

FITOTOXICIDAD DE LOS EXTRACTOS DE *Calia secundiflora* (Ort.)Yakovlev

J. Zárate-Hernández¹; R. García-Mateos²;
F. Zavala-Chávez³; R. Pérez-Leal¹; M. Soto-Hernández⁴

¹Departamento de Fitotecnía. Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México- Texcoco. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

²Departamento de Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México- Texcoco. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO. Correo-e: rosgar08@hotmail.com. (*Autor responsable).

³División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México- Texcoco, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

⁴Programa de Botánica, Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carretera México- Texcoco. Montecillo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

RESUMEN

Calia secundiflora (Ortega) Yakovlev comprende árboles de la familia Leguminosae, ampliamente distribuida en México. Ha sido considerada una especie tóxica por el alto contenido de alcaloides quinolizidínicos, principalmente en las semillas y hojas. Crece en zonas perturbadas, en suelos con bajo contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo y grandes espacios sin vegetación, lo cual se asocia al papel ecológico de los alcaloides. El objetivo del presente estudio consistió en evaluar la actividad fitotóxica de los extractos acuosos de hoja y de raíz de *C. secundiflora* sobre la germinación de semillas y desarrollo de plántulas de *Lactuca sativa*, *Amaranthus hybridus*, *Lolium perenne*, *Ipomoea purpurea* y *Bidens odorata*. Los extractos acuosos de hoja y de raíz de diferentes concentraciones fueron moderadamente fitotóxicos al inhibir la germinación y el crecimiento de plántulas, aunque los de hoja tuvieron mayor fitotoxicidad que los de raíz.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: leguminosae, extracto acuoso, fitotoxicidad, germinación.

Calia secundiflora (Ort.)Yakovlev EXTRACT PHYTOTOXICITY

ABSTRACT

Calia secundiflora (Ortega) Yakovlev comprises trees from the Leguminosae family; it is widely distributed in Mexico. This species has been considered toxic for its high content of chinolizidine alkaloids, which are mostly located in seeds and leaves. The plant grows in disturbed zones, in soils with low content of organic matter, nitrogen and phosphorous and in wide open spaces, which is associated to the ecological role of the alkaloids. The objective of the present study consisted of evaluating the phytotoxic activity of aqueous extracts from leaves and roots of *C. secundiflora* on the germination and development of seedlings from seeds of *Lactuca sativa*, *Amaranthus hybridus*, *Lolium perenne*, *Ipomoea purpurea* and *Bidens odorata*. Different leaf and root concentrations of aqueous extracts were moderately phytotoxic by inhibiting germination and seedling growth; leaf extracts had higher phytotoxicity than root extracts.

ADDITIONAL KEY WORDS: leguminosae, aqueous extracts, phytotoxicity, germination.

INTRODUCCIÓN

Durante años el uso de pesticidas sintéticos en la agricultura ha sido la forma más utilizada para la protección de los cultivos debido a la rapidez con que actúan, la eficiencia, su fácil obtención, transporte y, sobre todo, a su largo periodo de acción. Sin embargo, esta eficiencia en el combate de plagas ha provocado serios daños a la

agricultura, como son la resistencia de los organismos plaga a los plaguicidas (Anaya, 2003).

Por lo anterior, la conciencia ecológica se ha volcado hacia el uso de otras alternativas en el combate de plagas agrícolas. Sin lugar a dudas, uno de los medios más utilizados es el uso de extractos derivados de plantas para el combate de insectos (Rodríguez, 2001). No obstante, el

uso de metabolitos secundarios ha ido más allá, ya que algunos extractos vegetales pueden inhibir el desarrollo de otros organismos vegetales; tal es el caso de las malas hierbas que representan uno de los principales factores limitantes en la producción de cultivos, pues llegan a causar cuantiosas pérdidas por reducción de rendimientos debido a la competencia entre plantas por luz, nutrimentos y agua, principalmente (Reigosa y Pedrol, 2002; Anaya, 2003).

Los beneficios ecológicos del uso de compuestos orgánicos naturales, mejor conocidos como aleloquímicos, para el combate de plagas en el proceso de producción agrícola son muchos, ya que son biodegradables, son persistentes en el suelo, no causan daños en los mantos acuíferos y, sobre todo, no son perjudiciales al ser humano.

