



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

PROGRAMA DE POSTGRADO EN FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

INTERVALO DE SEGURIDAD DE CIPERMETRINA EN GUAYABA *Psidium guajava* L. EN MICHOACÁN, MÉXICO

MARÍA CECILIA VELÁZQUEZ GONZÁLEZ

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2019

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe María Cecilia Velázquez González, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Dra. Socorro Anaya Rosales, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis

Intervalo de seguridad de cipermetrina en guayaba Psidium guajava L. en Michoacán, México

y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 22 de abril de 2019


Firma del
Alumno (a)


Dra. Socorro Anaya Rosales
Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: Intervalo de seguridad de cipermetrina en guayaba *Psidium guajava* L. en Michoacán, México

realizada por la alumna: María Cecilia Velázquez González

bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

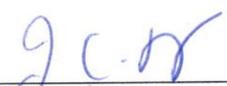
MAESTRA EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERA


DRA. SOCORRO ANAYA ROSALES

ASESOR


DR. J. CONCEPCIÓN RODRÍGUEZ MACIEL

ASESOR


DR. GUILLERMO CALDERÓN ZAVALA

Montecillo, Texcoco, Estado de México, abril de 2019

INTERVALO DE SEGURIDAD DE CIPERMETRINA EN GUAYABA *Psidium guajava* L. EN MICHOACÁN, MÉXICO

María Cecilia Velázquez González, M. en C.
Colegio de Postgraduados, 2019

RESUMEN

El Estado de Michoacán ha logrado posicionarse como el principal productor de guayaba a nivel nacional, seguido de Aguascalientes y Zacatecas. Una de las principales plagas que afectan ese cultivo es el picudo del guayabo (*Conotrachelus* spp.) y para su control, los productores de la región oriente de Michoacán aplican cipermetrina, por lo que este estudio determinó el intervalo de seguridad para cipermetrina que deberán cumplir los interesados en exportar guayaba a la Unión Europea la cual ha establecido un Límite Máximo de Residuos para este insecticida de <0.05 ppm. Se realizaron tres ensayos de campo en los que se aplicó cipermetrina de acuerdo al patrón de esa región empleando las buenas prácticas agrícolas. Se tomaron muestras de frutos (1.2-1.5 kg), de cada ensayo por separado, a los 40 min después de la aplicación y en cinco tiempos posteriores (1, 3, 5, 7 y 14 días). Mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, se analizaron los residuos de cipermetrina presentes en el fruto. Con el programa CurveExpert 1.4 se modeló la curva de disipación del producto en cada ensayo y se estimaron los días en que los residuos se encontraron por debajo de 0.05 ppm. Para el ensayo 1, 2 y 3, los días estimados en que los residuos de cipermetrina se encontraban en 0.04 ppm fueron 30, 12 y 35 días respectivamente. Bajo un enfoque precautorio se consideró que el intervalo de seguridad para cipermetrina es de 35 días y no de 30 días como consideran los productores de la región.

Palabras clave: cipermetrina, límite máximo de residuos, disipación, ensayo en campo

SAFETY INTERVAL OF CIPERMETRINA IN GUAYABA *Psidium guajava* L. IN MICHOACAN, MEXICO

María Cecilia Velázquez González, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2019

ABSTRACT

The State of Michoacan has managed to position itself as the main producer of guava at a national level, followed by Aguascalientes and Zacatecas. One of the main pests that affect this crop is the weevil of the guava (*Conotrachelus* spp.) and for its control, the producers of the eastern region of Michoacan apply cypermethrin, reason why this study determined the safety interval for cypermethrin that must be met those interested in exporting guava to the European Union which has established a Maximum Residue Limit for this insecticide of <0.05 ppm. Three field trials were carried out in which cypermethrin was applied according to the pattern of that region using good agricultural practices. Fruit samples (1.2-1.5 kg) were taken from each trial separately, 40 minutes after the application and in five subsequent times (1, 3, 5, 7 and 14 days). Using gas chromatography coupled to mass spectrometry, the cypermethrin residues present in the fruit were analyzed. With the CurveExpert 1.4 program, the product dissipation curve was modeled in each test and the days when the waste was found below 0.05 ppm were estimated. For trials 1, 2 and 3, the estimated days when the cypermethrin residues were at 0.04 ppm were 30, 12 and 35 days respectively. Under a precautionary approach, it was considered that the safety interval for cypermethrin is 35 days and not 30 days as considered by the region's producers.

Keywords: cypermethrin, maximum residue limit, dissipation, field trial

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento otorgado a través de la Beca Nacional para cursar el Posgrado.

Al Colegio de Postgraduados por la oportunidad brindada para el crecimiento de mi formación profesional y por el financiamiento para la ejecución de la etapa de campo del proyecto de investigación.

Al personal del Laboratorio de Plaguicidas del Centro Nacional de Referencia de Plaguicidas y Contaminantes del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria por las facilidades brindadas para realizar el análisis de residuos.

A los productores de guayaba en el municipio de Juárez, Michoacán el señor Jesús Martínez Arroyo y señor Raúl Cruz Campos, por las facilidades otorgadas para establecer los estudios en campo en sus parcelas.

A la Ing. Blanca Neli Gómez Maldonado, Profesional en Sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación del Programa de Inocuidad Agrícola del Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Michoacán por el apoyo recibido en la planeación y establecimiento de los estudios en campo.

Al Dr. J. Concepción Rodríguez Maciel, la Dra. Socorro Anaya Rosales, el Dr. Guillermo Calderón Zavala y al Dr. Jaime Alberto Urzúa Gutiérrez, por su atención, conducción, paciencia y colaboración para el desarrollo de esta investigación.

DEDICATORIA

A mi hijo

A mi esposo

A mis padres

A mis hermanas

A mi sobrina y sobrinos

A mis amigas

A mis amigos

“Es verdad, todos nos iremos, pero las obras realizadas por los individuos con toda su fuerza y todo su corazón, permanecerán para siempre”

Ángeles Espinosa Yglesias

CONTENIDO

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
OBJETIVOS	5
General	5
Específicos	5
HIPÓTESIS	6
LITERATURA CITADA	7
CAPÍTULO 1. Intervalo de seguridad de cipermetrina en guayaba <i>Psidium guajava</i> L. en Michoacán, México.....	10
Resumen	10
Abstract	11
Introducción.....	12
Materiales y métodos	13
Lugar del estudio	13
Cultivo	14
Insecticida	14
Diseño experimental y tratamientos	14
Aplicación del insecticida	14
Muestreo	15
Análisis de residuos	15
Análisis estadístico.....	16
Resultados y discusión.....	16
Conclusiones.....	19
Agradecimientos.....	20
LITERATURA CITADA.....	21
CONCLUSIONES GENERALES.....	29

