data represents the average of seven and six (°) trees evaluated.

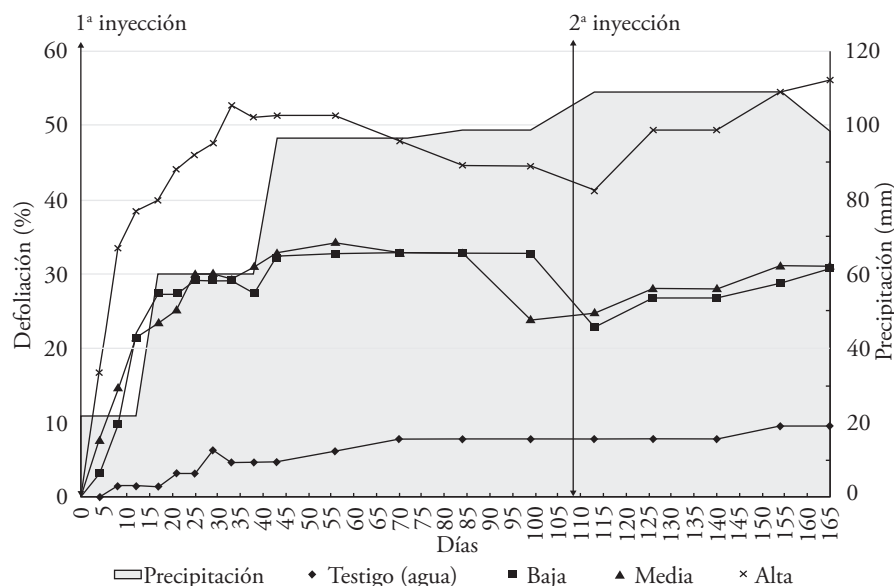


Figura 2. Dinámica de la defoliación promedio del muérdago verdadero *Struthanthus interruptus* como efecto a tratamientos con agua destilada estéril (testigo) y etefón (Fuente: CONAGUA, 2015).

Figure 2. Dynamic of the average defoliation of the true mistletoe *Struthanthus interruptus* as an effect from the treatments with sterile distilled water (control) and ethephon (Source: CONAGUA, 2015).

esto se reduce en días lluviosos debido al incremento en la humedad relativa que provoca una mayor acumulación de agua en el suelo (Sánchez y Fernández, 2000).

Durante la primera aplicación de tratamientos con etefón, los valores máximos de defoliación se presentaron a los 33 (dosis alta) y 56 (dosis baja y media) días después de la aplicación, mientras que los valores máximos en la segunda aplicación se observaron hasta la última evaluación, sin poder apreciar cuándo ocurrió el máximo y cuánto duró el efecto debido al corto tiempo de evaluación. Aunque la aplicación se realizó en temporada de lluvias se observó un efecto en la defoliación. El testigo se mantuvo constante a lo largo del periodo de evaluación.

Después de la primera aplicación de tratamientos con etefón, se observó una recuperación del follaje del muérdago desde el día 33 (dosis alta) y 56 (dosis media y baja), que coincidió con el incremento en la precipitación. Lo anterior pudo deberse a la relación entre el vigor del hospedante y el de la planta parásita (Knutson y Tinnin, 1980; Olsen, 2003), ya que algunas especies tienen una respuesta positiva en su crecimiento debido a mejores condiciones del hospedante, como la disponibilidad de agua y carbón (Glatzel y Geils, 2008).

effect of the first injection of ethephon applied in April appeared 4 d later, which represented a shorter time compared with the application made in August, which showed effect at 17 d (Figure 2). It is probable that the circulation of the chemical product in the second application was influenced by environmental conditions such as precipitation. According to Doccola and Wild (2012), the effect of the injections is greater when the tree is transpiring, but this is reduced in rainy days due to the increment in relative humidity which provokes a greater accumulation of water in the soil (Sánchez and Fernández, 2000).

During the first application of treatments with ethephon, the maximum values of defoliation appeared at 33 (high dose) and 56 (low and medium dose) days after application, while the maximum values in the second application were observed at the final evaluation, without observing when the maximum occurred and how long the effect lasted due to the short time of evaluation. Although the application was made during the rainy season, an effect was observed in defoliation. The control remained constant throughout the evaluation period.

