



CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRONÓMICAS Y VETERINARIAS

TESIS

**ESTUDIO DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS Y MICROBIOLÓGICOS  
(*Salmonella spp* Y *Escherichia coli*) EN FRUTAS Y HORTALIZAS  
DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES**

**Presenta**

MARÍA GUADALUPE MARTÍNEZ ALBA

**Para obtener el grado de  
MAESTRA EN CIENCIAS**

**Tutor**

DR. ALBERTO MARGARITO GARCÍA MUNGUÍA

**Comité Tutorial**

DRA. LAURA EUGENIA PÉREZ CABRERA  
DR. ANTONIO DE JESÚS MERÁZ JIMÉNEZ  
M.C. MARIO ALEJANDRO LÓPEZ GUTIÉRREZ

Aguascalientes, Aguascalientes, mayo de 2018



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES

CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRONÓMICAS Y VETERINARIAS

*Tesis*

**ESTUDIO DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS Y MICROBIOLÓGICOS  
(*Salmonella spp* Y *Escherichia coli*) EN FRUTAS Y HORTALIZAS  
DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES**

Presenta

**ING. MARÍA GUADALUPE MARTÍNEZ ALBA**

Para obtener el grado de

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**EL PRESENTE DOCUMENTO FUE REVISADO, PRESENTADO, DEFENDIDO Y  
APROBADO EN EL SEMINARIO/EXAMEN DE GRADO CORRESPONDIENTE**

Tutor

**DR. ALBERTO MARGARITO GARCÍA MUNGUÍA** \_\_\_\_\_

Comité Tutorial

**DRA. LAURA EUGENIA PÉREZ CABRERA** \_\_\_\_\_

**DR. ANTONIO DE JESÚS MERÁZ JIMÉNEZ** \_\_\_\_\_

**M.C. MARIO ALEJANDRO LÓPEZ GUTIÉRREZ** \_\_\_\_\_

Aguascalientes, Aguascalientes, 15 enero de 2018



**AUTORIZACIONES**

**DICTAMEN DE REVISIÓN DE TESIS**

<b>DATOS DEL ESTUDIANTE</b>	
NOMBRE: <b>MARÍA GUADALUPE MARTÍNEZ ALBA</b>	ID (No. de Registro): 139740
PROGRAMA: MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRONÓMICAS Y VETERINARIAS	ÁREA: AGRONÓMICAS
TUTOR/TUTORES: <b>DR. ALBERTO MARGARITO GARCÍA MUNGUÍA DRA. LAURA EUGENIA PÉREZ CABRERA DR. ANTONIO DE JESÚS MERÁZ JIMÉNEZ M.C. MARIO ALEJANDRO LÓPEZ GUTIÉRREZ</b>	
TESIS ( X )	
OBJETIVO: Determinar el estado que guardan los principales productos hortofrutícolas del Estado de Aguascalientes en relación a los requisitos mínimos de inocuidad de acuerdo a lo establecido en las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA'S) y el Buen Uso y Manejo de Agroquímicos (BUMA).	
<b>DICTAMEN</b>	
CONGRUENCIAS CON LAS LGAC DEL PROGRAMA: ( )	
CONGRUENCIA CON LOS CUERPOS ACADÉMICOS: ( )	
CUMPLE CON LAS NORMAS OPERATIVAS: ( )	
COINCIDENCIA DEL OBJETIVO CON EL REGISTRO: ( )	

Aguascalientes, Ags. A \_\_\_\_\_ 11 \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ mayo \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ 20186

**FIRMAS**

**DR. ALBERTO M. GARCÍA MUNGUÍA**

**DR. ANTONIO DE JESÚS MERÁZ J.**

\_\_\_\_\_  
TUTOR

\_\_\_\_\_  
SECRETARIO TÉCNICO DEL POSGRADO



DR. RAÚL ORTÍZ MARTÍNEZ  
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
P R E S E N T E:

Por medio de la presente, tengo a bien informarle que la Ing. **María Guadalupe Martínez Alba**, estudiante de la Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias ha cumplido de manera satisfactoria el proceso de redacción, revisión y correcciones de su tesis titulada "**Estudio de Residuos de Plaguicidas y Microbiológicos (*Salmonella spp* y *Escherichia coli*) en Frutas y Hortalizas del Estado de Aguascalientes**".

Por lo anteriormente mencionado, no tengo inconveniente en otorgar **MI VOTO APROBATORIO** para la impresión del documento y que la Ing. Martínez Alba continúe con el proceso de titulación, así como la programación de la fecha del examen de grado.

ATENTAMENTE

Jesús María, Ags., a 13 de abril de 2018



---

DR. ALBERTO MARGARITO GARCÍA MUNGUÍA  
TUTOR





DR. RAÚL ORTÍZ MARTÍNEZ  
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
P R E S E N T E:

Por medio de la presente, tengo a bien informarle que la **Ing. María Guadalupe Martínez Alba**, estudiante de la Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias ha cumplido de manera satisfactoria el proceso de redacción, revisión y correcciones de su tesis titulada "**Estudio de Residuos de Plaguicidas y Microbiológicos (*Salmonella spp* y *Escherichia coli*) en Frutas y Hortalizas del Estado de Aguascalientes**".

Por lo anteriormente mencionado, no tengo inconveniente en otorgar **MI VOTO APROBATORIO** para la impresión del documento y que la Ing. Martínez Alba continúe con el proceso de titulación, así como la programación de la fecha del examen de grado.

Sin más por el momento, me pongo a su disposición para cualquier aclaración a la presente y le reitero mis más altas consideraciones, así como un cordial saludo.



ATENTAMENTE

*"Se lumen proferre"*

Aguascalientes, Ags. a 13 de abril de 2018

M.C. MARIO ALEJANDRO LÓPEZ GUTIÉRREZ  
TUTOR





DR. RAÚL ORTÍZ MARTÍNEZ  
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
P R E S E N T E:

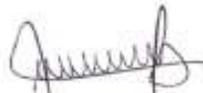
Por medio de la presente, tengo a bien informarle que la **Ing. María Guadalupe Martínez Alba**, estudiante de la Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias ha cumplido de manera satisfactoria el proceso de redacción, revisión y correcciones de su tesis titulada "**Estudio de Residuos de Plaguicidas y Microbiológicos (*Salmonella spp* y *Escherichia coli*) en Frutas y Hortalizas del Estado de Aguascalientes**".

Por lo anteriormente mencionado, no tengo inconveniente en otorgar **MI VOTO APROBATORIO** para la impresión del documento y que la Ing. Martínez Alba continúe con el proceso de titulación, así como la programación de la fecha del examen de grado.

**ATENTAMENTE**

*"Se lumen proferre"*

Jesús María, Ags. a 14 de mayo de 2018



---

DR. ANTONIO DE JESÚS MERÁZ-JIMÉNEZ  
INTEGRANTE DEL COMITÉ TUTORAL





14 de mayo del 2018  
Jesús María, Ags.

**DR. RAÚL ORTÍZ MARTÍNEZ**  
**DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**P R E S E N T E:**

Por este conducto tengo a bien informarle que **MARÍA GUADALUPE MARTÍNEZ ALBA**, estudiante de la Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias ha cumplido de manera satisfactoria el proceso de redacción, revisión y correcciones de su tesis titulada "**Estudio de Residuos de Plaguicidas y Microbiológicos (*Salmonella spp* y *Escherichia coli*) en Frutas y Hortalizas del Estado de Aguascalientes**".

