

IDENTIFICACIÓN DE COMPUESTOS VOLÁTILES DE HOJAS DE CAÑA DE AZÚCAR Y PASTOS

IDENTIFICATION OF VOLATILE COMPOUNDS FROM SUGAR CANE AND GRASSES LEAVES.

Nelson José Ramírez Medorio², Francisco Osorio Acosta² y Francisco Hernández Rosas¹

¹Colegio de Postgraduados campus Córdoba, Km 348 carretera federal Córdoba- Veracruz, Congregación Manuel León, Amatlan de los Reyes, Ver. CP 94946. ²Colegio de Postgraduados campus Veracruz, carretera Xalapa –Veracruz, Tepetates, Ver. Autor de correspondencia: fhrosas@colpos.mx

Resumen: La probabilidad de interacción entre los insectos benéficos y los insectos plaga con los compuestos volátiles emitidos por las hojas de la caña de azúcar son altas. De ahí que el presente trabajo propone el estudio de la detección de los principales compuestos volátiles de ocho variedades de caña de azúcar. Además, se evaluaron dos pastos que suelen ser hospederos preferidos de la mosca pinta que es una de las principales plagas del cultivo de la caña de azúcar, y de manera simultánea evaluar pastos por su cercana relación con esta gramínea. Al mismo tiempo este insecto ocupa los pastos como hospedantes alternos por lo que la hipótesis nos da la posibilidad de uno o varios elementos comunes que pudieran estar involucrados con la atracción del o los insectos como la mosca pinta. Se utilizaron hojas de caña de azúcar de 12 meses de edad (previo a la cosecha) sin daño aparente de las variedades CP 72-2086, Mex 69-290, RD 75-11, ITV 92-1424, MEX 79-431, L 77-50, COLPOS CT MEX 05-223 y COLPOS CT MEX05-204 cultivadas en la zona centro del estado de Veracruz, además de evaluar zacate peludo (*Rottboellia cochinchinensis*) y pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*). El método de la hidrodestilación resultó ser el más apropiado para la obtención de extractos con abundantes compuestos volátiles, estos 10 extractos se analizaron mediante cromatografía de gases. Los compuestos encontrados con mayor frecuencia dentro de los materiales evaluados fueron tres: el z-3-hexen-1-ol, octen-3-ol y por último el fitol. Los porcentajes de los compuestos mayoritarios son altamente significativos. La relación directa de los compuestos con distintos tipos de insectos nos da como resultado la posible interacción de los insectos plaga con el cultivo de la caña de azúcar y los pastos encontrados entorno al cultivo de caña y pastos de los alrededores.

Palabras clave: mosca pinta, z-3-hexen-1-ol, octen-3-ol, fitol

Abstract: The probability of interaction between beneficial insects and insect pests with the volatile compounds emitted by the leaves of sugar cane are high. Hence, this paper proposes the study of the detection of the main volatile compounds of eight varieties of sugarcane. In addition, two grasses are usually preferred hosts of the spittlebug because it is a major pest in the cultivation of sugarcane were evaluated, and simultaneously evaluate grasses for their close relationship with this grass. At the same time this insect occupies pastures as alternate hosts so the hypothesis gives us the possibility of one or more common elements that could be involved with attracting insects or spittlebug insect. Sugar cane leaves

with 12 months age (pre-harvest) were used without apparent damage CP 72-2086 varieties, Mex 69-290, RD 75-11, ITV 92-1424, MEX 79-431, L 77-50, 05-223 MEX COLPOS CT and CT MEX05-204 COLPOS grown in the central area of Veracruz state, in addition to evaluating furry grass (*Rottboellia cochinchinensis*) and African star grass (*Cynodon nlemfuensis*). The method of hydrodistillation turned out to be the most appropriate for obtaining extracts with abundant volatile compounds, these 10 extracts were analyzed by gas chromatography. The compounds most frequently found within the materials evaluated were three: the z-3-hexen-1-ol, octen-3-ol and finally the fitol. The percentages of the major compounds are highly significant. The direct relationship of compounds with different types of insects gives us as a result the possible interaction of insect pests with the cultivation of sugar cane and grasses found environment cane cultivation and pastures around.

