

Propiedades insecticidas de metabolitos secundarios de *Fouquieria splendens* Engelm (ocotillo)

Insecticidal properties of secondary metabolites of *Fouquieria splendens* Engelm (ocotillo)

Orozco Meléndez Laura R.¹✉, García Muñoz Silvia A.¹, Leyva Chávez Arwell N.¹, González Aldana Ricardo A.¹, Villalobos Pérez Elizabeth¹, Yáñez Muñoz Rosa María¹

¹Profesor de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua Campus I, Chihuahua, Chih., México. Tel. (614)4391844

✉ Autor de correspondencia: laurao_14@hotmail.com

Recibido: 18/02/2017

Aceptado: 30/06/2017

RESUMEN

Las reacciones químicas comunes de todos los seres vivos implican a los metabolitos primarios, sin embargo, otros compuestos se derivan de los anteriores, los metabolitos secundarios. Los usos de *Fouquieria splendens* Engelm (ocotillo) llegan a ser variados, sin embargo, no se conocen los metabolitos secundarios responsables de dicha actividad, por lo que el primer objetivo fue determinar la actividad biológica de los extractos y fracciones. El material vegetal se colectó en el municipio de Aldama en el Estado de Chihuahua, el cual se secó y se molió, para la obtención de extractos acuosos y orgánicos, la separación de estos se realizó por medio de cromatografía líquida al vacío (VLC), cromatografía de capa fina (TLC); se realizaron estudios biodirigidos de dichos extractos y de las fracciones obtenidas contra insectos *Myzus persicae*, *Rhopalosiphum padi*, *Spodoptera littoralis*. El extracto metanólico de hoja presentó un menor índice de asentamiento de *M. persicae*, menor índice de asentamiento y efecto antialimentario de *R. padi*, los extractos crudos no presentaron actividad antialimentaria contra *S. littoralis*. Las fracciones 9 y 13 (VLC) produjeron efecto antialimentario contra *M. persicae*, la fracción 7 (VLC) produjo efecto antialimentario y menor índice de asentamiento de *M. persicae*.

ABSTRACT

The chemical reactions that are common to all living beings involve the primary metabolites, however, other compounds are derived from the above, the secondary metabolites. The uses of *Fouquieria splendens* Engelm (ocotillo) arrive to be varied, however, does not know the secondary metabolites responsible for such activity, so that the first objective was to determine the biological activity of extracts and fractions. The plant material was collected in the municipality of Aldama in the state of Chihuahua, which is dried and milled, for the obtaining of aqueous extracts and organic, the separation of these was conducted by means of vacuum liquid chromatography (VLC), thin layer chromatography (TLC); studies were conducted bio directed these excerpts and the fractions obtained against insects. *Myzus persicae*, *Rhopalosiphum padi*, *Spodoptera littoralis*. The methanolic extract sheet presented a lower rate of settlement of *M.*

persicae, lower rate of settlement and antifeedant effect of *R. padi*, the crude extracts showed no antifeedant activity against *S. littoralis*. The fractions 9 and 13 (VLC) produced antifeedant effect against *M. persicae*, the fraction 7 (VLC) produced antifeedant effect and lower rate of settlement of *M. persicae*.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años los productos naturales han presentado un gran auge ya que el mercado exige calidad, pero también que provengan de origen natural y que presenten menos daño en su consumo. Las reacciones químicas comunes de todos los seres vivos implican a los metabolitos primarios, hay, sin embargo, otros compuestos que se derivan de los anteriores y que usualmente ayudan a la supervivencia de la planta, estos son los metabolitos secundarios. La exploración de los compuestos producidos por el metabolismo secundario de plantas, comenzó hace mucho tiempo. Así se encontró una gran riqueza de variedad de estructuras. Debido a sus actividades biológicas, los metabolitos secundarios de las plantas se han utilizado durante siglos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal: La recolecta del material vegetal (hojas, tallos y raíces de *Fouquieria splendens*) se realizó en el municipio de Aldama del Estado de Chihuahua en otoño-invierno del 2009, recolectando varios individuos distribuidos al azar procurando que todos correspondan a la misma etapa fenológica. El material se certificó en el Herbario de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

Preparación de extractos: El material vegetal se secó en una estufa Felisa durante 6 horas a una temperatura menor a 50°C y se

molió mecánicamente en un molino Thomas-Wiley. (Fraga et al., 2001; Castillo et al., 2009; González-Coloma et al., 1994; González-Coloma et al., 1992; Fraga et al., 2014; Kokkotou et al., 2014; Cottet et al., 2014).

