



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRICOLAS

CAMPUS VERACRUZ

POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

**IDENTIFICACIÓN DE COMPUESTOS VOLÁTILES PRODUCIDOS POR HOJAS DE
CAÑA DE AZÚCAR Y PASTOS RELACIONADOS CON PLAGAS**

NELSON JOSÉ RAMÍREZ MEDORIO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS


TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ, MÉXICO

2016

La presente tesis, titulada: “**Identificación de compuestos volátiles producidos por hojas de caña de azúcar y pastos relacionados con plagas**”, realizada por el alumno: **Nelson José Ramírez Medorio**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

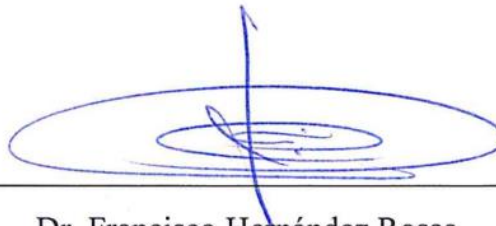
MAESTRO EN CIENCIAS EN
AGROECOSISTEMAS TROPICALES

Consejero:



Dr. Francisco Osorio Acosta

Director de tesis:



Dr. Francisco Hernández Rosas

Asesor:



Dr. José López Collado

Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, México, 2016.

IDENTIFICACIÓN DE COMPUESTOS VOLÁTILES PRODUCIDOS POR HOJAS DE CAÑA DE AZÚCAR Y PASTOS RELACIONADOS CON PLAGAS

Nelson José Ramírez Medorio, M. C.

Colegio de postgraduados, 2016.

La ecología química de insectos se encarga de estudiar las interacciones entre los organismos y entre éstos y su entorno, por medio de sustancias químicas que emiten o reciben. Este tipo de estudios se combina además con estudios fisiológicos y de comportamiento. A partir de ello se ha propuesto la manipulación del comportamiento de los insectos, mediante el uso de sustancias químicas moduladoras del mismo, estas sustancias son conocidas como semioquímicos. La identificación de compuestos volátiles en hojas de caña de azúcar hacen que este trabajo sea de alta relevancia para el control potencial de insectos plaga y una alternativa posible para el control de la mosca pinta; existe una alta probabilidad de interacción entre la mosca pinta y los compuestos volátiles emitidos por hojas de caña de azúcar. Por lo anterior, en el presente trabajo se detectaron los principales compuestos volátiles presentes en hojas de caña de azúcar de ocho variedades que son 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 y dos pastos, que suelen ser hospederos preferidos por la plaga en el momento que no tiene caña de azúcar disponible, estos son zacate peludo (*Rottboellia cochinchinensis*) y pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*). Para esto se utilizó el método de la hidrodestilación mediante el uso del sistema tipo Clevenger se obtuvo el extracto, este extracto fue evaluado mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS), como resultado se detectaron tres compuestos principales los cuales fueron: (Z)-3-hexen-1-ol, 1-octen-3-ol y fitol, estos tres compuestos tienen relación con la

atracción y repelencia de algunos insectos, por lo tanto pudieran ser compuestos que influyen en el comportamiento de la mosca pinta.

Palabras clave: volátiles, caña de azúcar, hidrodestilación, cromatografía de gases.

IDENTIFICATION OF VOLATILE COMPOUNDS PRODUCED BY SUGARCANE LEAVES AND GRASSES INFESTED WITH PESTS

Nelson José Ramírez Medorio, M. C.

Colegio de postgraduados, 2016.

The study of insect chemical ecology focuses on examining the interactions among organisms and between them and their environment using the chemicals they emit or receive. These studies are further combined with physiological and behavioral investigations. Insect behavior can be manipulated using modulatory chemicals known as semiochemicals. The identification of volatile compounds in sugarcane leaves, and the high probability of interaction between insect pests and the volatile compounds emitted from sugarcane leaves, indicates a high relevance for their use as alternative controls of insect pests, especially grass spittlebugs. Primary volatile compounds were assessed from leaves of eight varieties of sugarcane: CP 72-2086, MEX 69-290, RD 75-11, ITV92-1424, MEX 79-431, L 77-50, COLPOS CT MEX 05-223, and COLPOS CT MEX 05-204, as well as two grasses which are often preferred hosts for the pests when there is no sugarcane available: itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*) and African Bermudagrass (*Cynodon nlemfuensis*). To obtain the extracts, hydrodistillation was used following the Clevenger system, with the end products evaluated using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). Three primary compounds were obtained: (Z)-3-hexen-1-ol, 1-octen-3-ol, and phytol, compounds that are involved in attracting and repelling insects, and that may influence behavior in grass spittlebugs.

Keywords: volatile, sugarcane, hydrodistillation, gas chromatography.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi familia que apoya cada uno de mis proyectos, a mis padres Jacinto y Teresa, a mis hermanas y sobrinos, son una fuente de inspiración para realizar mis actividades de la mejor manera posible.

A Cecilia Sánchez Juárez, agradezco que estés a mi lado durante este tiempo echándome porras para concluir de la mejor manera este proyecto, te dedico esta tesis por ser una parte fundamental de mi vida.

A mis compañeros del Colegio de Postgraduados, con los cuales compartí no solo las aulas, agradezco su apoyo en cada uno de los momentos de estrés al igual que de alegría, le dedico esta tesis a cada uno de ustedes.

A mis amigos Alejandro Tlacaelel Butrón Ávila, Jorge Luis Ladrón de Guevara Fuentes y Joheli Alberto López Palacios, con quienes compartí muchas vivencias durante esta gran experiencia.

A Luis Francisco Salome Abarca quien en muy poco tiempo se convirtió en un gran amigo, gracias por tu apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de postgrado, además de proporcionarme el apoyo económico para poder desarrollar este proyecto.

Agradezco la participación de los Doctores: Francisco Osorio Acosta, José López Collado y Francisco Hernández Rosas; gracias por formar parte de mi consejo particular.

Al Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, a todos y cada uno de los catedráticos que me brindaron los conocimientos necesarios para fortalecer mi formación profesional.

Al Colegio de Postgraduados Campus Córdoba mediante la Línea Prioritaria de Investigación 13 (LPI13), por el apoyo económico y de sus instalación en el área de Biotecnología Microbiana Aplicada.

Al Doctor Marcos Soto Hernández del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo por proporcionarme conocimientos indispensables para el desarrollo del proyecto de investigación al igual que al Doctor Juan Cibrián Tovar por apoyarme con el trabajo de investigación en las instalaciones del laboratorio de ecología química de insectos.

Al Maestro en Ciencias Luis Francisco Salome Abarca por su invaluable ayuda en este proyecto de investigación, al igual que al Doctor Juan Cibrián Tovar por apoyarme con el trabajo de investigación en las instalaciones del laboratorio de ecología química de insectos.

A la Doctora Katia A. Figueroa Rodríguez, gracias por brindarme la oportunidad de ingresar al ámbito laboral y posteriormente alentarme a realizar una maestría.

Al Ingenio el Potrero por proporcionar el material vegetal necesario para realizar este proyecto de investigación, agradezco al apoyo brindado por el personal que ahí labora.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	3
2 REVISION DE LITERATURA	4
2.1 ASPECTO ECONÓMICO.....	4
2.2 ASPECTO SOCIAL.....	4
2.3 ASPECTO AMBIENTAL.....	5
2.4 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR	6
2.5 IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	7
2.5.1 Situación mundial.....	7
2.5.2 Situacion nacional.....	8
2.5.3 Situación estatal.....	8
3 MARCO TEORICO CONCEPTUAL.....	10
3.1 PLAGA.....	10
3.2 INSECTOS PLAGA	10
3.2.1 Mosca pinta (<i>Aeneolamia albofasciata</i>).....	11
3.2.2 Daño.....	11
3.3 CONTROL QUÍMICO	12
3.4 CONTROL BIOLÓGICO.....	12
3.5 MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS (MIP).....	13
3.6 METABOLITOS SECUNDARIOS.....	14
3.7 ECOLOGÍA QUÍMICA.....	14
3.8 SEMIOQUÍMICOS.....	14
3.9 AGROECOSISTEMA	15
3.9.1 Definición de agroecosistemas	15
3.10 MONOCULTIVOS.....	19
3.11 CAÑA DE AZÚCAR.....	20
3.11.1 Agroecosistema caña de azúcar.....	20
3.12 PLAGAS DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR.....	22
3.13 MOSCA PINTA.....	22

3.13.1	Taxonomía.....	23
3.13.2	Distribución de las especies de mosca pinta.....	23
3.13.3	Distribución nacional.....	23
3.13.4	Biología del género <i>Aeneolamia</i>	24
3.14	BIOLOGÍA DE LA ESPECIE <i>Aeneolamia albofasciata</i>	26
3.14.1	Huevo.....	26
3.14.2	Ninfa.....	27
3.14.3	Adulto	28
3.15	DAÑO PRODUCIDO.....	29
3.16	MANEJO INTEGRADO DE LA MOSCA PINTA.....	31
3.16.1	Control mecánico.....	31
3.16.2	Control biológico.....	32
3.16.3	Control químico.....	33
3.16.4	Control etológico	33
3.17	ECOLOGÍA QUÍMICA DE INSECTOS	34
3.18	SEMIOQUÍMICOS.....	35
3.18.1	Feromonas	36
3.18.2	Aleloquímicos.....	36
3.19	ALGUNOS EJEMPLOS DE TRABAJOS CON SEMIOQUÍMICOS.....	37
4	HIPÓTESIS Y OBJETIVO	39
4.1	HIPÓTESIS.....	39
4.2	OBJETIVO.....	39
5	MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
5.1	MATERIAL VEGETAL.....	39
5.2	EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS VOLATILES.....	40
5.2.1	Hidrodestilación.....	40
5.2.2	Enfleurage.....	41
5.2.3	Maceración en disolvente orgánico	41
5.2.4	Aireación dinámica.....	42
5.3	CROMATOGRAFÍA DE GASES (GC-MS).....	42

6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
7	CONCLUSIONES	55
8	LITERATURA CITADA	57

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1.-COMPUESTO DE LA VARIEDAD CP 72-2086.	44
CUADRO 2.-COMPUESTOS DE LA VARIEDAD MEX 69-290.	44
CUADRO 3.-COMPUESTOS DE LA VARIEDAD RD 75-11.	46
CUADRO 4.-COMPUESTOS DE LA VARIEDAD ITV 92-1424.	47
CUADRO 5.-COMPUESTOS DE LA VARIEDAD MEX 79-431.	47
CUADRO 6.-COMPUESTOS DE LA VARIEDAD L 77-50.....	48
CUADRO 7.-COMPUESTOS DE LA VARIEDAD COLPOS CT MEX 05-223.....	49
CUADRO 8.-COMPUESTOS DE LA VARIEDAD COLPOS CT MEX 05-204.....	49
CUADRO 9.-COMPUESTOS DE PASTO ESTRELLA AFRICANA.	50
CUADRO 10.-COMPUESTOS DE ZACATE PELUDO.....	51
CUADRO 11.-COMPUESTOS PRESENTES CON MAYOR FRECUENCIA EN LOS DISTINTOS MATERIALES VEGETALES Y SU PORCENTAJE DE ABUNDANCIA DE CADA UNO DE ELLOS.	52
CUADRO 12.-COMPUESTOS CON UN MAYOR PORCENTAJE DE COMPOSICIÓN EN LOS DISTINTOS MATERIALES VEGETALES.	53

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.-DIAGRAMA DE PRODUCCIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR.	21
FIGURA 2.-TIEMPO DE DESARROLLO DE LOS DIFERENTES INSTARES DE MOSCA PINTA EN LA ZONA DEL GOLFO DE MÉXICO (25-28°C Y 70% HR).	29
FIGURA 3.-CLASIFICACIÓN DE SEMIOQUÍMICOS (CORTÉZ 2013).	35
FIGURA 4.-COMPARACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE LOS TRES COMPUESTOS MAYORITARIOS EN LAS MUESTRAS DE MATERIAL VEGETAL EVALUADAS. .	53

1. INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es de gran importancia en México con una superficie cultivada de 784,194 ha, con 52 ingenios para el procesamiento de este cultivo (Unión Nacional de Cañeros, 2015). La caña enfrenta un sin número de embates como son las plagas; en el caso de los insectos, la mosca pinta o salivazo (especies representativas: *Aeneolamia albofasciata* y *Prosapia simulans*, Hemiptera: Cercopidae) tiene un impacto considerable que va del 20 al 30% de daño en el cultivo por la succión de la savia, y de manera simultánea genera reacciones de defensa tipo peroxidasa en la planta, que por el daño tan severo provoca muerte celular (Flores, 1994; Hernández-Rosas y Figueroa-Rodríguez, 2011).

La distribución geográfica de las especies de la mosca pinta en México comprende quince estados (Miranda, 1999; Bautista, 2006; Alatorre-Rosas y Hernández-Rosas, 2015). El daño en el cultivo se observa como una zona decolorada (clorótica) a lo largo de las hojas hasta definirse un punto de color amarillo a ocre. Se ha estimado que una población de 10 insectos adultos por cepa puede causar una merma de 3 a 6 t ha⁻¹ (Flores, 1994; Hernández-Rosas y Figueroa-Rodríguez, 2011; Alatorre-Rosas y Hernández-Rosas, 2015). El control de esta plaga representa un gran reto y la alternativa ha sido mediante la aplicación de productos biológicos, el método mecánico o también llamado cultural, el control etológico y como última alternativa la aplicación de productos químicos. Sin embargo, la mosca pinta tiene como hospedantes alternos los pastos que pueden estar presentes dentro del cultivo, en las calles, caminos y bordos. Por lo anterior, el estudio de la caña y de los pastos en forma alternativa es conocer la preferencia por succulencia, por color de las hojas, el tipo de raíces o algún atrayente como comun denominador de ambas gramíneas (De la Cruz, 2014; Romero, 2013; SIPOVE, 2011).

