



Eficiencia del extracto vegetal de *Datura stramonium* L. como insecticida para el control de la mosca sierra

Efficiency of the vegetal extract of *Datura stramonium* L. as insecticide for the control of the sawfly

Mónica Yazmín Flores-Villegas¹, Rubén Francisco González-Laredo², José Ángel Prieto-Ruiz¹, Marín Pompa-García¹, Luis Alberto Ordaz-Díaz³ y Pedro Antonio Domínguez-Calleros^{*}

¹ Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Ciencias Forestales. Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Forestales. Durango, Durango, México.

² Instituto Tecnológico de Durango. Durango, Durango, México.

³ Universidad Politécnica de Durango. Durango, Durango, México.

* Autor de correspondencia. pdomingc@hotmail.com

RESUMEN

Las plagas representan un efecto negativo en los bosques y a menudo son subestimadas por el hombre. Sus brotes contribuyen directa o indirectamente en la economía y el medioambiente. Uno de los principales problemas en los ecosistemas forestales son las plagas defoliadoras del pino, conocidas como “mosca sierra”. El objetivo de la investigación fue caracterizar extractos de las diferentes partes (hoja, tallo y raíz) de *Datura stramonium* para evaluar sus propiedades tóxicas y posible uso como insecticida orgánico sobre larvas de *Neodiprion autumnalis*. Se evaluó en laboratorio a las 0 h, 3 h, 6 h, 12 h y 24 h la repelencia y mortalidad de la mosca sierra en *Pinus leiophylla*, tratados con extractos hidroalcohólicos. Para llevar a cabo la caracterización se realizó la extracción de alcaloides. Los extractos fueron analizados por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas lo que permitió identificar los alcaloides presentes que fueron de tipo tropánico. Las medias estadísticas fueron comparadas por la prueba de Tukey a 5% de probabilidad y se encontraron diferencias entre los tratamientos realizados para cada parte vegetal y dosis aplicada (10 mg/L, 30 mg/L y 50 mg/L) con respecto al testigo. Los resultados mostraron porcentajes de mortalidad de 7% hasta 30%, dependiendo de la dosis y del tiempo de exposición sobre las larvas. La estructura vegetal que presentó mejores resultados fue la raíz, seguida por las hojas y el tallo. Los extractos pueden considerarse como parte fundamental de un manejo integrado de plagas.

PALABRAS CLAVE: bosque, insectos, manejo biorracional, metabolitos, *Neodiprion*, plaga.

ABSTRACT

Pests represent a negative effect on forests and are often underestimated by man. Pests outbreaks contribute directly or indirectly to the economy and the environment. One of the main problems in the forest ecosystems is the pine defoliating pests, known as "sawfly". The aim of this research was to characterize extracts from different parts (leaf, stem and root) of *Datura stramonium* to evaluate their toxic properties and potential use as an organic insecticide on larvae of *Neodiprion autumnalis*. The repellency and mortality of the sawfly in *Pinus leiophylla*, treated with hydroalcoholic extracts, was evaluated in the laboratory at 0 h, 3 h, 6 h, 12 h and 24 h. To do the characterization, the extraction of alkaloids was carried out. Extracts were analyzed by gas chromatography coupled to mass spectrometry that allowed identification of the main tropane alkaloids. Statistical analyzes were performed comparing means by the Tukey test at 5% of probability, and differences were found between treatments performed for each plant extract and applied doses (10 mg/L, 30 mg/L y 50 mg/L) with respect to the control. Results showed mortality percentages of 7% to 30%, depending on the dose and the time of exposure to the larvae. The plant structure presenting the best results was the root, followed by the leaves and the stem. These extracts could be a fundamental part of an integrated pest management.

KEYWORDS: forest, insects, biorrational management, metabolites, *Neodiprion*, plague.

INTRODUCCIÓN

En México, las zonas forestales han incrementado su vulnerabilidad a incendios y plagas que destruyen en promedio 270 000 ha anuales, lo que incide en la extinción local de numerosas especies (Segura-Warnholtz, 2014), también se han registrado insectos que dañan severamente plántulas en viveros forestales del centro de México (Marín-Cruz *et al.*, 2015). Las principales plagas y enfermedades atendidas a escala nacional por su superficie afectada son: muérdago y plantas parásitas (36 786 ha), descortezadores (18 116 ha), defoliadores (15 0036 ha) y enfermedades en menor superficie (Comisión Nacional Forestal [Conafor], 2016).

Dentro de los insectos defoliadores, se encuentra la mosca sierra que pertenece a la familia Diprionidae. Esta es considerada de alta importancia económica forestal, ya que se alimenta del follaje de la vegetación de la familia Pinacea y, dependiendo del nivel de infestación del arbolado, puede llegar a causar la muerte (Sánchez, Alanís, Cano y Olivo, 2012). La mosca sierra ha adquirido importancia como plaga ya que en los últimos años la Conafor ha atendido daños ocasionados a especies del genero *Pinus*, debido al ataque de insectos de los géneros *Zadiprion* y *Neodiprion* (Gaona *et al.*, 2014).

Para controlar el ataque de la mosca sierra en el ejido los Bancos del municipio de Pueblo Nuevo Durango, se han realizado aplicaciones químicas en 15 ha. Desde el punto de vista ecológico, los insecticidas químicos son sustancias tóxicas que afectan a los componentes del ecosistema y la intensidad del efecto varía según las características del insecticida, el grado de susceptibilidad de las especies, la forma en que se aplica, la formulación y dosificación del producto (Badii y Abreu, 2006). Sin embargo, existen métodos alternativos para el control de plagas que se han evaluado en laboratorio y en campo, tales como: controladores biológicos (depredadores), hongos entomopatógenos y extractos naturales de plantas (Amariles-Barrera, García-Pajón y Parra-Henao, 2013); también, se han realizado aspersiones de *Bauveria bassiana* (Aguilar, 2016); esta última requiere ser evaluada para conocer el modo de acción sobre la larva del defoliador.