Extractos orgánicos: El material vegetal se colocó en el aparato de extracción Soxthel con Etanol con una duración de dos días hasta obtener la mayor parte del extracto de la muestra, después se concentró el extracto a presión reducida mediante el uso del rotavapor (Fraga et al., 2001; Castillo et al., 2009; González-Coloma et al., 1994; González-Coloma et al., 1992; Fraga et al., 2014; Kokkotou et al., 2014).

Extractos acuosos: El material vegetal se macero en agua destilada durante dos días en refrigeración, después se filtró y se colocó a -80 °C para liofilizarlo.

Bioensayos con Insectos: La *Spodoptera littoralis* fue criada y mantenida en recipientes de plástico de diferentes tamaños, según el estadio larval, tamaño y número, fueron alimentadas con una dieta artificial general para noctúidos y los adultos con una solución azucarada. Los áfidos (*M. persicae* y *R. padi*) fueron criados mediante sus hospederos (*Capsicum annum* y *Hordeum vulgare*, respectivamente) los tres insectos se mantuvieron en cámaras climatizadas a una temperatura de 22 ±1 °C, humedad relativa: 60 – 70 % y un fotoperiodo 16: 8(L: O). (Castillo et al., 2009; Domínguez et al., 2008; Fraga et al., 2001; García et al., 2007; González-Coloma

et al., 2006; Mazoir *et al.*, 2008; Rodilla *et al.*, 2008; Fraga *et al.*, 2014).

Spodoptera littoralis

Los extractos fueron evaluados con cajas Petri (9 cm x 1 cm) colocándose una capa fina de agar (2%) a dos insectos en el estado larval 6 se les colocan cuatro discos (1 cm² de diámetro) de la planta hospedera (*Capsicum annum*), dos de los discos tratados con 10µl con el extracto mas el solvente y los otros dos con solo 10µl del solvente. Cada tratamiento consiste en 5 repeticiones. Una vez consumido un 75% de la superficie de los discos control, las superficies foliares no consumidas (control y tratamiento) se midieron utilizando el programa de análisis de imagen Image J (<http://rsbweb.nih.gov/ij/>). Posteriormente se calculó el índice de consumo o alimentación (FR), % FR, considerándose que un extracto es activo cuando su FR > 75%, T: consumo del tratamiento; C: consumo del control, $FR = I - (T/C)$ (Burillo y González, 2009; Domínguez *et al.*, 2008; Mazoir *et al.*, 2008; Castillo *et al.*, 2009; Fraga *et al.*, 2001; González-Coloma *et al.*, 2006; Rodilla *et al.*, 2009; Fraga *et al.*, 2014).

Preparación y separación de fracciones

El extracto fue fraccionado por cromatografía líquida de gel de sílice al vacío, flash con gradientes de Hexano y Acetato de Etilo, que fluye eficazmente la muestra, para la obtención de fracciones.

A medida que la magnitud del extracto aumento, el diámetro de la columna se incrementa, con muy poco aumento de la altura de la cama de la sílice véase el Cuadro 2. La capa no debe superar los 5 cm de altura. Para cantidades más grandes son mejores separados con un volumen 250 ml y 5 cm de altura. Se agrega el disolvente y a las primeras fracciones se les aumenta lentamente la polaridad, desde incrementos de 1 %, 2%, y aumentando más rápidamente hasta con un 5%, 20%, 50% hasta alcanzar el 100% del componente más polar (Coll y Bowden, 1986).

Los áfidos (*M. persicae* y *R. padi*)

En cada experimento se utilizaron cajas de plástico de 3 x 3 x 1.5 cm, tapadas y con ventilación, colocándose en la tapa una capa muy fina de agar (2.5%). Con *M. persicae* se emplearon medios discos de hojas de *C. annum* mientras que con *R. padi* se utilizaron dos fragmentos de un foliolo de *H. vulgare*, de 1 cm² de superficie cada uno, por caja. Cada medio disco o fragmento de foliolo se trató con 10µl de solución del compuesto a ensayar (tratamiento) y la otra mitad o fragmento con 10µl del disolvente (control). Se aplicaron en 20 cajas con 10 insectos cada una y se incubaron a 22 ± 1° C y un fotoperiodo 16:8 (L:O) en posición invertida. Después de 24 horas se contaron los pulgones asentados en el tratamiento y en el control, calculándose el índice de inhibición del asentamiento, % SI, para cada tratamiento: % SI=[1-(%T/%C)] x 100, % T: porcentaje de pulgones sobre la superficie tratada, % C: porcentaje de pulgones sobre la superficie control, SI > 60 se considera un extracto altamente activo, SI > 45 < 60 se considera un extracto moderadamente activo (Burillo y González, 2009; García *et al.*, 2007; Domínguez *et al.*, 2008; Castillo *et al.*, 2009).

