

Composición química de volátiles de hojas de caña de azúcar y pastos mediante cromatografía de gases

Nelson José Ramírez-Medorio¹
Francisco Hernández-Rosas^{2§}
Francisco Osorio-Acosta¹
José López-Collado¹
Katia A. Figueroa-Rodríguez²
Alejandro Amante-Orozco³

¹Colegio de Postgraduados-Campus Veracruz. Carretera Federal Veracruz-Xalapa km 88.5, Rancho Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. CP. 91690. ²Programa de Innovación Agroalimentaria Sustentable-Campus Córdoba-Colegio de Postgraduados. Carretera Federal Córdoba-Veracruz, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. CP. 94953. ³Programa de Innovación en el Manejo de Recursos Naturales-Campus San Luis Potosí-Colegio de Postgraduados. Iturbide 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. CP. 78600.

§Autor para correspondencia: fhrosas@colpos.mx.

Resumen

Este trabajo analizó las volátiles mediante la obtención de extractos de hojas verdes de caña de azúcar en estado maduro de ocho variedades de caña de azúcar y de dos especies de pastos mediante hidrodestilación con una trampa Clevenger. Las variedades de caña de azúcar utilizadas en este estudio fueron: CP 72-2086, MEX 69-290, RD 75-11, ITV 92-1424, MEX 79-431, L 77-50, COLPOS CT MEX 05-223, COLPOS CT MEX 05-204. Los pastos evaluados fueron: zacate peludo (*Rottboellia cochinchinensis*) y pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*). En el material evaluado se encontraron tres compuestos principales, estos son: (Z)-3-hexen-1-ol, 1-octen-3-ol y fitol. Estos compuestos fueron más representativos en las variedades CP 72-2086 y MEX 69-290. El compuesto con mayor frecuencia fue el (Z)-3-hexen-1-ol, que estuvo presente en siete variedades al igual que en los dos pastos evaluados. La abundancia de (Z)-3-hexen-1-ol en las muestras de las variedades de caña de azúcar varía desde 20.35% hasta 57.36%, la mayor cantidad de (Z)-3-hexen-1-ol se detectó en el pasto estrella africana con una abundancia de 59.69%.

Palabras clave: *Cynodon nlemfuensis*, *Rottboellia cochinchinensi*, *Saccharum officinarum*.

Recibido: diciembre de 2018

Aceptado: marzo de 2019

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 el uso de feromonas, kairomonas o sencillamente, atrayentes, como ejemplo podemos mencionar la atracción de los afidos a la feromona (E) -7,11- dimetil-3-metilen-1,6,10-dodecatrieno, o más comúnmente (E) - β -farneseno, este compuesto funciona para la atracción de distintas especies de insectos (Verheggen *et al.*, 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), que puede funcionar a favor la producción en el campo siempre que se pueda identificar el modo de acción de los compuestos volátiles que relacionan dicha interacción (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; Alatorre-Rosas y Hernández-Rosas, 2015) siendo estos compuestos atractivos o repelentes de los insectos y en algunos casos, por sus altas concentraciones pueden tener distintos usos, desde farmacéuticos hasta el uso en productos cosméticos (Singh *et al.*, 2015). El objetivo fue, la identificación de compuestos volátiles de las hojas verdes de variedades de caña de azúcar y pastos.

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 (Figura 1). 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; Lima *et al.*, 2017).

