

Uso y manejo de plaguicidas en diferentes sistemas de producción de fresa en México

Jesús Antonio Salazar Magallón¹ - Carlos Eduardo Somoza Vargas² - Beatriz Pérez Armendáriz³

Mauricio Velásquez Soriano⁴ - Gerardo Torres García⁵ - Arturo Huerta de la Peña⁶

Luis Daniel Ortega Martínez^{7}*

Recepción: 24/05/2017

Aceptación: 16/08/2017

Resumen

Se evaluó el uso y manejo de plaguicidas de distintos sistemas de producción en los Estados de Puebla y Tlaxcala, México. La metodología utilizada fue descriptiva, cualitativa y cuantitativa. Se entrevistó a informantes clave, los cuales representaron una superficie de cultivo promedio de 2000 m². Se caracterizaron cinco sistemas de producción diferenciados por las tecnologías empleadas como riego localizado, sistema hidropónico y suelo con acolchado plástico, así como por el cultivo bajo condiciones de invernadero y libre exposición.

Los resultados muestran que el 100% de los productores y jornaleros utilizan plaguicidas; los empleados con mayor frecuencia son clasificados como poco probable de presentar riesgo agudo en uso normal. Los años de escolaridad presentaron una correlación altamente significativa ($p \leq 0.01$) con el empleo de plaguicidas de origen natural. Todos los entrevistados no utilizan equipo completo de protección personal y solo el 20% manifestó síntomas de intoxicación.

Palabras clave: conductas de uso, exposición laboral, plagas, fresas, sistemas de producción.

Abstract

The use and management of pesticides of different production systems were evaluated in Puebla and Tlaxcala States, Mexico. The methodology used was descriptive, qualitative and quantitative. Key informants were interviewed, who represented an average growing area of 2000 m² and five production systems were characterized and were distinguished by the applied technology like irrigation system, hydroponic system and plastic padding soil as well as by growing under greenhouse condition and free exposure.

The results show that 100% of the products and day laborers use pesticides. The employees are frequently classified as less unlikely to present acute risk in normal use. The years of schooling showed a highly significant correlation ($p \leq 0.01$) with the usage of pesticides from natural origin. The interviewees do not use complete personal protection equipment and just the 20% manifested poisoning symptoms.

Key words: usage behavior, occupational exposure, pests, strawberries, production systems.

1. Doctor en Ciencias Naturales con especialidad en Biotecnología, Investigador, Facultad de Ciencias Biotecnológicas, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México; email: jesusantonio.salazar@upaep.mx

2. Ingeniero Agrónomo, Investigador, Facultad de Biotecnología, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México; email: carlooseduardo.somoza@upaep.edu.mx

3. Doctora en Ciencias con especialidad en Biotecnología, Directora, Facultad de Biotecnología, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México; email: beatriz.perez@upaep.mx

4. Máster en Dirección Estratégica de Empresas, Decano, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Católica de El Salvador, El Salvador; email: mauricio.velasquez@catolica.edu.sv

5. Doctor en Ciencias, Representante técnico, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, México; email: gerardo.torres@ciad.mx

6. Doctor en Ciencias en Protección de Cultivos con especialidad en Control Biológico de Plagas, Profesor-Investigador asociado, Colegio de Posgraduados, Campus Puebla, México; email: arturohp@colpos.mx

7. Doctor en estrategias para el desarrollo agrícola, Consultor-Investigador, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México; email: luisdaniel.ortega@upaep.mx * Autor para correspondencia



1. Introducción

La fresa (*Fragaria x ananassa Duch.*) es un cultivo de alto valor económico que se produce en campo abierto e invernadero, empleando sistemas de producción orgánicos y convencionales en los que se utilizan distintas tecnologías como macro y microtúneles, sustratos, acolchados y sistemas hidropónicos (Medellín *et al.*, 2013; Rubio *et al.*, 2014).

La fresa es un fruto no climatérico, altamente perecedero, susceptible a daños mecánicos, pérdidas de agua, deterioro fisiológico y microbiológico, lo que ocasiona la disminución en rendimiento y calidad comercial (Ruiz y Piedrahíta, 2012). Entre los principales problemas que los productores enfrentan durante la producción destacan las plagas y enfermedades, para su control se recurre a diferentes estrategias como el control biológico y extractos vegetales (Fan *et al.*, 2009; Zong *et al.*, 2010; Mekbib *et al.*, 2011; Quezada, 2012); no obstante, esta estrategia carece de una respuesta clara, lo que se traduce en una falta de credibilidad de los agricultores (Milagrosa *et al.*, 2010). De la misma forma se utilizan diferentes plaguicidas de síntesis química (Muiño *et al.*, 2007; Aular y Casares, 2011) como bencimidazoles, dicarboximidas, anilino pirimidinas y carboxamidas (Russel, 2004), Pyraclostrobin más Epoxiconazole (Ayala *et al.*, 2014). Sin embargo, en varios países se ha considerado a la fresa como uno

de los productos agrícolas más contaminados por residuos de plaguicidas, y se ha indicado que su consumo puede constituir una importante ruta de exposición a una variedad de principios activos, incluyendo compuestos organoclorados (Fernandes *et al.*, 2011; Vogt *et al.*, 2012; Muñoz *et al.*, 2014).