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Características de los sitios de ensayos.....	24
Cuadro 2. Gasto promedio de la mezcla y volumen sobrante.....	24
Cuadro 3. Número de frutos de guayaba (<i>Psidium guajava</i> L.) var. 'media china' y peso de las muestras tomadas	24
Cuadro 4. Registro de condiciones ambientales durante la toma de muestras en el municipio de Juárez, Michoacán, México.....	25
Cuadro 5. Condiciones instrumentales del cromatógrafo para la identificación de cipermetrina en guayaba.....	25
Cuadro 6. Tiempos de retención y transiciones para la identificación de cipermetrina en guayaba	26
Cuadro 7. Valor de las constantes del modelo de mejor ajuste	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curva de residuos de cipermetrina en guayaba (<i>Psidium guajava</i> L.) var. Media China en la parcela 1.....	27
Figura 2. Curva de residuos de cipermetrina en guayaba (<i>Psidium guajava</i> L.) var. Media China en la parcela 2.....	28
Figura 3. Curva de residuos de cipermetrina en guayaba (<i>Psidium guajava</i> L.) var. Media China en la parcela 3.....	28

INTRODUCCIÓN GENERAL

En el 2017, los principales estados productores fueron Michoacán, Aguascalientes, Zacatecas, Estado de México, Jalisco y Guerrero, observándose un incremento de la producción 10% con respecto a 2012. Este fruto tiene una participación nacional del 1.5 % con respecto a la totalidad de frutos que se producen en México y cuyo consumo anual *pér capita* es de 2.5 kg (SIAP, 2018).

En el ámbito internacional, China ocupa el primer lugar como productor de guayaba. Durante los años 2012 al 2017, México logró un ascenso en la posición de países productores pasando del quinto lugar en 2012 al cuarto en 2017 (SIAP, 2018).

El valor de las exportaciones de guayaba mexicana en el 2018 fue de 22.8 millones de dólares y los principales destinos fueron Estados Unidos de Norteamérica, Canadá, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda, Alemania, España, Guatemala y Países Bajos (SIAVI, 2019).

Como principal estado productor de guayaba, Michoacán concentra el 65 % de su producción en la región oriente, que comprende los municipios de Jungapeo, Juárez y Zitácuaro, representada por 7,650 ha de este cultivo. Dicha región se encuentra entre 1000 y 2000 msnmm por lo que la altitud, la cercanía con el mar, la presencia de cadenas montañosas alineadas a la costa que actúan como barreras orográficas que favorecen las precipitaciones concentradas en los meses de junio a septiembre y las temperaturas elevadas, principalmente de abril a junio, son las ideales para la producción de ese fruto; sin embargo, también se favorece la presencia de plagas que afectan los rendimientos y calidad del fruto de la guayaba (Medina *et al*, 1998).

Entre las principales plagas que dañan el fruto se encuentran la mosca de la fruta (*Anastrepha* spp.), picudo del guayabo (*Conotrachelus* spp.), escamas (*Pulvinaria psidii*), piojo harinoso (*Pseudococcus* spp.), chapulín (*Melanoplus* spp.), pulgón (*Aphis* spp.), chicharrita (*Empoasca fabae*) y trips (*Frankiniella* spp.) (Volke *et al*, 2012). Mendoza *et al*, (2004) mencionan que los daños que ocasiona el picudo del guayabo *Conotrachelus dimidiatus* (Champion) se presentan a inicio de la temporada de lluvias, cuando las hembras ovipositan los frutos y las larvas se desarrollan dentro del mismo, ocasionando la pérdida del valor comercial, al madurar los frutos prematuramente y observando una apariencia arriñonada.

El manejo integrado de plagas considera al combate químico como una herramienta importante, pero debe usarse con responsabilidad (Toledo e Infante, 2008).

En la principal región productora de guayaba en Michoacán se aplican insecticidas organofosforados, en últimos tiempos piretroides y en menor cantidad extractos naturales. La cipermetrina es un piretroide sintético con actividad insecticida, de contacto e ingestión, con amplio espectro, es una mezcla de cuatro diastereoisómeros, cada uno de los cuales aparece como un par de enantiómeros, se degrada muy rápidamente en el suelo y sus vidas medias para los isómeros *cis* y *trans*, son 4 y 2 semanas respectivamente en suelos arcillosos o arenosos, es considerada ligeramente persistente, de 1 a 4 semanas y el producto final de su degradación es CO₂ (De Liñan, 2014).

Actualmente existen 49 insecticidas con registro sanitario para guayaba, de los cuales 29 corresponden a malation, 9 de azinfos metílico, 4 de paratión metílico, 2 de extractos naturales, 2 de neonicotinoides, 1 de espinosina y 1 de abamectina (COFEPRIS, 2019).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en 2015, definieron en el artículo 2 del Código Internacional de Conducta para la Gestión de Plaguicidas al Límite máximo de residuos (LMR) como “la concentración máxima de un residuo de plaguicida que se permite o reconoce legalmente como aceptable en o sobre un alimento, producto agrícola o alimento para animales”. El residuo es “cualquier sustancia específica presente en o sobre los alimentos, productos agrícolas y otros tipos de productos o alimentos para animales, así como en el medio ambiente, en particular en el suelo, el aire y el agua, como consecuencia del uso de un plaguicida, que incluye cualquier derivado de un plaguicida, como productos de conversión, metabolitos, productos de descomposición, productos de reacción e impurezas consideradas de importancia toxicológica o ecotoxicológica”.

El uso excesivo, las sobredosis, la aplicación inadecuada por los productores pueden ocasionar la presencia de residuos de plaguicidas por encima de lo permitido en los productos agrícolas, tanto para consumo en fresco como para su industrialización, lo que representa riesgos a la salud humana y problemas para la comercialización en los diferentes mercados mundiales (Guerrero, 2004).

El intervalo de seguridad es el tiempo que transcurre desde la última aplicación del insecticida hasta la cosecha del fruto (DOF, 2010). Se espera que durante ese tiempo, el insecticida se degrada en niveles bajos, considerados como aceptables.

La regulación mexicana en materia de Sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación en la producción primaria de vegetales establece que los insecticidas deberán aplicarse de acuerdo a las especificaciones de la etiqueta (SENASICA, 2018).