Las comparaciones de las fracciones se realizaron con cromatografía de capa fina (TLC) (González-Coloma *et al.*, 1994).

Cuadro 2. Parámetro de peso de muestra, diámetro de columna y altura de cama de sílice.		
Muestra	Diámetro de Columna	Altura de la cama de sílice
100 mg	0.5 a 1 cm	4 cm
0.5 a 1 g	2.5 cm	4 cm
1 a 10 g	5 cm	5 cm

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos se analizarán realizando el ANAVA para un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones por tratamiento y una comparación de medias de Tukey, además del uso de contrastes ortogonales, mediante el uso del software SAS versión 9.1, 2006. (Anónimo 2006)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Bioensayos con extractos crudos de las partes vegetativas de-Ocotillo

Efecto de Ocotillo con *Spodoptera littoralis*

Los extractos de ocotillo utilizados no mostraron diferencias significativas en la inhibición de alimentación (Efecto antialimentario) de *S. littoralis* (Cuadro 4 y 5) (Figura 2).

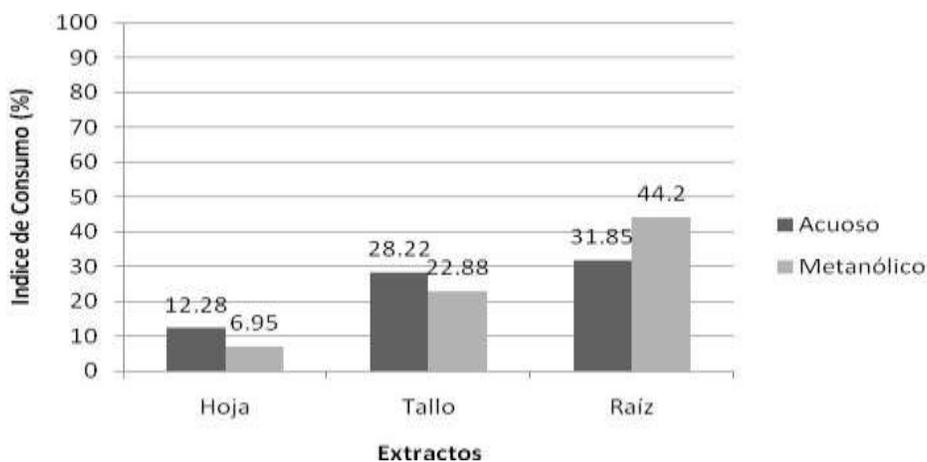


Figura 2. Índice de consumo debido a los efectos de los extractos metanólico y acuosos de hoja, raíz y tallo de Ocotillo.

<p>Cuadro 4: Comparación de medias de Tukey de extractos crudos de Ocotillo en la inhibición de la alimentación de <i>Spodoptera littoralis</i>.</p>		
Especies	Tratamientos	
	Acuoso	Metanólico
<i>Hoja</i>	0.6220 a	0.5700 a
<i>Tallo</i>	1.0480 a	0.7240 a
<i>Raíz</i>	0.9560 a	1.0580 a

Los datos con misma letra son estadísticamente iguales.

Cuadro 5: Índice de consumo de *Spodoptera littoralis* en bioensayos con extractos crudos de Ocotillo.

Especies	Tratamientos	
	Acuoso	Metanólico
<i>Hoja</i>	12.28ns	6.95 ns
<i>Tallo</i>	28.22 ns	22.88 ns
<i>Raíz</i>	31.85 ns	44.20 ns

* El índice de consumo debe ser > a 75 % para que el extracto sea activo.

Al no haber obtenido resultados en la inhibición de la alimentación no se realizan más bioensayos con *Spodoptera littoralis*, terminando así la serie biodirigida de ensayos.

Efecto de ocotillo en *Myzus persicae*

El extracto metanólico de raíz de *Fouquieria splendens* mostro efecto antialimentario de *Myzus*, con un porcentaje de insectos posados sobre la hoja de un 6.5%, siendo este el que

menor número de insectos alimentándose de la savia mostro (Figura 3) (Cuadro 6); Además el extracto metanólico de raíz muestra el más bajo índice de asentamiento del pulgón con un 24.1% de los distintos extractos (Figura 4) (Cuadro 7).

Al analizar el efecto de los extractos acuosos vemos que los distintos órganos de ocotillo utilizados mostraron efecto similar en cuanto a la capacidad antialimentaria (Cuadro 6).

