



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS VERACRUZ**

POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

**FACTORES QUE INCIDEN EN EL CONTROL QUÍMICO DE *Diaphorina citri*  
Kuwayama EN ÁREAS REGIONALES DE CONTROL, EN VERACRUZ**

**LUIS ALFREDO PÉREZ ZARATE**

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS**


TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ, MÉXICO


2016


La presente Tesis titulada: **Factores que inciden en el control químico de *Diaphorina citri* Kuwayama en Áreas Regionales de Control, en Veracruz**, realizada por el alumno: **Luis Alfredo Pérez Zarate**, 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  
AGROECOSISTEMAS TROPICALES

CONSEJO PARTICULAR

  
CONSEJERO: DR. FRANCISCO OSORIO ACOSTA

  
ASESOR: DR. JUAN ANTONIO VILLANUEVA JIMÉNEZ

  
ASESOR: DRA. LAURA DELIA ORTEGA ARENAS

  
ASESOR: DR. ROBERTO GREGORIO CHIQUITO CONTRERAS

Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, México, 2 de octubre del 2016

FACTORES QUE INCIDEN EN EL CONTROL QUÍMICO DE *Diaphorina citri* Kuwayama  
EN ÁREAS REGIONALES DE CONTROL, EN VERACRUZ

Luis Alfredo Pérez Zarate, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2016

Una de las estrategias más efectivas para el manejo del Huanglongbing de los cítricos en México, es la disminución de las poblaciones del insecto vector *Diaphorina citri* Kuwayama en Áreas Regionales de Control (ARCOs), y la reducción del riesgo de dispersión de *Candidatus Liberibacter asiaticus*. La efectividad de los insecticidas utilizados disminuye considerablemente por diversos factores como la resistencia derivada de la alta presión de selección en aplicaciones regionales supervisadas (ARS) y locales no supervisadas (ALNS) y de prácticas inadecuadas en el momento de la aplicación. El objetivo del presente trabajo fue determinar los factores operacionales, socioculturales y ambientales que inciden en la efectividad de insecticidas con base en el conocimiento de productores y observaciones *in situ*, así como estimar la presión de selección ejercida por los grupos toxicológicos (GT) utilizados para el control de *Diaphorina citri* en ARCOs de Martínez de la Torre, Veracruz. Se realizaron encuestas a productores y se analizó el historial de aplicaciones de insecticidas de ARS y ALNS para el control de *D. citri* en las ARCOs 4, 9, 10 y 11 además, se determinó la efectividad de clorpirifos + aceite parafínico así como, los factores operacionales y ambientales con impacto en la efectividad de aceite parafínico en ARS. Con base en la percepción de productores los factores operacionales relacionados con la calibración del equipo de aplicación y la calidad del agua utilizada, factores socioculturales como desconocimiento general de la plaga y del buen uso de plaguicidas, así como los factores ambientales temperatura, velocidad de viento y humedad relativa podrían incidir en la efectividad de las ARS. Los insecticidas de los GT aceites minerales (AMIN), organofosforados heterocíclicos S-etil (FH-SE) y espinosinas (ESPIN), ejercieron la mayor presión de selección absoluta y relativa en las ARCOs evaluadas. La mortalidad promedio de ninfas de *D. citri* por la aplicación de clorpirifos + aceite (71%), fue mayor ( $p < 0.0001$ ) a la obtenida con la aplicación sola del aceite (39.4%). La dosis y velocidad de aplicación fueron los factores con mayor influencia en la efectividad del aceite parafínico de petróleo.

**Palabras clave:** Áreas Regionales de Control, *Candidatus Liberibacter asiaticus*, control químico, grupos toxicológicos de insecticidas, presión de selección.

FACTORS INFLUENCING CHEMICAL CONTROL OF *Diaphorina citri* Kuwayama IN  
REGIONAL CONTROL AREAS, IN VERACRUZ

Luis Alfredo Pérez Zarate, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2016

Among the strategies for Huanglongbing management in Mexico is decreasing the populations of the insect vector, *Diaphorina citri* Kuwayama, through its management in Regional Control Areas (RCA), and reducing the dispersion risk of *Candidatus Liberibacter asiaticus*. Effectiveness of the insecticides used decreases significantly due to several factors, such as resistance resulting from the high selection pressure in supervised regional applications (SRA) and non-supervised local applications (NSLA) and for inadequate practices at the time of application. The objective was to determine the operational, sociocultural and environmental factors that influence the effectiveness of insecticides based on the knowledge of farmers and *in situ* observations, and to estimate the selection pressure exerted by the toxicological groups (TG) used for the control of *D. citri* in RCA of Martinez de la Torre, Veracruz. Farmers were surveyed and history of insecticide applications in SRA and NSLA for the control of *D. citri* in RCA 4, 9, 10 and 11 were analyzed; also, the effectiveness of chlorpyrifos + paraffinic oil and operational and environmental factors with impact on the effectiveness of paraffinic petroleum oil were determined. Based on the perception of producers, operational factors such as application equipment calibration and the quality of water used, sociocultural factors such as a general ignorance of the pest and the proper use of pesticides, as well as temperature, wind speed and relative humidity as environmental factors, could affect the effectiveness of SRA. Insecticides classified in the TG mineral oils (AMIN), heterocyclic S-ethyl organophosphates (FH-SE), and spinosines (ESPIN), exerted the greatest absolute and relative selection pressure in the evaluated RCA. Mean *D. citri* nymph mortality caused by the application of chlorpyrifos + paraffinic oil (71%) was higher ( $p < 0.0001$ ) than that of paraffinic oil (39.4%) alone. Dose and application speed were the factors influencing the most the paraffinic oil effectiveness.

**Keywords:** Regional control areas, *Candidatus Liberibacter asiaticus*, chemical control, insecticide toxicological groups, selection pressure.

## **DEDICATORIA**

En la labor cotidiana, la jornada viene llena de sobresaltos y alivios. La compañía de mi hija Renata Isabella y mi esposa Ema Carina, vuelven un oasis el barullo que vivo día con día (Lagunes-Tejeda y Villanueva-Jiménez, 1994).

A mis padres y hermanos, quienes siempre me han apoyado sobre todas las cosas y me han enseñado que la base es el trabajo y la constancia.

A mi querida tía Blanca y mi abuelo Arturo quienes me vieron iniciar el proceso de esta aventura y no lograron verme terminarla. ¡Desde el cielo me cuidan siempre!

## AGRADECIMIENTOS

Al pueblo de México quien a través del CONACYT me dio la manutención durante dos años de maestría.

Al Colegio de Postgraduados Campus Veracruz “Mi alma mater”, por todas las atenciones y el apoyo para utilizar las instalaciones.

A todos mis familiares por su apoyo incondicional para salir adelante.

A la familia García Flores, por confiar en mí y por su apoyo incondicional. Les estaré siempre agradecido.

A la Familia Villanueva Carrillo. Dr. Juan Villanueva, Doña Mari Carrillo y Axel Villanueva, por su amabilidad y sus atenciones durante mi estadía en Montecillo.

A mi consejo particular particularmente al Dr. Juan Antonio Villanueva Jiménez por sus enseñanzas y apoyo en la estructuración del artículo, también al Dr. Francisco Osorio Acosta, Dra. Laura Delia Ortega Arenas y Dr. Roberto Gregorio Chiquito Contreras.

A mis compañeros de generación (Xé-miyos) por su amistad y por los buenos momentos que compartimos en esta etapa de nuestras vidas.

Al M. C. Víctor Hugo García Méndez por su paciencia y enseñanza en la realización de bioensayos.

Al Sr. Magdaleno Caballero Espinoza, por su ayuda en la cría y colecta de insectos en los invernaderos del Campus Montecillo.

A los técnicos y directivos de la Junta Local de Sanidad Vegetal del Totonacapan, Veracruz por el apoyo logístico para el trabajo de campo.

A los productores de los ARCOs 4, 9, 10 y 11, particularmente a los ejidos “Cartago” y Cañizo por las facilidades para realizar el estudio en sus parcelas.

Al Ing. Andrés Arzola y su equipo de trabajo de la empresa Agrigan Martínez de la Torre.

A toda la comunidad del Campus Veracruz, quienes directa o indirectamente participaron en esta investigación.

## CONTENIDO

	<b>Páginas</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
2.1. Teoría de sistemas.....	3
2.2. Concepto de agroecosistema (AES).....	4
2.3. El hombre en el agroecosistema.....	5
2.4. Conceptualización del agroecosistema citrícola y el subsistema plagas (Patosistema).....	5
2.5. Importancia económica del HLB y su vector <i>D. citri</i> .....	9
2.6. Estrategia de las áreas regionales de control (ARCOs).....	10
2.7. Control químico de <i>D. citri</i> .....	12
2.8. Mecanismos de acción de los insecticidas.....	12
2.9. Mecanismos de resistencia a insecticidas.....	13
2.10. Análisis toxicológico de áreas agrícolas.....	15
2.11. Factores que inciden en la efectividad de insecticidas.....	18
2.11.1. Factores operacionales.....	18
2.11.2. Factores socioculturales.....	20
2.11.3. Factores ambientales.....	20
<b>3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	22
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	23
4.1. Objetivo general.....	23
4.2. Objetivos particulares.....	23
<b>5. HIPÓTESIS</b> .....	24
5.1. Hipótesis general.....	24
5.2. Hipótesis particulares.....	24
<b>6. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	25
6.1. Área de estudio.....	25
6.2. Tamaño de muestra.....	26
6.3. Diseño de la encuesta.....	27

6.4. Determinación de la presión de selección absoluta en las ARCOs.....	28
6.5. Evaluación de la efectividad biológica de aplicaciones de insecticidas en ARCOs.....	30
6.6. Análisis de datos.....	31
<b>7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	32
7.1. Descripción de los productores encuestados.....	32
7.2. Factores operacionales.....	32
7.2.1. Respecto al tóxico aplicado.....	32
7.2.2. Respecto a la aplicación.....	34
7.3. Factores socioculturales.....	36
7.4. Factores ambientales.....	39
7.5. Percepción de la efectividad de las ARS y su relación con los factores operacionales, socioculturales y ambientales.....	41
7.6. Presión de selección de insecticidas en el manejo de <i>D. citri</i> en ARCOs.....	43
7.7. Efectividad de insecticidas para el control de <i>D. citri</i> en ARCOs.....	49
<b>8. CONCLUSIONES</b> .....	53
<b>9. LITERATURA CITADA</b> .....	54
<b>10. ANEXOS</b> .....	66



## LISTA DE CUADROS

		<b>Páginas</b>
1	Valor obtenido de cada subíndice con base en la percepción de los productores en las ARCOs, sobre los factores operacionales.....	33
2	Matriz de correlación de Pearson de los subíndices edad y escolaridad y su relación con subíndices operacionales y de percepción sobre la efectividad de las Aplicaciones Regionales Supervisadas.....	35
3	Valor obtenido en ARCOs de cada subíndice con base en la percepción de los productores sobre los factores socioculturales.....	37
4	Matriz de correlación de Pearson de los subíndices socioculturales y su relación con el subíndice percepción sobre la efectividad de las Aplicaciones Regionales Supervisadas .....	38
5	Valor obtenido en ARCOs de cada sub índice con base en la percepción de los productores sobre los factores ambientales.....	40
6	Porcentaje de aumento en las dosis de insecticidas en ALNS para el control de <i>D. citri</i> en las ARCO evaluadas.....	44
7	Matriz de correlación de variables operacionales y ambientales evaluadas en parcelas del ARCO 11, durante la aplicación de aceite parafínico vs. Ninfas de <i>D. citri</i> .....	52

## LISTA DE FIGURAS

		<b>Páginas</b>
1	Conceptualización del agroecosistema citrícola estudiado y la interacción e influencia del CESVVER en el manejo de <i>D. citri</i> dentro de las ARCOs.	7
2	Conceptualización del subsistema plagas, interacción vector-hospedero-patógeno, el caso del HLB.....	8
3	a) ARCO 4, Municipio de Martínez de la Torre; b) ARCO 9, Municipio de Gutiérrez Zamora; c) ARCO 10, Municipio de Papantla; ARCO 11, Municipio de Martínez de la Torre, Veracruz.....	25
4	(a) Razones por las que los citricultores utilizan adherente. (b) Acciones de calibración que realizan los productores en cada aplicación para el control de <i>D. citri</i> en ARCOs.....	36
5	Correlación entre el Subíndice de Percepción de la Efectividad y los índices Operacional, Sociocultural y Ambiental.....	42
6	Presión de Selección Absoluta de los grupos toxicológicos utilizados para el control de <i>D. citri</i> en la ARCO 4 en 2013, 2014 y 2015.....	47
7	Presión de Selección Absoluta de los grupos toxicológicos utilizados para el control de <i>D. citri</i> en la ARCO 9 en 2014 y 2015.....	47
8	Presión de Selección Absoluta de los grupos toxicológicos utilizados para el control de <i>D. citri</i> en la ARCO 10 en 2014 y 2015.....	48
9	Presión de Selección Absoluta de los grupos toxicológicos utilizados para el control de <i>D. citri</i> en la ARCO 11 en 2014 y 2015.....	48
10	Porcentaje de mortalidad de ninfas de <i>D. citri</i> por parcela con la aplicación de aceite parafínico en la ARCO 11 (39.40%) y clorpirifos + aceite parafínico en la ARCO 4 (70.34%).....	50

## 1. INTRODUCCIÓN

La agroindustria de los cítricos es económica y socialmente importante en México (Peña, 2003). Sin embargo, la producción de fruta disminuye considerablemente por la presencia de plagas y enfermedades, tales como *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), vector primario de *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas). Esta bacteria es el agente causal del Huanglongbing (HLB), considerada la enfermedad más destructiva de los cítricos (Halbert y Manjunath, 2004). Esta enfermedad ha destruido mundialmente más de 60 millones de árboles de cítricos (Das *et al.*, 2007) y se podrían perder más de 19 millones de jornales en México, con un alto impacto en la economía nacional (Salcedo-Baca *et al.*, 2010; Robles-González *et al.*, 2013).

El manejo del HLB se basa en tres aspectos importantes, el control del insecto vector en Áreas Regionales de Control (ARCOs), que contemplan aplicaciones regionales totales de insecticidas en periodos cortos definidos, con base en épocas biológicamente justificadas con el objetivo de evitar la dispersión de CLas (García-Méndez *et al.*, 2016). Además, se deben detectar y eliminar oportunamente árboles enfermos y utilizar plantas producidas en viveros certificados (SENASICA, 2008).

Por la movilidad del insecto entre parcelas, la organización de productores es fundamental para realizar coordinadamente las aplicaciones de insecticidas e impactar de mejor manera las poblaciones (Robles-García, 2014). Para el caso de *D. citri* se han utilizado insecticidas de diferentes grupos toxicológicos (GT) tan pronto como han estado disponibles en el mercado y en la medida en que los niveles poblacionales de *D. citri* han aumentado (Macías-Rodríguez *et al.*, 2013; García-Méndez *et al.*, 2016).

Además de la efectividad propia de la molécula insecticida, varios autores indican que la efectividad de los insecticidas utilizados en las ARCOs depende de factores como: i) conocimiento de productores sobre el manejo de insecticidas (Landini y Murtagh, 2011), ii) concentración de genes de resistencia en la población plaga (Lagunes-Tejeda *et al.*, 2009), iii) prácticas agrícolas en el momento de la aplicación (Lagunes-Tejeda y Villanueva-Jiménez, 1994), iv) condiciones ambientales imperantes en la aplicación (Inostroza-Fariña, 2009), y v) uso y calibración de equipo de aplicación (Hofman y Solseng, 2014). En este sentido, la capacitación a productores es muy importante para que en cada aplicación se tomen en cuenta los factores que pudiesen disminuir su efectividad.

La toma de decisiones de los productores en cuanto al manejo y rotación de insecticidas, al interés en su capacitación, la asistencia a reuniones, la apropiación de las recomendaciones del CESVVER y varias prácticas en el manejo de plagas en los agroecosistemas cítricos dependen de diversos factores. La fluctuación de precios de los cítricos en el mercado, la dependencia económica del cultivo y el tamaño de su parcela, entre otras, son algunos factores que podrían incidir indirectamente en la efectividad de los insecticidas utilizados en las ARCOs (Onstad y Guse, 2008; Danso-Abbeam *et al.*, 2014; Curry *et al.*, 2015).

Los insecticidas son cada vez menos efectivos debido a la creciente resistencia por parte de los insectos (Liu, 2015), la cual se deriva de la presión de selección ejercida por los grupos toxicológicos utilizados en aplicaciones regionales supervisadas (ARS) y las aplicaciones locales no supervisadas (ALNS). Se debe estudiar la presión de selección generada en aplicaciones de insecticidas en las ARCOs, incluyendo la participación de las ALNS, para determinar su efecto en el desarrollo de resistencia en *D. citri*. Con ello se contaría con más elementos para la toma de decisiones sobre los insecticidas a utilizar en cada ciclo, garantizando una adecuada rotación (Lagunes-Tejeda y Villanueva Jiménez, 1994). Además, se debe estudiar la efectividad de los insecticidas utilizados en las ARS y los factores ligados a su efectividad en el control de *D. citri*, para que en ausencia de poblaciones resistentes, se pueda expresar el máximo potencial de cada insecticida aplicado.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Teoría de sistemas

Ludwig von Bertalanffy propone la Teoría General de sistemas (TGS), que esencialmente surge para estudiar las relaciones de los componentes en el funcionamiento de un todo, en el cual existe un orden e independencia entre las partes, que abarca el espacio físico y funcional (Bertalanffy, 1976; Arabany, 2002; López-García, 2015). Además propone el concepto de sistema abierto e inició del pensamiento sistémico como un movimiento científico importante; su idea surge a partir de la no existencia de conceptos y elementos que les permite estudiar los sistemas vivos, ya que son sistemas complejos con propiedades particulares y diferentes a las de los sistemas mecánicos. Todo con el fin de dar soluciones más integradas a los problemas en los sistemas (Ramírez, 2002).

La TGS es representada como una forma sistémica y científica de aproximación de representar la realidad; también se caracteriza por su perspectiva holística e integradora en donde lo más importante son las relaciones y los conjuntos que a partir de ellas emergen. Los objetivos generales de esta teoría son: impulsar el desarrollo de una terminología general que permita describir características, funciones y comportamientos sistémicos; desarrollar un conjunto de leyes aplicables a todos estos comportamientos y promover una formalización de estas leyes. Dicha teoría pretende ser un mecanismo de interacción entre las ciencias naturales y un instrumento para la preparación y formación de científicos (Bertalanffy, 1950; Cathalifaud y Osorio, 1998).

De la teoría general de sistemas surge el concepto de “sistema”, que Chiavenato (1997) lo define como un conjunto de elementos (partes del sistema) dinámicamente relacionados en una gran red de comunicación interna (interacciones), que realizan una actividad con el fin de alcanzar un objetivo o propósito, que al operar con insumos (entradas) provee información, energía o materia (salidas). Osorio *et al.* (2007) mencionan que la sociedad es un sistema en el que al concebir una organización como un sistema social, las personas son un elemento significativo; este sistema puede intentar entender su estructura y comportamiento, con el fin de interpretar las relaciones de causa y efecto de las acciones que se ejercen sobre ella y su influencia en los resultados.

Scalone-Echave (2007) menciona que la finca o parcela se debe observar como un todo, como una unidad que se encuentra y funciona dentro de un contexto determinado. Pero además se debe ver el todo compuesto por un conjunto de partes en constante relación con entradas y salidas de energía que llevan a un resultado.

## **2.2. Concepto de agroecosistema (AES)**

El concepto de AES tiene sus bases en el enfoque de sistemas (ES) y la TGS. La esencia del ES radica en reconocer que en los sistemas no existen partes aisladas, es decir, que para el funcionamiento correcto de los sistemas todas sus partes actúan con una orientación y finalidad en común, siendo necesario un adecuado funcionamiento de sus componentes y por ende un desempeño eficaz del todo (Bertalanffy, 1976; Gliessman, 2002).

Según Sans (2007) los ecosistemas agrícolas son sistemas antropogénicos, es decir su origen y mantenimiento van asociados a la actividad del hombre, el cual ha transformado la naturaleza para obtener principalmente alimentos. Hernández (1977) menciona que un AES es un ecosistema modificado en mayor o menor grado por el hombre con el fin de utilizar sus recursos naturales en los procesos de producción agrícola, pecuaria, forestal o fauna silvestre, con el objetivo de producir alimentos que satisfagan sus necesidades.

El concepto de AES de Gliessman (2002) ofrece un marco de referencia para estudiar sistemas de producción agrícola en su totalidad incluyendo las entradas, salidas e interacciones entre sus partes. Así mismo, un ecosistema puede ser definido como un sistema funcional de relaciones complementarias entre los organismos vivos y su ambiente, los cuales mantienen un equilibrio dinámico; este mismo autor señala que los agroecosistemas son más complejos que los ecosistemas naturales, primordialmente por la presencia del hombre en la estructura y función del mismo sistema de producción.

Para Odum (1985), el AES es un ecosistema modificado y domesticado por el hombre que interactúa con factores socioeconómicos y tecnológicos para la utilización de recursos naturales con el fin de obtener productos y servicios que satisfagan las necesidades de la sociedad. Ruiz-Rosado (2006) menciona que es la unidad de estudio de la actividad agrícola bajo un enfoque ecológico y sistémico para estudiar y conocer de manera holística e integral, los factores tecnológicos, socio económicos y ecológicos para la utilización de los recursos naturales con fines de producción para la obtención de alimentos y servicios en beneficio del hombre.

Sarandón y Flores (2014) menciona que el AES es el ecosistema que tiene mayor impacto en nuestras vidas que cualquier otro, ya que nos provee de comida y fibras, tiene grandes impactos sobre la calidad del ambiente. Para estos autores, la comprensión de la complejidad de los AES sugiere que un enfoque simplista, reduccionista y fraccionado de la realidad no es adecuado para

un manejo sustentable, que incluye propósitos económicos, socioculturales, ecológicos y temporales.

### **2.3. El hombre en el agroecosistema**

La agricultura ha sufrido diversas modificaciones desde tiempos remotos, y hace aproximadamente 8500 años, la caza y la recolección eran actividades predominantes de las civilizaciones prehistóricas, tanto que la agricultura era una actividad incipiente; sin embargo, con el transcurso del tiempo el hombre pasó de ser nómada a sedentario y la agricultura se convirtió en una actividad cada vez más importante, transformando la naturaleza y controlando la disponibilidad de recursos (Casas y Caballero, 1995).

Krapovickas (2010) señala la importancia de la mujer en el origen y evolución de la agricultura, debido a su función dentro de la comunidad; el hombre fue el cazador y la mujer al recolectar semillas, fue quien directa o indirectamente influyó en el inicio de la agricultura. El ritmo pausado de las intervenciones humanas en las diversas etapas de la agricultura, ha permitido un notable acoplamiento y coevolución entre las prácticas agrícolas y los AES que se generan (Sans, 2007).

El hombre tiene un rol fundamental dentro de los AES debido a que aporta insumos que provienen del exterior del sistema, interviene directamente en la selección de plantas, en la diversidad de especies dentro del AES y la aplicación de materia orgánica, por mencionar algunos (Gliessman, 2002). Sarandón y Flores (2014) mencionan que el objetivo del controlador del AES es “intervenir”, es decir, modificar los ecosistemas para que éstos produzcan ciertos bienes y servicios económicos en lugar de los que naturalmente produciría sin la intervención del hombre.

### **2.4. Conceptualización del agroecosistema cítrícola y el subsistema plagas (Patosistema)**

El modelo de análisis del AES cítrícola (Figura 1), intenta explicar la modificación de un ecosistema por la acción del hombre (controlador) para la producción de cítricos y otras especies de importancia económica. Es heterogéneo y complejo por la diversidad de subsistemas (especies de cítricos) existentes y las interacciones que se presentan (Contreras-Fuentes, 2012). Además, es la unidad de estudio del sector agrícola, en el cual interactúan los elementos internos (factores bióticos y abióticos) que son influenciados por factores externos (clima), los cuales interfieren en la dinámica de su funcionamiento. De los elementos mencionados se obtiene materia prima

(naranja, limón, mandarina entre otros), que abastecerá la demanda propia del controlador y de la sociedad.

El hombre es el controlador y tomador de decisiones, además es fundamental dentro del AES, ya que influye y está influenciado por los elementos que integran el mismo (Ortiz-Limón, 2008), inmerso en un contexto sociocultural que determina la manera en que toma decisiones (Sarandón y Flores, 2014). El Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Veracruz (CESVVER) juega un papel fundamental en el manejo de *D. citri*, ya que coordina y promueve las ARS totales en las ARCOs. Además, los productores complementan el manejo del psílido Asiático de los cítricos mediante ALNS en épocas de brotación y durante la aparición de focos de infestación.

El control químico es una herramienta efectiva en el manejo de insectos vectores como *D. citri*, por lo que es importante estudiar con un enfoque sistémico aquellos factores que inciden en la efectividad de los insecticidas utilizados en las ARCOs para garantizar su máximo potencial y retrasar la dispersión de CLas. El AES citrícola tiene varios subsistemas (plagas, enfermedades, suelo, entre otros), los cuales están en constante interacción. Es indispensable entender el papel fundamental del administrador o dueño como controlador de la parcela y cómo las decisiones que toma sobre ella, contribuyen o perjudican el adecuado funcionamiento del sistema, sobre todo en la elección de insecticidas y la regulación de las dosis aplicadas, que podría contribuir o retrasar la aparición de poblaciones resistentes.