Por lo anterior no tengo inconveniente en otorgar **MI VOTO APROBATORIO** para la impresión del documento y continuar con el proceso de titulación y programación del examen de grado.



**DRA. LAURA EUGENIA PÉREZ CABRERA**  
**INTEGRANTE DEL COMITÉ TUTORAL**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES

CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

OF. NO. CCA-D-11-15-059-18

Dra. en Admón. María del Carmen Martínez Serna  
Directora General de Investigación y Posgrado  
**PRESENTE.**

Por medio de la presente me permito comunicarle a usted que la tesis titulada "Estudio De Residuos de Plaguicidas y Microbiológicos (Salmonella spp y Escherichia coli) en Frutas y Hortalizas del Estado de Aguascalientes", de la alumna **MARÍA GUADALUPE MARTÍNEZ ALBA**, egresada de la Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias, respeta las normas y lineamientos establecidos institucionalmente para su elaboración y su autor cuenta con el voto aprobatorio de su tutor y comité tutorial.

Sin más por el momento aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
Jesús María, Ags., 18 de Mayo del 2018  
"SE LUMEN PROFERRE"

Dr. Raúl Ortiz Martínez  
Decano del Centro



✓c.c.p. Jefa del Departamento de Control Escolar  
c.c.p. Sección de Certificados y Títulos  
c.c.p. Secretario Técnico  
c.c.p. Estudiante  
c.c.p. Archivo

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Aguascalientes, por el espacio brindado para realizar los estudios de maestría.

Al Dr. Alberto Margarito García Munguía, por su confianza, apoyo y asesoría para la realización del trabajo de investigación.

Al M.C. Mario Alejandro López Gutiérrez, por su apoyo incondicional desde mi licenciatura, por su amistad, tiempo y orientación para la realización de este trabajo.

A la Dra. Laura Eugenia Pérez Cabrera, por la confianza depositada, y dedicación para concluir este trabajo.

Al Dr. Antonio de Jesús Meráz Jiménez, por su apoyo y asesoría para la realización de este trabajo.

Al Ing. Antonio Rodolfo Rogel Delgado, por el apoyo brindado para la realización de esta investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo financiero para la realización de este trabajo de investigación.

Al Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Aguascalientes (CESVA), por las facilidades e información brindada para la realización de este trabajo de investigación.

Al Laboratorio Grupo Integral de Servicios Fitosanitarios ENA S.A. de C.V. "GISENA"; por todas las facilidades prestadas para esta investigación.

## DEDICATORIAS

Mi más sincero agradecimiento a Don Reata y Doña Veneno.

Mi querido Hueso. Y a la amistad más sincera... Mate.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS .....	7
ÍNDICE DE FIGURAS .....	8
RESUMEN .....	9
ABSTRACT .....	10
I. INTRODUCCIÓN .....	11
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
III. HIPÓTESIS .....	14
IV. OBJETIVOS.....	14
V. JUSTIFICACIÓN.....	15
VI. MARCO TEÓRICO .....	16
VII. MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	43
IX. CONCLUSIONES .....	61
X. BIBLIOGRAFÍA.....	63
XI. ANEXOS.....	69

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Límites permisibles de características bacteriológicas en agua.....	19
Cuadro 2. Características físicas y organolépticas en agua.....	19
Cuadro 3. Límites permisibles de características químicas en agua.....	20
Cuadro 4. Límites permisibles de características radiactivas en agua.....	21
Cuadro 5. Grado de envenenamiento por plaguicidas y sus síntomas.....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Alertas en Productos Agrícolas Mexicanos Exportados.....	12
Figura 2. Principales países consumidores de plaguicidas.....	27
Figura 3. Uso de plaguicidas por cultivo en México.....	28
Figura 4. Porcentaje de Plaguicidas y sus Niveles de Toxicidad Registrados en México.....	28
Figura 5. Gráfica de municipios y cultivos muestreados.....	35
Figura 6. Porcentaje de frutas y hortalizas con residuos de plaguicidas.....	42
Figura 7. Plaguicidas detectados autorizados por el Codex Alimentarius.....	43
Figura 8. Número de plaguicidas detectados por muestra.....	44
Figura 9. Tipo de plaguicidas detectados por cultivo.....	45
Figura 10. Categoría toxicológica de los plaguicidas detectados.....	45
Figura 11. Número de plaguicidas detectados y no autorizados por la legislación mexicana.....	46
Figura 12. Plaguicidas detectados e ingrediente activo en el producto guayaba..	49
Figura 13. Plaguicidas detectados y grupo químico en el producto guayaba.....	49
Figura 14. Plaguicidas detectados e ingrediente activo en el producto tomate.....	50
Figura 15. Tipo de plaguicidas y grupos químicos detectados en tomate.....	51
Figura 16. Plaguicidas detectados e ingrediente activo en el producto chile.....	52
Figura 17. Plaguicidas detectados y grupos químicos en el producto chile.....	53
Figura 18. Plaguicidas detectados e ingrediente activo en el producto chile.....	54
Figura 19. Plaguicidas detectados y grupos químicos en el producto chile.....	54
Figura 20. Plaguicidas detectados e ingrediente activo en el producto fresa.....	56
Figura 21. Plaguicidas detectados y grupos químicos en el producto fresa.....	56
Figura 22. Resultados de análisis de colinesterasa.....	58

## RESUMEN

Los alimentos de origen agrícola constituyen una de las fuentes de alimentación más importantes para los seres humanos. A través de ellos las personas obtienen nutrientes esenciales indispensables que favorecen su salud y mejoran su calidad de vida personal. Cuando estos alimentos se encuentran contaminados con agentes de origen biológico, químico y/o físico, la salud humana puede verse afectada, sobre todo en aquellas personas consideradas dentro de la población sensible. Los plaguicidas extremadamente tóxicos suelen ser los de mayor impacto en la salud de los aplicadores y en el medio ambiente; es por ello, que se recomienda a los supervisores de campo realizar monitoreo de plagas y enfermedades desde el momento de trasplantación en hortalizas y de manera continua en los frutales. Una Certificación en materia de inocuidad es la validación de la adopción de Buenas Prácticas Agrícolas; más no la garantía de la erradicación de posibles Enfermedades Transmitidas por Alimentos. Es por ello, que el objetivo de este estudio fue determinar con los resultados obtenidos, el estado que guardan los principales productos hortofrutícolas del Estado de Aguascalientes. Se realizó un análisis microbiológico y análisis de residuos de plaguicidas en 117 muestras; obteniendo que el 77% dieron positivo para residuos de plaguicidas en los productos guayaba, tomate, chile, nopal y fresa. A su vez, el 100% de las muestras dieron Ausente para *Salmonella spp* y *Escherichia coli*. Lo anterior refleja la necesidad de implementar de manera oportuna un Buen Uso y Manejo de Agroquímicos (BUMA).