Con el fin de identificar nuevos productos fitotóxicos es importante analizar los modelos de las moléculas químicas de diversas especies vegetales, para ello es necesario el conocimiento de los compuestos presentes en diferentes especies, lo cual se logra mediante el análisis de extractos de diferente polaridad obtenidos a partir de distintos tejidos y órganos (Reigosa y Pedrol, 2002; Butler, 2004).

Con respecto a *Calia secundiflora* (Ort.) Yakovlev se desconocen sus efectos fitotóxicos y su posible aprovechamiento. En diversos estudios fitoquímicos, se ha encontrado en los extractos orgánicos de hojas, semillas y raíz diferentes alcaloides quinolizidínicos (Zavala-Chávez *et al.*, 2006); compuestos que inhiben algunas de las funciones vitales de diversos organismos (Anónimo, 1961; Hatfield *et al.*, 1977; Vickery y Vickery, 1981; Southon y Buckingham, 1989).

La especie *Calia secundiflora* (Ort.) Yakovlev, ampliamente distribuida en la república mexicana, se encuentra en los estados de Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas, Zacatecas, Querétaro e Hidalgo (Rzedowski, 1978; Aguilar y Zolla, 1982; Lagunes *et al.*, 1990). En México se le conoce como Patol, Pitol, Coca, Colorín, Chicolón y Frijolillo.

Pocos son los usos que se conocen de *C. secundiflora* por la presencia de alcaloides quinolizidínicos. En el suroeste de los Estados Unidos las semillas de este árbol se utilizaban por los grupos étnicos en rituales por sus efectos alucinógenos, aunque no se ha comprobado (Keller, 1975; Murakoshi *et al.*, 1986).

Existen reportes que mencionan la actividad insecticida de *C. secundiflora*, aplicada en forma de polvo o en extractos acuosos preparados de las hojas para el combate de insectos plaga como *Blattella germanica*, *Periplareta americana* y *Pseudolatería unipuncta* (Lagunes *et al.*, 1990).

Un estudio realizado con *C. secundiflora* recolectada

en los estados de Hidalgo y Querétaro, concluyó que la proveniente de la región de Hidalgo resultó ser la más perturbada, con grandes espacios desprovistos de vegetación; el análisis fitoquímico reportó una mayor concentración y número de alcaloides detectados en comparación con la especie recolectada en la región de Querétaro, diferencias que podrían estar asociadas al papel ecológico que juegan los alcaloides (Zavala-Chávez *et al.*, 2006). Esta información llevó a plantear el siguiente objetivo: evaluar la actividad fitotóxica de los extractos acuosos de hoja y raíz de *C. secundiflora*, sobre la germinación de semillas y el desarrollo de plántulas de *Lactuca sativa*, *Amaranthus hybridus*, *Lolium perenne*, *Ipomoea purpurea* y *Bidens odorata*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección del material vegetal

La recolecta del material vegetal se llevó a cabo aleatoriamente en diversos ejemplares localizados en el transecto El Cardonal-Santuario, en el municipio de El Cardonal, estado de Hidalgo. El sitio se ubica a 2130 msnm, en las coordenadas 20° 36' N y 99° 07' W; el clima es predominantemente seco. El lugar de colecta se encuentra situado en laderas con exposición al SSE y SE con pendiente de 40°.

Se prepararon dos ejemplares de herbario, los cuales fueron identificados en el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México y se depositaron en el Herbario Nacional (MEXU-UNAM), en donde se les asignaron los números de registro: 1155623 y 1155624.

Preparación del material

Las hojas y la raíz de *C. secundiflora* se secaron por separado en la estufa a 45 °C por 72 h; después se molieron en un molino Thomas-Wiley con un tamiz del número 2.

Obtención del extracto acuoso de hoja y raíz

Se tomaron diferentes cantidades del material molido para preparar las concentraciones de 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 y 5.0 %, se maceraron en 100 ml de agua destilada por 24 h a temperatura ambiente, posteriormente se filtraron para obtener los extractos acuosos que se emplearon en las pruebas de germinación.

