

TRABAJO CIENTÍFICO

Evaluación del extracto metanólico de *Datura metel* como insecticida biorracional para el control de *Neodiprion autumnalis* S. (Hymenoptera: Diprionidae)

Evaluating the methanolic extract of Datura metel as a biorational insecticide for controlling Neodiprion autumnalis S. (Hymenoptera: Diprionidae)

Flores-Villegas, M. Y.¹; R. F. González-Laredo²; M. Pompa-García¹; L. A. Ordaz-Díaz³; J. Á. Prieto-Ruíz¹; C. García-Gutierrez⁴ y P. A. Domínguez-Calleros

Recibido en febrero de 2020; aceptado en junio de 2020

RESUMEN

Los defoliadores del pino se consideran una plaga forestal importante, que es subestimada por los daños que ocasionan la presencia de otras, como los descortezadores y plantas parásitas. Para el control de plagas, existen plantas bioactivas que pertenecen a la familia Solanaceae, dentro de las cuales se encuentra *Datura metel* L. por lo que el presente trabajo determinó la mortalidad en larvas de cuarto instar de *N. autumnalis* S. y establecer el nivel de toxicidad de los extractos metanólicos de hoja, tallo y raíz de *D. metel*, sobre poblaciones de *Pinus leiophylla* Schl. y Cham. Para ello, se evaluó la toxicidad de las hojas, tallo y raíz de los extractos metanólicos de *D. metel* (Solanales: Solanaceae), sobre larvas de cuarto instar de defoliador del pino *N. autumnalis* a diferentes concentraciones (1, 10, 50 y 100 mg/L) y se tomaron lecturas de mortalidad en intervalos de 2 h (0 a 24 h), a partir de la exposición de las larvas a los extractos metanólicos. El mayor efecto tóxico fue del extracto de raíz (86,0 % de mortalidad, CL₅₀ de 3,68 mg/L), seguido por las hojas (83,3 %, CL₅₀ 4,98 mg/L), y tallo (80,0 %, CL₅₀ de 12,79 mg/L), lo que es de gran utilidad para el manejo de la plaga forestal. Los extractos crudos de hojas, tallos y raíces de *D. metel* contienen alcaloides, los cuales interrumpen el ciclo de vida de las larvas de cuarto instar de *N. autumnalis*, por lo que pueden utilizarse como biocidas.

Palabras clave: Bosque, *Datura metel*, extractos, plaga, metabolitos secundarios.

ABSTRACT

Pine defoliators are considered an important forest pest whose damage is underestimated due to the damage caused by others such as debarkers and parasitic plants. For the control of pests, there exist bioactive plants belonging to the Solanaceae family within which *Datura metel* is found. This work aimed to determine larvae mortality in the fourth instar of *N. autumnalis* and to establish the level of toxicity of leaf, stem and root methanolic extracts of *D. metel*, on populations of *Pinus leiophylla* Schl. y Cham. Thus, the toxicity of the leaf, stem and root methanolic extracts of *D. metel* L. (Solanales: Solanaceae) were evaluated on fourth instar larvae of the *N. autumnalis* S. pine defoliator at different concentrations (1, 10, 50 and 100 mg/L). Mortality values were recorded at every 2 h intervals (0 to 24 h) since the larvae were exposed to the methanolic extracts. The highest toxic effect was that on the root extract (86.0 % mortality, LC₅₀ of 3.68 mg/L), followed by that on leaves (83.3 %, CL₅₀ 4.98 mg/L), and stem (80.0 %, LC₅₀ of 12.79 mg/L), which is very useful for managing forests pests. The untreated extracts of leaves, stems and roots of *D. metel* contain alkaloids, which interrupt the life cycle of fourth instar larvae of *N. autumnalis*, so they can be used as biocides.

Keywords: Forest; *Datura metel*; extracts; pest; secondary metabolites

¹ Universidad Juárez del Estado de Durango, FCF, Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Forestales, Río Papaloapan y Blvd. Durango, Col. Valle del Sur, 34120 Durango, Dgo. México. E-mail: pdomingc@hotmail.com

² Instituto Tecnológico de Durango, Departamento de Biotecnología, Durango, México. Felipe Pescador 1830 Ote. - Col. Nueva Vizcaya, Durango, Dgo. México C.P. 34080, Durango, Dgo. México.