**Palabras clave:** inocuidad, alimentos, plaguicidas, BUMA, BPA's.

## ABSTRACT

Food of agricultural origin is one of the most important food sources for human beings. Through them people obtain essential essential nutrients that promote their health and improve their quality of personal life. When these foods are contaminated with agents of biological, chemical and / or physical origin, human health can be affected, especially in those considered to be within the sensitive population. Extremely toxic pesticides tend to have the greatest impact on the health of applicators and the environment; For this reason, it is recommended that field supervisors monitor pests and diseases from the moment of transplanting in vegetables and continuously in fruit trees. A Certification in the matter of innocuousness is the validation of the adoption of Good Agricultural Practices; but not the guarantee of the eradication of possible diseases transmitted by food. For this reason, the objective of this study was to determine, with the results obtained, the state of the main fruit and vegetable products of the State of Aguascalientes. A microbiological analysis and analysis of pesticide residues was performed in 117 samples; obtaining that 77% tested positive for pesticide residues in guava, tomato, chili, cactus and strawberry products. In turn, 100% of the samples gave Absent for *Salmonella* spp and *Escherichia coli*. This reflects the need to implement in a timely manner a Good Use and Management of Agrochemicals (BUMA).

**Keywords:** The innocuous, food, pesticide, BUMA, BPA's.

## I. INTRODUCCIÓN

Los Alimentos de origen agrícola constituyen una de las fuentes de alimentación más importantes para los seres humanos. A través de ellos se pueden obtener nutrientes esenciales indispensables que favorecen su salud y mejoran la calidad de vida personal. Cuando estos alimentos se encuentran contaminados con agentes de origen biológico, químico y/o físico, la salud humana puede verse afectada, sobre todo en aquellas personas consideradas sensibles dentro de la población (Arce, 2002).

Durante los últimos años, autoridades sanitarias de diversos países han reforzado su sistema de vigilancia de productos agrícolas para consumo en fresco, o como materia prima para productos procesados, que ingresan a su territorio con la finalidad de detectar oportunamente la presencia de contaminantes de tipo biológico, químico y físico, constituyendo los residuos agroquímicos, *Salmonella spp* y *Escherichia Coli* como los principales contaminantes identificados en algunos de los productos rechazados (SENASICA, 2010).

Los productos involucrados en situaciones de esta naturaleza observan restricciones a su libre comercialización las cuales se manifiestan desde el retiro del mercado, suspensiones temporales, revisiones exhaustivas al producto y marca, entre otras. La prevención de la contaminación constituye la acción básica central para reducir los riesgos de contaminación, lo cual se logra a través de la aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA'S) cuyas acciones puntuales y diseñadas acorde a las condiciones productivas permite actuar sobre el origen y/o el medio de contaminación específico (SENASICA, 2010).

Tomando en cuenta que las frutas y hortalizas para consumo en fresco forman parte esencial de la dieta humana y además pueden estar asociados con la transmisión de microorganismos patógenos y desarrollo de enfermedades cancerígenas. Por lo que en esta investigación se evaluó la calidad microbiológica

(*Salmonella spp* y *Escherichia coli*) y presencia de residuos de plaguicidas en las principales frutas y hortalizas producidas en el Estado de Aguascalientes, México.



## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El consumo de productos agrícolas frescos trae consigo una preocupación, dado que normalmente se consumen crudos, y no son sometidos a un tratamiento letal como la cocción que elimine los microorganismos presentes (Larrea, 1998).

En el año 2014 la FDA de Estados Unidos de América, emitió 155 Alertas (Productos exportados que han violado o potencialmente podrían violar la Ley de Alimentos, Medicamentos y Cosméticos de los E.U.A., que permite detener la entrada, sin examinar físicamente y proteger a los consumidores de dicho país, de productos inseguros), de las cuales 150 fueron por detección de contaminantes químicos y 5 por contaminantes biológicos (Figura 1).



Figura 1. Alertas en Productos Agrícolas Mexicanos Exportados. Fuente: SENASICA 2014.

SENASICA en el año 2014 destaca que uno de los productos que ocasionó este tipo de alertas fue el cultivo de chile verde por la presencia de 14 plaguicidas, (carbendazim, permetrina, monocrotopos, entre otros) en cultivo de exportación, en el cual estuvieron 56 empresas mexicanas involucradas. Lo anterior dio lugar a un riesgo latente de cierre de frontera y alerta de importación. En el cultivo de aguacate, se detectó la presencia de residuos de acefato y metamidofos en contenedores de exportación a Japón. Lo que provocó el monitoreo al 100 % de los contenedores antes de su ingreso a ese país. Y el riesgo latente de cierre de frontera en la próxima temporada de exportación.

### **III. HIPÓTESIS**

Los principales productos hortofrutícolas del Estado de Aguascalientes presentan *Salmonella spp.*, *Escherichia coli* y/o residuos de las principales moléculas químicas utilizadas como plaguicidas.

### **IV. OBJETIVOS**

#### **4.2.1. Objetivo general**

Determinar la calidad microbiológica y presencia de residuos de plaguicidas en las principales frutas y hortalizas producidas en el Estado de Aguascalientes, México en los últimos 2 años en relación a los requisitos mínimos de inocuidad de acuerdo a lo establecido en las Legislaciones Mexicanas competentes y el Codex Alimentarius.

#### **4.2.2. Objetivos específicos**

- Identificar mediante un muestreo y análisis de los principales productos hortofrutícolas producidos en el Estado de Aguascalientes la presencia o ausencia de *Salmonella spp.* Y *Escherichia coli*, así como residuos de plaguicidas mediante metodologías certificadas.

- Caracterizar la distribución por municipio y en que productos agrícolas del estado de Aguascalientes se tiene un mayor número de presencia de residuos de plaguicidas y microbiológicos en productos para consumo en fresco.
- Determinar el impacto a la salud en los aplicadores de plaguicidas, con análisis de colinesterasa.

## V. JUSTIFICACIÓN

El Atlas Agroalimentario (2015), menciona que se cultivaron 22.2 millones de hectáreas, donde alrededor de 6 millones de personas prepararon y cosecharon la tierra. Se menciona que 39.9% de los productos que se exportan en México, son de origen agrícola, teniendo liderazgo en mercados internacionales en la exportación de jitomate, aguacate, limón, fresa, chile y pepino y con un potencial crecimiento en la exportación de calabacita, sandía, cebolla y frambuesa.

En México la inocuidad agroalimentaria es vigilada por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) a través del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) y la Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). En dichas dependencias se regulan los plaguicidas agrícolas y se vigilan las Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA's) por causa de agentes microbiológicos como la *Salmonella spp* y *Escherichia coli*.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) a través del Codex Alimentarius en 2017, establece alrededor de 345 documentos, en los cuáles se incluyen normas, códigos de prácticas, límites máximos de residuos y directrices. La implementación de dichas normatividades a nivel mundial, son de manera voluntaria; los países deciden su implementación o

el rechazo de las mismas, donde México acepta la implementación de dichas normas.

## **VI. MARCO TEÓRICO**

### **6.1 ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS (ETA'S)**

El consumo de frutas y hortalizas es vital para la salud humana puesto que poseen innumerables propiedades alimenticias, son fuente inagotable de vitaminas, minerales, fibra y energía (García, *et al.*, 2002); y pueden contribuir de alguna forma con la prevención de enfermedades cardiovasculares y gastrointestinales.

Sin embargo, por sus características físicas y de cultivo, estos productos están expuestos a contaminación de tipo biológica y química, constituyendo un riesgo para la adquisición de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA'S) (Arce, *et al.*, 2002). Los principales microorganismos patógenos involucrados en brotes de ETA'S son *Escherichia coli*, *Salmonella spp* y *Listeria monocytogenes* (Larrea, 1998).