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 al trigo, cuyas plántulas sin daño por herbívoros atraen a los áfidos, mientras que los olores liberados de plántulas de trigo con una alta densidad de áfidos dentro del cultivo repelen a otros áfidos (Paré y Tumlinson, 1999). Otro ejemplo es la atracción específica de la cochinilla (*Dactylopius ceylonicus*) al cactus (*Opuntia vulgaris*), que se usa para el control de este insecto en la India desde el año 1863. También las polillas son atraídas por varios compuestos, esto depende de la especie que se está estudiando, siendo los compuestos más comunes linalool, geraniol, β -ocimeno, y β -cariofileno (Bruyne y Baker, 2008). Por lo tanto, los productos vegetales involucrados en la relación planta-insecto son un aspecto importante para la toma de decisiones (Scala, 2013) y puede funcionar a favor de los productores siempre que se pueda identificar su modo de acción (Rodríguez, 2004). La falta de estudios para la identificación de compuestos volátiles en hojas de caña de azúcar abre una perspectiva diferente para el control de la mosca pinta, la probabilidad de interacción entre la mosca pinta y los compuestos volátiles emitidos por las hojas de la caña de azúcar es alta; por lo que el presente trabajo propone el estudio de la detección de los principales compuestos volátiles de ocho variedades de caña de azúcar y dos pastos, que suelen ser hospederos preferidos por la plaga en el momento que no cuenta con caña de azúcar en el estado fenológico que la hace atractiva o succulenta al insecto.

La problemática existente en el agroecosistema de caña de azúcar en el estado de Veracruz con el ataque de la mosca pinta nos alienta a buscar métodos alternativos a los ya existentes, por lo que se generó la siguiente pregunta:

- ¿Qué compuestos volátiles se encontrarán presentes en las hojas de caña de azúcar y pastos que son atrayentes de mosca pinta?

1.1 JUSTIFICACIÓN

El cultivo de caña de azúcar es de gran importancia en México porque cuenta con una superficie cultivada de más de 780 mil hectáreas con 52 ingenios para el procesamiento de esta biomasa. Además, forma la agroindustria más importante para muchas familias que habitan en los trópicos y subtropicos, representando un lugar preponderante en la actividad económica-social del país. El daño del insecto en el cultivo provoca pérdidas de peso y sacarosa en la materia prima que los productores entregan al ingenio, afecta directamente en su economía ya que sus ingresos monetarios se reducen, siendo que una población de 10 insectos adultos por cepa puede causar una merma de 3 a 6 t ha⁻¹. Por otra parte, la aplicación de insecticidas químicos para el control de la mosca pinta en combinación con los herbicidas provocan daños en el ambiente. Muchas veces el mal uso de los insecticidas crea resistencia en el insecto y afecta a los enemigos naturales, por lo que no logran controlar de manera eficiente la plaga. Por lo tanto, el aislamiento de compuestos volátiles atrayentes para esta plaga representa una alternativa “amigable” con el ambiente, disminuyendo el uso de plaguicidas y haciendo al cultivo más inocuo; además de que la fuente de producción del atrayente se obtendría del mismo cultivo. Por otro lado, se reduciría la exposición de las personas que aplican los plaguicidas que se utilizan para el control de esta plaga, haciendo estas prácticas culturales más seguras.

2.1 ASPECTO ECONÓMICO

La plaga de mosca pinta reduce entre 3 y 6 t ha⁻¹ de caña de azúcar (Flores, 1994), evita que se desarrolle de buena forma el cultivo, por esta razón al llegar a la fábrica el peso no es el esperado. Así mismo, disminuye el contenido de sacarosa el cual es un parámetro de calidad requerido por la industria. Esto repercute directamente en los ingresos del productor. Los altos costos de los productos químicos para controlar al insecto también producen un desgaste en la economía del productor. Se estima que tres adultos y cinco ninfas por tallo reducen el 30% del rendimiento de la caña de azúcar (Alatorre-Rosas y Hernández-Rosas, 2015).

2.2 ASPECTO SOCIAL

. El campo cañero forma parte de la estrategia de sobrevivencia de una gran cantidad de agricultores, aún con los problemas que afecta al campo, para muchos de ellos su tierra representa ingreso, seguridad y es parte de su identidad y cultura. Por otra parte, no se debe olvidar que las técnicas de labranza ecológica y los sistemas biointensivos de producción agrícola, se aplican con un cierto margen de “facilidad” en la pequeña propiedad (CNPR) (Colegio de Postgraduados y Fundación produce Veracruz, 2003).

Aproximadamente 12 millones de personas en México dependen de los ingresos provenientes del cultivo de caña de azúcar (Alatorre-Rosas y Hernández-Rosas, 2015). La pérdida de producción hace que los productores se vean obligados a participar en otras actividades remuneradas lo cual es un reflejo de la situación económica por la que se está atravesando y que las necesidades de

alguna manera no se ven plenamente cubiertas con los recursos generados con su producción (Figuroa-Rodríguez *et al.*, 2013).

2.3 ASPECTO AMBIENTAL

Los agroquímicos utilizados en el control de plagas y herbicidas poseen una marcada incidencia ambiental porque generan contaminación en suelos y aguas tanto superficiales como subterráneas. Esto provoca riesgo de intoxicación de seres vivos, especies que habitan en el ecosistema que se está manipulando, de esta forma se pierde la diversidad de especie (Secretaria del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2008).

La familia que se desarrolla en el ámbito rural, frecuentemente se encuentra expuesta a los efectos de agroquímicos por causas ambientales y laborales. En general toda la familia colabora en las tareas; así la exposición comienza a edades muy tempranas, desde la misma concepción. La forma en la cual los agricultores se proteegen de los productos químicos muchas de las veces no es adecuada, los equipos más utilizados por los agricultores para poder cubrirse al momento de aplicar productos químicos son las botas seguidas de guantes, y en menor medida utilizan mascarilla, paliacates en la boca, camisolas y cubrebocas, pero muchos de ellos no utilizan ningún tipo de protección (Figuroa-Rodríguez *et al.*, 2013). La problemática de los envases de agroquímicos debe abordarse integralmente y desde su origen hasta la disposición final ambientalmente adecuada. Estos envases se caracterizan como residuo peligroso por haber contenido sustancias tóxicas; se le suma además, la posible toxicidad derivada de su misma composición química. En un estudio realizado en el ingenio el refugio a productores de caña de azúcar se encontró que del 100% de los participantes el 33.9% llevan a un centro de reciclaje los

envases, 27.7% los lleva a un centro de acopio, 25% los deja en sus parcelas, 8% los tira en un basurero y 5.4 los quema (Figuroa-Rodríguez *et al.*, 2013).

2.4 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Hasta finales del siglo XIX la caña de azúcar fue multiplicada exclusivamente de forma vegetativa. Después de la demostración de fertilidad del género *Saccharum* en Barbados a comienzos del siglo XX (Arcenaux, 1965), se iniciaron programas de cruzamientos interespecíficos en Java e India entre los genotipos *Saccharum officinarum*, *Saccharum spontaneum*, *Saccharum sinense*, *Saccharum barbieri* y *Saccharum robustum* (Price, 1965; Berding y Roach, 1987). Debido a sus características de alta producción de azúcar y amplia resistencia a factores bióticos y abióticos, los genotipos *S. officinarum* y *S. spontaneum* fueron los más utilizados. Los híbridos provenientes de estas cruces fueron retrocruzados varias veces con el padre "noble" *S. officinarum* en un proceso conocido como "nobilización" a fin de minimizar el efecto negativo del padre silvestre, *S. spontaneum*. Como consecuencia de este proceso, los individuos resultantes presentaron una distribución desigual del complemento cromosómico, mostrando una marcada disminución en el número de cromosomas de *S. spontaneum*. Aunque el material resultante de este proceso tuvo un importante efecto en la producción de azúcar y resolvió algunos de los problemas de enfermedades enfrentados hasta ese momento, las nuevas variedades de caña de azúcar mostraron una marcada reducción en su base genética (Jannoo *et al.*, 1999).

A pesar de la reducción de la diversidad genética de la caña, lo cual ha marcado un progreso lento en el mejoramiento del cultivo (Vijayan *et al.*, 1999), se estima que existe un pequeño grado de diversidad a nivel del ADN entre las variedades modernas (Berding y Roach, 1987).

2.5 IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

2.5.1 Situación mundial

La distribución del cultivo está comprendida entre los trópicos de Cáncer y de Capricornio, definiéndose en zonas tropicales e intertropicales como propicias para su desarrollo.

Los años en los que se registró una mayor superficie cultivada fueron 1998 (19.33 millones de hectáreas); el 2000 con (19.5 millones de hectáreas); 2001, con 19.7; los años 2002, 2003 y 2007, con 20.5, 20.8 y 21.9 millones de hectáreas, respectivamente.

FAOSTAT reporta una lista de 106 países productores de esta gramínea hasta el año 2012, donde Brasil es el líder mundial con una superficie cultivada de 9.7 millones de hectáreas y una producción de 721.07 millones de toneladas. Le sigue la India con 5.1, China 1.8; Pakistán con 1.0 y Tailandia 1.3 millones de hectáreas cada uno; México registra un promedio de 0.7 millones de hectáreas, territorio en el cual produce 53.6 millones de toneladas (Unión Nacional de Cañeros, 2015).

2.5.2 Situación nacional

La caña de azúcar se produce en diversos climas, suelos y condiciones culturales en 14 regiones de 15 entidades federativas de México. El cultivo se sitúa entre los 37° de latitud norte y los 31° de latitud sur. Se encuentra en las costas del Océano Pacífico y del Golfo de México, en el sur de Quintana Roo y comprende una faja transversal sobre el paralelo de los 19° de latitud norte. Se desarrolla en un amplio margen de condiciones de humedad, desde zonas con precipitación pluvial de 10000 mm anuales hasta zonas que experimentan extrema sequía. Climatológicamente las temperaturas en los ámbitos cañeros se definen como cálidas, semicálidas y templado – cálidas. En algunas zonas se presentan bajas temperaturas con efecto de heladas (Colegio de Postgraduados y Fundación produce Veracruz, 2003).

2.5.3 Situación estatal

La caña de azúcar constituye el principal cultivo perenne en el estado de Veracruz. Otros cultivos destacados de esta índole en la entidad federativa son el café, naranja, mango y la piña. Se encuentra establecida en 90 municipios del estado, participan con los mayores aportes de superficie: Cosamaloapan, Tres Valles, Pánuco, Omealca, Paso del Macho, Tezonapa, Hueyapan de Ocampo, El Higo, Ángel R. Cabada, Ursulo Galván, Ixtaczoquitlán, Actopán, Yanga, Córdoba, José Azueta, Puente Nacional y Mariano Escobedo. La superficie sembrada y cosechada en el período 2014–2015 fue de 326 mil 403 hectáreas, el rendimiento promedio en campo fue de 62.7 t ha⁻¹. La caña se industrializa en 19 ingenios donde el rendimiento en fábrica

fue de 10.85% (Colegio de Postgraduados y Fundación produce Veracruz, 2003; Unión Nacional de Cañeros, 2015).

El estado de Veracruz constituye la entidad federativa más importante de la agroindustria azucarera a nivel nacional. En el estado se encuentran 19 de los 50 ingenios que en la actualidad operan en el país. En el período 2014–2015 contribuyó en promedio con el 41.6% de la superficie sembrada. En el período indicado en Veracruz se produjeron 2 227 519 t de azúcar, que representaron el 37.2% de la producción nacional. En la entidad operan ejidatarios (70%) y pequeños propietarios (30%), que se encuentran afiliados a la Unión Nacional de Productores de Caña de Azúcar de la Confederación Nacional Campesina (CNC), a la Unión Nacional de Cañeros de la Confederación Nacional de Propietarios Rurales (CNPR) y a organizaciones independientes (Colegio de Postgraduados y Fundación produce Veracruz, 2003; Unión Nacional de Cañeros, 2015).

En el estado de Veracruz se realizan siembras durante todo el año, un período de concentración de las mismas es el comprendido entre junio y noviembre; Además, presentan problemas de abastecimiento en algunos ingenios al existir desequilibrio varietal. Para la siembra se emplean tallos de ciclo plantilla de 8 a 10 meses de edad, se procura evitar el uso de tallos de mayor edad, abultados y endurecidos, porque son menores sus posibilidades de germinación. Es común el uso de cordón doble, dejando tres yemas, por lo que se emplean 8 a 10 toneladas de planta por hectárea, si se usan tallos delgados y 10 a 12 toneladas al emplear tallos gruesos. Deben utilizarse variedades resistentes a plagas y enfermedades, rendidoras en campo y fábrica, las más comunes son: MEX 69-290, MEX 68-P23 y CP 72-2086.

3 MARCO TEORICO CONCEPTUAL

3.1 PLAGA

Una plaga es un organismo que causa daños a los seres humanos debido a que compite por espacio y alimento, sus bienes en general. El daño puede ser medido de manera cuantitativa (Arnaldos *et al.*, 2010-2011).

La definición de Ves (2005), nos dice que a un insecto u otro organismo se le denomina como plaga cuando ha alcanzado un nivel poblacional que es suficiente para causar pérdidas económicas.

Brechelt (2004) nos dice que plaga es un animal, una planta o un microorganismo, que al aumentar de manera significativa sus niveles de poblacion afecta directa o indirectamente a la especie humana, ya sea porque perjudique su salud, su comodidad, dañe las construcciones o los predios agrícolas, forestales o ganaderos. Un animal se convierte en plaga cuando aumenta su densidad de tal manera que causa una pérdida económica al ser humano.

3.2 INSECTOS PLAGA

Los insectos llamados plagas son aquellos insectos comúnmente observados en los sistemas y cuyas poblaciones causan daño a los cultivos (Forlín, 2012).

La mosca pinta es uno de los principales problemas en el cultivo de la caña de azúcar en todas las zonas productoras de nuestro país, provocando pérdidas a los productores, su desarrollo se ve

favorecido por la alta humedad relativa. Los adultos causan el daño en este cultivo, la forma en la que ellos se alimentan es realizando una perforación en las hojas y succionando la savia, al mismo tiempo introduce una toxina, la cual es la causante de que las hojas comiencen a secarse pasando de color verde a un color ocre, por este motivo se afecta la capacidad de realizar fotosíntesis. Cuando la caña se encuentra en proceso de crecimiento es sumamente vulnerable, el insecto ataca a la planta y provoca que esta produzca hojas nuevas causando un estado de debilidad (SAGARPA, 2012).

3.2.1 Mosca pinta (*Aeneolamia albofasciata*)

Es una especie chupadora, tanto en su estado adulto como inmaduro. Su nombre común (salivazo) se debe a que el estado inmaduro de ninfa excreta un líquido que semeja saliva o espuma, que los protege de la deshidratación y de enemigos naturales (Bustillo y Castro, 2011) .