Identificación preliminar de alcaloides

Se realizó un análisis cualitativo para confirmar la presencia de alcaloides en los extractos de hoja y raíz de *C. secundiflora*, y de suelo del lugar de recolecta. Se realizó la identificación por cromatografía en capa fina de gel de sílice; como eluyente se preparó una mezcla de metanol:diclorometano (8:2) y como agente cromogénico

se usó el reactivo de Dragendorff, utilizado para la identificación de alcaloides (Cordell, 1981).

Establecimiento de pruebas de germinación

Para la elección de las semillas de arvenses y cultivos utilizados en el experimento se evaluó previamente la viabilidad con base en lo sugerido por las Reglas Internacionales para el Análisis de Semillas (Anónimo, 1964), lo cual consistió en realizar diferentes tratamientos a las semillas con el fin de obtener la máxima germinación. Los tratamientos realizados fueron: escarificación con H_2SO_4 (concentrado por 2 minutos), interrupción del letargo mediante tratamiento con frío a 5 °C por cinco días previos a la prueba de germinación, frío en húmedo durante los primeros 5 días de la prueba, éstas dos últimas pruebas solo se llevaron a cabo en *Lolium perenne* e *Ipomoea purpurea* especie que requieren frío.

Germinación *in vitro*

Las pruebas biológicas se llevaron a cabo según el método descrito por Anaya *et al.* (1999), con las especies que tuvieron 100 % de germinación: lechuga (*Lactuca sativa*), la cual se recomienda para este tipo de bioensayos debido a su sensibilidad a compuestos inhibitorios, amaranto (*Amaranthus hybridus*), pasto (*Lolium perenne*) y dos especies de arvenses: campanilla (*Ipomoea purpurea*) y aceitilla (*Bidens odorata*).

Las pruebas se realizaron en cajas petri de 10 cm de diámetro con un círculo de papel filtro Wattman del No.1, se añadieron 2.5 ml del extracto acuoso y se depositaron 50 semillas por caja. El testigo consistió en agregar 2.5 ml de agua destilada por caja petri. Las cajas se colocaron en una cámara germinadora a una temperatura promedio de 25 °C y humedad relativa de 85 %. Después de los siete días de la siembra se registró el porcentaje de germinación (%), longitud de la parte aérea (LPA) (cotiledones y tallo) y longitud de raíz (LR) (Chiapusio *et al.*, 1997). El registro de datos se llevó a cabo cada 24 horas durante el periodo que marcan las Reglas Internacionales para el Análisis de Semillas (Anónimo, 1964).

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento. Los datos obtenidos se realizó un ANAVA y una prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). En el análisis estadístico se utilizó el programa SAS, version 8.0, 2002.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis por cromatografía en capa fina permitió identificar y confirmar la presencia de alcaloides quinolizidínicos en los extractos acuosos de hoja y de raíz,

al compararlos con otros extractos empleados como estándares analizados previamente por HPLC-EM en un estudio previo realizado por Zavala-Chávez *et al.* (2006). En la muestra de suelo no se detectaron alcaloides.

Porcentaje de germinación

Los resultados permitieron observar la disminución gradual del porcentaje de germinación en todas las especies conforme la concentración de los extractos acuosos de hoja y de raíz aumentó. En el estudio realizado por Zamora (2005), se encontró la misma tendencia, observándose un incremento significativo en la inhibición de la germinación de semillas de *Amaranthus hybridus* por el extracto de semillas de *Lupinus exaltatus* (Cuadro 1).

L. sativa fue la especie con mayor sensibilidad a efectos fitotóxicos, ya que en la concentración de 5.0 %, se obtuvo sólo 38.4 % de germinación; en *L. perenne* se observó un efecto similar (Cuadro 1). El extracto acuoso de raíz causó ligeros efectos alelopáticos en cuatro de las especies probadas. *I. purpurea* fue la especie que no mostró diferencias estadísticas significativas en concentraciones con respecto al testigo en el porcentaje de germinación. El extracto acuoso de raíz afectó significativamente la germinación de las semillas de *L. perenne* y *B. odorata*, en cambio *I. purpurea*, *A. hybridus* y *L. sativa* se vieron poco afectadas (Cuadro 1).