### **6.2 AGENTES MICROBIOLÓGICOS EN ALIMENTOS PARA CONSUMO EN FRESCO**

#### **6.2.1 *Escherichia coli***

*Escherichia coli* (*E. coli*) fue descubierto en 1885 por el Dr. Theodor Escherich, durante su investigación sobre bacterias en las deposiciones de los niños. Desde su descubrimiento, *E. coli* ha sido el caballo de batalla de los bacteriólogos (Bell y Kyriakides, 1998).

La industria alimentaria reconoce la importancia del organismo y desde los primeros años de la década de 1900 ha sido utilizado como indicador de contaminación fecal en el agua y en la leche. Hoy día, la inclusión de *E. coli* en muchas especificaciones de los productos alimenticios también reconoce su valor como indicador del estado higiénico del alimento (Bell y Kyriakides, 1998).

Aunque aceptado universalmente como patógeno transmitido por los alimentos, es solamente en los últimos años cuando la industria alimentaria ha vuelto a centrar su atención en *E. coli* como causa de morbilidad y mortalidad importantes en los brotes de enfermedad transmitida por alimentos (Bell y Kyriakides, 1998). *E. coli* se encuentra habitualmente en ambientes externos (tierra y agua) que han resultado afectados por la actividad humana y animal, y la presencia de *E. coli* en las redes de suministros de agua ha sido utilizada durante muchas décadas como indicadora de contaminación fecal del agua (Topley y Wilson, 1994).

El carácter universal de *E. coli* hace inevitable que la mayoría de las materias primas estén contaminadas por el organismo, aunque con frecuencia en un nivel bajo. Los alimentos crudos que incluyen las carnes, la leche y las hortalizas, alguna que otra vez estarán contaminados con tipos de *E. coli* capaces de causar infección humana (Bell y Kyriakides, 1998).

Por otro lado, también son presentados peligros de contaminación a los productos agrícolas, por parte de los trabajadores del campo, donde son aportadas instalaciones de higienización insuficientes y donde se importe poco o ningún entrenamiento en cuanto a la necesidad de normas básicas de higiene. Es esencial que los trabajadores del campo comprendan su papel para controlar la inocuidad de estos productos aun en el caso de que este entrenamiento suponga un poco más que un estudio básico antes del primer trabajo en campo. Naturalmente, la provisión de servicios higiénicos de campo es esencial lo mismo que sirve de poca ayuda proporcionar al pueblo el conocimiento de cómo mantener las normas de higiene sin proporcionarles las instalaciones para ello (Bell y Kyriakides, 1998).

Los productos cultivados en condiciones controladas sin la aplicación de abono natural y usando un suministro de agua potable ofrecen la mejor oportunidad para

reducir al mínimo la posibilidad de contaminación fecal de la materia prima (Bell y Kyriakides, 1998).

### **6.2.2 *Salmonella* spp**

Las bacterias *Salmonella* spp. viven en el tracto intestinal de animales sanos, principalmente, aves de corral, ganado vacuno y porcino, y animales domésticos (tortugas, perros, gatos, roedores) sin provocar problemas para su salud. En el medio ambiente (heces), esta bacteria sobrevive durante mucho tiempo debido a su gran resistencia a la baja actividad de agua. Asimismo, puede permanecer viable en productos ricos en proteínas y grasas (Schiller y Sellin, 2010).

Cuando las bacterias *Salmonella* pasan de los animales hospedadores a los alimentos derivados (carne, huevos, leche) es capaz de multiplicarse a una velocidad muy elevada, ya que puede duplicar su número cada 15 o 20 minutos si la temperatura es elevada (superior a 20° C), y más significativamente, si la temperatura ambiente supera los 30°C, ya que su temperatura óptima de crecimiento es de 30-37°C (Schiller y Sellin, 2010).

Si los alimentos no se refrigeran rápidamente (el límite de crecimiento está en 6° C el micro organismo se multiplica, con el consiguiente riesgo de contaminar los alimentos. Por tanto, temperatura y tiempo son dos factores claves en el desarrollo de la *Salmonella* (Schiller y Sellin, 2010).

## **6.3 LEGISLACIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL EN INOCUIDAD AGROALIMENTARIA**

### **6.3.1 Ley Federal de Sanidad Vegetal**

La presente Ley es de observancia general en todo el territorio nacional y tiene por objeto regular y promover, la sanidad vegetal, así como la aplicación, verificación y certificación de los sistemas de reducción de riesgos de contaminación física, química y microbiológica en la producción primaria de

vegetales. Sus disposiciones son de orden público e interés social (Ley Federal de Sanidad Vegetal, 2011).

La regulación en materia de sistemas de reducción de riesgos de contaminación tiene como finalidad, promover, verificar y certificar las actividades efectuadas en la producción primaria de vegetales encaminadas a evitar su contaminación por agentes físicos, químicos o microbiológicos, a través de la aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas y el uso y manejo adecuados de insumos utilizados en el control de plagas (Ley Federal de Sanidad Vegetal, 2011).

Es por ello, que en los Sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación se considera como fundamento legal el Artículo 47-A de esta Ley. La Secretaría determina mediante normas oficiales mexicanas y demás disposiciones legales aplicables en materia de reducción de riesgos de contaminación, las medidas que habrán de aplicarse en la producción primaria de vegetales, sin perjuicio de las atribuciones que les correspondan a las autoridades sanitarias en materia de salubridad general. Las disposiciones previstas en este Artículo tendrán como finalidad entre otras:

- I. Normar, verificar y certificar los sistemas de reducción de riesgos de contaminación física, química y microbiológica durante la producción primaria de vegetales
- II. Constatar y certificar el cumplimiento de BPA's
- III. Establecer los estándares de reducción de riesgos de contaminación durante la producción primaria de los vegetales
- IV. Regular en lo relativo a la reducción de riesgos de contaminación en la producción primaria de los vegetales (Ley Federal de Sanidad Vegetal, 2011).

**6.3.2 NOM-127-SSA1-1994 MODIFICADA**

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano, que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que la distribuya, en todo el territorio nacional (NOM-127-SSA1-1994 Modificada). El apartado 4 establece los límites permisibles de calidad del agua; haciendo mención de las características microbiológicas. En el apartado 4.1.1 se hace referencia del contenido de organismos resultante del examen de una muestra simple de agua, el cuál debe ajustarse a lo establecido en el cuadro 1.

Cuadro 1. Límites permisibles de características bacteriológicas en agua.

<b>CARACTERISTICA</b>	<b>LIMITE PERMISIBLE</b>
Organismos coliformes totales	Ausencia o No Detectables
<i>E. coli</i> o coliformes fecales u organismos termo tolerantes	Ausencia o No Detectables

El agua abastecida por el sistema de distribución no debe contener *E. coli* o coliformes fecales u organismos termo tolerantes en ninguna muestra de 100 ml. Los organismos coliformes totales no deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml; en sistemas de abastecimiento de localidades con una población mayor de 50 000 habitantes; estos organismos deberán estar ausentes en el 95% de las muestras tomadas en un mismo sitio de la red de distribución, durante un periodo de doce meses de un mismo año (NOM-127-SSA1-1994 Modificada).