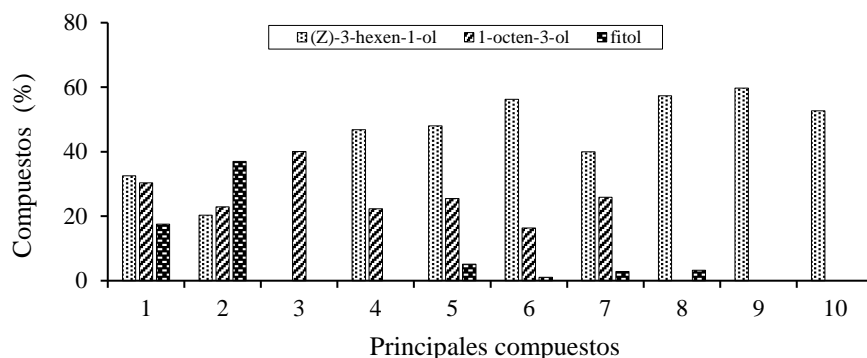


Figura 1. Porcentaje de los principales compuestos en las muestras de material vegetal evaluados. 1) CP72-2086; 2) MEX 69-290; 3) RD 75-11, 4) ITV 92-1424; 5) MEX 79-431; 6) L 77-50; 7) COLPOS CT MEX 05-223; 8) COLPOS CT MEX 05-204; 9) zacate peludo; y 10) estrella africana).

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 superior a 5 °C min⁻¹ hasta alcanzar 70 °C y posteriormente aumentó 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 aumentó 5 °C min⁻¹ hasta alcanzar 173 °C.

Como gas acarreador se usó Helio (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⁻¹ a 0.2 mL min⁻¹ durante 3 min, para aumentar a velocidad de 1 mL min⁻¹ 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⁻¹ hasta alcanzar un flujo de 1.3 mL min⁻¹, que 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, de esta 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. Para dar mayor soporte a la identidad de los compuestos se realizó una inyección de n-alcenos (C7-C30 y C8-C40) para calcular los índices modificados de Kovat's mediante la siguiente fórmula (Lubeck y 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 desarrolló de la siguiente manera: para obtener el índice de retención (RI) se tomó como referencia el tiempo de retención de los carbonos que se obtuvieron con la muestra de n-alcános. Los compuestos que se encuentran entre el tiempo de retención del primer carbono y el segundo tomaron como referencia el primer carbono, después los compuestos con tiempo de retención entre el rango del segundo carbono y el tercero tomaron como referencia el segundo carbono y así sucesivamente. Para ello, se multiplica el número de carbono (C) correspondiente al compuesto por 100+100 y esto por el 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 que el tiempo de retención (TR) de los últimos compuestos sobrepasaban el tiempo de retención del último 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 y para ello se utilizó la siguiente ecuación.

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

Resultados y discusión

Existieron diferencias en el número y tipo de compuestos del 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. En los siguientes cuadros se muestran los compuestos detectados en tres de las 8 variedades y los dos pastos evaluados, cada uno de ellos está acompañado de su tiempo de retención (TR), el porcentaje de composición dentro de cada muestra (%) de composición y el resultado obtenido de 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 32.5, 30.28 y 17.56% de presencia, respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Compuestos de la variedad CP 72-2086.

Núm. de compuesto	Compuesto	TR	(%) de composición	IK
1	(Z)-3-hexen-1-ol	4.54	32.5	384
2	1-Cloro-2metilpropeno	5.19	1	441
3	2-pentanol, propanoato	9.48	8.25	666
4	1-octen-3-ol	9.95	30.29	743
5	3-octanol	10.8	1.06	882
7	Benzeneacetaldeido	12.18	1.1	391
8	Trasn-2-undecen-1-ol	12.85	0.59	797
9	Terpineol	15.93	0.65	913
11	(Z)-7-hexadeceneo	21.68	0.77	1 016
12	3-Buten-2-ona,4-(2,2,6-trimetil)	21.97	0.33	1 058
14	Fitol	23.01	17.56	282

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, solo que en esta variedad es el fitol el compuesto más abundante con casi 37% (Cuadro 2), a diferencia de la variedad CP 72-2086 donde es el alcohol de seis carbonos el compuesto más abundante.

Cuadro 2. Compuestos de la variedad MEX 69-290.