Un adecuado conocimiento del uso y manejo de los plaguicidas empleados en los sistemas de producción es un requisito básico, que constituye un elemento fundamental para orientar y estructurar estrategias que contribuyan a optimizar el uso de estos compuestos, sentando las bases para futuros estudios de evaluación de los efectos de estos productos en la salud humana y los ecosistemas. Además, para aportar información para las autoridades sanitarias y reguladoras que puedan intensificar esfuerzos en la capacitación y la actualización permanente del personal técnico, jornaleros y agricultores, así como fortalecer acciones de prevención y educación hacia la comunidad.

Por las razones expuestas, el objetivo del presente trabajo fue analizar, el uso y manejo de plaguicidas en diferentes sistemas de producción de fresa en los estados de Puebla y Tlaxcala, México.

2. Materiales y Métodos

La investigación se llevó a cabo en los municipios de Zacatlán: O 97°40 - O 98°00 / N 19°45

- N 20°00: 2040msnm; Huejotzingo: O 98°20 - O 98°40/N 19°00 - N 19°15: 2274msnm; Cholula: 19°03'N 98°18'O: 2100msnm y Atlixco: O 98°20 - O 98°40 / N 18°45 - N 19°00: 1035msnm del estado de Puebla, y el municipio de Ixtenco: 19°15'00"N 97°53'00"O: 2542msnm del estado de Tlaxcala (INEGI, 2014-2015).

La selección de los productores se basó en el inventario de invernaderos del estado de Puebla, (SAGARPA, 2008) y para su localización se empleó el método de muestreo “bola de nieve”, en donde se sitúan algunos individuos de la población y estos conducen a otros. Este método facilita la localización así como la creación de un vínculo de confianza que de otra forma habrían sido de difícil acceso (Crespo y Salamanca, 2007).

La información para el estudio se obtuvo empleando entrevistas semiestructuradas (investigación cualitativa); asimismo se implantó el uso del cuestionario aplicado (investigación cuantitativa) a cada productor por separado, el cual contenía preguntas cerradas y abiertas para facilitar la expresión de la opinión de los productores.

Se optó por basar la recolección de información sobre el último ciclo de cultivo que los productores hubiesen completado, esto para facilitar la adquisición de datos de recientes acontecimientos y situaciones que los mismos hubieran enfrentado. También, para facilitar las respuestas de los productores y tener da-

tos de su actual realidad. Los datos obtenidos se analizaron con el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences); para medir las variables cuantitativas se utilizaron medidas de tendencia central y de correlación de Spearman.

3. Resultados y Discusión

Características de la población en estudio

La población en estudio consistió en 33 personas, de las cuales seis fueron informantes clave (productores de fresa), quienes mencionaron emplear un promedio de 2.3 jornales por cada 1000m², cuatro horas de trabajo diarias. El 100% de ellos pertenecía al sexo masculino, con un rango de edad de 26 a 60 años; y una desviación estándar de trece con promedio de 17.8 años de escolaridad; sabían leer y escribir. Todos los encuestados (100%) refirieron utilizar y manipular plaguicidas y solo el 50% realizaba actividades económicas distintas al invernadero, principalmente en el sector primario.

Características de los sistemas de producción

El 60% de los encuestados produce fresa bajo condiciones de invernadero en una superficie promedio de 2000m²; el resto de ellos lo realiza a libre exposición. Los sistemas de producción evaluados se clasificaron según sus componentes y tecnologías empleadas en el cultivo, (ver tabla 1).



Tabla 1. Sistemas de producción de fresa encontrados en los estados de Puebla y Tlaxcala

Sistema	Hidroponía con sustrato	Invernadero	Sistema de riego por goteo	Suelo con acolchado plástico	Plaguicidas y fertilizantes químicos	Plaguicidas y fertilizantes de origen natural
A			X	X	X	
B	X		X		X	
C		X	X	X	X	
D	X	X	X		X	
E		X	X	X		X

Fuente: Elaboración propia con información de campo.

Plaguicidas utilizados durante el ciclo agrícola de producción 2016

Los plaguicidas empleados con mayor frecuencia son los clasificados como poco probable de presentar riesgo agudo en uso normal, seguidos de los moderadamente peligrosos, según la clasificación de peligrosidad de WHO (2009) (Tabla 2). El tipo de

plaguicida más utilizado es el insecticida, así como extractos vegetales y microorganismos, principalmente para el control y eliminación de *Bemisia tabaci* (mosquita blanca), debido a que el 100% de los informantes mencionaron que esta es la principal plaga.