Los extractos vegetales son mezclas complejas de metabolitos secundarios, aislados de las plantas (García, Martínez, Ortega y Castro, 2010), los cuales se usan para minimizar la aplicación de plaguicidas convencionales (químico-sintéticos), estos ocasionan efectos adversos medioambientales, económicos y a la salud humana (Cardozo y Jiménez, 2014; Pino y Lazo, 2010). Actualmente, existen alrededor de 1000 plantas que son utilizadas como bioinsecticidas (Sabilón y Bustamante, 1995).

En México el género *Datura* cuenta con 14 especies (Luna. Cavazos y Bye, 2011), de ellas *Datura stramonium* (toloache) es la más tóxica y se ha utilizado para elaborar fungicidas e insecticidas. Se ha probado su efectividad sobre *Fusarium oxysporum asparagi* y *Stemphylium vesicarium* (Rodríguez y Chico, 2012). El toloache ha sido efectivo en el control de plagas del algodón en Perú y en México (Fuertes *et al.*, 2010), contra el agente causal de la falsa cenicilla de *Ramularia cercosporelloides* (cártamo; Quintana-Obregón *et al.*, 2010); además se considera que causa 79% de mortalidad de ninfas y adultos del psílido asiático, el cual afecta a los cítricos de la parte sur de México (Sandoval-Reyes, Arriaga-Gaona, Hernández, Hernández-Romero y Guzmán-González, 2013). Por otra parte, es importante reconocer que en plagas forestales se carece de registros sobre resultados del uso de *Datura stramonium*, como insecticida orgánico.

OBJETIVOS

Analizar los extractos metanólicos, obtenidos de las diferentes estructuras de la planta de *Datura stramonium* (hoja, tallo y raíz), para realizar evaluaciones de toxicidad sobre larvas del cuarto y quinto instar del defoliador del pino *Neodiprion autumnalis*, con el fin de verificar su efectividad como posible biocontrolador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron 25 plantas de *Datura stramonium* de una altura promedio de 1 m, ubicadas en el noreste de la ciudad de Durango, México. Posteriormente, se realizó una separación por estructura vegetal (hoja, tallo y raíz), las



estructuras se almacenaron durante una semana para su secado a la sombra, con la finalidad de no mermar el contenido de alcaloides por su fotosensibilidad (Bermejo, Pereira, Cintra y Morales, 2014). Una vez obtenidas las muestras secas de cada estructura, fueron procesadas en un molino de cuchillos (Thomas-Wiley Miller) hasta pasar por una malla de 2 mm.

A través de métodos de maceración e hidrodestilación, se obtuvo el extracto vegetal (Taborda, Sánchez, Bonilla y Huertas, 2014). Para la preparación de los extractos se colocaron 500 mL de metanol con 250 g (relación líquido sólido 2:1) de materia seca de cada estructura de la planta y se dejó reposar por 24 h aproximadamente. Después los macerados se centrifugaron (Centrifuge 5810 R) por 5 min a 3500 min^{-1} (rpm) y se recuperaron los sobrenadantes, que constituyen los extractos crudos. Enseguida, los sobrenadantes se concentraron por separado a sequedad en un rotoevaporador digital. De este procedimiento se extrajeron líquidos viscosos, los cuales se alcalinizaron con hidróxido de amonio (NH_4OH) y cada muestra se extrajo con 250 mL de cloroformo. Los alcaloides se obtuvieron de la solución de cloroformo con ácido sulfúrico (H_2SO_4) 1N, en forma fraccionada. Una vez obtenidos los extractos crudos, estos se concentraron de nuevo a sequedad por rotoevaporación a vacío, los cuales constituyeron los extractos concentrados de alcaloides.

El análisis cualitativo de alcaloides se basó en las pruebas de Mayer, de Dragendorff y de Wagner (Enrico, 2006). Estas técnicas se realizaron directamente con los extractos crudos de alcaloides resuspendidos en 10 mL de metanol. Se aplicaron, para cada estructura, (hoja, tallo y raíz) cuatro gotas de la solución de alcaloides y se hicieron reaccionar de manera individual con cada reactivo.

Para cuantificar los metabolitos presentes en las muestras del extracto crudo, estas se analizaron mediante un Cromatógrafo de Gases (GC Hewlett-Packard modelo 5890) equipado con una columna capilar HP-1MS (30 m \times 0.25 mm, i.d.; 0.25 μm film thickness) acoplado a un espectrómetro de masas. El extracto se cuantificó con base en la curva de calibración realizada previamente en el laboratorio.

Los extractos crudos de cada estructura se diluyeron en agua destilada y metanol a 10%. A partir de esta solución se prepararon concentraciones a 10 mg/L, 30 mg/L y 50 mg/L, las cuales se aplicaron sobre las larvas de cuarto y quinto instar, para después contabilizar el porcentaje de mortalidad de los individuos a las 0 h, 3 h, 6 h, 12 h y 24 h. Paralelamente, se corrió un ensayo de control que fue el testigo a base de agua destilada. Para cada tratamiento se hicieron tres repeticiones, en total se analizaron 60 muestras. Para llevar a cabo la aplicación de los extractos se utilizaron 1550 larvas de *Neodiprion autumnalis* Smith, las cuales se colectaron en el ejido los Bancos de Pueblo Nuevo, Durango. Se utilizaron 30 insectos por caja (20 cm \times 30 cm), las cajas fueron cubiertas con una malla para permitirles la respiración y se mantuvieron a temperatura ambiente; para alimentar a los insectos se les suministraron acículas de *Pinus leiophylla*.

La aplicación de los extractos se hizo mediante aspersión manual, el volumen asperjado fue de 5 mL por caja, de esta manera se visualizaron los efectos ocasionados a las larvas (mortalidad y/o repelencia). El criterio que se tomó para determinar la muerte de las larvas fue su inmovilidad manifiesta, o la exhibición de movimientos anormales o la ausencia de reacción al someter presión en el dorso (Leal, 2011).