Keywords: spittlebugs, z-3-hexen-1-ol, octen-3-ol, phytol

Introducción

Los compuestos producidos por las plantas son de suma importancia en el control de insectos plaga, debido a que la relación planta insecto es una parte fundamental en la búsqueda de un control eficiente de plagas, como ejemplos podemos mencionar la atracción de los áfidos a la feromona (E)-7,11-dimetil-3-metilen-1,6,10-dodecatrieno, o más comúnmente (E)- β -farneseno, este compuesto funciona para distintas especies (Verheggen, 2010). Otro ejemplo es la atracción específica de la cochinilla (*Dactylopius ceylonicus*) al cactus (*Opuntia vulgaris*), que se usó para proporcionar el control de este insecto en la India desde el año 1863; así también las polillas son atraídas por varios compuestos, esto depende de la especie que se esté estudiando, siendo los compuestos más comunes linalool, geraniol, β -ocimeno, y β -cariofileno (De Bruyne y Baker, 2008). Por lo tanto, la relación planta-insecto es un aspecto importante para la toma de decisiones (Scala, 2013), puede funcionar a favor de los productores siempre que se pueda identificar su modo de acción (Rodríguez, 2004).

Los compuestos volátiles producidos en hojas de caña de azúcar juegan un papel muy importante en el agroecosistema, estos compuestos pueden tener influencia en la elección del cultivo hospedero de los insectos plaga (Martínez, 2013). La identificación de estos compuestos podría ser útil para tener un control eficiente en el manejo de plagas tales como el barrenador de la caña de azúcar (SAGARPA, 2006) y la mosca pinta (Hernández-Rosas *Et al.*, 2010) siendo estos compuestos atractivos o repelentes de los insectos, además, los compuestos detectados pueden tener funciones distintas a las utilizadas en la industria, ya que si se encuentran en altas concentraciones pueden tener distintos usos, desde farmacéuticos hasta el uso en productos cosméticos (Singh, 2015). Tomando en cuenta las distintas aplicaciones de los compuestos volátiles tenemos como objetivo la detección de compuestos volátiles presentes en las hojas verdes de caña de azúcar.

Materiales y Métodos

Material vegetal

Las variedades de caña de azúcar utilizadas en este estudio fueron: CP 72-2086, MEX 69-290, RD 75-11, ITV92-1424, MEX 79-431, L 77-50, COLPOS CT MEX 05-223, COLPOS CT MEX 05-204. De la

misma forma se utilizaron las hojas de dos pastos: zacate peludo (*Rottboellia cochinchinensis*) y pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*).

La evaluación se realizó obteniendo extractos de hojas verdes de caña de azúcar en estado maduro de las variedades de caña de azúcar y de los pastos mencionados, mediante hidrodestilación utilizando una trampa Clevenger (Rodríguez-Álvarez *et al*, 2012),

Cromatografía de gases

La evaluación mediante cromatografía de gases se realizó utilizando un cromatógrafo HP 6890 acoplado a un detector selectivo de masas HP 5973. El sistema cromatográfico uso una columna HP-5MS 30 x 0.250 mm y 0.25 µm de grosor de fase estacionaria, para la separación de compuestos de hojas de caña la temperatura del horno comenzó en 40 °C y aumento 5°C min⁻¹ hasta alcanzar 70°C y posteriormente aumento 2 °C min⁻¹ hasta 80 °C, y finalmente aumentó 7 °C min⁻¹ hasta alcanzar 168 °C. Para la separación de compuestos de hojas de pastos la temperatura del horno comenzó en 40 °C y aumento 5 °C min⁻¹ hasta alcanzar 173 °C. Como gas acarreador se usó He con grado de pureza de 99.9% en modo rampa de flujo para hojas de caña, se comenzó con un flujo de 1.9 L min⁻¹ y se mantuvo por 5 min para posteriormente disminuir a una velocidad de 1 mL min⁻² a 0.2 mL min⁻¹ durante 3 min, para aumentar a velocidad de 1 mL min⁻² a 1.5 mL min⁻¹ durante 16 min. Para las hojas de pastos el flujo inicio en 1.9 mL min⁻¹ por 8 min y posteriormente disminuyó a una velocidad de 1 mL min⁻² hasta alcanzar un flujo de 1.3 mL min⁻¹, el cual se mantuvo por 18 min. Para ambos materiales la temperatura del puerto de inyección en modo splittless fue de 220 °C, y 280 °C como temperatura de interface. Para el detector de masas la temperatura de la fuente de iones fue de 230 °C y 250 °C para el cuadrupolo. La energía de ionización fue de 70 eV.