3.2.2 Daño

El daño suele establecerse como pérdida económica en términos de valor monetario real (Arnaldos *et al.*, 2010-2011).

3.3 CONTROL QUÍMICO

El Control químico es la represión de poblaciones o la prevención de su desarrollo mediante el uso de sustancias químicas. Estas sustancias, de acuerdo al grupo de animales o plantas que controlan, pueden ser: insecticidas, acaricidas, rodenticidas, nematocidas, molusquicidas, herbicidas, fungicidas. Estas sustancias son de composición química sintética. Si bien su uso ha resultado muy beneficioso, en muchos casos, también ha resultado perjudicial debido principalmente a su toxicidad contra los seres humanos y los animales, daños al ambiente, empobrecimiento de suelos, contaminación de aguas subterráneas y superficiales, resistencia de los insectos a los insecticidas, emergencia de nuevas plagas (Cañedo *et al.*, 2011).

3.4 CONTROL BIOLÓGICO

La definición de control biológico depende de la palabra población. Todo control biológico involucra el uso de alguna manera, de poblaciones de enemigos naturales para reducir poblaciones de plagas a densidades menores, ya sea temporal o permanentemente. En algunos casos las poblaciones de enemigos naturales son manipuladas para causar un cambio permanente en las redes alimenticias que rodean a la plaga. En otros casos no se espera que los enemigos naturales liberados se reproduzcan por lo que solo los individuos liberados tienen algún efecto. Algunos enfoques del control biológico son diseñados para reforzar las densidades de enemigos naturales al mejorar sus condiciones de vida (Van Driesche *et al.*, 2007).

De acuerdo con Barrera (1995), existen tres tipos de control biológico enlistados a continuación.

- Control biológico por conservación: Consiste en conservar a los enemigos naturales nativos con la finalidad de incrementar su impacto sobre las plagas. Para lograr mejores resultados, se requiere conocer cuáles especies están presentes, qué plagas atacan y cuáles lo hacen mejor; en función de esta información, se pueden escoger las formas de protegerlos y ayudarlos.
- Control biológico por introducción: se introducen nuevas especies que puedan controlar efectivamente a la plaga procurando que se establezca bien en el entorno. Esta forma de control, también llamada **control biológico clásico**, es usada más frecuentemente en el control de plagas exóticas, que se supone que llegan a una nueva área sin factores naturales de control. Sin embargo, también se puede usar en el control de plagas nativas que carecen de enemigos naturales efectivos.
- Control biológico por incremento: Cuando los enemigos naturales nativos o introducidos fallan en controlar a las plagas, no obstante los esfuerzos de conservación o introducción, se puede recurrir al incremento, es decir, a la cría masiva de liberación inoculativa o inundativa de los enemigos naturales.

3.5 MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS (MIP)

Sistema de manejo de plagas que en el contexto del Agroecosistema asociado y de la dinámica de población de las especies de plagas, utiliza todas las técnicas disponibles para mantener la plaga a niveles inferiores a aquellos que causan daño económico al cultivo (Ves, 2005).

El manejo integrado de plagas esta relacionado con la conservacion del medio ambiente. Para poder implementar el MIP se debe tomar en cuenta el manejo del cultivo que se desea proteger, de que plagas o enfermedades debemos protegerlo, debemos tener presente la perdida economica que representa para el productor. Estos aspectos deben ser evaluados adecuadamente, ya que de esta manera se podra determinar si es adecuado controlar a la plaga o si es mejor evitar el combate de plagas y enfermedades, ya que podria ser mayor la inversion que la perdida (Ves, 2005).

3.6 METABOLITOS SECUNDARIOS

Los metabolitos secundarios son químicamente reactivos, son aptos para ingresar en los sistemas vivos, interactuar y cambiar la estructura de un receptor o blanco molecular, y penetrar en las células donde pueden afectar varios procesos fisiológicos. De allí deriva su actividad biológica o farmacológica (Anaya y Espinosa, 2006).

3.7 ECOLOGÍA QUÍMICA

Cortéz (2013) define como el estudio de las sustancias químicas involucradas en las interacciones ecológicas intra e interespecificas de organismos vivos.

3.8 SEMIOQUÍMICOS

Son compuestos que se sintetizan a partir de rutas degradativas del metabolismo primario y sin tener un rol específico en éste (Cortéz, 2013).

3.9 AGROECOSISTEMA

La definición del agroecosistema ha variado en el tiempo y en función de distintos autores. Altieri (1999, citado por León, 2012) afirma que existen muchas maneras de definir un agroecosistema y que también resulta difícil delinear sus límites exactos.

La definición de agroecosistema que, en principio parece ser simple, enfrenta dificultades epistemológicas, cuando se intenta su definición en un marco de comprensión que supere sus límites biofísicos o, si se quiere, ecosistémicos (León, 2012).

La variabilidad en las definiciones de los autores sobre el término “agroecosistema” tiene como resultado una diversidad literaria que puede funcionar de dos formas, ya que puede ayudar a sintetizar el significado de este término y coincidir para formar la redacción exacta de lo que es un agroecosistema, pero de igual forma, puede llevarnos a ampliar la confusión existente y divagar aun más.

3.9.1 Definición de agroecosistemas

A continuación se enlistan algunas definiciones de agroecosistema.

- Los agroecosistemas no terminan en los límites del campo de cultivo o de la finca puesto que ellos influyen en y son influenciados por factores de tipo cultural. Sin embargo, el límite cultural (social, económico, político o tecnológico) de un agroecosistema es difuso, puesto que está mediado por intereses de distinta índole y procesos decisionales intangibles que provienen tanto del ámbito del agricultor como de otros actores individuales e institucionales (León, 2012).
- El concepto de agroecosistema se define como un marco para analizar los sistemas de producción de alimentos como totalidades, incluyendo ingresos, egresos y las interconexiones entre todas sus partes componentes basándose en los principios ecológicos de los sistemas naturales. A este concepto inicial hay que agregar de manera significativa al ser humano, con sus formas de organización, al trabajo que aplica en el sistema y aquellos aspectos económicos, sociales y culturales que inciden en él (Gliessman, 1998 citado por González, 2007).
- Entendemos por agroecosistema cualquier tipo de ecosistema modificado y gestionado por los seres humanos con el objetivo de obtener alimentos, fibras y otros materiales de origen biótico (Gómez, 2012). El concepto incluye tanto los ejemplos propios de la agricultura tradicional (incluyendo sus nuevas versiones ecológica, orgánica, etc., que podemos caracterizar por su adaptación y ajuste a las posibilidades que ofrece la naturaleza, intentando mantener sus procesos básicos) como las situaciones típicas de la agricultura convencional e industrial, en las que el objetivo dominante se asocia a maximizar la rentabilidad. Incluye también los sistemas ganaderos extensivos, con presencia o no de árboles; buena parte de los cuales mantienen usos mixtos y pueden calificarse como agrosilvopastoriles.

- Se define el agroecosistema como un sistema ecológico que integra niveles geofísicos como el suelo y clima, bióticos y culturales del hombre; este último aprovecha y dirige el flujo trófico por medio de los herbívoros en el seno de un paisaje determinado (Montserrat y Villar, 1995).
- Como idea básica, el agroecosistema representa la unión trófica del hombre con su medio ecológico. Dicha inserción admite diversas modalidades, desde la más natural del pigmeo en su selva hasta otras muy artificiales, mantenidas con grandes aportes energéticos, por ejemplo en los cultivos hidropónicos e invernaderos sin suelo agrícola (Montserrat y Villar, 1995).
- El agroecosistema se define como un sistema ecológico que cuenta con una o más poblaciones de utilidad agrícola y el ambiente con el cual interactúa (Blanco y Leyva, 2007).
- Los agroecosistemas son ecosistemas en los que el ser humano ha ejercido una intencionada selectividad sobre la composición de los organismos vivos. Los agroecosistemas contienen poblaciones humanas y dimensiones tanto económicas como ecológico-ambientales y se diferencian de los ecosistemas no gestionados en que están alterados intencionadamente, y a menudo manejados intensivamente, con el fin de proporcionar alimentos, fibra y otros productos (FAO, 2008).
- El agroecosistema es un tipo de ecosistema, es decir, un grupo de componentes bióticos y abióticos relacionados en un tiempo y espacio determinados, bajo control humano, con el fin de producir alimentos, fibras y combustible (Greco y Tonolli, 2012).
- Un agroecosistema puede ser entendido como un ecosistema que es sometido por el hombre a frecuentes modificaciones de sus componentes bióticos y abióticos. Estas

modificaciones afectan prácticamente a todos los procesos estudiados por los ecólogos y abarcan desde el comportamiento de los individuos y la dinámica de las poblaciones hasta la composición de las comunidades y los flujos de materia y energía (Greco y Tonolli, 2012).

- En términos generales, un agroecosistema es un ecosistema (conjunto de factores bióticos y abióticos en un lugar y tiempo determinado) cuya producción está dirigida a bienes o satisfactores humanos. Esta premisa permite considerar que los métodos de análisis del ecosistema se aplican igualmente a los agroecosistemas. El objetivo de cada agroecosistema específico depende de las necesidades ya sea locales o comerciales, de las condiciones socio-económicas de la zona y del valor cultural que den los habitantes locales a sus recursos naturales (Ramos *et al.*, 1996).
- Un agroecosistema puede entenderse como “el conjunto de relaciones e interacciones que suceden entre suelos, climas, plantas cultivadas, organismos de distintos niveles tróficos, plantas adventicias y grupos humanos en determinados espacios geográficos, cuando son enfocadas desde el punto de vista de sus flujos energéticos y de información, de sus ciclos materiales y de sus relaciones simbólicas, sociales, económicas y políticas, que se expresan en distintas formas tecnológicas de manejo dentro de contextos culturales específicos” (León, 2012).
- Los agroecosistemas son definidos por Swift *et al.* (2004, citado por Selva, 2012) como ecosistemas que han sido deliberadamente simplificados por el ser humano con el propósito de producir bienes específicos. La simplificación a un número muy reducido de especies de plantas y animales, se implementa con el fin de lograr una mayor facilidad de manejo y una especialización de productos para satisfacer las demandas de mercado,

sobre todo en las formas altamente intensivas de la agricultura. Los agroecosistemas son controlados mediante la sustitución y complemento de muchas de las funciones de los ecosistemas naturales mediante el trabajo humano y/o los insumos externos que le son incorporados.

Tomando en cuenta distintas definiciones me atrevo a expresar lo que un agroecosistema representa para mi persona: Un agroecosistema es la modificación de un ecosistema realizada por el hombre, integrando componentes necesarios como energía, herramientas y especies vegetales y animales para generar la proliferación de productos deseables.

3.10 MONOCULTIVOS

Bajo el modelo de agricultura intensiva, los monocultivos representan una simplificación estructural y funcional del sistema donde predomina una especie la funcionalidad del sistema se enfoca a la productividad vegetal. La concentración de recurso vegetal a este nivel atrae organismos fitófagos hacia un sistema que es vulnerable porque el tipo de manejo no favorece mecanismos naturales de control de herbívoros (Altieri y Nichols 2004, citado por Selva, 2012).

3.11 CAÑA DE AZÚCAR

3.11.1 Agroecosistema caña de azúcar

Las zonas cañeras se encuentran en suelos profundos y fértiles, si se cuenta con riego podremos lograr mejores rendimientos que en suelos sin regar. Puede producirse también en suelos marginales como los arenosos y suelos arcillosos con buen drenaje. No se recomienda para suelos francoarenosos y limosos; se adapta bien a los suelos con pH que va desde 4 a 8.3 (Díaz y Portocarrero, 2002), con un bajo contenido de materia orgánica y fertilidad. La materia prima es aprovechada para consumo en fresco, forraje y para la producción de piloncillo o panela, al ser un cultivo perenne se usufructúa en por lo menos un ciclo de plantilla, uno de soca y tres de resoca (Améndola *et al.*, 2005).

Se debe tomar en cuenta la pendiente de la superficie, las propiedades naturales del suelo, la presencia de agua, drenaje natural, entre otras. En grandes extensiones de terreno el trabajo se lleva a cabo con maquinaria (Sánchez, 1992).

Asimismo, se deben considerar caminos, canales, drenes, entre otros, de esta forma se tiene un acceso adecuado al cultivo, las guardarrayas deben tener anchura suficiente que permitan la movilidad del equipo por utilizar. Las labores más frecuentes son el barbecho, rastra y el surcado. Cuando las condiciones del terreno no son adecuadas para el uso de las máquinas entra en acción la tracción animal.

El uso de labranza mínima también es posible, se eliminan el subsoleo, barbecho y rastra, exterminando la cepa con el uso de herbicidas, posteriormente se realiza el surcado y la siembra.

La época de plantación se encuentra en función de varias circunstancias, consideran los factores que determinan la germinación de las yemas, temperatura y humedad del suelo, y por otro lado, se consideran los días de maduración de las variedades (maduración temprana, media y tardía) y el período de molienda de los ingenios donde se procesa la biomasa.

En la Figura 1, podemos identificar este proyecto de investigación dentro de la producción de caña de azúcar, enfocándose en conocer algunos elementos de las plantas que puedan servir para ayudar con el control de insectos plaga, además, pudiese reducir el uso de productos químicos sintéticos que repercuten tanto en el funcionamiento del agroecosistema como en la salud de la población, que realiza las aplicaciones de estos productos químicos.

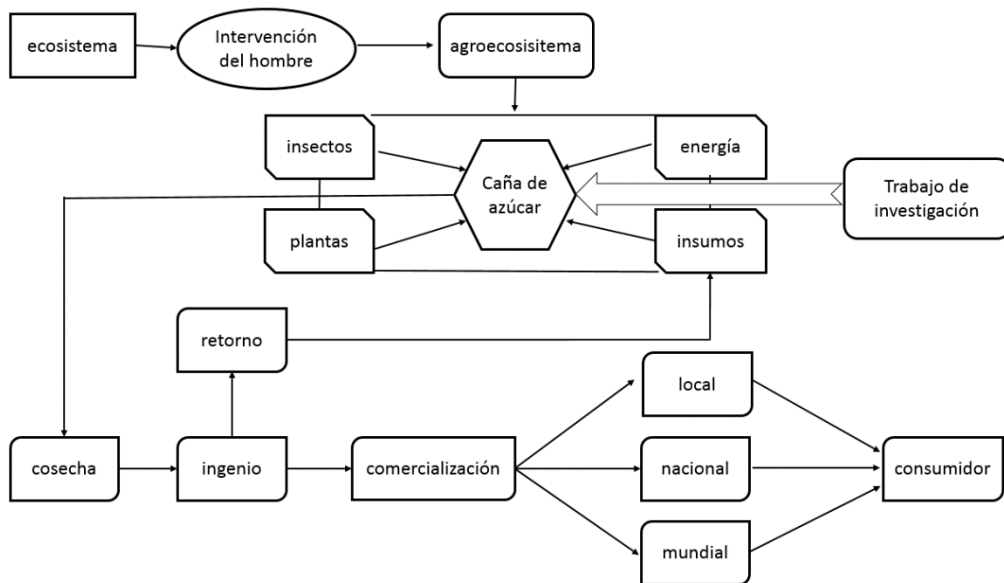


Figura 1.-Diagrama de producción de la caña de azúcar.