Los datos se evaluaron con el programa estadístico SAS® y los experimentos fueron dispuestos en un esquema de diseño factorial. Los resultados obtenidos de los bioensayos se sometieron a un análisis donde las medias fueron comparadas por la prueba de Tukey a 5% de probabilidad, lo cual permitió observar las diferencias existentes entre los parámetros de cada tratamiento (entre las estructuras de la planta con respecto a las concentraciones, tiempo y a la mortalidad).

Con el propósito de conocer las mejores dosificaciones, se realizaron proyecciones utilizando el software Minitab 17®.

RESULTADOS

La estructura que presentó mayor rendimiento fue la raíz, la cual es la que presenta menor proporción con respecto al

tejido y volumen obtenido de las otras estructuras (hoja y tallo), esto se muestra en la tabla 1.

TABLA 1. Porcentaje de rendimiento de la extracción.



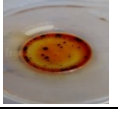
Estructura	Masa de cada tejido (g)	Extracto metanólico (mL)	Rendimiento (%)
raíz	700	160	9.7
tallo	1200	168	5.7
hoja	850	170	7.1

En la tabla 2 se muestran los resultados del análisis cualitativo de alcaloides para cada estructura con respecto a los reactivos de diagnóstico utilizados. Se observó que las tres estructuras analizadas poseen una evidencia positiva de alcaloides tropánicos (se observan precipitados que varían entre colores claros, verdes, hasta rojo marrón, dependiendo del reactivo utilizado).

En los análisis comatográficos (Fig. 1, 2 y 3), se revela un compuesto mayoritario que eluye a los 17.809 min en las tres estructuras analizadas de la planta, el cual al ser comparado con la biblioteca W10N11, confirma que los compuestos de mayor presencia en la raíz (a), tallo (b) y hoja (c) de *Datura stramonium* son la atropina y la hiosciamina.

Se observa una relación entre los resultados de los análisis de detección de alcaloides por los métodos cualitativo y cuantitativo (Tablas 3 y 4), lo que destaca la utilidad del ensayo cualitativo cuando se desea estudiar el contenido químico de la planta. Al realizar el análisis estadístico, se obtuvo que la mortalidad y la concentración presentan una alta correlación (81%). Por otro lado, se comprobó que a mayor tiempo de exposición se eleva el porcentaje de mortalidad lo que, según Ávalos y Pérez-Urrutia (2009), se debe principalmente a que los metabolitos secundarios modifican el olor y el sabor de la planta y comienzan a actuar como inhibidores del apetito de los insectos hasta, finalmente, causar la muerte por inanición.

TABLA 2. Características de los extractos crudos concentrados de las diferentes estructuras de *Datura. stramonium*

Estructuras	Extractos (mL)	Aspecto	Opalescencia Dragendorff Mayer y Wagner	Turbidez Dragendorff Mayer y Wagner	Precipitado Dragendorff Mayer y Wagner	Evidencia visual
raíz	160	resinoso	+++	+++	+++	
tallo	168	resinoso	+++	+++	+++	
hoja	170	cristalizado	+++	+++	+++	

Reacción positiva: +++ Alta y clara formación del precipitado, turbidez y opalescencia
 ++ Media formación del precipitado, turbidez y opalescencia
 + Baja y tenue formación del precipitado, turbidez y opalescencia

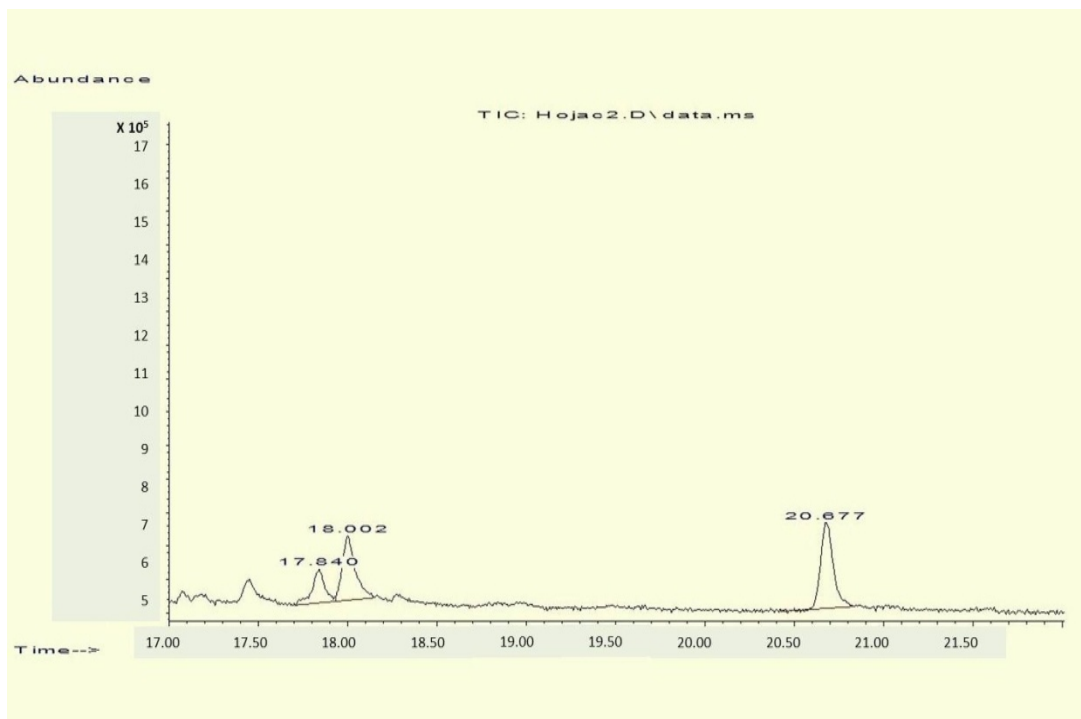


FIGURA 1. Cromatograma de la estructura de la hoja, de *Datura stramonium* donde se observa el área bajo la curva de los compuestos.