After the first application of treatments with ethephon, a recuperation of the mistletoe foliage was observed from day 33 (high dose) and 56 (medium

En la última evaluación, a los 165 d, se registró una disminución de la densidad de follaje del muérdago verdadero que osciló de 9.86 a 56.29 %. La defoliación promedio en los testigos no rebasó el 10 %, mientras que la defoliación en los tratamientos con etefón osciló entre 31 y 56 %. La efectividad en los tratamientos pudo ser afectada porque la aplicación se realizó después del crecimiento de la planta parásita (abril), ya que las hojas jóvenes y yemas en desarrollo son menos afectadas por el etefón (Berry *et al.*, 1992), por lo que será efectivo realizar la aplicación antes de la emisión de hojas jóvenes (Perry y Elmore, 2006).

Berry *et al.* (1992) y Mallams y Mathiasen (2010) reportaron que la aplicación en invierno es efectiva cuando el hospedante está en reposo y el muérdago fisiológicamente activo; así, absorbe el producto químico y reduce el daño a los tejidos del hospedante por el producto. Lo anterior sugiere que el éxito en el control químico es influenciado por la época de aplicación, así como la etapa fisiológica de la planta parásita y del hospedante.

La densidad de follaje del muérdago varió en el tiempo de evaluación (Figuras 3). El tratamiento con agua destilada estéril causó una defoliación gradual, casi imperceptible, y fue notoria desde el segundo mes después de la aplicación del tratamiento. Las dosis baja y media de etefón mostraron una dinámica de la defoliación muy similar. La pérdida de follaje como efecto de la primera aplicación de tratamientos se observó durante los primeros tres meses, seguida de un ligero incremento de follaje, el cual disminuyó justo después de la segunda aplicación de tratamientos. La dosis alta de etefón provocó la defoliación mayor en comparación a las demás dosis; el efecto se observó durante el primer mes después de la aplicación, pero la defoliación disminuyó durante los tres meses posteriores y aumentó como efecto de la segunda aplicación.

Los tratamientos con etefón causaron agrietamientos en la corteza sobre aquellos puntos de inyección en el hospedante (Figura 4), aunque este efecto no está reportado como síntoma de fitotoxicidad ocasionado por este producto, ya que de acuerdo con Cibrián *et al.* (2010)⁷ y Martínez (2015)⁸, las inyecciones con etefón ocasionan defoliación y muerte del muérdago, y en algunos casos la muerte del

and low dose), which coincided with the increment in precipitation. The above may have been due to the relationship between the vigor of the host and that of the parasite plant (Knutson and Tinnin, 1980; Olsen, 2003), given that some species have a positive response in their growth due to better conditions of the host, such as availability of water and carbon (Glatzel and Geils, 2008).

In the final evaluation, at 165 d, a reduction in foliage density of the true mistletoe was observed which oscillated from 9.86 to 56.29 %. The average defoliation in the controls was no more than 10 %, whereas defoliation in the treatments with ethephon oscillated from 31 and 56 %. The effectiveness in the treatments could have been affected because the application was made after the growth of the parasite plant (April), given that the young leaves and developing buds are less affected by the ethephon (Berry *et al.*, 1992), thus it would be more effective to make the application before the emission of young leaves (Perry and Elmore, 2006).

Berry *et al.* (1992) and Mallams and Mathiasen (2010) reported that the application in winter is effective when the host is in repose and the mistletoe physiologically active; thus, it absorbs the chemical product and reduces damage to the tissues of the host by the product. The above suggests that the success of the chemical control is influenced by the period of application, as well as the physiological stage of the parasite plant and of the host.

The foliage density of the mistletoe varied in the time of evaluation (Figure 3). The treatment with sterile distilled water caused a gradual defoliation, almost undetectable, and was obvious from the second month after the application of the treatment. The low and medium dose of ethephon showed a very similar defoliation dynamic. The loss of foliage as effect of first application of treatments was observed during the first three months, followed by a slight increment of foliage, which decreased just after the second application of treatments. The high dose of ethephon provoked the greatest defoliation with respect to the other doses; the effect was observed during the first month after the application, but the defoliation decreased during the three posterior months and increased as an effect of the second application.

⁸Martínez (2015). Comunicación personal.