Los Principios de Buenas Prácticas de Laboratorio (BPL), señalan las normas recomendadas para llevar a cabo pruebas para una amplia variedad de estudios realizados con propósitos reglamentarios y otros fines relacionados con una evaluación. Entre estos estudios se encuentran los ecológicos destinados a evaluar la trayectoria medioambiental de los productos químicos (transporte, biodegradación, y bioacumulación), se incluyen también las pruebas destinadas a determinar la identidad y magnitud de los residuos de plaguicidas, metabolitos y compuestos conexos con el fin de definir su tolerancia y otros aspectos relacionados con la exposición a los mismos en la alimentación. Estos principios se aplican a una gran variedad de productos químicos comerciales, incluidos los plaguicidas, fármacos, cosméticos y medicamentos veterinarios, así como aditivos alimentarios, aditivos para el pienso y productos químicos industriales. Se caracterizan como un sistema de garantía de calidad relacionado con el modo de organización y de las condiciones en las que estos estudios se planifican, ejecutan, controlan, registran, archivan e informan (OCDE, 1999).

Martínez *et al*, (2003) modelaron curvas de degradación, determinando las relaciones óptimas entre los residuos de piretroides y el tiempo en judías verdes, calabacines y pimientos cultivados en invernadero, resaltando que las curvas de degradación están fuertemente influenciadas por las condiciones ambientales. A nivel internacional, la normatividad aplicable a residuos de plaguicidas son cada vez más exigentes. Los países han reducido significativamente los valores aceptables de Límite Máximo de Residuos (LMR), en otros casos han prohibido el uso de varios agroquímicos. Ante estas exigencias, es importante que la estrategia de control fitosanitario tome en cuenta los niveles de

residuos que quedan en la fruta y la cinética de disipación que disminuye los riesgos toxicológicos y comerciales (Kulczycki, *et al* 2012).

OBJETIVOS

General

Determinar el intervalo de seguridad para el insecticida cipermetrina en guayaba, con la finalidad de que a su consumo, los residuos de cipermetrina se encuentren por debajo de 0.05 ppm, Límite Máximo de Residuos establecido por la Unión Europea para esa combinación cultivo/molécula.

Específicos

OE.1. Establecer al menos tres ensayos en campo para realizar el análisis de residuos de cipermetrina, en una de las principales regiones productoras de guayaba en México, con aplicación de criterios de Buenas Prácticas de Laboratorio.

OE.2. Efectuar la aplicación del insecticida bajo medidas de seguridad como lo establece el Buen Uso y Manejo de Plaguicidas.

OE.3. Elaborar el análisis de residuos de cipermetrina en un laboratorio con reconocimiento oficial, con aplicación de criterios de Buenas Prácticas de Laboratorio.

OE. 4. Encontrar el modelo que permita que los datos de residuos se ajustan a la curva que muestra la degradación de la cipermetrina.

HIPÓTESIS

Los días que deben transcurrir entre la última aplicación de cipermetrina en guayaba y la cosecha es igual o mayor a 30 días, de acuerdo al patrón de uso en la región productora de guayaba en Michoacán, México, 625 mL de producto comercial (21.42 %), Concentrado Emulsionable, en 500 L de agua para una hectárea, con una sola aplicación foliar.

LITERATURA CITADA

- Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios. (COFEPRIS). 2019. Registro Sanitario de Plaguicidas y Nutrientes Vegetales. Consulta de Registros Sanitarios de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y LMR. [Consultado 18 de Marzo 2019]. Disponible en: <http://siipris03.cofepris.gob.mx/Resoluciones/Consultas/ConWebRegPlaguicida.asp>
- Diario Oficial de la Federación (DOF) 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-232-SSA1-2009, Plaguicidas: que establece los requisitos del envase, embalaje y etiquetado de productos grado técnico y para uso agrícola, forestal, pecuario, jardinería, urbano, industrial y doméstico. Secretaría de Gobernación. [Consultado 19 de marzo 2019]. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5139018&fecha=13/04/2010
- De Liñán, C. 2014. Vademécum de Agroquímicos de México. Ed. TecnoAgrícola de México. 6ª ed. México. 830 p.p.
- Guerrero, D. J. A. 2004. Evaluación y estudio del efecto residual de la aplicación de plaguicidas en productos de cosecha (reporte final). Departamento de Química. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. 36 p.p.
- Kulczycki, C., Navarro, R., Turaglio, E., Becerra, V. H., Sosa, A., 2012. Cinética de degradación y persistencia de clorpirifós en mandarinas y naranjas del Noreste argentino (NEA). Revista de Investigaciones Agropecuarias, Vol. 38, Nº. 3, 2012, págs. 282-288.
- Martínez, G. M., Gil, G. M. D., Rodríguez, L. J. A., López, L. T., y Martínez, V. J. L. 2003. Dissipation of pyrethroid residues in peppers, zucchinis, and green beans exposed

- to field treatments in greenhouses: evaluation by decline curves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51: 5745-5751.
- Medina G., G., J.A. Ruíz C., R.A. Martínez P. 1998. Los climas de México: una estratificación ambiental basada en el componente climático. Libro Técnico núm. 1 INIFAP. Uruapan, Michoacán. México. 103 p.
- Méndoza, L. M. R., Luis, A. A. y Castillo, O. S. F. 2004. Guayaba (*Psidium guajava* L.) su cultivo en el oriente de Michoacán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación del Pacífico Centro. Campo Experimental Uruapan. Folleto técnico No. 4.
- Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos. (OCDE). 1999. Documento de consenso sobre Buenas Prácticas de Laboratorio. Aplicación de los principios de Buenas Prácticas de Laboratorio a los estudios de campo. Dirección del Medio Ambiente. París. ENV/JM/MONO(99)22
- Organización Mundial de la Salud (OMS) y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2015. Código Internacional de Conducta para la Gestión de Plaguicidas. Ginebra, Suiza. 56 p.
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad, y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). 2018. Lineamientos generales para la operación y certificación de Sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación en la producción primaria de vegetales. V2. [Consultado 25 Febrero 2019]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/380338/Anexo_Tecnico_1_V2_Agosto_2018.pdf

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2018. Atlas agroalimentario 2012-2018. [Consultado 22 Febrero 2019]. Disponible en: https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018
- Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI). 2019. Secretaría de Economía. Fracción arancelaria: 0804.50.02. [Consultado 16 de febrero 2019]. Disponible en: <http://www.economia-snci.gob.mx/>
- Toledo, J. y F. Infante. 2008. Manejo Integrado de Plagas. Ed. Trillas. 1ª ed. México. 327 p.
- Volke H., V., Camacho B. R., Sánchez G. P., Rebollar A. A., y Ruíz R. F. 2012. Manual de producción de guayaba en la región oriente de Michoacán. Sistema Producto Guayaba, Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce, A.C., Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México, México. 105 p.

CAPÍTULO 1. INTERVALO DE SEGURIDAD DE CIPERMETRINA EN GUAYABA

Psidium guajava L. EN MICHOACÁN, MÉXICO

María Cecilia Velázquez González, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2019.