³ Universidad Politécnica de Durango, Departamento de Ingeniería, Durango México, Carretera Durango-México km 9.5 s/n C. P. 34300, Durango, Dgo. México.

⁴ Instituto Politécnico Nacional. CIIDIR-Guasave, Sinaloa. Departamento entomología. A las Glorias s/n, San Juachin, Guasave, Sinaloa, México.

1. INTRODUCCIÓN

El defoliador del pino *Neodiprion autumnalis* (Hymenoptera: Diprionidae), conocido como mosca sierra, se considera una plaga forestal importante ya que presenta altas tasas de defoliación sobre *Pinus* spp. y *Juniperus* spp., y su distribución se considera amplia en Norte América (Gaona *et al.*, 2014; Ciesla y Smith, 2011). Presentan un hábito gregario para alimentarse, y en el cuarto estadio larval causan el mayor impacto consumiendo el arbolado (Sánchez *et al.*, 2012). Los principales daños que producen son la reducción de la superficie fotosintética, alteración en el proceso de transpiración, reducción de la producción de resina hasta en un 50 %, reducción del tamaño de los anillos de crecimiento y la muerte del arbolado (Smith *et al.*, 2012). El daño ocasionado por la mosca sierra ha sido subestimado debido a los impactos ocasionados en los bosques de pino por los descortezadores y plantas parásitas (Nolasco, 2014; Sánchez *et al.*, 2012), lo cual ha repercutido en la salud forestal. Por lo anterior, se necesita aplicar un manejo integrado de plagas donde se incluya el uso de insecticidas orgánicos.

Las plantas son también fuente de productos metabólicos de importancia comercial que son usados para generar productos cosméticos, farmacéuticos, agroquímicos y de alimentos (Pérez-Alonso y Jiménez, 2011), las cuales están compuestas por dos tipos de metabolitos, clasificados en primarios que son utilizados para el crecimiento y los metabolitos secundarios, que no tienen una función aparente en el metabolismo primario. Éstos últimos tienen una implicación ecológica como parte del sistema de defensa de la planta contra los enemigos naturales (Ortíz *et al.*, 2014). Dentro los metabolitos secundarios se encuentran los alcaloides, un grupo que cuenta con más de 15.000 metabolitos, que tienen en común tres características: 1) Son solubles en agua, 2) Contienen al menos un átomo de nitrógeno en la molécula y, 3) Tienen actividad biológica (Ávalos y Pérez - Urría, 2009).

Las plantas que pertenecen a la familia Solanaceae actualmente son utilizadas para el control de plagas, dentro de las cuales se encuentra *D. metel*, que contiene varios fitoquímicos neurológicamente activos (Murch *et al.*, 2009), y es utilizado como fuente de narcóticos y medicamentos similares a la *Atropa belladonna* L. y a *Datura stramonium* L. (Dabur *et al.*, 2004). Crece preferentemente en suelos nitrogenados, en los que abundan los nitratos y sales amoniacales, lo cual es importante para que las daturas produzcan alcaloides. La planta puede contener hasta 0,25 % de alcaloides, los cuales afectan directamente al sistema nervioso central de todos los vertebrados (Chirinos *et al.*, 2011).

Los extractos de *D. metel* son efectivos en contra de bacterias, hongos, virus, protozoarios e insectos (García - Gutiérrez *et al.*, 2012). Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo determinar la mortalidad en larvas de cuarto instar de *N. autumnalis* y establecer el nivel de toxicidad de los extractos metanólicos de hoja, tallo y raíz de *D. metel*, sobre poblaciones de *Pinus leiophylla* Schl. y Cham.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta de material biológico

Se colectaron 30 plantas de *D. metel* de 1 m de altura, en el municipio de Nombre de Dios, Durango (23° 51' 32.89" N 104° 14' 41.56" W) y se trasladaron al laboratorio de la Universidad Politécnica de Durango, donde se realizó una separación de la raíz, hoja y tallo, después se pusieron a secar a la sombra a 25 ± 2 °C y HR de 75 ± 4 % durante una semana. Una vez secas, las muestras se pulverizaron en un molino eléctrico (Thomas Wley, modelo 4) hasta obtener partículas uniformes de aproximadamente 2 mm.