La dilución de las muestras fue 1:1000 (V:V) en diclorometano, del cual se tomó 1 µL como volumen de inyección. Las separaciones e identificaciones se hicieron por triplicado. La identificación de los compuestos se hizo mediante la comparación de espectros de iones de la muestra y de la biblioteca NIST V. 2008.

En los siguientes cuadros se muestran los compuestos obtenidos en cada una de las variedades con el tiempo de retención y la abundancia que existe de cada uno de los compuestos, además, Para dar más soporte a la identidad de los compuestos se hizo una inyección de n-alcenos (C7-C30 y C8-C40) para calcular los índices modificados de Kovat's mediante la siguiente formula (Lubeck and Sutton, 1983).

$$RI=100*C+100\frac{(T'r)x-(T'r)c-1}{(T'r)c-(T'r)c-1}$$

La fórmula se repite para cada uno de los compuestos encontrados y se desarrolla de la siguiente manera:

Se toma como referencia el tiempo de retención de los carbonos que se obtuvieron con la muestra de n-alcenos. Los compuestos que se encuentran entre el tiempo de retención del primer carbono y el segundo toman como referencia el primer carbono, después los compuestos con tiempo de retención entre el rango del segundo carbono y el tercero toman como referencia el segundo carbono y así sucesivamente. Por lo cual se multiplica el número de carbono correspondiente al compuesto por 100+100, esto multiplica al tiempo de retención corregido para la muestra (T'r)x menos el tiempo de retención

corregido del alcano menor (T'r) c-1, dividido entre y el tiempo de retención corregido del alcano mayor (T'r)c+1 menos el tiempo de retención corregido del alcano menor (T'r) c -1.

Debido a que el tiempo de retención de los últimos compuestos sobrepasaban el tiempo de retención del ultimo carbono obtenido en los resultados de la muestra evaluada, se realizó una regresión lineal para determinar el tiempo de retención del siguiente carbono, esto fue necesario para las muestras de caña de azúcar al igual que en las muestras de pastos lo operación utilizada se muestra a continuación.

$$X = \frac{b - y}{m}$$

Resultados y Discusión

Existieron diferencias en el número y tipo de compuestos que componen el extracto aromático de hojas de caña de las variedades evaluadas. La fracción aromática de las hojas de las variedades de caña y pastos analizados están compuestas por alcoholes, ésteres, sesquiterpenos, alquenos, aldehídos y cetonas. El compuesto mayoritario en el caso de todas las variedades de cañas, excepto la RD 75-11, fue el (z)-3-hexen-1-ol, seguido por el 1-octen-3-ol (Cuadros del 1 al 10), donde se muestran los tiempos de retención de cada compuesto (TR), el porcentaje de cada uno de los compuestos dentro de cada muestra y los índices de Kovats (IK).

Los compuestos más abundantes en la variedad CP 72-2086 fueron el (Z)-3-hexen-1-ol, 1-octen-3-ol y fitol con el 32.5, 30.28 y 17.56 % de composición respectivamente.

Los compuestos más abundantes en la variedad CP 72-2086 fueron el (z)-3-hexen-1-ol, 1-octen-3-ol y fitol con el 32.5, 30.28 y 17.56 % de composición, respectivamente (Cuadro 1).

Al igual que la variedad CP 72-2086, la variedad MEX 69-290 presentó como componentes mayoritarios al (z)-3-Hexen-1-ol y al 1-octen-3-ol, pero en esta variedad es el fitol el compuesto más abundante con casi el 37%, a diferencia de la variedad CP 72-2086 donde es el alcohol de seis carbonos el compuesto más abundante.