RESUMEN

Respetar el intervalo de seguridad en días entre la última aplicación y la cosecha, es fundamental para no rebasar el límite máximo de residuos (LMR) establecido para un plaguicida. El objetivo de esta investigación fue estimar el intervalo de seguridad para cipermetrina que deberán cumplir los productores en la región oriente del Estado de Michoacán, México, interesados en exportar guayaba, *Psidium guajava* L., a la Unión Europea, la cual ha establecido un LMR para este insecticida <0.05 ppm. Se realizaron tres ensayos de campo en los que se aplicó cipermetrina de acuerdo al patrón de uso de ese lugar y siguiendo las buenas prácticas agrícolas. Se tomaron muestras de frutos (1.2-1.5 kg), de cada ensayo por separado, a los 40 min después de la aplicación y en cinco tiempos posteriores (1, 3, 5, 7 y 14 d). Mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría, se analizaron los residuos de cipermetrina presentes en el fruto. Con el programa CurveExpert 1.4 se modeló la curva de disipación del producto en cada ensayo y se estimaron los días en que los residuos estarían debajo de 0.05 ppm (0.04 ppm). Para el ensayo 1, 2 y 3, los días estimados en que los residuos de cipermetrina se encontraban en 0.04 ppm fueron 30, 12 y 35 días respectivamente. Considerando un enfoque precautorio se estimó que el intervalo de seguridad para cipermetrina es de 35 días y no de 30 días como consideran los productores de la región.

Palabras clave: cipermetrina, límite máximo de residuos, disipación, ensayo en campo

Safety interval of cypermethrin in guava *Psidium guajava* L. in Michoacan, Mexico

María Cecilia Velázquez González, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2019

ABSTRACT

To keep the safety interval in days between the last application and the harvest, it is essential not to exceed the maximum residue level (MRL) established for a given pesticide. The objective of this research was to estimate the safety interval for cypermethrin to be met by producers in the eastern region of the State of Michoacán, Mexico, interested in exporting guava, *Psidium guajava* L., to the European Union. This region has established an MRL for the aforementioned insecticide <0.05 ppm. Three field trials were carried out in which cypermethrin was applied according to the use pattern of that place and following good agricultural practices. Fruit samples (1.2-1.5 kg) were taken from each trial separately, at 40 minutes after the application and at five subsequent times (1, 3, 5, 7 and 14 d). Using gas chromatography coupled to spectrometry, the cypermethrin residues present in the fruit were analyzed. The CurveExpert 1.4 program was used to model the dissipation curve of the product in each field test and the days on which the residues would be below 0.05 ppm were estimated (0.04 ppm). For trials 1, 2 and 3, the estimated days when the cypermethrin residues were at 0.04 ppm were 30, 12 and 35 days respectively. Considering a precautionary approach, it was estimated that the safety interval for cypermethrin is 35 days and not 30 days as considered by the region's producers.

Keywords: cypermethrin, maximum residue limit, dissipation, field trial

INTRODUCCIÓN

En el 2017, México se posicionó en el cuarto lugar mundial como país productor de guayaba (*Psidium guajava* L.) y el destino de sus exportaciones fue Estados Unidos de Norteamérica, Canadá, Unión Europea y Japón (SIAP, 2018). Los estándares de calidad que exigen los mercados internacionales deben cumplirse y uno de estos requisitos consiste en no rebasar el Límite Máximo de Residuos (LMR) de plaguicidas que establece el país comprador. El Codex Alimentarius define al LMR como “el nivel máximo de residuos de un plaguicida que se permite legalmente en los alimentos o piensos (tanto en el interior como en la superficie) cuando los plaguicidas se aplican correctamente conforme a las buenas prácticas agrícolas” (FAO, 2019). Los residuos son las trazas de plaguicidas que se mantienen en las frutas tratadas y cuya presencia por arriba del nivel permitido representa un riesgo a la salud de los consumidores (CEC, 2017-1).

La regulación mexicana establece que se deben aplicar plaguicidas que cuenten con el registro sanitario coordinado actualizado y vigente emitido por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), para el cultivo en cuestión; así como respetar las indicaciones establecidas en la etiqueta del envase como parte de las Buenas Prácticas Agrícolas (SENASICA, 2010). El intervalo de seguridad, o días entre la última aplicación y la cosecha, es un elemento importante de la etiqueta de los plaguicidas (Norma Oficial Mexicana NOM-232-SSA1-2009, 2010), pues contribuye a cumplir con los LMR. Con la finalidad de proteger la salud de sus ciudadanos, el país comprador de productos agrícolas tiene el derecho de establecer los límites máximos de residuos que considere pertinentes. Para constatar el cumplimiento de dichos límites,

dichos países establecen actividades de vigilancia que verifiquen el cumplimiento de sus requerimientos.

Actualmente, los productores de guayaba en la región oriente de Michoacán aplican plaguicidas con el objetivo de proteger al cultivo de plagas. Sin embargo, la información referente al intervalo de seguridad en días que deben respetar cuando aplican el insecticida cipermetrina para el combate del picudo de la guayaba *Conotrachelus dimidiatus* Champion, no se encuentra determinado. En consecuencia, consideran, de manera empírica, que dejar 30 días entre la última aplicación y la cosecha, les permite comercializar su guayaba con un nivel de residuos inferior a 0.05 ppm, como lo exige la Unión Europea. Por tanto, el presente estudio tuvo como objetivo determinar el intervalo entre la última aplicación y la cosecha para el insecticida cipermetrina, con la finalidad de que la guayaba a comercializar se encuentre debajo de 0.05 ppm.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar del estudio

Los ensayos se establecieron en la región oriente del Estado de Michoacán, en Juárez, segundo municipio con mayor producción de guayaba en ese Estado (SIAP, 2017). Este lugar se encuentra a altitudes de entre 1150 y 1700 msnm (Volke *et al.*, 2012), con clima cálido y semicálido subhúmedo con lluvias en verano y temperatura media anual de 23 °C (INEGI, 2017). El presente estudio se realizó entre 1305 y 1420 msnm (Cuadro 1).

Cultivo

Cada ensayo se integró por seis árboles de guayaba de la variedad Media China, con edad aproximada de 20 años, diámetro promedio de copa de 4 m y altura promedio de 2.5 m. Los árboles se encontraban en un arreglo topológico de marco real a distancia de 5 x 5 m. En la etapa fenológica de inicio de fructificación.

Insecticida

Se utilizó la formulación comercial ARRIVO 200 CE® (cipermetrina, concentrado emulsionable, 21.42 g de i.a. L, FMC Agroquímica de México S. de R.L. de C.V., Zapopan, Jalisco, México).