En el cuadro 2 se hace referencia a los límites permisibles de características físicas y organolépticas; las cuales deberán ajustarse a lo establecido en el cuadro 2.

Cuadro 2. Características físicas y organolépticas en agua.

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Color	20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto.
Olor y Sabor	Agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultado de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método

En el cuadro 3 se hace referencia a los límites permisibles de características químicas. El contenido de constituyentes químicos deberá ajustarse a lo establecido en el cuadro 3. Los límites se expresan en mg/l, excepto cuando se indique otra unidad.

Cuadro 3. Límites permisibles de características químicas en agua.

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Aluminio	0.20
Arsénico (Nota 2)	0.05
Bario	0.70
Cadmio	0.005
Cianuros (como CN-)	0.07
Cloro residual libre	0.2-1.50
Cloruros (como Cl-)	250.00
Cobre	2.00
Cromo total	0.05
Dureza total (como CaCO3)	500.00
Fenoles o compuestos fenólicos	0.3
Fierro	0.30
Fluoruros (como F-)	1.50
Hidrocarburos aromáticos en microgramos/l:	
Benceno	10.00

Etilbenceno	300.00
Tolueno	700.00
Xileno (tres isómeros)	500.00
Manganeso	0.15
Mercurio	0.001
Nitratos (como N)	10.00
Nitritos (como N)	1.00
Nitrógeno amoniacal (como N)	0.50
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	6.5-8.5
Plaguicidas en microgramos/l:	
Aldrín y dieldrín (separados o combinados)	0.03
Clordano (total de isómeros)	0.20
DDT (total de isómeros)	1.00
Gamma-HCH (lindano)	2.00
Hexaclorobenceno	1.00
Heptacloro y epóxido de heptacloro	0.03
Metoxicloro	20.00
2,4 – D	30.00
Plomo	0.01
Sodio	200.00
Sólidos disueltos totales	1000.00
Sulfatos (como SO <sub>4</sub> =)	400.00
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	0.50
Trihalometanos totales	0.20
Yodo residual libre	0.2-0.5
Zinc	5.00

El cuadro 4 hace referencia a los límites permisibles de características radiactivas. El contenido de constituyentes radiactivos deberá ajustarse a lo establecido en dicho cuadro. Los límites se expresan en Bq/l (Becquerel por litro).

Cuadro 4. Límites permisibles de características radiactivas en agua.

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE Bq/l
Radiactividad alfa global	0.56
Radiactividad beta global	1.85

En el caso de contingencia, resultado de la presencia de sustancias especificadas o no especificadas en el apartado 4, las autoridades locales, la Comisión Nacional del Agua, los responsables del abastecimiento y los particulares, instituciones públicas o empresas privadas, involucrados en la contingencia, deben coordinarse con la autoridad sanitaria competente, para determinar las acciones que se deben realizar con relación al abastecimiento de agua a la población (NOM-127-SSA1-1994 Modificada).

### 6.3.3 NOM-251-SSA1-2009

Esta Norma Oficial Mexicana establece los requisitos mínimos de buenas prácticas de higiene que deben observarse en el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios y sus materias primas a fin de evitar su contaminación a lo largo de su proceso (NOM-251-SSA1-2009).

A continuación, se hace mención de las disposiciones generales (puntos en específico) relacionadas con la producción e inocuidad primaria de alimentos:

1. Los establecimientos deben contar con instalaciones que eviten la contaminación de las materias primas, alimentos, bebidas o suplementos alimenticios (NOM-251-SSA1-2009).
2. Los equipos deben ser instalados en forma tal que el espacio entre ellos mismos, la pared, el techo y piso, permita su limpieza y desinfección.
3. Debe disponerse de agua potable, así como de instalaciones apropiadas para su almacenamiento y distribución.
4. Las condiciones de almacenamiento deben ser adecuadas al tipo de materia prima, alimentos, bebidas o suplementos alimenticios que se

manejen. Se debe contar con controles que prevengan la contaminación de los productos (NOM-251-SSA1-2009).

5. Los equipos de refrigeración se deben mantener a una temperatura máxima de 7°C.
6. Se debe evitar la contaminación cruzada entre la materia prima, producto en elaboración y producto terminado (NOM-251-SSA1-2009).
7. Debe excluirse de cualquier operación en la que pueda contaminar al producto, a cualquier persona que presente signos como: tos frecuente, secreción nasal, diarrea, vómito, fiebre, ictericia o lesiones en áreas corporales que entren en contacto directo con los alimentos, bebidas o suplementos alimenticios. Solo podrá reincorporarse a sus actividades hasta que se encuentre sana o estos signos hayan desaparecido.
8. El personal debe presentarse aseado al área de trabajo, con ropa y calzado limpios.
9. Los alimentos, bebidas o suplementos alimenticios, deben ser transportados en condiciones que eviten su contaminación.
10. Todo el personal que opere en las áreas de producción o elaboración debe capacitarse en las buenas prácticas de higiene, por lo menos una vez al año.

#### **6.3.4 SISTEMA DE ANALISIS DE PELIGROS Y DE PUNTOS CRITICOS DE CONTROL (HACCP)**

El sistema de HACCP, que tiene fundamentos científicos y carácter sistemático, permite identificar peligros específicos y medidas para su control con el fin de garantizar la inocuidad de los alimentos. Es un instrumento para evaluar los peligros y establecer sistemas de control que se centran en la prevención en lugar de basarse principalmente en el ensayo del producto final. Todo sistema de HACCP es susceptible de cambios que pueden derivar de los avances en el diseño del equipo, los procedimientos de elaboración o el sector tecnológico (NOM-251-SSA1-2009).

La finalidad del sistema de HACCP es que el control se centre en los puntos críticos de control (PCC). En el caso de que se identifique un peligro que debe controlarse, pero no se encuentre ningún PCC, deberá considerarse la posibilidad de rediseñar la operación (NOM-251-SSA1-2009).

El sistema de HACCP deberá aplicarse a cada operación concreta por separado. Puede darse el caso de que los PCC identificados en un cierto ejemplo de algún código de prácticas de higiene del Codex no sean los únicos que se determinan para una aplicación concreta, o que sean de naturaleza diferente. Cuando se introduzca alguna modificación en el producto, en el proceso o en cualquier fase, será necesario examinar la aplicación del sistema de HACCP y realizar los cambios oportunos (NOM-251-SSA1-2009).

### **6.3.5 ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRÍCULTURA (FAO)**

En relación con la inocuidad agroalimentaria la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura en acuerdo con diferentes naciones; adopta los siguientes objetivos: (FAO, 2017).

- Fortalecimiento de marcos reglamentarios para el control de alimentos nacionales, y aumento de la participación de los países miembros en el Codex.
- Prestación de asesoramiento científico independiente a través de los organismos de expertos del JECFA y la JEMRA a fin de prestar apoyo a la labor de establecimiento de normas del Codex.
- Mejora de la gestión de la inocuidad de los alimentos a lo largo de las cadenas de alimentos para evitar enfermedades e interrupciones en el comercio.
- Fomento de la preparación para afrontar situaciones de emergencia relacionadas con la inocuidad de los alimentos con objeto de crear cadenas agroalimentarias resilientes.

- Elaboración de plataformas en línea para crear una red mundial, bases de datos para el intercambio de información y herramientas para sustentar la gestión de la inocuidad de los alimentos (FAO, 2017).