Para el caso de la variedad RD 75-11, el comportamiento fue diferente al resto de las variedades siendo la única que no presenta como componente al (z)-3-Hexen-1-ol. Esta variedad presenta el doble de 1-octen-3-ol que el resto de las variedades y como segundo compuesto mayoritario a un alqueno de siete carbonos (1-metil-Ciclohexeno), y ambos conforman más del 50% de la composición del extracto aromático de las hojas de la variedad RD 75-11. El Octenol se encuentra también en maíz y chicharo de vaca, aunque en menor concentración (Gouinguene, 2005). Este compuesto ha sido evaluado ampliamente como un kairomona (Sant'Ana *et al.*, 2002) en los insectos hematófagos porque se encuentra en diferentes fuentes, tales como el aliento de los bovinos y también el de los humanos (Torres *et al.*, 2014; Torto, 2002-2015), el mosquito *Lutzomyia longipalpis* es capaz de detectar el 1-octen-3-ol en corrientes de aire (Lazzari, 2011; Sant'Ana *et al.*, 2002). Debido a la eficiencia de atracción con mosquitos es considerado un control eficiente de las enfermedades transmitidas por este tipo de vectores (Laporta y Sallum, 2011). En una especie arbustiva como lo es *Lantana camara* se encontró que 1-octen-3-ol es uno de los principales compuestos que tienen atracción de la mosca tsetse, evaluando el comportamiento del insecto, se determinó que es uno de los estimulantes químicos para las células receptoras (Syed y Guerin, 2004).

Las variedades ITV 92-1424, MEX 79-431, L 77-50, COLPOS CT MEX 05-223, COLPOS CT MEX 05-204 fueron las que presentaron la mayor abundancia de (z)-3-hexen-1-ol con 46.8, 47.96, 56.2, 39.99 y 57.36%, respectivamente. Por otro lado, estas mismas variedades presentan al 1-octen-3-ol como segundo compuesto mayoritario, solo con excepción de la variedad COLPOS CT MEX 05-204 que presenta al benzil alcohol, benzenaldehído y fitol como los compuestos con más abundancia después del (z)-3-hexen-1-ol.

En cuanto a los pastos analizados que sirven como hospederos alternos a la caña, cabe destacar que también presentaron como compuesto mayoritario al (z)-3-Hexen-1-ol con porcentaje de composición cercano al 60% en ambos pastos. Además se observó la ausencia del 1-octen-3-ol, que se encontró presente en casi todas las variedades de caña atacadas por la mosca pinta.

Las variedades de caña mas atacadas por mosca pinta (CP 72-2086 y MEX 69-290) son las que producen una menor cantidad de (z)-3-Hexen-1-ol y 1-Octen-3-ol (Figura 2). El (z)-3-Hexen-1-ol se relaciona directamente con aromas de hojas verdes, en las gramíneas se liberan de las hojas dañadas inmediatamente después del comienzo de daño por alimentación, o incluso inmediatamente después de que la planta es dañada mecánicamente (Röse and Tumlinson, 2004), se forman por la degradación enzimática y la reducción de ácido graso (Cortés *et al*, 2005), se ha evaluado como atrayente de las hembras de fall webworm (*Hyphantria cunea*) utilizando la técnica de electroantenograma (Tang *et al*, 2012). Se demostró que este compuesto de origen vegetal emite señales químicas que atraen insectos benéficos a los cultivos (Gurr y Kvedaras, 2010). En *Nicotiana Tabacum* tiene la función de repelente (Torto, 2002-2015), los reportes en maíz nos dicen que funciona como un atrayente del gusano elotero (Huang, 2009) y de algunas avispas, al igual que en los cultivos de algodón y el llamado chicharo de vaca (Gouinguene, 2005). En el cuadro 1 podemos encontrar los compuestos que contaron un mayor porcentaje de composición dentro de las muestras evaluadas de caña de azúcar y pastos.

Cuadro1.- Compuestos con un mayor porcentaje de composición en los distintos materiales vegetales.

Compuesto	Material vegetal	%composición
(Z)-3-hexen-1-ol	Zacate peludo	59.69
1-Octen-3-ol	RD 75-11	40.06
Fitol	Mex 69-290	36.97
1-butanol,3-metil-,propionato	RD 75-11	20.85
1-hexeno,3,5,5-trimetil	Mex 79-431	8.76
Ciclopentano1,3-dimetil	ITV 92-1424	8.58

2-pentanol, propionato	CP 72-2086	8.25
3,4,4-trimetil-1-tentin-3-ol	Mex 69-290	8.03