Diseño experimental y tratamientos

Se realizaron tres ensayos y cada uno se integró por seis árboles: a tres se les aplicó el insecticida indicado y tres sirvieron de testigos (sin aplicación de insecticidas). La separación entre unidades experimentales (árboles) fue de al menos 20 m. La distancia entre ensayos fue cerca de tres kilómetros.

Aplicación del insecticida

Para la aplicación de cipermetrina, se calibró el equipo de aspersión manual (Swissmex®, modelo 425 Solo®, con capacidad de 15 L), se utilizó una boquilla de cono lleno (TeeJet 12x), calibrada para aplicar 760 ml por minuto. Se utilizó la dosis de acuerdo al patrón de uso en la región de estudio: 625 ml de producto comercial en 500 L de agua por hectárea y se hizo una aplicación. Para cada ensayo se preparó la mezcla de 6.9 L

de agua y 8.5 mL de producto comercial. La aplicación se realizó durante un minuto y 48 segundos en cada árbol, cubriendo la parte superior, inferior, central y alrededor de éste. Se registró para cada parcela el gasto promedio de caldo de aplicación por árbol y la cantidad sobrante (Cuadro 2).

Muestreo

Se realizaron seis muestreos: el día de la aplicación (40 minutos posteriores a la aplicación), uno, tres, cinco, siete y 14 días después de la aplicación. En el muestreo se recolectaron frutos de la parte media, alta y baja del árbol; se registró el número de frutos y su peso, mismo que osciló entre 1.2 a 1.5 kg cada muestra (Cuadro 3).

Durante el muestreo se aplicaron las medidas preventivas para evitar contaminación cruzada. Se utilizó un par de guantes nuevos para recolectar los frutos de cada árbol. Los frutos recolectados se colocaron en contenedores térmicos (hieleras de unicel) identificados, con sobres de gel congelado que permitiera el transporte de las muestras a temperatura de refrigeración de 2 a 4 °C por un tiempo no mayor a 12 horas para su posterior almacenamiento en temperatura de congelación de -23 °C (CA, 1993). En cada día de muestreo se registró la temperatura y humedad relativa del ambiente (Cuadro 4).

Análisis de residuos

El análisis de residuos de cipermetrina se realizó por la técnica de extracción en fase sólida QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged y Safe), utilizando el método 15662 del Comité Europeo de Normalización (CEN), con el objetivo extraer el analito de

interés y de eliminar interferencias durante el análisis cromatográfico como son carbohidratos, pigmentos y otros compuestos polares (Morphet y Hancock, 2008).

La cuantificación del analito se realizó mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (Cuadro 5) y se realizó la identificación del insecticida por medio del tiempo de retención, simetría del pico, porcentaje de recobro del método de análisis, transiciones, límite de cuantificación y límite de detección (Cuadro 6), a fin de brindarle certidumbre a los resultados que se obtuvieron.

Análisis estadístico

A partir de los resultados obtenidos, se realizó un análisis que clasificó el valor de residuos del insecticida (R) con el tiempo de muestreo (t) (CEC, 1997-2), para cada parcela. Los residuos de plaguicidas en un momento determinado se pueden estimar con programas informáticos que definan la función que corresponde a la curva de disipación del plaguicida (Frehse y Walter, 1995; Ambrus y Lantos, 2002). Con el programa CurveExpert 1.4 (Hyams, 2010) se encontró el modelo que mejor se ajustó a los datos y a partir de su ecuación se predijeron los datos para obtener el intervalo de seguridad en días entre la última aplicación y la cosecha que corresponden a un estimado de nivel de residuos de cipermetrina de 0.04 ppm. Se graficaron los residuos de cipermetrina para cada parcela (repetición).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del nivel de residuos de cipermetrina en cada una de las tres parcelas evaluadas y para cada fecha de muestreo, muestran el comportamiento típico de la

disipación de plaguicidas en campo (Figuras 1-3). Con el programa CurveExpert 1.4 (Hyams, 2010) se estimó la curva de mejor ajuste al diagrama de dispersión observado y se determinó la función que define dicha curva. El modelo de mejor ajuste fue el siguiente:

$$y = \frac{a + bx}{1 + cx + dx^2}$$

Donde y es la concentración del residuo del plaguicida, x es el tiempo, y a , b , c , y d son constantes (Cuadro 7).

En la parcela 1 se observó un incremento de los residuos de cipermetrina en el día uno, pasando de 0.1701 (día de la aplicación) a 0.2013 ppm, y disminuyó en el día tres a 0.1782 ppm; subió nuevamente en el día cinco a 0.1903 ppm. Posteriormente llegó a 0.0854 ppm en el día 14 (Figura 1). Esta parcela mostró un coeficiente de correlación de 0.945.

En la parcela 2 se observó una disminución de los residuos de cipermetrina en el día uno, pasando de 0.1890 a 0.1410 ppm. Sin embargo, en los días tres y cinco, el nivel de residuos se incrementó a 0.2208 ppm. En el día 14 llegó a 0.0514 ppm (Figura 2). Esta parcela mostró un coeficiente de correlación de 0.753.

En la parcela 3, los residuos de cipermetrina pasaron de 0.1065 ppm en el día de la aplicación a 0.289 en el día tres y descendió a 0.1296 en el día 14 (Figura 3). Esta parcela mostró un coeficiente de correlación de 0.9953; el valor más alto de los tres sitios (parcelas).

Las curvas de residuos de cipermetrina, en todos los casos, mostraron en su etapa inicial un incremento en los valores de residuos, contrario a lo que se esperaría. Este fenómeno se debe a que la cantidad de residuos inicialmente esta significativamente influenciada

no por el peso de los frutos de guayaba, sino por la superficie total que tienen. Los frutos más pequeños muestran, en conjunto una mayor superficie expuesta a la aplicación del plaguicida. En las etapas iniciales del estudio, las muestras que se recolectaron entre los días 0 a 7 eran más pequeños y por tanto la superficie con residuos de cipermetrina fue mayor y se reflejó en valores superiores. Posteriormente, los factores responsables de la degradación de la cipermetrina fueron de mayor efecto que las posibles diferencias en superficie de los frutos. Alister *et al.* (2017), señalaron que el tamaño de la fruta en el momento de las aplicaciones de plaguicidas, afectan el depósito inicial y las tasas de disipación de los mismos, al menos en las etapas iniciales.