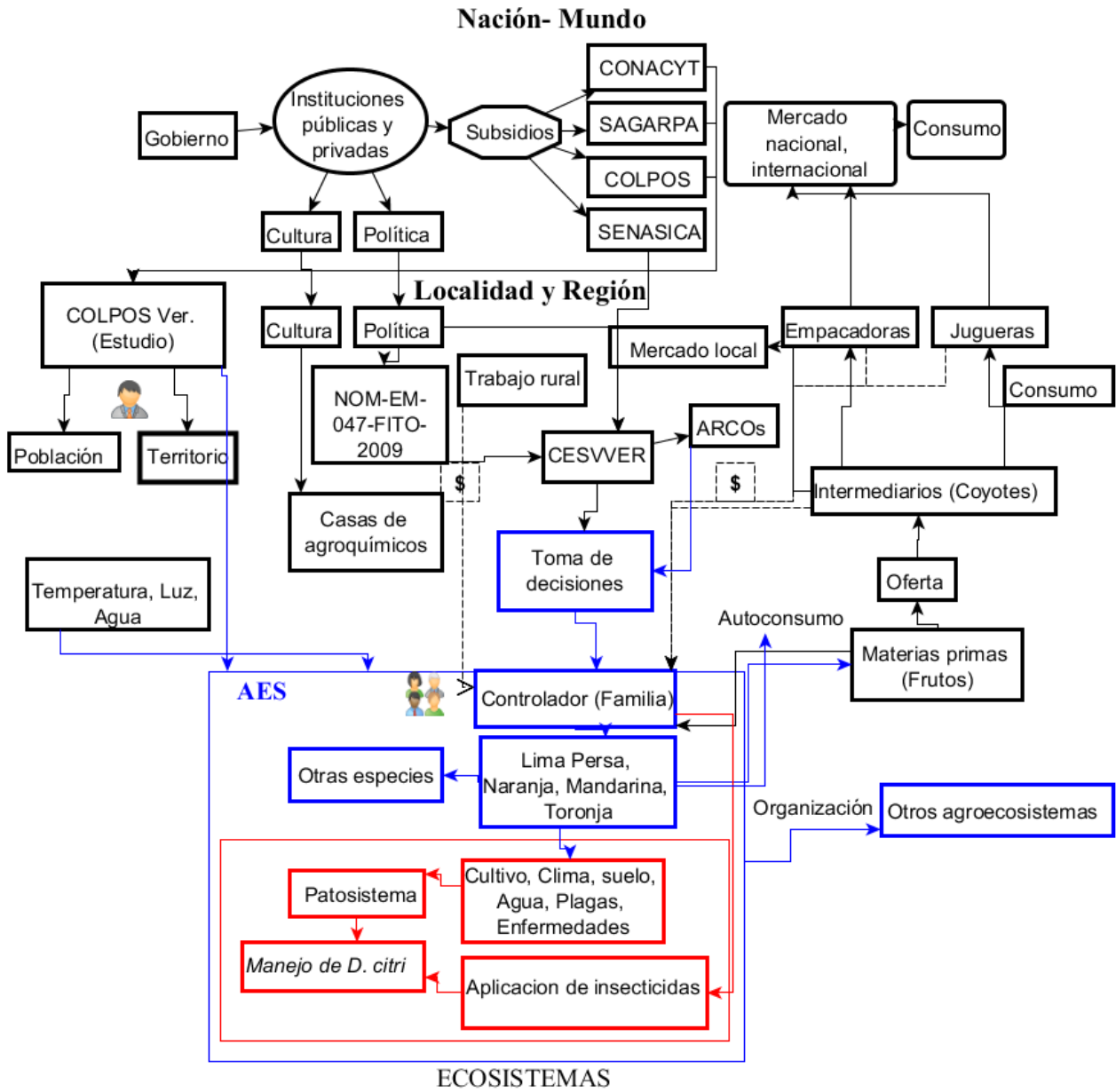


Figura 1. Conceptualización del agroecosistema cítrico estudiado y la interacción e influencia del CESVVER en el manejo de *D. citri* dentro de las ARCOs (Adaptado de Martínez-Dávila, 2015).

Dentro de los AES agrícolas, la relación entre patógeno y hospederos se le conoce como patosistema (Figura 2). Para el caso de los cítricos y del HLB en particular, las relaciones son múltiples, además de influir y ser influenciado por los procesos que ocurren a nivel del AES. Las

interacciones presentes dentro del patosistema son complejas por la íntima relación entre el vector (*D. citri*), el patógeno (CLas), el hospedero (plantas de cítricos) y el ambiente propicio para el óptimo desarrollo de éstos (clima, suelo, nutrición y presencia de otras plagas). Además, el hombre juega un papel importante al ejercer su influencia sobre dichos elementos. El CESVVER, con el establecimiento de las ARCOs y los saberes locales de cada productor, responden a un plan de manejo en respuesta a las condiciones cambiantes en el desarrollo del AES, como es el establecimiento de *D. citri* en las zonas cítricas de México y el riesgo latente de dispersar la bacteria causal del HLB (Cavallini, 1998). El manejo de la enfermedad se basa principalmente en el control de insecto vector mediante aplicaciones totales de insecticidas en las ARCOs, la eliminación de plantas enfermas y el uso de plantas producidas en viveros certificados para replantar las eliminadas. La presión de selección que se genera en las ARS y las ALNS contribuye a la aparición de poblaciones de insectos vectores resistentes, por lo que en algunas ARCOs el control químico se complementa con el control biológico (Robles-García, 2012).

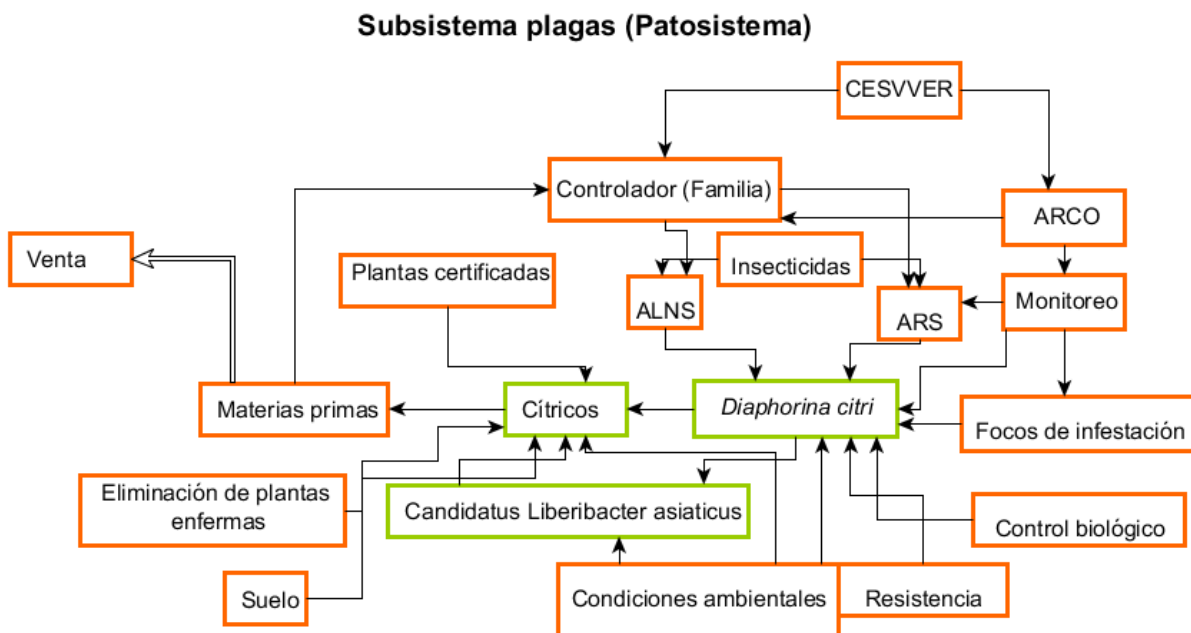


Figura 2. Conceptualización del subsistema plagas, interacción vector-hospedero-patógeno, el caso del HLB (Elaboración propia). ALNS= Aplicaciones Locales No Supervisadas; ARS= Aplicaciones Regionales Supervisadas.

## **2.5. Importancia económica del HLB y su vector *D. citri***

La presencia de *D. citri* en el mundo ha causado cuantiosos daños al transmitir la bacteria causal de la enfermedad del HLB. En Sudáfrica ocasiona pérdidas anuales de 30 a 100% de la producción. En Tailandia los agricultores han abandonado sus parcelas por la presencia del HLB. En Filipinas causó la muerte de un millón de árboles en una sola provincia en 1971. En China fueron erradicadas 960 mil plantas de mandarina y limones entre 1977 y 1981. Para el caso de México, el HLB representa una seria amenaza para 526 mil hectáreas de cítricos establecidas en 23 estados (SENASICA, 2008).

El HLB puede causar una reducción en el rendimiento del limón Mexicano que va de 20 hasta 48% en los primeros tres años dependiendo del nivel de intensidad del daño (Robles-González, 2013). Magomere *et al.* (2009) señalan que es difícil obtener una evaluación precisa acerca de las pérdidas en el rendimiento causadas por el HLB en cultivos perennes, sin embargo, los frutos producidos por plantas infectadas no son comercializables, además en Kenia se han reportado pérdidas de hasta 100% del rendimiento de plantaciones infectadas.

En el Estado de Florida, EUA, los casos son tan graves, que se reportan pérdidas de \$1.3 mil millones de dólares, e incluso hay productores afectados que abandonan sus parcelas dejando los árboles sin vigilancia, lo cual puede ser catastrófico para los productores vecinos, y un retroceso en la lucha por mantener la sanidad vegetal y la economía familiar del país (PHYS.ORG, 2015).

En julio de 2009 se detectó por primera vez en México al HLB en cítricos de traspatio del municipio de Tizimín, Yucatán. A la fecha el HLB se ha reportado prácticamente en todos los estados citrícolas de México, ya sea en plantas infectadas o con insectos vectores que portan la bacteria. Se tiene presencia de CLas en 364 municipios (247 con detecciones en material vegetal y 117 en *D. citri*) (SENASICA, 2016; Flores-Sánchez, 2016). Salcedo-Baca *et al.* (2012) mencionan que el impacto potencial del HLB depende de la superficie del cultivo y los rendimientos en los diferentes estados productores. Sin un programa de manejo adecuado el manejo del psílido asiático de los cítricos (PAC) y el HLB, trae consigo costos directos y obvios. También se tienen costos indirectos difíciles de identificar y cuantificar, los cuales están relacionados con la gestión y manejo de la enfermedad; con los datos que se tienen a la fecha y los costos de un manejo efectivo en los países con alta incidencia (> 40%) (Irey *et al.*, 2008).

No es sencillo recabar información precisa acerca de las pérdidas exactas causadas por el HLB. Una vez que se encuentran síntomas característicos de la enfermedad las plantas se tienen que eliminar inmediatamente. Sin embargo, en un escenario con alto impacto del HLB se puede desencadenar un grave problema social en las zonas citrícolas más importantes (Magomere *et al.*, 2009; Salcedo-Baca *et al.*, 2010; Robles-González *et al.*, 2013).

## **2.6. Estrategia de las áreas regionales de control (ARCOs)**

Hendrichs *et al.* (2007) propusieron el concepto de “manejo integrado de plagas en áreas amplias” (enfoque regional) y mencionan que es mejor que el manejo a nivel parcelario (control local), ya que reduce las poblaciones de insectos durante más tiempo, disminuye el uso de insecticidas y los costos de aplicación. Además, el control local se basa en el control de la plaga, cuando los niveles poblacionales tienen repercusiones económicas. Por el contrario, el manejo regional es preventivo y se cubre una mayor superficie (Hendrichs *et al.*, 2007; Flores-Sánchez, 2016). Bassanezi *et al.* (2013) señalan que a diferencia del control local, el control regional permite retrasar el inicio de la epidemia de HLB en 299 días, reduce la infección de manera efectiva al disminuir las poblaciones del psílido en huertas adyacentes, permite el uso de un programa menos intensivo de control local del vector, y las aplicaciones más eficientes reducen los costos de manejo del HLB.

Las experiencias en Brasil y posteriormente extendidas a EUA, Belice y México indican que la estrategia que presenta mayor eficiencia en el control del HLB es el enfoque regional debido a la movilidad del vector (Bassanezi, 2010; Mora-Aguilera *et al.*, 2013a). El PAC es un insecto con un alto potencial de dispersión y con una capacidad de vuelo substancial, son capaces de volar hasta 2.4 km sin ayuda de viento, por tanto los predios abandonados y hospederos alternos [*Murraya paniculata* (L.) Jack] son focos de infestación para huertos ubicados a 2 km de distancia. Por tal motivo, las prácticas de manejo regional (ARCOs) para el control de *D. citri* pueden ayudar a mitigar el impacto de la inmigración de psílicos infectados y por tanto retardar la dispersión de CLas (Martini *et al.*, 2014; Lewis-Rosenblum *et al.*, 2015).

Se tienen más probabilidades de éxito en el control del psílido, en zonas citrícolas mayores a 400 ha donde se realizan de manera conjunta las aplicaciones de insecticidas para manejo de *D. citri* (Bové, 2014). Bové (2012) señala que para el caso de pequeños productores que se localizan en áreas con baja incidencia de HLB, deben formar áreas compactas de manejo regional de por lo menos 500 ha en donde se realice el control del vector y la eliminación de plantas enfermas.

En México se han establecido áreas regionales de control con el objetivo de impactar las poblaciones de *D. citri* mediante un manejo en áreas amplias. La superficie mínima debe ser de 1000 ha, en las cuales se realizan diferentes acciones de manera coordinada enfocadas a controlar el psílido, en periodos cortos de cobertura regional, y épocas biológicamente justificadas, bajo esquemas de rotación de grupos toxicológicos de insecticidas y control biológico, con monitoreo del vector y control de focos de infestación (SENASICA, 2008).

El establecimiento de ARCOs se basa principalmente en criterios biológicos y epidemiológicos, utilizando gradientes-riesgo para regiones en condiciones de baja o nula prevalencia de CLas, y endemidad para las zonas donde la enfermedad se encuentra establecida, es decir, se contextualizan en los principios de prevención y protección (Mora-Aguilera *et al.*, 2013b).

Según Mora-Aguilera *et al.* (2013a), en México se contemplan los siguientes componentes esenciales para establecer ARCOs:

1. Organización-operación. Se forma un grupo de trabajo en cada estado o región para favorecer mediante su gestión, el cumplimiento de la normativa de HLB y todo lo relacionado con las ARCOs; el número, tamaño y localización lo define el Grupo Técnico.
2. Características de las ARCOs: la integración basa en los siguientes criterios biológicos y epidemiológicos: a) abundancia de hospedantes, b) susceptibilidad de los hospedantes, c) cantidad y distancia entre focos, d) carga de inóculo, y e) dirección del viento dominante.
3. Monitoreo del vector. Se realiza en 100% de las huertas que forman parte de las ARCOs, con el objetivo de identificar los predios en donde la población del insecto vector alcanzó el umbral de control determinado por el Grupo Técnico del HLB en el estado, para el posterior control de los focos de infestación.
4. Uso correcto de insecticidas. Para las aplicaciones regionales totales de los focos de infestación detectados en el monitoreo, se deben utilizar insecticidas registrados ante la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), con rotación de grupos toxicológicos.
5. Uso de control biológico. La Dirección General de Sanidad Vegetal produce *Tamarixia radiata* parasitoide natural de *D. citri*, el cual se libera en algunas ARCOs y zonas urbanas. Además, en las Áreas que reúnen las condiciones de temperatura y humedad relativa, se realizan aplicaciones regionales totales de hongos entomopatógenos

## **2.7. Control químico de *D. citri***

Desde la década de 1970, cuando la revolución verde toma auge en la República Mexicana, los agricultores adoptan el control químico como prioridad para controlar plagas y enfermedades en los cultivos de importancia económica (Cecon, 2008).

Para el caso de *D. citri* se han utilizado insecticidas de diferentes grupos químicos (piretroides, organofosforados, neonicotinoides, avermectinas, espinosinas, triazapentadieno, sales de ácidos grasos, aceites minerales, detergentes, ácidos tetrónicos, hormonales, entomopatógenos e insecticidas botánicos), tan pronto como han estado disponibles en el mercado y en la medida en que los niveles poblacionales de *D. citri* han aumentado (Macías-Rodríguez *et al.*, 2013; García-Méndez *et al.*, 2016).

Las aplicaciones de insecticidas en las ARCOs se basan en la rotación de grupos toxicológicos para un manejo adecuado de resistencia. Al respecto, Cortéz-Mondaca *et al.* (2013) mencionan que la experiencia local es importante para la toma de decisiones en la elección de los insecticidas a emplear. Se pueden aplicar varias aspersiones de un insecticida en cada zona, pero es esencial que las generaciones sucesivas del PAC no sean tratadas con productos del mismo grupo y modo de acción (MoA).

Diversos autores han evaluado insecticidas de diferente grupo toxicológico (GT) e ingrediente activo (i. a.) para el control de *D. citri* tales como: clorpirifos, fenpropatrin, pymetrozine, espirotetramato, imidacloprid, spinosad y avermectina (Qureshi y Stansly, 2010; Raj-Boina *et al.*, 2011; Hernández-Fuentes *et al.*, 2013; Tiwari *et al.*, 2013). Dentro de las ARCOs de Martínez de la Torre, Veracruz se ha evaluado la susceptibilidad del PAC a endosulfán, dimetoato, malatión, metomilo, abamectina y lambdacialotrina (Osorio-Acosta *et al.*, 2015; García-Méndez *et al.*, 2016), la cual indica la necesidad de realizar evaluaciones constantes de la susceptibilidad a los insecticidas utilizados para el control de *D. citri* y garantizar que las ARS sean efectivas para disminuir las poblaciones.

## **2.8. Mecanismos de acción de los insecticidas**

El modo de acción de los plaguicidas es referido a la forma de actuar del producto sobre las distintas plagas y pueden ser: a) de contacto, los cuales ejercen su acción tóxica una vez que entran en contacto con el organismo que se desea controlar, b) de ingestión, son aquellos que actúan una

vez que son ingeridos por el organismo, c) sistémicos, son aquellos que son absorbidos por la parte tratada y se traslocan a través de los tejidos en cantidades suficientes para ser efectivos en los puntos de acción como brotes y hojas (Duran, 2002).

El modo de acción dentro del organismo, está en función del ingrediente activo y por ende del GT utilizado. El Comité de Acción contra la Resistencia a Insecticidas (IRAC) reporta más de 30 modos de acción, 70 grupos químicos y 260 ingredientes activos diferentes. Recomienda la rotación de insecticidas basándose en los diferentes GT y modos de acción para un manejo racional para retardar la aparición de genes de resistencia, y con esto asegurar la mayor eficiencia posible de los insecticidas utilizados en cada aplicación (IRAC, 2016).

Existen en el mercado diferentes grupos químicos que afectan diferentes órganos y partes del insecto, tales como la respiración, crecimiento y desarrollo, intestino medio, sistema nervioso y muscular; de algunos aún se desconoce su modo de acción. Los insecticidas carbamatos y organofosforados son inhibidores de la Acetilcolinesterasa (ACE), las piretrinas y piretroides son moduladores de los canales de sodio, los neonicotinoides son moduladores competitivos de los receptores nicotínicos de la acetilcolina (AC), las espinosinas son moduladores alostéricos de los receptores nicotínicos de la acetilcolina y las avermectinas son moduladores alostéricos de los canales de cloro gobernados por glutamato (Čolović *et al.*, 2013; IRAC, 2016).

Además, el control se ha complementado con aplicaciones de aceite parafínico en algunos ARCOs, para prevenir antes que las poblacionales de *D. citri* aumenten. El uso intensivo de este producto en el manejo de algunas plagas de importancia económica se debe a su corta residualidad, es menos nocivo con enemigos naturales y no se ha reportado el desarrollo de resistencia en artrópodos (Childers y Rogers, 2005). Reacciona en los tejidos que contienen lípidos, además provoca desecación y ablandamiento de la cutícula, lo que trae consigo deshidratación y sofocación en estadios inmóviles (Najar-Rodríguez *et al.*, 2008; Stadler y Buteller, 2009).

## **2.9. Mecanismos de resistencia a insecticidas**

El uso de insecticidas es el componente más importante de las estrategias que se han implementado para el control de plagas de importancia económica. Sin embargo, los insecticidas utilizados son cada vez menos efectivos debido a la creciente resistencia por parte de los insectos (Liu, 2015).

IRAC (2016) define la resistencia como la disminución heredable de la susceptibilidad de una población a una toxina a la que han sido expuestas generaciones anteriores.

Heckel (2012) mencionó que la resistencia en insectos es un problema complejo y a menudo resulta de cambios en la regulación génica, lo que conduce a un aumento en la eficiencia de uno o más sistemas fisiológicos utilizados por el insecto para la detoxificación (mecanismo de resistencia más común), la oxidación, la conjugación a compuestos hidrófilos y la excreción. Otro mecanismo de resistencia está dado por las características biológicas de los insectos plaga, como la alta fecundación que coadyuva a incrementar la presión de selección generada en las aplicaciones de insecticidas y acelera la resistencia genética (Che *et al.*, 2015). La amplificación de genes es otro mecanismo que aumenta la cantidad de proteína disponible e inactiva las moléculas del insecticida.

Resultados de múltiples investigaciones han demostrado el aumento en la resistencia por parte de insectos a diversos insecticidas. Sparks y Nauen (2015) mencionan que el primer caso de resistencia documentado fue en 1914, su aumento fue progresivo con la aparición de insecticidas organosintéticos y el uso repetido de éstos hasta nuestros días. Señalan también que en los años de 1969 y 1970 se documentó la aparición de resistencia a herbicidas y fungicidas, sin embargo, hasta 2014 han sido muy superiores los casos de insecticidas.

La ineficiencia del combate químico de plagas de insectos se atribuye con frecuencia al desarrollo de resistencia a los insecticidas utilizados (Carazo, 2003). Al respecto Tiwari *et al.* (2011a) señalan que la resistencia de *D. citri* se correlaciona con altos niveles de enzimas detoxificantes en distintas poblaciones del psílido en Florida, lo cual podría ser un resultado de la presión de selección impuesta por la deficiente rotación de insecticidas. Mediante la exposición de *D. citri* a imidacloprid, Tiwari *et al.* (2011b) lograron identificar los genes CYP4C67, CYP4DA1, CYP4C68, CYP4DB1 y CYP4G70 en poblaciones resistentes a insecticidas, altamente correlacionados con la producción de enzimas detoxificantes, es decir las poblaciones evaluadas fueron menos susceptibles a imidacloprid. En una investigación posterior, Tiwari *et al.* (2013) evaluaron la susceptibilidad de cinco poblaciones de *D. citri* a insecticidas de uso común en diferentes regiones de Florida mediante tres dosis de diagnóstico (DL<sub>50</sub>, DL<sub>75</sub>, y DL<sub>95</sub>). Las poblaciones de campo fueron más tolerantes en comparación con los testigos estudiados en laboratorio, debido a que las poblaciones recolectadas mostraron expresión de genes CYP4.



## **2.10. Análisis toxicológico de áreas agrícolas**

La presión de selección se ejerce como resultado de las aplicaciones de tóxicos (Pacheco-Covarrubias, 1986; Jacobo-Cuellar y Ramírez-Legarreta, 2006), por lo que a mayores volúmenes de aplicación mayor será la presión de selección. Denholm y Devine (2013) señalan que entre los factores que influyen directamente en la presión de selección se encuentran la dosis, el método de aplicación, la frecuencia de aplicación, la persistencia biológica y el uso de mezclas de insecticidas. En un manejo adecuado de la resistencia se debe considerar la rotación efectiva de GT, la aplicación de las dosis mínimas recomendadas y la relación de los productos a utilizar con los aplicados en ciclos anteriores.

Lagunes-Tejeda y Villanueva-Jiménez (1994) mencionan que el uso de insecticidas en una región agrícola como es el caso de las ARCOs, depende principalmente de la información disponible sobre la fluctuación poblacional, la fenología del cultivo, los problemas de resistencia a insecticidas, los productos disponibles y los costos, las recomendaciones oficiales, las particulares y los métodos alternativos al uso de insecticidas. Con base en lo anterior Lagunes-Tejeda y Rodríguez-Maciél (1989) propusieron una metodología que integra información sobre el combate químico en una región agrícola, para obtener información sobre los insecticidas empleados, volúmenes aplicados, área tratada y plagas combatidas. Con dicha información es posible estimar la presión de selección absoluta y relativa de cada GT ejercida y estimar con qué producto o productos es más conveniente iniciar la siguiente temporada y cuáles no deben utilizarse por algún tiempo. A la integración de los elementos mencionados se le llama Análisis Toxicológico y la información necesaria para poder realizarlo se puede consultar en la Jefatura Estatal de Sanidad Vegetal para recabar los datos necesarios. Los mismos autores recomiendan que como mínimo se debe obtener lo correspondiente a 15% del total de la superficie sembrada con el cultivo que se desea estudiar (Lagunes-Tejeda y Villanueva-Jiménez, 1994). La metodología sobre el Análisis Toxicológico se puede consultar a detalle en el Capítulo 6.3. Además, existen reportes de su uso en diferentes cultivos y plagas de importancia económica (Pacheco-Covarrubias, 1986; Romo-Ruíz y Lagunes-Tejeda, 1987; Nájera-Rincón, 1991; Sánchez-Soto y Rodríguez-Lagunes, 1993; Jacobo-Cuellar y Ramírez-Legarreta, 2006).

La clave de cada GT, se presenta a continuación de acuerdo a la clasificación propuesta por Rodríguez (1982) y Lagunes-Tejeda (1983) (Lagunes-Tejeda y Villanueva-Jiménez, 1994).