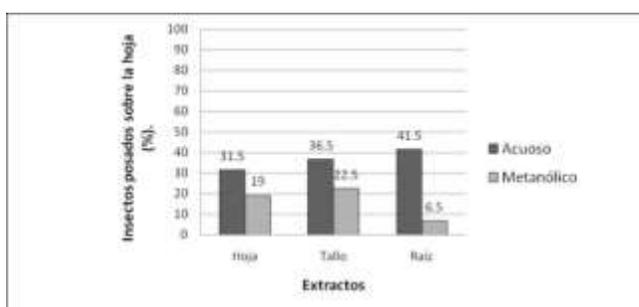


Figura 3. Porcentaje de insectos *Myzus persicae* posados sobre la hoja debido al efecto de los extractos metanólico y acuoso de hoja y raíz y tallo de Ocotillo.

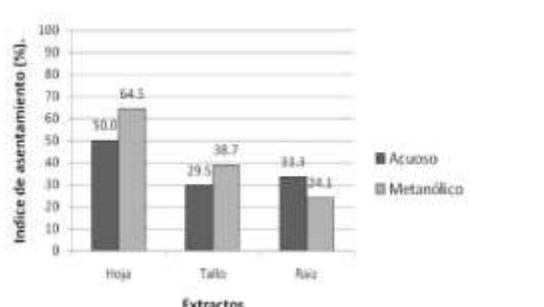


Figura 4. Índice de asentamiento de *Myzus persicae* debido a los efectos de los extractos metanólico y acuosos de hoja, raíz y tallo de Ocotillo.

Al realizar los contrastes ortogonales para la elucidación del efecto de los extractos de ocotillo probados vemos que las respuestas

antes mencionadas son debidas a los metabolitos extraídos de la planta y no debido al efecto del disolvente puro.

Cuadro 6: Comparación de medias de Tukey de extractos crudos de Ocotillo para numero de *Myzus persicae* posados sobre la Hoja en el bioensayo.

Especies	Tratamientos	
	Acuoso	Metanólico
Hoja	3.15 a	1.90 a
Tallo	3.65 a	2.25a
Raíz	4.15 a	0.65 b

Los datos con misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$).

Cuadro 7: Índice de asentamiento de *Myzus persicae* en bioensayos con extractos crudos de Ocotillo.

Especies	Tratamientos	
	Acuoso	Metanólico
Hoja	49.95	64.45 *
Tallo	29.54	38.66
Raíz	33.28	24.11

* El índice de asentamiento debe ser > a 60% para que el extracto sea activo.

Efecto de ocotillo en *Rhopalosiphum padi*

El extracto metanólico y acuoso de hoja de *F. splendens* mostraron efecto

antialimentario de *R. padi*, con un porcentaje de insectos posados sobre la hoja de un 23% y 37.5% respectivamente (Figura 5) (Cuadro 8).

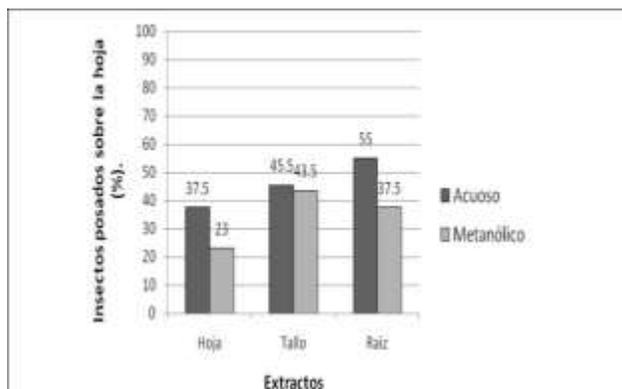


Figura 5. Porcentaje de insectos *Myzus persicae* posados sobre la hoja debido a los efectos de los extractos metanólico y acuoso de hoja, raíz y tallo de Ocotillo.

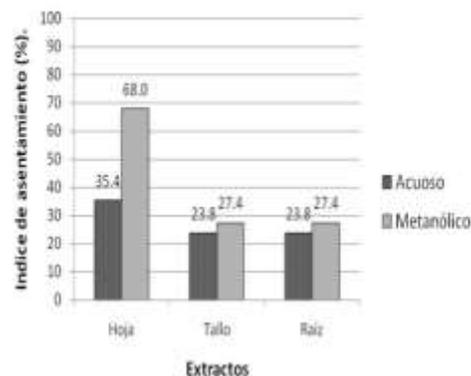


Figura 6. Índice de asentamiento de *Myzus persicae* debido a los efectos de los extractos metanólico y acuosos de hoja, raíz y tallo de Ocotillo.