Se utilizó la fórmula de mejor ajuste, para estimar los días en que los residuos de cipermetrina estarían debajo de 0.05 ppm. Con la finalidad de cumplir con este parámetro, se fijó el nivel de residuos en 0.04 ppm. Para las parcelas 1, 2 y 3, los días necesarios para alcanzar 0.04 ppm de cipermetrina en la cosecha de guayaba, se estimó en 30, 12 y 35 días, respectivamente. Con la finalidad de emitir una recomendación precautoria a los productores de guayaba del oriente del estado de Michoacán, se considera que para cipermetrina, el intervalo de seguridad entre la última aplicación y la cosecha, debe ser de 35 días y no de 30 días como actualmente se tiene considerado. Considerar este intervalo les permitirá a los productores cosechas guayaba con un LMR para cipermetrina <0.05 ppm.

Sánchez *et al.* (2005) mencionan la importancia que tiene conocer la persistencia de los residuos de insecticidas que se aplican en guayaba, dado que los árboles tienen frutos en distintos punto de su madurez fisiológica y generalmente cosechan cada dos o tres días. De manera empírica, los productores de guayaba en los municipios de Jungapeo,

Juárez y Zitácuaro, Michoacán respetan un intervalo de seguridad de 30 días cuando aplican cipermetrina y han llegado a tener problemas con el cumplimiento de este requerimiento.

Chandra *et al.* (2014) realizaron un estudio de disipación de cipermetrina en okra, con una dosis de aplicación de 200 g de i.a. por ha, encontrando que al día 17 los residuos se encontraron por debajo del nivel de detección. Las curvas de disipación de plaguicidas están fuertemente influenciadas por las condiciones ambientales (Martínez *et al.*, 2003); en consecuencia, deben estimarse en los lugares de interés.

Con base a los resultados obtenidos, la parcela 3 muestra el mejor comportamiento de los datos a través del tiempo y representan el escenario más conservador. El coeficiente de correlación entre los días transcurridos y el nivel de residuos de cipermetrina en la parcela tres fue 0.99539, mismo que se considera alto y generó el intervalo de días más amplio (35 días). Esta investigación indica que un intervalo de 30 días podría no ser suficiente para llegar a cosecha de guayaba con residuos <0.05 ppm y propone que dicho intervalo se extienda cinco días más.

CONCLUSIONES

El intervalo de seguridad en días, entre la última aplicación de cipermetrina y la cosecha, de guayaba es de 35 días, siempre que se utilice la dosis de 625 mL de producto comercial (21.42 %), Concentrado Emulsionable, en 500 L de agua para una hectárea, con una sola aplicación foliar.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para los estudios de posgrado. Al Laboratorio de Plaguicidas del Centro Nacional de Referencia de Plaguicidas y Contaminantes del SENASICA por las facilidades brindadas para realizar el análisis de residuos. Al Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Michoacán por el apoyo recibido en los ensayos en campo.

LITERATURA CITADA

- Alister, C., Araya, M., Becerra, K, Saavedra, J. y Kogan, M. 2017. Preharvest Interval Periods and their relation to fruit growth stages and pesticide formulations. *Food Chemistry*. 221: 548-554.
- Ambrus, Á. A. D. y Lantos, J. 2002. Evaluation of the studies on decline of pesticide residues. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50: 4846-4851.
- Codex Alimentarius (CA). 1993. Directrices sobre Buenas Prácticas de Laboratorio en el análisis de residuos de plaguicidas. [Consultado 02 Febrero 2019]. Disponible en: http://www.fao.org/input/download/standards/378/cxg_040s.pdf
- Commission of the European Communities (CEC). 1997-2. Calculation of maximum residue levels and safety intervals. [Consultado 13 Julio 2018]. Disponible en: https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/plant/docs/pesticides_mrl_guidelines_app-i.pdf
- Commission of the European Communities (CEC). 2017-1. EU Pesticides database. [Consultado 25 Enero 2019]. Disponible en: <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=pesticide.residue.selection&language=ES>
- Chandra, S., Kumar, M., Mahindrakar, A. N., y Shinde, L.P. 2014. Persistence pattern of chlorpyrifos, cypermethrin and monocrotophos in okra. *International Journal of Advanced in Pharmacy, Biology and Chemistry*. 2: 738-743.
- Frehse, H., y Walter, H.F. 1995. The behaviour of pesticide residues in fruits and vegetables: evaluation by decline curves. En III Seminario Internacional Sobre

- Residuos de Plaguicidas. Valverde-García, y A.R. Fernández-Alba (Eds), pp 35-85. Instituto de Estudios Almerienses; Almería, España.
- Hyams, D.G. 2010. CurveExpert software. [Consultado 20 Julio 2018]. Disponible en: <http://www.curveexpert.net>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (INEGI). 2017. Anuario Estadístico y Geográfico de Michoacán de Ocampo. [Consultado 20 Julio 2018]. Disponible en: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2017/702825092092.pdf
- Martínez, G. M., Gil, G. M. D., Rodríguez, L. J. A., López, L. T., y Martínez, V. J. L. 2003. Dissipation of pyrethroid residues in peppers, zucchinis, and green beans exposed to field treatments in greenhouses: evaluation by decline curves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51: 5745-5751.
- Morphet, J. y Hancock, P. 2008. A rapid method for the screening and confirmation of over 400 pesticides residues in food. [Consultado 20 Diciembre 2018]. Disponible en: <https://www.waters.com/webassets/cms/library/docs/720002628en.pdf>
- Norma Oficial Mexicana NOM-232-SSA1-2009, Plaguicidas: que establece los requisitos del envase, embalaje y etiquetado de productos grado técnico y para uso agrícola, forestal, pecuario, jardinería, urbano, industrial y doméstico. 2010. [Consultado 25 Enero 2019]. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5139018&fecha=13/04/2010
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (FAO). 2019. Codex Alimentarius. Límites máximos de residuos. [Consultado 25 Febrero 2019].

Disponible en: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/maximum-residue-limits/es/>

Sánchez, J., Ettiene, G., Buscema, I. y Medina, D. 2005. Persistencia de los Insecticidas Organofosforados Malathion y Chlorpiryphos en Guayaba (*Psidium guajava* L.). Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ). 22: 62-71.

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad, y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). 2010. Lineamientos generales para la operación y certificación de Sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación en la producción primaria de vegetales. [Consultado 25 Febrero 2019]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/380338/Anexo_T_cnico_1._V.2._Agosto_2018.pdf

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2018. Atlas agroalimentario 2012-2018. [Consultado 22 Febrero 2019]. Disponible en: https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018

Volke H., V., Camacho B. R., Sánchez G. P., Rebollar A. A., y Ruíz R. F. 2012. Manual de producción de guayaba en la región oriente de Michoacán. Sistema Producto Guayaba, Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce, A.C., Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México, México. 105 p.