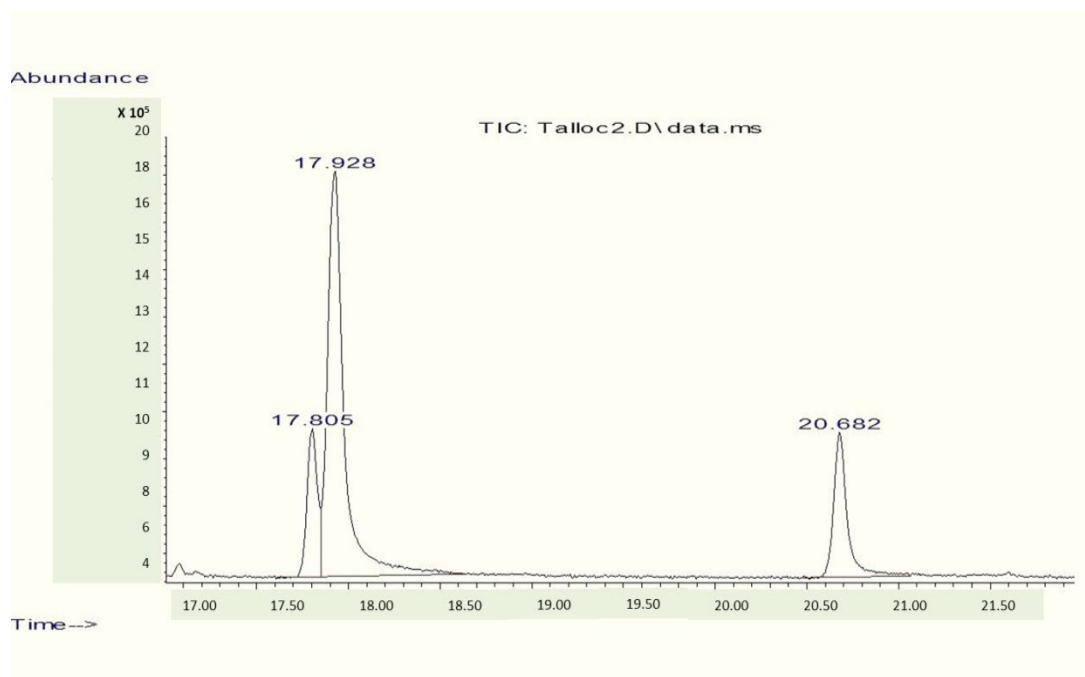


FIGURA 2. Cromatograma de la estructura del tallo, de *Datura stramonium* donde se observa el área bajo la curva de los compuestos.

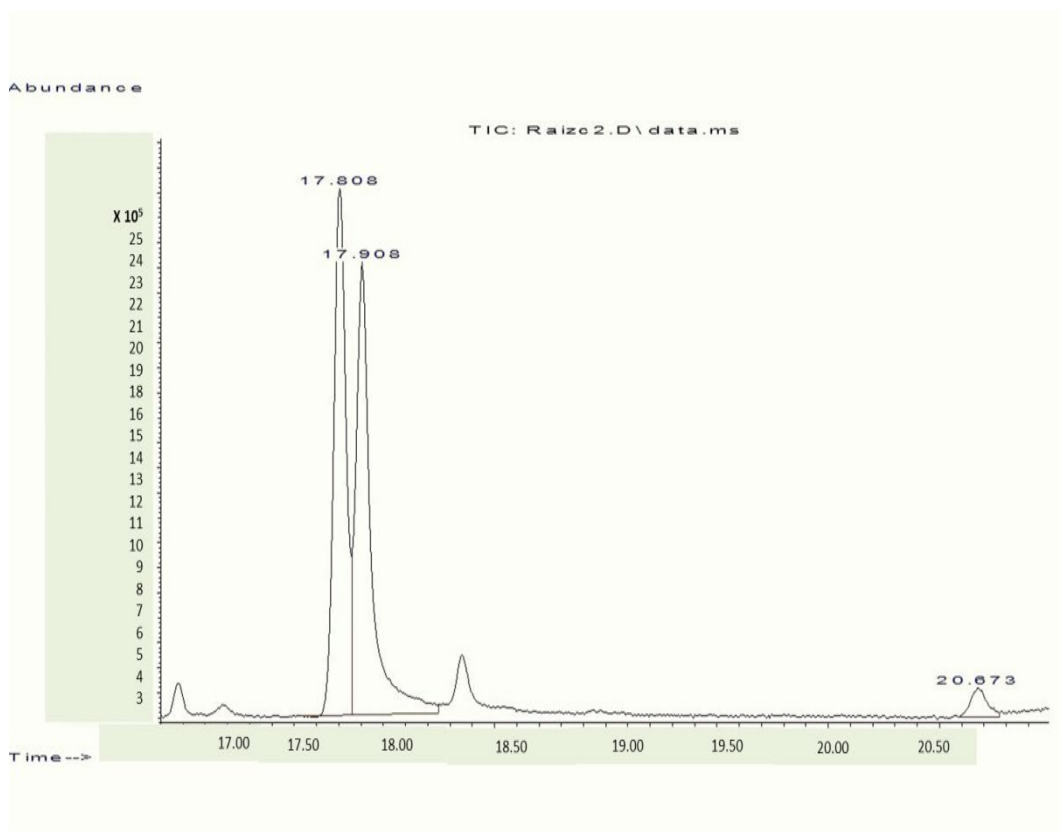


FIGURA 3. Cromatograma de la estructura de la raíz, de *Datura stramonium* donde se observa el área bajo la curva de los compuestos.