Núm. de compuesto	Compuesto	TR	(%) de composición	IK
1	(Z)-3-hexen-1-ol	4.52	20.35	391
2	3,4,4-trimetil-1-tentin-3-ol	9.52	8.03	672
3	1-octen-3-ol	9.98	22.9	748
4	3-octanol	10.82	0.81	885
5	Alcohol bencílico	11.92	2.2	277
6	Benzeneacetaldeido	12.19	1.04	395
7	(E)-2-decen-1-ol	12.86	2.01	735
8	Propionato	13.69	0.97	1 047
9	Terpineol	15.94	0.43	917
10	(E)-5-octadeceno	21.68	0.61	1 136
11	3-Buten-2-ona,4-(2,2,6-trimetil)	21.96	0.6	1 050
12	Fitol	22.98	36.97	267

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 presentó el doble de 1-octen-3-ol que el resto de las variedades (Cuadro 3) y como segundo compuesto mayoritario a un alqueno de siete carbonos (1-metil-Ciclohexeno), y ambos conforman más de 50% de la composición del extracto aromático de las hojas de RD 75-11. El Octenol se encuentra también en maíz y chicharo de vaca, aunque en menor concentración (Gouinguene, 2005).

Cuadro 3. Compuestos de la variedad RD 75-11.

Núm. de compuesto	Compuesto	TR	(%) de composición	IK
1	Ciclohexeno, 1-metil	5.26	0.5	734
2	1-butanol,3-metil-, propanoato	7.68	20.85	370
3	1-octen-3-ol	8.06	40.06	433
4	3-octanol	9.2	2.3	620
5	2, penteno, (E)	10.3	2.38	533
6	2-ciclohexen-1-ona	10.44	1.84	640
7	Alcohol bencílico	10.9	1.13	799
8	Benzeneacetaldeido	11.14	3.13	71
9	Alcohol ciclooctil	11.68	7.93	237
10	Propionato	12.43	0.56	573
11	2-metileno-bornano	15.75	0.29	911
13	2,4-decadienal, (E, E)	17.2	0.81	418
14	Eugenol	18.05	0.48	841
15	2-Buten-1-ona,1-(2,2,6-trimetil)	18.59	0.45	14
16	3-Buten-1-ona,4-(2,2,6-trimetil)	19.17	0.9	418
17	3-Buten-2-ona,4-(2,2,6-trimetil)	20.49	0.83	1 337

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 de los humanos (Torres *et al.*, 2014; Torto, 2002-2015), específicamente el mosquito *Lutzomyia longipalpis* es capaz de detectar el 1-octen-3-ol en corrientes de aire (Sant'Ana *et al.*, 2002; Lazzari, 2011). 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 *Lantana camara* se encontró que 1-octen-3-ol es uno de los principales compuestos que tienen atracción de la mosca tse-tse, 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 bencil 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 a 60% en ambos pastos (Cuadro 4 y 5). Aunque 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.

Cuadro 4. Compuestos de pasto estrella africana.

Núm. de compuesto	Compuesto	TR	(%) de composición	IK
1	(Z)-3-hexen-1-ol	4.57	52.73	400
2	2-butoxietanol	5.62	0.56	66
3	Pentano,3-etil	6.51	0.79	356
4	Benzaldehído	6.91	0.84	482
5	Ciclohexano, 1,2-dimetil,-cis	7.19	0.95	641
6	Cis-1,2-dihidrocatecol	7.66	1.44	628
7	3-buten-2-ol, 2,3-dimetil	8.32	0.77	87
8	2-ciclohexen-1-ona	8.4	2.47	105
9	3-ciclohexen-1-ol, 3-metil	8.56	0.97	160
10	Alcohol bencílico	8.95	0.92	257
11	Benzeneacetaldeido	9.27	7.32	380
12	4,6-heptadieno-2-ona, 3,6-dimetil	12.83	0.66	717
13	10-undecin-1-ol	13.21	1.09	809
14	Terpineol	13.95	1.59	1 004
15	Metil salicilato	14.05	1.19	851
16	Vainillina	19.72	2.08	893

Cuadro 5. Compuestos de zacate peludo.