Tabla 2. Plaguicidas utilizados en los diferentes sistemas de producción de fresa

Sistema de cultivo en suelo bajo condiciones de invernadero		
Ingrediente activo	Tipo	Clasificación de peligrosidad
Argemonina, Berberina Ricinina, A-Terthienyl	I	IV
Cipermetrina	I	III
Hidróxido cúprico	F	II
Agrimec, Abamectina	I	III
Baytroid, Cyflutrin	I	III
Ciantraniliprol	I	III
Clorotalonil, Tetracloroisoflato-nitrilo	F	II
Cymoxanil+hidroxico cúprico	F	II
Dimetomorf	F	II

Sistema de cultivo hidropónico en invernadero		
Ingrediente activo	Tipo	Clasificación de peligrosidad
Oxamil: S-metil N',N'-dimetil-N-(metilcarbamoiloxi)-1-tio-oxamimidato	I	IV
Imidacloprid: (E)-1-(6-cloro-3-piridilmetil)-N-nitroimidazolidin-2-ilidenamina	I	IV
Alga marina eklonia máxima, Ácido indol-3-butírico (4-(1 H-indol-3-yl) butyric acid)	Fi	
Metalaxil: N-(metoxiacetil)-N-(2,6-xilil)-DL-alaninato + Mancozeb: Manganeso ethylenebis (dithiocarbamate) (polymeric) complejo con sal de zinc	F	IV
Carbendazim: Metilbenzimidazol-2-il carbamato	F	III
Metilen bistiocianato + 2- tiociantametiltio	B	II
Polisacaridos y MOs	Fi	I
Extractos halogenados		I
Quillaja		I
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	ME	I
Sistema de cultivo hidropónico a campo abierto		
Ingrediente activo	Tipo	Clasificación de peligrosidad
Extracto de ajo	PO	I
Metarhizium	ME	I
<i>Bacillus subtilis</i> QST 713	ME	I
Dióxido de cloro	D	II
Extracto alcohólico de mimosa + Quercus		I
Extracto de <i>Larrea tridentata</i> L.	PO	I
Flonicamid	I	III
Suelo con acolchado plástico campo abierto		
Ingrediente activo	Tipo	Clasificación de peligrosidad
Mancozeb	F	IV
Rhizobac combi	BiF	I
Insecticidas orgánicos	PO	I
Ácido Fosfórico		
Lixiviado de Lombriz	PO	I
Sistema de producción Orgánica en Suelo		
Ingrediente activo	Tipo	Clasificación de peligrosidad
Hidróxido de Calcio		I
<i>Metarhizium anisopliae</i>	ME	I
Extractos Vegetales	PO	I



Sistema de producción Orgánica en Suelo		
Ingrediente activo	Tipo	Clasificación de peligrosidad
<i>Trichoderma spp</i>	ME	I
Micorrizas	PO	I
Humus de lombriz	PO	I
<i>Trichoderma harzarium</i> , Cepa T-22.	ME	I
Harina de pescado	PO	I
Amino-ácidos	Fi	I
Ácidos húmicos y fúlvicos	Fi	I
<i>Beauveria bassiana</i>	ME	I
Larvicidas hechos a base de <i>Bacillus Thuringensis</i>	ME	I
<i>Bacillus subtilis</i> y <i>linqueniforme</i>	ME	I
<i>Lactobacilus</i>	PO	I

Nota: Según WHO (2009), la clasificación de peligrosidad: Ia= extremadamente peligroso, Ib= altamente peligroso, II= moderadamente peligroso, III= ligeramente peligroso, U= poco probable que presente riesgo agudo en uso normal. Mecanismo de acción: C= contacto, S= sistémico, I= ingestión, H= inhalación.

Fuente: Elaboración propia con información de campo.

El 100% de los encuestados utiliza plaguicidas para el control de insectos, siendo el grupo químico más aplicado el de los carbamatos y ditiocarbamatos, seguido de los compuestos de cobre, piretroides, entre otros. Asimismo, utilizan extractos vegetales y de diferentes microorganismos, principalmente hongos entomopatógenos, (ver Tabla 3).

Los plaguicidas de mayor grado de peligrosidad son empleados en sistema D; asimismo, el productor refirió como grado máximo de

estudios a nivel de secundaria (9 años de escolaridad); mientras que los restantes sistemas de producción utilizan plaguicidas, a excepción del E. Por otro lado, la edad es un factor a considerar en el uso de plaguicidas y la elección del sistema de producción, ya que existe una correlación altamente significativa entre el uso de plaguicidas de origen natural y la edad de los productores (Figura 1) (ver Tabla 4).