### **6.3.6 CODEX ALIMENTARIUS**

La finalidad del CODEX ALIMENTARIUS es garantizar alimentos inocuos y de calidad a todas las personas y en cualquier lugar. El comercio internacional de alimentos existe desde hace miles de años, pero, hasta no hace mucho, los alimentos se producían, vendían y consumían en el ámbito local. Durante el último siglo, la cantidad de alimentos comercializados a nivel internacional ha crecido exponencialmente y, hoy en día, una cantidad y variedad de alimentos antes nunca imaginada circula por todo el planeta (Codex Alimentarius, 2017).

El CODEX ALIMENTARIUS contribuye, a través de sus normas, directrices y códigos de prácticas alimentarias internacionales, a la inocuidad, la calidad y la equidad en el comercio internacional de alimentos. Los consumidores pueden confiar en que los productos alimentarios que compran son inocuos y de calidad y los importadores en que los alimentos que han encargado se ajustan a sus especificaciones (Codex Alimentarius, 2017).

El hecho de que existan referencias a las normas sobre inocuidad alimentaria del Codex en el Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias significa que el Codex tiene implicaciones de gran alcance para la resolución de diferencias comerciales. Se puede exigir a los miembros de la Organización Mundial del Comercio que justifiquen científicamente su intención de aplicar medidas más estrictas que las establecidas por el Codex en lo relativo a la inocuidad de los alimentos (Codex Alimentarius, 2017).

Los miembros del Codex abarcan el 99% de la población mundial. Cada vez más países en desarrollo forman parte activa en el proceso del Codex, en muchos

casos con el apoyo del Fondo fiduciario del Codex, que se esfuerza por proporcionar financiación y capacitación a los participantes de dichos países a fin de hacer posible una colaboración eficaz. El hecho de ser miembro activo del Codex ayuda a los países a competir en los complejos mercados mundiales y a mejorar la inocuidad alimentaria para su propia población. Paralelamente, los exportadores saben lo que demandan los importadores, los cuales, a su vez, están protegidos frente a las remesas que no cumplan las normas (Codex Alimentarius, 2017).

#### **6.4 PLAGUICIDAS**

Como se mencionó anteriormente, los alimentos de origen vegetal también están expuestos a contaminantes químicos; siendo principalmente los plaguicidas. La aparición de plaguicidas a partir de los años 60, cambió totalmente el sistema de control de plagas y enfermedades. Fundamentalmente debido a su elevado rendimiento y su fácil modo de aplicación, su empleo indiscriminado derivó en problemas de resistencia que convertían en inocuos los agroquímicos que anteriormente habían mostrado ser eficaces (Albert, 1997).

Todo ello llevó a un aumento de las dosis empleadas o a la mezcla de varios agroquímicos, con el consecuente deterioro para el ambiente y la salud de los consumidores, debido al elevado contenido de residuos de plaguicidas que presentaban los productos vegetales tratados (Albert, 1997).

Los plaguicidas son un grupo muy numeroso de sustancias utilizadas para el control de enfermedades y organismos considerados plagas, la definición que la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), le da a los plaguicidas para los fines del Codex Alimentarius es la siguiente: *“cualquier sustancia destinada a prevenir, destruir, atraer, repeler o combatir cualquier plaga; incluidas las especies indeseadas de plantas o animales, durante la producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de alimentos, productos*

*agrícolas o alimentos para animales, o que pueda administrarse a los animales para combatir ectoparásitos”.* El término incluye las sustancias destinadas a utilizarse como reguladores del crecimiento de las plantas, defoliantes, desecantes, agentes para reducir la densidad de fruta o inhibidores de la germinación, y las sustancias aplicadas a los cultivos antes o después de la cosecha para proteger el producto contra la deterioración durante el almacenamiento y transporte. El término no incluye normalmente los fertilizantes, nutrientes de origen vegetal o animal, aditivos alimentarios, ni medicamentos para animales (Castillo y Wesseling, 1987).

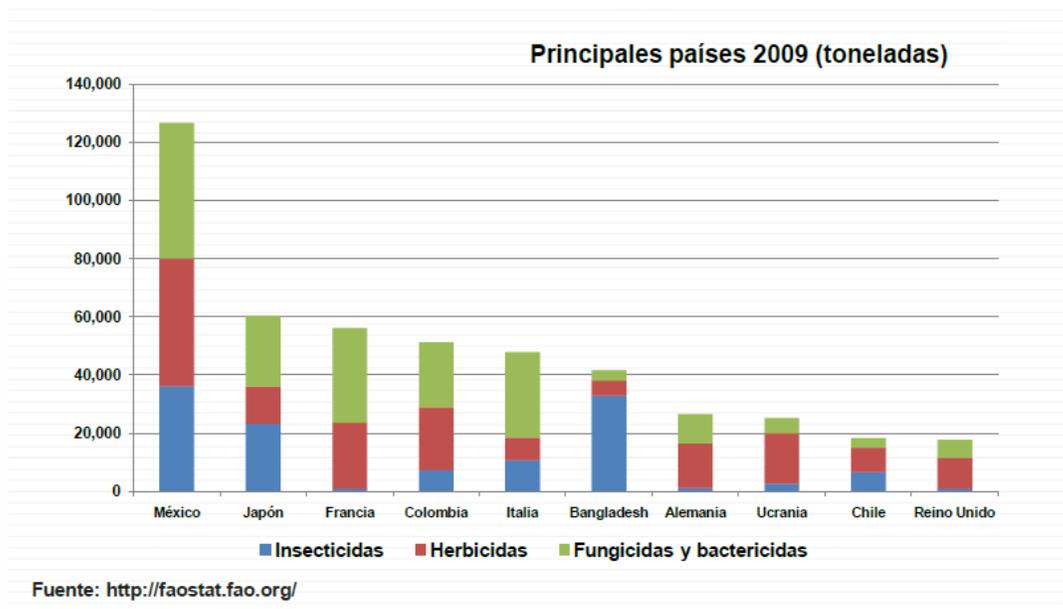
#### **6.4.1 REGULACIÓN DE LOS PLAGUICIDAS**

A raíz de estas problemáticas ambientales y velando por el derecho de los seres humanos a la vida y a un ambiente saludable, se han generado una serie de convenios internacionales para la regulación o eliminación de los plaguicidas. Entre estos destacan: El Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO/OMS 2010), Protocolo de Montreal sobre las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono (PNUMA 2006), Convenio de Rotterdam sobre el procedimiento de consentimiento fundamentado previo aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos objetos de comercio internacional (PNUMA/FAO 1998). Convenio Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes COPs (PNUMA 2001), Convenio de Basilea para el control de movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación (PNUMA, 1993), los convenios de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) sobre el uso de productos químicos y la seguridad y salud en la agricultura, entre otros (OIT 2010).