1. **OC-DDT.** Grupo del DDT.- dicofol, metoxicloro.
2. **OC-Be.** Grupo del benceno.- BHC, lindano.
3. **OC-Ci.** Grupo de los ciclodienos.- endrín, endosulfán.
4. **FA-OM.** Grupo de los organofosforados alifáticos con enlace P=O, con grupos monometil o dimetil.- acefato, monocrotófós.
5. **FA-OE.** Grupo de los organofosforados alifáticos con enlace P=O, con grupos monoetil, dietil, monopropil o dipropil.- tepp.
6. **FA-SM.** Grupo de los organofosforados alifáticos con enlace P=S, con grupos monometil o dimetil.- dimetoato.
7. **FA-SE.** Grupo de los organofosforados alifáticos con enlace P=S, con grupos monoetil, dietil, monopropil o dipropil.- forato, disulfotón.
8. **FC-OM.** Grupo de los organofosforados cíclicos con enlace P=O, con grupos monometil o dimetil.- stirofós, crotoxfós.
9. **FC-OE.** Grupo de los organofosforados cíclicos con enlace P=O, con grupos monoetil, dietil, monopropil o dipropil.- profenofós, clorfenvinfós.
10. **FC-SM.** Grupo de los organofosforados cíclicos con enlace P=S, con grupos monometil o dimetil.- fenitrotión, paratión metílico.
11. **FC-SE.** Grupo de los organofosforados cíclicos con enlace P=S, monoetil, dietil, monopropil o dipropil.- EPN, paratión etílico.
12. **FH-OM.** Grupo de los organofosforados heterocíclicos con enlace P=O, con dos grupos metil.- fospirato, azametifós.
13. **FH-OE.** Grupo de los organofosforados heterocíclicos con enlace P=O, con grupos monoetil, dietil, monopropil o dipropil.- fosafolán, mefosfolán.
14. **FH-SM.** Grupo de los organofosforados heterocíclicos con enlace P=S, con grupos monometil o dimetil.- azinfós metílico, metidatión.

15. **FH-SE.** Grupo de los organofosforados heterocíclicos con enlace P=S, con grupos monoetil, dietil, monopropil o dipropil.- diazinón, clorpirifos.
16. **F-Cx.** Grupo de los organofosforados con uno o dos grupos carboxietil.- malatión, fentoato.
17. **CA-MM.** Grupo de los carbamatos alifáticos monometil.- aldicarb.
18. **CC-MM.** Grupo de los carbamatos cíclicos monometil.- metiocarb, carbaril.
19. **CH-MM.** Grupo de los carbamatos heterocíclicos monometil.- carborfurán, dioxacarb.
20. **C-DM.** Grupo de los carbamatos dimetílicos.- pirimicarb, dimetilán.
21. **C-MISC.** Grupo de los carbamatos misceláneos.- tiodicarb, fenoxicarb.
22. **PIRT.** Grupo de los piretroides.- permetrina, deltametrina, fenvalerato.
23. **I-BOT.** Grupo de los insecticidas botánicos.- rotenona, nicotina.
24. **OA-Ci.** Grupo de los organoazufrados cíclicos.- ovex, propargite.
25. **OA-He.** Grupo de los organoazufrados heterocíclicos.- oxtioquinox, tioquinox.
26. **OEST.** Grupo de los organoestanosos.- cyhexatín.
27. **FORM.** Grupo de las formamidinas.- clordimeformo, amitraz.
28. **TIOC.** Grupo de los tiocianatos.- Lethane<sup>R</sup>, isobornil tiocinoacetato.
29. **DNF.** Grupo de los dinitrofenoles.- dinoseb, dinocap.
30. **MICR.** Grupo de los biológicos o microbiales.- *Bacillus thuringiensis*, Biotrol<sup>R</sup>, avermectina, Avid<sup>R</sup>.
31. **REGC.** Grupo de los reguladores del crecimiento.- ciromazina, diflubenzurón, metopreno.
32. **FUM.** Grupo de los fumigantes.- bromuro de metilo, fosfuro de aluminio.
33. **INOR.** Grupo de los inorgánicos.- arseniato de calcio.
34. **AMIN.** Grupo de los aceites minerales.- citrolina.

## 35. I-MISC. Grupo de los insecticidas misceláneos.- clorfentezina, tiociclam.

### 2.11. Factores que inciden en la efectividad de insecticidas

#### 2.11.1. Factores operacionales

Para encontrar estrategias que garanticen la efectividad de insecticidas se deben conocer los factores que afectan directamente el fenómeno (Messuti, 2011). La FAO (2012) señala la existencia de tres factores fundamentales en la generación de resistencia por parte de insectos y que inciden directamente en la efectividad de insecticidas, que pueden ser biológicos, genéticos u operacionales; sin embargo, no considera los factores socioculturales, y ambientales que también son importantes e inciden en la efectividad de las fumigaciones (Inostroza-Fariña, 2009; Andrews *et al.*, 1989).

Lagunes-Tejeda y Villanueva-Jiménez (1994) mencionaron que los factores operacionales relacionados con la efectividad de insecticidas se dividen en dos tipos: a) con respecto al tóxico aplicado, aspectos como la naturaleza química del plaguicida, y con la formulación y b) con respecto al tipo de aplicación, aspectos como el umbral de infestación para la aplicación, la selección de grupos toxicológicos y la utilización de mezclas de insecticidas.

Los factores operacionales que inciden en la efectividad de insecticidas son aquellos relacionados con la aplicación de plaguicidas y están bajo control humano, los más obvios son la dosis y la formulación de los plaguicidas utilizados (Bisset, 2002). Además Inostroza-Fariña (2009) señala que la eficiencia de una pulverización puede ser malograda por la mala elección de la boquilla, el tipo de aspersora y la calibración de los equipos de aspersion entre otras. Quiñones (2010) menciona que la eficiencia de una aplicación aumenta al utilizar adherentes.

En el mismo sentido, Urzúa-Soria (2002) indica que el objetivo de una aplicación es colocar la dosis adecuada del plaguicida en los lugares donde va a actuar o en donde se va a mover para llevar a cabo su acción biológica. Señala la importancia de garantizar una buena cobertura del insecticida en la planta, tener claro el volumen de aspersion para evitar pérdidas y utilizar la concentración y dosis adecuada en cada aplicación.

González-Santarosa (2014) señala que la calibración adecuada determina la salida de la aspersión o del volumen de aplicación expresado en unidades de volumen por unidades de área. Además, para realizar la calibración y determinar el volumen del líquido aplicado por hectárea, se debe determinar el gasto por boquilla (según la presión), la velocidad de avance y el ancho del caudal de la boquilla.

Cada persona se mueve a diferentes velocidades, por lo cual en cada aplicación manual se debe realizar la calibración (Universidad de California, 2011). Hofman y Solseng (2014) revelaron que cuatro de cada cinco aspersoras que se utilizan en una aplicación tienen errores de calibración; las personas que realizan las aplicaciones de agroquímicos deben saber los métodos de aplicación adecuados, calibración y métodos de limpieza del equipo, con el objetivo de compensar el desgaste en aspersoras, boquillas y los sistemas de medición.

Las boquillas y la presión de trabajo se eligen de manera que se consiga un determinado tamaño de gota que garantice el mayor número de impactos por  $\text{cm}^2$  deseado. En la práctica, las boquillas producen un rango muy estrecho de tamaño de gotas, lo cual permite un buen transporte de las mismas por la corriente de aire y a la vez asegura que alcancen su objetivo (Anónimo, 2004). Estudios de sensibilidad realizados por Nsibande *et al.* (2015) mostraron la importancia del tamaño de gota en la distribución y deriva de cada aplicación, por lo cual se recomienda la elección adecuada de las boquillas y el mantenimiento de éstas. Ginouse *et al.* (2014) mencionan que la velocidad de las partículas que salen de las boquillas juega un papel importante en la distribución y la deriva del líquido. Miranda-Fuentes *et al.* (2015) mostraron que un incremento en el volumen de aplicación por hectárea aumentó el depósito promedio y porcentaje de cobertura, pero disminuyó la eficiencia de la aplicación, la penetración del líquido en el follaje, y la homogeneidad del depósito. Mencionan que un aumento en la tasa de flujo de aire mejora la efectividad de la aplicación y homogeneidad a un cierto umbral, después disminuye la calidad de la pulverización.

### **2.11.2. Factores socioculturales**

Se refiere a una amplia gama de factores de la sociedad y las influencias culturales como pensamientos, comportamientos y acciones que las personas de un área determinada realizan y que directa o indirectamente podrían incidir en la efectividad de insecticidas. Los factores socioculturales son complejos y pueden variar según origen étnico, sexo, edad, escolaridad, valores, actitud y religión (González y Birnbaum-Weitzman, 2013). Jarvis *et al.* (2006) mencionan que las instituciones sociales y las tradiciones culturales del agricultor, proporcionan el contexto para la toma de decisiones y manejo del cultivo en los AES, tales como: prácticas tradicionales y forma local de vida. Lynne (1995) mostraron que el proceso de toma de decisiones por parte del agricultor refleja generalmente un compromiso entre la utilidad económica privada y la colectiva. Andrews *et al.* (1989), indicaron que las decisiones del agricultor varían de cultura a cultura y de una comunidad a otra. Influyen los tabús culturales y tradicionales, así como presiones sociales y de grupo, y pueden restringir el uso de insumos modernos, incluyendo los plaguicidas.

Curry *et al.* (2015) señalan que las decisiones de inversión del productor en el sector agrícola como las del manejo de plagas, las modulan consideraciones como la fluctuación de los precios en el mercado, además de la negativa a la adopción de nuevas tecnologías; lo más difícil para los pequeños productores es adoptar un cambio radical en su estilo de vida que respalde el trabajo, la producción y las relaciones sociales. Blancas *et al.* (2013) mencionaron que los valores culturales humanos de cada comunidad y el conocimiento ecológico tradicional de los recursos vegetales son cruciales para la toma de decisiones a fin de garantizar o aumentar la disponibilidad y/o calidad de los recursos vegetales deseados. En este sentido la toma de decisiones en la elección de insecticidas pudiera estar influenciada por el contexto sociocultural y el conocimiento local. En el peor de los casos esto limitaría apropiarse de las recomendaciones que se realizan para el control de *D. citri* y la organización en ARS, además de contribuir a la aparición de poblaciones resistentes aplicando insecticidas del mismo i. a. o GT.

### **2.11.3. Factores ambientales**

Diversos autores mencionan la importancia de tomar en cuenta las condiciones ambientales en la aplicación de insecticidas, las cuales aumentarían la efectividad de los insecticidas utilizados (FAO, 2001; Massaro y Fernández, 2013; Gonçalves-Balan *et al.*, 2016). Inostroza-Fariña (2009) definieron los factores ambientales como aquellos elementos que influyen constantemente sobre

los seres vivos y pueden ser: a) físico-químico (precipitación, temperatura, humedad relativa y velocidad del viento) y b) biológicos dados por la acción de otros organismos incluso la etapa vegetativa del cultivo. Señalan que en cada aplicación se deben considerar factores ambientales como la humedad relativa, temperatura, velocidad del viento y lluvias, para evitar la pérdida del insecticida y obtener la mayor efectividad biológica. De no tomarse en cuenta podría haber pérdida de insecticida por la acción del viento y evaporación, afectando directamente los ingresos de los productores y la contaminación al ambiente (Mansoor *et al.*, 2015).

Altas temperaturas ( $>35^{\circ}$ ) podrían inactivar las moléculas de algunos insecticidas. Otros muestran su mayor potencial con temperaturas bajas, como el DDT (Lagunes-Tejeda y Villanueva-Jiménez, 1994). Para el caso del aceite parafínico, las altas temperaturas y el aumento en las dosis aplicadas pueden causar fitotoxicidad (Dong-Soon *et al.*, 2010). Por lo que es necesario identificar cuáles factores se relacionan en mayor grado con la disminución en la efectividad de los insecticidas utilizados para el control de *D. citri* en ARCOs.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La citricultura es la base de una agroindustria importante para la población y comercio en países de clima tropical y subtropical, debido a la gran cantidad de empleos que se generan durante su proceso productivo, divisas generadas vía exportación y un mercado interno sobresaliente con su industrialización y comercialización (Peña, 2003; Chiquito-Contreras, 2011). México es el quinto lugar mundial en producción de cítricos, con más de 7.5 millones de t (FAOSTAT, 2013). El estado de Veracruz es el principal productor de cítricos a nivel nacional (SIAP, 2014) y el municipio de Martínez de la Torre es el principal productor de lima Persa del estado (OEIDRUS, 2014).

La riqueza citrícola se ve amenazada desde 2002 por la presencia de *D. citri*, principal vector de CLas, bacteria causal del HLB (Ruiz-Galván *et al.*, 2015). A partir de 2011 se implementaron las Áreas Regionales de Control (Salcedo-Baca *et al.*, 2012), en las cuales el control químico es el pilar fundamental para disminuir las poblaciones de *D. citri* y evitar la dispersión de la bacteria (Robles-García, 2014).

La efectividad de los insecticidas empleados para el control de *D. citri* se ve influida directa o indirectamente por el manejo actual de la plaga, la deficiente rotación de grupos toxicológicos (García-Méndez *et al.*, 2016), la alta presión de selección (Jacobo-Cuellar y Ramírez-Legarreta, 2006), la falta de organización y capacitación de productores (Salcedo-Baca *et al.*, 2014), las prácticas operacionales habituales en torno a las aplicaciones de insecticidas (Lagunes-Tejeda y Villanueva-Jiménez, 1994), la toma de decisiones influenciadas por el contexto sociocultural (Andrews *et al.* 1989) y las condiciones ambientales imperantes (Inostroza-Fariña, 2009). Cortéz-Mondaca (2013) sugiere realizar pruebas de efectividad biológica de insecticidas y monitoreo de resistencia previo a cada ARS para garantizar la mayor efectividad posible.

Por la importancia económica de la citricultura mexicana, es necesario identificar los factores operacionales, socioculturales y ambientales que inciden en la efectividad de insecticidas en ARS, así como determinar la presión de selección ejercida por los principales GT utilizados para el control de *D. citri* en las ARCOs; con los resultados obtenidos se formulan recomendaciones que puedan ser adoptadas e implementadas por los comités estatales de sanidad vegetal de los estados donde se realiza ARS para el control de *D. citri*.



## 4. OBJETIVOS

### 4.1. Objetivo general

Determinar los factores operacionales, socioculturales y ambientales que inciden en la efectividad de insecticidas con base en el conocimiento de productores recopilando información *in situ*, así como estimar la presión de selección ejercida por los insecticidas utilizados, en aplicaciones regionales supervisadas y locales no supervisadas, para el control de *Diphorina citri* en Áreas Regionales de Control (ARCOs).

### 4.2. Objetivos particulares

- Determinar los factores operacionales, socioculturales y ambientales que inciden en la efectividad de insecticidas con base en la percepción y conocimiento de los productores dentro de las ARCOs.
- Estimar la presión de selección ejercida por los grupos toxicológicos utilizados para el control de *D. citri* en Áreas Regionales de Control y parcelas aledañas.
- Evaluar las aplicaciones de insecticidas y su efectividad en el control de *D. citri* en Áreas Regionales de Control de Martínez de la Torre Veracruz.

## 5. HIPÓTESIS

### 5.1. Hipótesis general

Las prácticas que realizan los productores *in situ*, el conocimiento y la toma de decisiones sobre el manejo de insecticidas, las condiciones ambientales imperantes en las aplicaciones, así como la presión de selección que se genera en aplicaciones regionales supervisadas y locales no supervisadas, contribuyen a la disminución de la efectividad de insecticidas utilizados para el control de *D. citri* en ARCOs.

### 5.2. Hipótesis particulares

- Los factores operacionales, socioculturales y ambientales que inciden en la efectividad de insecticidas están determinados por la percepción y conocimiento de los productores.
- Los grupos toxicológicos utilizados para el control de *D. citri* en Áreas Regionales de Control y parcelas aledañas generan una alta presión de selección.
- Las aplicaciones así como los insecticidas utilizados en Áreas Regionales de Control son efectivos para el control de *D. citri*.

## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1. Área de estudio

El presente proyecto de investigación se llevó a cabo en cuatro ARCOs que atiende el personal de la Junta Local de Sanidad Vegetal del Totonacapan (CESVVER): i) ARCO 4, Municipio de Martínez de la Torre [Ejidos “Pueblo Viejo”, “Cartago” y Pequeñas propiedades colindantes (Superficie: 1051.05 ha)]; ii) ARCO 9, Municipio de Gutiérrez Zamora [Ejidos de “San Antonio Coronado”, “Flores Magón”, “Paso de Barriles”, “Santa Rosa” y pequeñas propiedades colindantes (Superficie: 1000 ha)]; iii) ARCO 10, Municipio de Papantla [Ejidos “Valsequillo”, “El Insurgente Socialista”, “Miguel Hidalgo”, “Mesa Chica Nueva el Corcho” y “Augusto Gómez Villanueva (Superficie: 1000 ha)]; iv) ARCO 11, Municipio de Martínez de la Torre [Ejidos “Cañizo”, “Flamencos” y “Piedrilla” (Superficie: 1000 ha)] (Figura 3 a, b, c y d) .

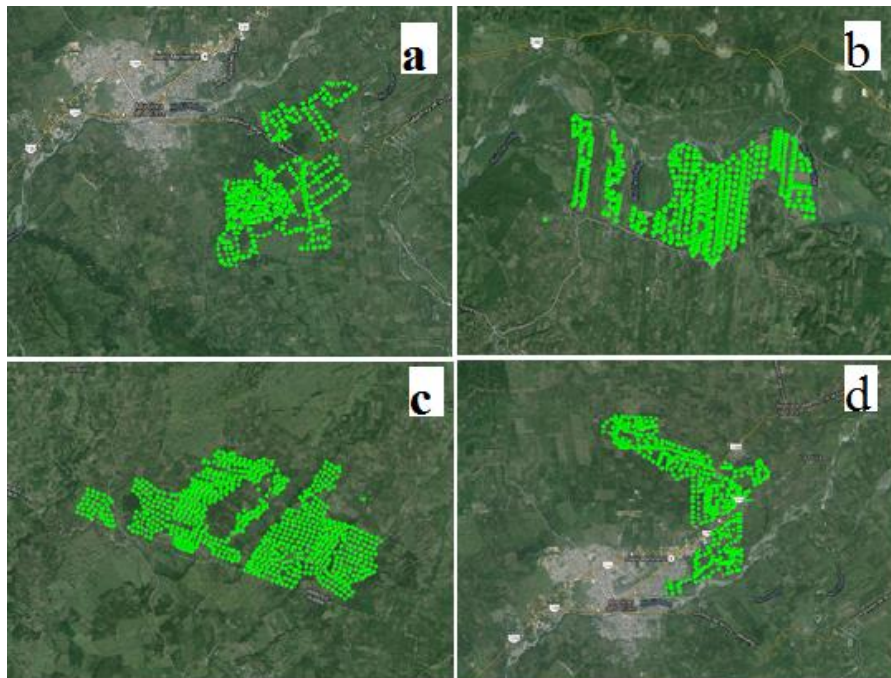


Figura 3. a) ARCO 4, Municipio de Martínez de la Torre; b) ARCO 9, Municipio de Gutiérrez Zamora; c) ARCO 10, Municipio de Papantla; ARCO 11, Municipio de Martínez de la Torre, Veracruz (Fotografías proporcionadas por CESVVER).

## 6.2. Tamaño de muestra

El universo de población considerado fueron los 630 productores beneficiarios de la Campaña contra el HLB, quienes son atendidos por el personal de la Junta Local de Sanidad Vegetal del Totonacapan, los cuales están distribuidos en seis ARCOs. El tamaño óptimo de muestra de productores a encuestar se calculó mediante la siguiente fórmula (Morales-Vallejo, 2011):

$$n = \frac{N}{1 + \frac{e^2(N-1)}{z^2pq}}$$

**Donde:**

**n =Tamaño de muestra a aplicar**

**N =Tamaño de la población (630 productores)**

**Pq = Varianza de la población (0.25%)**

**z = Valor de z correspondiente al nivel de confianza  $\alpha = 0.10$**

**e= Error muestral (10%).**

La fórmula con los datos requeridos quedo de la siguiente manera:

$$n = \frac{630}{1 + \frac{.10^2(630-1)}{1.65^2(.25)}} = 61.51$$

La muestra a encuestar fue de 62 productores. Las encuestas se realizaron en cuatro de los seis ARCOs que atiende la Junta Local del Totonacapan (Capítulo 6.1) considerando la disposición de recursos financieros para esta investigación y el tiempo limitado para realizar el trabajo de campo.

Se utilizó el muestreo dirigido (intencional), al no ser posible tener acceso a todos los integrantes de la población (Hurtado-León y Toro-Garrido, 2007). Con ayuda de los técnicos de campo se contactó al Comisariado de cada ejido dentro de los ARCOs 4, 9, 10 y 11. Con su aprobación, se procedió a realizar las entrevistas en las reuniones ejidales que se realizan mensualmente. Debido a la variable disponibilidad a ser entrevistados, se utilizó la técnica no probabilística de muestreo por conveniencia, en la cual la elección de los productores encuestados depende de circunstancias

fortuitas (Kleeberg-Hidalgo y Ramos-Ramírez, 2009). Incluyendo encuestas adicionales en las casas de productores que no asisten a las reuniones.

### **6.3. Diseño de la encuesta**

Se diseñó una encuesta estructurada en cuatro secciones (Anexo C). La primera incluyó datos personales del productor: nombre, edad, escolaridad; número de ARCO, variedades de cítricos, superficie de terreno (ha) y nombre de quien realizó las aplicaciones de insecticidas. La segunda sección incluyó preguntas abiertas y cerradas para identificar los factores operacionales de la última aplicación de insecticidas, que pudiesen incidir en su efectividad: insecticidas utilizados, incremento en las dosis, uso de adherentes, calibración de sus equipos, bomba utilizada, calidad del agua utilizada, percepción sobre la relación de boquillas y velocidad de avance en la efectividad de la aplicación. La tercera sección se enfocó en identificar los factores socioculturales: asistencia a reuniones, capacitación, organización, interés sobre el control del PAC, conocimiento sobre manejo y rotación de insecticidas, interés sobre protección de enemigos naturales, cursos de capacitación sobre manejo de insecticidas y percepción sobre los insecticidas que les brinda la campaña contra el HLB que ejecuta el CESVVER. La cuarta y última sección se enfocó en los conocimientos de los productores sobre los factores ambientales a tomar en cuenta en las aplicaciones: horario de aplicación, velocidad del viento, humedad relativa, temperatura y lluvias. Se utilizó la escala de Likert para categorizar las respuestas cerradas. Se generaron frecuencias con las respuestas de las preguntas abiertas identificadas como similares.

La encuesta se diseñó para contestar las preguntas cerradas en menos de 20 min por productor. Las preguntas abiertas llevaron más tiempo debido a que se buscó recopilar información para entender el contexto sociocultural en el cual está inmerso el manejo de las ARCOs. El cuestionario fue aplicado principalmente en las reuniones ejidales para: i) recopilar la mayor cantidad de información en el menor tiempo posible, ii) focalizar las entrevistas a los ejidatarios interesados en la campaña, y iii) generar mayor confianza entre ambas partes. La aplicación de las encuestas se realizó de agosto a diciembre de 2015. Además, se realizó un estudio etnográfico en las ARCOs evaluadas. Para lo que se asistió a reuniones organizadas por los técnicos y comisariados ejidales, se entrevistó a algunos productores y se evaluaron las aplicaciones de insecticidas mediante la observación directa (Capítulo 7.6), con el objetivo de comparar los conocimientos del productor y lo que realiza en la práctica.

#### 6.4. Determinación de la presión de selección absoluta en las ARCOs

Se analizó el historial de aplicaciones de insecticidas en las ARS para el control de *D. citri*, desde el año de establecimiento de las ARCOs evaluadas, para determinar la presión de selección ejercida por los ingredientes activos (i.a.) que se han utilizado. El historial fue proporcionado por el personal de la Junta Local de Totonacapan, registrando la información correspondiente a las cuatro ARCOs donde se realizaron las encuestas. La base de datos se depuró con el paquete Microsoft Excel 2010, para su posterior análisis.

Además, se estimó la presión de selección ejercida en las ARCOs por las ALNS para el control de *D. citri* y que no supervisa el personal del CESVVER en las ARCOs y en parcelas aledañas. Para ello se entrevistaron 62 productores, a quienes se les preguntó sobre las aplicaciones que realizan fuera de la Campaña contra el HLB, para el control de *D. citri*; además, se solicitó el nombre, la relación de insecticidas utilizados (i.a.), dosis aplicada y superficie tratada por productor (ha). La información para el total de hectáreas de las ARS era conocida, por lo que se buscó obtener información de al menos 15% de cada uno de los cuatro ARCOs. Además, se obtuvo información de dos tiendas de agroquímicos para determinar la relación entre los grupos toxicológicos que han generado la mayor presión de selección y los productos que recomiendan en puntos de venta.

La base de datos de ARS y ALNS se ordenó de acuerdo al método de “Análisis Toxicológico” propuesto por Lagunes-Tejeda y Rodríguez-Maciel (1989) (Anexos A-B3). Se utilizaron dos matrices para vaciar la información; la matriz A consta de 10 columnas (A, B, C...J), en las cuales se registró el número de ARCO, superficie total del ARCO (K total) y las hectáreas tratadas en cada aplicación. Posteriormente se llenaron los siguientes datos:

Columna A: nombre común o ingrediente activo.

Columna B: clave del grupo toxicológico.

Columna C: litros o kilogramos de producto utilizados en la aplicación.

Columna D: gramos de ingrediente activo por litro o kilogramo.

Columna E: se calculan los kg de ingrediente activo totales utilizando la fórmula:

$$E = \frac{CD}{1000} = \frac{(L. \text{ ó } kg \text{ de producto.})(g \text{ de i.a.})}{1000} = kg \text{ de i.a. total}$$

Columna F: dosis de insecticida recomendada por el fabricante.

Columna G: la dosis de la columna F se transforma en kg de ingrediente activo por hectárea mediante la siguiente fórmula:

$$G = \frac{FD}{1000}$$

Columna H: unidades de selección o hectáreas tratadas se calcularon mediante la fórmula:

$$H = \frac{E}{G} = \frac{\text{kg de i.a. totales}}{\text{kg de i.a./ha}}$$

Columna I: la Presión de Selección Absoluta (PSA) se obtuvo mediante la fórmula:

$$PSA \text{ por producto} = I = \frac{H (100)}{K} = \frac{\text{Unidades de selección}}{\text{Total de hectáreas}}$$

Un valor de la PSA por GT igual a 100, indica que se trató el total de la población (100%) con la dosis mínima recomendada; cualquier valor superior interpreta el porcentaje de aumento en la dosis por unidad de superficie en una o más aplicaciones, o cuando se aplica por segunda o más ocasiones en alguna o varias parcelas, posterior a una primera aplicación en el total de la superficie del ARCO (Sánchez-Soto y Rodríguez-Lagunes, 1993; Jacobo-Cuellar y Ramírez-Legarreta, 2006).