Núm. de compuesto	Compuesto	TR	(%) de composición	IK
1	(Z)-3-hexen-1-ol	4.55	59.69	393
2	1-butanol, 3-metil-acetato	4.99	4.96	6.35
3	2-butanol,2,3-dimetil	5.62	3.46	66
4	3-hexanol, 4-metil	5.67	6.37	91
5	3H-pirazol-3-ona,1,2-dihidro-5-me	6.06	4.88	134
6	Propionato	11.14	4.45	4

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. El (z)-3-Hexen-1-ol se relaciona directamente con aromas de hojas verdes, en las gramíneas se liberan volátiles de las hojas dañadas inmediatamente después del comienzo de daño por alimentación o incluso inmediatamente después de que la planta es dañada mecánicamente (Röse y Tumlinson, 2004; D'Auria *et al.*, 2007), se forman por la degradación enzimática y la reducción de ácido graso (Cortés *et al.*, 2005) y se ha evaluado como atrayente de las hembras de enjambre de otoño (*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 Reynolds, 2009).

En *Nicotiana tabacum* tiene la función de repelente (Torto, 2002-2015), los reportes en maíz refieren 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 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 hidroddestilador (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 (Sermakkani y Thangapandian, 2012; Konovalova *et al.*, 2013; Mohan, 2014; Nanadagopalan *et al.*, 2015). 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) y de igual manera se detectó en los dos pastos evaluados. La abundancia de (z)-3-hexen-1-ol en las muestras de las variedades de caña de azúcar

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 40.06% en la variedad RD 75-11. Por su parte el fitol se expresó 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 CP 72-2086, MEX 69-290, MEX 79-431, L 77-50 y COLPOS CT MEX O5-223 donde las tres primeras variedades susceptibles de ser dañadas de plagas como mosca pinta (*Aeneolamia* ssp. y *Prosapia* ssp.).

Agradecimiento

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada a Nelson José Ramírez-Medorio. Este estudio fue financiado por la Fundación Produce Veracruz AC, proyecto nacional: ‘Diseño de un programa contemporáneo de manejo integrado de mosca pinta en caña de azúcar’ (2012-2013).

Literatura citada

- Alatorre, R. R. y Hernández, R. F. 2015. Mosca pinta, *Aeneolamia* spp. y *Prosapia* spp. (Hemiptera: Cercopidae). In: Arredondo-Bernal, H. and Rodríguez del Bosque, L. A. Casos de control biológico en México. (Ed.). bba-Colegio de Postgraduados 2. 141-164 pp.
- Cortés, S.; Gil, M. A. and Fernández, E. 2005. Volatile composition of traditional and industrial Orujo spirits. *Food Control*. 16(4):383-388.
- D’Auria, J. C.; Pichersky, E.; Schaub, A.; Hansel, A. and Gershenzon, J. 2007. Characterization of a BAHD acyltransferase responsible for producing the green leaf volatile (Z)-3-hexen-1-yl acetate in *Arabidopsis thaliana*. *Plant J*. 49(2):194-207.
- De Bruyne, M. and Baker, T. C. 2008. Odor detection in insects: volatile codes. *J. Chem. Ecol.* Springer Sci. 34(7):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*). *J. Chem. Ecol.* 31(5):1023-1038.
- Gurr, G. M. and Reynolds, O. L. 2009. Synergizing biological control: scope for sterile insect technique, induced plant defences and cultural techniques to enhance natural enemy impact. *Biol. Control*. 52(3):198-207.
- Hernández, R. F.; Figueroa, S. B. y Figueroa, R. K. A. 2010. Biología de la mosca pinta. Comunidades rurales agrarias, ejidos y conocimiento local. Colegio de Postgraduados LPI 13. Ficha técnica núm. 1. 2 p.
- 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 Sci*. 16(4):311-320.
- Konovalova, O.; Gergel, E. and Herhel, V. 2013. GC-MS Analysis of bioactive components of *Shepherdia argentea* (Pursh.) Nutt. from Ukrainian Flora. *The Pharma Innovation J*. 2(6):7-12.