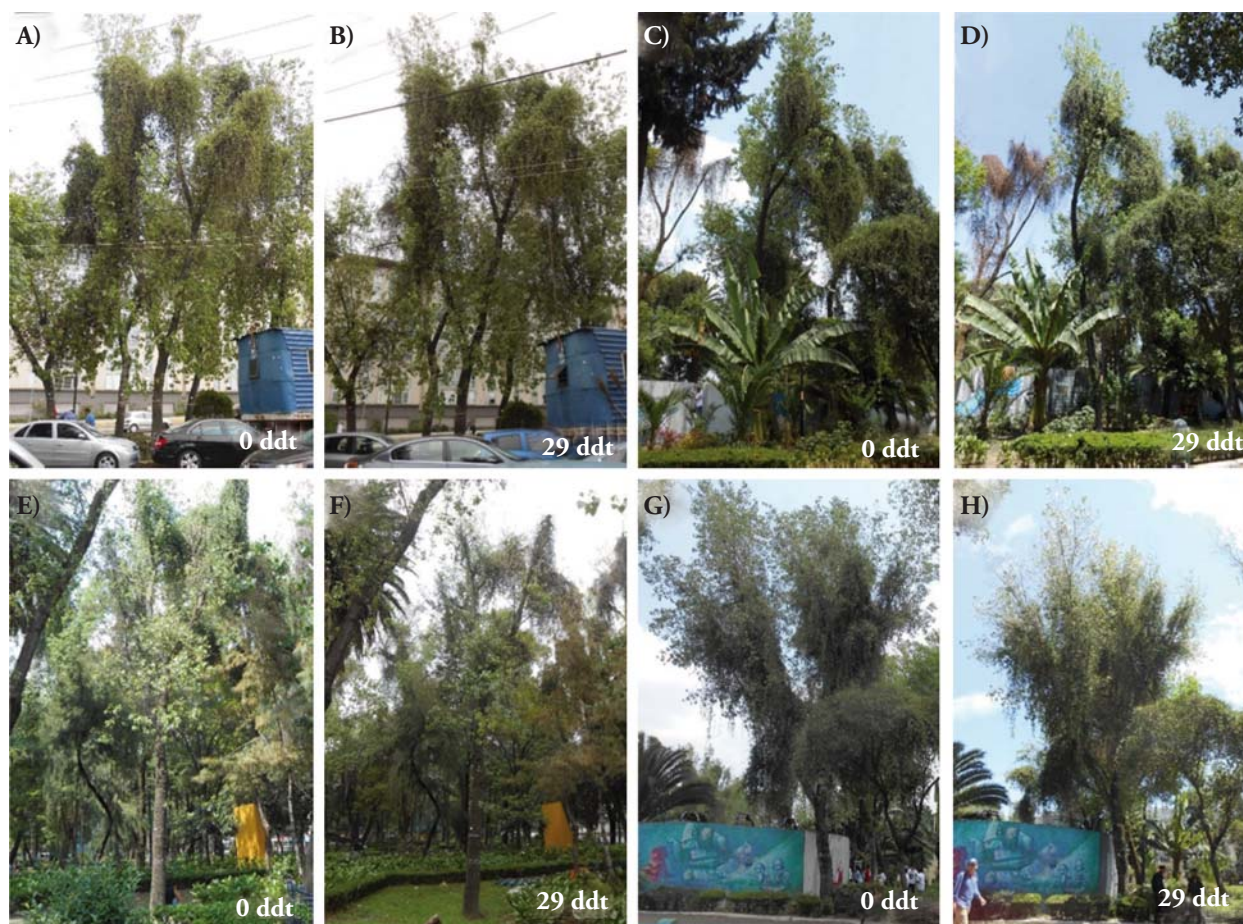


Figura 3. Tratamiento con agua destilada estéril (A y B) y tratamiento con dosis baja (C y D), media (E y F) y alta (G y H) de etefón evaluado días después de la aplicación de tratamientos (ddt).

Figure 3. Treatment with sterile distilled water (A and B) and treatment with low (C and D), medium (E and F) and high (G and H) dose of ethephon evaluated days after the application of treatments (dat).

hospedante, por lo que se debe ajustar la dosis. Durante nuestro experimento, los agrietamientos solo se observaron en los puntos realizados en la primera inyección y fueron evidentes desde el segundo mes después de la aplicación; éstos midieron de 1 – 8 cm de diámetro.

En México, el control químico de muérdagos verdaderos está poco explorado. El éxito de la inyección de etefón en el tronco de árboles hospedantes se reportó en *Cladocolea diversifolia* (Cibrián *et al.*, 2010⁷), logrando la caída de hojas, frutos y ramillas de la planta parásita. Sin embargo, en *Struthanthus* la inyección de este regulador de crecimiento no tuvo el mismo efecto por lo que estos resultados son un antecedente para el control químico del muérdago verdadero *S. interruptus*.