Algunas aplicaciones no se realizaron en todo el ARCO, por lo que se determinó la PSA por aplicación, dependiendo del número de hectáreas tratadas con respecto al número total del ARCO, mediante la siguiente fórmula:

$$PSA \text{ por aplicación} = J = \frac{\text{ha tratadas} * PSA \text{ por producto}}{K \text{ total}}$$

Una vez calculado lo anterior se llenó la matriz B, con tres columnas.

Columna L: se anotaron sin repetir las claves de los GT de la matriz A.

Columna M: se anotó la descripción de cada GT.

Columna N: describe la suma de las PSA que corresponden al grupo toxicológico indicado.

Columna O: se anota la presión de selección relativa.

La PSA total fue la suma de las PSA por aplicación por año. La presión de Selección Relativa (PSR) de cada grupo toxicológico se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$PSR \text{ del grupo } X = \frac{PSA \text{ del grupo } X (100)}{PSA \text{ total}}$$

### 6.5. Evaluación de la efectividad biológica de aplicaciones de insecticidas en ARCOS

En agosto de 2015 se evaluaron aplicaciones realizadas por productores en cuatro parcelas con lima Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) (aprox. 1.0 ha c/u) en el ARCO 4, donde se asperjó clorpirifos + aceite parafínico (200 mL + 1 L ha<sup>-1</sup>). En marzo de 2016 se determinó la efectividad biológica de aceite parafínico (2 L ha<sup>-1</sup>) aplicado por productores en 20 parcelas con lima Persa y naranja (*Citrus sinensis*) var. Valencia (aprox. 1.0 ha c/u) en el ARCO 11. Previo a cada aplicación de aceite se seleccionaron 20 árboles por parcela, el primer árbol fue ubicado en la esquina sur-este, los siguientes árboles se seleccionaron en un transecto en zig-zag, con ocho árboles entre cada punto de muestreo. Se seleccionó un brote de 5 cm de longitud por árbol a una altura de 1.5 a 1.8 m del nivel del suelo. Cada brote fue examinado con una lupa 10x, para registrar el número de ninfas presentes antes de la aplicación del insecticida.

En cada aplicación se registró la dosis utilizada y se verificó si era diferente a la recomendada por el CESVVER, ya que es una variable que incide directamente en la mortalidad (Cuadro 1). Además, se registró la temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad de viento con un medidor de condiciones atmosféricas (Kestrel<sup>®</sup> 4500NV) al momento de la aplicación. Se colocaron cuatro tarjetas hidrosensibles (Syngenta<sup>®</sup>) sobre brotes tiernos de la planta para determinar la cobertura (gotas cm<sup>2</sup>) y dos más en el suelo para determinar la deriva del insecticida. Se determinó el tiempo que tardó el aplicador en recorrer 20 m en la aplicación normal con una aspersora manual. Se determinó la velocidad de avance mediante la siguiente fórmula:

$$Velocidad (km/h) = \frac{Distancia (m) \times 3.6^*}{Tiempo (S)}$$

\*3.6 = Factor de conversión de m s<sup>-1</sup> a km h<sup>-1</sup> (Inostroza-Fariña, 2009).



Después de la aplicación, cada brote seleccionado se aisló con malla antiáfidos para evitar la mortalidad por factores ajenos al insecticida. La mortalidad ninfal se registró 24 h después de la aplicación con apoyo de una lupa 10x. Las ninfas se determinaron muertas si no presentaron movilidad, excreciones cerosas nuevas (Macías-Rodríguez *et al.*, 2013) o deshidratación (Najar-Rodríguez *et al.*, 2008).

## **6.6. Análisis de datos**

Se estandarizaron las respuestas de percepción y conocimiento de los productores, y con ello se realizaron subíndices de cada factor (operacional, sociocultural y ambiental). Se asignó el valor más bajo a las respuestas menos idóneas de cada pregunta y el valor más alto a la mejor respuesta de cada pregunta. Se obtuvo el promedio de los valores más altos de cada subíndice e índice evaluado, siendo éste el valor máximo esperado que se utilizó para comparar con el obtenido. El mismo procedimiento se realizó con los resultados de cada subíndice, para conseguir el valor obtenido por ARCOs. Con los valores obtenidos se realizó una matriz de correlación de Pearson para comparar cada subíndice con el subíndice de percepción de la efectividad de las aplicaciones mediante el procedimiento PROC CORR de SAS<sup>®</sup> (SAS Institute, 2013). Además para comparar los índices operacional, sociocultural y ambiental con el subíndice de percepción de la efectividad de las aplicaciones, se utilizó la opción matrix plots del programa STATISTICA 7.

Los resultados del análisis toxicológico se mostraron al graficar la PSA por año de los cuatro ARCOs evaluados. Los resultados de mortalidad se analizaron mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar la efectividad de las aplicaciones de aceite parafínico y clorpirifos + aceite parafínico, mediante el procedimiento PROC NPAR1WAY de SAS<sup>®</sup>. Para determinar la asociación entre variables operacionales y ambientales de las aplicaciones de aceite parafínico en el ARCO 11 respecto a la mortalidad, se realizó una matriz de correlación de Pearson mediante el procedimiento PROC CORR de SAS<sup>®</sup>.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1. Descripción de los productores encuestados

Se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de encuestas a productores beneficiados por la Campaña contra el HLB dentro de las Áreas Regionales de Control. El 93% de los entrevistados fueron hombres y 7% mujeres. La edad de los productores entrevistados fue de 56.3 años promedio, con una edad mínima de 35 y máxima de 83 años, y mostró una correlación negativa ( $-0.6537$ ,  $p < 0.0001$ ) con la escolaridad, la cual fue de 7.4 años (mediados del segundo año de secundaria) (Cuadro 1). El 7% no fue a la escuela y el 22% estudio más de 10 años. El promedio de hectáreas por productor fue de 11.8 y el 59% de ellos tienen como cultivo principal la lima Persa, 37% naranja y 4% toronja.

### 7.2. Factores operacionales

Lagunes-Tejeda y Villanueva-Jiménez (1994) mencionan que los factores operacionales que podrían incidir en la efectividad de una aplicación, se dividen en dos tipos: i) respecto al tóxico aplicado, y ii) respecto al tipo de aplicación. Los subíndices evaluados se agruparon de acuerdo a estos autores.

El valor obtenido en ARCOs para cada subíndice, fue alto en algunos casos específicamente respecto al tóxico aplicado como GT, i.a. y dosis aplicada, ya que son aspectos que se supervisan por los técnicos del CESVVER y en ARS se aplican los insecticidas recomendados. Sin embargo, fue bajo el valor de los subíndices que se relacionan con la percepción de los productores sobre la incidencia de la calibración del equipo de aplicación, uso de adherente, velocidad de avance y calidad del agua en la efectividad de las ARS (Cuadro 1).

#### 7.2.1. Respecto al tóxico aplicado

En la Aplicación Regional Supervisada (ARS) de agosto 2016 en las ARCOs 4, 10 y 11, se aplicó clorpirifos + aceite parafínico de petróleo ( $250 \text{ mL} + 1 \text{ L ha}^{-1}$ ). En la ARCO 9 no se realizó aplicación en agosto por las bajas poblaciones de *D. citri*, y en la ARS anterior (marzo de 2015) se aplicó spinetoram + aceite parafínico de petróleo ( $200 \text{ mL} + 1 \text{ L ha}^{-1}$ ). El Grupo Técnico del HLB (GTHLB) tomó las decisiones sobre los insecticidas a utilizar en cada ARS, considerando la

adecuada rotación de grupos toxicológicos (GT) y el empleo de la dosis mínima efectiva (Robles-García, 2012; Cortéz-Mondaca *et al.*, 2013).

**Cuadro 1.** Valor obtenido de cada subíndice con base en la percepción de los productores en las ARCOs, sobre los factores operacionales.

Índice	Subíndice	Valor Máximo Esperado	Valor Obtenido en ARCOs
Factores Operacionales	Grupo toxicológico en ARS	3.00	3.00
	Ingrediente Activo en ARS	3.00	3.00
	Dosis recomendada en ARS	2.00	2.00
	Insecticidas en ALNS	2.00	1.79
	Adherente	3.33	2.80
	Calibración	3.00	1.71
	Tipo de bomba	2.50	1.56
	Tipo de boquilla	3.00	1.56
	Velocidad de avance	3.00	1.63
	Calidad del agua	2.00	1.65

ARS= Aplicación regional supervisada; ALNS= Aplicación local no supervisada.

En las ARS la mayoría de los productores coincide en haber aplicado los insecticidas en tiempo y forma (96%), niegan haber aumentado las dosis en cada aplicación (100%), así como haber aplicado mezclas de insecticidas. Sin embargo la mayoría señala que si el insecticida que les proporciona el CESVVER funciona adecuadamente, lo siguen utilizando en Aplicaciones Locales No Supervisadas (ALNS). En la mayoría de los casos, los organofosforados fueron los más utilizados. Las aplicaciones de este grupo en ARCOs es frecuente (Capítulo 7.6.), lo cual trae consigo principalmente la aparición de poblaciones resistentes de *D. citri* y la disminución de la vida útil de los insecticidas pertenecientes a este grupo (Osorio-Acosta *et al.*, 2015; García-Méndez *et al.*, 2016).

En general los organofosforados son los más utilizados en la agricultura, y por ser baratos, pueden ser usados por productores con limitaciones financieras (Means, 2013). Sin embargo, varios GT de organofosforados presentan problemas de resistencia en la zona de Martínez de la Torre (Osorio-Acosta *et al.*, 2015; García-Méndez *et al.*, 2016), por lo que su uso podría restringirse en

próximas ARS. Además, al ser utilizados de forma desmedida pueden acumularse en cuerpos de agua y causar intoxicación a productores que están expuestos constantemente (Martínez-Vidal *et al.*, 2004; Sankararamakrishnan *et al.*, 2005; Rahmanikhah *et al.*, 2010). Es importante que se realicen capacitaciones constantes e integrales respecto al buen uso y manejo de insecticidas, lo cual podría contribuir a disminuir el uso desmedido de insecticidas organofosforados en ALNS.

### **7.2.2. Respecto a la aplicación**

Los resultados de correlación muestran que los productores más longevos le dan menor importancia a la calidad del agua en la efectividad de las ARS ( $-0.359, p < 0.0042$ ), 59% de ellos nunca ha revisado el pH del agua que utiliza en las aplicaciones y el 11.2% ni siquiera revisa si el agua que utiliza contiene basuras o color extraño. La calidad del agua y particularmente el pH es vital en la acción de los insecticidas, porque de esto podría depender la efectividad de una aplicación. Al respecto Leiva (2010) reporta que la vida media de los organofosforados puede incrementarse de 1 a 35 días al bajar el pH de 8 a 7; además, recomiendan acidificar el pH cuando el agua disponible se enturbia o presenta materia orgánica (M.O.). El contenido de M.O. también trae consigo problemas operacionales como el taponamiento de boquillas y desgaste del equipo de aplicación (Inostroza-Fariña, 2009).

Se observó que los productores con el mayor índice de escolaridad utilizan adherentes más frecuentemente ( $0.253, p < 0.0469$ ), opinan que la boquilla de las aspersoras ( $0.298, p < 0.0187$ ) y la calidad del agua ( $0.488, p < 0.0001$ ) podría incidir en la efectividad de las aplicaciones, además, tienen una percepción favorable sobre la efectividad de las ARS ( $0.367, p < 0.003$ ) (Cuadro 2). Hernández-Mojica *et al.* (2002), mencionan que los productores con mayores índices de escolaridad poseen una visión empresarial, realizan mayor inversión en insumos agrícolas, tienen mayor índice tecnológico y obtienen mayor rendimiento.

Respecto a los factores operacionales, se observó correlación positiva entre el Índice de Uso de Adherente, con la percepción sobre el efecto de la calidad del agua en la efectividad de las ARS ( $0.308, p < 0.0147$ ), además, entre el Índice del Tipo de Boquilla y el Índice de la Calidad del Agua ( $0.455, p < 0.0002$ ) y entre el Índice de la Calidad de Agua y la percepción sobre la efectividad de las ARS ( $0.286, p < 0.0243$ ) (Cuadro 2). Estas correlaciones demuestran que algunos productores están conscientes de la importancia de los factores operacionales en efectividad de las ARS sin embargo, algunos no los llevan a la práctica (Capítulo 7.7).

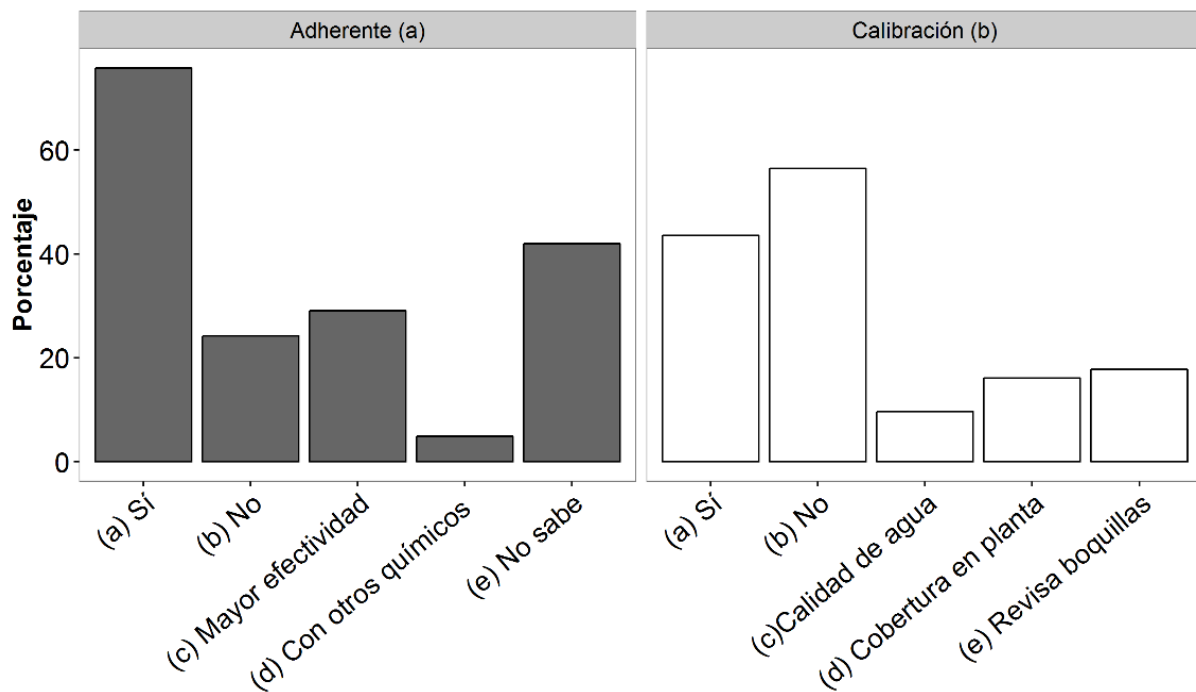
**Cuadro 2.** Matriz de correlación de Pearson de los subíndices edad y escolaridad y su relación con subíndices operacionales y de percepción sobre la efectividad de las Aplicaciones Regionales Supervisadas

Índices	ED <sup>†</sup>	ESC <sup>‡</sup>	ÍAD <sup>§</sup>	ÍVA <sup>p</sup>	ÍB <sup>¶</sup>	ÍCA <sup>††</sup>	ÍPE <sup>§§</sup>
<b>ED</b>	1.0	<b>-0.6206</b>	-0.1617	<b>-0.2608</b>	-0.2036	<b>-0.3588</b>	-0.2378
		<b>&lt;.0001</b>	0.2094	<b>0.0406</b>	0.1124	<b>0.0042</b>	0.0628
<b>ESC</b>		1.0	<b>0.2534</b>	0.2392	<b>0.2979</b>	<b>0.4879</b>	<b>0.3671</b>
			<b>0.0469</b>	0.0611	<b>0.0187</b>	<b>&lt;.0001</b>	<b>0.0033</b>
<b>ÍAD</b>			1.0	0.0054	0.2098	<b>0.3085</b>	0.1846
				0.9665	0.1016	<b>0.0147</b>	0.1508
<b>ÍVA</b>				1.0	<b>0.5855</b>	0.1927	0.1812
					<b>&lt;.0001</b>	0.1334	0.1587
<b>ÍB</b>					1.0	<b>0.4547</b>	0.1875
						<b>0.0002</b>	0.1444
<b>ÍCA</b>						1.0	<b>0.2859</b>
							<b>0.0243</b>
<b>ÍPF</b>							1.0

<sup>†</sup>Edad (Años) de productores; <sup>‡</sup>Escolaridad (Años) de productores; <sup>§</sup>Índice de Uso de Adherente; <sup>p</sup>Índice de Velocidad de Aplicación; <sup>¶</sup>Índice de Boquilla; <sup>††</sup>Índice de Calidad del Agua; <sup>§§</sup>Subíndice de Percepción sobre la efectividad de las ARS.

En las ARCOs el concepto de calibración no es muy conocido y quienes saben lo que significa, en la práctica únicamente realizan ciertas acciones (Figura 5b). Algunos productores creen que la velocidad de avance (61%) y el tipo de boquilla (61%) no inciden en la efectividad de las aplicaciones. Al respecto Inostroza-Fariña (2009) señala que para realizar una calibración adecuada de aspersoras de motor es básico considerar la velocidad de avance, el gasto de agua y el ancho de la franja de aplicación. Subraya la importancia de seleccionar la boquilla adecuada según el agroquímico a utilizar (insecticida, herbicida, fungicida) y del tipo de aspersora.

La deficiente calibración de equipos es un problema común no solo en Martínez de la Torre, ya que Ruiz-Nájera *et al.* (2011) también reportaron que en Chiapas 80% de los productores entrevistados no calibró su equipo en aplicaciones de insecticidas para el control de plagas en el cultivo de tomate. Al respecto, Vega-Gutiérrez *et al.* (2008) señalan que en la mayoría de los casos la falta de control de plagas se debe a la calibración deficiente de equipos. Por lo anterior una calibración adecuada del equipo en cada aplicación, adicionando adherentes a la mezcla, podría potenciar de manera importante la efectividad de los insecticidas utilizados (Cortéz-Mondaca *et al.*, 2010). El uso de adherentes por los citricultores en las ARCOs es una práctica que ha repuntado en los últimos años; aun así el 24% de ellos mencionan que jamás los han utilizado y quienes los usan no saben las ventajas de aplicarlos, o sólo los mezclan con otros agroquímicos (Figura 5a).



**Figura 4.** (a) Razones por las que los citricultores utilizan adherente. (b) Acciones de calibración que realizan los productores en cada aplicación para el control de *D. citri* en ARCOs.

### 7.3. Factores socioculturales

Los factores socioculturales dependen en gran medida del desarrollo cognitivo, el entorno social en el que se han desarrollado cada uno de los productores, la escolaridad y el grado de capacitación en el manejo de plagas (Andrews *et al.*, 1989; Jarvis *et al.*, 2006). La ideología, la percepción y el conocimiento con que cuentan los productores varían entre localidades y por ende entre las

ARCOs. El valor obtenido en las ARCOs para cada subíndice sociocultural fue bajo en la mayoría de los casos, particularmente en aspectos de organización, conocimiento sobre protección de enemigos naturales, manejo y rotación de insecticidas, así como la percepción de los productores sobre la efectividad de las ARS (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Valor obtenido en ARCOs de cada subíndice con base en la percepción de los productores sobre los factores socioculturales.

Índice	Subíndice	Valor máximo esperado	Valor obtenido en ARCOs
Factores Socioculturales	Pertenencia a la asociación	3.00	2.21
	Organización	2.00	1.41
	Conocimiento de la plaga	2.67	2.32
	Conocimiento sobre manejo y rotación de insecticidas	2.71	2.27
	Regulación en la dosis	2.00	1.64
	Protección de enemigos naturales	2.50	1.86
	Percepción sobre la efectividad de insecticidas	3.67	2.66

Se encontró una correlación positiva entre el Índice Percepción sobre la Efectividad de las ARS y los índices: Conocimiento de la Plaga ( $0.281, p < 0.0270$ ) y Manejo y Rotación de Insecticidas ( $0.300, p < 0.0177$ ); el Índice de Pertenencia con los índices: Manejo y Rotación de Plaguicidas ( $0.313, p < 0.0134$ ), Aumento en Dosis ( $0.336, p < 0.0076$ ); el Índice de Manejo y Rotación con los índices: Organización ( $0.315, p < 0.0127$ ), Conocimiento de la Plaga ( $0.282, p < 0.0264$ ) y el Índice de Aumento en Dosis ( $0.467, p < 0.0001$ ). Así mismo se observó correlación negativa entre el Índice de Manejo y Rotación, y el Índice de Protección a Enemigos Naturales ( $-0.258, p < 0.0431$ ), así como entre el Índice de Aumento en Dosis y el Índice de Protección a Enemigos Naturales ( $-0.498, p < 0.0001$ ) (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Matriz de correlación de Pearson de los subíndices socioculturales y su relación con el subíndice percepción sobre la efectividad de las Aplicaciones Regionales Supervisadas.

Índices	ÍPE <sup>†</sup>	ÍPR <sup>¶</sup>	ÍOR <sup>§</sup>	ÍCP <sup>p</sup>	ÍMR <sup>α</sup>	ÍAD <sup>††</sup>	ÍPEN <sup>§§</sup>
ÍPE	1.0	0.0667	0.1183	<b>0.2809</b>	<b>0.3003</b>	-0.0098	0.1695
		0.6067	0.3599	<b>0.0270</b>	<b>0.0177</b>	0.9397	0.1880
ÍPR		1.0	0.2146	-0.0687	<b>0.3127</b>	<b>0.3357</b>	0.0815
			0.0940	0.5958	<b>0.0134</b>	<b>0.0076</b>	0.5287
ÍOR			1.0	-0.1630	<b>0.3149</b>	0.1749	-0.0255
				0.2055	<b>0.0127</b>	0.1740	0.8438
ÍCP				1.0	<b>0.2819</b>	0.2437	-0.1854
					<b>0.0264</b>	0.0563	0.1491
ÍMR					1.0	<b>0.4667</b>	<b>-0.2578</b>
						<b>0.0001</b>	<b>0.0431</b>
ÍAD						1.0	<b>-0.4979</b>
							<b>&lt;.0001</b>
ÍPEN							1.0

<sup>†</sup>Índice Percepción sobre la Efectividad de las ARS; <sup>¶</sup>Índice de Pertenencia a la Campaña; <sup>§</sup>Índice de Organización; <sup>p</sup>Índice de Conocimiento de la Plaga; <sup>α</sup>Índice de Manejo y Rotación de Insecticidas; <sup>††</sup>Índice de Aumento en Dosis; <sup>§§</sup>Índice de Protección a Enemigos Naturales.

Los productores que consideran una mayor efectividad en las ARS también tienen un mayor conocimiento sobre la plaga y sobre el manejo y rotación de insecticidas (Cuadro 4), lo cual probablemente se deba a mayor capacitación, inversión en insumos como insecticidas y aplicaciones más eficientes. Al respecto Van-Mele *et al.* (2005) indican que los medios de comunicación, las casas de agroquímicos y el extensionismo rural tienen diferente influencia en la percepción sobre el manejo de plagas en función de la importancia económica del cultivo, por lo que productores empresariales suelen ser más activos en cuanto a inversión en capacitación personal, es decir, buscan mayor conocimiento sobre la plaga y su manejo.



Para determinar el Índice de Pertenencia a la Campaña se tomaron en cuenta aspectos como el interés de los productores para asistir a reuniones y su percepción sobre las posibles mejoras en el control del PAC desde la integración de las ARCOs, por lo que cuando incrementa este índice también lo hacen los índices de Manejo y Rotación, y el de Aumento en Dosis (Cuadro 4), lo cual tiene relación con los resultados de la evaluación de las aplicaciones *in situ* (Capítulo 7.7.). La toma de decisiones por parte de los productores sobre inversión en insumos es compleja, ya que influyen factores como la edad, escolaridad, tamaño de la parcela, edad de la plantación y utilidad económica en años anteriores (Onstad y Guse, 2008; Danso-Abbeam *et al.*, 2014).

Los productores que muestran el mayor interés para organizarse en las ARS también exhiben más conocimientos sobre manejo y rotación de insecticidas, conocimientos sobre la plaga, pero también incrementan más las dosis de insecticidas en las ALNS. La mayoría de éstos productores realiza mayor inversión en cuanto al control de plagas, pues señalan que han mejorado los volúmenes de producción. Es necesario que exista un vínculo entre los productores empresariales y los técnicos para que las prácticas de manejo de plagas que realicen, sirvan de ejemplo para los demás, faciliten la supervisión sobre la regulación de dosis en las ALNS y se logre un manejo adecuado de la resistencia a insecticidas (Landini y Murtagh, 2011).

Algunos productores consideran que con el incremento en las dosis de insecticidas se obtienen mejores resultados, y que en dichas aplicaciones se debe matar todo tipo de insectos aunque no sean la plaga objetivo. Esto es similar a lo reportado por Ruiz-Nájera *et al.* (2011) quienes mencionan que en Chiapas los aumentos en la dosis de insecticidas son comunes para el control de plagas en tomate. En este sentido, el aumento en la disponibilidad de información, así como el mejorar los servicios de extensión y capacitación podrían contribuir a la adopción de nuevos métodos de control de plagas, fomentando la cultura ecológica, el buen uso y manejo de insecticidas, así como la protección de enemigos naturales (Timprasert *et al.*, 2014).