- Laporta, Z. G. and 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. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 106(3):279-284.
- Lazzari, R. C. 2011. Ecología sensorial de insectos vectores. *In: Simposio ecología sensorial de insectos vectores 2011*. 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. 41-49 pp.
- Lima, A. V. A.; Barbosa, M. A. S.; Cunha, L. C. S.; de Morais, S. A. L.; de Aquino, F. J. T.; Chang, R. and do Nascimento, E. A. 2017. Volatile compounds obtained by the hydrodistillation of sugarcane vinasse, a residue from ethanol production. *Rev. Virtual Quim*. 9(2):764-773.
- Lubeck, A. J. and Sutton, D. L. 1983. Kovats retention indices of selected hydrocarbons through C₁₀ on bonded phase fused silica capillaries. *J. High Resolution Chromatography & Chromatography Communications*. 328-332 pp.
- 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. INTA EEA Bariloche. Río Negro. Argentina. Cuadernillo núm. 17. 14 p.
- 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*. 7(2):41-47.
- Nanadagopalan, V.; Johnson, G. M. and Doss, A. 2015. GC-MS analysis of biomolecules on the leaves extract of *Sterculia urens* Roxb. *J. Pharmacognosy Phytochem*. 3(6):193-196.
- Rodríguez, A. M.; Alcaraz, M. L. y Real, C. S. M. 2012. Procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, SC. Instituto Politécnico Nacional (IPN). La Paz, BCS. México. 38 p.
- Rodríguez, H. C. 2004. Plantas atrayentes de insectos plaga. Ciencias ambientales y agricultura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. Publicación especial. 203-234 pp.
- Röse, U. and Tumlinson, J. 2004. Volatiles released from cotton plants in response to *Helicoverpa zea* feeding damage on cotton flower buds. *Planta*. 218(5):824-832.
- SAGARPA. 2006. Manejo integrado para el control de gusano barrenador en caña de azúcar en el estado de Morelos. SAGARPA-INIFAP. Centro de Investigación Regional del Centro Campo Experimental Zacatepec, Zacatepec, Morelos. Folleto para productor núm. 44. 13 p.
- Sant’Ana, L. A.; Eiras, A. E. and Cavalcante, R. R. 2002. Electroantennographic responses of the *Lutzomyia* (*Lutzomyia*) *longipalpis* (Lutz & Neiva) (Diptera: Psychodidae) to 1-octen-3-ol, Neotrop. *Entomol*. 31(1):13-17.
- Scala, A. 2013. Green leaf volatiles: a plant’s multifunctional weapon against herbivores and pathogens. *Inter. J. Mol. Sci*. 14(9):17781-17811.
- Sermakkani, M. and Thangapandian, V. 2012. GC-MS analysis of *Cassia italica* leaf methanol extract. *Asian J. Pharmaceutical and Clinical Res*. 5(2):90-94.
- Singh, A.; Uma, R. L.; Hayat, M. M.; Prabh, S. S.; Gagan, S. and Ravi, K. D. 2015. Phytochemical profile of sugarcane and its potential health aspects. *Pharmacognosy Reviews*. 9(17):45-54.
- Suzuki, Y. and Shioi, Y. 1999. Detection of chlorophyll breakdown products in the senescent leaves of higher plants. *Plant Cell Physiol*. 40(9):909-915.
- Syed, Z. and Guerin, P. M. 2004. Tsetse flies are attracted to the invasive plant *Lantana camara*. Institute of Zoology. *J. Insect Physiol*. 50(1):43-50.

- Tang, R.; Su, M. W. and Zhang, Z. N. 2012. Electroantennogram responses of an invasive species fall webworm (*Hyphantria cunea*) to host volatile compounds. *Chinese Science Bulletin*. 57(35):4560-4568.
- Torres, M. J.; Barrouin, M. S. M.; Goncalves, C. A.; da Rocha, S. F. B.; Machado, V. E.; Govone, J. S. and Pinto, M. C. 2014. A laboratory evaluation of alcohols as attractants for the sandfly *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae). *Parasites & Vectors*. 7(60):1-5.
- Torto, B. 2004. Chemical signals as attractants, repellents and aggregation stimulants. *In: Encyclopedia of life support systems (EOLSS)*, developed under the auspices of the UNESCO. Eolss Publishers, Oxford, UK. (<http://www.eolss.net>).
- Verheggen, F. J.; Haubruge, E. and Mescher, M. C. 2010. Alarm pheromones- Chemical signaling in response to danger. *In: Gerald Litwack (Ed.). Vitamins and Hormones*. 83(9):215-240.