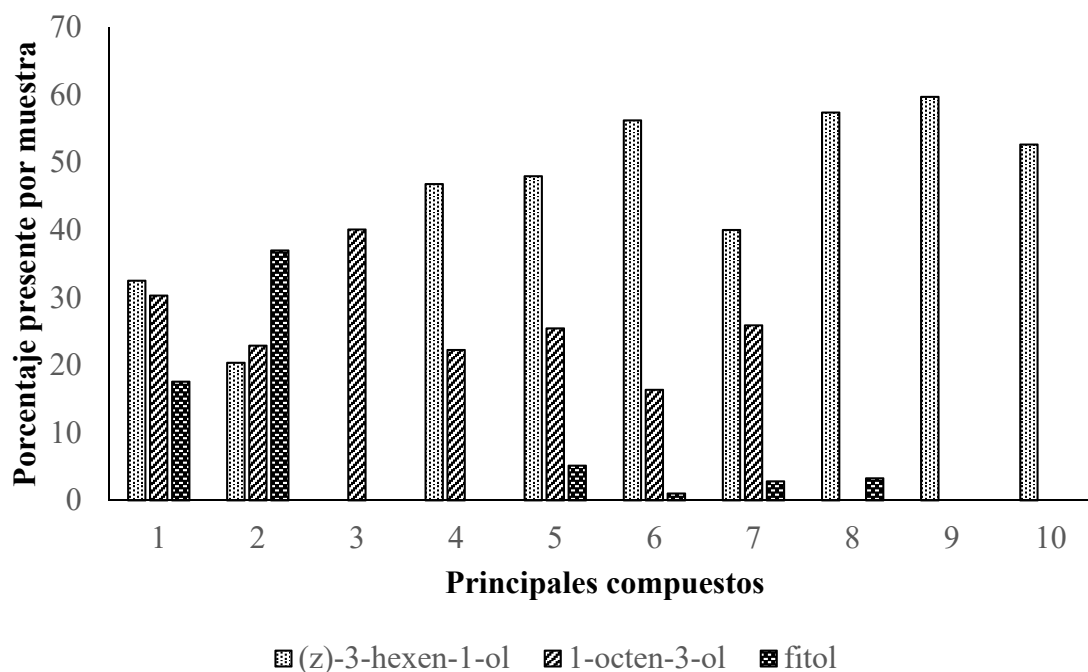


Figura 1: Comparación de la abundancia de compuestos mayoritarios en las muestras de material vegetal evaluadas (1.- CP72-2086; 2.-MEX 69-290; 3.- RD 75-11, 4.- ITV 92-1424; 5.- MEX 79-431; 6.- L 77-50; 7.- COLPOS CT MEX 05-223; 8.- COLPOS CT MEX 05-204; 9.- zacate peludo; 10.- estrella africana).

En el caso de la variedad MEX 69-290 se detectó un alto contenido de fitol en el extracto aromático (36.97 %), este compuesto puede provenir de la degradación de clorofila en las hojas de caña que se encontraban en ebullición en el matraz del hidrodestilador (Suzuki y Shioi, 1999). Este compuesto se detectó por medio de cromatografía de gases en hojas del árbol de karaya (*Sterculia urens*) con un porcentaje similar al que detectamos en hojas de caña de azúcar (37.78%). El fitol cuenta con una amplia aplicación en la industria de alimentos, panadería y lácteos. La goma que es extraída del karaya tiene una gran demanda dentro y fuera de la India. Puede ser utilizado como un precursor para la fabricación de formas sintéticas de vitamina E y vitamina K1 (Konovalova *et al*, 2013; Nanadagopalan *et al*, 2015; Sermakkani y Thangapandian, 2012; Mohan, 2014), El fitol también pueden incluir el aumento de la energía y la lucha contra infecciones, así como una actividad anti-micobacteriana contra *Tuberculosis*

micobacteriana. Es utilizado como antidiabético, antibacteriano, anticancerígeno, antioxidante, antiespasmódico, analgésico y diurético (Nanadagopalan *et al*, 2015).

Conclusiones

En cada una de las evaluaciones se encontraron distintos compuestos, las coincidencias entre variedades se dió con tres compuestos principales que son (z)-3-hexen-1-ol; 1-octen-3-ol y fitol. El compuesto detectado con mayor frecuencia fue el (z)-3-hexen-1-ol, que coincidió en siete variedades (no se encontró en la variedad RD 75-11), este compuesto tambien se detectó en los dos pastos evaluados.