TABLA 3. Resultado general de la identificación de alcaloides de las estructuras de *Datura stramonium*.

Tr (min)	Compuesto	Hoja		Tallo		Raíz	
		Match (biblioteca WIONII)	Área bajo la curva	Match (biblioteca WIONII)	Área	Match (biblioteca WIONII)	Área bajo la curva
17.84	Atropina	94	4 970 200	97	24 127 541	97	79 867 999
	Hiosciamina	93		95		91	
20.677	Escopolamina	99	12 596 161	99	31 719 205	95	6 025 568

Nota: Debido a que la hiosciamina y la atropina tienen el mismo peso molecular, eluyen en el mismo tiempo de retención en el equipo de CG-EM y no es posible calcular cuál es el área bajo la curva de la hiosciamina. Se presenta el pico como atropina debido a que el *match* de este compuesto que señala la biblioteca es mayor que el de la hiosciamina.



TABLA 4. Prueba de diferencias entre medias realizada entre las estructuras y las concentraciones.

Tukey Agrupamiento	Interacción	Concentración por estructura (mg/L)
A	12	Raíz 50 mg/L
B	11	Raíz 30 mg/L
C	4	Hoja 50 mg/L
D	8	Tallo 50 mg/L
E	3	Hoja 30 mg/L
F	10	Raíz 10 mg/L
G	7	Tallo 30 mg/L
H	2	Hoja 10 mg/L
I	6	Tallo 10 mg/L
J	1	Testigo
J	5	Testigo
J	9	Testigo

Las letras significan diferencias estadísticas entre los valores de eficacia entre concentraciones y estructuras de la planta

Como se observa en la tabla 4, existen diferencias significativas entre las tres estructuras analizadas, con respecto a las concentraciones. Sin embargo, en el testigo no se observaron diferencias, por lo que se puede inferir que cada una de las estructuras de la planta de *Datura stramonium* cuenta con características similares en su composición química (alcaloides).

La dosis que mostró mayor efectividad fue la concentración de 50 mg/L de raíz, la cual presentó una mortalidad de 23% y por último las concentraciones de 30 mg/L y 10 mg/L, solo generaron mortalidad a 10% y 3% respectivamente; el mayor porcentaje de mortalidad se presentó a partir de las 24 h.

Además, tomando en cuenta las proyecciones realizadas, se observa que el aumentar la concentración no aumenta la mortalidad, considerando que existe una relación inversamente proporcional entre el tiempo de exposición (48 h) y la concentración de 60 mg/L, logrando el 100% de mortalidad para el caso del extracto de raíz (Tabla 5).

La dosis evaluada de la estructura de la hoja presentó una mortalidad de 30% a partir de las 3 h a una concentración de 30 mg/L, lo que fue muy similar a lo encontrado por Kumral, Çobanoğlu y Yalcim (2010), ya que sobre la población de ácaros ocasionó 98% de mortalidad;

dicho porcentaje difiere debido a la composición físico-química de la estructura de cada insecto. En lo que respecta a la concentración de 50 mg/L, se obtuvo 24% de mortalidad, porcentaje muy bajo para la concentración aplicada de 10 mg/L con 10% y del testigo con 1%.

En la tabla 6 se observan las proyecciones que muestran la dosis en intervalos de 50 mg/L a 70 mg/L de extracto de la hoja, la cual aumenta la mortalidad a partir de 60 mg/L, considerando el tiempo de exposición (48 h). Por lo que se requiere aumentar las dosis aplicadas de extractos vegetales, para obtener una mayor mortalidad del defoliador del pino en el cuarto y quinto instar.

TABLA 5. Condiciones óptimas aplicando el modelo para los extractos de raíz.

Tiempo (h)	Concentración (mg/L)	Mortalidad máxima esperada (%)
24	250	58
36	150	100
48	60	100

TABLA 6. Condiciones óptimas aplicando el modelo para la estructura (hoja).

Tiempo (h)	Concentración (mg/L)	Mortalidad máxima esperada (%)
24	50	19.5
36	60	52.2
48	60	100

En el caso de la estructura de tallo sucede el mismo patrón que en el de la raíz: el porcentaje de mortalidad se da a partir de las 3 h, obteniendo el mejor efecto a partir de las 24 h con 26% de mortalidad de larvas, con la concentración de 50 mg/L. Para la concentración del 30 mg/L se obtuvo 25% de mortalidad muy cercana a la anterior, y a 10 mg/L solo se obtuvo una mortalidad de 14%. En lo que respecta al testigo, las larvas del defoliador no mostraron efecto alguno; además cabe destacar que llegaron al estado de pupa.

Las proyecciones realizadas en los extractos de tallo muestran que la concentración a 190 mg/L logra una alta mortalidad (91%), mientras que al aumentar el tiempo a 48 h a una concentración de 200 mg/L se logra 100% de mortalidad. Vale la pena evaluar si se desea utilizar mayor dosis o mayor tiempo para valorar los resultados en el caso de esta estructura vegetal (Tabla 7).

TABLA 7. Condiciones óptimas aplicando el modelo para los extractos de tallo.

Tiempo (h)	Concentración (mg/L)	Mortalidad máxima esperada (%)
24	130	34.4
36	190	91.6
48	20	100

De manera general, se observa que los extractos vegetales favorecieron el control de larvas del cuarto y quinto instar del defoliador del pino, fueron las tres estructuras analizadas. Sin embargo, la raíz fue la que presentó mejor respuesta, seguida por las hojas y el tallo a partir de 50 mg/L. Por lo que se esperaba que con una mayor concentración de extracto y mayor tiempo de exposición se presentara una mayor mortalidad de larvas del defoliador, lo cual ayudaría a que existiera una baja emergencia de adultos y una menor pérdida foliar de los pinos que son afectados por la mosca sierra.