3.12 PLAGAS DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR

Existen actualmente tres plagas que atacan a la raíz de caña de azúcar con mucha importancia económica, el gusano de alambre (*Agriotes* sp.), la gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) y la chinche hedionda (*Scaptocoris talpa*) (CENGICAÑA, 2000).

Actualmente las plagas de importancia económica que atacan el cultivo son: Mosca pinta o salivazo (*Aeneolamia* y *Prosapia*), barrenadores como *Diatraea* spp. y las ratas *Sigmodon hispidus* y *Oryzomys couesi* (Díaz y Portocarrero, 2002).

3.13 MOSCA PINTA

Los nombres comunes en español son: chinche salivosa, mosca pintada, candelilla manchada de los potreros, mosca pinta, salivazo, quemazón de la caña; además, podemos encontrar en otros países nombres como spotted spittlebug of pastures (inglés), en portugués se le llama cigarrinha das folhas da cana (Giraldo *et al.*, 2011; López-Collado y Pérez-Aguilar, 2012; Flores, 1994).

Este insecto tiene cinco géneros con varias especies. El género *Aeneolamia* tiene las siguientes especies registradas: *A. albofasciata*, *A. lepidior*, *A. contigua*= *postica*, *A. reducta*, *A. varia*, *A. flavilatera* (López-Collado y Pérez-Aguilar, 2012; Giraldo *et al.*, 2011).

Las especies del género *Prosapia* son: *P. distanti*, *P. bicincta*, *P. simulans*, el género *Deois* cuenta con solo dos, estas son: *D. flavopicta*, *D. schach*. Otros géneros y especies son

Mahanarva andigena, *M. fimbriolata*, *Zulia vilior*, *Z. pubescens*, *Z. carbonaria* (López-Collado y Pérez-Aguilar, 2012; Alatorre-Rosas y Hernández-Rosas, 2015).

3.13.1 Taxonomía

Dentro de la taxonomía podemos decir que pertenece al phylum Arthropoda, de clase Insecta, su orden es Hemiptera de la familia Cercopidae, los géneros son *Aeneolamia*, *Prosapia*, *Zulia*, *Deois*, *Mahanarva* (Bodegas, 1973; López-Collado y Pérez-Aguilar, 2012; SIPOVE, 2009-2015; Sotelo y Cardona, 2011).

3.13.2 Distribución de las especies de mosca pinta

A nivel mundial se han reportado la presencia de mosca pinta desde el sureste de los Estados Unidos, hasta el noroeste de Argentina, en altitudes que oscilan desde el nivel del mar hasta los 1700 msnm (Alatorre-Rosas y Hernández-Rosas, 2015; Sotelo y Cardona, 2011).

3.13.3 Distribución nacional

En México la mosca pinta está presente en la vertiente del Golfo, en los estados de Tamaulipas, Nuevo León, San Luis Potosí, Veracruz, Hidalgo, Puebla, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, también tiene presencia en la zona del océano Pacífico en los estados de Chiapas,

Oaxaca, Guerrero, Colima, Nayarit, Sinaloa y Sonora (SIPOVE, 2009-2015; Alatorre-Rosas y Hernández-Rosas, 2015).

3.13.4 Biología del género *Aeneolamia*

La mosca pinta o salivazo pasa por tres estadios de desarrollo que son: huevecillos, ninfa y adulto. Es decir, es un insecto hemimetábolo, a continuación se describen los estados de vida del insecto (SIPOVE, 2009-2015; INIFAP, 2006; Sotelo y Cardona, 2011).

- Para la propagación de la plaga de un año a otro, a fines de octubre y mediados de noviembre, las hembras de la mosca pinta ovipositan sus huevecillos a unos 2 cm de profundidad y entre los tallos de la caña (CENICAÑA, 2011; Rodríguez, 2004, citado por SIPOVE, 2009-2015; Hernández-Rosas y Figueroa-Rodríguez, 2011; Díaz y Portocarrero, 2002). Permanece dentro del suelo, durante seis meses (diciembre a mayo).
- A principios de junio o julio, los huevecillos eclosionan, en este momento emergen del suelo pequeños insectos sin alas, estas son las ninfas o salivazos que se posicionan en las raíces de la planta y comienzan su ascenso hasta los entrenudos del tallo. La ninfa se cubre con una sustancia espumosa o saliva, la cual es secretada en su extremo anal y con el aire procedente de una cámara en la región ventral abdominal se transforma en pequeñas burbujas que conforman la saliva; esta saliva posee un alto contenido de proteína sirviendo de defensa de enemigos naturales y protección en condiciones climáticas adversas (Whittaker, 1970, citado por SIPOVE, 2009-2015; CENICAÑA,

2011; Sotelo y Cardona, 2011). Durante 4 o 5 semanas las ninfas mudan de piel cuatro veces, crecen y aumentan de tamaño hasta alcanzar una longitud de 5 a 7 mm.

- Después de la última muda, los adultos dejan de producir espuma, empleando como mecanismo de defensa su habilidad para saltar, apoyado adicionalmente por el aposematismo y un mecanismo secundario de defensa denominado autohemorragia (Peck, 2000, citado por SIPOVE, 2009-2015; CENICAÑA, 2011); generalmente se observa sobre el follaje de la caña succionando de las hojas su alimento. Las hembras recién emergidas se aparean en el curso de las primeras semanas de nacidas y una vez fecundadas por los machos ovipositan en el suelo (Hernández-Rosas *et al.*, 2010a). Esta nueva población de huevecillos dará lugar a la segunda generación de la plaga; el periodo de incubación se reduce de 1 a 3 semanas, debido a que la maduración de los huevos es notablemente favorecida por las condiciones meteorológicas del verano, una alta humedad y una alta temperatura del ambiente mantienen un ambiente propicio. Si la plaga no se combate desde su primera generación, las ninfas que corresponden a la segunda generación aparecen en una población mucho más abundante. Estas ninfas crecen y se desarrollan en forma parecida a como se explicó anteriormente, y en un término de 3 o 4 semanas alcanzan su estado adulto (aparecen las alas), suben al follaje de las plantas para iniciar su ataque (Hernández-Rosas *et al.*, 2010a).
- Para octubre o principios de noviembre puede iniciarse la tercera generación, dependiendo de la región cañera de que se trate; pero los insectos adultos que se forman en esta época, al ovipositar dan origen a lo que se conoce como “huevecillos invernantes y/o diapausicos”, los cuales permanecen enterrados en el suelo desde noviembre hasta mayo del año siguiente (SIPOVE, 2009-2015; Hernández-Rosas *et al.*, 2010a).

3.14 BIOLOGÍA DE LA ESPECIE *Aeneolamia albofasciata*

3.14.1 Huevo

Son de forma alargada, con un tamaño de 0.8 x 0.3 mm de color amarillo cremoso y cerca de la eclosión son rojizos, y con un 80 a 90% de humedad eclosionan en 15 días, el número de huevos por hembra es variable y puede ser de 30 a 300 (Bustillo, 2013; Flores, 1994; Vélez, 1985, citado por SIPOVE, 2009-2015; Hernández-Rosas *et al.*, 2010a). Sin embargo, las hembras originadas en las primeras generaciones de huevos hibernantes normalmente suelen producir de 8 a 10 huevos, y el número incrementa conforme se desarrollan las subsecuentes generaciones (de mayo a junio hasta octubre y noviembre) (Hernández-Rosas, 2009). La mayor parte de los huevos hibernantes son depositados en los primeros 2 a 5 cm de profundidad del suelo o en la base de los tallos de la caña de azúcar, prefiriendo suelos arcillosos (Flores, 1994; García, 2005). Se ha observado que los huevos adheridos a las raíces de la caña o pastos tienen mayor probabilidad de eclosionar que los no adheridos a éstas, por lo que permanecen en este estado durante todo el periodo de sequía, hasta el inicio de las lluvias (mayo a junio). Debido a esta razón, la primera generación del salivazo coincide con el inicio de las precipitaciones y el incremento de la temperatura (Bustillo, 2013; Hernández-Rosas *et al.*, 2010b; Hernández-Rosas, 2009; Hernández-Rosas *et al.*, 2013). La temperatura idónea para la proliferación de esta especie va desde los 26 a 28 °C, en condiciones de baja humedad relativa el periodo de incubación puede prolongarse de 20 a 30 días, a excepción de los huevos hibernantes, ya que éstos permanecen hasta seis meses, este tipo de huevos suelen ser más oscuros o quitinizados y con una coloración ligeramente cremosa, en comparación con los huevos no hibernantes que son de color blanquecino a cremoso (Flores, 1994; Hernández-Rosas y Figueroa-Rodríguez, 2011).

3.14.2 Ninfa

Al eclosionar el huevo da origen a una ninfa que debe pasar por cinco instares ninfales (N1, N2, N3, N4 y N5), generando una muda en cada una de ellas. Los primeros tres instares ninfales ocurren con un tamaño aproximado de 1 a 10 mm. La duración del estado ninfal es de 20 a 30 días (Hernández-Rosas *et al.*, 2010a). Las ninfas recién eclosionadas están desprovistas de zonas quitinizadas, por lo que al insertar su estilete en las raicillas de su hospedero absorben la savia e inician con la producción de saliva o espuma, que resulta ser la combinación de un fluido excretado por el extremo anal y una sustancia mucilaginosa que generan en las glándulas epidermales localizadas en el abdomen (Domínguez, 2000), misma que las cubre totalmente, esta sustancia está compuesta por el exceso de líquido que extraen del xilema de la planta y un mucopolisacarido (Bustillo, 2013). Esta saliva o masa espumosa les confiere refugio, sirve como defensa de sus enemigos naturales y como protección de las condiciones climáticas adversas (Bustillo, 2013; Flores, 1994; Hernández-Rosas *et al.*, 2010a; Hernández-Rosas *et al.*, 2010b). La producción de espuma la llevan a cabo en un transcurso de 5 a 15 minutos, ya que si esto tomara un tiempo mayor, y existieran condiciones adversas de temperatura y humedad, esto les causaría la muerte por desecación (Bodegas, 1973; Hernández-Rosas, 2009). Las ninfas recién emergidas son de color amarillo a crema, con un punto anaranjado a cada lado del abdomen y ojos rudimentarios de color rojo (Bustillo, 2013; Sotelo y Cardona, 2011). Del primero al tercer instar son poco activas en cuanto a movilidad, y permanecen en el entorno de donde emergen del huevo. En cambio, las del cuarto instar son más activas, de tal manera que si experimentan algún movimiento de la hojarasca o inundación, se colocarían sobre el tallo por arriba del nivel del agua (Hernández-Rosas, 2009). Las estructuras alares y reproductivas aparecen progresivamente,

las primeras sólo empiezan a aparecer en el tercer instar (Hernández-Rosas *et al.*, 2010a; Sotelo y Cardona, 2011), en el cuarto instar secreta la mayor cantidad de saliva y completa la formación de sus alas, éstas en un inicio son descoloridas pero cambian su coloración a través del tiempo. En el último instar la espuma que recubre a la ninfa es más abundante y persiste varios días hasta que ocurre la última muda y emerge el adulto (Bustillo, 2013; Alatorre-Rosas y Hernández-Rosas, 2015). La característica más importante de este proceso de desarrollo consiste en que los adultos tienen por lo general la misma forma de las ninfas (Sotelo y Cardona, 2011).

3.14.3 Adulto

Tienen hábitos aéreos que le permiten volar hacia el envés de las hojas para succionar la savia del parénquima y durante la succión emite una sustancia tóxica que bloquea los conductos vasculares, este daño se expresa en la hoja como una zona necrosa en forma longitudinal. El tamaño del adulto es de 10 a 15 mm de largo y su tiempo de vida es de 7 a 9 días (Flores, 1994; Bustillo, 2013; Hernández-Rosas *et al.*, 2010b). Son de frente convexa y sobresaliente con dos pequeños ocelos en medio de los ojos compuestos que son más protuberantes. Antenas cortas y setáceas con dos segmentos basales cortos y el resto filiforme. Pronoto grande, hexagonal o trapezoidal y sus colores son variados (Vélez, 1985, citado por SIPOVE 2009-2015). Una vez que emergen las hembras son sexualmente maduras y activas, ovipositan durante 4 días entre 18 a 40 huevos diarios. Deposita sus huevos de forma individual durante la noche en el suelo alrededor de las cepas de caña de azúcar, cerca de las raíces y a pocos centímetros de profundidad (Bustillo, 2013).

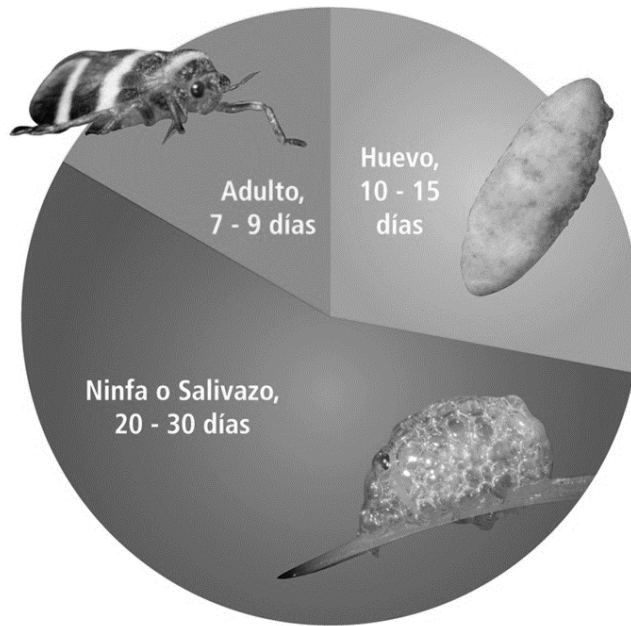


Figura 2.-Tiempo de desarrollo de los diferentes instares de mosca pinta en la zona del golfo de México (25-28°C y 70% HR).