The treatments with ethephon caused fissures in the cortex at the injection points in the host (Figure 4); although this effect is not reported as a symptom of phytotoxicity caused by this product, because according to Cibrián *et al.* (2010)⁷ and Martínez (2015)⁸, the injections with ethephon caused defoliation and death of the mistletoe, and in some cases the death of the host, therefore the dose should be adjusted. During our experiment, the fissures were only observed in the points made in the first injection and were evident from the second month after the application; these measured 1 to 8 cm in diameter.

In Mexico, the chemical control of true mistletoe has been scarcely explored. The success of the injection of ethephon in the trunk of host trees was reported in *Cladocolea diversifolia* (Cibrián *et al.*, 2010⁷),

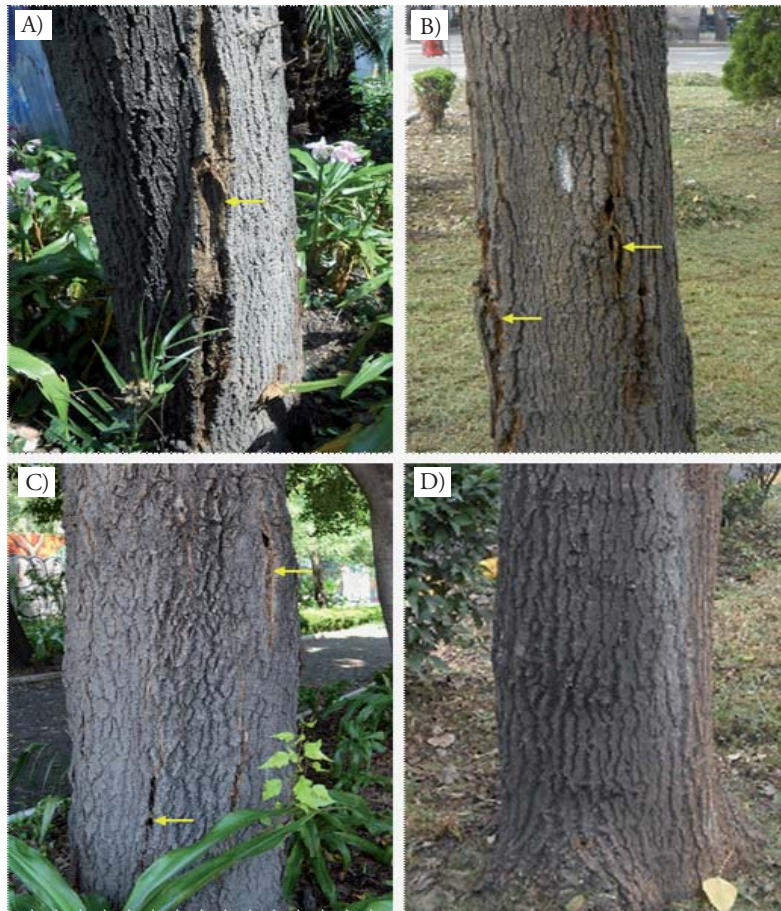


Figura 4. Agrietamientos en la corteza de *Populus deltoides* como efecto a la aplicación de etefón a: A) dosis baja, B) dosis media y C) dosis alta, en comparación con el D) tratamiento con agua destilada estéril (testigo).

Figure 4. Fissures in the cortex of *Populus deltoides* as effect of the application of ethephon at: A) low dose, B) medium dose and C) high dose, with respect to the D) treatment with sterile distilled water (control).

La inyección de tres dosis de etefón no fue letal para el muérdago verdadero *S. interruptus*, causó la defoliación, la reducción de semilla así como la disminución de nuevas infecciones. Los muérdagos representan una fuente atractiva y nutritiva de alimento para las aves dispersoras (incluso cuando hay escasez de alimento de otras fuentes), que consumen los frutos y depositan las semillas en nuevos árboles, logrando su infección (Kuijt, 1969; López de Buen y Ornelas, 2001; Coder, 2008; Mathiasen *et al.*, 2008). Por lo anterior, es importante realizar más pruebas de este tipo en el arbolado urbano de la Ciudad de México, con el fin de determinar la dosis, época de aplicación y etapa fenológica del muérdago más adecuadas, que logren la muerte selectiva de la planta parásita sin dañar al hospedante.

achieving the loss of leaves, fruits and twigs of the parasite plant. However, in *Struthanthus* the injection of this growth regulator did not have the same effect, thus these results are an antecedent for the chemical control of the true mistletoe *S. interruptus*.