#### **7.4. Factores ambientales**

Algunos factores ambientales pueden disminuir la efectividad de las aplicaciones de insecticidas si no se toman en cuenta en cada aplicación tal y como se discute en el Capítulo 7.7. El valor obtenido de los subíndices ambientales fue bajo en la mayoría de los casos, en las ARS algunos de los productores de las ARCOs evaluadas creen que ciertos factores ambientales como la velocidad del viento, humedad relativa y temperatura no inciden en la efectividad de las aplicaciones. Por el

contrario, la mayoría de ellos toma en cuenta la precipitación en las aplicaciones, pues comentan que ante cierta probabilidad de lluvias suspenden la aplicación de los insecticidas (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Valor obtenido en ARCOs de cada sub índice con base en la percepción de los productores sobre los factores ambientales.

Índice	Subíndice	Valor máximo esperado	Valor obtenido en ARCOs
Factores Ambientales	Horario de aplicación	2.33	1.85
	Velocidad del viento	3.50	1.60
	Humedad relativa	3.00	2.16
	Temperatura	2.00	1.21
	Precipitación	2.00	1.90

No se encontró correlación directa entre el Subíndice de Percepción de la Efectividad de las Aplicaciones y los índices ambientales. La mayoría de los productores indicaron que realizan las aplicaciones entre 7 y 11 am (87.1%), el resto lo hace después de las 4 pm. Sin embargo, las aplicaciones evaluadas *in situ* iniciaron en promedio a las 8 am y algunas terminaron después de las 2 pm, con temperaturas superiores a 30 °C. Además, al 14.5% de los productores, los técnicos no les han indicado cuál es la mejor hora del día para realizar las aplicaciones. Según la FAO (2001), la hora del día en la que se realizan aplicaciones de insecticidas puede coincidir con los horarios de alimentación de insectos benéficos. Aplicaciones a mitad del día, pueden contribuir a la pérdida del insecticida por evaporación y la penetración de éste en el follaje del cultivo puede verse afectada por los bajos porcentajes de humedad relativa (Inostroza-Fariña, 2009).

Algunos productores (22.5%) creen que la velocidad del viento, la humedad relativa y la temperatura (79%) no inciden en la efectividad de una aplicación y sólo 9.6% ha aplicado insecticidas en condiciones de alta probabilidad de lluvia. Al respecto, Massaro y Fernández (2013) mencionan que la temperatura, humedad relativa del aire y viento, pueden influir de forma directa o indirecta sobre el cultivo, la plaga, el producto y las gotas que genera la aspersora. Gonçalves-Balan *et al.* (2016) reportaron deficiencias básicas en la mayoría de las aplicaciones al no considerar las condiciones meteorológicas en el momento de la aplicación.

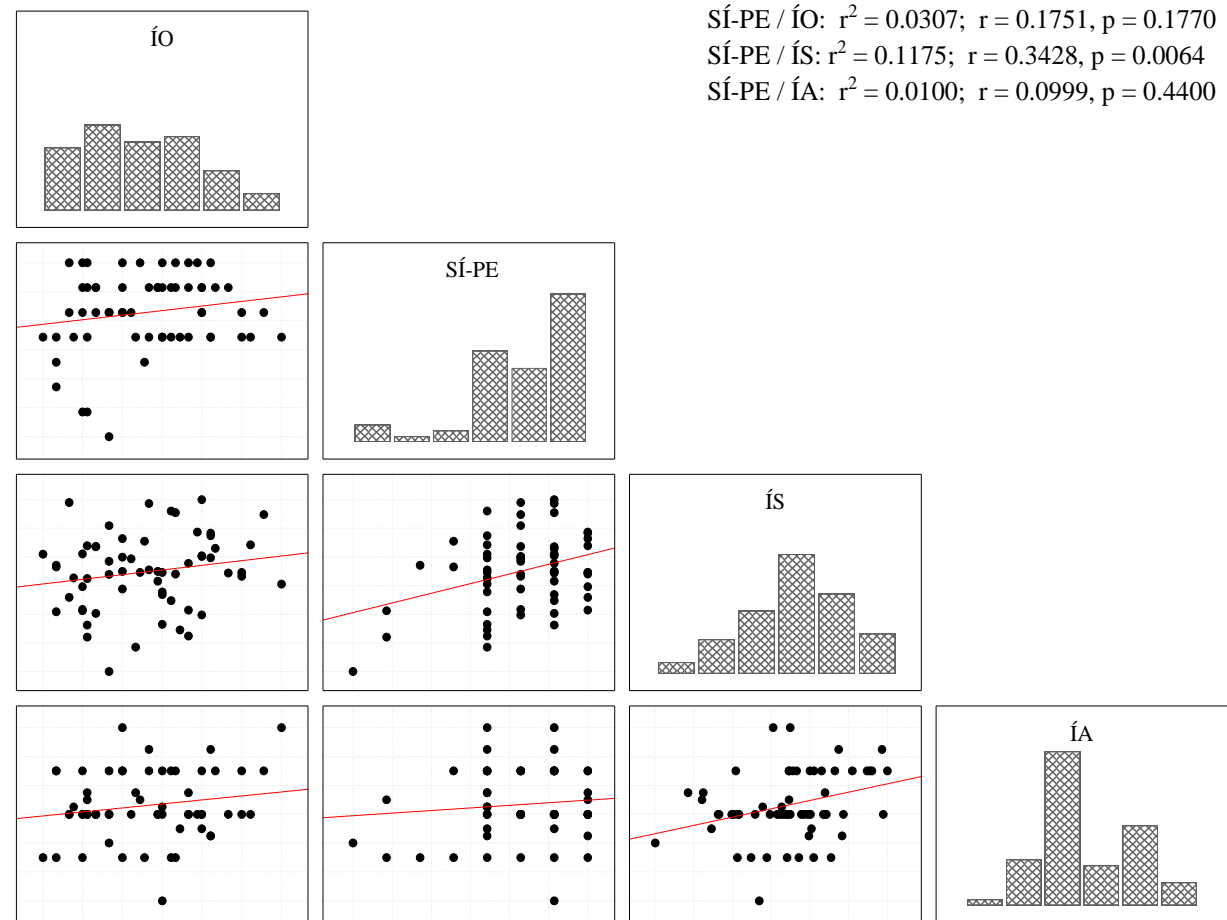
### **7.5. Percepción de la efectividad de las ARS y su relación con los factores operacionales, socioculturales y ambientales**

Se observó correlación (0.3428,  $p < 0.0064$ ) entre el subíndice percepción sobre la efectividad de las aplicaciones y el Índice Sociocultural (Figura 6). Lo que indica que el contexto sociocultural en las ARCOs podría incidir en la percepción de los productores sobre la efectividad de las aplicaciones, sobre la toma de decisiones en el manejo de *D. citri* y sobre la apropiación de las recomendaciones del CESVVER en las ARS. Esto coincide con Sarandón y Flores (2014), quienes mencionan que el hombre como administrador del AES está íntimamente inserto en un contexto sociocultural que determina la manera en que toma decisiones. La aceptación social de las estrategias que se realizan para controlar el PAC es vital para evitar la dispersión de CLAs, ya que sin el compromiso de productores, técnicos, investigadores y autoridades, todo esfuerzo será infructuoso (Lagunes-Tejeda y Villanueva-Jiménez, 1994).

Es importante que haya una buena relación entre técnicos y productores, teniendo en cuenta que existen diferencias entre ambos saberes, los cuales parten de sujetos con distintas cosmovisiones. Por tanto, las prácticas y acciones en las cuales participan los técnicos deben valorar y tomar en cuenta los saberes de los productores, que además de poseer conocimientos técnicos, deben contar con un conjunto de capacidades y habilidades interpersonales que permitan maximizar el impacto de sus recomendaciones (Landini y Murtagh, 2011). Además, los mismos autores recomiendan una capacitación constante hacia los técnicos, en la cual se fomente la reorganización de las prácticas de extensión con sentido más participativo y horizontal. Capacitar a los productores líderes podría influir en las decisiones que toman el resto de los productores en el manejo de *D. citri* y al poner el ejemplo se tendrían más posibilidades de que haya una adopción de las recomendaciones de la Campaña contra el HLB (Cano-Reyes *et al.*, 2012).

En el mismo sentido, Ortiz (2001) concluye que la adopción de nuevas tecnologías podría lograrse al integrar el conocimiento campesino con la información técnica, y que la capacitación que se realice sobre el manejo de plagas presente información paulatina y secuencial que facilite su comprensión, además de asociarse con el conocimiento empírico local. Hurley y Mitchell (2008) identificaron cinco características fundamentales en la adopción de nuevas tecnologías: i) percepción del agricultor sobre las ventajas de la nueva tecnología en aspectos económicos y sociales, ii) la compatibilidad de ésta con la tradición y el conocimiento local, iii) la complejidad

de la tecnología, iv) la posibilidad de experimentar con la nueva tecnología y v) la visibilidad de los resultados generados con la nueva tecnología.



**Figura 5.** Correlación entre el Subíndice de Percepción de la Efectividad y los Índices Operacional, Sociocultural y Ambiental. SÍ-PE= Subíndice de Percepción de la Efectividad de ARS, ÍO= Índice Operacional, ÍS = Índice Sociocultural, ÍA = Índice Ambiental.

El estudio sobre el comportamiento y las acciones que realizan los productores en el manejo de *D. citri* en las ARCOs, permitió detectar algunos conflictos sociales entre los dueños de parcelas (beneficiarios) y sus arrendatarios. El CESVVER entrega los insecticidas que aplican en cada ARCO a los dueños de las parcelas, los cuales son beneficiarios de la campaña. Sin embargo, para el caso de la aplicación regional realizada en marzo de 2016, un alto porcentaje de productores arrendatarios aplicó sólo la mitad de la dosis recomendada, debido a que los dueños no les

entregaron la dosis completa. Esto, sin lugar a duda es un factor sociocultural con repercusión operacional importante que disminuye la efectividad de las ARS e incide en la percepción sobre la efectividad de los insecticidas que se entregan.

Contrario a lo que se discute en el Capítulo 7.6 sobre el aumento en las dosis de insecticidas en ALNS, el hecho de aplicar dosis menores a las recomendadas de algunos insecticidas podría traer consecuencias a largo plazo. La exposición de insectos plaga a dosis subletales de insecticidas podría estimular algunos procesos fisiológicos, lo cual trae consigo, particularmente en plagas multivoltinas, un aumento en la capacidad de resolver retos fisiológicos más allá de la adaptación normal al ambiente, como el aumento en la fecundidad, fenómeno llamado hormoligosis (Rodríguez, 1999; Rozman y Doull, 2003; Ruiz-Nájera *et al.*, 2011).

Aunque los índices Operacional y Ambiental no presentaron relación con el Subíndice de Percepción de la Efectividad, se ha comprobado (FAO, 2001; Inostroza-Fariña, 2009; Leiva, 2010; Ruiz-Nájera *et al.*, 2011) que estos factores influyen en la efectividad de los insecticidas por razones, como la deriva por arrastre del viento, baja cobertura y evaporación del insecticida por altas temperaturas. La toma de decisiones por parte de productores en cuanto al manejo de plagas, sin duda repercute en la efectividad de las ARS. Por lo que estudiar y comprender el contexto sociocultural en las ARCOs podría fortalecer las relaciones sociales entre técnicos y productores, además facilitaría la participación y la organización, lo cual es fundamental en la estrategia ARCO. Generar un cambio en la mentalidad de los citricultores sobre el manejo de plagas, así como comprender el contexto sociocultural en el que se desarrollan es complejo, por lo que se debe seguir trabajando para realizar aportaciones y seguir manteniendo la sanidad de la citricultura mexicana.

### **7.6. Presión de selección de insecticidas en el manejo de *D. citri* en ARCOs**

El promedio de ALNS entre quienes aplican fue de 2.8 por parcela al año, con el registro mínimo de 2 aplicaciones y el máximo de 8. Sin embargo, fue variable el número de productores que realizaron ALNS (Figuras 7, 8, 9 y 10), ya que algunos de ellos han ajustado el manejo regional (ARS) según sus necesidades, adicionan aplicaciones individuales (ALNS), pues buscan tener mayor impacto sobre las poblaciones del psílido, por lo que efectúan aplicaciones antes y durante

las brotaciones vegetativas, y realizan aplicaciones esporádicas a focos de infestación con insecticidas de diferentes GT (Cuadro 6). El número de aplicaciones de insecticidas anuales para el control de *D. citri* en Martínez de la Torre fue bajo comparado con otros países como Brasil (54 aplicaciones en plantaciones jóvenes) y EUA (12 aplicaciones) (Monzó *et al.*, 2015).

En las ARS se utiliza la dosis mínima recomendada de insecticidas y por esta razón la Presión de Selección Absoluta (PSA) es de 100 unidades para todos los productos aplicados (Anexo A). Sin embargo, en las ALNS existe variación en la PSA de cada producto utilizado (Anexo A1). Entre los productores que realizaron ALNS, el incremento en las dosis de insecticida es una práctica habitual, con aumentos de hasta 200% en algunas aplicaciones (Cuadro 6). En las ALNS no se toma en cuenta la rotación de GT, ni la regulación en las dosis de insecticida aplicadas, aspectos primordiales para el manejo efectivo de resistencia (Miranowski y Carlson, 1986; Lagunes-Tejeda y Villanueva-Jiménez 1994) y que trata de implementar el Grupo Técnico encargado de las ARS.

**Cuadro 6.** Porcentaje de aumento en las dosis de insecticidas en ALNS para el control de *D. citri* en las ARCO evaluadas.

ARCO	Productores entrevistados	Productores que realizan ALNS	Incremento en la dosis recomendada (%)				
			No	1-50	51-100	101-150	151-200
4	12	2		1		1	
9	12	1			1		
10	9	3		2		1	
11	29	22	3	10	5	2	2

En la Matriz A (Anexos A y A1) se pueden ver los insecticidas utilizados para las ARS y ALNS por año y por ARCO, sus valores de PSA por aplicación y los principales ingredientes activos utilizados. Así mismo, en la Matriz B (Anexos B – B3) se pueden observar la suma de los valores de PSA por GT y la PSR de cada uno de ellos. El aceite parafínico de petróleo (AMIN) ha sido utilizado desde 2013 para las ARCO 4 y desde 2014 para las ARCOs 9, 10 y 11. Se aplicó más de una vez al año por recomendación del Grupo Técnico del HLB como coadyuvante de los insecticidas que se aplicaron en cada periodo (Cortéz-Mondaca *et al.*, 2013), excepto en 2016 que se aplicaron solo (2 L ha<sup>-1</sup>). La PSA para aceite parafínico superó las 100 unidades en la mayoría

de los casos (Figura 7, 9 y 10). A pesar de su repetido uso, este i.a. no ha mostrado una efectividad aceptable para el control de *D. citri* en campo, como se discute en el presente estudio (Capítulo 7.7) y como lo reportaron Hernández-Fuentes *et al.* (2012), con un porcentaje de mortalidad de ninfas de apenas 50%, aunque no reportan el motivo de la falta de efectividad. La reducida efectividad de este insecticida podría atribuirse principalmente a problemas operacionales, ya que Beattie (1990) señala que la falta de efectividad del aceite no se ha asociado a ningún mecanismo de resistencia. Childers y Rogers (2005) indican que a pesar de lograr una supresión de huevos y ninfas, los aceites no controlan adecuadamente a los adultos y por tanto las poblaciones vuelven a crecer pocos días después de la aplicación.

Los GT más utilizados en las ALNS en 2015 fueron FA-SM (dimetoato) con una PSA = 33.44, FH-SE (clorpirifos) con una PSA = 15.63 y PIRT-II (algunos piretroides) con una PSA = 23.52. Las PSA obtenidas para estos GT fueron relativamente bajas, en comparación a la obtenida en cultivos como algodón en Sonora (Romo-Ruíz y Lagunes-Tejeda, 1987) y cacao en Tabasco (Sánchez-Soto y Rodríguez-Lagunes, 1993) pues la PSA ejercida superó en varias ocasiones el 100%, lo que indica un uso intensivo y repetido de estos productos en cada ciclo agrícola. Al respecto, Means (2013) señala que los organofosforados son los más utilizados en la agricultura por ser de los más baratos en el mercado, disponibles y recomendados por las casas de agroquímicos. Aparentemente, el uso repetido de insecticidas de este GT se relaciona con el desarrollo de poblaciones resistentes, como ha sido demostrado en la zona de Martínez de la Torre y Michoacán, México (García-Méndez *et al.*, 2016; Vázquez-García *et al.*, 2013). En Florida, EUA y Punjab, Pakistán, también se han reportado altos niveles de resistencia a insecticidas organofosforados como el clorpirifos (Tiwari *et al.*, 2011a; Naeem *et al.*, 2016). Lagunes-Tejeda y Villanueva-Jiménez (1994) señalan que el dimetoato puede ser degradado por más de cuatro tipos de enzimas detoxificadoras, facilitando la resistencia cruzada con insecticidas que comparten por lo menos un mecanismo de resistencia. Éste puede ser el caso de dimetoato con clorpirifos, los cuales comparten mecanismos de resistencia por acción de glutatión transferasa (GTS) y citocromo P450 oxidasa (Ortega-Arenas, 1998; Ortega-Arenas *et al.*, 1998; Tiwari *et al.*, 2011a; García-Méndez *et al.*, 2016).

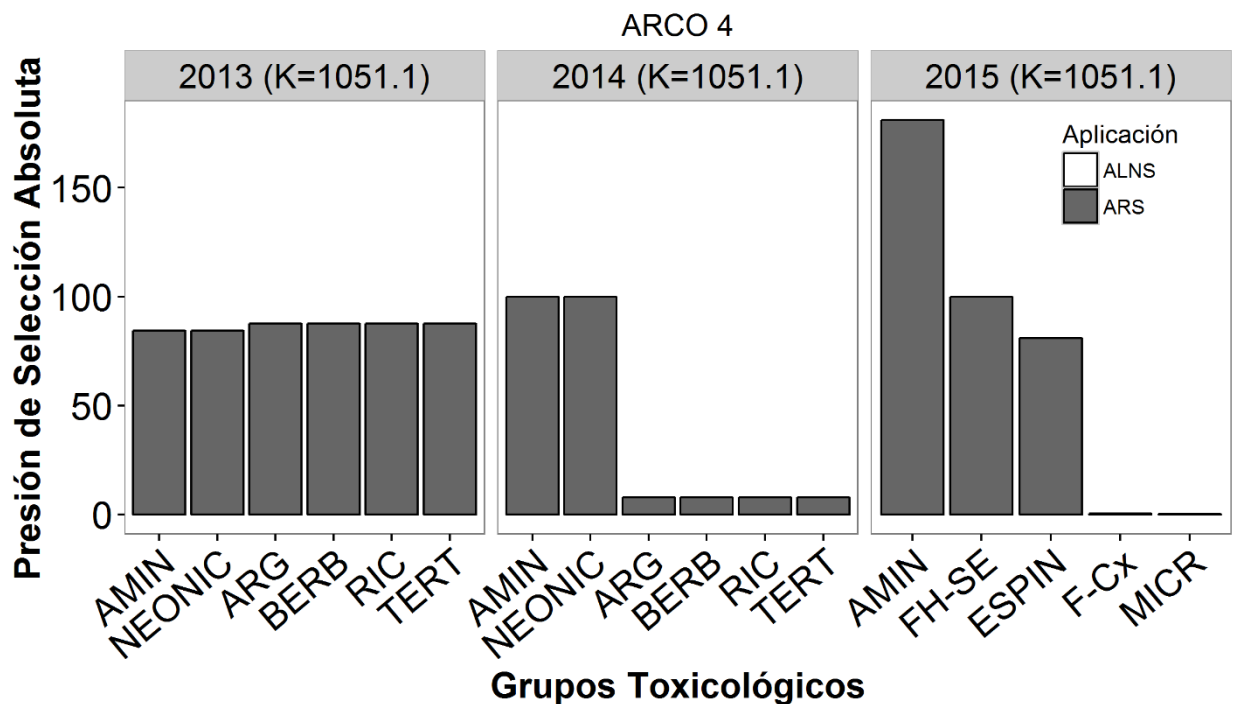
La mayor PSR en 2015 para las ARCOs evaluadas que incluye ARS y ALNS fue ejercida por el grupo de los aceites minerales (AMIN) con 50.87%, seguido de espinosinas con 26.44% y

organofosforados con 16.71%; es importante mencionar que aunque el grupo de los aceites es el más utilizado, no tiene sitios de acción específicos por lo que no selecciona resistencia (IRAC, 2016). Los resultados obtenidos pueden ayudar a realizar un adecuado manejo de resistencia a insecticidas ya que en las siguientes ARS se podrían aplicar insecticidas que no comparten mecanismos de resistencia cruzada y que no se hayan aplicado anteriormente en las ARCOs. La reducida cantidad de ALNS realizadas en las diferentes parcelas durante el año, permite se conserve una proporción de las poblaciones con genes susceptibles, y eso ayude a que la efectividad biológica de los insecticidas utilizados se reduzca en forma lenta, a pesar de esto es necesario aumentar la capacitación sobre el manejo y rotación de insecticidas así como reducir el uso repetido de organofosforados en las ARCOs.

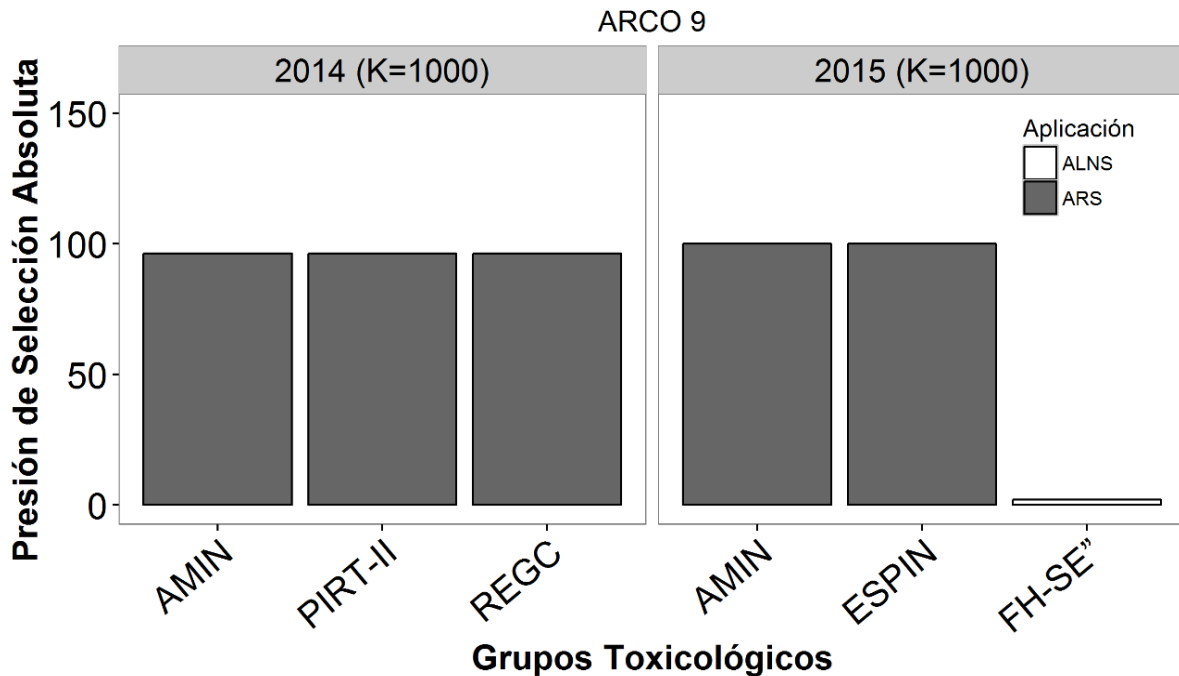
Los productores de la ARCO 11 realizaron más aplicaciones locales e incrementaron más las dosis que los productores de las demás ARCOs (4, 9 y 10), incluso repitieron aspersiones de insecticidas como clorpirifos, utilizado en la ARS en 2015 (Figura 9 y 10). Estas decisiones probablemente surgen por la cercanía de la ARCO 11 con las empacadoras y jugueras de Martínez de la Torre, lo cual los estimula a producir con mayor uso de insumos, incluyendo plaguicidas, para obtener mayor cantidad y calidad, y con ello un mejor precio. Al respecto Soler-Montcouquiol y Hernández-Plascencia (2005) mencionan que un mayor precio en el mercado incrementa el ingreso económico del productor y estimula a un aumento en la inversión para lograr mayor rendimiento y la calidad de la fruta.

La visita a las casas de agroquímicos no permitió obtener información sobre volúmenes de venta y localidades en donde se aplicó el insecticida, no pudiéndose determinar si los productos se aplicaron o no en las ARCOs estudiadas. Con la escasa información obtenida se infiere que los GT más vendidos y recomendados para el control de *D. citri* fueron los organofosforados (clorpirifos, malatión y dimetoato) neonicotenoides (imidacloprid) y piretroides (bifentrina y cipermetrina). Según Rodríguez *et al.* (2002) cuando un insecticida pierde efectividad los productores acuden a técnicos de casas de agroquímicos quienes recomiendan incrementar las dosis para demostrar que el insecticida sigue siendo efectivo, esto basado en una estrategia de mercadeo para incrementar las ventas, lo cual trae consigo problemas ambientales y económicos.