3.15 DAÑO PRODUCIDO

Los efectos dañinos ocasionados por la mosca pinta en el cultivo de la caña de azúcar comienzan al eclosionar las ninfas, las cuales sobreviven alimentandose de brotes jóvenes y del contenido de las células del parénquima de las raíces jóvenes de la caña de azúcar (Lucia, 2013; Rosero, 2011; Castillo, 2006; Bustillo, 2013; Flores, 1994), después del segundo instar, se alimentan del proto y meta-xilema de las raíces que ya han desarrollado este tejido, el cual contiene nutrientes fáciles de digerir (Lucia, 2013; Rosero, 2011; Castillo, 2006). Introducen su estilete hasta que alcanzan los haces vasculares, en consecuencia, éstos se deterioran por perder grandes cantidades de savia,

restringiendo así el paso de nutrientes a las partes aéreas de la planta (Lucia, 2013; Rosero, 2011; Bustillo, 2013; Alatorre-Rosas y Hernández-Rosas, 2015), la oclusión de los elementos del xilema a menudo ocurre después de la alimentación de los instares IV y V (Bustillo, 2013). La savia del xilema contiene sales inorgánicas de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio, así como varios aminoácidos y azúcares que son ricos y fáciles de adquirir. Para obtener una dieta adecuada, las ninfas tienen que ingerir grandes cantidades de esta savia, lo cual implica para la planta la pérdida de un gran volumen de agua (Lucia, 2013; Rosero, 2011; Castillo, 2006; Alatorre-Rosas y Hernández-Rosas, 2015).

La alimentación de las ninfas del salivazo ocasiona en el follaje síntomas similares a la deficiencia de agua (Lucia, 2013), lo que retrasa el crecimiento de la planta (Bustillo, 2013). En su fase de adulto, los salivazos introducen su estilete a través de los estomas de las hojas y no directamente a través de la epidermis (Rosero, 2011), se alimentan de la lámina foliar y provocan una fitotoxemia al inocular sustancias oxidantes y aminolíticas (Lucia, 2013; Rosero, 2011; Castillo, 2006; Bustillo, 2013; Flores, 1994; Alatorre-Rosas y Hernández-Rosas, 2015), que producen manchas lineales cloróticas amarillas. Más tarde, las manchas se tornan necróticas, se reduce el área foliar, el proceso fotosintético queda limitado, se afecta el desarrollo normal del cultivo y todo ocasiona pérdidas económicas considerables (Lucia, 2013; Rosero, 2011; Castillo, 2006; Flores, 1994) el exceso de líquido lo secreta por el ano en forma de pequeñas gotas, por lo cual también se le conoce vulgarmente como mión o meón (Castillo, 2006)

Las pérdidas se extienden también a procesos industriales de la caña de azúcar, ya que los tallos muertos y secos resultantes del ataque de la plaga reducen la capacidad de molienda, pues éstos son contaminantes que dificultan la recuperación de azúcar. Puede haber pérdidas indirectas como la reducción del contenido de sacarosa por la síntesis de compuestos secundarios para la

defensa contra los insectos, tales como los compuestos fenólicos, ya que el aumentar la concentración de estos compuestos en el jugo es un factor asociado con el oscurecimiento de los cristales de azúcar producidos (Rosero, 2011).

Se estimó que una población superior a 10 insectos adultos de *Aeneolamia* spp., por cepa puede causar reducción de 3 a 6 t ha⁻¹ (Rosero, 2011; Flores, 1994; Alatorre-Rosas y Hernández-Rosas, 2015). Cuando las poblaciones de salivazo en un lote son altas, la apariencia de la caña de azúcar es similar a la quemazón con herbicida (Bustillo, 2013).

3.16 MANEJO INTEGRADO DE LA MOSCA PINTA

3.16.1 Control mecánico

Rastra Fitosanitaria: es una alternativa dentro del manejo integrado de la mosca pinta en la temporada de hibernación del huevo. Esta plaga esta inactiva por seis meses por lo tanto facilita la implementacion de practicas de manejo de la mosca pinta donde se utilicen implementos agricolas como pudieran ser una rastra. Esta actividad se interrumpe con las lluvias de los meses de mayo-junio permitiendo la activación del huevo y emergencia de la ninfa o salivazo. Meter una rastra, como comunmente se dice, surge a partir del principio de que los huevos en hibernación estan colocados sobre el suelo a una profundidad no mayor a los 5 cm, incrustados entre las raicillas de la cepa o cercanos a la misma. Entonces, en los primeros 15 dias despues de haber realizado el corte de la caña y bajo el manejo convencional del cultivo (ahile o requema, destroncane, etc.) se recomienda realizar pases de rastreo, ya que en este punto no se daña con el

implemento los brotes o pelillos que sobresalen. La rastra daña mecánicamente los huevos y los expone a la luz solar, es decir a la radiación solar (Hernández-Rosas *et al.*, 2013).

Colocar un drenaje adecuado en suelos arcillosos para evitar encharcamientos en el terreno, una alta humedad crea un ambiente propicio para un mejor desarrollo de la plaga (Sáenz *et al.*, 1999).

Control de malezas en el cultivo: esta actividad debe de realizarse para que los rayos del sol lleguen hasta el suelo y la plaga no tenga las condiciones para su proliferación, pues la maleza es un refugio de las plagas.

3.16.2 Control biológico

Se establece que el uso de hongos entomopatógenos para el control de la mosca pinta o salivazo, afecta directamente las primeras ninfas o adultos, las esporas se adhieren al insecto sobre su cutícula y germinan entre las 4 a 12 horas logrando introducirse en el insecto. Una vez que ha infectado al insecto, en el caso de la ninfa o salivazo de la mosca pinta estas se observan a manera de copos o cúmulos de espora en las patas del insecto. En el caso del adulto de mosca pinta pueden entrar en contacto con las esporas circundantes en el ambiente o mediante aplicaciones aéreas y/o manuales. La diferencia de un manejo a nivel de adulto comparado con la aplicación de esporas de *Metarhizium anispliae* sobre la ninfa o salivazo es que este último está fijo en la raíz desde que rompe el huevo, mientras que el adulto que presenta alas es muy rápido en su vuelo en días calurosos haciendo más difícil el contacto de las esporas con el insecto (Hernández-Rosas *et al.*, 2013).

3.16.3 Control químico

Este control se basa en el uso de insecticidas selectivos y específicos que no dañen la fauna benéfica, como malathión polvo, carbamato polvo y cipermetrinas, realizando aplicaciones de acuerdo a las dosis recomendadas al pie de la cepa con espolvoreadora manual o de motor en los manchones donde se presente (Sánchez, 2005).

Otros productos recomendados son: Monocrotofos (Nuvacrón 50 LS) 1.2-1.8 l ha⁻¹. Diazinón (Basudín 25E, Diazinón 25) 1-1.5 l ha⁻¹, aplicados sobre el follaje. Azinfós metílico CE20, carbofurán CE 35, carbofurán G 5%, endosulfán CE 35, monocrotofos LM 56, paratión metílico CE 50 (Rodríguez, 2004).

3.16.4 Control etológico

El control etológico utiliza algunas características del comportamiento de las plagas para diseñar estrategias de control. Muchas especies de insectos son fuertemente atraídas a fuentes de luz y el color amarillo. Estas características han permitido mejoras en las técnicas de trapeo para algunos lepidópteros y coleópteros (trampas de luz) y para algunos dípteros (trampas amarillas) (Brechelt, 2004).

Esta tecnología se puede utilizar para:

- Mejorar la eficiencia de los plaguicidas convencionales.

- Supresión de la población sin plaguicidas por el trampeo masivo y la interrupción del apareamiento o confusión de los machos.

Rodríguez en 2004 utiliza trampas de color verde, con dimensiones de 50x70 cm, menciona que se deben colocar 50 tramas en cada hectárea, colocandolas al inicio de las lluvias, así se asegura la captura de adultos desde los primeros días. Sánchez en 2005 menciona que se utilizan 100 pantallas/ha, de plástico de color verde y/o amarillo con las mismas dimensiones (50 X 0.70 cm) colocadas a una distancia de 10 metros entre si, untadas de una resina que sirve como adherente, menciona que el éxito de esta práctica es la colocación de las pantallas al inicio de la temporada cuando se detecta la presencia de los primeros salivazos.

3.17 ECOLOGÍA QUÍMICA DE INSECTOS

Es un área interdisciplinaria que se encarga de estudiar las interacciones entre los organismos y entre éstos y su entorno, por medio de sustancias químicas que emiten o reciben (Wood, 1983).

Este tipo de estudios, además del aislamiento, caracterización y síntesis de las sustancias químicas, se combina con estudios fisiológicos y de comportamiento. A partir de ello se ha propuesto la manipulación del comportamiento de los insectos, mediante el uso de sustancias químicas moduladoras del mismo, estas sustancias son conocidas como semioquímicos.

3.18 SEMIOQUÍMICOS

Los semioquímicos son compuestos que se sintetizan a partir de rutas degradativas del metabolismo primario y sin tener un rol específico en éste. En la biosíntesis intervienen cientos de miles de enzimas especializadas y en la mayoría de los casos es un sustrato y una enzima para un compuesto. Sin embargo, puede ocurrir la síntesis de muchos productos por una sola enzima a partir de varios precursores o menos frecuentemente de un solo sustrato. Asimismo, una enzima puede catalizar una función química similar en el mismo sustrato, o por el contrario, catalizar una misma función química pero en diferente sustrato (Anaya y Espinoza, 2006). Esta red de síntesis da origen a muchos compuestos nuevos y rutas metabólicas nuevas, que favorecen una diversidad química que desempeña un rol importante en la historia evolutiva de las especies.

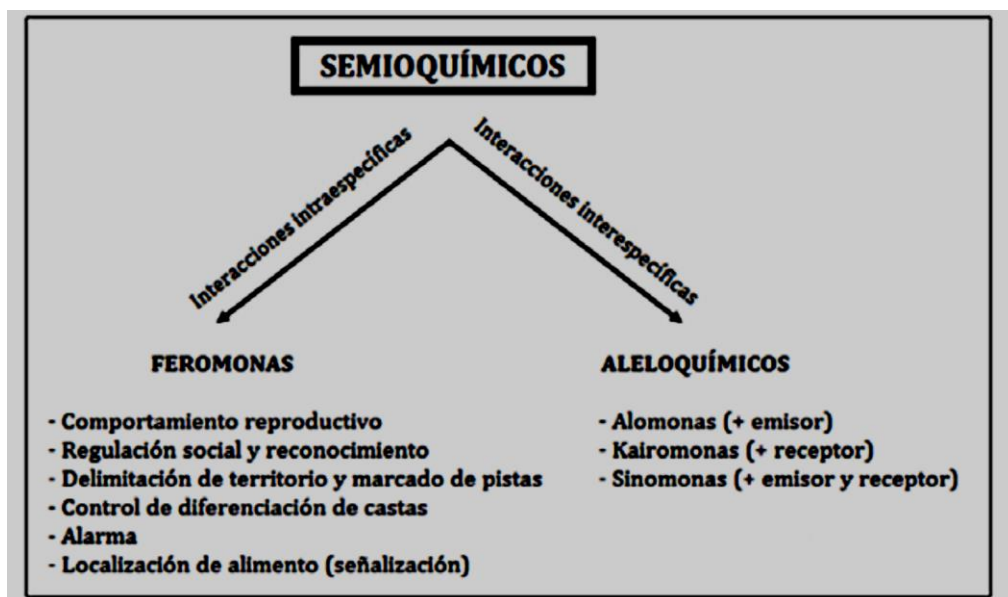


Figura 3.-Clasificación de semioquímicos (Cortéz 2013).

En los semioquímicos se pueden reconocer dos grandes grupos 1) las feromonas; 2) los aleloquímicos.

3.18.1 Feromonas

Del griego *phereum*, llevar; horman, excitar o estimular. Éstas median las interacciones entre organismos de la misma especie confiriendo ventajas de adaptación al organismo emisor, al organismo receptor o a ambos. De hecho, la diversidad de respuestas fisiológicas y de comportamiento inducida por la recepción de mensajes químicos en un organismo y emitida por otros organismos de la misma especie, pudo ser un factor principal en la evolución de los niveles de sociabilidad en insectos. Las feromonas pueden ser de tipo sexual, de reconocimiento, delimitación de territorio, diferenciación de castas, alarma, localización de alimento (de agregación) (Cortéz, 2013; Vacas, 2011).

3 18.2 Aleloquimicos

3.18.2.1 Kairomonas

Son favorables, desde el punto de vista adaptativo, para el organismo receptor.

3.18.2.2 Alomonas

Dan ventajas desde el punto de vista adaptativo al organismo que la produce y desventajas al organismo que la recibe.

3.18.2.3 Sinomonas

Inducen una respuesta conductual o fisiológica que es favorable, desde el punto de vista adaptativo, para ambos organismos. Una parte elemental de estas interacciones está relacionada con la comunicación química, que es el modo primario de transferir información en muchos grupos de organismos y es importante mencionar que dependiendo del contexto, un mismo compuesto químico puede pertenecer a categorías distintas de semioquímicos (Cortéz, 2013).

La eficiencia de estas sustancias semioquímicas en la comunicación química dependerá de varias propiedades físico-químicas, entre ellas, la naturaleza química, la solubilidad, la volatilidad, el tiempo de vida en el ambiente, entre otras. Así, los estudios en ecología química han permitido reconocer que la comunicación química es uno de los atributos fundamentales para comprender el significado biológico de la vida (Cortéz, 2013).

3.19 ALGUNOS EJEMPLOS DE TRABAJOS CON SEMIOQUÍMICOS

Copitarsia corruda (Lepidoptera: Noctuidae) es una plaga que afecta al espárrago. Se estudió la composición de los compuestos volátiles de un extracto diclorometánico de las glándulas sexuales de insectos hembras, por medio de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. Este mismo extracto fue luego sometido a un análisis por cromatografía de gases

acoplada a un electroantenodetector para evaluar la respuesta de las antenas de machos. Se pudo observar que los insectos machos reaccionan positivamente ante la presencia del compuesto (Z)-9-tetradecenil acetato. Este compuesto al parecer sería la principal feromona sexual presente en las glándulas sexuales de los insectos hembras (Espinoza *et al.*, 2012).