Tabla 3. Ingrediente activo, fórmula y grupo químico de principales plaguicidas empleados en sistemas de producción de fresa

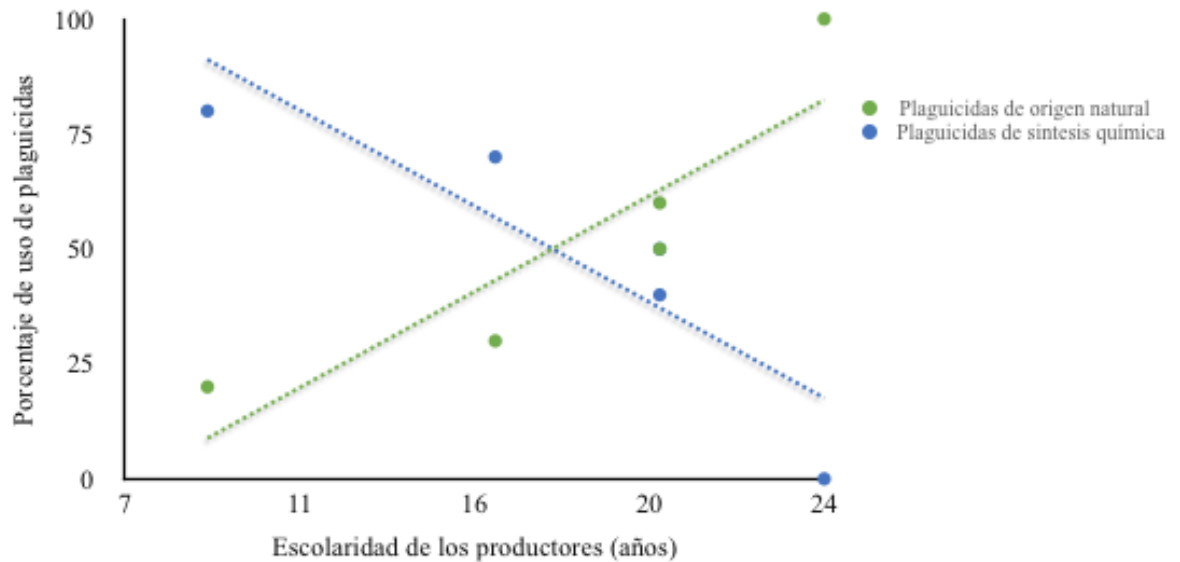
Ingrediente activo	Fórmula química	Grupo químico
Sistema de cultivo en suelo bajo condiciones de invernadero		
Argemonina, Berberina Ricinina, A-Terthienyl	N/A	Insecticida botánico
Cipermetrina	$C_{22}H_{19}C_{12}NO_3$	Piretroide
Hidróxido cúprico	$Cu(OH)_2$	Cúpricos
Agrimec, Abamectina	$C_{48}H_{72}O_{14}$ (B1a) + $C_{47}H_{70}O_{14}$ (B1b)	Avermectinas, lactona macrocíclica
Baytroid, Cyflutrin	$C_{22}H_{18}C_{12}FNO_3$	Piretroide
Ciantraniliprol	$C_{19}H_{14}BrC_1N_6O_2$	Diamidas Antranílicas
Clorotalonil, Tetracloroisofaltonitrilo	$C_8C_{14}N_2$	Cloronitrilos
Cymoxanil+hidroxico cúprico	$C_7H_{10}N_4O_3 + CU(OH)_2$	Cianoacetamida oxima + Cúprico
Dimetomorf	$C_{21}H_{22}C_1NO_4$	Morfolina, Clorado.
Sistema de cultivo hidropónico en invernadero		
Oxamil: S-metil N',N'-dimetil-N-(metilcarbamoiloxi)-1-tio-oxamimidato	$C_7H_{13}N_3O_3S$	Carbamato
Imidacloprid: (E)-1-(6-cloro-3-piridilmetil) -N-nitroimidazolidin-2-ilidenamina	$C_9H_{10}C_1N_5O_2$	Neonicotinoides
Alga marina eklonia máxima, Ácido indol-3-butírico (4-(1 H-indol-3-yl) butyric acid)	N/A	Producto orgánico
Carbendazim: Metilbenzimidazol-2-il carbamato	$C_9H_9N_3O_2$	Benzimidazole
Metilen bistiocianato + 2-tiociantametiltio	$CH_2(SCN)_2$	
Polisacaridos y MOs	N/A	Producto orgánico
Extractos halogenados	N/A	Átomos de halógeno
Quillaja	N/A	Saponinas
Paecilomyces lilacinus	N/A	Hongo entomopatígeno