DISCUSIÓN

La cantidad de extracto metanólico de alcaloides obtenidos, así como los aspectos físicos analizados, muestran que los valores correspondientes a los mililitros de cada extracto crudo, representan una estimación relativa de las cantidades de alcaloides presentes en los diferentes tipos de tejidos analizados. Los principales metabolitos presentes son la atropina, que es capaz de atravesar la barrera hematoencefálica, lo que conlleva a tener algunos efectos sobre el sistema nervioso central y, con esto, un aumento de la frecuencia cardíaca, entre otros (Zavaleta, 2007). La

hiosciamina provoca desorientación, alucinaciones, sequedad de boca y garganta, visión borrosa, agitación, mareos y arritmias. Por otro lado, se observa la escopolamina que eluye a los 20.77 min, la cual produce delirios y, en grandes cantidades, la muerte (Pérez, Martínez, Hernández y Rojas, 1998). Estos resultados concuerdan con los encontrados por Ávalos y Pérez-Urrutia (2009), quienes señalan que existe presencia de alcaloides trópanicos en la planta como: la hiosciamina, atropina y escopolamina.

Debido a lo anterior, se afirma que cada estructura analizada contiene alcaloides tropánicos y la toxicidad se debe a que los alcaloides contienen un átomo de nitrógeno metilado (N-CH₃), lo cual hace que sea considerado un insecticida orgánico potente después de un insecticida comercial (Alí *et al.*, 2017; Deng, Jelesko y Hatzios, 2006), dichos metabolitos son variables y dependen de la etapa en que se encuentra la planta y de la variabilidad química y ecológica que suelen presentar este tipo de extractos (Granados-Echegoyen, Ortega-Morales, Chan-Bacab, Reyes-Estébanez y Camacho-Chab, 2016). Por otra parte es importante destacar que los metabolitos secundarios presentes en las plantas muestran propiedades químicas específicas y realizan un papel importante en el manejo integrado de plagas forestales (Satish, Mohana, Ranhavendra y Raveesha, 2007).

Los resultados analizados estadísticamente mostraron que el extracto de *D. stramonium* mostraron una alta tasa de mortalidad de 30% a las diferentes dosis aplicadas, similar a lo señalado por Islam, Nazir, Noman, Zaynab y Wu (2016), quienes obtuvieron una mortalidad de 39%, al aplicar el extracto sobre *Trogoderma granarium*.

El extracto vegetal comienza a tener mejor efecto sobre las larvas después de las 24 h. Granados-Echegoyen *et al.* (2016) muestran que el extracto de *D. stramonium*, una vez aplicado sobre el gorgojo del maíz, es susceptible a partir de las 24 h, tiempo en el que se observa un incremento significativo, lo cual evidencia el potencial insecticida de los extractos.

La estructura que muestra mayor contenido de alcaloides es la raíz, esto puede deberse a que, a través del



xilema, se recicla el contenido excedente de nutrientes, entre ellos el nitrógeno componente primordial de los alcaloides (Valencia, 2013; Loyola-Vargas *et al.*, 2004). La concentración de 50 mg/L afectó significativamente a las larvas de la mosca sierra, la cual presentó una mortalidad de 23%, lo cual coincide con lo publicado por Gosh *et al.* (2015), quienes afirman que *D. stramonium* llega a causar de 20% a 50% de mortalidad sobre *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. Sin embargo, Esmaily y Bandani (2016) e Hanif *et al.* (2016) consiguieron obtener una mayor mortalidad que varía desde 31% hasta 71% con el extracto de semillas de *D. stramonium*.

La dosis evaluada de la hoja presentó una mortalidad de 30% a partir de las 3 h con una concentración de 30 mg/L, muy similar a lo observado por Din, Ashraf y Hussain (2016) ya que, conforme avanza el tiempo de aplicación, el extracto presenta mayores efectos registrando una mortalidad de 98% y 82% después de las 48 h, dicho porcentaje difiere en cuanto a la composición físico-química de la estructura de cada insecto.

La principal modificación que provocan los extractos vegetales en los insectos es la inhibición del apetito, pero también influye el tiempo que requiere el metabolismo del insecto para desdoblar las moléculas de los alcaloides, es decir, pueden llegar a causar la muerte por inanición o por intoxicación (Abbasipour, Mahmoudvand, Rastegar y Hosseinpour, 2011).

Las tres estructuras analizadas muestran propiedades insecticidas, lo que coincide con lo registrado por Quintana-Obregón *et al.* (2010) quien, al aplicar extractos metanólicos sobre *Ramularia cervosporelloides*, afirma que 75% de insectos se vieron afectados al utilizar una concentración de 5% a 10% de cada estructura. Mientras que al aumentar las dosis y las horas puede obtenerse mayor mortalidad, como lo indican Kumral *et al.* (2010) al evaluar a *D. stramonium* sobre *Tetranychus urticae*.

CONCLUSIONES

Las hojas, los tallos y las raíces de *Datura stramonium* presentan alcaloides tropánicos. Los principales metabolitos son atropina, hiosciamina y escopolamina, los

cuales actúan directamente en el sistema nervioso central del insecto.

De acuerdo con lo observado en este estudio, se espera que al incrementar el tiempo de exposición al extracto vegetal, mayor será el porcentaje de mortalidad de las larvas del cuarto y quinto instar de *Neodiprion autumnalis*.

La mortalidad ocasionada a las larvas varía entre las estructuras vegetales y entre las dosificaciones. Las estructuras que mostraron mejores resultados fueron raíz, hoja y tallo en este orden. Por otro lado, el porcentaje de mortalidad se incrementa después de las 24 h. La dosis de 50 mg/L del extracto de raíz fue la que mostró mejores resultados; sin embargo, si se incrementara dicha dosis hasta 70 mg/L, la mortalidad de las larvas llegaría a su 100%, es decir que a una mayor concentración de extracto se provocaría una alta mortalidad de larvas del defoliador, lo cual ayudaría a que exista una baja emergencia de adultos y una menor pérdida foliar de los pinos afectados por la mosca sierra.