Se colectaron manualmente 1450 larvas de cuarto instar de *N. autumnalis* en árboles de *P. leiophylla* del Ejido los Bancos Pueblo Nuevo, Durango (23° 39' 3.35" N y 105° 44' 7.22" W) y se utilizaron 1350 para los bioensayos. Las larvas fueron depositadas en cajas plásticas de marca genérica, rectangulares de 20 cm por 30 cm y se alimentaron a base de follaje verde de la misma especie de pino.

Preparación de extractos y bioensayos

Para la extracción de los alcaloides se utilizó 500 mL de metanol por 24 h en condiciones de obscuridad, después se centrifugaron, y los sobrenadantes de los extractos crudos se concentraron por separado a sequedad en un roto-evaporador. Los líquidos viscosos que se obtuvieron se alcalinizaron con hidróxido de amonio (NH₄OH) a un pH de 9. Cada muestra se extrajo con 250 mL de cloroformo. Los alcaloides se obtuvieron de la solución de cloroformo con ácido sulfúrico (H₂SO₄) 1N en forma fraccionada. Una vez obtenidos los extractos crudos, de nuevo se llevaron a desecación por roto-evaporación a vacío, los cuales constituyeron los extractos concentrados de alcaloides.

El extracto clorofórmico fue sometido a ensayos cualitativos, haciéndolos reaccionar con los reactivos de Dragendorf, Mayer y Wagner (Aguilar *et al.*, 2007), aplicando cuatro gotas de cada reactivo sobre los extractos de hoja, tallo y raíz por separado. La coloración obtenida en cada caso varió de acuerdo al reactivo y permitió confirmar la presencia de los alcaloides.

Se evaluaron 15 tratamientos: (1, 10, 50 y 100 mg/L), por estructura de la planta utilizando, raíz, tallo, hoja, más un tratamiento testigo (control) a base de agua destilada. Se utilizaron 450 larvas para cada repetición (se realizaron tres repeticiones), para ello se utilizaron en total 1.350 (30 larvas por 15 tratamientos por tres repeticiones). La aplicación de los extractos fue por aspersión, se aplicó con ayuda de un atomizador marca Canyon mediante aspersión manual, y el volumen asperjado total fue de 5 mL por caja (20 cm x 30 cm); Se realizaron lecturas de mortalidad en intervalos de 2 h hasta 24 h de exposición. Se consideraron muertas aquellas larvas que no presentaban movilidad, movimientos anormales o la ausencia de reacción al someter presión en el dorso con un pincel, las larvas consideradas muertas fueron retiradas para evitar posible contaminación (Leal, 2011).

Análisis estadístico

La mortalidad de larvas por tratamiento y repetición fueron sometidos a un análisis de varianza de acuerdo a un diseño completamente al azar con tres repeticiones y las medias aritméticas fueron comparadas por la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad. Para el análisis de los datos de las pruebas de toxicidad se calculó la concentración letal media (CL₅₀), con la interpolación lineal de los valores del porcentaje de mortalidad por cada concentración, para ello se utilizó el programa MS-Excel® (Raj, 2010), para el análisis estadístico se utilizó la mortalidad corregida por la fórmula de Abbott.

$$P_c = \frac{(P_o - P_t \times 100)}{100 - P_t}$$

Donde:

P_c = Porcentaje de mortalidad corregida.

P_o = Porcentaje de mortalidad observada.

P_t = Porcentaje de mortalidad en el testigo.

El cálculo de la regresión dosis-mortalidad, así como los estimados de los límites de confianza, se realizaron de acuerdo al análisis Probit. Los probits de trabajo (Y_w) se derivan de la ecuación de regresión de la siguiente manera:

$$Y_w = Y_i - \left(\frac{P}{Z}\right) - P/Z$$

Donde:

Y = Probits esperados

P = Proporción esperada

El grado de toxicidad de los alcaloides, fue definido en función a la clasificación de toxicología de Ramírez y Lascaña (2001), ver Tabla 1.