Ingrediente activo	Fórmula química	Grupo químico
Sistema de cultivo hidropónico a campo abierto		
Extracto de ajo	N/A	Producto orgánico
Metarhizium	N/A	Hongo entomopatógeno
<i>Bacillus subtilis</i> QST 713	N/A	Bacteria entomopatógena
Dióxido de cloro	Cl_2	
Extracto alcohólico de mimosa + Quercus	N/A	Fungicida bioagrícola
Extracto de <i>Larrea tridentata</i> L.	N/A	Producto orgánico
Flonicamid	$\text{C}_9\text{H}_6\text{F}_3\text{N}_3\text{O}$	Piridinocarboxamidas
Suelo con acolchado plástico campo abierto		
Mancozeb	$\text{C}_8\text{H}_{12}\text{MnN}_4\text{S}_8\text{Zn}$	Ditiocarbamato
Rhizobac combi	N/A	Producto orgánico
Insecticidas orgánicos	N/A	Producto orgánico
Ácido Fosfórico	H_3PO_4	Oxácidos
Lixiviado de Lombriz	N/A	Producto orgánico
Sistema de producción Orgánica en Suelo		
Hidróxido de Calcio	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	
<i>Metarhizium anisopliae</i>	N/A	Hongo entomopatógeno
Extractos Vegetales	N/A	Producto orgánico
<i>Trichoderma spp</i>	N/A	Hongo fungistático
Micorrizas	N/A	Producto orgánico
Humus de lombriz	N/A	Producto orgánico
<i>Trichoderma harzarium</i> , Cepa T-22.	N/A	Hongo fungistático
Harina de pescado	N/A	Producto orgánico
Amino-ácidos	N/A	N/A
Ácidos húmicos y fúlvicos	N/A	Producto orgánico
<i>Beauveria bassiana</i>	N/A	Hongo entomopatógeno
Larvicidas hechos a base de <i>Bacillus Thuringensis</i>	N/A	Bacteria entomopatógena
<i>Bacillus subtilis</i> y linqueniforme	N/A	Bacteria entomopatógena
<i>Lactobacilus</i>	N/A	Producto orgánico

Tabla 4. Escolaridad en años y porcentaje de plaguicidas utilizados en los sistemas de producción

Sistema de producción	Escolaridad en años	Porcentaje de plaguicidas utilizados	
		Orgánicos	Químico
Suelo bajo invernadero	16	30	70
Hidropónico en invernadero	9	20	80
hidropónico a campo abierto	20	50	50
Suelo acolchado a campo abierto	20	60	40
Orgánico en Suelo	24	100	0



	Plaguicidas de origen natural	Plaguicidas de síntesis química
Escolaridad	,894*	-,894*
Orgánicos	1	-1,000**

*. La correlación es significativa en el nivel 0,5.
 **. La correlación es significativa en el nivel 0,1.

Figura 1. Correlación entre el uso de plaguicidas orgánicos y sintéticos con los años de escolaridad $p= 0.05$ 0.01 .



Asistencia técnica

El 100% de los encuestados refirió asistencia técnica en la producción del cultivo; por otro lado, los jornaleros que laboran en sus unidades de producción destinados a la acción de aplicación de plaguicidas, no utiliza el equipo de protección personal completo, el cual consiste en: mascarilla, anteojos, guantes, ropa adecuada y botas (Tabla 4), aumentando el riesgo y las probabilidades de que sufran una intoxicación e inclusive la pérdida de la vida.

El 80% de los jornaleros ingiere líquidos o alimentos en horas laborales y en el sitio del cultivo; a su vez manifestaron no presentar síntomas de intoxicación como vómito, mareos, ronchas y ardor, únicamente 20% manifestó haber presentado cefalea posterior a la aplicación de plaguicidas, aunque no de manera constante, (ver Tabla 5).

El 100% de los encuestados refirió que los jornaleros que laboran en sus unidades de producción no utilizan ropa exclusiva para las aplicaciones de plaguicidas, la cual consiste en un pantalón, camisa o playera de tela común y zapatos. La ropa que utiliza es empleada en varias y constantes ocasiones antes de ser lavada. El 80% de los encuestados no se cambia de ropa posterior a la aplicación; y cuando ésta se lava no se hace por separado de otras prendas personales e incluso familiares. Además, no se lavan los equipos de protección como guantes, cubre bocas, botas, entre otros. Asimismo, refirieron no reingresar al invernadero o área de cultivo antes de tres horas para continuar con labores agronómicas.

Por otra parte, el 100% de los jornaleros ingresa a las labores antes de las doce horas posteriores a la aplicación; también entran otras personas ajenas para realizar activida-

Tabla 5. Indicadores de uso y manejo de plaguicidas

Variable	Porcentaje
Lee la recomendación del uso del plaguicidas	80
Emplea equipo de protección completa	0
Utiliza ropa exclusiva para la aplicación de plaguicidas	0
Acostumbra cambiar de ropa después de la aplicación	0
Baño posterior al uso de plaguicidas	20
Después de la aplicación lava las prendas de protección	80
Lava por separado la ropa que utiliza en la aplicación	0
Ingresa al área de cultivo antes de 12 horas posteriores a la aplicación de plaguicidas	100
Ingresa al área de cultivo antes de tres horas posteriores a la aplicación de plaguicidas	100
Intoxicación con plaguicidas	20
Síntomas de intoxicación posterior a utilizar plaguicidas	50
Consume el producto que cultiva	100

des de la producción de fresa, o entran personas que no están involucradas en las labores de cultivo.