El picudo del agave en Mexico, es otro ejemplo, los machos de esta especie liberan una feromona de agregación que atrae a ambos sexos, la feromona está compuesta por dos alcoholes y dos cetonas. Experimentos previos en campo han mostrado que los cuatro compuestos son atractivos a los picudos del agave, pero las mayores capturas se obtuvieron cuando se combinaron la 2-metil-4-heptanona (C1) y la 2-metil-4-octanona (C2) (Rodríguez-Rebollar, 2012).

La palomilla del nopal tiene una gran repercusión en el cultivo, por lo cual la ficha técnica de 2009 reporta el compuesto volátil nonanal, liberado por plantas de *Opuntia stricta*, provoca un estímulo electrofisiológico tanto en hembras como en machos de *C. cactorum*, por lo que es un candidato a ser un atrayente de este insecto. La palomilla tiene la habilidad de localizar plantas pequeñas aisladas, cuando la densidad de plantas es alta (Cibrián, 2009).

Calyecac-Cotero *et al.* (2006) probaron la atracción del picudo del tomate (*Trichobaris championi*) a plantas de tomate, machos y hembras de la misma especie, y la combinación de todos. Encontraron que existe una mayor atracción en la combinación del hospedante y los machos, seguido de las plantas de tomate y por último los machos, éstos últimos atraen a machos y hembras por igual. Por lo que, consideraron que la combinación de los volátiles emitidos por los machos y la planta hospedante proporcionan el mejor estímulo de atracción para el picudo del tomate.

4 HIPÓTESIS Y OBJETIVO

4.1 HIPÓTESIS

La caña de azúcar y los pastos producen compuestos volátiles relacionados con la atracción de plagas.

4.2 OBJETIVO

Identificar los compuestos volátiles presentes en hojas de caña de azúcar y pastos que son potenciales atrayentes de insectos plaga.

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 MATERIAL VEGETAL

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, se evaluaron: zacate peludo (*Rottboellia cochinchinensis*) y pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), estos pastos se encuentran con regularidad rodeando al cultivo de la caña de azúcar actuando como hospedero de la mosca pinta.

5.2 EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS VOLÁTILES

Las plantas emiten una mezcla de compuestos orgánicos volátiles. Es una mezcla que incluye los llamados “volátiles de hojas verdes” (aldehídos, alcoholes, y sus respectivos acetatos de seis carbonos), monoterpenos, sesquiterpenos y compuestos aromáticos. Sintetizando compuestos químicos volátiles presentes en hojas de caña de azúcar (Rojas y Malo, 2012). La evaluación de distintos métodos de extracción de compuestos volátiles nos ayuda a encontrar el método adecuado para la obtención de los compuestos en hojas verdes de caña de azúcar (Morales *et al.*, 1992).

5.2.1 Hidrodestilación

Tomando 150 g de material vegetal, se utilizó un sistema tipo Clevenger, donde el material vegetal se colocó dentro de un matraz de fondo redondo con dos a tres veces su peso en agua, se calentó hasta llegar a ebullición y a partir de ese momento se contabilizaron 3 h de extracción, se recuperó la emulsión de agua y aceite para ser extraída tres veces con 15 mL de diclorometano. Posteriormente el extracto diclorometánico fue secado con sulfato de sodio anhidro, el extracto seco se depositó en un matraz de fondo redondo para eliminar el disolvente con un rotaevaporador marca Büchi® tanto como fue posible, el aceite contenido se depositó en el matraz y se transfirió a un vial, para dejar evaporar el resto del disolvente a temperatura ambiente en una campana de extracción (Rodríguez-Álvarez *et al.*, 2012).

5.2.2 Enfleurage

Se colocó manteca de karité (*Vitellaria paradoxa*) en una caja petri, la manteca se calentó hasta quedar líquida sin llegar a ebullición, se colocaron 3 g de material vegetal fresco dentro de la manteca de karité a temperatura de 60 °C durante 15 min, posteriormente se dejó solidificar la manteca y en ese momento se colocaron 2 g adicionales de material vegetal fresco, en la tapa de la caja petri se colocaron 3 g mas de manteca, se dejó extraer durante 48 h en obscuridad. Pasado el tiempo de extracción se procedió a raspar el contenido de la caja Petri y se colocó en un vaso de precipitados, se calentó nuevamente sin llegar a ebullición, se eliminó el resto de detritos vegetales mediante decantación, entonces la extracción se realizó con etanol al 80%, y el etanol fue evaporado en un rotaevaporador para obtener sólo el extracto (Rodríguez-Álvarez *et al.*, 2012).

5.2.3 Maceración en disolvente orgánico

Se colocaron 3 g de material vegetal en un matraz Erlenmeyer de 25 mL, posteriormente se agregaron 10 mL de hexano, después el matraz que contenía la muestra se selló y se dejó en extracción por 48 h en obscuridad. Transcurrido el tiempo de extracción se obtuvo el sobrenadante por decantación, el disolvente se concentró utilizando un rotaevaporador marca IKA® RV 10 basic, el extracto depositado en el matraz de fondo redondo se transfirió a un vial de 1.5 mL. Posteriormente la muestra se secó utilizando nitrógeno y fue extraída nuevamente con

etanol, el cual se extrajo nuevamente con 200 μL de diclorometano y se secó con sulfato de sodio anhidro y se almacenó a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, hasta su uso (Rodríguez-Álvarez *et al.*, 2012).

5.2.4 Aireación dinámica

Colocando 50 g de material vegetal fresco dentro de un vial Dechsler, se sometió a una corriente de aire producida por una bomba de aire Elite 800, los filtros que atraparon los volátiles consistieron en pipetas Pasteur de vidrio rellenas de 0.05 g de tenax retenido con fibra de vidrio, éstos filtros se limpiaron con 2 mL de diclorometano. Un filtro se colocó conectado a la manguera que conduce el aire antes de la trampa de agua, y el siguiente filtro en la salida de la corriente de aire. El material vegetal fue cambiado cada 24 h durante tres días, para obtener una mayor cantidad de volátiles aislados (Velázquez-González *et al.*, 2011).

Los métodos de extracción de volátiles dieron como resultado la elección de sólo uno de ellos, el cual fue la hidrodestilación, porque fue el único método adecuado para la extracción de volátiles con este material vegetal; por lo tanto, la extracción de cada una de las muestras evaluadas se realizó por duplicado con este método .

5.3 CROMATOGRAFÍA DE GASES (GC-MS)

Se utilizó un Cromatógrafo Hewlett Packard® Hp 6890 Series acoplado a un detector de masas Hp 5973, usando una columna HP-5/ 30 m x 0.250 μm y 0.25 μm de grosor de fase estacionaria, utilizando Helio como gas acarreador con grado de pureza 99.9%, un flujo de 1 mL min^{-1} ,

temperatura del horno comenzando en 40 °C y aumentando 9 °C por minuto hasta alcanzar una temperatura de 220 °C, el inyector en modo splitless y a una temperatura 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 la del cuadrupolo de 250 °C.

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.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La extracción de los compuestos volátiles con las distintas técnicas resultó positiva solamente con la técnica de hidrodestilación, ya que fue la única en la cual se encontraron presentes compuestos volátiles, las técnicas de enfleurage, maceración en disolvente orgánico y aireación dinámica no contenían ningún compuesto volátil reconocido en las corridas de cromatografía de gases, estas evaluaciones se realizaron por duplicado.

Las variedades evaluadas presentaron diferencias en el número y tipo de compuestos que componen el extracto aromático de sus hojas. La fracción aromática de las hojas 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 caña, 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 (Cuadro 1).

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

Numero de compuesto	Compuesto	TR	% de composición	IK
1	(Z)-3-hexen-1-ol	4.54	32.5	384
2	1-Cloro-2-metilpropeno	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	1016
12	3-Buten-2-ona,4-(2,2,6-trimetil)	21.97	0.33	1058
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, pero en esta variedad es el fitol el compuesto más abundante con casi el 37% (Cuadro 2), a diferencia de la variedad CP 72-2086 donde el alcohol de seis carbonos es el compuesto más abundante.

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

Numero 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	1047
9	Terpineol	15.94	0.43	917
10	(E)-5-octadeceno	21.68	0.61	1136
11	3-Buten-2-ona,4-(2,2,6-trimetil)	21.96	0.6	1050
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 presenta el doble de 1-octen-3-ol, comparada con 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 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 frijol caupí, aunque en menor concentración (Gouinguene, 2005). Este compuesto ha sido evaluado ampliamente como una 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). *Lutzomyia longipalpis* es un mosquito que tiene la capacidad de detectar el 1-octen-3-ol en corrientes de aire (Lazzari, 2011; Sant'Ana *et al.*, 2002).

La combinación de sustancias también tiene buenos resultados como atrayente ya que la combinación de hexenol con octenol se evaluó con buenos resultados en la atracción de mosquitos, aunque no se pudo demostrar si el hexenol hace una diferencia debido a que el

octenol atrae a los mosquitos por si mismo. La mezcla evaluada fue la siguiente: 10 mL de 1-hexen- 3-ol y 10 mL de 1-octen-3-ol; 400 mL de acetona (Kline *et al.*, 2012). 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). Se encontró en una especie arbustiva, como lo es *Lantana camara*, que el 1-octen-3-ol es uno de los principales compuestos que tienen atracción de la mosca Tse Tse (*Glossina spp.*), evaluando el comportamiento del insecto se determinó que es uno de los estimulantes químicos para las células receptoras (Syed y Guerin, 2004).

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

Numero 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	1337

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-hexenol con 46.8, 47.96, 56.2, 39.99 y 57.36%, respectivamente (Cuadro 4-8). 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 (Cuadro 8).

Cuadro 4.-Compuestos de la variedad ITV 92-1424.

Numero de compuesto	Compuesto	TR	% de composición	IK
1	(Z)-3-hexen-1-ol	4.72	46.8	449
2	Ciclopentano1,3-dimetil, cis	10.12	8.58	685
3	1-octen-3-ol	10.38	22.25	813
4	Benzeneacetaldeido	12.23	0.9	407
5	Alcohol ciclooctil	12.89	0.12	610
6	Terpineol	15.95	1.08	922
7	2,5-tiofenedicarboxaldeido	16.03	0.57	609
8	n-nonano, 1-(-cicliazapropil)	18.41	1.2	1113
9	Fenol,-2-metoxi-3-(-2-propenil)	19.52	0.46	42
10	3-buten-1-ona, 4-(2,2,6-trimetil)	20.65	0.89	685
11	3-buten-2-ona, 4-(2,2,6-trimetil)	21.96	1.25	1446

Cuadro 5.-Compuestos de la variedad MEX 79-431.

Numero de compuesto	Compuesto	TR	% de composición	IK
1	(Z)-3-hexen-1-ol	4.72	47.96	449

2	2-butoxietanol	5.9	0.31	61
3	2,4-hexadienal, (E,E)	6.04	0.36	79
4	1-hexeno,3,5,5-trimetil	10.12	8.76	856
5	1-octen-3-ol	10.38	25.44	813
6	1,3-pentadieno, 2-metil-, (E)	11.26	0.44	84
7	Cicloexano,1,3-dimetil-,cis	11.81	0.29	277
8	Alcohol bencílico	11.98	0.43	293
9	Benzeneacetaldeido	12.23	1.01	407
10	2-octen-1-ol, (E)	12.88	1.06	607
11	Cicloheptano	12.97	0.63	564
12	Propionato	13.71	0.38	1055
13	Terpineol	15.95	0.85	922
14	2-undeceno,3-metil-, (E)	18.41	0.2	3100
15	3-buten-2-ona, 4-(2,2,6-trimetil)	21.97	0.22	3508
16	Fitol	22.96	5.15	1795

Cuadro 6.-Compuestos de la variedad L 77-50.

Numero de compuesto	Compuesto	TR	% de composición	IK
1	(Z)-3-hexen-1-ol	4.73	56.2	452
2	Ácido formico, ester de hexilo	4.99	1.16	624
3	2-heptanol	5.72	0.97	44
4	2-butoxietanol	5.91	0.42	62
5	2,4,hexadieno,2-metil	6.05	0.45	92
6	1-butanol, 2-metil-,propanoato	10.14	4.31	774
7	1-octen-3-ol	10.39	16.37	815
8	2-tetradecanol	11.07	0.48	82
9	Ciclopentano, 1,3-dimetil-	11.42	0.58	140
10	2-ciclohexen-1-ona	11.52	0.51	146
11	Ciclohexano, 1,3-dimetil-,cis	11.82	0.38	280

12	Alcohol bencílico	11.97	0.55	290
13	Benzeneacetaldeido	12.23	1.06	407
14	Alcohol ciclooctil	12.96	0.64	638
15	1-octanol	12.98	1.12	632
16	Propionato	13.72	1.56	1059
17	Metil salicilato	16.03	0.21	783
18	2-buten-1-ona, 1-(2,6,6-trimetil)	20.07	0.45	1045
19	Fitol	22.98	1.02	267

Cuadro 7.-Compuestos de la variedad COLPOS CT MEX 05-223.

Numero de compuesto	Compuesto	TR	% de composición	IK
1	(Z)-3-hexen-1-ol	4.73	39.99	452
2	1-octen-3-ol	10.39	25.89	815
3	3-octanol	10.93	0.9	6
4	2-ciclohexen-1-ona	11.51	1.12	144
5	2-penteno,2,4,4-trimetil	11.82	0.35	280
6	Alcohol bencílico	11.98	0.51	293
7	Benzeneacetaldeido	12.23	1.12	407
8	2-octen-1-ol, (E)	12.88	2.38	607
9	1-octenol	12.96	1.14	632
10	Propionato	13.72	0.85	10.59
11	Fitol	22.94	2.83	248

Cuadro 8.-Compuestos de la variedad COLPOS CT MEX 05-204.