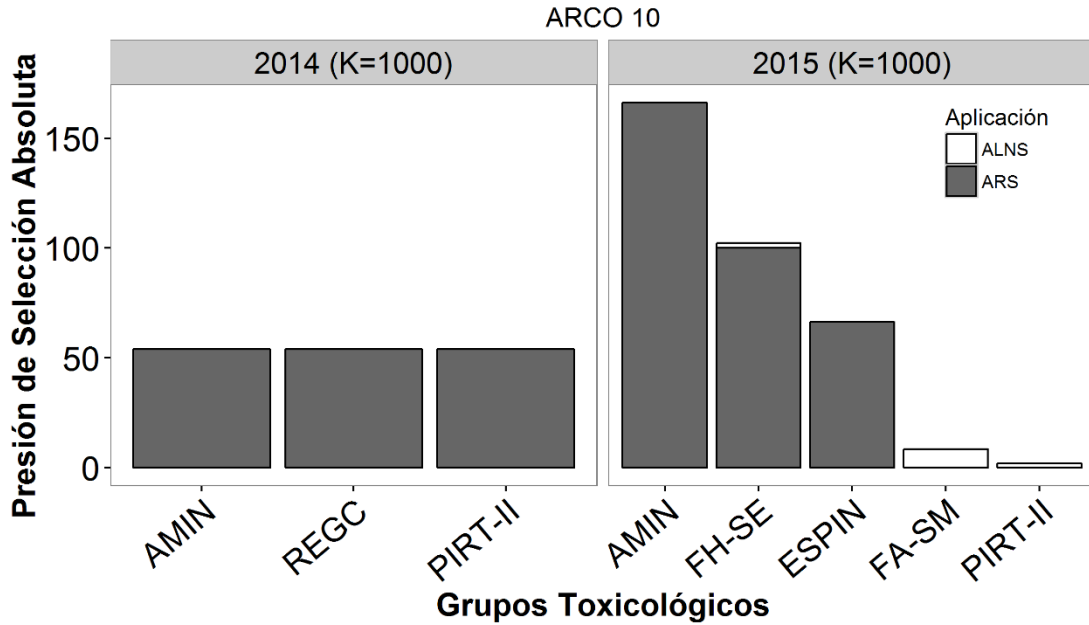




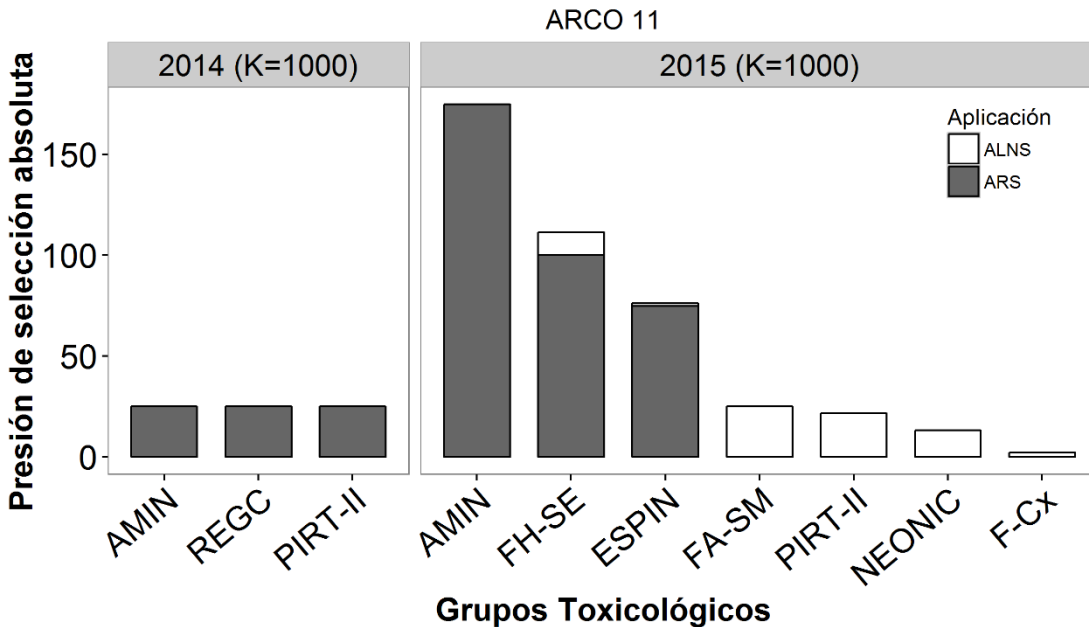
**Figura 6.** Presión de Selección Absoluta de los grupos toxicológicos utilizados para el control de *D. citri* en la ARCO 4 en 2013, 2014 y 2015. K = Total de hectáreas de la ARCO. En la aplicación local de 2015 se trataron 4.65 ha.



**Figura 7.** Presión de Selección Absoluta de los grupos toxicológicos utilizados para el control de *D. citri* en la ARCO 9 en 2014 y 2015. K = Total de hectáreas de la ARCO. En la aplicación local de 2015 se trataron 12 ha.



**Figura 8.** Presión de Selección Absoluta de los grupos toxicológicos utilizados para el control de *D. citri* en la ARCO 10 en 2014 y 2015. K= Total de hectáreas de la ARCO. En la aplicación local de 2015 se trataron 66 ha.



**Figura 9.** Presión de Selección Absoluta de los grupos toxicológicos utilizados para el control de *D. citri* en la ARCO 11 en 2014 y 2015. K= Total de hectáreas de la ARCO. En la ALNS de 2015 se trataron 223 ha.

El presente análisis toxicológico es una estimación de la presión de selección generada por ARS y ALNS en las ARCOs 4, 9, 10 y 11, ya que es difícil obtener datos precisos de todas las aplicaciones que se realizan dentro de las ARCOs y parcelas aledañas. La participación de las ALNS es pequeña en comparación con las ARS, excepto en la ARCO 11 donde la ARS se realizaron en las 1000 ha y las ALNS se ejecutaron en 233 ha. El incremento en las dosis en ALNS contribuye al aumento en los niveles de resistencia reportados para dimetoato y clorpirifos, y disminuye la vida útil de los productos efectivos, como podría ser el caso de abamectina e imidacloprid (García-Méndez *et al.*, 2016).

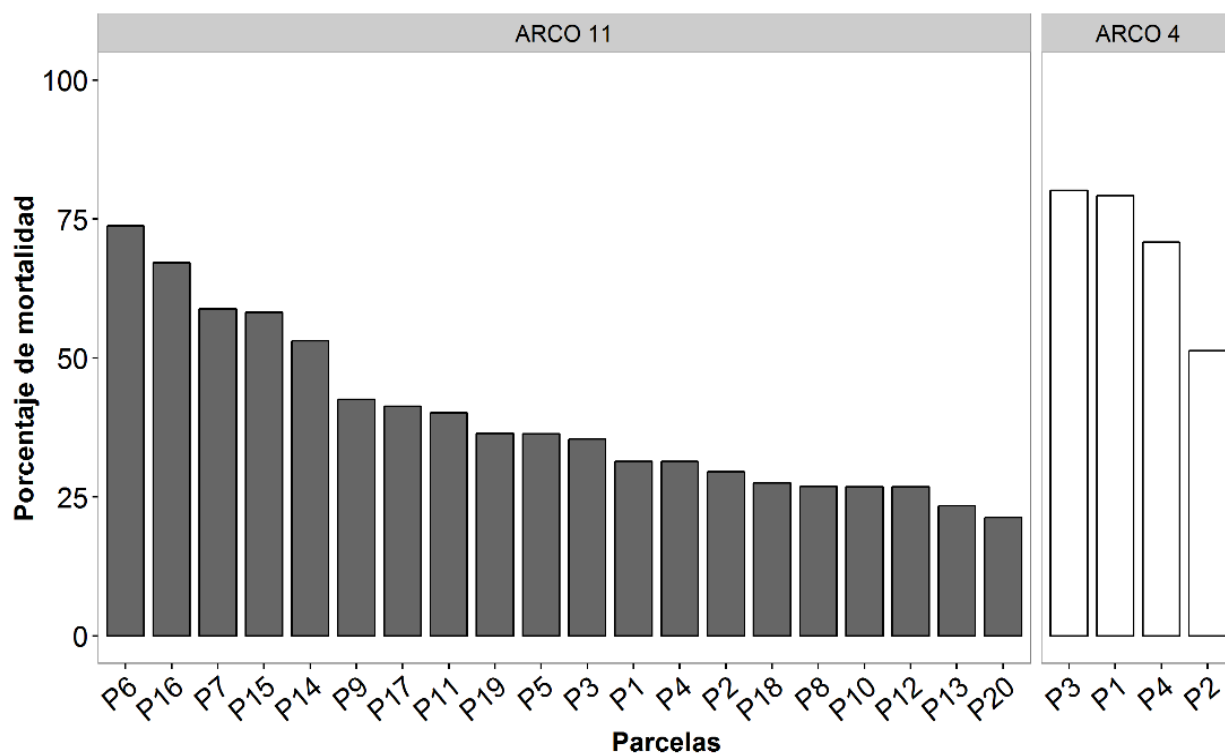
Con la información presentada se pone de manifiesto la importancia de tomar en cuenta las aplicaciones que se realizan fuera de la campaña, en la toma de decisiones sobre los insecticidas a utilizar en cada ciclo y su relación con los utilizados previamente (Lagunes-Tejeda y Villanueva-Jiménez, 1994). Por ello, el implementar el uso de bitácoras donde cada productor registre todas las aplicaciones que realiza al año, complementaría de manera importante la información con la que cuenta el CESVVER, ya que mientras más información se posea, habrá mayor posibilidad de tomar una decisión correcta (Lagunes-Tejeda *et al.*, 2009). Además de realizar capacitaciones constantes hacia técnicos y productores sobre el manejo efectivo de resistencia y el manejo de insecticidas para el control de *D. citri*, lo cual coadyuvaría a disminuir el uso repetido de productos que compartan mecanismos de resistencia en las ALNS.

### **7.7. Efectividad de insecticidas para el control de *D. citri* en ARCOs**

El porcentaje de mortalidad de ninfas de *D. citri* por la aplicación de clorpirifos + aceite parafínico fue de 70.34% ( $\pm$  13.37%), diferente significativamente ( $p < 0.0001$ ) al 39.40% ( $\pm$  15.11%) obtenido con la aplicación sola del aceite parafínico (Figura 11). La reducida efectividad del clorpirifos en Martínez de la Torre para el control de *D. citri*, se relaciona con el historial de aplicaciones previas y el desarrollo de poblaciones resistentes (García-Méndez *et al.*, 2016).

Resalta que 60% de las aplicaciones de aceite en la ARCO 11 no superó el 40% de mortalidad de ninfas. Por el modo de acción del aceite la cobertura en cada aplicación es fundamental (López *et al.*, 2008), ya que se requieren cantidades importantes del aceite para lograr penetrar por ablandamiento de la cutícula del insecto (Stadler y Buteler 2009), y su acumulación en células

nerviosas, con interferencia en la transmisión sináptica y muerte en menos de diez min (Najar-Rodríguez *et al.*, 2008).



**Figura 10.** Porcentaje de mortalidad de ninfas de *D. citri* por parcela con la aplicación de aceite parafínico en la ARCO 11 ( $\bar{X} = 39.40\%$ , barras grises) y clorpirifos + aceite parafínico en la ARCO 4 ( $\bar{X} = 70.34\%$ , barras blancas). P = Parcelas evaluadas por ARCO.

La dosis de aceite parafínico recomendada por el CESVVER fue de  $2 \text{ L ha}^{-1}$  (Cortéz-Mondaca *et al.*, 2013), sin embargo 75% de los productores a quienes se les evaluó la aplicación en la ARCO, sólo utilizó la mitad de la dosis ( $1 \text{ L ha}^{-1}$ ), debido a que el producto subsidiado por el gobierno federal se entregó a propietarios de las huertas, quienes sólo entregaron la mitad del producto a los arrendatarios de las parcelas. En este sentido, la correlación entre las variables mortalidad y dosis fue positiva y altamente significativa ( $0.787, p < 0.0001$ ) (Cuadro 7), lo que significa que los productores que aplicaron la menor dosis obtuvieron menores porcentajes de mortalidad ( $31.12\% \pm 6.27\%$ ), en comparación con los que aplicaron la dosis recomendada ( $58.71\% \pm 11.23\%$ ). Aun así, la mortalidad obtenida no fue suficiente para detener el efecto de un insecto vector. Los estudios sobre la efectividad del aceite parafínico son inconsistentes, ya que en algunos casos se reportan mortalidades de 83.3% ( $1.0 \text{ L}/100$  de agua) en invernadero (Ruiz-Galván *et al.*, 2015), y

en campo 87.82% con 1.5 L ha<sup>-1</sup> (Díaz-Zorrilla *et al.*, 2010) y 50% con 2 L ha<sup>-1</sup> (Hernández-Fuentes *et al.*, 2012), logrando impactar las poblaciones por una semana. Sin embargo, Stansly *et al.* (2011) reportan que con las aspersiones de aceite, incluso aumentan las poblaciones de *D. citri* una a dos semanas posteriores a la aplicación, por lo que aparte de aplicarse la dosis recomendada, en cada ARS es importante cuidar aspectos operacionales en el proceso de aplicación, así como la época de brotación y la dinámica poblacional del insecto.

La velocidad de la aplicación también repercutió en menor efectividad biológica del aceite, ya que se correlacionó negativamente con la mortalidad (-0.651,  $p < 0.0019$ ) (Cuadro 7). En general se obtuvieron mejores porcentajes de mortalidad con velocidades menores a 3 km h<sup>-1</sup>. Sobre esto Hofman y Solseng (2004) mencionan que cualquier cambio en la velocidad de aplicación podría incidir directamente en la efectividad de la aplicación. Además, se observó correlación entre la velocidad de viento y la cobertura (0.667,  $p < 0.0013$ ), la deriva y la velocidad de aplicación (0.556,  $p < 0.0109$ ), así como entre la deriva y la velocidad de viento (0.536,  $p < 0.0149$ ), y correlación negativa entre las variables temperatura y humedad relativa (-0.615,  $p < 0.0039$ ), velocidad de aplicación y dosis (-0.701,  $p < 0.0006$ ) y la deriva con la temperatura (-0.501  $p < 0.0243$ ), sin embargo, no se correlacionaron directamente con la mortalidad (Cuadro 7). La cobertura del insecticida disminuyó considerablemente cuando la velocidad del viento superó 3 km h<sup>-1</sup>; además la cobertura se consideró baja (25.6 gotas cm<sup>-2</sup> de mezcla en brotes promedio), ya que Barr (2015) señala que una aspersión efectiva requiere  $\geq 40$  gotas cm<sup>-2</sup>, también se observó variación en los tamaños de gota. Durante las aplicaciones evaluadas ningún productor calibró su equipo de aplicación, lo cual repercute en la efectividad (Bode, 1981). A mayor velocidad de aplicación y viento se incrementó la deriva (Cuadro 7), por tanto se debe seleccionar adecuadamente la boquilla y calibrar el equipo cada vez que se va a utilizar, ya que de esto depende el tamaño de gota (Ginouse *et al.*, 2014, Nsibande *et al.*, 2015). Gotas  $< 200 \mu\text{m}$  combinadas con viento  $> 4 \text{ km h}^{-1}$  incrementan la deriva considerablemente (Davis y Williams, 1990; Inostroza-Fariña 2009). Además, se obtuvieron mayores porcentajes de mortalidad cuando las aplicaciones se realizaron con H.R. superior al 60%. Lo anterior coincide con lo reportado por Inostroza-Fariña (2009), quienes mencionan que H.R. menores a 60% incrementan potencialmente el riesgo de pérdida del insecticida por evaporación.

**Cuadro 7.** Matriz de correlación de variables operacionales y ambientales evaluadas en parcelas de la ARCO 11, durante la aplicación de aceite parafínico vs. Ninfas de *D. citri*.

Variables	M <sup>†</sup>	D <sup>¶</sup>	VV <sup>§</sup>	VA <sup>p</sup>	HR <sup>α</sup>	T <sup>††</sup>	C <sup>§§</sup>	D <sup>pp</sup>
<b>M</b>	1	<b>0.78663</b>	-0.12777	<b>-0.65081</b>	-0.1488	0.17184	0.12613	-0.08525
		<b>&lt;.0001</b>	0.5914	<b>0.0019</b>	0.5312	0.4688	0.5962	0.7208
<b>D</b>		1	-0.2675	<b>-0.70133</b>	-0.00825	-0.02251	-0.17557	-0.13368
			0.2542	<b>0.0006</b>	0.9725	0.9249	0.4591	0.5742
<b>VV</b>			1	0.32305	0.44311	-0.37114	<b>0.66738</b>	<b>0.53572</b>
				0.1647	0.0504	0.1072	<b>0.0013</b>	<b>0.0149</b>
<b>VA</b>				1	0.08223	-0.25836	0.21295	<b>0.55627</b>
					0.7304	0.2714	0.3674	<b>0.0109</b>
<b>HR</b>					1	<b>-0.6151</b>	0.09932	0.3805
						<b>0.0039</b>	0.677	0.0979
<b>T</b>						1	0.1272	<b>-0.50145</b>
							0.5931	<b>0.0243</b>
<b>C</b>							1	0.23039
								0.3285
<b>D</b>								1

†Mortalidad de ninfas de *D. citri* (%); ¶Dosis de insecticida aplicado (L ha<sup>-1</sup>); §Velocidad de viento (km h<sup>-1</sup>); pVelocidad de avance del aplicador (Km h<sup>-1</sup>); αHumedad relativa (%); ††Temperatura (°C); §§Cobertura del insecticida en brotes (Gotas cm<sup>-2</sup>). ppDeriva del insecticida en el suelo (Gotas cm<sup>-2</sup>).

## 8. CONCLUSIONES

La percepción sobre la efectividad de las ARS podría estar influenciada por algunas prácticas operacionales que no realizan algunos productores en ARS, como el uso de adherente, la velocidad de aplicación, el tipo de boquilla del equipo de aplicación y la calidad de agua utilizada.

Algunos factores socioculturales como el desconocimiento sobre aspectos generales de la plaga y buen uso de insecticidas se relacionaron en mayor grado con la percepción sobre la efectividad de las ARS

Los factores ambientales no se correlacionaron con la percepción sobre la efectividad de las ARS, lo que indica que en el momento de las aplicaciones los productores no toman en cuenta las condiciones meteorológicas como la temperatura, velocidad de viento y humedad relativa.

De mayor a menor los insecticidas de los grupos toxicológicos Aceites Minerales (AMIN), Organofosforados Heterocíclicos S-Etil (FH-SE) y Espinosinas (ESPIN), ejercieron la mayor presión de selección absoluta y relativa en las ARCOs evaluadas, en aplicaciones regionales supervisadas y locales no supervisadas.

Las aplicaciones de clorpirifos + aceite parafínico en la ARCO 4 de Martínez de la Torre, fueron poco efectivas para el control de *D. citri*, sin embargo, se consideran en el límite de lo aceptable. Por el contrario, las aplicaciones de aceite parafínico mostraron una efectividad reducida, sobre todo considerando que su empleo fue para reducir al máximo poblaciones de un insecto vector. Las variables dosis y velocidad de aplicación, se correlacionaron en mayor grado con la falta de efectividad del aceite parafínico. Aunque no hubo correlaciones directas con la mortalidad las variables cobertura, deriva, velocidad de viento y temperatura también incidieron en la efectividad del aceite.

## 9. LITERATURA CITADA

- Andrews, K. L., B. J. French, y G. Goodell. 1989. El contexto socioeconómico del Manejo Integrado de Plagas. *In: Manejo Integrado de Plagas Insectiles en la Agricultura. Estado Actual y Futuro.* Honduras: El Zamorano. 623 p.
- Anónimo. 2004. Técnicas de Atomización. [http://www.hardiinternational.com/files/7113/2033/0755/673705\\_-\\_E.pdf](http://www.hardiinternational.com/files/7113/2033/0755/673705_-_E.pdf). (Consulta Octubre 2015).
- Arabany, L. 2002. Teoría general de sistemas. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. <https://es.scribd.com/document/52893124/Teoria-de-sistema> (Consulta: Agosto 2016).
- Barr, R. 2015. Set up your sprayer to improve efficacy. *Ground Cover* 117: 1-19. <https://grdc.com.au/Media-Centre/GroundCover/Ground-Cover-Issue-117-July-August-2015/Set-up-your-sprayer-to-improve-efficacy>. (Consulta mayo 2015).
- Bassanezi, R. 2010. Epidemiología del HLB y sus implicaciones para el manejo de la enfermedad (presentación). Taller de enfermedades de alto impacto cuarentenadas en el cultivo de los cítricos. III Simposio Internacional de Fruticultura tropical y subtropical. La Habana, Cuba. 26 al 30 de octubre de 2010.
- Bassanezi, R. B., L. H. Montesino, N. Giménez-Fernández, P. T. Yamamoto, T. R. Gottwald, L. Amorim, and A. Bergamin-Filho. 2013. Efficacy of area-wide inoculum reduction and vector control on temporal progress of Huanglongbing in young sweet orange plantings. *Plant Disease* 97: 789-796.
- Beattie, G. 1990. Citrus petroleum sprays oils. *Agfact H2. AE.5.* Australia. NSW Agriculture and Fisheries. 6 pp.
- Bertalanffy, L. V. 1950. The theory of open systems in physics and biology. *Science* 111: 23-29.
- Bertalanffy, L. V. 1976. *Teoría General de los Sistemas.* Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 24 p.
- Bisset, J. A. 2002. Uso correcto de insecticidas: control de la resistencia. *Revista Cubana de Medicina Tropical* 54: 2002-219.
- Blancas, J., A. Casas, D. Pérez-Salicrup, J. Caballero, and E. Vega. 2013. Ecological and socio-cultural factors influencing plant management in nahuatl communities of the Tehuacan valle, México. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 9: 1-23.
- Bode, L. E. 1981. New pesticide application equipment and techniques. *Plant Disease* 65: 32-36.
- Bové, J. M. 2012. Huanglongbing and the future of citrus in São Paulo State, Brazil. *Journal of Plant Pathology* 94: 465-467.



- Bové, J. M. 2014. Huanglongbing or yellow shoot, a disease of gondwanan origin: Will it destroy citrus worldwide?. *Phytoparasitica* 42: 579-583.
- Cano-reyes, O., J. A. Villanueva-Jiménez, J. L. Reta-Mendiola and A. Huerta-De-la-Peña. 2012. Technology transfer networks on papaya production with transitional growers. *Tropical and Subtropical Agroecosistemas*. 15 SUP 2: S12-S20.
- Carazo, E. 2003. Algunas Consideraciones sobre el manejo de resistencia en insectos plaga. [http://www.mag.go.cr/congreso\\_agronomico\\_ix/A01-1277-95.pdf](http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_ix/A01-1277-95.pdf). (Consulta julio 2015).
- Casas, A., y J. Caballero. 1995. Domesticación de plantas y origen de la agricultura en Mesoamérica. *Ciencias* 1: 36-44.
- Cavallini L., F. A. 1998. Fitopatología: Un enfoque agroecológico. Editorial de la Universidad de Costa Rica. 467 p.
- Cathalifaud, M. A., y F. Osorio. 1998. Introducción a los conceptos básicos de la teoría general de sistemas. *Cinta de Moebio* 1: 12.
- Ceccon, E. 2008. La revolución verde tragedia en dos actos. *Ciencias* 1: 21-29.
- Che, W., J. Huang, F. Guan, Y. Wu, and Y. Yang. 2015. Cross-resistance and inheritance of resistance to emamectin benzoate in *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology* 108: 2015-2020.
- Chiavenato, I. 1997. Teoría de Sistemas. *In: Introducción a la Teoría General de la Administración*. Cuarta edición. McGraw-Hill. Bogotá. Colombia. 725-761 p.
- Childers, C. C., and M. E. Rogers. 2005. Chemical control and management approaches of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) in Florida citrus. *Florida State Horticultural Society* 118: 49-53.
- Chiquito-Contreras, R. G. 2011. Rizobacterias y hongos micorrizógenos arbusculares como alternativa biotecnológica para mejorar el vigor y sanidad de portainjertos de cítricos. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Veracruz, México. 107 p.
- Čolović, M. B., D. Z. Krstić, T. D. Lazarević-Pašti, A.M. Bondžić, and V. M. Vasić. 2013. Acetylcholinesterase Inhibitors: Pharmacology and Toxicology. *Current Neuropharmacology* 11: 315–335.
- Contreras-Fuentes, G. M. 2012. Determinación y estudio de sustratos y fertirrigación en la producción de plantas cítricas certificadas. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Veracruz, México. 93 p.
- Cortéz-Mondaca, E., J. I. López-Arroyo, L. M. Hernández, A. F. Castillo, y J. G. Loera. 2010. Control químico de *Diaphorina citri* Kuwayama en cítricos dulces en México: Selección de insecticidas y épocas de aplicación. Folleto Técnico No 35. México. INIFAP.

- Cortéz-Mondaca, E., G. J. Loera, F. L. Hernández, G. J. Barrera, P. A. Fontes, Z. U. Díaz, A. J. Jasso, R. M. Reyes, R. M. Manzanilla, y A. J. López. 2013. Manual para el uso de insecticidas convencionales y alternativos en el manejo de *Diaphorina citri* Kuwayama en cítricos, en México. Folleto Técnico No. 36. México. INIFAP-CIRNO-364 CEVAF. Juan José ríos, Sinaloa, México. 56 p.
- Curry, G. N., G. Koczberski, J. Lummani, R. Nailina, E. Peter, G. McNally, and O. Kuaimba. 2015. A bridge too far? The influence of socio-cultural values on the adaptation responses of smallholders to a devastating pest outbreak in cocoa. *Global Environmental Change* 35: 1-11.
- Danso-Abbeam, G., E. Dope-Setsoafia, and I. G. Kodwo-Ansah. 2014. Modelling farmer's investment in agrochemicals: the experience of smallholder cocoa farmers in Ghana. *Research in Applied Economics*, 6: 16 p.
- Das, A. K., C. N. Rao, and S. Singh. 2007. Presence of citrus greening (Huanglongbing) disease and its psyllid vector in the North-Eastern region of India confirmed by PCR technique. *Current Science* 92: 1759-1763.
- Davis, B. N. K., and C. T. Williams. 1990. Buffer zone widths for honeybees from ground and aerial spraying of insecticides. *Environmental Pollution* 63: 247-259.
- Denholm, I., and G. Devine. 2013. Insecticide resistance. *In: Levin, S. A. Encyclopedia of Biodiversity* (second edition). Academic Press. Waltham. pp: 298-307.
- Díaz-Zorrilla, U. A., J. I. López-Arrollo, H. Cabrera-Mireles, F. D. Murillo-Cuevas, J. A. Villanueva-Jiménez. 2010. Evaluación de insecticidas selectivos para controlar *Diaphorina citri* en naranja "Valencia" (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck.) en Veracruz. 1<sup>er</sup> Simposio Nacional sobre investigación para el manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México. INIFAP: 408-420.
- Dong-Soon, K., S. Yon-Dong, and C. Kyung-San. 2010. The effects of petroleum oil and lime sulfur on the mortality of *Unaspis yanonensis* and *Aculops pelekassi* in the laboratory. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 13: 283-288.
- Duran, M. J. 2002. Bioplaguicidas guía de ingredientes activos en América central. Manual Técnico No. 49. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 153 p.
- FAO. 2001. Guidelines on good practice for ground application of pesticides. <http://www.fao.org/docrep/006/y2767e/y2767e00.htm> (Consulta junio 2016).
- FAO. 2012. Directrices sobre la prevención y manejo de la Resistencia a plaguicidas. [http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests\\_Pesticides/Code/FAO\\_RMG\\_SP.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/Code/FAO_RMG_SP.pdf) (Consulta mayo 2015).
- FAOSTAT, 2013. Producción por cultivos. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S> (Consulta enero 2016).