Cuadro 1. Características de los sitios de ensayos

Table 1. Characteristics of the test sites

Sitio	Coordenadas	Altitud sobre el nivel del mar	Distancia con respecto a
Parcela 1	19°16'01.1"N 100°26'03.2"W	1420 m	Parcela 2: 2.79 km Parcela 3: 2.52 km
Parcela 2	19°17'29.7"N 100°26'17.2"W	1305 m	Parcela 1: 2.79 km Parcela 3: 771.74 m
Parcela 3	19°17'22.0"N 100°25'52.1"W	1330 m	Parcela 1: 2.52 km Parcela 2: 771.74 m

Cuadro 2. Gasto promedio de la mezcla y volumen sobrante.

Table 2. Average use of the mixture and surplus volume

Sitio del ensayo	Gasto promedio por árbol (L*)	Volumen de la mezcla sobrante (L*)
Parcela 1	1.586	2.150
Parcela 2	1.609	2.080
Parcela 3	1.576	2.180

*L = litros

Cuadro 3. Número de frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) var. 'media china' y peso de las muestras tomadasTable 3. Number of guava fruits (*Psidium guajava* L.) var. 'Media China' and weight of the samples taken

Tiempo	Parcela 1				Parcela 2				Parcela 3			
	Tratado		Testigo		Tratado		Testigo		Tratado		Testigo	
	No. frutos	Peso (kg)										
0	30	1.3	53	1.3	57	1.3	50	1.4	49	1.3	122	1.3
1	32	1.4	60	1.4	43	1.2	52	1.4	92	1.5	82	1.2
2	47	1.4	52	1.4	45	1.3	83	1.3	92	1.5	110	1.2
3	39	1.3	45	1.4	50	1.3	54	1.3	114	1.5	141	1.5
4	19	1.3	38	1.3	49	1.3	55	1.3	92	1.4	127	1.3
5	25	1.3	20	1.3	26	1.4	25	1.3	95	1.5	108	1.5

Cuadro 4. Registro de condiciones ambientales durante la toma de muestras en el municipio de Juárez, Michoacán, México

Table 4. Record of environmental conditions during sampling in the municipality of Juárez, Michoacán, México

Día	Temperatura* (°C)	Humedad Relativa* (%)
0 **	31.0	25
1	28.9	22
3	27.1	20
5	28.6	22
7	23.7	67
14	34.8	37

* Datos tomados con termo higrómetro RadioShack No. Cat. 63-1032

** Día de la aplicación

Cuadro 5. Condiciones instrumentales del cromatógrafo para la identificación de cipermetrina en guayaba

Table 5. Instrumental conditions of the chromatograph for the identification of cypermethrin in guava

Condiciones del horno			
Sistema:	Agilent 7890 B GC		
Temperatura del horno:	Velocidad	Temperatura	Duración
		60 °C	1
	40 °C/min	170 °C	0
	10 °C/min	310 °C	3
Tiempo de corrida:	25 minutos		
Condiciones de inyección			
Tipo de inyector:	Multi-Mode Inlet (MMI)		
Liner:	Ultra Inert Inlet Liner 2mm dimpled, splitless		
Modo de inyección:	Solvent Vent		
Vol. De inyección:	2 uL (jeringa 10 uL)		
Temperatura de Inyección:	Velocidad	Temperatura	Duración
		60 °C	0,2
	600 °C/min	330 °C	0
Flujo de purga del split vent:	50 mL/min a 1.5 min		
Flujo de venteo:	100 mL/min		
Presión de venteo	5 psi hasta 0.04 min		
Gas ahorrador:	20 mL/min a 5 min		
Flujo de purga septa:	3 mL/min		
Enfriamiento de aire:	Encendido a 200 °C		
Condiciones de columna			
Gas acarreador:	Helio BIP		
Columna 1:	Agilent HP-5MS UI 15 m x 0.25 mm, 0.25 um configurado de MMI a Aux EPC 4 He		

Columna 2:	Agilent HP-5MS UI 15 m x 0.25 mm, 0.25 um configurado deAux EPC 4 He a SMD
Flujo de columna 1:	1.07 mL/min
Flujo de columna 2:	1.4 mL/min
Condiciones de detector	
Sistema MS:	Agilent 7000C Triple Quadrupole GC-MS/MS
Ionización:	EI
Voltaje de ionización:	70 eV
Temperatura de la fuente de ionización:	230 °C
Temperatura de cuadrupolo:	150 °C
Temperatura de interfase:	300 °C
Duración del solvente:	3.75 min
Flujo de Gas He:	2.25 mL/min
Flujo de Gas de colisión N2:	1.5 mL/min
Ganancia:	10
Adquisición:	MRM
Resolución MS1/ MS2:	Unit
Dwell time:	115 ms

Cuadro 6. Tiempos de retención y transiciones para la identificación de cipermetrina en guayaba

Table 6. Retention times and transitions for the identification of cypermethrin in guava

Tiempo de retención	Cypermethrin 1 = 16.297 Cypermethrin 2 = 16.390 Cypermethrin 3 = 16.467 Cypermethrin 4 = 16.498
Transiciones	Cuantificación 163.0>127.0 Confirmación 181.0>152.1
Límite de cuantificación	0.0097 ug/mL
Límite de detección	0.0038 ug/mL
Porcentaje de recuperación	Cypermethrin 1 = 102 % Cypermethrin 2 = 102 % Cypermethrin 3 = 103 % Cypermethrin 4 = 98 %

Cuadro 7. Valor de las constantes del modelo de mejor ajuste
 Table 7. Value of the constants of the best fit model

Constante	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
a	8.51E-02	8.55E-02	5.27E-02
b	5.11E+08	-2.19E-04	2.54E-01
c	2.08E+09	-2.40E-01	2.15E-01
d	3.21E+08	2.55E-02	1.45E-01