La abundancia de (z)-3-hexen-1-ol en las muestras de las variedades de caña de azucar varia desde 20.35% en la variedad MEX 69-290, hasta 57.36% en la variedad COLPOS CT MEX 05-204, tomando en cuenta las especies de pastos evaluadas, podemos determinar que la mayor cantidad de (z)-3-hexen-1-ol se detectó en el pasto estrella africana con una abundancia de 59.69% en la muestra.

El 1-octen-3-ol se expresó en siete variedades (excepto en la variedad COLPOS CT MEX 05-204) con una abundancia que va desde 16.37% en la variedad L 77-50 hasta un 40.06% en la variedad RD 75-11.

Por su parte el fitol se expreso con menor regularidad, ya que estuvo presente en seis variedades, la abundancia de este compuesto comienza en 1.02% en la variedad L 77-50, la mayor abundancia de fitol se detectó en la variedad mex 69-290 con 36.97%.

Los aparicion de éstos tres compuestos principales se expresaron en cinco variedades, estas son CP72-2086, MEX 69-290, MEX 79-431, L 77-50 y COLPOS CT MEX O5-223.

Referencias

- Cortés S., Gil M.A. y Fernández E. 2005. Volatile composition of traditional and industrial Orujo spirits. Departamento de Química Analítica y Alimentaria, Area de Química Analítica, Facultad de Ciencias, Universidad de Vigo, As Lagoas s/n. 32004 Ourense, Spain. Food Control 16: 383–388.
- De Bruyne M. and Baker T.C. 2008. Odor Detection in Insects: Volatile Codes, Journal of chemical ecology, Springer Science. Pp 882-897.
- Gouinguene S. 2005. Antennal electrophysiological responses of three parasitic wasps to caterpillar-induced volátiles from maize (*Zea mays mays*), cotton (*Gossypium herbaceum*), and cowpea (*Vigna unguiculata*). Journal of Chemical Ecology, Vol. 31, No. 5: 1023-1038.
- Gurr G.M., Kvedaras O.L. 2010. Synergizing biological control: Scope for sterile insect technique, induced plant defences and cultural techniques to enhance natural enemy impact. EH Graham Centre for Agricultural Innovation, Charles Sturt University, Orange, NSW 2800, Australia. Biological Control 52: 198–207.
- Hernandez–Rosas F., Figueroa S.B. y Figueroa R. K.A. 2010. Biología de la mosca pinta, Ficha técnica. No. 1, LPI 13: Comunidades rurales agrarias, ejidos y conocimiento local, Colegio de postgraduados.
- Huang C.H. 2009. Volatiles induced by the larvae of the Asian corn borer (*Ostrinia furnacalis*) in maize plants affect behavior of conspecific larvae and female adults. Insect Science 16: 311–320.