Numero de compuesto	Compuesto	TR	% de composición	IK
1	(Z)-3-hexen-1-ol	4.72	57.36	449
2	Alcohol bencílico	11.97	3.13	290
3	Benzeneacetaldeido	12.24	2.06	410

4	1-octanol	12.96	1.37	632
5	1R-alfa-pineno	13.72	0.57	1059
6	Ciclohexeno,2-butil-1,3,3-trimetil	17.63	0.5	805
7	Ácido propionico 3-ciclopentilo, 2-tri	17.78	1.1	1221
8	3,4-hexadienal, 2-butil-2-etil-5	18.04	0.82	1064
9	2-Undeceno, 3-metil-, (E)	18.41	0.97	1206
10	3-Buten-2-ona, 4-(2,6,6-trimetil)	21.96	1.46	1050
11	Fitol	23	3.27	277

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 (Cuadro 9 y 10). 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.

Cuadro 9.-Compuestos de pasto estrella africana.

Numero 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	1004
15	Metil salicilato	14.05	1.19	851
16	Vainillina	19.72	2.08	893

Cuadro 10.-Compuestos de zacate peludo.

Numero 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 (Figura 3). Éstos se relacionan 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 luego de la planta se daña mecánicamente (Röse y Tumlinson, 2004).estos compuestos se forman por la degradación enzimática y la reducción de ácido graso (Cortés *et al.*, 2005), se han evaluado como atrayentes de las hembras de el gusano de bolsa (*Hyphantria cunea*) utilizando la técnica de electroantenograma (Tang *et al.*, 2012). Se demostró que estos compuesto de origen vegetal emite señales químicas que atraen insectos benéficos a los cultivos (Gurr y Kvedaras, 2010). Cuando son emitido por flores de manzana resultan atractivos para los adultos de *Anthonomus pomorum* (Kalinová *et al.*, 2000), en *Nicotiana tabacum* tienen la función de repelente (Torto,

2002-2015), los reportes en maíz nos dicen que funcionan como un atrayentes del gusano elotero (Huang, 2009) y de algunas avispas, al igual que en los cultivos de algodón y frijol caupí (Gouinguene, 2005).

Los compuestos que se presentan con mayor frecuencia en las ocho variedades de caña de azúcar y los pastos se muestran en el Cuadro 11, cada muestra esta representada por un numero (1.- CP 72-2086; 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).

Cuadro 11.-Compuestos presentes con mayor frecuencia en los distintos materiales vegetales y su porcentaje de abundancia de cada uno de ellos.

Compuesto	Material vegetal (% de Composición)
(Z)-3-hexen-1-ol	1 (32.5), 2 (20.35), 4 (46.8), 5 (47.96), 6 (56.2), 7 (39.99), 8 (57.36), 9 (52.73),10 (59.69)
1-octen-3-ol	1 (30.29), 2 (22.9), 3 (40.06), 4 (22.25), 5 (25.44), 6 (16.37), 7 (25.89)
2-butoxietanol	5 (0.31), 6 (0.42), 9 (0.56)
2-ciclohexen-1-ona	3 (1.84), 6 (0.51), 7 (1.12), 9 (2.47)
3-buten-2-ona, 4-(2,2,6-trimetil)	1 (1.25), 2 (0.22), 3 (1.46), 4 (0.33), 5 (0.6), 8 (0.83)
3-octanol	1 (1.06), 2 (0.81), 3 (2.3), 7 (0.9)
benzil alcohol	2 (1.13), 3 (0.43), 5 (0.92), 6 (2.2), 7 (0.55), 8 (0.51), 9 (3.13)
Benzaldeido	1 (1.1), 2 (1.04), 3 (3.13), 4 (0.9), 5 (1.01), 6 (1.06), 7 (1.12), 8 (2.06), 9 (7.32)
Ciclohexano, 1,2-dimetil,-cis	5 (0.95), 6 (0.38), 9 (0.29)
Fitol	1 (17.56), 2 (36.97), 5 (5.15), 6 (1.02), 7 (2.83), 8 (3.27)
Propionato	2 (0.97), 3 (0.56), 5 (0.38), 6 (1.56), 7 (0.85), 10 (4.45)
Terpineol	1 (0.65), 5 (0.85), 9 (1.59)

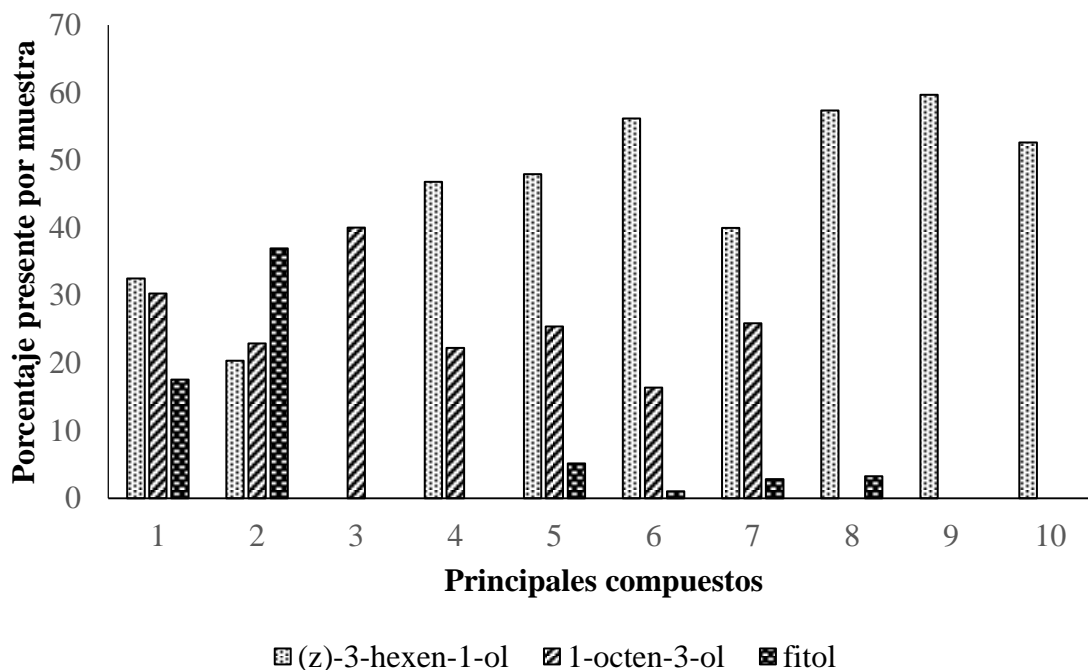


Figura 4.-Comparación de la abundancia de los tres compuestos mayoritarios en las muestras de material vegetal evaluadas.

Figura 4 Comparación de la abundancia de los tres 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 cuadro 12 podemos encontrar los compuestos que tienen un mayor porcentaje de composición en las hojas de caña de azúcar y pastos.

Cuadro 12.-Compuestos con un mayor porcentaje de composición en los distintos materiales vegetales.

Compuesto	Material vegetal	% de 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

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). El porcentaje obtenido es comparable al encontrado en hojas del árbol de karaya (*Sterculia urens*); se detectó mediante la cromatografía de gases un alto contenido de fitol (37.78%) y 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-microbacteriana contra *Mycobacterium tuberculosis*. Es utilizado como antidiabético, antibacteriano, anticancerígeno, antioxidante, antiespasmódico, analgésico y diurético (Nanadagopalan, 2015).

7 CONCLUSIONES

En cada una de las evaluaciones se encontraron distintos compuestos, las coincidencias entre variedades se dio con tres compuestos principales que son (Z)-3-hexen-1-ol; 1-octen-3-ol y fitol. El compuesto con mayor numero de repeticiones 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 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 expreso 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, teniendo la mayor abundancia en la variedad RD 75-11 con 40.06%.

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

Las variedades de caña de azúcar evaluadas donde se detectó la aparición de los tres compuestos principales fueron CP72-2086, MEX 69-290, MEX 79-431, L 77-50 y COLPOS CT MEX O5-223.

Las variedades que cuentan con un menor contenido de (Z)-3-hexen-1-ol son las que tienen una mayor superficie de cultivo en la zona centro del estado de Veracruz y son atacadas por la mosca

pinta, por lo tanto podemos deducir que el bajo contenido de (Z)-3-hexen-1-ol las vuelve vulnerables al ataque de mosca pinta.

Tanto los pastos como la caña de azúcar contiene (Z)-3-hexen-1-ol, con un menor porcentaje de éste compuesto en las hojas de caña de azúcar, ésta puede ser la razón por la cual la mosca pinta decide alimentarse de ellas y no así de los pastos, a los que solo recurre cuando la caña de azúcar es cosechada.

- Alatorre-Rosas, R. y Hernández-Rosas, F. 2015. Mosca pinta, *Aeneolamia spp.* y *Prosapia spp.* *Hemiptera: Cercopidae*. Capítulo 8. In: Casos de control biológico en México. 2:413.
- Améndola R., E. Castillo., P A. Martínez. 2005. Perfiles por País del Recurso Pastura/Forraje FAO. México. Pp 58.
- Anaya L., A. y Espinosa G. F. 2006. La química que entreteje a los seres vivos. Revista ciencias de la UNAM, México. Julio-septiembre. Pp 4-13.
- Arcenaux G. 1965. Cultivated sugarcanes of the world and their botanical derivation. Proceedings of International Society of Sugar Cane Technologists. 12: 844-854.
- Arnaldos M.I., García M.D. y Presa J.J. 2010-2011. Entomología Económica. Material docente para la Asignatura de: Entomología Forense. Máster Universitario en Ciencias Forenses. Universidad de Murcia, España. Pp: 22.
- Barrera J.F. 1995. Introducción al control biológico, ECOSUR, Tapachula, Chiapas, México. En: Memoria VI curso nacional de control biológico, Ed. William de la Rosa Reyes. Pp 6-7.
- Bautista M., N. 2006. Insectos plaga: una guía ilustrada para su identificación. Colegio de Postgraduados. Bayer CropScience. Pp: 26.
- Berding N., Roach T. 1987. Germplasm maintenance and use. In: D. J Heinz (ed). Development in crop science II. Sugar Cane improvement through breeding. Elsevier press. Netherlands. Pp: 143-210.
- Blanco Y., Á. Leyva. 2007. Las arvenses en el agroecosistema y sus beneficios agroecológicos como hospederas de enemigos naturales. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Cuba. Cultivos Tropicales. 28: Pp 21-28.
- Bodegas V., P. 1973. Aspectos biológicos sobre la mosca pinta de los pastos, con énfasis en el periodo de incubación de los huevecillos de *Aeneolamia occidentalis* (*Fennah*). Tesis presentada como requisito para optar al grado académico de maestro en ciencias, especialidad en parasitología agrícola. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores Monterrey. 109 p.
- Brechelt A. 2004. El Manejo Ecológico de Plagas y Enfermedades. Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP-AL). República Dominicana.
- Bruyne M. de., and T. C. Baker. 2008. Odor Detection in Insects: Volatile Codes, Journal of chemical ecology, Springer Science. Pp:882-897.
- Bustillo P., A. E. 2013. Insectos plaga y organismos beneficios del cultivo de la caña de azúcar en Colombia. CENICANA. Estación experimental: via cali-florida km 26, san antonio de los caballeros, Colombia. 158 p.

- Bustillo P., A. E., U. Castro V. 2011. El salivazo de la caña de azúcar *Aeneolamia varia* (F.) (Hemiptera: Cercopidae). Hábitos, biología y manejo de poblaciones. Cali, Cenicaña. 11:16.
- Calyecac-Cortero, H. G., Cibrian-Tovar, J., López-Collado, J. y García-Velasco, R. 2006. Emisores de los volátiles de atracción de *Trichobaris championi* Barber. .Agrociencia 40. Departamento de entomología y acarología, Colegio de Postgraduados campus Montecillo, Estado de México, México: Pp 655-663.
- Cañedo V., Alfaro A., and Kroschel J. 2011. Manejo integrado de plagas de insectos en hortalizas. Principios y referencias técnicas para la Sierra Central de Perú. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú. 48p.
- Castillo Z., S. 2006. Uso de *Metarhizium anisopliae* para el control biológico del salivazo (*Aeneolamia spp.* y *Prosapia spp.*) en pastizales de *Brachiaria decumbens* en El Petén, Guatemala. Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza como requisito para optar por el grado de: Magister Scientiae en Agricultura Ecológica. Programa de educación para el desarrollo y la conservación, escuela de posgrado. Turrialba, Costa Rica. Pp 67.
- CENGICAÑA. 2000. Boletín Cañamip: Plagas de la Raíz en Caña de Azúcar. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. Guatemala.
- CENICAÑA. 2011. Ficha técnica, “El salivazo de la caña de azúcar *Aeneolamia varia* (F.) (Hemiptera: cercopidae)”. Ministerio de agricultura y desarrollo rural. República de Colombia.
- Cibrián T., J. 2009. FICHA TÉCNICA *Cactoblastis cactorum* Berg, Palomilla del Nopal, Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México.
- Colegio de Postgraduados., Fundación Produce Veracruz. 2003. Azúcar. Pp. 137.
- Cortés S., M. L Gil., E. Fernández. 2005. Volatile composition of traditional and industrial Orujo spirits. Departamento de Química Analítica y Alimentaria, Área de Química Analítica, Facultad de Ciencias, Universidad de Vigo, As Lagoas s/n. 32004 Ourense, Spain. Food Control 16. Pp. 383–388.
- Cortéz V. 2013. Ecología química y perspectivas de su aplicación en la conservación de la biodiversidad. Cuadernos de biodiversidad. 41. pp 16-21
- De La Cruz Z., G. 2014. Identificación de plantas hospederas de mosca pinta en caña de azúcar en Cárdenas, Tabasco. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Postgraduados campus Tabasco. Cárdenas, Tabasco, México. 54 p.
- Díaz M., L. y Portocarrero R., E. 2002. Manual de producción de caña de azúcar (*Sacharum officinarum* L.), trabajo de graduación para optar al título de ingeniero agronomo, Honduras. Pp 5.
- Domínguez R. R. 2000. Taxonomía I. Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. De México. 276 p.