Se reporta 100 % de inhibición en la germinación de semillas de *Lactuca sativa* por extractos de semillas de *Lupinus albus* que contienen alcaloides quinolizidínicos. El estudio menciona también un elevado efecto fitotóxico de la lupanina en comparación con otros alcaloides quinolizidínicos evaluados (esparteína y citisina) presentes en el extracto. La elevada actividad observada se debió a la presencia del alcaloide lupanina, como componente mayoritario en la mezcla (Wink, 1983).

Las diferencias observadas en la germinación, en las especies probadas, por los extractos acuosos se deben posiblemente a las variaciones en la composición y concentración de alcaloides quinolizidínicos en cada extracto. En el presente estudio, el componente mayoritario en el extracto acuoso fue citisina, lo cual justifica el menor efecto fitotóxico observado.

Wink (1983), menciona que la citisina no llega a inhibir más del 50 % de semillas de *L. sativa*, por el contrario, cuando se aplica el extracto de *L. albus*, en el que se encuentran presentes esparteína, lupanina y citisina, se logra inhibir la germinación hasta en 100 %.

Recientemente, se reporta un porcentaje de inhibición de la germinación de 91.16 % en semillas de *Amaranthus hybridus* a la concentración de 1,500 ppm (0.1 %) del extracto alcaloideo de semillas de *Lupinus exaltatus*, donde el

CUADRO 1. Efecto de los extractos acuosos de hoja y raíz de *C. secundiflora* sobre el porcentaje de germinación de semilla de cinco especies.

Concentración (%)	<i>Lactuca sativa</i>	<i>Amaranthus hybridus</i>	<i>Lolium perenne</i>	<i>Ipomoea purpurea</i>	<i>Bidens odorata</i>
Extracto acuoso de hoja					
0.0	100.0 a ^z	100.0 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
0.5	100.0 a	97.4 ab	95.4 a	99.4 ab	83.4 b
1.0	95.4 a	98.0 a	69.0 bc	97.4 ab	84.4 b
2.0	93.0 a	95.0 ab	72.4 b	96.4 a	87.0 ab
3.0	91.4 a	93.4 ab	60.0 c	99.0 ab	78.0 b
4.0	19.2 b	86.0 b	74.0 b	96.0 ab	57.4 c
5.0	38.4 c	73.0 c	40.1 d	89.4 b	78.4 b
C.V. (%)	6.193	4.46	6.82	1.85	5.08
Extracto acuoso de raíz					
0.0	100.0 a*	100.0 a	100.0a	100.0 a	100.0 a
0.5	100.0 a	98.0 ab	86.0 b	97.0 a	87.4 ab
1.0	100.0 a	95.4 b	81.0 bc	99.0 a	89.4 ab
2.0	98.0 ab	96.4 b	67.4 d	100.0 a	83.4 ab
3.0	95.0 b	96.0 b	67.0 d	100.0 a	79.0 b
4.0	95.0 b	95.0 b	69.4 cd	99.0 a	74.4 b
5.0	95.4 b	97.4 ab	79.0 bcd	98.4 a	74.0 b
C.V. (%)	1.59	1.36	7.42	1.85**	8.99

^z Valores con letras iguales en cada columna y órgano utilizado no son diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.
C.V. Coeficiente de variación

alcaloide mayoritario también fue lupanina (Zamora, 2005).

Son marcadas las diferencias que existen entre el comportamiento de las cinco especies utilizadas para los bioensayos, ya que hay variaciones en la germinación y el tipo de extracto; además, se observó que existe una respuesta diferencial a la fitotoxicidad de cada especie receptora de alcaloides.

Longitud de parte aérea (LPA) y de raíz (LR)

La actividad fitotóxica de los extractos de hoja y raíz también se reflejó en el desarrollo de la longitud de la parte aérea y de la radícula. En *B. odorata*, *I. purpurea* y *L. perenne* hubo mayor desarrollo de la longitud de la parte aérea en contraste con *L. sativa* y *A. hybridus*. En la mayoría de las especies, con excepción de *B. odorata*, ocurrió disminución gradual de la longitud de la parte aérea conforme aumentó la concentración del extracto acuoso de hoja (Cuadro 2).