#### **6.4.2 USO DE PLAGUICIDAS A NIVEL MUNDIAL**

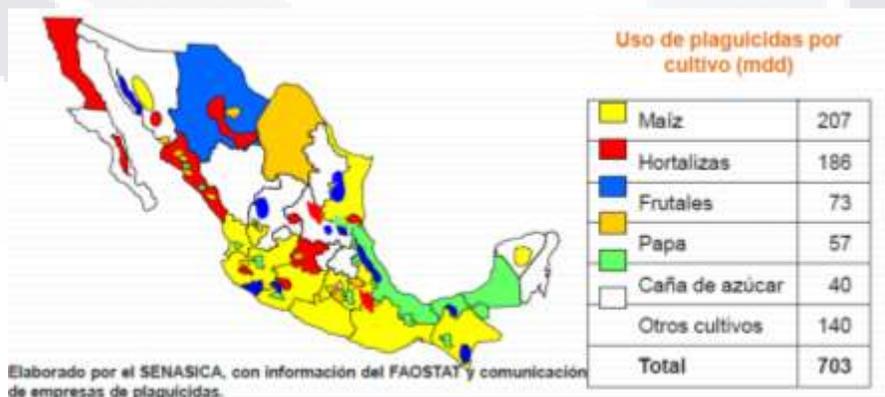
En 2009 el mercado de plaguicidas agrícolas en México fue aproximadamente de 700 millones de dólares; el crecimiento promedio anual en los últimos cinco años

ha sido de 5%. Siendo México es uno de los principales consumidores de plaguicidas; como se muestra la Figura 2.



**Figura 2. Principales países consumidores de plaguicidas. FUENTE: FAO (2010)**

En México el cultivo de maíz es el más demandante en el consumo de plaguicidas, seguido por las hortalizas y frutales; lo que activa y foco de alarma, pues dichos productos en su mayoría son para consumo en fresco (SENASICA 2015). En la Figura 3 se muestran los principales productos agrícolas demandantes de plaguicidas.



**Figura 3. Uso de plaguicidas por cultivo en México. FUENTE: SENASICA (2015)**

#### 6.4.2.1 PLAGUICIDAS REGISTRADOS EN MÉXICO

Los plaguicidas registrados en México ante la COFEPRIS (2011), aproximadamente el 90% eran de origen químico y el 10% de origen biológico. Afortunadamente, de ese 90% solamente el 4% son considerados extremadamente tóxicos (como lo muestra la Figura 4). Pero esto no impide que alguno de los aplicadores pueda sufrir algún tipo de intoxicación, ni que se respeten los intervalos de seguridad y reentrada (SENASICA 2010).

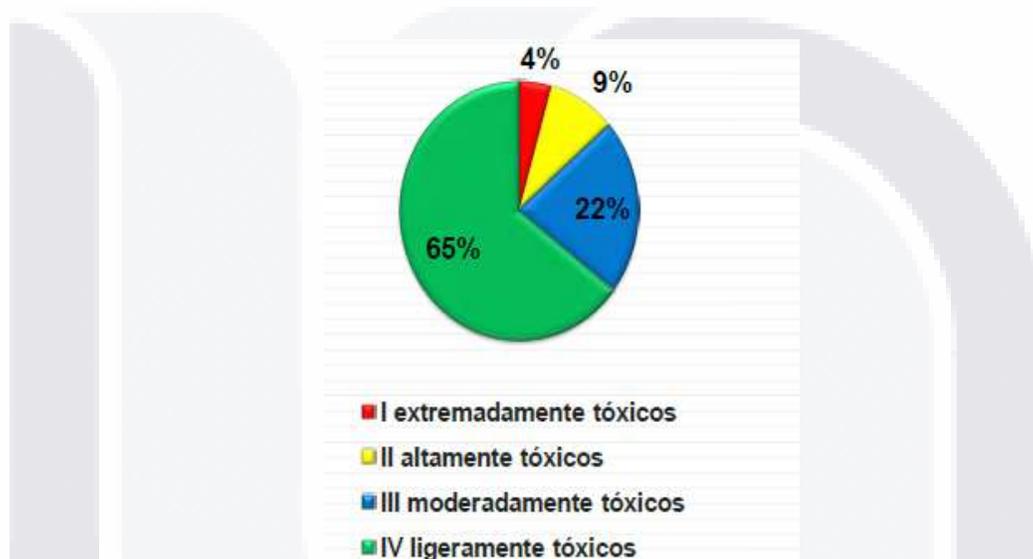


Figura 4. Porcentaje de Plaguicidas y sus Niveles de Toxicidad Registrados en México. FUENTE: COFEPRIS (2011)

#### 6.4.3 CONSECUENCIAS DE LA EXPOSICIÓN A LOS PLAGUICIDAS

La exposición crónica a los plaguicidas se encuentra asociada a daños en la salud que incluyen neurotoxicidad, efectos carcinogénicos e inmunológicos, alteraciones de la reproducción y el desarrollo. Estos hallazgos se encuentran descritos en individuos que están expuestos frecuentemente a diferentes mezclas de plaguicidas, ya sea simultáneamente o en serie, lo que hace difícil identificar los efectos de estos en forma individual (Cauley, *et al.*, 2006).

La asociación de daño genético con compuestos químicos data de principios del siglo XX; desde entonces se ha comprobado que la continua exposición a estas sustancias puede producir efectos nocivos sobre la salud humana (Lucero, *et al.*,

2000). El potencial genotóxico de un compuesto es un factor de riesgo primario para los efectos producidos por una exposición crónica, tales como desórdenes a nivel genético y reproductivo.

Los plaguicidas representan un grupo importante de contaminantes ambientales a los que estamos diariamente expuestos, principalmente a consecuencia de su amplio uso en la agricultura, con evidente tendencia a incrementar (Lucero, *et al.*, 2000).

Una de las principales preocupaciones, como ya hemos mencionado, son sus efectos indeseables sobre la salud humana incluyendo cáncer y variados tipos de otras enfermedades (IARC, 1991), como leucemias (Blair y Zahm, 1995), cáncer de vejiga (Viel y Chailer, 1995) Linfoma no Hodking (Waddell, *et al.*, 2001) y cáncer pancreático (Ji, *et al.*, 2001) además de asma, dermatitis alérgica y enfermedades respiratorias (Zuskin, *et al.*, 1993) e incluso envejecimiento prematuro.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) menciona que cada año se producen en el mundo más de 25 millones de envenenamientos por plaguicidas, en los cuales mueren 20 mil personas. A su vez, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) menciona que, si bien el 80% de los plaguicidas que se distribuyen en el mundo son usados en países desarrollados, un 99% de las intoxicaciones ocurre en naciones en vías de desarrollo o sub desarrolladas (MINSAL 2007).

La probabilidad de presentar síntomas asociados a plaguicidas es más alta (133%) entre los individuos que aplican los productos, en comparación con los miembros de la misma familia que no están expuestos directamente al químico. La probabilidad de presentarse con síntomas es aún mayor entre los aplicadores de segunda línea o sustitutos de los aplicadores de primera línea, probablemente

porque los primeros desarrollan una mayor tolerancia a los síntomas (Atreya 2007).

Es por ello, que en México el Servicio Nacional de Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria (SENASICA 2010) fomenta las capacitaciones a aplicadores de plaguicidas, con la finalidad de que logren identificar los síntomas por intoxicación. En el cuadro 5, se detallan los síntomas en comparación con el grado de envenenamiento.

Cuadro 5. Grado de envenenamiento por plaguicidas y sus síntomas.