- Konovalova O., Gergel E., Herhel V. 2013. GC-MS Analysis of Bioactive Components of *Shepherdia argentea* (Pursh.) Nutt. from Ukrainian Flora. the pharma innovation –journal Vol. 2 No. 6: 7-12.
- Laporta Z.G., Sallum M. M.A. 2011. Effect of CO₂ and 1-octen-3-ol attractants for estimating species richness and the abundance of diurnal mosquitoes in the southeastern Atlantic forest, Brazil. Departamento de Epidemiologia, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, Av. Dr. Arnaldo 715, 01246-904 São Paulo, SP, Brasil. Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Vol. 106(3): 279-284.
- Lazzari R.C. 2011. Ecología sensorial de insectos vectores. Institut de Recherche sur la Biologie de l’Insecte, Faculté des Sciences, Université François Rabelais, Tours, Francia. XV Congreso Colombiano de Parasitología y Medicina Tropical, Simposio Ecología sensorial de insectos Vectores:41-49.
- Lubeck A.J., Sutton D.L. 1983. Kovats Retention Indices of Selected Hydrocarbonsthrough C₁₀ on Bonded Phase Fused Silica Capillaries. Journal of High Resolution Chromatography & Chromatography Communications. Marathon Oil Company, Denver Research Center, P. O. Box 269, Littleton, Colorado 80160, USA.:328-332.
- Martínez A. 2013. Introducción a la ecología química y su uso en el manejo de insectos plaga en sistemas forestales, Serie Técnica: Manejo Integrado de Plagas Forestales. Cuadernillo no°17. INTA EEA Bariloche. Río Negro. Argentina.: 14.
- Mohan. D. 2014. Gc - Ms Analysis Of Leaf And Stem Bark Of *Cleidion Nitidum* (Muell. – Arg.) Thw. Ex Kurz. (Euphorbiaceae) Asian J Pharm Clin Res, Vol 7: 41-47.
- Nanadagopalan V., Johnson G.M., Doss A. 2015. GC-MS analysis of biomolecules on the leaves extract of *Sterculia urens* Roxb. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry; 3(6): 193-196.
- Rodríguez H.C. 2004. Plantas atrayentes de insectos plaga. Ciencias ambientales y agricultura. Publicacion especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. Pp. 203-234.
- Rodríguez-Álvarez M., Alcaraz M.L., Real C. S.M. 2012. Procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Instituto Politécnico Nacional 195, Col. Playa Palo de Santa Rita Sur; La Paz, B.C.S. México.: 38.
- Röse U., Tumlinson J. 2004. Volatiles released from cotton plants in response to *Helicoverpa zea* feeding damage on cotton flower buds. Original article, Planta 218: 824–832.
- SAGARPA. 2006. Manejo integrado para el control de gusano barrenador en caña de azúcar en el estado de Morelos. Folleto para productor No. 44 SAGARPA, INIFAP, Centro de investigación regional del centro campo experimental Zacatepec, Zacatepec, Morelos, México.: 13.
- Sant’Ana L.A., Eiras A.E., Cavalcante R.R. 2002. Electroantennographic Responses of the *Lutzomyia (Lutzomyia) longipalpis* (Lutz & Neiva) (Diptera: Psychodidae) to 1-octen-3-ol Neotropical Entomology 31(1): 13-17.
- Scala A. 2013. Green Leaf Volatiles: A Plant’s Multifunctional Weapon against Herbivores and Pathogens, Department of Plant Physiology, Swammerdam Institute for Life Sciences, Science

Park 904, Amsterdam 1098 XH, The Netherlands. International Journal of Molecular Sciences. Pp 17781-17811.

- Sermakkani M. and Thangapandian V. 2012. GC-MS analysis of cassia italica leaf methanol extract. Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research Vol 5, Issue 2, 2012. PG and Research Department of Botany Kongunadu Arts and Science College, Coimbatore- 641 029 Tamilnadu, India.: 90-94.
- Singh Amandeep, Uma Ranjan Lal, Hayat Muhammad Mukhtar, Prabh Simran Singh, Gagan Shah and Ravi Kumar Dhawan. 2015. Phytochemical profile of sugarcane and its potential health aspects. Pharmacognosy Reviews. Departamento of Pharmacognosy, Khalsa College of Pharmacy, Amritsar, Punjab, India.: 45-54.
- Suzuki Y., Shioi Y. 1999. Detection of Chlorophyll Breakdown Products in the Senescent Leaves of Higher Plants. Plant Cell Physiol. Department of Biology and Geoscience, Faculty of Science, Shizuoka University, Shizuoka, 422-8529 Japan.: 909-915.
- Syed Z, Guerin PM (2004). Tsetse flies are attracted to the invasive plant *Lantana camara*. Institute of Zoology, University of Neuchâtel, Rue Emile Argand 11, 2007 Neuchâtel, Switzerland. Journal of Insect Physiology 50: 43–50.
- Tang Riu., Su MaoWen. And Zhang ZhonNing (2012). Electroantennogram responses of an invasive species fall webworm (*Hyphantria cunea*) to host volatile compounds. Chinese Science Bulletin. December 2012 Vol.57 No.35. pp 4560-4568.
- Torres M J, Barrouin M SM, Goncalves Ca, da Rocha S FB, Machado. VE, Govone JS and Pinto MC (2014). A laboratory evaluation of alcohols as attractants for the sandfly *Lutzomyia longipalpis* (Diptera:Psychodidae). Parasites & Vectors 2014, 7:60: 1-5.
- Torto B (2002-2015) Chemical signals as attractants, repellents and aggregation stimulants. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS).
- Verheggen F J, Haubruge E, Mescher MC (2010). Alarm pheromones- Chemical signaling in response to danger. In Gerald Litwack, editor: *Vitamins and Hormones*, Vol. 83, Burlington: Academic Press.: 215-240.