Tabla 1. Escala de toxicidad del extracto

Clasificación	Unidades de toxicidad
Muy tóxico	40 o <
Tóxico	40-400
Moderadamente tóxico	400-4.000
Ligeramente tóxico	4.000 o >

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 muestra el peso inicial de cada estructura, así como el rendimiento total de extracto crudo. El total de materia seca obtenida fue de 3,15 kg de *D. metel*. El mayor rendimiento de extracto obtenido se obtuvo de la raíz a pesar de que el tejido húmedo presentó menor peso, seguido por la hoja y el tallo, esto debido al metabolismo del vegetal y composición fitoquímica (Domínguez *et al.*, 2010). El extracto crudo de alcaloides obtenido fue de 527 g (51,5 %), por lo que se considera una planta altamente tóxica, ya que su composición presenta más de 0,05 % de alcaloides con base al peso seco (Jaramillo *et al.*, 2016). Por otro lado, cada estructura analizada de la planta resultó ser positiva en el análisis cualitativo con los tres reactivos aplicados (Dragendorff, Meyer y Wagner). Es decir, se visualiza la presencia de metabolitos secundarios (alcaloides), debido a que se formaron precipitados, al reaccionar las gotas en cada muestra, evidenciando la presencia de alcaloides en los extractos metanólicos del género *Datura* lo cual coincide con Bofil *et al.* (2007) y Ríos (2013).

Tabla 2. Pruebas cualitativas de la presencia de alcaloides y rendimiento obtenido para cada extracto de *D. metel*.

Estructura	Tejido Húmedo (g)	Extracto (g)	Rendimiento (%)	Opalescencia y Precipitado Dragendorff, Wagner y Mayer
Hoja	998	182	18,2	+++
Tallo	1.310	175	13,3	+++
Raíz	850	170	20,0	+++

En la Tabla 3 se muestra la mortalidad causada por los extractos de cada estructura a las diferentes concentraciones empleadas. Se observó elevada mortalidad de larvas de *N. autumnalis* en cada concentración aplicada, la cual pudo haber sido provocada por los alcaloides presentes en el extracto que afectan directamente al sistema nervioso de los insectos, lo que inhibe su crecimiento y a mayores concentraciones les ocasionan la muerte. También, inducen la muda, causa malformaciones o impiden su desarrollo, interfiere en la comunicación sexual, reduciendo la cópula y oviposición o provocan esterilidad en adultos; por tanto, pueden ser parte de algunas estrategias de control, (Bisset *et al.*, 2009; García y Tarango 2009; García - Gutiérrez *et al.*, 2012; Soler *et al.*, 2013).

Tabla 3. Porcentaje de mortalidad obtenida para cada estructura y concentración aplicada del extracto de *D. metel*.

Estructura	Concentración mg/L	Muertos (No.)	Mortalidad (%)
Hoja	1	10	33,3
	10	16	53,3
	50	23	76,7
	100	25	83,3
Tallo	1	7	23,3
	10	11	36,7
	50	20	66,7
	100	24	80,0
Raíz	1	11	36,7
	10	17	56,7
	50	24	80,0
	100	26	86,7

Los metabolitos secundarios extraídos por maceración, con metanol, mostraron una alta actividad insecticida como lo reportaron Hincapié *et al.* (2008), especialmente en las dos concentraciones más altas de cada estructura vegetal utilizada. Además, cada tratamiento aplicado mostró diferencia significativa entre los tratamientos respecto al testigo ($P < 0,05$). La estructura que presentó mayor mortalidad fue la raíz la cual mostró una gran efectividad a los 100 mg/L, seguidas de la hoja y el tallo (Tabla 4).

Tabla 4. Diferencias significativas entre extractos de *D. metel*, estructuras y concentraciones aplicadas a las larvas de *N. autumnalis*.

Concentración mg/L	Tukey Agrupamiento
Raíz 100	a
Hoja 100	b
Tallo 100	c
Raíz 50	d
Hoja 50	e
Tallo 50	f
Raíz 10	g
Hoja 10	h
Tallo 10	i
Raíz 1	j
Hoja 1	k
Tallo 1	l
Testigo Raíz	m
Testigo Hoja	m
Testigo Tallo	m