Los extractos acuosos de tallo y raíz mostraron el más bajo índice de asentamiento del pulgón sobre la hoja con un 23.75% comparado con los extractos acuoso de hoja y los metanólicos (Figura 6) (Cuadro 9). De la misma manera el estudio realizado por Rodilla et al., 2008 llevado a cabo con aceites esenciales de *Laurus novocanariensis*, muestras los efectos antialimentarios, demostraron que el áfido *R. padi* fue afectado por el aceite extraído de las hojas ya caídas con un índice de asentamiento de un 62% y con el componente b-pineno con un índice de asentamiento de un 40%. Las emisiones de

linalol que se producen de aceites esenciales de *L. novocanariensis* desempeñan un papel en el hospedero para encontrar y atraer a los insectos tales como *R. padi*, sin embargo, el linalol no afecto el comportamiento de *R. padi* a largo plazo, este es el primer informe sobre los efectos antialimentarios de insectos provocados por aceites de *L. novocanariensis*.

Los contrastes ortogonales para la elucidación del efecto de los extractos sobre *R. padi* muestran que el efecto antialimentario es debido a los metabolitos extraídos de Ocotillo y no al efecto del disolvente utilizado (Anexo H).

Cuadro 8: Comparación de medias de Tukey de extractos crudos de Ocotillo para número de *Rhopalosiphum padi* posados sobre la Hoja en el bioensayo.

Especies	Tratamientos	
	Acuoso	Metanólico
Hoja	3.75 b	2.3 b
Tallo	4.55 ab	4.35 a
Raíz	5.5 a	3.75 ab

Los datos con misma letra son estadísticamente iguales.

Cuadro 9: Índice de asentamiento de *Rhopalosiphum padi* en bioensayos con extractos crudos de Ocotillo.

Especies	Tratamientos	
	Acuoso	Metanólico
Hoja	35.41	67.98 *
Tallo	23.75	27.38
Raíz	23.75	27.38

* El índice de asentamiento debe ser > a 60% para que el extracto sea activo.

Cromatografía de capa fina (TLC) del extracto metanólico de hoja de Ocotillo

El extracto metanólico de hoja de *Fouquieria splendens* mostro mayor actividad antialimentaria, se realizó TLC, para separar las fracciones que componen este extracto y probarlas contra los distintos pulgones utilizados para los bioensayos; usando diferentes combinaciones de hexano y acetato de etilo. Comenzando con 50:50 de hexano y acetato de etilo, al ver que esta

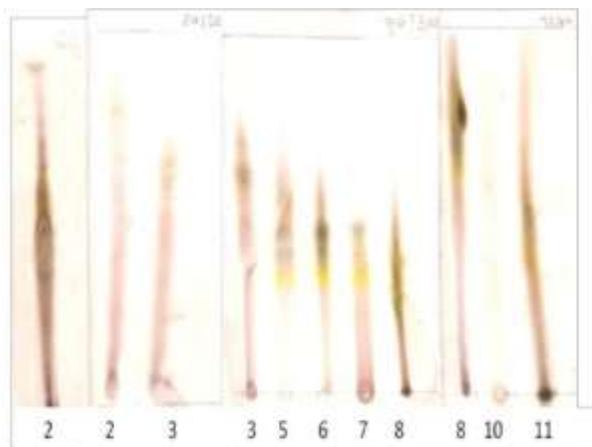
mezcla no permitía una buena separación se aumentó progresivamente hasta llegar a un 80:20 que separo de mejor manera el extracto permitiendo ver hasta 6 fracciones del mismo.

Fraccionamiento mediante cromatografía líquida al vacío (VLC) del extracto metanólico de hoja con actividad antialimentaria: Se realizó VLC con una cantidad de 32.1042 g del extracto

metanólico de hoja, con los disolventes de distinta naturaleza química usando distintos gradientes de elución hexano: acetato de etilo; 100:0 (2 volúmenes), 90:10 (6 volúmenes), 80:20 (4 volúmenes), 70:30 (4 volúmenes), 60:40 (4 volúmenes), 50:50 (2

volúmenes) y terminando con 100% Metanol. Las fracciones se colectaron en matraces de 250 ml y se obtuvieron 49 preliminares comparándolas con TLC y obteniendo 17 fracciones finales (Figura 7).

Figura 7. Fracciones en TLC



Bioensayos con las fracciones obtenidas mediante VLC

Efecto antialimentario en *Myzus persicae*

El efecto antialimentario mostrado por las fracciones del extracto metanólico sobre *Myzus* se presentaron dos grupos donde las fracciones 7, 9 y 13 presentaron menor número de insectos posados con un 9% (Cuadro 10) (Figura 8), en el índice de asentamiento la fracción que presentó un efecto significativo fue la 7 (Figura 9) (Cuadro 11).