- Flores-Sánchez, J. L. 2016. Epidemiología del HLB bajo tres escenarios regionales en México. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Edo. de México. 264 p.
- García-Méndez, V. H., L. D. Ortega-Arenas, J. A. Villanueva-Jiménez, y H. Sánchez-Arrollo. 2016. Susceptibilidad de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) a insecticidas en Veracruz, México. *Agrociencia* 50: 355-365.
- Ginouse, N., M. Jolin, and B. Bissonnette. 2014. Effect of equipment on spray velocity distribution in shotcrete applications. *Construction and Building Materials* 70: 362- 369.
- Gliessman, S. R. 2002. Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 359 p.
- Gonçalves-Balan, M., O. J. G. Abi-Saab, A. E. do Amaral-Ecker, and G. O. Olivera-Migliorini. 2016. Description of the application method in technical and scientific work on insecticides. *Acta Scientiarum Agronomy* 38: 9-17.
- González, P., and O. Birnbaum-Weitzman. 2013. Sociocultural factors. *In* : Gellman M. and Turner J. R.s (eds.). *Encyclopedia of Behavioral Medicine*. Springer New York. pp: 1851-1851.
- González-Santarosa, M. G. 2014. Calibración de una aspersora de mochila manual. *In*: Velázquez-Díaz, S. 2014. *Manual de Practicas*. Universidad Autónoma de Chapingo. [http://www.chapingo.mx/prepa/noticias/man\\_agro3.pdf](http://www.chapingo.mx/prepa/noticias/man_agro3.pdf) (Consulta mayo 2016).
- Halbert, S. E., and K. L. Manjunath. 2004. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha:Psyllidae) and greening disease of citrus: A literature review and assessment of risk in Florida. *Florida Entomologist* 87: 330-353.
- Heckel, D. G. 2012. Insecticide resistance after silent spring. *Science* 337: 1612-1614.
- Hendrichs, J., P. Kenmore, A. S. Robinson, and J. B. M. Vreysen. 2007. Area-wide integrate pest management (AW-IPM): Principles, Practice and Prospects. Pp: 3-33 *In*: M. J. B. Vreysen, A.S. Robinson, and J. Hendrichs (eds.). *Area-wide control of insects pest*. Springer. Vienna, Austria.
- Hernández, X. E. 1977. Agroecosistemas de México: contribuciones a la enseñanza, investigación y divulgación agrícola. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Estado de México. 559 p. Segunda edición 1981.
- Hernández-Fuentes, L. M., J. I. López Arroyo, J. J. Velázquez-Monreal, M. A. Urías-López, R. Gómez-Jaimes, y A. Robles-Bermúdez. 2013. Eficacia biológica de compuestos químicos aplicados al suelo y follaje contra *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemíptera: Psyllidae) en *Citrus latifolia* Tanaka. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4: 687-700.
- Hernández-Fuentes, L. M., M. A. Urías-López., J. I. López-Arroyo., R. Gómez-Jaimes, y N. Bautista-Martínez. 2012. Control químico de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en lima Persa *Citrus latifolia* Tanaka. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3: 427-439.

- Hernández-Mojica, M., J. L. Reta-Mendiola, F. Gallardo-López, M. E. Nava-Tablada. 2002. Tipología de productores de mojarra tilapia (*Oreochromis* spp): base para la formación de grupos de crecimiento productivo simultáneo (GCPS) en el estado de Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 1: 13-19.
- Hofman, V., and E. Solseng. 2014. Spray Equipment and calibration. Nort Dakota State University. <https://www.ag.ndsu.edu/pubs/plantsci/crops/ae73.pdf>. (Consulta octubre 2015).
- Hurley, T. M., and P. D. Mitchell. 2008. Insect resistance management: adoption and compliance. *In: Insect Resistance Management: Biology, Economics, and Prediction*. pp: 227-253.
- Hurtado-León, I., y J. Toro-Garrido. 2007. Paradigmas y métodos de investigación en tiempos de cambio, modelos de conocimiento que rigen los procesos de investigación y los métodos científicos expuestos desde la perspectiva de las ciencias sociales. *El nacional*. 166 p.
- Inostroza-Fariña, J. 2009. Manual de papa para La Araucanía: Manejo y plantación. *Boletín INIA (Chile)* 193: 85-104.
- IRAC. 2016. Comité de Acción para la Resistencia a los Insecticidas. IRAC Mode of action classification scheme. <http://www.iraconline.org/documents/moaclassification/> (Consulta junio 2016).
- Irey, M., T. Gast, and J. Snively. 2008. Economic impact of managing Huanglongbing in groves at southern gardens citrus. I Taller internacional sobre Huanglongbing de los cítricos (*Candidatus Liberibacter* spp) y el psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri*). Hermosillo, Sonora. México. 5 p.
- Jacobo-Cuellar, J. L. y M. R. Ramírez-Legarreta. 2006. Presión de selección absoluta y relativa por el uso de insecticidas y acaricidas en huertos de manzano en Cuauhtémoc, Chihuahua, México. *Folia Entomológica Mexicana* 45: 9-16.
- Jarvis, D. I., L. Myer, H. Klemick, L. Guarino, M. Smale, A. H. D. Brown, M. Sadiki, B. Sthapit, y T. Hodgkin. 2006. Guía de capacitación para la conservación *in situ* en fincas. Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos (IPGRI), Roma, Italia.
- Kleeberg-Hidalgo, F., and J. C. Ramos-Ramírez. 2009. Aplicación de las técnicas de muestreo en los negocios y la industria. *Ingeniería Industrial* (27): 11-40.
- Krapovickas, A. 2010. La domesticación y el origen de la agricultura. *Bonplandia* 19: 193-199.
- Lagunes-Tejeda, A. 1983. Comprobación de la actividad tóxica de los insecticidas: un factor importante en el manejo racional de estos agroquímicos. Memoria del X Simposio Nacional de Parasitología Agrícola. Octubre de 1983. Xalapa, Veracruz. pp: 217-225.
- Lagunes-Tejeda, A., y J. C. Rodríguez-Maciél. 1989. Análisis toxicológico de áreas agrícolas. *In: Temas Selectos de Manejo de Insecticidas Agrícolas Vol. 2*. México. Sociedad Mexicana de Entomología. 70 p.

- Lagunes-Tejeda, A., y J. A. Villanueva-Jiménez. 1994. Toxicología y manejo de insecticidas. Montecillo, México. Colegio de Postgraduados. 264 p.
- Lagunes-Tejeda, Á., J. C. Rodríguez-Maciel, y J. C. De loera-Barocio. 2009. Susceptibilidad a insecticidas en poblaciones de artrópodos de México. *Agrociencia* 43: 173-196.
- Landini, F., y S. Murtagh. 2011. Prácticas de extensión rural y vínculos entre saberes locales y conocimientos técnicos. Contribuciones desde un estudio de caso realizado en la provincia de Formosa (Argentina). *Ra Ximhai* 7: 263-279.
- Leiva, P. D. 2010. Consideraciones generales sobre la calidad del agua para pulverización agrícola. Pergamino (BA) INTA. [http://www.sindag.org.br/App\\_Uploads/trabalhos\\_tecnicos/32\\_documents\\_trabalhos\\_tecnicos.pdf](http://www.sindag.org.br/App_Uploads/trabalhos_tecnicos/32_documents_trabalhos_tecnicos.pdf) (Consulta junio 2016).
- Lewis-Rosenblum, H., X. Martini, S. Tiwari, and L. L. Stelinski. 2015. Seasonal movement patterns and long-range dispersal of Asian Citrus Psyllid in Florida citrus. *Journal of Economic Entomology* (advanced Access published): 1-8.
- Liu, N. 2015. Insecticide resistance in mosquitoes: Impact, mechanisms, and research directions. *Annual Review of Entomology* 60: 537-559.
- López, J. D., B. K. Fritz, M. A. Latheef, Y. Lan, D. E. Martin, and W. C. Hoffmann. 2008. Evaluation of toxicity of selected insecticides against thrips on cotton in laboratory bioassays. *Journal of Cotton Science* 12: 188-194.
- López-García, N. 2015. Importancia socioeconómica de *Haematobia irritans* L. en la ganadería bovina del distrito de desarrollo rural 007-Veracruz. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Veracruz, México. 48p.
- Lynne, G. 1995. Modifying the neo-classical approach to technology adoption with behavioral science models. *Journal of Agricultural and Applied Economics* 27: 67- 80.
- Macías-Rodríguez, L. C., C. Santillán-Ortega, A. Robles-Bermúdez, N. IsordiaAquino, y M. Ortiz-Catón. 2013. Insecticidas de bajo impacto ambiental para el control de *Diaphorina citri* (Hemiptera:Psyllidae) en limón persa en “La Fortuna”, Nayarit, México. *Revista Bio Ciencias* 2: 154-161.
- Magomere, T. O., S. D. Obukosia, E. Mutitu, C. Ngichabe, F. Olubayo, and S. Shibairo. 2009. Molecular characterization of ‘*Candidatus* Liberibacter’ species/strains causing Huanglongbing disease of citrus in Kenya. *Electronic Journal of Biotechnology* 12: 1-14.
- Mansoor, M. M., M. Afzal, A. B. M. Raza, Z. Akram, A. Waqar, and M. B. S. Afzal. 2015. Postexposure temperature influence on the toxicity of conventional and new chemistry insecticides to green lacewing *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). *Saudi Journal of Biological Sciences* 22: 317-321.

- Martínez-Dávila, J.P. 2015. La construcción del agroecosistema como objeto de estudio (presentación). 1er Curso-Taller en Diseño y Evaluación de Agroecosistemas. Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. 30 de noviembre al 3 de diciembre de 2015.
- Martínez-Vidal, J. L., M. J. González-Rodríguez, A. Belmonte-Vega, y A. Garrido-Frenic. 2004. Estudio de la contaminación por pesticidas en aguas ambientales de la provincia de Almería. *Ecosistemas* 13: 30-38.
- Martini, X., A. Hoyte, and L. L. Stelinski. 2014. Abdominal color of the Asian citrus psyllid (Hemiptera: Liviidae) is associated with flight capabilities. *Annals of the Entomological Society of America* 107: 842–847.
- Massaro, R. A., y C. Fernández. 2013. Aplicación de plaguicidas: un concepto poco aplicado. *AAPRESID Siembra Directa* (116): 41-46.
- Means, C. 2013. Organophosphate and carbamate insecticides. *In: Small Animal Toxicology* (3rd Ed.). Talcott, P. A., and S. W. B. Saunders (ed.). Saint Louis, USA. Elsevier. 715-724 pp.
- Messuti, E. 2011. Origen y desarrollo de la resistencia a los insecticidas. <http://www.estanciasvh.com/?p=325> (Consulta junio 2015).
- Miranda-Fuentes, A., A. Rodríguez-Lizana, E. Gil, J. Agüera-Vega, and J. A. Gil-Ribes. 2015. Influence of liquid-volume and airflow rates on spray application quality and homogeneity in super-intensive olive tree canopies. *Science of the Total Environment* 537: 250-259.
- Miranowski, J. A., and G. A. Carlson. 1986. Economic issues in public and private approaches preserving pest susceptibility, pp. 436–448. *In: Pesticide Resistance: Strategies and Tactics. Management.* National Research Council. National Academy Press, Washington, DC.
- Monzó, C., A. Urbaneja, y A. Tena. 2015. Los psílidos *Diaphorina citri* y *Triosa erytrae* como vectores la enfermedad de cítricos Huanglongbing (HLB): reciente detección de *T. erytrae* en la Península Ibérica. *Boletín SEEA* 1: 29-37.
- Mora-Aguilera, G., P. Robles-García, J. I. López-Arroyo, J. Velázquez-Monreal, J. Flores-Sánchez, G. Acevedo-Sánchez, S. Domínguez-Monge, y R. González-Gómez. 2013a. Situación Actual y Perspectivas del Manejo del HLB de los Cítricos. *Revista Mexicana de Fitopatología* 31: 108-116.
- Mora-Aguilera, G., P. Robles, R. González, J. Flores, G. Acevedo, y S. Domínguez. 2013b. Criterios epidemiológicos para priorizar zonas de establecimiento de ARCOs. *In: Memorias de la Reunión Nacional de Sanidad Vegetal.* México, D.F. 16-19 Abril. SENASICA, México.
- Morales-Vallejo, P. 2012. Tamaño necesario de la muestra: ¿Cuántos sujetos necesitamos? *Estadística aplicada a las ciencias sociales.* Universidad Pontificia Comillas. [http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/Licenciatura/Enfermeria/ProgramaNivelacion/A18/Universidad4/lectura\\_42\\_la\\_importancia\\_del\\_tamano\\_de\\_muestra.pdf](http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/Licenciatura/Enfermeria/ProgramaNivelacion/A18/Universidad4/lectura_42_la_importancia_del_tamano_de_muestra.pdf) (Consulta junio del 2015).

- Naeem, A., S. Freed, F. L. Jin, M. Akmal, and M. Mehmood. 2016. Monitoring of insecticide resistance in *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) from citrus groves of Punjab, Pakistan. *Crop Protection* 86: 62-68.
- Najar-Rodríguez, A. J., N. A. Lavidis, R. K. Mensah, P. T. Choy, and G. H. Walter. 2008. The toxicological effects of petroleum spray oils on insects-Evidence for an alternative mode of action and possible new control options. *Food and Chemical Toxicology* 46: 3003-3014.
- Nájera-Rincón, M. B. 1991. Use of insecticides for the control of root pests in the central areas of Jalisco. FAO. <http://agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordID=MX19930036414> (Consulta mayo 216).
- Nsibandé, S. A., J. M. Dabrowski, E. van der Walt, A. Venter, and P.B.C. Forbes. 2015. Validation of the agdisp model for predicting airborne atrazine spray drift: A South African ground application case study. *Chemosphere* 138: 454-461.
- Odum, P. 1985. *Fundamentos de ecología*. Nueva Editorial Interamericana. México. 422 p.
- OEIDRUS. 2014. Producción por producto. [http://www.oeidrusveracruz.gob.mx/principal/anio\\_agricola?productos=Lim%C3%B3n+persa&indicadores=agri\\_SupObtenida&example\\_length=5](http://www.oeidrusveracruz.gob.mx/principal/anio_agricola?productos=Lim%C3%B3n+persa&indicadores=agri_SupObtenida&example_length=5) (Consulta enero 2016).
- Onstad, D. W., and C. A. Guse. 2008. Concepts and complexities of population genetics. *In: Insect Resistance Management: Biology, Economics, and Prediction*. pp: 69- 88.
- Ortega-Arenas, L. D. 1998. Resistencia de *Bemisia argentifolii* a insecticidas: Implicaciones y estrategias de manejo en México. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 49: 10-25.
- Ortega-Arenas, L. D., Lagunes T. A, M. J. C. Rodríguez, H. C. Rodríguez, R. R. Alatorre, y O. N. Bárcenas. 1998. Susceptibilidad a insecticidas en adultos de mosquita blanca *Trialeurodes vaporariorum* (West.) (Homoptera: Aleyrodidae) de Tepoztlán, Morelos, México. *Agrociencia* 32: 249-254.
- Ortiz, O. 2001. La información y el conocimiento como insumos principales para la adopción del manejo integrado de plagas. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* (61): 12-22.
- Ortiz-Limón, C. 2008. Estudio comparativo del manejo de los agroecosistemas con producción de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) bajo funciones fisiográficas, socioeconómicas y políticas en dos subregiones de la zona centro del estado de Veracruz, México. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Veracruz, México. 99 p.
- Osorio Q., V. Duque, y C. Jaramillo. 2007. Un sistema social a través del enfoque de sistemas. *Revista Scientia Et Technica* 35: 357-362.
- Osorio-Acosta F., J. A. Villanueva-Jiménez, L. D. Ortega-Arenas, V. H. García-Méndez, U. Díaz-Zorrilla, L. A. Pérez-Zarate, y R. Martínez-Hernández. 2015. Determinación de susceptibilidad a insecticidas de *Diaphorina citri* en Veracruz, Yucatán, Colima, Puebla y Michoacán, México. Informe técnico. Disponible CESVVER-CP.

<https://drive.google.com/file/d/0B6bOl59pynbtNmd1b3BHcjFZY3c/view> (Consulta abril 2016).

- Pacheco-Covarrubias, J. J. 1986. Análisis toxicológico de las regiones aldoneras del Valle del Yaqui y Costa de Hermosillo, Sonora, México: el caso del picudo del algodón *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 163 p.
- Peña, J. H. M. 2003. Eslabonamientos productivos entre la industria y el sector primario, una propuesta de medición: El caso de la cadena Naranja-jugo concentrado en México. *Claridades Agropecuarias* 119: 42-49.
- PHIS.ORG, 2015. Área-Wide management a must for Asian citrus psyllid. <http://phys.org/news/2015-02-area-wide-asian-citrus-psyllid.html> (Consulta enero 2015).
- Quiñones. 2010. Tecnología para la aplicación de plaguicidas en manzano. <http://www.unifrut.com.mx/archivos/simposiums/simposium/2010/j1.pdf> (Consulta agosto 2015).
- Qureshi, J. A., and P. A. Stansly. 2010. Dormant season foliar sprays of broad-spectrum insecticides: An effective component of integrated management for *Diaphorina citri* (Hemiptera:Psyllidae) in citrus orchards. *Crop Protection* 29: 860-866.
- Rahmanikhah, Z., A. Esmaeili-Sari, N. Bahramifar, and Z. Shokri-Bousjien. 2010. Organophosphorous Pesticide Residues in the Surface and Ground Water in the Southern Coast Watershed of Caspian Sea, Iran. *World Applied Sciences Journal* 9: 160-166.
- Raj-Boina, D., Y. Youn, S. Folimonova, and L. L. Stelinski. 2011. Effects of pymetrozine, an antifeedant of Hemiptera, on Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, feeding behavior, survival and transmission of *Candidatus Liberibacter asiaticus*. *Pest Management Science* 67: 146-155.
- Ramírez, L. A. 2002. Teoría de sistemas. Universidad Nacional de Colombia. <http://es.scribd.com/doc/135617675/Teoria-de-Sistemas-pdf#scribd> (Consulta julio 2015).
- Robles-García, P. 2012. Protocolo para establecer áreas regionales de control del Huanglongbing y el psílido asiático de los cítricos (ARCOs). SENASICA. <http://www.siafeson.com/sitios/simdia/docs/protocolos/ProtocoloparaestablecerAreasRegionalesARCOSDICIEMBRE2012.pdf> (Consulta febrero 2016).
- Robles-García, P. 2014. Áreas Regionales de Control (ARCOs) del Psílido Asiático de los Cítricos (*Diaphorina citri*). In: X Simposio Internacional Citrícola y 2° Simposio Internacional Sobre HLB en Cítricos Ácidos. Manzanillo, Colima, México.
- Robles-González, M. M., J. J. Velázquez-Monreal, M. A. Manzanilla-Ramírez, M. Orozco-Santos, V. M. Medina-Urrutia, J. I. López-Arroyo, y R. Flores-Virgen. 2013. Síntomas del Huanglongbing (HLB) en árboles de limón Mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm.)



- Swingle] y su dispersión en el estado de Colima, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 19: 15-31.
- Rodríguez, C. 1999. Plaguicidas, necesidad y posibilidades de limitar su uso. *Jornadas Internacionales Multidisciplinarias y Tripartitas Agro: Trabajo y Salud*, Argentina.
- Rodríguez J. C., P. Guzmán, y O. Díaz. 2002. Manejo racional de insecticidas. *In: Bautista, N. Alvarado, J. C. Chavarría, y H. Sánchez (eds). Manejo Fitosanitario de Ornamentales. Colegio Postgraduados. Instituto de Fitosanidad. Montecillo, Estado de México. pp: 67-96.*
- Rodríguez M., J. C. 1982. División de los insecticidas y acaricidas de acuerdo a grupos toxicológicos: una base para su manejo racional. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo, Depto. de Parasitología Agrícola. 190 pp.
- Romo-Ruíz, C., y A. Lagunes-Tejeda. 1987. Análisis del uso de insecticidas por grupos toxicológicos en la región algodonera de la Costa de Hermosillo, Sonora, de 1975 a 1982. *Agrociencia* 67: 7-24.
- Rozman K., and J. Doull. (2003). Scientific foundations of hormesis. Part 2. Maturation, strengths, and possible applications in toxicology, pharmacology, and epidemiology. *Critical Reviews in Toxicology* 33: 451–462
- Ruiz-Galván, I., N. Bautista-Martínez, H. Sánchez-Arroyo, y F. B. Valenzuela-Escoboza. 2015. Control químico de *Diaphorina citri* (Kuwayama) (Hemiptera: Liviidae) en lima Persa. *Acta zoológica Mexicana (n.s)*, 31: 41-47.
- Ruiz-Nájera, R. E., J. A. Ruiz-Nájera, S. Guzmán-González, y E. de J. Pérez-Luna. 2011. Manejo y control de plagas del cultivo de tomate en Cintalapa, Chiapas, México. *Revista internacional de contaminación* 27:129-137.
- Ruiz-Rosado, O. 2006. Agroecología: una disciplina que tiende a la transdisciplina. *Interciencia* 31:140-145.
- Salcedo-Baca, D., H. González-Hernández. E. Vera-Villagrán, L. D. Ortega-Arenas, E. Rodríguez-Leyva, C. Múzquiz-Fragoso, A. Hurtado-Arellano, y G. Salcedo-Baca. 2012. Informe final de evaluación nacional de la Campaña contra el Huanglongbing (HLB) actividades 2012. IICA. 139 p.
- Salcedo-Baca, D., R. Hinojosa, G. Mora, I. Covarrubias, F. de Paolis, C. Cintora, y S. Mora. 2010. Evaluación del impacto económico de Huanglongbing (HLB) en la cadena citrícola mexicana. IICA. 144 p.
- Sánchez-Soto, S. y D. A. Rodríguez-Lagunes. 1993. Análisis del uso de insecticidas por grupos toxicológicos en el cultivo de Cacao en Tabasco, México. *Agrotrópica* 5: 31-36.
- Sankararamkrishnan, N., A. Kumar-Sharma, and R. Sanghi. 2005. Organochlorine and organophosphorous pesticide residues in ground water and surface waters of Kanpur, Uttar Pradesh, India. *Environment International* 31: 113-120.

- Sans, F. X. 2007. La diversidad de los agroecosistemas. *Ecosistemas* 16: 44-49.
- Sarandón, S. J. y C. C. Flores. 2014. Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. 1ª Ed. La plata: universidad nacional de la plata, Argentina. 466 p.
- SAS Institute Inc. 2013. What's New in SAS 9.4. Cary, NC, USA. SAS Institute INC. 200 p.
- Scalone-Echave, M. 2007. El enfoque de sistemas. *Sistemas de producción agropecuarios, Sistemas agrarios regionales*. Documento del Instituto de Agrimensura. 35 p.
- SENASICA. 2008. Manual Técnico para la detección del Huanglongbing de los cítricos. [www.concitver.com/greening/Manual\\_HLB%5B1%5D.pdf](http://www.concitver.com/greening/Manual_HLB%5B1%5D.pdf) (Consulta marzo 2015).
- SENASICA. 2016. Distribución geográfica del HLB de los cítricos: Situación de detecciones. <http://sinavef.senasica.gob.mx/SIRVEF/HLB.aspx> (Consulta septiembre 2016).
- SIAP. 2014. Cierre de la producción agrícola por estado. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> (Consultada enero 2016).
- Soler-Montcouquiol, R., y J. A. Hernández-Plascencia. 2005. Producción y comercialización de la naranja: caso región Acateno, Hueytamalco en el Estado de Puebla, México. *Revista Mexicana de Agronegocios* 9: 510-519.
- Sparks, T. C. and R. Nauen. 2015. Irac: Mode of action classification and insecticide resistance management. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 121: 122-128.
- Stadler, T., and M. Buteller. 2009. Modes of entry of petroleum distilled spray-oils into insects: a review. *Bulletin of Insectology* 62:169-177.
- Stansly, P. A., J. A. Qureshi, and B. C. Kostyk. 2011. Foliar insecticides for control of Asian Citrus Psyllid and citrus leafminer on oranges, spring, 2010. *Arthropod Management Tests* 36: D14.
- Timprasert, S., A. A. Datta, y S. L. Ranamukhaarachchi. 2014. Factors determining adoption of integrated pest management by vegetable growers in Nakhon Ratchasima Province, Thailand. *Crop Protection* 62: 32-39.
- Tiwari, S., D. Gondhalekar, R. S. Mann, M. E. Scharf, and L. L. Stelinski. 2011b. Characterization of five CYP4 genes from Asian Citrus Psyllid and their expression levels in *Candidatus Liberibacter asiaticus*-infected and uninfected Psyllids. *Insect Molecular Biology* 20: 733-744.
- Tiwari, S., N. Killiny, and L. L. Stelinski. 2013. Dynamic Insecticide Susceptibility Changes in Florida populations of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). *Journal of Economic Entomology* 106: 393-399.
- Tiwari, S., R. S. Mann, M. E. Rogers, and L. L. Stelinski. 2011a. Insecticide resistance in field populations of Asian Citrus Psyllid in Florida. *Pest Management Science* 67: 1258-1268.