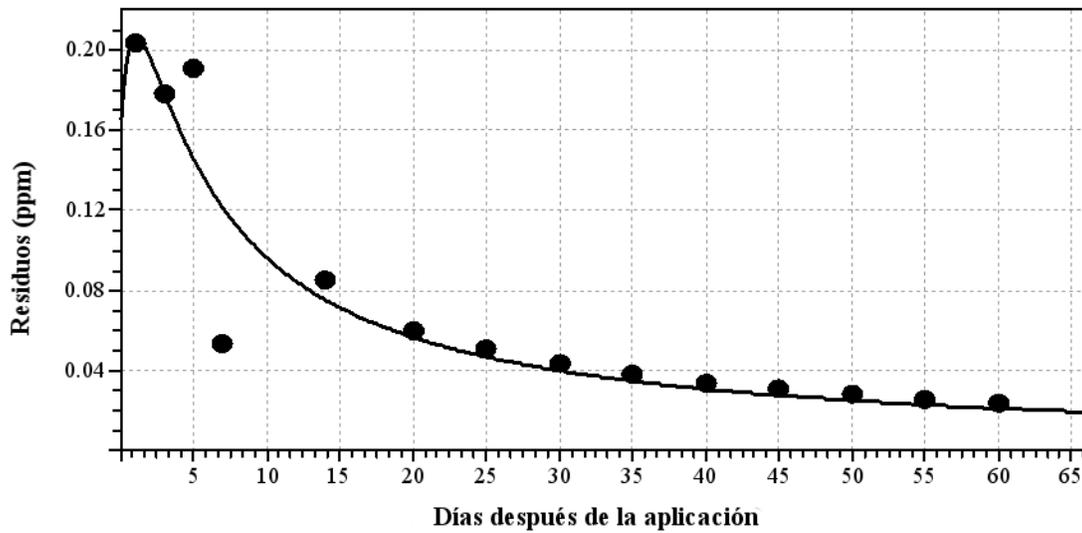


Figura 1. Curva de residuos de cipermetrina en guayaba (*Psidium guajava* L.) var. Media China en la parcela 1. Error estándar: 0.02477. Coeficiente de correlación: 0.94522.

Figure 1. Curve of cypermethrin residues in guava (*Psidium guajava* L.) var. Media China in plot 1. Standard error: 0.02477. Correlation coefficient: 0.94522.

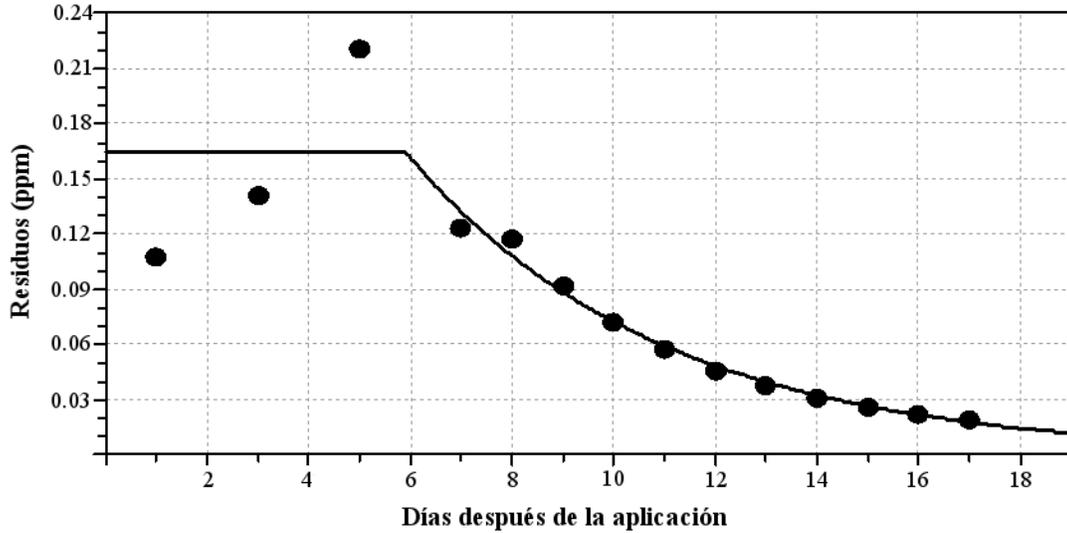


Figura 2. Curva de residuos de cipermetrina en guayaba (*Psidium guajava* L.) var. Media China en la parcela 2. Error estándar: 0.02654. Coeficiente de correlación: 0.9266.

Figure 2. Curve of cypermethrin residues in guava (*Psidium guajava* L.) var. Media China in plot 2. Standard error: 0.02654. Correlation coefficient: 0.9266.

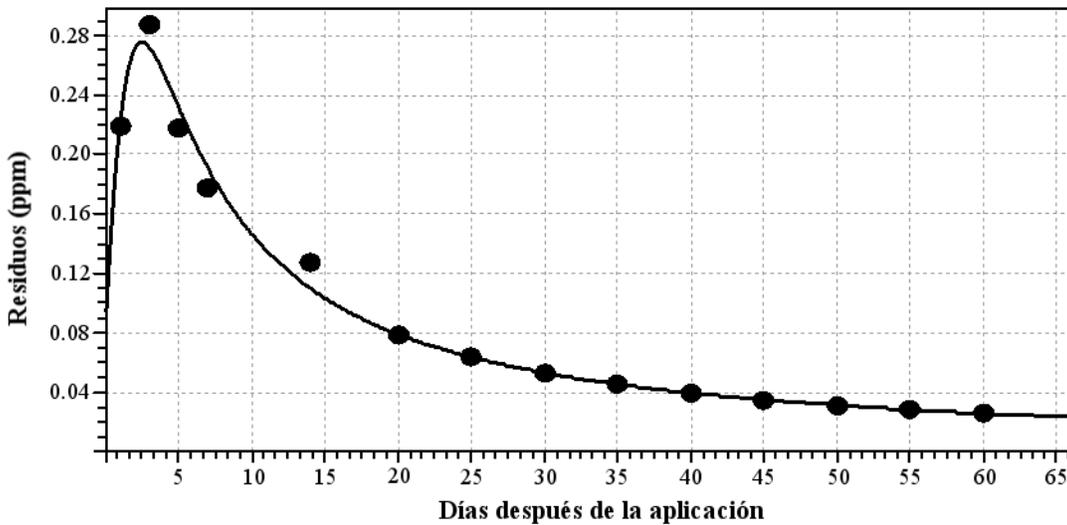


Figura 3. Curva de residuos de cipermetrina en guayaba (*Psidium guajava* L.) var. Media China en la parcela 3. Error estándar: 0.00913. Coeficiente de correlación: 0.99539.

Figure 3. Curve of cypermethrin residues in guava (*Psidium guajava* L.) var. Media China in plot 3. Standard error: 0.00913. Correlation coefficient: 0.99539.

CONCLUSIONES GENERALES

El uso de insecticidas para controlar las plagas debe realizarse de forma responsable para no afectar a la salud de las personas que los aplican, la salud de las personas que consumimos los productos tratados y no afectar su comercialización. Es importante respetar las especificaciones establecidas en la etiqueta del plaguicida y un elemento a considerar es el intervalo de seguridad, es decir, el tiempo que deberá transcurrir entre la última aplicación del insecticida y la cosecha del fruto. En esta investigación se estimó que el intervalo de seguridad en días, entre la última aplicación de cipermetrina y la cosecha de guayaba es de 35 días, siempre que se utilice la dosis de 625 mL de producto comercial (21.42 %), Concentrado Emulsionable, en 500 L de agua por hectárea, con una sola aplicación foliar.