En *B. odorata* no hubo diferencias significativas, con respecto al testigo, cuando las concentraciones del extracto de hoja aumentaron. En *I. purpurea* y *L. perenne* se observó una disminución drástica del desarrollo de la parte aérea, casi en 50 %, con respecto al testigo (Cuadro 2).

La mayor longitud de la radícula se registró en plántulas de las cinco especies del tratamiento control (concentración cero), lo que demostró un efecto inhibitorio del crecimiento

por efecto del extracto acuoso de hoja. En todas las especies el desarrollo de la raíz fue afectada a partir de la concentración más baja (0.5 %). *B. odorata* fue la única especie en la cual no se encontraron diferencias significativas con respecto al control (Cuadro 2).

Las especies más afectadas por el extracto fueron *L. sativa*, *A. hybridus* y *L. perenne*, debido a que se observó una disminución del desarrollo de la longitud de raíz en las tres especies conforme aumento la concentración del extracto acuoso de hoja (Cuadro 2).

La reducción del crecimiento de la radícula y de la parte aérea permitió inferir que los extractos afectaron los procesos de división y elongación celular, tal como se ha observado con otros metabolitos (Rice, 1984; Besnier, 1989).

Para el caso del extracto acuoso de raíz, en las cinco especies no se encontraron diferencias significativas, con respecto al testigo, en la longitud de la parte aérea (Cuadro 3). Se observó una tendencia similar del extracto acuoso de raíz al de hoja, en el desarrollo de la radícula cuando la concentración aumentó. La especie menos afectada fue *B. odorata* debido a que no se encontraron diferencias estadísticas con respecto al control. La longitud de raíz de *I. purpurea* fue favorecida en su desarrollo por el extracto acuoso de raíz, siendo la concentración de 4.0 % la que promovió mayor longitud.

CUADRO 2. Comparación de medias para la longitud de plúmula y de raíz por efecto de las concentraciones del extracto acuoso de hoja.

Concentración (%)	<i>Lactuca sativa</i>	<i>Amaranthus hybridus</i>	<i>Lolium perenne</i>	<i>Ipomoea purpurea</i>	<i>Bidens odorata</i>
Longitud de la parte aérea (mm)					
0.0	2.2 a ^z	1.6 bc	5.4 ab	5.5 a	3.2 a
0.5	2.2 a	2.2 ab	5.6 a	4.9 ab	3.2 a
1.0	2.3 a	3.0 a	5.1 abc	4.7 ab	3.2 a
2.0	1.7 a	2.9 a	6.0 a	5.9 a	3.1 a
3.0	2.1 a	3.0 a	4.1 c	4.3 b	3.6 a
4.0	0.3 b	2.7 a	4.4 bc	4.4 b	1.0 b
5.0	0.1 b	1.0 c	2.5 d	2.8 c	3.7 a
C.V. (%)	21.19	16.24	10.27	12.33	8.87
Longitud de raíz (mm)					
0.0	2.1 a ^z	4.1 a	5.3 a	3.2 bc	4.5 a
0.5	1.5 b	3.4 ab	4.6 ab	3.0 bc	4.2 a
1.0	1.3 b	3.4 ab	4.3 b	3.9 abc	3.9 a
2.0	1.2 b	2.6 bc	4.3 ab	4.6 a	4.0 a
3.0	1.2 b	2.0 c	2.5 c	4.2 ab	3.7 a
4.0	0.3 c	2.0 c	1.3 d	3.7 abc	1.2 b
5.0	0.1 c	0.5 d	0.5 d	2.7 c	3.6 a
C.V. (%)	19.42	19.60	13.61	15.74	11.69

^zLetras iguales en cada columna y estructura de la plántula no son diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.
C.V.: Coeficiente de variación

CUADRO 3. Comparación de medias para el factor concentraciones de la longitud de parte aérea por el extracto acuoso de raíz.