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

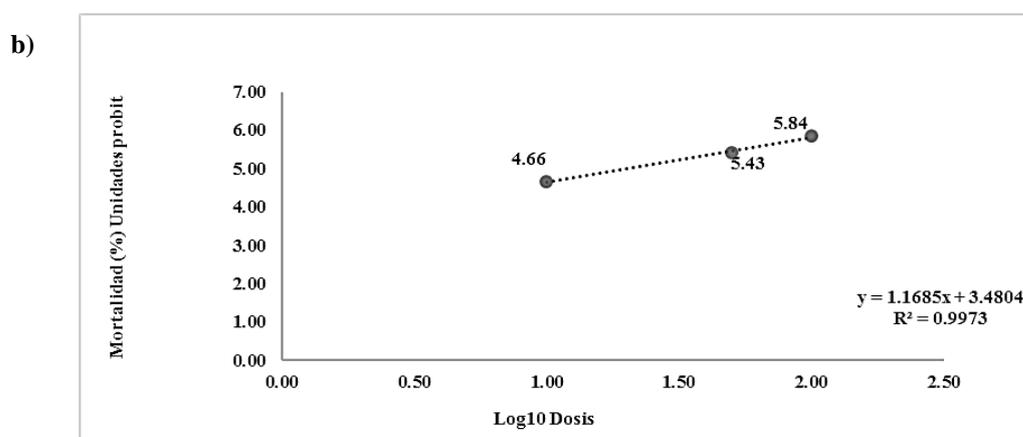
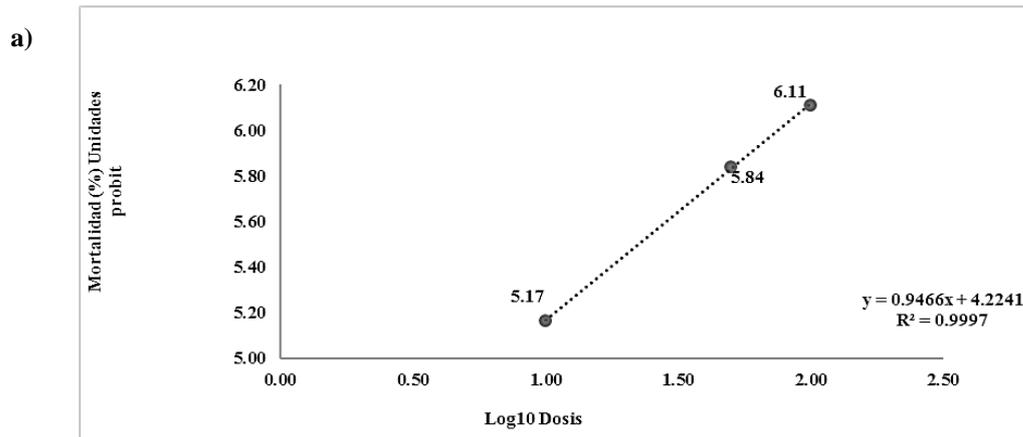
Al igual que en la tabla anterior, en la tabla 5 se presenta evidencia de la actividad biocida de los alcaloides presentes en la planta; se registró menor consumo de alimento en algunas larvas y el resto que se alimentó presentó intoxicación, provocándoles la muerte. El propósito de determinar la toxicidad de los alcaloides fue conocer la CL_{50} y CL_{90} expresada como una concentración del bioplaguicida que puede lograr 50 % y 90 % de mortalidad entre las larvas de *N. autumnalis* (Badii y Landeros, 2007). Esto permitió observar el grado de toxicidad de *D. metel* que va de una

categoría de muy tóxica a moderadamente tóxica ($p < 0,05$), para la hoja, tallo y raíz. Además, como se visualiza en la Tabla 5 la raíz requirió la concentración más baja para alcanzar la CL_{50} .

Tabla 5. Concentración letal media (CL_{50}) de los extractos de *D. metel* y la toxicidad mostrada sobre larvas de *N. autumnalis*.