Almacenamiento de plaguicidas

En el almacenamiento de los plaguicidas, el 100% de los productores lo hace en instalaciones ajenas al área del sistema de cultivo: un 20% lo hace en su casa y el restante en bodegas, aunque esta última no sea única y especial para los plaguicidas. El 100% de los productores mencionó no tener sobrantes de plaguicidas, pues utilizan las dosis exactas para cubrir su cultivo; sin embargo, cuando no utilizan el total de producto, este es guardado en su envase original, botellas de PET o bolsas de plástico. Los envases vacíos son recolectados por el servicio de limpieza sin el tratamiento previo y adecuado por el productor.

La producción de fresa es una actividad reciente en la zona de estudio. Los productores implementan distintas tecnologías como invernaderos, sistemas de riego y producción; resultados similares a éstos fueron obtenidos por Ortega *et al.* (2014), no obstante, la actividad se desarrolló con el uso intensivo de plaguicidas. Estas observaciones también coincidieron con las reportadas en otros estudios (Dara *et al.*, 2016; Surendra *et al.*, 2016; Michał *et al.*, 2015).

En lo que se refiere a los resultados obtenidos, en el cultivo de fresa con los diferentes

sistemas de producción, existe una similitud en los distintos grupos químicos con lo reportado por Pérez *et al.* (2015). Esto muestra que la alta incidencia de plagas y en específico de la mosquita blanca en las fresas son combatidas por los productores por una amplia diversidad de agroquímicos, incrementando el riesgo a la exposición y posiblemente de dejar residuos.

En este sentido, en este trabajo observamos tres aspectos relevantes a considerar: la tecnología empleada para la producción, el manejo agronómico del cultivo y las características agroclimáticas de la zona de estudio, que influyen en la selección de los agroquímicos. Cabe destacar, sin embargo, que los productores emplean extractos vegetales y control biológico en todos los sistemas a pesar de que la agricultura orgánica tiene una historia de ser contenciosa, y es considerada por algunos como un enfoque ineficiente para la producción de alimentos, tal y como lo mencionan Reganold *et al.* (2015).

Sin embargo, estudios recientes muestran que la producción de alimentos orgánicos y bebidas es un segmento de mercado en rápido crecimiento dentro de la industria alimentaria mundial, a diferencia de los rendimientos en la producción de orgánica, que es más baja en comparación con la agricultura convencional, con las ventajas de ser más rentables y respetuoso con el medio ambiente. En este



sentido, el cliente recibe alimentos iguales o más nutritivos que contienen menos (o ningún) plaguicida.

Los alimentos orgánicos permiten el uso de plaguicidas de origen natural y control biológico los cuales, aunados al orden y limpieza, logran controlar los umbrales mínimos de daño de plagas en el área de cultivo (Fan *et al.*, 2009; Zong *et al.*, 2010; Mekbib *et al.*, 2011; Quezada, 2012). En lo que respecta a México, Pérez Olvera *et al.* (2011) han reportado que de los controladores de plagas usados, el 6.2% corresponde a los de tipo biológico empleando especies como *Bacillus thuringiensis*, *Trichogramma sp.*, *Isaria fumosorosea* y *Beauveria bassiana*.

En los jornaleros, el uso de plaguicidas puede influir en actividad genotóxica, lo cual constituye un factor de riesgo para la población expuesta, ya que se sabe de la estrecha relación que existe entre daño genotóxico y aparición de enfermedades como el cáncer (Pabuena *et al.*, 2016). En mayor o menor grado, la población humana está inevitablemente expuesta a pesticidas, los cuales contribuyen a la contaminación ambiental por medio de productos degradados en aire, suelo, agua y alimentos; este contacto a largo plazo puede inducir daño en las poblaciones, perturbando órganos, tejidos, sistemas entre otros (Collota *et al.*, 2013).

Las diferencias en los sistemas de producción generan condiciones bióticas y abióticas distintas en el área de cultivo. En los sistemas de invernaderos, las condiciones que se generan en el interior - principalmente altas temperaturas y humedad relativa - potencian la toxicidad de los productos plaguicidas (Palomar, 1993). Las condiciones de temperatura incomodan la utilización del equipo de protección y las medidas preventivas recomendadas para el uso de los plaguicidas, lo que aumenta la exposición a dichas sustancias como lo menciona Ortega *et al.* (2014). Sin embargo, los jornaleros a libre exposición - donde las condiciones ambientales son diferentes al interior del invernadero - no utilizan el equipo de protección completo, exponiéndose a moléculas tóxicas por las vías respiratorias, dérmicas o digestivas, como lo mencionan Gómez, Díaz, Meneses, Villalobos y De León (2000).

Al evaluar a un grupo de trabajadoras en invernadero en la floricultura mexicana expuestas a plaguicidas, de la misma forma Ortega *et al.*, (2017), mencionan el daño genotóxico en jornaleros expuestos a plaguicidas en invernaderos. Sammons *et al.* (2005) indican que la exposición está condicionada por la variabilidad de tiempo de exposición y éste, a su vez, por la superficie del área de cultivo. Para nuestro estudio, un jornal está expuesto laboralmente un promedio de cuatro horas diarias, con diferentes actividades

propias del sistema de cultivo, resultado que difiere de los tiempos de Requena (2009), quien señala que el trabajo por hectárea de invernadero en España puede oscilar entre doce y catorce horas; y con una variabilidad en función de que el trabajador sea fumigador habitual o esporádico.