- Universidad de California. 2011. Ways to calibrate spray application equipment. Green Bulletin. 1 (6). <http://ucanr.edu/sites/sjcoeh/files/187768.pdf> (Consultada octubre 2015).
- Urzúa-Soria, F. 2002. Técnicas de aplicación de plaguicidas. *In*: Martínez, N.B., O.D. Gómez, and C. d. P. e. C. Agrícolas. 2001. Bases para realizar estudios de efectividad biológica de plaguicidas. Colegio de Postgraduados. 148 p.
- Van-Mele, P., A. Salahuddin, and N. P. Magor. 2005. Innovations in Rural Extension: Case studies from Bangladesh. CABI publishing, Wallingford.
- Vázquez-García, M., J. Velázquez-Monreal, V.M. Medina-Urrutia, C. d. J. Cruz-Vargas, M. Sandoval-Salazar, G. Virgen-Calleros, and J. P. Torres-Morán. 2013. Insecticide resistance in adult *Diaphorina citri* Kuwayama from lime orchards in central west México. *Southwestern Entomologist* 38: 579-596.
- Vega-Gutiérrez, M. T., J. C. Rodríguez-Maciel, O. Díaz-Gómez, R. Bujanos-Muñiz, D. Mota-Sánchez, J. L. Martínez-Carrillo, A. Lagunes-Tejeda, y J. A. Garzón-Tiznado. 2008. Susceptibilidad a insecticidas en dos poblaciones Mexicanas del Salerillo *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). *Agrociencia* 42: 463-471.

## 10. ANEXOS

**Anexo A. Matriz A.** Análisis toxicológico del historial de ARS en las ARCOs en 2013, 2014 y 2015 para la ARCO 4 y 2014, 2015 para las ARCOS 9, 10 y 11.

Año	ARCO	K total	ha tratadas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
				Nombre común	GT	L o kg totales	g i.a. por L o kg de producto	kg de i.a. total	Dosis $\bar{X}$ /ha <sup>-1</sup> (L o kg)	Dosis kg i.a./ha <sup>-1</sup>	Unidades de selección	PSA por producto	PSA por aplicación
2013	4	1051.10	888.00	imidacloprid	NEONIC	88.80	700.00	62.16	0.100	0.07	888.00	100	84.50
2013	4	1051.10	888.00	aceite parafínico	AMIN	888.00	950.00	843.60	1.000	0.95	888.00	100	84.50
2013	4	1051.10	921.20	argemonina	ARG	1842.40	35.70	65.77	2.000	0.07	921.20	100	87.60
2013	4	1051.10	921.20	berberina	BERB	1842.40	22.20	40.90	2.000	0.04	921.20	100	87.60
2013	4	1051.10	921.20	ricinina	RIC	1842.40	28.00	51.59	2.000	0.06	921.20	100	87.60
2013	4	1051.10	921.20	a-Terthienil	TERT	1842.40	35.35	65.13	2.000	0.07	921.20	100	87.60
2014	4	1051.10	1051.10	imidacloprid	NEONIC	105.10	700.00	73.57	0.100	0.07	1051.00	100	100.00
2014	4	1051.10	1051.10	aceite parafínico	AMIN	1051.00	950.00	998.45	1.000	0.95	1051.00	100	100.00
2014	4	1051.10	83.50	argemonina	ARG	166.90	35.70	5.96	2.000	0.07	83.00	100	7.90
2014	4	1051.10	83.50	berberina	BERB	166.90	22.20	3.71	2.000	0.04	83.00	100	7.90
2014	4	1051.10	83.50	ricinina	RIC	166.90	28.00	4.67	2.000	0.06	83.00	100	7.90
2014	4	1051.10	83.50	a-Terthienil	TERT	166.90	35.35	5.90	2.000	0.07	83.00	100	7.90
2015	4	1051.10	851.10	spinetoram	ESPIN	170.22	60.00	10.21	0.200	0.01	851.10	100	81.00
2015	4	1051.10	851.10	aceite parafínico	AMIN	851.10	847.00	720.88	1.000	0.85	851.10	100	81.00
2015	4	1051.10	1051.05	clorpirifos	FH-SE	262.76	480.00	126.13	0.250	0.12	1051.05	100	100.00
2015	4	1051.10	1051.05	aceite parafínico	AMIN	1051.05	847.00	890.24	1.000	0.85	1051.05	100	100.00
2014	9	1000.00	963.50	diflubenzuron	REGC	192.70	400.00	77.08	0.200	0.08	964.00	100	96.40
2014	9	1000.00	963.50	lamba-cyhalotrina	PIRT-II	192.70	100.00	19.27	0.200	0.02	964.00	100	96.40

i.a.= Ingrediente activo; PSA= Presión de selección absoluta

**Anexo A.** Continuación...

Año	ARCO	K total	ha tratadas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
				Nombre común	GT	L o kg totales	g i.a. por L o kg de producto	kg de i.a. total	Dosis $\bar{X}$ /ha <sup>-1</sup> (L o kg)	Dosis kg i.a./ ha <sup>-1</sup>	Unidades de selección	PSA por producto	PSA por aplicación
2014	9	1000	963.50	aceite parafínico	AMIN	963.50	950	915.32	1.000	0.95	964.00	100	96.40
2015	9	1000	1000.00	spinetoram	ESPIN	200.05	60	12.00	0.200	0.01	1000.00	100	100.00
2015	9	1000	1000.0	aceite parafínico	AMIN	1000.00	847	847.00	1.000	0.84	1000.00	100	100.00
2014	10	1000	540.50	diflubenzuron	REGC	108.10	400	43.24	0.200	0.08	541.00	100	54.10
2014	10	1000	540.80	lamba-cyhalotrina	PIRT-II	108.16	100	10.82	0.200	0.02	541.00	100	54.10
2014	10	1000	540.80	aceite parafínico	AMIN	540.80	950	513.76	1.000	0.95	541.00	100	54.10
2015	10	1000	663.40	spinetoram	ESPIN	132.68	60	7.96	0.200	0.01	663.40	100	66.30
2015	10	1000	663.40	aceite parafínico	AMIN	663.40	847	561.89	1.000	0.85	663.40	100	66.30
2015	10	1000	1000.00	clorpirifos	FH-SE	250.00	480	120.00	0.250	0.12	1000.00	100	100.00
2015	10	1000	1000.00	aceite parafínico	AMIN	1000.00	847	847.00	1.000	0.85	1000.00	100	100.00
2014	11	1000	250.00	diflubenzuron	REGC	50.00	400	20.00	0.200	0.08	250.00	100	25.00
2014	11	1000	250.00	lamba-cyhalotrina	PIRT-II	50.00	100	5.00	0.200	0.02	250.00	100	25.00
2014	11	1000	250.00	aceite parafínico	AMIN	250.00	950	237.50	1.000	0.95	250.00	100	25.00
2015	11	1000	746.50	spinetoram	ESPIN	149.30	60	8.96	0.200	0.01	746.50	100	74.70
2015	11	1000	746.50	aceite parafínico	AMIN	746.50	847	632.28	1.000	0.85	746.50	100	74.70
2015	11	1000	1000.00	clorpirifos	FH-SE	250.00	480	120.00	0.250	0.12	1000.00	100	100.00
2015	11	1000	1000.00	aceite parafínico	AMIN	1000.00	847	847.00	1.000	0.85	1000.00	100	100.00

i.a.= Ingrediente activo; PSA= Presión de selección absoluta

**Anexo A1. Matriz A;** Análisis toxicológico de las aplicaciones locales no supervisadas por el CESVVER (ALNS) en las ARCOs en 2015.

ARCO	K total	ha tratadas	A Nombre común	B Grupo toxicológico	C L o kg totales	D g i.a. por L o kg de producto	E kg de i.a. total	F Dosis $\bar{X}$ /ha <sup>-1</sup> (L o kg)	G Dosis kg i.a./ ha <sup>-1</sup>	H Unidades de selección	I PSA por producto	J PSA por aplicación
4	1051.05	1.65	abamectina	MICR	1.00	18	0.02	0.300	0.01	3.33	202.02	0.32
4	1051.05	3.00	malathion	F-Cx	1.20	1000	1.20	0.300	0.30	4.00	133.00	0.38
9	1000.00	12.00	clorpirifos	FH-SE	4.20	350	1.47	0.200	0.07	21.00	175.00	2.10
10	1000.00	15.00	clorpirifos	FH-SE	4.50	350	1.58	0.200	0.07	22.50	150.00	2.25
10	1000.00	15.00	cipermetrina	PIRT-II	4.50	200	0.90	0.250	0.05	18.00	120.00	1.80
10	1000.00	36.00	dimetoato	FA-SM	12.60	400	5.04	0.150	0.06	84.00	233.33	8.40
11	1000.00	18.00	diazinon	FH-SE	5.40	232	1.25	0.200	0.05	27.00	150.00	2.70
11	1000.00	80.00	dimetoato	FA-SM	32.00	400	12.80	0.200	0.08	160.00	200.00	16.00
11	1000.00	80.00	cipermetrina	PIRT-II	32.00	200	6.40	0.250	0.05	128.00	160.00	12.80
11	1000.00	5.50	dimetoato	FA-SM	1.37	400	0.55	0.200	0.08	6.85	125.00	0.68
11	1000.00	5.50	cipermetrina	PIRT-II	1.37	200	0.27	0.250	0.05	5.48	100.00	0.55
11	1000.00	10.50	imidacloprid	NEONIC	2.62	700	1.83	0.100	0.07	26.20	249.50	2.62
11	1000.00	10.50	spinetoram	ESPIN	2.62	60	0.16	0.200	0.012	13.10	124.76	1.31
11	1000.00	12.00	imidacloprid	NEONIC	3.60	700	2.52	0.100	0.07	36.00	300.00	3.60
11	1000.00	9.00	clorpirifos	FH-SE	3.60	350	1.26	0.200	0.07	18.00	200.00	1.80
11	1000.00	9.00	dimetoato	FA-SM	3.60	400	1.44	0.150	0.06	24.00	267.00	2.40
11	1000.00	10.00	clorpirifos	FH-SE	2.50	350	0.88	0.200	0.07	12.50	125.00	1.25
11	1000.00	6.00	clorpirifos	FH-SE	1.80	350	0.63	0.200	0.07	9.00	150.00	0.90

i.a.= Ingrediente activo; PSA= Presión de selección absoluta

Anexo A1. Continuación...

ARCO	K total	ha tratadas	A Nombre común	B Grupo toxicológico	C L o kg totales	D g i.a. por L o kg de producto	E kg de i.a. total	F Dosis X /ha <sup>-1</sup> (L o kg)	G Dosis kg i.a./ ha <sup>-1</sup>	H Unidades de selección	I P. S. A. por producto	J PSA por aplicación
11	1000	4	paratión metílico	FC-SM	1.20	620	0.74	0.200	0.12	6.00	150	0.60
11	1000	6	clorpirifos	FH-SE	1.80	350	0.63	0.200	0.07	9.00	150	0.90
11	1000	12	malathion	F-Cx	4.80	1000	4.80	0.300	0.30	16.00	133	1.60
11	1000	3.5	dimetoato	FA-SM	1.05	400	0.42	0.150	0.06	7.00	200	0.70
11	1000	11.8	clorpirifos	FH-SE	3.54	350	1.24	0.200	0.07	17.70	150	1.77
11	1000	35	bifentrina	PIRT-II	10.50	100	1.05	0.400	0.04	26.25	75	2.62
11	1000	35	imidacloprid	NEONIC	10.50	210	2.21	0.150	0.03	70.00	200	7.00
	1000	35	betacyflutrin	PIRT-II	10.50	90	0.95	0.500	0.04	21.00	60	2.10
11	1000	35	dimetoato	FA-SM	10.50	400	4.20	0.200	0.08	52.50	150	5.25
11	1000	35	cipermetrina	PIRT-II	10.50	200	2.10	0.250	0.05	42.00	120	4.20

i.a.= Ingrediente activo; PSA= Presión de selección absoluta

**Anexo B. Matriz B.** Presión de selección absoluta por grupo toxicológico en la ARCO 4 en 2013, 2014 y 2015.

<b>ARCO 4 (2013)</b>			
<b>L</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>O</b>
<b>Grupo Toxicológico</b>	<b>Descripción</b>	<b>Presión de selección absoluta por grupo toxicológico (PSA.)</b>	<b>Presión de selección relativa por grupo toxicológico (PSR)</b>
NEONIC	neonicotenoide	84.50	16.27
AMIN	grupo de los aceites minerales	84.50	16.27
ARG	argemonina	87.60	16.87
BERB	berberina	87.60	16.87
RIC	ricinina	87.60	16.87
TERT	a-Terthienil	87.60	16.87
<b>TOTAL</b>		<b>519.40</b>	<b>100%</b>
<b>ARCO 4 (2014)</b>			
NEONIC	neonicotenoide	100.00	43.18
AMIN	grupo de los aceites minerales	100.00	43.18
ARG	argemonina	7.90	3.41
BERB	berberina	7.90	3.41
RIC	ricinina	7.90	3.41
TERT	a-Terthienil	7.90	3.41
<b>TOTAL</b>		<b>231.60</b>	<b>100%</b>
<b>ARCO 4 (2015)</b>			
ESPIN	spinosad	100.00	27.57
AMIN	grupo de los aceites minerales	181.00	49.90
FH-SE	grupos monoetil, dietil, monopropil o dipropil	81.00	22.33
MICR	grupo de los biológicos o microbiales	0.32	0.09
F-Cx	organofosforados con uno o dos carboxietil	0.38	0.10
<b>TOTAL</b>		<b>362.70</b>	<b>100%</b>



**Anexo B1. Matriz B.** Presión de selección absoluta por grupo toxicológico en la ARCO 9 en 2014 y 2015.

<b>ARCO 9 (2014)</b>			
<b>L</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>O</b>
Grupo Toxicológico	Descripción	Presión de selección absoluta por grupo toxicológico (PSA)	Presión de selección relativa por grupo toxicológico (PSR)
REGC	grupo de los reguladores del crecimiento	96.40	33.33
PIRT-II	lamba-cyhalotrina	96.40	33.33
AMIN	grupo de los aceites minerales	96.40	33.33
<b>SUMA</b>		<b>289.20</b>	<b>100%</b>

<b>ARCO 9 (2015)</b>			
<b>L</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>O</b>
Grupo Toxicológico	Descripción	Presión de selección absoluta por grupo toxicológico (PSA)	Presión de selección relativa por grupo toxicológico (PSR)
ESPIN	spinosad	100.00	34.58
AMIN	grupo de los aceites minerales	100.00	34.58
FH-SE	organofosforados cíclicos con enlace P=S, con grupos monoetil, dietil, monopropil o dipropil	2.10	0.73
<b>SUMA</b>		<b>202.10</b>	<b>100%</b>

**Anexo B2. Matriz B.** Presión de selección absoluta por grupo toxicológico en la ARCO 10 en 2014 y 2015.

<b>ARCO 10 (2014)</b>			
<b>L</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>O</b>
Grupo Toxicológico	Descripción	Presión de selección absoluta por grupo toxicológico (PSA)	Presión de selección relativa por grupo toxicológico (PSR)
REGC	grupo de los reguladores del crecimiento	54.00	33.33
PIRT-II	lamba-cyhalotrina	54.00	33.33
AMIN	grupo de los aceites minerales	54.00	33.33
<b>SUMA</b>		<b>162.00</b>	<b>100%</b>

**ARCO 10 (2015)**

ESPIN	spinosad	66.30	19.21
FH-SE	grupos monoetil, dietil, monopropil o dipropil	102.25	29.63
AMIN	grupo de los aceites minerales	166.30	48.20
PIRT-II	piretroides tipo II	1.80	0.52
FA-SM	organofosforados alifáticos con enlace P=S, con grupos monometil o dimetil	8.40	2.43
<b>SUMA</b>		<b>345.05</b>	<b>100%</b>

**Anexo B3. Matriz B.** Presión de selección absoluta por grupo toxicológico en la ARCO 11 en 2014 y 2015.

**ARCO 11 (2014)**

L	M	N	O
Grupo Toxicológico	Descripción	Presión de selección absoluta por grupo toxicológico (PSA)	Presión de selección relativa por grupo toxicológico (PSR)
REGC	grupo de los reguladores del crecimiento	25.00	33.33
PIRT-II	lambda-cyhalotrina	25.00	33.33
AMIN	grupo de los aceites minerales	25.00	33.33
<b>SUMA</b>		<b>75.00</b>	<b>100%</b>

**ARCO 11 (2015)**

ESPIN	spinosad	76.01	17.92
AMIN	grupo de los aceites minerales	174.70	41.19
FH-SE	grupos monoetil, dietil, monopropil o dipropil	111.28	26.24
FA-SM	organofosforados alifáticos con enlace P=S, con grupos monometil o dimetil	25.04	5.90
PIRT-II	piretroides tipo II	21.72	5.12
NEONIC	neonicotenoide	13.22	3.12
F-Cx	organofosforados con uno o dos carboxietil	2.14	0.50
<b>SUMA</b>		<b>424.11</b>	<b>100%</b>

## Anexo C. Cuestionario a Productores

### “FACTORES QUE INCIDEN EN LA EFECTIVIDAD DE INSECTICIDAS CONTRA *Diaphorina citri* Kuwayama EN ÁREAS REGIONALES DE CONTROL, EN VERACRUZ”

Mi nombre es (encuestador): \_\_\_\_\_

Este cuestionario tiene como objetivo identificar cómo afectan en la efectividad de insecticidas utilizados para el control de *D. citri* en las Áreas Regionales de Control de Martínez de la Torre, tanto las prácticas de manejo, las condiciones ambientales, así como las decisiones que toma cada productor”. ¿Puedo hacerle unas preguntas?

(Número de ARCO): \_\_\_\_ (Número de ruta): \_\_\_\_ (Lugar): \_\_\_\_\_

Nombre de quien aplica: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_

Escolaridad: 1P, 2P, 3P, 4P, 5P, 6P, 1S, 2S, 3S, 1R, 2R, 3R, 1L, 2L, 3L 4L, L, MC, DC

Especies de cítricos o variedades cultivadas: a) Limón Mexicano b) Limón Persa c) Mandarina d) Naranja e) Toronja f) Otros: \_\_\_\_\_ Tamaño de parcela a aplicar (ha): \_\_\_\_\_ ¿Cuántas hectáreas son de su propiedad? \_\_\_\_\_ Nombre del propietario o patrón: \_\_\_\_\_

#### FACTORES OPERACIONALES DE LA ÚLTIMA APLICACIÓN EN EL ARCO:

Producto recomendado para aplicar y dosis: \_\_\_\_\_

Fecha de la última aplicación: \_\_\_\_\_ ¿Qué producto se aplicó?: \_\_\_\_\_

Dosis recomendada: \_\_\_\_\_ Dosis Aplicada: \_\_\_\_\_

(Grupo Toxicológico) \_\_\_\_\_ (Ingrediente Activo): \_\_\_\_\_

1. Si se aplicó otro insecticida además de, o en vez del recomendado en el ARCO, especificar cuál: \_\_\_\_\_ y ¿Por qué?: \_\_\_\_\_

2. ¿En promedio cuántas aplicaciones realiza al año con insecticidas no recomendados por CESVVER?

2. ¿Se utilizó algún adherente en la aplicación? a) Sí \_\_\_\_ b) No \_\_\_\_

3. ¿Alguna vez ha utilizado adherente? a) Sí \_\_\_\_ b) No \_\_\_\_ c) ¿Por qué? \_\_\_\_\_

4. ¿El productor calibró su equipo antes de la aplicación? a) Sí \_\_\_\_ b) No \_\_\_\_

5. ¿Qué tipo de bomba se utilizó en la aplicación? a) Mochila Manual b) Mochila de motor c) Adaptada a un tractor d) Otra: \_\_\_\_\_

6. Si la aplicación se realizó con tractor ¿Usted sabe si la velocidad de avance afecta la aplicación?

a) Sí \_\_\_\_ b) No \_\_\_\_ c) ¿Por qué? \_\_\_\_\_

6. ¿Siempre utiliza la misma bomba? a) Sí \_\_\_\_ b) No \_\_\_\_ (Especificar qué otros tipos de bomba ha utilizado): \_\_\_\_\_

7. ¿Usted sabe si el tipo de boquilla de la bomba incide en la efectividad de la aplicación?

a) Sí \_\_\_\_ b) No \_\_\_\_ c) ¿Por qué? \_\_\_\_\_

8. ¿Usted sabe si la velocidad de avance incide en la efectividad de la aplicación?

a) Sí \_\_\_\_ b) No \_\_\_\_ c) ¿Por qué? \_\_\_\_\_

#### FACTORES SOCIOCULTURALES

9. De las reuniones que se realizan referente a las aplicaciones ¿usted asiste a alguna? (si la respuesta es no especificar quien asiste).

a) Sí \_\_\_\_ b) No \_\_\_\_ c) ¿Quien asiste? \_\_\_\_\_

10. ¿Si usted no asiste a esas reuniones su patrón se encarga de informarle los temas tratados?

a) Sí \_\_\_\_ b) No \_\_\_\_

11. ¿Si usted asiste a las reuniones le informa a sus empleados los temas tratados?

a) Sí \_\_\_\_ b) No \_\_\_\_ c) ¿Por qué? \_\_\_\_\_

10. ¿Quién organiza las reuniones? \_\_\_\_\_
12. ¿Alguna vez ha recibido algún tipo de capacitación para realizar las aplicaciones?  
a) Sí\_\_\_\_ b) No\_\_\_\_
11. Cuando usted aplica, ¿se organiza con los productores vecinos? a) Sí\_\_\_\_, b) No\_\_\_\_ ¿Por qué? \_\_\_\_\_
- 
14. ¿En qué mes del año hay mayor cantidad de insectos? En, Fb, Mr, Ab, My, Jn, Jl, Ag, Sp, Oc, Nv, Dc.
15. ¿Conoce al Psílido Asiático de los Cítricos (*Diaphorina citri*)? a) Sí\_\_\_\_ b) No\_\_\_\_
16. ¿Por qué cree que es importante controlar la plaga? a) Aumenta el rendimiento b) Sus plantas se mantienen sanas c) Porque transmite una enfermedad d) Otra: \_\_\_\_\_
- 
17. ¿Cree que las aplicaciones de insecticidas que se realizan son efectivas? a) Sí\_\_\_\_ b) No\_\_\_\_
18. ¿Cree usted que se podría controlar mejor con algún otro método? a) Sí\_\_\_\_ b) No\_\_\_\_  
¿Cuál? \_\_\_\_\_
19. ¿Cree usted que sería mejor aplicar productos más tóxicos? a) Definitivamente si \_\_\_\_\_, b) Probablemente si \_\_\_\_\_, c) Indeciso \_\_\_\_\_, d) Probablemente no \_\_\_\_\_, e) Definitivamente no \_\_\_\_\_
20. ¿En las aplicaciones que realizan al año utilizan los mismos insecticidas? a) Si \_\_\_\_\_ b) No \_\_\_\_\_
21. ¿Sabe identificar el ingrediente activo de los insecticidas que utiliza? a) Sí\_\_\_\_ b) No\_\_\_\_
22. ¿Sabe porque las aplicaciones deben de ser al mismo tiempo? a) Sí\_\_\_\_ b) No\_\_\_\_
23. ¿Sabe por qué se le recomienda una dosis? a) Sí\_\_\_\_, b) No\_\_\_\_.
24. ¿Cree que si se aumenta la dosis de insecticida es más efectivo el control? a) Sí\_\_\_\_, b) No\_\_\_\_,
25. ¿Cree usted que una aplicación efectiva debe matar todo tipo de insectos aunque no sean la paga?  
a) Sí\_\_\_\_, b) No\_\_\_\_ ¿Por qué? \_\_\_\_\_
26. ¿El pertenecer a las ARCOs ha modificado su forma de trabajar?  
a) Sí\_\_\_\_ b) No\_\_\_\_ ¿Cómo? \_\_\_\_\_
27. ¿Qué tan efectivos cree que son los insecticidas que le brinda Sanidad Vegetal?  
a) Altamente efectivos \_\_\_\_\_, b) Efectivos \_\_\_\_\_, c) Medianamente efectivos \_\_\_\_\_, c) No son efectivos \_\_\_\_\_
28. ¿Cree que las recomendaciones de sanidad vegetal sobre el control de *D. citri* funcionan?  
a) Sí\_\_\_\_ b) No\_\_\_\_ ¿Por qué? : \_\_\_\_\_

### FACTORES AMBIENTALES

29. ¿Regularmente a qué hora del día realiza las aplicaciones? a) Entre 7 y 9 am b) Entre 10 am y 12 pm  
c) Después de las 12 pm d) Otro: \_\_\_\_\_
30. ¿Alguna vez Sanidad Vegetal le han mencionado cuál es la mejor hora del día para aplicar? a) Sí\_\_\_\_  
b) No\_\_\_\_ C) ¿Cuál? \_\_\_\_\_
31. ¿Sabe usted si la velocidad del viento podría afectar la aplicación?  
a) Sí\_\_\_\_ b) No\_\_\_\_
32. ¿Sabe usted si la temperatura ambiental podría afectar la aplicación?  
a) Sí\_\_\_\_ b) No\_\_\_\_
33. ¿Sabe usted si la Humedad relativa podría afectar la aplicación?  
a) Sí\_\_\_\_ b) No\_\_\_\_
32. ¿En el CESVVER le han mencionado la velocidad del viento adecuada para realizar la aplicación?  
a) Sí\_\_\_\_ b) No\_\_\_\_
34. ¿En alguna aplicación que ha realizado ha medido el pH del agua? A) Si\_\_\_\_ b) No\_\_\_\_
35. ¿En sus aplicaciones se cerciora que el agua que utiliza no tenga basuras o un color extraño?  
a) Si\_\_\_\_ b) No\_\_\_\_
36. ¿Alguna vez ha aplicado algún insecticida con probabilidades de lluvia?  
a) Sí\_\_\_\_ b) No\_\_\_\_