Estructura	CL (%)	CL (mg/L)	Categoría	Límites fiduciales al 95 % (mg/L)	
				Inferior	Superior
Raíz	CL_{50}	3,68	Muy Tóxico	0,966	14,055
	CL_{90}	210,39	Tóxico	55,14	802,72
Hoja	CL_{50}	4,98	Muy Tóxico	1,278	19,446
	CL_{90}	326,62	Tóxico	83,71	1.274,27
Tallo	CL_{50}	12,79	Muy Tóxico	3,743	43,720
	CL_{90}	595,07	Moderadamente Tóxico	174,12	2.033,64

El análisis Probit para la medición de la concentración letal (CL_{50}) de *D. metel*, mostró la proporción de mortalidad larvaria en unidades probit por la función de sus respectivas dosis, desarrollados hasta las 24 h. Todos los gráficos muestran un patrón de respuesta uniforme sobre las concentraciones aplicadas para cada estructura. Sin embargo, en el tallo se observa que la pendiente es menos pronunciada debido a que ocasionó menor mortalidad en comparación con las otras dos estructuras evaluadas (Figura 1).



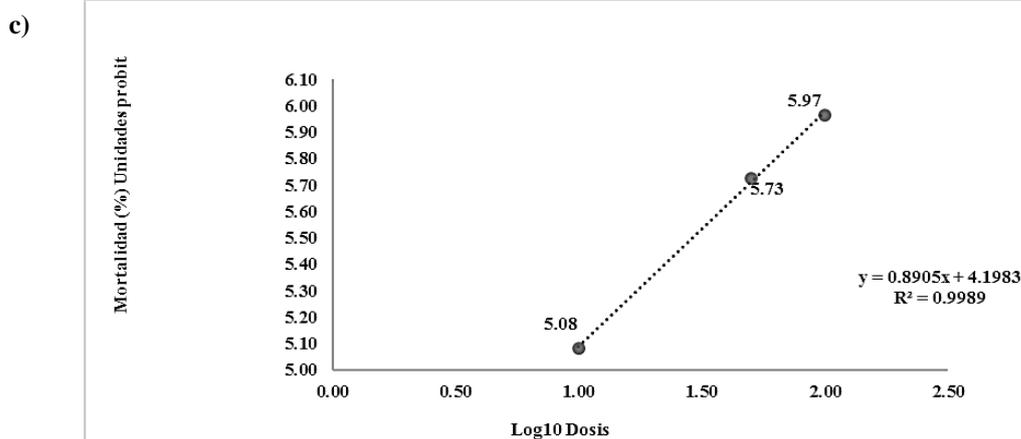


Figura 1. Mortalidad probit observada por el logaritmo de las concentraciones a las 24 h, empleando el extracto metanólico de las a) raíces, b) tallos y c) hojas de *D. metel*.

Los extractos de *D. metel* son excelentes antimicrobianos y se han probado sobre: *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Shigella flexneri*, *Klebsiella pneumoniae*, *Vibrio cholerae* y *Pseudomonas aeruginosa* (Siva *et al.*, 2011; Gaire y Subedi, 2013; Hossain *et al.*, 2014). También son efectivos en el combate contra insectos plaga, ya que se han reportado efectos semejantes de extractos de *D. metel*, aplicados sobre saltamontes y hormigas produciendo de 20 % a 60 % de mortalidad y que además en concentraciones altas es más tóxico (Kuganathan y Ganeshalingam, 2011), a su vez Tandon y Sirohi (2010), demostraron que *D. metel* provoca una mortalidad entre 19 % y 54 % sobre larvas de *Culex quinquefasciatus*.

Los niveles de infestación son cada vez mayores, ya que el ataque de *N. autumnalis* se ve favorecido por el cambio climático debido a que los pinos en Durango están pasando por un estrés hídrico (Ciesla y Smith, 2011; Jactel *et al.*, 2011; White, 2014). Consecuentemente, es necesario realizar una búsqueda de alternativas sustentables y eficaces para el manejo de la mosca sierra (Orozco - Santos *et al.*, 2016), debido a que se considera una plaga de principal importancia.