La disposición, tratamiento y recolección final de los residuos sólidos y biológicos en la zona de estudio coinciden con las acciones mencionadas por Martínez *et al.* (2009); Escobar *et al.* (2011); y Ortega *et al.* (2014), en los estados de Sinaloa, Chiapas y Puebla respectivamente. Es importante enfatizar que los recipientes al ser entregados al servicio de limpia no garantiza el tratamiento especial y los plaguicidas presentes en los plásticos permanecen sin sufrir ningún proceso de degradación, lo que debe tomarse en cuenta a la hora de manipular este material contaminado o disponer los residuos en vertederos, mediante incineración o reciclaje.

5. Referencias

- Aular, J. y Casares, M. (2011). Consideraciones sobre la producción de frutas en Venezuela. *Rev. Bras. Frutic.* 33 (nº espec.), pp.187-198
- Ayala, M.; Almanza; Merchan, J.; Serrano, C. (2014). Efecto de Pyraclostrobin+Epoxiconazole en la producción de fresa (*Fragaria sp.*). *Ciencia y agricultura*, pp. 35-45
- Collotta, M.; Bertazzi, P. A. y Bollati, V. (2013). Epigenetics and pesticides. *Toxicology*, pp 1-7.
- Crespo, C. y Salamanca, C. (2007). El muestreo en la investigación cualitativa. *Revista Nure Investigación*, 27(2), pp.1-4. Kosmalaa. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.nfs.2015.09.001>

4. Conclusiones

El desarrollo de las prácticas agrícolas por parte de los productores de fresa se realizó en cinco sistemas de producción diferenciados por las tecnologías implementadas, que se caracterizan por un uso intensivo y por una gran variedad de plaguicidas. Los años de estudio fueron una variable que influye en el uso de plaguicidas de origen natural y control biológico.

El uso de plaguicidas no sólo afecta al productor o jornaleros que laboran en el área de cultivo y que sufre la mayor exposición, sino también al ambiente y a la población en general. Esto hace necesario instar, desarrollar, implementar y fomentar estrategias enfocadas a la capacitación y concientización, que conlleven a su mejor uso y manejo, así como a nuevas técnicas agrícolas para racionalizar la necesidad de aplicación de los agroquímicos.



- Dara, S. K.; Sandoval-Solis, S. y Peck, D. (2016). Improving Strawberry Irrigation with Micro-Sprinklers and Their Impact on Pest Management. *Agricultural Sciences*, 7(12), p. 859
- Escobar, D.; Caballero, A. y Rendón, V. (2011). Prácticas de utilización para plaguicidas en la localidad Nueva Libertad, La Concordia, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(4), pp. 19-30
- Fan, Y.; Xu, Y.; Wang, D.; Zhang, L.; Sun, J. y Sun, L. 2009. Effect of alginate coating combined with yeast antagonist on strawberry (*Fragaria x ananassa*) preservation quality. *Postharvest Biol.* 58, pp. 84-90
- Fernandes, V.; Domingues, N.; Mateus y Deluere-Matos C. (2011). Organochlorine pesticide residues in strawberries from integrated pest management and organic farming. *J. Agric. Food Chem.* 59(14), pp.7582-7591.
- Gómez, S., Díaz, S., Meneses, P., Villalobos, R. y De León, R., (2000). Cytogenetic biomonitoring in a Mexican floriculture workers group exposed to pesticides. *Mutation Research*, 466(1), pp.117-124. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092552140900060X>
- Martínez-Valenzuela, C., Gómez-Arroyo, S., Villalobos-Pietrini, R., Waliszewski, S., Calderón-Segura, M.E., Félix-Gastélum y R., Álvarez-Torres, A. (2009). Genotoxic biomonitoring of agricultural workers exposed to pesticides in the north of Sinaloa State, Mexico. *Environ. Int.* 35(8), pp. 1155-1159
- Medellín C., L. A. (2013). Evaluación de Materiales para el Acolchado de la Fresa Cultivada Bajo Invernadero. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, [S.l.], v. 9, n. 1, pp. 8-19. ISSN 1900-4699. Recuperado de <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/352>
- Mekbib, S.; Regnier, T. y Korsten, L. (2011). Efficacy and mode of action of yeast 311 antagonists for control of *Penicillium digitatum* in oranges. *Plant Pathol.* 36: 312, pp. 233-240.
- México, Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (2008). *Inventario de invernaderos del estado de Puebla*. Recuperado de <http://www.oedrus-puebla.gob.mx/RID.pdf> 06/02/2010