The injection of three doses of ethephon was not lethal for the true mistletoe *S. interruptus*, caused the defoliation, seed reduction as well as the decrease in new infections. The mistletoes represent an attractive and nutritive food source for the dispersing birds (even when there is scarcity of other food sources), which consume the fruits and deposit the seeds in new trees, causing their infection (Kuijt, 1969; López de Buen and Ornelas, 2001; Coder, 2008; Mathiasen *et al.*, 2008).

CONCLUSIONES

El control químico con etefón es una alternativa que permite disminuir y retrasar la dispersión del muérdago verdadero *Struthanthus interruptus*. El porcentaje de defoliación de la planta parásita debido a la inyección del regulador de crecimiento en árboles de *Populus deltoides* fue mayor respecto a los tratados con agua destilada estéril, y la dosis alta causó la defoliación mayor. Los efectos en la densidad de follaje del muérdago verdadero se observaron en menor tiempo en la primera aplicación de tratamientos, comparado con la segunda; por lo tanto, es mejor realizar la aplicación antes de la emisión de hojas jóvenes del muérdago y de la temporada de lluvias.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Colegio de Postgraduados por el financiamiento y aceptación para continuar con mi formación.

Al Dr. Víctor David Cibrián Llanderal, M.C. Uriel M. Barrera Ruiz, Ing. Jesús Morales Bautista y Biol. Israel Aquino Bolaños por compartir su experiencia y apoyar en la aplicación del control químico.

Al Dr. Cristian Nava Díaz, Dr. Juan Manuel Vanegas Rico, M.C. José Alberto Aguilar Juárez y M.C. Marco Antonio López Cruz por su apoyo en la parte estadística.

A la Biol. Teresa Cantoral Herrera, Biol. Teresa Patiño Pineda, Arq. Sandra Durán Linares y al Téc. For. Arturo Vargas García, por brindarnos un espacio para realizar el experimento y facilitar nuestra estancia en el Jardín Alexander Pushkin.

A la Dra. Luz de Lourdes Saavedra Romero, Dra. Silvia Edith García Díaz y Dra. Alejandra Almaraz Sánchez por sus valiosas aportaciones a la presente investigación.

LITERATURA CITADA

- Adams, D. H., S. J. Frankel, and J. M. Lichter. 1993. Considerations when using ethephon for suppressing dwarf and leafy mistletoe infestations in ornamental landscapes. *J. Arboric.* 19: 351-357.
- Aquino B., I. s/a. Bioinject-tree. En patente ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. Ciudad México, México.
- Alvarado R., D., L. de L. Saavedra R., A. Almaraz S., M. Hernández A., y C. Martínez L. 2009. Impacto del muérdago en el arbolado del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. 82 p.
- Arborjet, s/a. Advantages of the Arborplug. <http://arborjet.com/product/arborplugs/> (Consulta: octubre 2017).
- Arriola P., V. J., E. Velasco B., T. Hernández T., A. González H., y M. E. Romero S. 2012. Los muérdagos verdaderos del arbolado de la Ciudad de México. *Rev. Mex. Cien. For.* 4: 34-45.
- Berry, A. M., J. M. Lichter, and M. S. Reid. 1992. New Methods for Mistletoe Control. Final Report. Elvenia J. Slossen Endowment Fund. pp: 29-32.
- Calderón, G. 2010. Loranthaceae. In: Rzedowski, J. y G. Calderón (eds). *Flora Fanerogámica del Valle de México*. Edición digital. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México. pp: 98-102.
- Chacalo, A., A. Aldama, and J. Grabinsky. 1994. Street tree inventory in Mexico City. *J. Arboric.* 20: 222-226.
- Cibrián T., D. y D. Alvarado R. 2007. Muérdago *Struthanthus* – *Struthanthus* mistletoe. In: Cibrián T., D., D. Alvarado R., y S. E. García D. (eds). *Enfermedades Forestales en México - Forest Diseases in Mexico*. Universidad Autónoma Chapin-go. México. pp: 436.
- Cibrián T., D., V. D. Cibrián Ll., D. G. Ruiz F., A. F. Burke R., U. M. Barrera R., H. C. Álvarez S., y J. M. Cadena B. 2010. Uso de plaguicidas con base en reguladores del crecimiento para el control de muérdago en arbolado urbano. Proyecto CPSG/067a/2009 - Manejo del arbolado urbano infestado

Therefore, it is important to carry out more tests of this type in the urban trees of Mexico City, with the purpose of determining the most adequate dose, period of application and phenological stage of the mistletoe, which achieve the selective death of the parasite plant without damaging the host.