4. CONCLUSIONES

Los extractos crudos de hojas, tallos y raíces de *D. metel* contienen alcaloides, los cuales producen mortalidad e interrumpen el ciclo de vida de las larvas de cuarto instar de *N. autumnalis*, por lo que pueden utilizarse como biocidas. El extracto de la raíz presentó los mejores resultados para el control de las larvas, ya que con una baja concentración se puede combatir al 50 % y 90 % de la población (CL₅₀ 3,68 mg/L y CL₉₀ 210,39 mg/L), seguidos por los extractos de hoja y tallo. Con base en los resultados, se sugiere realizar evaluaciones en campo para determinar el eventual empleo de este tipo de sustancias para el control de la mosca sierra y otros insectos plaga de importancia económica.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, A. R.; García A.; M., Honores G.; Z. y Q. J. Llanos. 2007. Secondary metabolites and hypoglycemic activity of *Myrcianthes myrsinoides* (HBK). *Pueblo continente* 18: 225-232.
- Ávalos, G., A. y C. E. Pérez-Urria. 2009. Metabolitos secundarios de plantas. Reduca (Biología). *Serie Fisiología Vegetal* 2(3): 119-145.
- Badii, H. M. y J. Landeros. 2007. Plaguicidas que afectan a la salud humana y la sustentabilidad. *Cultura Ciencia y Tecnología/Toxicología de Plaguicidas* 4(19): 21-34
- Bisset Lescano, J. A.; M. M. Rodríguez; J. L. San Martín; J. E. Romero y R. Montoya. 2009. Evaluación de la resistencia a insecticidas de una cepa de *Aedes aegypti* de El Salvador. *Rev. Panam Salud Pública*. 26(3): 229-34.
- Bofil, F. X.; J. Bofil; G. Such; E. Piqué y R. Guitart. 2007. Dos casos de intoxicación por contaminación de maíz con *Datura stramonium* en ganado vacuno. *Revista de Toxicología* 24(1): 56-58.
- Chirinos, A.; D. Almendarez y A. Reyes-Ticas. 2011. Intoxicación por Floricunda: reporte de siete casos. *Revista Hondureña del Postgrado de Psiquiatría* 1: 1-7.
- Ciesla, W. M. y R. D. Smith. 2011. Diprionidae sawflies on lodgepole and ponderosa pines. *Forest Insect and Disease Leaflet* 179. U.S. Department of Agriculture. 13 p.
- Dabur, R.; M. Ali; H. Singh; J. Gupta y S. L. Sharma. 2004. A novel antifungal pyrrole derivative from *Datura metel* leaves. *Pharmazie* 59(7): 568-570.
- Domínguez, T., G.; M. J. J. García; L. D. Guzmán y R. Alanoca 2010. Alkaloids content in bark of *Uncaria tomentosa* (Wild.) DC from different habitats in the region Ucayali - Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú* 76(3): 271-278.
- Gaire, P. B. y L. Subedi. 2013. Una revisión sobre los aspectos farmacológicos y toxicológicos de *Datura stramonium* L. *Revista de medicina integrativa* 11(2): 73-79. Disponible en: <https://doi.org/10.3736/jintegrmed2013016>.
- Gaona, G. E.; T. F. Bonilla; B. S. Quiñonez; M. G. Sánchez; R. F. Tafoya; L. M. España y U. S. Robles. 2014. *Guía para la identificación de moscas sierra de la familia Diprionidae 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-Gutierrez, C.; M. B. González-Maldonado y E. Cortez-Mondaca. 2012. Uso de enemigos naturales y biorracionales para el control de la plaga del maíz. *Revista de sociedad, cultura y desarrollo sustentable, Ra Ximhai*, 8(3): 57-70.
- García, N. G. y R. S. H. Tarango. 2009. *Manejo biorracional del gusano cogollero*. Sagarpa-Inifap-Campo Experimental Delicias. Folleto técnico No. 30. Delicias, Chihuahua. 34 p.
- Hincapié Llanos, C. A.; D. Lopera Arango y M. Ceballos Giraucho. 2008. Actividad insecticida de extractos de semilla de *Annona muricata* (Anonaceae) sobre *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), *Revista Colombiana de Entomología* 34(1): 76-82.
- Hossain, A. M.; A. K. Alí; S. M., Juma A. F.; J., S., A. Weli M. A., y Q Al-Riyami. 2014. Comparative study of total phenolics, flavonoids contents and evaluation of antioxidant and antimicrobial activities of different polarities fruits crude extracts of *Datura metel* L. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 4(5): 378-383. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(14\)60591-0](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(14)60591-0).
- Jactel, H.; J. Peti; M. L. Desprez-Loustau; S. Delzon; D. Piou; A. Battisti y J. Koricheva. 2011. Drought effects on damage by forest insects and pathogens: a meta-analysis. *Global Change Biology* 18(1): 267-276. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02512.x>.