- Espinoza G., J Gambetta., R. Rojas. 2012. Identificación de una potencial feromona sexual de *Copitarsia corruda* por cromatografía de gases y electroantenografía, con miras al manejo integrado de plagas del espárrago, Rev Soc Quím Perú. 78 (4):225-232.
- FAO. 2008. La biodiversidad para el mantenimiento de los agroecosistemas. Hoja informativa. Biodiversidad agrícola en la organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma.
- FAOSTAT. 2012. <http://faostat.fao.org/>
- Figueroa-Rodríguez, K. A., B. Figueroa S., F. Hernández R., D. M. Sangermán J., y A. Navarro B. 2013. Diagnóstico de productores afectados con mosca pinta en el ingenio "El refugio". In: La agricultura y los cambios estructurales en México. Cadena I., J., D. M. Sangermán J.(ed.). Colegio de Postgraduados. México. Pp: 77-94.
- Flores C., S. 1994. Las plagas de la caña de azúcar en México. México. 351 p.
- Forlín, A. M. 2012. Identificación de insectos plagas en cultivos hortícolas orgánicos. Alternativas para su control. Informe técnico –serie: extensión rural. INTA –Estación Experimental Agropecuaria “El Colorado” –El Colorado-Formosa. Pp: 19.
- García G., C. 2005. Análisis probabilístico de riesgo para el manejo preventivo de la mosca pinta *Aeneolamia postica* (Walker) Fennah (*Hemiptera: cercopidae*), Tesis de Maestría en Agroecosistemas Tropicales, Colegio de Postgraduados. Pp: 94.
- Ghersa C., M., M. A. Martínez-Ghersa. 1991. Cambios ecológicos en los agrosistemas de la Pampa ondulada. Efectos de la introducción de la soja. Investigación y Ciencia, 5: 182-188.
- Giraldo E., C., L. K. Reyes G. y J. J. Molina E. 2011. Manejo integrado de artrópodos y parásitos en sistemas silvopastoriles intensivos. Manual 2, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. GEF, Banco mundial, FEDEGAN, CIPAV, Fondo acción, TNC. Bogotá, Colombia. Pp:51.
- González J., A. 2007. Agroecosistemas mexicanos: pasado y presente. In: Polonia: Universidad de Varsovia, Centro de Estudios Latinoamericanos, Itinerarios, Revista de estudios lingüísticos, literarios, históricos y antropológicos. 6:55-80.
- Gómez S., A. 2012. Evaluación de los ecosistemas del milenio de España. Sección III:Evaluación de los tipos operativos de ecosistemas. Capítulo 17: Agroecosistemas Universidad de Alcalá, Departamento de Ecología. España. Pp:60.
- 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, 31(5):1023-1038.
- Greco S., A., A. Tonolli. 2012. Agroecología y Ambientes Rurales. Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional de Cuyo, Argentina. Pp:19.
- Gurr G.M., and 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. Pp:198–207.
- Hernández-Rosas, F. 2009. Manejo del salivazo (*Aeneolamia postica*) mediante la introducción de epizootias con *Metarhizium anisopliae*. In: XXXII Convención de la Asociación de Técnicos Azucareros México A. C. 26-28 de agosto. Córdoba, Veracruz, México.
- Hernández-Rosas, F., B. Figueroa S. y K. A. Figueroa R. 2010a. Biología de la mosca pinta, Ficha técnica. No. 1, LPI 13: Comunidades rurales agrarias, ejidos y conocimiento local, Colegio de postgraduados.
- Hernández-Rosas, F., B. Figueroa S. y K. A. Figueroa R.. 2010b. Enemigos naturales de la mosca pinta. Colegio de Postgraduados. Biotecnología Microbiana, Vegetal y Animal (BIOTECMIVA) No. 2.
- Hernández-Rosas, F., y K. A. Figueroa-Rodríguez. 2011. Barrenador (*Diatraea saccharalis*) y mosca pinta (*Aeneolamia spp* y *Prosapia spp*) en caña de azúcar y sus enemigos naturales. *Agroproductividad*. 4 (2): 3 – 9.
- Hernández-Rosas, F. G. Pantaleon P., H. Ortiz L., W. García M., M. Cruz T., G. Hernández R. y K. A. Figueroa R. 2013. La rastra fitosanitaria para el control de los huevos de la mosca pinta. Proyecto Nacional: Diseño de un programa contemporáneo de manejo integrado de mosca pinta en caña de azúcar. Ficha técnica FMP-011.
- Hernández-Rosas, F., M. Cruz T., R. Pacheco C., G. T. González V., J. Ortiz M. 2013. Esporas de *Metarhizium anisopliae* y efecto en mosca pinta. Proyecto Nacional: Diseño de un programa contemporáneo de manejo integrado de mosca pinta en caña de azúcar. Ficha técnica FMP-008
- Huang Cui-Hong. 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, Pp:311–320.
- INIFAP. 2006. La mosca pinta y su manejo en la planicie huasteca. Ficha técnica, centro de investigación regional del noreste, campo experimental sur de Tamaulipas, sitio experimental ébano, México.
- Jannoo, N., Grivet, L. Dookun, A., D'Hont, A. 1999. Linkage disequilibrium among modern sugar-cane cultivars. *Theor Appl Genet*. 99: 1053-1060.
- Kalinová, B., K. Stránský, J. Harmatha, R. Ctvrticka, and J. Zdárek. 2000. Can chemical cues from blossom buds influence cultivar preference in the apple blossom weevil (*Anthonomus pomorum*)? *Entomol. Exp. Appl.* 95: 47-52.
- Kline L., D., U. R. Bernier., and J. A. Hogsette. 2012. Efficacy of Three Attractant Blends Tested in Combination with Carbon Dioxide Against Natural Populations of Mosquitoes and Biting Flies at the Lower Suwannee Wildlife Refuge. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 28(2):123-127.
- Konovalova O., E. Gergel., V. Herhel. 2013. GC-MS Analysis of Bioactive Components of *Shepherdia argentea* (Pursh.) Nutt. from Ukrainian Flora. *The pharma innovation – journal* 2 (6):7-12.

- 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. Pp:41-49.
- Laporta Z., G., M. A. Sallum M. 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, 106(3):279-284.
- León S., T. E. 2012. Agroecología: la ciencia de los agroecosistemas – la perspectiva ambiental. Universidad Nacional de Colombia – Instituto de Estudios Ambientales. Bogotá, Colombia. Pp:261.
- López-Collado, J., W. Pérez-Aguilar. 2012. mosca pinta hoja técnica. Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. <https://sites.google.com/site/moscapinta/hoja-tecnica>.
- Lucia C., V. 2013. Respuesta de variedades de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) al ataque de las ninfas del salivazo *Aeneolamia varia* (F.) (*Hemiptera: Cercopidae*). Universidad Nacional de Colombia- sede palmar, facultad de ciencias agropecuarias, maestría en ciencias agrarias. Cenicaña. Colombia. Pp:60.
- Miranda H. Z. 1999. Mosca pinta en zacates. INIFAP. Folleto técnico No. 4
- Mohan Das. 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.
- Montserrat P., L.Villar. 1995. Los Agroecosistemas. Historia Natural '93. Jaca Y. Húesca, Instituto Pirenaico de Ecología. Pp:157-168.
- Morales M. T., R. Aparicio y F. Gutiérrez. 1992. Técnicas de aislamiento y concentración de volátiles de aceites vegetales. Revista grasas y aceites. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Licencia Creative Commons 3.0 España. Instituto de la Grasa y sus Derivados. Av. Padre García Tejero, 4. 41012-Sevilla. 43 (3):164-173.
- Nanadagopalan V. M. Johnson G., A. Doss. 2015. GC-MS analysis of biomolecules on the leaves extract of *Sterculia urens* Roxb. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry; 3(6):193-196.
- Paré P. W. and J. H. Tumlinson. 1999. Plant Volatiles as a Defense against Insect Herbivores. Center for Medical, Agricultural and Veterinary Entomology, United State Department of Agriculture Agricultural Research Services Gainesville, Florida 32608. Plant Physiology, American Society of Plant Physiologist. 121:325-331.
- Price S. 1965. Interspecific hybridization in Sugar Cane breeding. Sugar Cane Technology. 14: 218-223.
- Ramos P., J. M., Del Amo S. R. y Arévalo J. A. 1996. Diversidad y tipos de agroecosistemas: Consideraciones para diseño. Pp:6.

- Rodríguez-Álvarez, M., L. Alcaraz M., S. M. Real C. 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. Pp:38.
- Rodríguez H. C. 2004. Plantas atrayentes de insectos plaga. Ciencias ambientales y agricultura. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. Pp:203-234.
- Rodríguez-Rebollar, H. 2012. Evaluación de un cebo feromonal para la captura del picudo del agave (coleoptera: *curculionidae*), Acta Zoológica Mexicana, 28(1): 73-85.
- Rojas J. C. y E. A. Malo. 2012. Temas Selectos en Ecología Química de Insectos. El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas México. Pp: 315-342.
- Romero O., N. 2013. Época de aplicación de fertilizante y el rendimiento de caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) en la zona del ingenio la gloria, Veracruz. Tesis para obtener el título de: Ingeniero agrónomo. Universidad Veracruzana, facultad de ciencias agrícolas. Xalapa, Enríquez, Ver. 155 p.
- Rosero G. M. 2011. Evaluación de la virulencia de nematodos entomopatógenos para el control del salivazo de la caña de azúcar, *Aeneolamia varia* (f) (hemiptera: *cercopidae*). Trabajo de grado para optar al título de magíster en ciencias agrarias énfasis protección de cultivos. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Posgrados, Palmira, Colombia. Pp. 80.
- Röse U. S., y J. H. Tumlinson. 2004. Volatiles released from cotton plants in response to *Helicoverpa zea* feeding damage on cotton flower buds. Original article, Planta, 218. Pp: 824–832.
- SAGARPA. 2012. Línea de acción: Determinación del nivel riesgo fitosanitario para los cultivos de importancia económica en México. Entregable. Pp: 95.
- Saénez C., D: Salazar, A. Rodríguez, D. Alfaro, R. Oviedo. 1999. Manejo integrado del salivazo, *Aeneolamia* sp y *Prosapia* sp (*Hom: cercopidae*) en las regiones cañeras de Costa Rica. XI congreso Nacional agronómico y V congreso Nacional de Entomología. Pp: 155-159.
- Sánchez G., C. 2005. Manejo integrado de plagas de la caña de azúcar (mosca pinta y barrenadores). Desplegable para productores, No. 02.
- Sánchez N., F. 1992. Materia prima: caña de azúcar, campaña editorial del manual azucarero S.A.de C.V., México. Pp: 197-199.
- Sant'Ana L., A., A. E. Eiras., R. R. Cavalcante. 2002. Electroantennographic Responses of the *Lutzomyia (Lutzomyia) longipalpis* (Lutz & Neiva) (Diptera: *Psychodidae*) to 1-octen-3-ol Neotropical Entomology, 31(1). Pp.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.

- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2008. La Biodiversidad y la Agricultura: Salvaguardando la biodiversidad y asegurando alimentación para el mundo. Montreal. Pp: 56.
- SELVA. 2012. Agroecosistemas beneficiosos para las especies migratorias de Colombia. Gómez, C. y J. M. Díaz (Eds). Informe final del Convenio 044 del 2012 entre SELVA: Investigación para la Conservación en el Neotrópico y la UPRA (Unidad de Planificación de Tierras Rurales, Adecuación de Tierras y Usos Agropecuarios) del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá, Colombia. Pp:165.
- Sermakkani M. and V. Thangapandian. 2012. GC-MS analysis of *Cassia italica* leaf methanol extract. Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research. PG and Research Department of Botany Kongunadu Arts and Science College,Coimbatore- 641 029 Tamilnadu, India. 5, Issue 2,: 90-94.
- SIPOVE. 2009-2015. Ficha técnica mosca pinta o salivazo. SAGARPA, Universidad Autonoma de San Luis Potosí, LaNGIF, Sistema potosino de vigilancia epidemiológica (SIPOVE), Comité estatal de sanidad vegetal de San Luis Potosi. Pp 11.
- SIPOVE. 2011. Mosca pinta o salivazo (*Aeneolamia spp*). SAGARPA, Universidad autonoma de San Luis Potosí, LaNGIF, Sistema potosino de vigilancia epidemiológica (SIPOVE), SIVICANA. Pp 28.
- Sotelo G., C. Cardona. 2011. Manejo integrado del salivazo en los pastos con énfasis en resistencia varietal. Entomólogos. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), apartado aéreo 6713, Cali, Colombia.
- Suzuki Y., Y. Shioi. 1999. Detection of Chlorophyll Breakdown Products in the Senescent Leaves of Higher Plants. Plant Cell Physiol. 40(9): 909-915.
- Syed Z., P. M. Guerin. 2004. Tsetse flies are attracted to the invasive plant *Lantana cámara*. Institute of Zoology, University of Neuchâtel, Rue Emile Argand 11, 2007Neuchâtel, Switzerland. Journal of Insect Physiology 50. Pp: 43–50.
- Tang R., S. MaoWen. and Z. ZhonNing. 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., S. M. Barrouin M., A. Goncalves C., F. B. da Rocha S., V. E. Machado., J. S. Govone and M. C. Pinto. 2014. A laboratory evaluation of alcohols as attractants for the sandfly *Lutzomyia longipalpis* (Diptera:Psychodidae). Parasites & Vectors, 7:60. Pp:1-5.
- Torto B. 2002-2015 Chemical signals as attractants, repellents and aggregation stimulants. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS).
- Unión Nacional de Cañeros, A. C.-CNPR. 2015. Estadísticas de la Agroindustria de la Caña de Azúcar. Decima cuarta edición. México.
- Vacas G., S. 2011. Uso de semioquímicos en el control de plagas. Estudios básicos y de aplicación. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, España. Pp: 296.

- Van Driesche R. G., M. S. Hoddle., T. D. Center., E. C. Ruiz., J. B. Cardona., J. M. Alvarez. 2007. Control de plagas y malezas por enemigos naturales. Capítulo 2: tipos de control biológico, objetivos y agentes de control. Forest health technology Enterprise team, USDA., Pp: 751.
- Velázquez-González, J. C., J. Cibrian T., C. Hidalgo M. y T. R. Vasquez R.. 2011. Validación del método de aireación dinámica para la captura de compuestos volátiles de *Capsicum spp.* Revista latinoamericana de química. Pp: 7-16.
- Ves L., J. 2005. Manejo integrado de plagas. Manual de pasturas, Bayer Cropscience. Pp: 11-16.
- Vijayan N., N., S. Nair., T. V. Sreenivasan., M. Mohán. 1999. Analysis of genetic diversity and polygeny in *Saccharum* and related genera using RAPD markers. Genetics Resources and Crop Evolution. 46: 73-79.
- Wood W. F. 1983. Chemical ecology: Chemical communication in nature. J. Chem. Educat. 60 (7): 531-539.