CONCLUSIONS

Chemical control with ethephon is an alternative that permits the reduction and delay of dispersal of the true mistletoe *Struthanthus interruptus*. The percentage of defoliation of the parasite plant due to the injection of the growth regulator in trees of *Populus deltoides* was higher with respect to those treated with sterile distilled water, and the high dose caused greater defoliation. The effects in foliage density of the true mistletoe were observed in shorter time in the first application of treatments, compared with the second; therefore, it is better to carry out the application prior to the emission of young leaves of the mistletoe and to the rainy season.

—End of the English version—



- por muérdago y otros agentes que afectan su salud en el distrito federal. Universidad Autónoma Chapingo. México. 106 p.
- Coder, K. D. 2007. Soil Compaction, Stress and Trees: Symptoms, Measures, Treatments. University of Georgia. Warnell School of Forestry & Natural Resources. Warnell School Outreach Monograph WSFNR07-9. 99 p.
- Coder, K. D. 2008. American Mistletoe (*Phoradendron serotinum* var. *serotinum*) Infection in Trees. Tree Health Series. Warnell School of Forestry & Natural Resources. 36 p.
- CONAGUA. 2015. Reporte del clima en México. 30 p. <http://smn1.conagua.gob.mx/climatologia/analisis/reporte/Anual2015.pdf> (Consulta: agosto 2017).
- Doccola, J. J., and P. M. Wild. 2012. Tree injection as an alternative method of insecticide application. In: Soloneski, S. (ed). Insecticides – Basic and Other Applications. InTech. 61-78 pp.
- GDF (Gobierno del Distrito Federal). 2000. Manual Técnico para la Poda, Derribo y Trasplante de Árboles y Arbustos de la Ciudad de México. Impresora Deseret. México. 144 p.
- Geils, B. W., and I. Vázquez C. 2002. Loranthaceae and Viscaceae in North America. In: Geils, B. W., J. Cibrián T., and B. Moody (coords). Mistletoes of North American Conifers. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-98. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. pp: 1-8.
- Glatzel, G., and B. W. Geils. 2008. Mistletoe ecophysiology: host-parasite interactions. Botany 87: 10-15.
- Hawksworth, F. G. 1983. Mistletoes as forest parasites. In: Calder, M., and P. Bernhardt (eds). The Biology of Mistletoes. Academic Press. Australia. pp: 317-333.
- Hoffman, J. T. 2004. Management guide for dwarf mistletoe *Arceuthobium* spp. Forest Health Protection and State Forestry Organizations. 14 p.
- Knutson, D. M. 1983. Physiology of mistletoe parasitism and disease responses in the host. In: Calder, M., and P. Bernhardt (eds). The Biology of Mistletoes. Academic Press. Australia. pp: 295-316.
- Knutson, D. M., and R. Tinnin. 1980. Dwarf Mistletoe and Host Tree Interactions in Managed Forests of the Pacific Northwest. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-111. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 19 p.
- Kuijt, J. 1969. The Biology of Parasitic Flowering Plants. University of California Press. Berkeley and Los Angeles. United States of America. 246 p.
- Lichter, M. J., M. S. Reid, and A. M. Berry. 1991. New methods for control of leafy mistletoe (*Phoradendron* spp.) on landscape trees. J. Arboric. 17: 127-130.
- López de Buen, L., and J. F. Ornelas. 2001. Seed dispersal of the mistletoe *Psittacanthus schiedeana* by birds in Central Veracruz, Mexico. BIOTROPICA 33: 487-494.
- Mallams, K. M., and R. L. Mathiasen. 2010. Mistletoes on hardwoods in the United States. Forest Insect & Disease Leaflet 147. U.S. Department of Agriculture. Forest Service. 12 p.
- Manion, P. D. 1991. Tree Disease Concepts. 2nd. ed. Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey, United States of America. pp: 315-327.