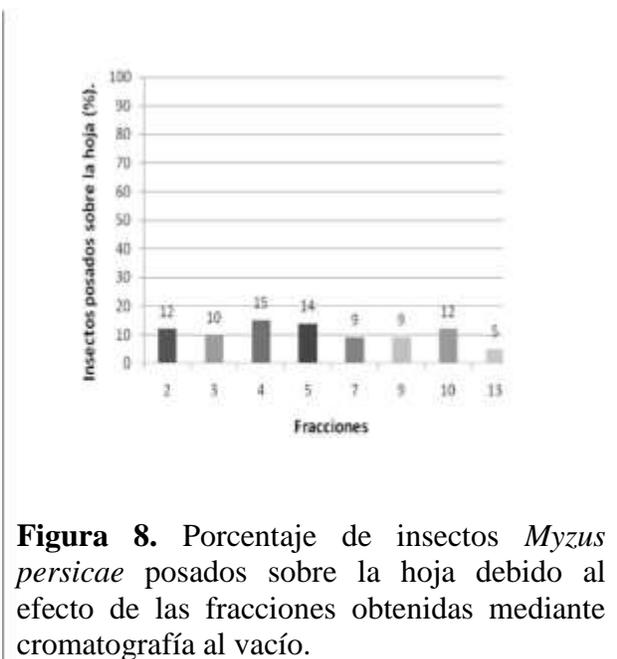


Figura 8. Porcentaje de insectos *Myzus persicae* posados sobre la hoja debido al efecto de las fracciones obtenidas mediante cromatografía al vacío.

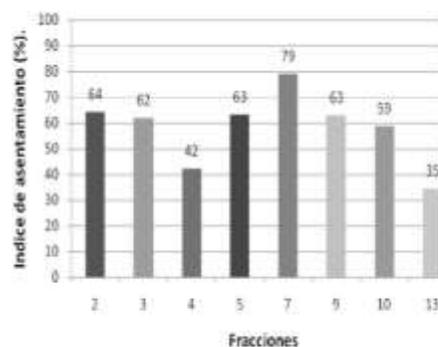


Figura 9. Índice de asentamiento de *Myzus persicae* debido al efecto de las fracciones obtenidas mediante cromatografía al vacío.

Cuadro 10: Comparación de medias de Tukey de las fracciones obtenidas mediante cromatografía al vacío para número de *Myzus persicae* posados sobre la Hoja en el bioensayo.

Fracción	
2	1.20 a
3	1.00 a
4	1.50 a
5	1.40 a
7	0.87 b
9	0.87 b
10	1.20 a
13	0.53 b

Los datos con misma letra son estadísticamente iguales.

Cuadro 11: Índice de asentamiento de *Myzus persicae* en bioensayos de las fracciones obtenidas mediante cromatografía al vacío.

Fracción	
2	64 *
3	62 *
4	42
5	63 *
7	79 *
9	63 *
10	59
13	35

* El índice de asentamiento debe ser > a 60 % para que el extracto sea activo.

CONCLUSIONES

El extracto metanólico de raíz mostró efecto antialimentario contra *Myzus persicae*.

El extracto metanólico de hoja muestra el mejor índice de asentamiento en *M. persicae*.

Los extractos metanólico y acuoso de hoja mostraron efecto antialimentario contra *Rhopalosiphum padi*.

El extracto metanólico de hoja presentó el mejor índice de asentamiento del pulgón *R. padi*.

Los extractos crudos no mostraron eficiencia antialimentaria sobre *Spodoptera littoralis*.

Las fracciones 7, 9 y 13 obtenidas por VLC produjeron un efecto antialimentario en *M. persicae*.

La fracción 7 obtenida por VLC presentó un mejor índice de asentamiento contra *M. persicae*.

LITERATURA CITADA

Anónimo. 2006. SAS. 2006. SAS© 2002, 2003 by SAS Institute INC., Cary, NC, USA. SAS Release 9.1.3 Service Pack 4 XP_PRO Plataform.

Ansted J.A., Williamson M.S., y Denholm I. 2005. Evidence for multiple origins of identical insecticide resistance mutations in