- Jaramillo Jaramillo, C.; A. Jaramillo Espinoza; H. D´armas; L. Troccoli y L. Rojas de Astrudillo. 2016. Concentraciones de alcaloides, glucósidos cianogénicos, polifenoles y saponinas en plantas medicinales seleccionadas en Ecuador y su relación con la toxicidad aguda contra *Artemia salina*. *Revista de Biología Tropical*, 64(3): 1171-1184. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v64i3.19537>.
- Kuganathan, N. y S. Ganeshalingam. 2011. Análisis químico de las hojas de metamorfosis y la investigación de la toxicidad aguda en saltamontes y hormigas rojas. *E-Journal of Chemistry* 8(1): 107-112. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2011/714538>.
- 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. 124 p.
- Murch, S. J.; A. R. Alan; J. Cao y P. K. Saxena. 2009. Melatonin and serotonin in flowers and fruits of *Datura metel* L. *Journal of Pineal Research* 47(3): 277-283. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1600-079X.2009.00711.x>.
- Nolasco, G. A. 2014. *Defoliadores de las coníferas de los géneros Neodiprion spp. y Zadiprion spp. existentes en México*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Tesis Ingeniería. Saltillo, Coahuila, México.
- Orozco-Santos, M.; M. Robles-González; L. M. Hernández-Fuentes; J. J. Velázquez-Monreal; M. de J. Bermudez-Guzmán; M. Manzanilla-Ramírez y D. Nieto-Ángel. 2016. Uso de Aceites y Extractos Vegetales para el control de *Diaphorina citri* Kuwayama en lima mexicana en el trópico seco de México. *Southwestern Entomologist* 41(4): 1051-1066. Disponible en: <https://doi.org/10.3958/059.041.0405>.
- Ortíz, D. M.; S. L. Posada y R. R. Noguera. 2014. Effect of secondary metabolites of plants on the enteric emission of methane in ruminants. *Livestock Research for Rural Development* 26(11): 192-211.
- Pérez-Alonso, N. y E. Jiménez. 2011. Producción de metabolitos secundarios de plantas mediante el cultivo in vitro. *Biotecnología Vegetal* 11(4): 195-211.
- Raj, M. A. 2010. Calculation of LD or LC₅₀ using probit analysis. *Veterinary Pharmacology and Toxicology*. SVVU. India. 2 p.
- Ramírez, J. A., y M. Lascaña. 2001. Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. *Arch. Prev. Riesgos Laborales* 42(2): 67-75.
- Ríos, J. M. 2013. Detección de alcaloides en semillas de plantas herbáceas nativas. *Latin America Journal of Natural Resources* 22(2): 51-55.
- Sánchez, M. G.; M. H. E. Alanís; R. M. Cano y M. J. Olivo. 2012. *Biología y aspectos taxonómicos de dos especies de mosca sierra de los pinos en Chihuahua*. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo experimental Pabellón. Folleto Técnico No. 44. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes. México.
- Siva, S. S.; P. Saranraj y M. Geetha. 2011. Antibacterial evaluation and phytochemical screening of *Datura metel* leaf extracts against bacterial pathogens. *International Journal of Pharmaceutical Biological Archive* 24(2): 1130-1136.
- Smith, D. R.; G. Sánchez-Martínez y A. Ojeda-Aguilera. 2012. A new species of *Zadiprion* (Hymenoptera: Diprionidae) on *Pinus durangensis* from Chihuahua, Mexico, and review other species of the genus. *Proceedings of the entomological Society of Washington* 114(2): 224-237. Disponible en: <https://doi.org/10.4289/0013-8797.114.2.224>.
- Soler, C. A.; A. C. Rubio; T. A. Hardisson y F. A. Gutiérrez. 2013. *Datura stramonium*: toxicología de una droga emergente. *Farmacéuticos Comunitarios* 5(2): 74-78.
- Tandon, P. y A. Sirohi. 2010. Assessment of larvicidal properties of aqueous extracts of four plants against *Culex quinquefasciatus* Larvae. *Jordan Journal of Biological Sciences* 3(1): 1-6.
- White, T. C. R. 2014. Senescence-feeders: a new trophic sub-guild of insect herbivores. *Journal of Applied Entomology* 139(2): 11-22. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/jen.12147>.