Concentración (%)	<i>Lactuca sativa</i>	<i>Amaranthus hybridus</i>	<i>Lolium perenne</i>	<i>Ipomoea purpurea</i>	<i>Bidens odorata</i>
Longitud de parte aérea (mm)					
0.0	2.05 a ^z	1.80 a	8.62 a	3.57 a	3.15 a
0.5	2.02 a	1.85 a	7.85 a	4.32 a	2.80 a
1.0	1.97 a	2.05 a	7.75 a	4.95 a	3.17 a
2.0	1.82 a	2.22 a	8.02 a	4.17 a	2.92 a
3.0	1.92 a	2.67 a	7.15 a	4.95 a	3.00 a
4.0	1.97 a	2.82 a	7.72 a	4.35 a	2.90 a
5.0	1.80 a	2.62 a	6.97 a	3.57 a	3.27 a
C.V. (%)	11.29	24.83	9.71	18.85	10.89
Longitud de raíz (mm)					
0.0	1.7 ab ^z	3.9 a	7.7 a	2.5 c	4.7 a
0.5	2.0 a	3.3 a	7.6 a	3.7 bc	4.4 a
1.0	1.8 ab	3.1 ab	7.1 ab	4.4 ab	4.5 a
2.0	1.7 ab	2.3 bc	6.9 ab	4.7 b	4.6 a
3.0	1.5 bc	2.3 c	6.4 ab	4.8 ab	3.9 a
4.0	1.3 c	2.3 bc	6.4 ab	5.0 a	4.1 a
5.0	1.7 abc	2.2 c	5.4 b	3.9 ab	4.6 a
C.V. (%)	9.90	13.13	13.07	12.41	8.28

^zValores con letras iguales en cada columna y estructura de la plántula no son diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.
C.V.: Coeficiente de variación.

En la longitud de la parte aérea y la longitud de la raíz se observó el efecto fitotóxico de los extractos, que provocó la obtención de plántulas anormales; es decir, plántulas con daños que se caracterizan porque generan raíces primarias con hendiduras raquílicas o ausentes, atrofiadas o ahiladas; hipocotilos o coleoptilos cortos, gruesos o deformados; plantas que en condiciones de campo no podrían sobrevivir.

Fue afectado en mayor grado el desarrollo de la radícula que la parte aérea en las plántulas de todas las especies evaluadas. En algunas de éstas, la elongación de la radícula ocurre después de que inicia la síntesis de proteínas, en cambio, en *L. sativa*, la síntesis de proteínas inicia después de haber comenzado el alargamiento de la radícula. Por lo tanto, se puede inferir que fisiológicamente los metabolitos secundarios presentes en *C. secundiflora* afectan la fisiología del desarrollo de algunas plántulas.

Las propiedades fitotóxicas han sido detectadas en numerosos tipos de alcaloides, pero los mecanismos que justifican la actividad aún no han sido estudiados; sin embargo, los alcaloides son compuestos con una amplia gama de actividades, entre ellas se encuentra la inhibición de ADN, ARN, algunas enzimas y la biosíntesis de proteínas, afectan también la permeabilidad de las membranas perturbando su estabilidad. Estos metabolitos afectan a un amplio espectro de organismos, pero no se descarta su interacción en los mismos sitios en las células vegetales. Para entender los efectos fitotóxicos, se señala que el papel de los alcaloides en las interacciones planta-planta pueden ser una parte de sus funciones como compuestos de defensa en las interacciones planta-animal (Wink *et al.*, 1999).

CONCLUSIONES

Los extractos acuosos de hoja y raíz de *Calia secundiflora* causaron efectos fitotóxicos, afectando la germinación de semillas y el desarrollo de la longitud de parte aérea y la longitud de raíz de las plántulas de *Lactuca sativa*, *Amaranthus hybridus*, *Lolium perene*, *Ipomoea purpurea* y *Bidens odorata*. Los extractos causaron efectos inhibitorios en la germinación de semillas cuando la concentración aumentó. El extracto acuoso de hoja mostró mayor efecto inhibitorio de la germinación que el de raíz en las cinco especies estudiadas. *I. purpurea* y *B. odorata* fueron las especies menos afectadas.