- the aphid *Myzus persicae*. *Biochemistry and Molecular Biology*, Vol 35, pág: 249-256.
<https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2004.12.004>
- Azcón-Bieto J, Talón M. 2003. *Fundamentos de fisiología vegetal*. Editorial Mc Graw Hill. España.
- Bowers J. 2006. Branch length mediates flower production and inflorescence architecture of *Fouquieria splendens* (ocotillo). *Plant Ecology*, Vol.186 :87-95
<https://doi.org/10.1007/s11258-006-9114-7>
- Burillo A. J. y A. González. 2009. *Insecticidas y repelentes de origen natural*. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria Departamento de Ciencia Tecnología y Universidad. pp. 31-32 y 36-38.
- Caballero P. Vargas-Osuna E. Aldebis H.K. y Santiago-Alvares C. 1990. Parásitos asociados a poblaciones naturales de *Spodoptera littoralis* Boisduval y *S. exigua* Hb. (Lepidoptera: Noctuidae). *Bol. San. Veg. Plagas*, Vol.: 16, pág 91-96.
- Calhoun S. 2006. Southwest: Ocotillo loco. *Horticulture*, Vol. 103: 23
- Castillo L., González-Coloma A., González A., Díaz M., Santos E., Alonso-Paz E., Bassagoda M.J. y Rossini C. 2009. Screening of Uruguayan plants for deterrent activity against insects. *Industrial Crops and Products*. Vol. 29. Num. 1. p 235 - 240.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.05.00>
- Collet K., Genta-Jouve G., Duplais C., Laprevote O., Michels. Y Lallemand M. 2014. Comparative LC-MS-based metabolite profiling of the ancient tropical rainforest tree *symphonia globulifera*. *Phytochemistry* 108: 102-108.
<https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2014.09>
- Coll J. y Bowden. 1986. The application of vacuum liquid chromatography to separation of terpene mixtures. *Journal of Natural Products*. Vol. 49, No.3 pp 934 - 936.
<https://doi.org/10.1021/np50047a033>
- De la Rosa G y Gamboa A. 2004. Microorganismos acuáticos: una farmacia por visitar. *Ciencia Ergo Sum*, Vol. 11, No. 002: 186 -190.
- Dewar A.M., Read L.A. Thornhill W.A., Sara D., Smith J: y Devonshire A.L. 1992. Effect of established and novel aphicides on resistant *Myzus persicae* (Sulz.) on sugar beet under field cages. *Crop Protection*. Vol. 11, Pag:21-26.
[https://doi.org/10.1016/0261-2194\(92\)90074](https://doi.org/10.1016/0261-2194(92)90074)
- Domínguez D.M., Reina M., Santos-Guerra A., Santana O., Agulloó T., López-Balboa C. y González-Coloma A. 2008. Pyrrolizidine alkaloids from Canarian endemic plants and their biological effects. *Biochemical Systematics and Ecology* 36:153-166p
<https://doi.org/10.1016/j.bse.2007.08.015>
- Ebert T. and Ebert T. 2006. Decomposition rate of ocotillo (*Fouquieria splendens*) wood in the desert of southern California and its use in estimating adult survival by life - cycle graph analysis. *Plant Ecology*, Vol. 186: 177 .187.
<https://doi.org/10.1007/s11258-006-9121-8>
- Foster S.P., Denholm I. y Devonshire A.L. 2000. The ups and downs of insecticide resistance in peach-potato aphids (*Myzus persicae*) in the UK. *Crop Protection* 19. Pág. 873 – 879.
[https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)0011](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)0011)
- Fraga B.M., Terrero D., Gutiérrez C. y González-Coloma A. 2001. Minor diterpenes from *Persea indica*: their antifeedant activity. *Phytochemistry* 56:315-320p
[https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)0037](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)0037)
- Fraga B.M., Díaz C.E., Amador L.J., Reina M., Santana O y González-Coloma. 2014. Bioactive compounds from transformed root cultures and aerial parts of *Bethencoutia hermosae*. *Phytochemistry* 108:220.228p.
<https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2014.09>