- Michał, S.; Artur, M.; Piotr S.; Katarzyna Z.; Elżbieta K. y Monika K. (2015). Pesticide residue levels in strawberry processing by-products that are rich in ellagitannins and an assessment of their dietary risk to consumers. Recuperado de <http://doi.org/10.1016/j.nfs.2015.09.001>
- Milagrosa S., F. D.; Cara, M. d.; Camacho, F. y Tello, J. C. (2010). El control biológico de plagas y enfermedades. *Un encuadre crítico*. Cuadernos de 321 estudios agroalimentarios, pp. 61-72
- Muiño, E.; Botta, E.; Pérez, A.; Ballester, D.; Moreno, F.; Rodríguez, E. y Fernández, R. (2007). Sistemas de manejo integrado de plagas como alternativa al uso del bromuro de metilo en la producción de cultivos protegidos, flores y ornamentales. *Boletín Fitosanitario*, 12(1), pp. 1-71
- Muñoz-Quezada, M.; Lucero, B.; Iglesias, V. y Muñoz M. (2014). Vías de exposición a plaguicidas en escolares de la Provincia de Talca, Chile. *Gac. Sanit.* 28(3), pp. 90-195
- Ortega M., L. D.; Martínez V., C.; Waliszewski, S.; Ocampo M., J.; Huichapan M., J.; El Kassis, E.; Soto R., G. y Pérez A., B. (2017). *Nivel tecnológico de invernadero y riesgo para la salud de los jornaleros*
- Pabuena, D.; Ortiz, I.; López, J.; Orozco, L.; Parra, A. Q.; Pardo, E. y Meléndez, I. (2016). Actividad genotóxica inducida por extracto de fresa fumigada con pesticidas en pamplona, norte de santander, Colombia. *Universidad Ciencia y Tecnología*, 19(76)
- Palomar, O. (1993). *Los invernaderos y el medio ambiente* (1ª ed). Almería, España: Cantón
- Pérez, R.; Salas, J. y Amaro, R. (2015). Comparación de dos métodos de extracción para la determinación de pesticidas organoclorados y organofosforados en fresas. *CIENCIA* 23 (3), pp. 158-167, Maracaibo, Venezuela
- Pérez-Olvera, M. A.; Navarro-Garza, H. y Miranda-Cruz, E. (2011). *Use of pesticides for vegetable crops in Mexico*. En: *Pesticides in the Modern World-Pesticides Use and Management* (M. Stoytcheva, Ed.). In Tech, Rijeka, Croacia, pp. 97-118



- Quezada, M. Q. y Patricia, A. (2012). *Evaluación del comportamiento de fungicidas microbio-
lógicos en la prevención de Botritis en el cultivo de fresa (Fragaria 344 Vesca)*. Gestión
de la Producción de Flores y Frutas Andinas para 345 Exportación. (Tesis maestría):
universidad técnica de Ambato
- Reganold, J. P. y Wachter, J. M. (2015). Organic agriculture in the twenty-first century *Nature
plant*. Article number: 15221 | DOI: 10.1038/nplants.2015.221
- Requena, M. (2009). *Estudio andaluz de prevalencia de diversas patologías en áreas con distinto ni-
vel de utilización de plaguicidas* (Tesis de Doctorado). Universidad de Granada: España.
- Rubio, A.; Alfonso, A. M.; Grijalba, C. M. y Pérez, M. M. (2014). *Determinación de los costos de
producción de la fresa cultivada a campo abierto y bajo macrotúnel*. DOI: [https://doi.
org/10.17584/rcch.2014v8i1.2801](https://doi.org/10.17584/rcch.2014v8i1.2801)
- Ruiz, R., Piedrahita, W. (2012). *Manual para el cultivo de frutales en el trópico*. 352 Produme-
dios, editor. Bogota
- Russel, P. (2004). *Sensitivity baselines in fungicide resistance research and 353 management*.
Brussels Gog Magog House.
- Sammons, P. J.; Furukawa, T. y Bulgin, A. (2005). *Autonomous Pesticide Spraying Robot for use
in a Greenhouse*. Paper presented in Australasian Congress Robotics and Automation
Sydney, Australia.
- Surendra K.; Dara, Samuel Sandoval-Solis, David Peck (2016). Improving Strawberry Irriga-
tion with Micro-Sprinklers and Their Impact on Pest Management. *Agricultural Scien-
ces* 07:12, pp. 859-868
- Vogt, R.; Bennett, D.; Cassady, J.; Frost, B.; Ritz y I. Hertz-Picciotto. (2012). Cancer and non-
cancer health effects from food contaminant exposures for children and adults in Ca-
lifornia: a risk assessment. *Env. Health* 11(83), pp. 2-14.
- World Health Organization (2009). *The WHO recommended classification of pesticides by ha-
zard and guidelines to classification*, Stuttgart, Alemannia: World Health Organization.
- Zong, Y.; Liu, J.; Li, B.; Qin, G.; Tian, S. (2010). Effects of yeast antagonists in combination with hot
water treatment on postharvest diseases of tomato fruit. *Biol. Control*. 54, pp. 316-321.