LITERATURA CITADA

- AGUILAR C., A.; ZOLLA, C. 1982. Plantas Tóxicas de México. Instituto Mexicano del Seguro Social. D. F., México. 271 p.
- ANAYA L., A. L. 2003. Ecología Química. Plaza y Valdés. México. 349 p.
- ANAYA, A. L.; MATA, R.; RIVERO-CRUZ, F. 1999. Allelochemical potential of *Metopium brownei* (Jacq.) Urban (Anacardiaceae). Journal Chemical Ecology 25: 141-156.
- ANÓNIMO. 1961. Alkaloid bearing plants and their contained alkaloids. Agriculture Research Service U.S. Department of Agriculture. Technical Bulletin Núm. 1234. USA. 287 p.
- ANÓNIMO. 1964. Reglas Internacionales de Análisis de Semillas. Publicaciones del Ministerio de Agricultura. España. 130 p.
- BESNIER R., F. 1989. Semillas, Biología y Tecnología. Mundi-Prensa. Madrid, España. 637 p.
- BUTLER, M. S. 2004. The role of natural chemistry in drug discovery. Journal of Natural Products 67: 2141-2153.
- CHIAPUSIO, G.; SÁNCHEZ, A. M.; REIGOSA, M. J. 1997. Do germination indices adequately reflect allelochemical effects on the germination process? Journal Chemical Ecology 23: 2445-2453.
- CORDELL, A. G. 1981. Introduction to Alkaloids. Biogenetic Approach. An Wiley Interscience Publication. USA. 1055 p.
- HATFIELD, G. M.; VALDES J., L. J.; KELLER J., K.; MURRILL L., W.; JONES H. V. 1977. An investigation of *Sophora secundiflora* seeds (Mescalbeans). Lloydia 40: 374-382.
- KELLER, W. J. 1975. Alkaloids from *Sophora secundiflora*. Phytochemistry 14: 2305-2306.
- LAGUNES T., A.; ARENA L., C.; RODRÍGUEZ H., C. 1990 Extractos acuosos y polvos vegetales con propiedades insecticidas. Proyecto PROAF-CONACYT. Dirección General de Sanidad Vegetal. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México. 203 p.
- MURAKOSHI, I.; KUBO H.; IKRAM, M.; ISRAR, M.; SHAFI, N.; OHMIYA, S.; OTOMASU, H. 1986. (+)-11-oxocytisine, a lupin alkaloid from leaves of *Sophora secundiflora*. Phytochemistry 25: 200-202.
- REIGOSA, M.; PEDROL, N. 2002. Allelopathy from molecules to ecosystems. Science Publishers, Inc. USA. 316 p.
- RICE E., L. 1984. Allelopathy. 2a ed. Academic Press. Orlando Florida. 359 p.
- RODRÍGUEZ H., C. 2001. Plantas Contra Plagas. Ed. Red de Acción Sobre Plaguicidas y Alternativas en México. México. 133 p.
- RZEDOWSKI, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México, D. F. 432 p.
- SOUTHON, I. W.; BUCKINGHAM, J. 1989. Dictionary of Alkaloids. Volume I and II. Chapman and Hall. New York. 1733 p.
- VICKERY, M.; VICKERY, B. 1981. Secondary Plant Metabolism. Macmillan Press LTD. Hong Kong. 335 p.
- WINK, M. 1983. Inhibition of seed germination by quinolizidine alkaloids. Aspects of allelopathy in *Lupinus albus* L. Planta 158: 365-368.
- WINK, M.; LUTZ-BRUNING, B.; SCHMELLER, T. 1999. Biochemical effects of allelopathic alkaloids, pp. 417. In: Plant Ecology. Allelochemical Interactions. Inderjit; DAKSHIMI, K. M. M.; FOY, Ch. L. (Eds.). CRC-Press. Washington, D. C., USA.
- ZAMORA N., J. F. 2005. Alcaloides en *Lupinus exaltatus* Zucc. (Fabaceae): contenido, composición y actividad biológica. Tesis de Doctorado. Botánica. Colegio de Posgraduados. Campus Montecillo, México. 103 p.
- ZAVALA-CHÁVEZ, F.; GARCÍA-MATEOS, R.; SOTO-HERNÁNDEZ, H. M.; KITE, G. 2006. Phytochemical differences between *Calia secundiflora* (Leguminosae) growing at two sites in Mexico. Zeitschrift für Naturforschung 61C: 155-159.