- Marchal V., D. 2009. El muérdago en la Ciudad de México. Arbolama. 2: 10-30.
- Martínez, G., L. 2008. Árboles y Áreas Verdes Urbanas de la Ciudad de México y su Zona Metropolitana. Fundación Xochitla, A.C. Tepotzotlán, Estado de México, México. pp: 409-413.
- Mathiasen, R. L., D. L. Nickrent, D. C. Shaw, and D. M. Watson. 2008. Mistletoes: pathology, systematics, ecology, and management. Plant Dis. 92: 988-1006.
- Michailides, T. J., J. M. Ogawa, J. R. Parmeter Jr., and S. Yoshimine. 1987. Survey for and chemical control of leafy mistletoe (*Phoradendron tomentosum* subsp. *macrophyllum*) on shade trees in Davis, California. Plant Dis. 71: 533-536.
- Minko, G., and P. C. Fagg. 1989. Control of some mistletoe species on eucalyptus by trunk injection with herbicides. (Abstr.) Aust. For. 52: 94-102.
- Olsen, M. W. 2003. True Mistletoes. The University of Arizona Cooperative Extension. College of Agriculture and Life Sciences. Tucson, Arizona, United States of America. 3 p.
- Pérez O., C. de la P., J. Ceja R., y G. Vela R. 2006. Árboles y muérdagos: una relación que mata. ContactoS 59: 28-34.
- Perry, E. J., and C. L. Elmore. 2006. Mistletoe. Integrated pest management for home gardeners and landscape professionals. Publication 7437. Pest Notes. University of California. Agriculture and Natural Resources. 3 p.
- Press, M. C., and G. K. Phoenix. 2005. Impacts of parasitic plants on natural communities. New Phytol. 166: 737-751.
- Sánchez Z., M. A., and R. Fernández E. 2000. Injector-size and the time of application affects uptake of tree trunk-injected solutions. Sci. Hortic. 84: 163-177.
- Schomaker, M. E., S. J. Zarnoch, W. A. Bechtold, D. J. Latelle, W. G. Burkman, and S. M. Cox. 2007. Crown-Condition Classification: A Guide to Data Collection and Analysis. Gen. Tech. Rep. SRS-102. Ashville, MC. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. pp: 18-22.
- Shamoun, S. F., and L. E. DeWald. 2002. Management strategies for dwarf mistletoes: biological, chemical, and genetic approaches. In: Geils, B. W., J. Cibrián T., and B. Moody (coords). Mistletoes of North American Conifers. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-98. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. pp: 75-82.
- Shamoun, S. F., T. D. Ramsfield, and B. J. van der Kamp. 2003. Biological control approach for management of dwarf mistletoes. N.Z. J. For. Sci. 33: 373-384.
- Shigo, A. L. 1977. Compartmentalization of decay in trees. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Agriculture Information Bulletin No. 405. 73 p.
- SMA. 2013. Las áreas verdes urbanas y tú. Secretaría del Medio Ambiente, Distrito Federal, México. 14 p.
- Statistical Analysis System (SAS). SAS Institute Inc. Version 9.5. USA.
- Tainter, F. H., and F. A. Baker. 1996. Parasitic flowering plants. In: Tainter, F. H., and F. A. Baker. Principles of Forest Pathology. John Wiley & Sons, Inc. Canada. pp: 143-150.
- Vázquez C., I. 1994. Determinación de la época y dosis del esterón 47M para el control del muérdago verdadero (*Psittacanthus calyculatus*) en mezquite (*Prosopis laevigata*). Rev. Cien. For. Mex. 19: 27-50.
- Vázquez C., I., R. Pérez C., y R. Pérez C. 1986. Control químico del muérdago verdadero (*Psittacanthus* sp.) en la Sierra Puré-

- pecha (Meseta Tarasca). Ciencia For. 11: 106-126.
- Vázquez C., I., A. Villa R., y S. Madrigal H. 2006. Los muérdagos (Loranthaceae) en Michoacán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. 93 p.
- Velasco B., E., J. F. Reséndiz M., L. Sandoval C., L. P. Olvera C., F. Moreno S., M. V. Gutiérrez G., y O. Cedeño S. 2002. Diagnóstico sanitario de los bosques del Distrito Federal, México. Cien. For. en Méx. 27: 7-26.
- Wood, B. W., and C. C. Reilly. 2004. Control of Mistletoe in pecan trees. HortScience. 39:110-114.