De manera general en lo que respecta a la mortalidad de las larvas afectadas por cada estructura analizada, estas se relacionan positivamente con las concentraciones aplicadas, ya que provocaron una mortalidad significativa ($P < 0.05$) respecto al testigo. Por lo tanto, se infiere que el uso del extracto vegetal de *Datura stramonium* puede ser una alternativa de control de las larvas del defoliador del pino, además de ser eficiente en la primera aplicación.

REFERENCIAS

- Abbasipour, H., Mahmoudvand M., Rastegar, H., & Hosseinpour, M. H. (2011). Bioactivities of jimsonweed extract, *Datura stramonium* L. (Solanaceae), against *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Tiibitak. Turkish Journal Agriculture & Forestry*, 35, 623-629. doi: 10.3906/tar-1004-874
- Aguilar V., J. L., Flores V., M. Y., Carrillo R., E., González L., R. F., Ordaz D., L. A., & Torres F., K. (2016). Inactivación de pupas de los defoliadores del pino *Neodiprion autumnalis* y *Zadiprion falsus* en Durango. En Universidad Veracruzana (Comp). *Investigación con pertinencia* (pp. 13-17). Tuxpan, Ver.: Universidad Veracruzana.

- Alí, K., Shuaib M., Ilyas, M., Hussain, F., Arif, M., Ali, S., Jang, N. & Hussain, F. (2017). Efficacy of various botanical and chemical insecticides against flea beetles on maize (*Zea mays* L.). *Veterinary Research*, 2, 6-9.
- Amariles-Barrera, S. García-Pajón, C. M., & Parra-Henao, G. (2013). Actividad insecticida de extractos vegetales sobre larvas de *Aedes aegypti*, Diptera: Culicidae. *CES Medicina*, 27(2), 193-203.
- Ávalos G., A., & Pérez-Urrutia C., E. (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología). Serie Fisiología Vegetal*, 2, 119-145.
- Badii, M. H., & Abreu, J. L. (2006). Control biológico una forma sustentable de control de plagas. *International Journal of Good Conscience*, 1(1), 82-89.
- Bermejo de Z., A. A., Pereira C., S., Cintra J., M. L., & Morales T., G. (2014). Determinación de parámetros químico-físico de las tinturas obtenidas de las hojas, tallos y frutos de *Melia azedarach* L. (Pursiana). *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 13(5), 670-680.
- Cardozo, O. E., & Jiménez M., H. (2014). Insecticidas botánicos una alternativa para el control de la mosca del ají (*Neosilba pendula*) en la comunidad de San Pedro del Zapallar, Chuquisaca - Bolivia. *Journal de Ciencia y Tecnología Agraria, CienciAgro*. 3(1). 77-86.
- Comisión Nacional Forestal [Conafor] (2016). *Manual de Sanidad Forestal*. México, D. F.: Conafor.
- Deng, F., Jelesko, J., & Hatzios, K. K. (2006). Effects of glyphosate, chlorsulfuron, and methyl jasmonate on growth and alkaloid biosynthesis of jimsonweed (*Datura stramonium* L.). *Pesticide Biochemistry Physiology*, 82(1), 16–26. doi: 10.1016/j.pestbp.2004.09.007
- Din, N., Ashraf, M., & Hussain, S. (2016). Effect of different non-chemical and chemical measures against onion thrips. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4(5), 10-12.
- Enrico R., L. (2006). Perfil de alcaloides de *Echinocereus pectinatus* y *Mammillaria* aff. *gummifera*. Tesis de licenciatura. Universidad Juárez del Estado de Durango, Durango, Dgo., México.
- Esmaily, M., & Bandani, A. R. (2016). *Xanthogalerucella luteola* (Col.: Chrysomelidae) α amylase affected by seed proteinaceous extract from datura, wild oat and amaranth seeds. *Journal of Crop Protection* 5(2), 157-167. doi: 10.18869/modares.jcp.5.2.157
- Fuertes, C. M., Jurado, B., Gordillo, G. C., Negrón, L. P., Núñez, E., Esteban, M., & Távora V., A. (2010). Estudio Integral de plantas biocidas del algodónero. *Ciencia e Investigación*, 13(1), 34-41.
- Gaona G., E., Bonilla T., F., Quiñonez B., S., Sánchez M., G., Tafoya R., F., España L., M., & Robles U., S. (2014). *Guía para la identificación de moscas sierra de la familia Dipteronidae presentes en el centro norte de México*. Publicación Especial (pp. 41-48). Pabellón de Arteaga, Aguascalientes: Sagarpa-Inifap-Centro de Investigación Regional Norte Centro Campo Experimental Pabellón.
- García L., C., Martínez R., A., Ortega S., J. L., & Castro B., F. (2010). Componentes químicos y su relación con las actividades biológicas de algunos extractos vegetales. *Química Viva*, 2(9), 86-96.
- Granados-Echegoyen, C., Ortega-Morales, B. O., Chan-Bacab, M. J., Reyes-Estébanez, M. M. de J., & Camacho-Chab, J. C. (2016). Polvos de especies vegetales para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Entomología mexicana*, 3, 430–435.
- Gosh, S., Tiwari, S. S., Srivastava, S., Kumar, S., Sharma, K. A., Nagar, G., Kumar, K. G., Kumar, R., & Rawat, A. K. (2015). In vitro acaricidal properties of *Semecarpus anacardium* fruit and *Datura stramonium* leaf extracts against acaricide susceptible (IVRI-I line) and resistant (IVRI-V line) *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Research in Veterinary Science*, 101, 69-74. doi: 10.1016 / j.rvsc.2015.05.015
- Hanif, Ch. M. Sh., Ul-Hasan, M., Shagger, M., Saleem, Sh., Akthar, S., & Ijaz, M. (2016). Insecticidal and repellent activities of essential oils of three medicinal plants towards insect pests of stored wheat. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 22(3), 470–476.
- Islam, W., Nazir, I., Noman, A., Zaynab, M., & Wu, Z. (2016). Inhibitory effect of different plant extracts on *Trogoderma granarium* (everts) (coleoptera: dermestidae). *International Journal of Agricultural and Environmental Research*, 3(1), 121-130.
- Kumral A. N., Çobanoğlu S., & Yalcim C. (2010). Acaricidal, repellent and oviposition deterrent activities of *Datura stramonium* L. against adult *Tetranychus urticae* (Koch). *Journal of Pest Science*, 83(2), 173–180.
- Leal S., A. (2011). *Susceptibilidad de Epilachna varivestis Mulsant al aceite esencial de orégano mexicano y de neem en condiciones de laboratorio*. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR-Durango. Durango, Dgo.
- Loyola-Vargas, V. M., Sánchez-Iturbe, P., Canto-Canché, B., Gutiérrez-Pacheco, L. C., Galaz-Ávalos, R. M., & Moreno-Valenzuela, O. (2004). Biosíntesis de los alcaloides