- García D. 2004. Los metabolitos secundarios de las especies vegetales. Pastos y forrajes, Vol. 27: 12.
- García M., González-Coloma A., Donadel O., Ardanaz C.E., Tonn C.E y Sosa M.E. 2007. Insecticidal effects of *Flourensia oolepis* Blake (Asteraceae) essential oil. *Biochemical Systematics and Ecology* 35:181-187
<https://doi.org/10.1016/j.bse.2006.10.009>
- González-Coloma A., Cabrera R., Castañera P., Gutiérrez C. y Fraga B.M. 1992. Insecticidal activity and diterpene content of *Persia indica*. *Phytochemistry*. Vol. 31. Num. 5. p 1549 - 1552.
[https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)9057](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)9057)
- González-Coloma A., Escoubas P., Mizutani J. y Lajide L. 1994. Insect growth inhibitors from *Machilus japonica*. *Phytochemistry*, Vol 33, No. 3 pp.607- 610.
[https://doi.org/10.1016/0031-9422\(92\)83104](https://doi.org/10.1016/0031-9422(92)83104)
- González-Coloma A., Martín-Benito D., Mohamed N., García-Vallejo M.C. y Soria A.C. 2006. Antifeedant effects and chemical composition of essential oils from different populations of *Lavandula luisieri* L. *Biochemical Systematics and Ecology* 34:609-616
[https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)9057](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)9057)
- Hernández-Carlos B., González-Coloma A., Orozco-Valencia A., Ramírez-Mares M., Andrés-Yeves M. y Joseph-Nathan P. 2011. Bioactive saponins from *Microsechium helleri* and *Sicyos bulbosus*. *Phytochemistry* 72: 743-751.
<https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2011.02>
- Imwinkelried J.M. Fava F.D. y Trumper E.V. 2004. Pulgones que atacan al cultivo de trigo. *Proyectos Regionales Agricultura Sustentable Gestión Agroambiental*, Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Boletín No. 7, pag:1-6.
- Kokkotou K., Ioannou E., Nomikou M., Pitler E., Vonaparti A., Siapi E., Zervou M. y Roussis V. 2014. An integrated approach using UHPLC-PDA-HRMS and 2D HS QCNMR for the metabolic profiling of the red alga *Laurencia*: Dereplication and tracing of natural products. *Phytochemistry* 108:208-2019.
<https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2014.10>
- Kwon D.H., Choi B.R, Lee S.W., Clark M.J. y Lee S.H. 2009. Characterization of carboxylesterase-mediated pirimicarb resistance in *Mizus persicae*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, Vol 93 pág: 120-126.
<https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2008.12.001>
- Mazoir N., Benharref A., Bailén M., Reina M. y González-Coloma A. 2008. Bioactive triterpene derivatives from latex of two *Euphorbia* species. *Phytochemistry* 69: 1328–1338
<https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2008.01>
- Olivas S. 1999. Plantas medicinales del Estado de Chihuahua. UACJ. ISBN 9687485825. 125p.
- Palacios R.N. y Leech Mark. 2004. Análisis de iridoides y expresión de genes que codifican enzimas tempranas en la síntesis de alcaloides indol terpenoicos en *Cathanthus roseus*. *Revista colombiana de biotecnología*. Vol. 6. Núm. 1. p 36-42.
- Pompon J. Quiring D. Giordanengo P. y Pelletier Y. 2010. Characterization of *Solanum chomatophilum* resistance to 2 aphid potato pest, *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) and *Myzus persicae* (Sulzer). *Crop protection*, Vol. 29. Pág.: 891-897.
<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.03.005>
- Rodilla J.M., Tinoco M.T., Morais J.C., Giménez C., Cabrera R., Martín-Benito D., Castillo L. y González-Coloma A. 2008. *Laurus novocanariensis* essential oil: Seasonal variation and valorization. *Biochemical Systematics and Ecology* 36:167-176p
<https://doi.org/10.1016/j.bse.2007.09.001>
- Scott P. Buchmann S. 2008. Evidence for mutualism between a flower - piercing

- carpenter bee and ocotillo: use of pollen and nectar by nesting bees. *Ecological Entomology*, Vol. 18: 234 - 240.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1993.tb>
- Trejo-Tapia G. y Rodriguez-Monroy M. 2007. La agregación celular en la producción de metabolitos secundarios en cultivos vegetales in vitro. *Interciencia* Vol. 32, No.10, p.669-674. ISSN 0378-1844.
- Van Toor R.F., Foster S.P., Anstead J.A., Mitchinson S., Fenon B. y Kasproicz L. 2008. Insecticide resistance and genetic composition of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) on field potatoes in New Zealand. *Crop Protection*. Vol 27 pag:236-247.
<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.05.015>
- Vinale F., Sivasithamparam K., Ghisalberti E.L., Marra R. Barbetti M.J., Li H., Woo S.L. y Lorito M. 2008. A novel role for *Trichoderma* secondary metabolites in the interactions with plants. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. Vol 72. Num 1-3. p 80 - 86.
<https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2008.05.005>
- Yarnell E. y Abascal K. Natural approaches to treating chronic prostatitis and chronic pelvic pain syndromes. *Alternative & Complementary Therapies*, Vol 11: 246 - 251.
<https://doi.org/10.1089/act.2005.11.246>
- Zutta B. and Nobel P. 2005. Morphology, ecophysiology, and seedling establishment for *Fouquieria splendens* in the northwestern Sonora desert *Journal of Arid Environments*, Vol. 62: 251 - 265.
<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.11.002>

Copyright (c) 2017 Laura R. Orozco Meléndez, Silvia A. García Muñoz, Arwell N. Leyva Chávez,

Ricardo A. González Aldana, Elizabeth Villalobos Pérez y Rosa María Yáñez Muñoz



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](#)

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia - Texto completo de la licencia](#)