- indólicos: Una revisión crítica. *Revista de la Sociedad Química de México*, 48(1), 67-94.
- Luna-Cavazos, M., & Bye, R. (2011). Phytogeographic analysis of the genus *Datura* (Solanaceae) in continental Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 977-988.
- Marín-Cruz, V. H., Cibrián-Tovar, D., Méndez-Montiel, J. T., Pérez-Vera, O. A., Cadena-Meneses, J. A., Huerta, H., Rodríguez-Yam, G., & Cruz-Rodríguez, J. A. (2015). Biología de *Lycoriella ingenua* y *Bradysia impatiens* (Diptera: Sciaridae). *Madera y Bosques*, 21(1), 113-128. doi: 10.21829/myb.2015.211436
- Pérez C., N., Martínez M., C., Hernández A., M., & Rojas M., R. (1998). Estudio preclínico de un extracto acuoso de *Datura candida* de flores blancas. *Rev. Cubana. Plantas Medicinales*, 3(3), 23-26.
- Pino, P. O., & Lazo F., J. (2010). Ensayo de *Artemia*. Útil herramienta de trabajo para toxicólogos y químicos de productos naturales. *Revista de Protección Vegetal*, 22(1), 34-43.
- Quintana-Obregón, E. A., Plascencia-Jatomea, M., Burgos-Hernández, A., Guerrero-Ruiz, J. C., Parra-Vergara, N. V., & Cortez-Rocha, M. O. (2010). Extracto metanólico de *Datura stramonium* para el control in vitro e in vivo de *Ramularia cercosporelloides*, agente causal de la falsa cenicilla del cártamo (*Carthamus tinctorius*). *Revista Mexicana de Micología*, 31, 19-27.
- Rodríguez L., M., & Chico R., J. (2012). Antifungal effect of ethanol-extract of *Datura stramonium* on *Fusarium oxysporum* and *Stemphylium vesicarium*, disease-producing fungi in *Asparagus officinalis* from Moche, Trujillo (Peru). *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Biológicas Universidad Nacional de Trujillo*, 32(1), 56-103.
- Sabilón, A., & Bustamante, M. (1995). Evaluación de extractos botánicos para el control de plagas del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Ceiba*, 36(2), 179-187.
- Sánchez M., G., Alanís M., H. E., Cano R., M., & Olivo M., J. A. (2012). *Biología y aspectos taxonómicos de dos especies de mosca sierra de los pinos de Chihuahua* (1a ed). México, D.F.: Sagarpa-Inifap.
- Sandoval-Reyes, F., Arriaga-Gaona, M. L., Hernández L., L., Hernández-Romero, I., & Guzmán-González, F. I. (2013). Actividad biológica en campo del extracto etanólico de *Melia azedarach*, *Psidium guajava*, *Datura stramonium*, *Piper auritum* y *Azadirachta indica* a juss sobre la *Diaphorina citri*. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 9(1), 22-29.
- Satish, S., Mohana, D.C., Raghavendra, M. P., & Raveesha, K. A. (2007). Antifungal activity of some plant extracts against important seed borne pathogens of *Aspergillus* sp. *Journal of Agricultural Technology*, 3(1), 109-119.
- Segura-Warnholtz, G. (2014). Quince años de políticas públicas para la acción colectiva en comunidades forestales. *Revista Mexicana de Sociología*, 76(2), 105-135.
- Taborda A., L. A., Sánchez O., M. S., Bonilla C., C. R., & Huertas D., C. (2014). Efecto fungistático de extractos y aceites esenciales de *Lippia origanoides* HBK y L. como alternativas de manejo de Colletotrichum musae en banano y Botrytis cinerea en fresa. *Acta Agronómica* 64(1), 93-99.
- Valencia G., E. A. (2013). Validación y actualización del uso de plantas medicinales presentes en la selva valdiviana. Tesis de licenciatura. Universidad Austral de Chile, Valdivia Chile.
- Zavaleta G., R. (2007). *Acción neuroleptoanalgésica de la asociación Ketamina-Xylacina-Atropina (Keta-A-Xyl) en tres dosis en caninos adultos criollos de la altura*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- Manuscrito recibido el 27 de septiembre de 2017
Aceptado el 13 de julio de 2018
Publicado el 3 de mayo de 2019
- Este documento se debe citar como:
Flores-Villegas, M. Y., González-Laredo, R. F., Prieto-Ruiz, J. A., Pompa-García, M., Ordaz-Díaz, L. A., & Domínguez-Calleros, P. A. (2019). Eficiencia del extracto vegetal de *Datura stramonium* L. como insecticida para el control de la mosca sierra. *Madera y Bosques*, 25(1), e2511642. doi: 10.21829/myb.2019.2511642



Madera y Bosques por Instituto de Ecología, A.C. se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.