Grado de Envenenamiento	Síntomas
Leve	Fatiga, dolor de cabeza, mareo, visión borrosa, sudor y salivación excesiva, náusea/vómito, dolores de estómago, y diarrea.
Moderado	Incapacidad para caminar, debilidad, malestar en el pecho, constricción de las pupilas, y síntomas leves que son más severos.
Severo	Pérdida de conciencia, constricción severa de pupilas, calambres musculares, secreción nasal, salivación, problemas respiratorios, coma, y muerte.

#### 6.4.4 LÍMITES MÁXIMOS DE RESIDUOS (LMR) DE PLAGUICIDAS EN PRODUCTOS AGRÍCOLAS PARA CONSUMO EN FRESCO

El LMR es la concentración máxima de residuos de un plaguicida (expresada en mg/kg), cuyo uso la Comisión del Codex Alimentarius (2016) recomienda se permita legalmente en la superficie o la parte interna de productos de alimentación para consumo humano y de animales. Los LMR se basan en datos de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA'S) y tienen por objeto lograr que los alimentos derivados de productos básicos que se ajustan a los respectivos LMR sean toxicológicamente aceptables (Codex Alimentarius 2016).

Los LMR del Codex, que se destinan principalmente para ser aplicados a productos que circulan en el comercio internacional, se obtienen basándose en

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

estimaciones hechas después de la evaluación toxicológica del plaguicida y su residuo; y el examen de datos de residuos obtenidos en ensayos y usos supervisados, en particular usos que se ajustan a las prácticas agrícolas nacionales (Codex Alimentarius 2016).

En el examen se incluyen datos de ensayos supervisados realizados a la concentración de uso más elevada recomendada, autorizada o registrada en el país. Para tener en cuenta las variaciones introducidas en los requisitos nacionales de control de plagas, en los LMR del Codex se consideran los niveles más elevados observados en tales ensayos supervisados, que se estima representan las prácticas efectivas de control de plagas (Codex Alimentarius 2016).

El examen de las diversas estimaciones y determinaciones, tanto de ámbito nacional como internacional, de los niveles de ingestión de residuos a través de la alimentación, teniendo en cuenta las Ingestas Diarias Admisibles (IDA), debería indicar que los alimentos que se ajustan a los LMR del Codex Alimentarius (2016) son inocuos para el consumo humano.

Si bien se ha mejorado relativamente la trazabilidad de las normas que fijan las tolerancias de residuos de plaguicidas en alimentos con las normas internacionales, esta situación se convierte en una seria trasgresión ética, en tanto la ciencia y la tecnología de las grandes productoras de plaguicidas y la acción liviana de las políticas reguladoras de la producción y aplicación de dichos tóxicos no velan por el cuidado de la naturaleza, la salud y la calidad de vida de las personas (Jonas, 1985 y Schramm 2001).

En este sentido, se hace indispensable aplicar el imperativo ético de responsabilidad y protección sanitaria en el uso de las nuevas tecnologías, respecto del deber de las naciones de velar por la posibilidad de desarrollo de las presentes y futuras generaciones de una vida auténticamente humana,

previendo enfermedades o discapacidades y promoviendo un ambiente saludable (Jonas, 1985 y Schramm 2001).

## **6.5 COLINESTERASA**

Por 40 años los estudios de animales han producido una abundancia de escritos científicos sobre la toxicidad de los Organofosforados. Muchos de estos trabajos se enfocan en síntomas que se observan relacionados con la acetil colinesterasa pero hay muchos aspectos de la toxicidad de los compuestos organofosforados reportados en la literatura que permanecen menos entendidos, y tal vez son de mayor interés (Moffat, 1999).

Entre estos aspectos están: Frecuentemente los animales fetales y neonatales son más sensibles que los adultos a los efectos tóxicos de la exposición a plaguicidas organofosforados. Esta vulnerabilidad incluye sensibilidad incrementada a los efectos de la colinesterasa y otros daños potencialmente más serios al cerebro y el sistema nervioso. La exposición a plaguicidas organofosforados puede producir a largo plazo, daños de comportamiento y funcionales al sistema nervioso, en la ausencia de signos observables de toxicidad, y con poca correlación con los niveles de colinesterasa. Los plaguicidas organofosforados producen un rango de efectos tóxicos en diferentes regiones del cerebro en la ausencia de efectos abiertos (se incrementa el peso o tamaño) (EWG, 1993; Schlicter *et al.*, 1996; Lu *et al.*, 2001; Ricceri, *et al.*, 2006).

Existe mayor sensibilidad infantil pues el sistema nervioso en el desarrollo humano está incompleto y crece rápidamente al nacer. El 75% del crecimiento del cerebro ocurre durante los primeros dos años, el remanente 25% no es completado sino hasta la adultez. La medida del cerebro en el recién nacido es proporcionalmente más grande que en los adultos. El cerebro del recién nacido pesa un tercio del cerebro de un adulto, mientras el recién nacido pesa solamente cuando mucho el 4% de un adulto promedio. La barrera de sangre del cerebro, restringe la

penetración de tóxicos a este, y no está completamente desarrollada en el hombre hasta aproximadamente un año de edad. No se conoce cuando la barrera comienza a funcionar completamente. Las conexiones en el sistema visual no se realizan totalmente hasta los tres o cuatro años de edad (Ricceri, *et al.*, 2006).

El análisis de la EPA de un estudio por Desi (EPA,1997) concluye que: “los efectos del comportamiento e inhibición de colinesterasa en el cerebro, ocurrieron en este estudio a dosis en las cuales no es perceptible la inhibición plasmática de colinesterasa” (EPA,1997, p 54). En otro estudio, realizado por Desi y también revisado por la EPA, se encontraron efectos en el comportamiento en la ausencia de signos clínicos después de la exposición a malathion, en esta investigación también se encontró que la administración de dosis relativamente pequeñas de dimetoato, diclorvos, y metil paratión puede producir la misma especie de efectos que la ingestión de grandes dosis (Nagymajtenyi *et al.*, 1988).

## VII. MATERIALES Y MÉTODOS

### 7.2 POBLACIÓN BAJO ESTUDIO

#### 7.2.1 Características Generales

Se tomaron 117 muestras durante los años 2016 y 2017 para análisis de microbiología (*Salmonella spp* y *Escherichia coli*) y residuos de plaguicidas.

Se consideraron participes del muestreo, aquellas Unidades de Producción (U.P.) que se ubicaron geográficamente en el Estado de Aguascalientes.

Se realizó la toma e identificación de muestra para análisis de residuos de plaguicidas y microbiología (*Salmonella spp* y *Escherichia coli*) en Unidades de Producción (U.P.) donde el cultivo se encontró en etapa de cosecha.

Tomando en cuenta la confidencialidad de los datos, no se hace mención de las Unidades de Producción muestreadas, ni de los propietarios de las mismas.

### **7.2.2 Productos a evaluar**

Los cultivos evaluados fueron Brócoli, chile, cilantro, calabaza, fresa, guayaba, tomate y nopal verdura.

### **7.2.2 Ubicación**

#### **7.2.2.1 Recolección de Muestras Para Análisis de Residuos de Plaguicidas y Microbiología (*Salmonella spp* y *Escherichia coli*)**

La recolección de muestras de microbiología (*Salmonella spp* y *Escherichia coli*) y de residuos de plaguicidas en fruto; se llevó a cabo en los municipios donde se consideró la mayor producción hortofrutícola: Asientos, Calvillo, Cosió, Jesús María, Pabellón de Arteaga y San Francisco de los Romo (figura 5).

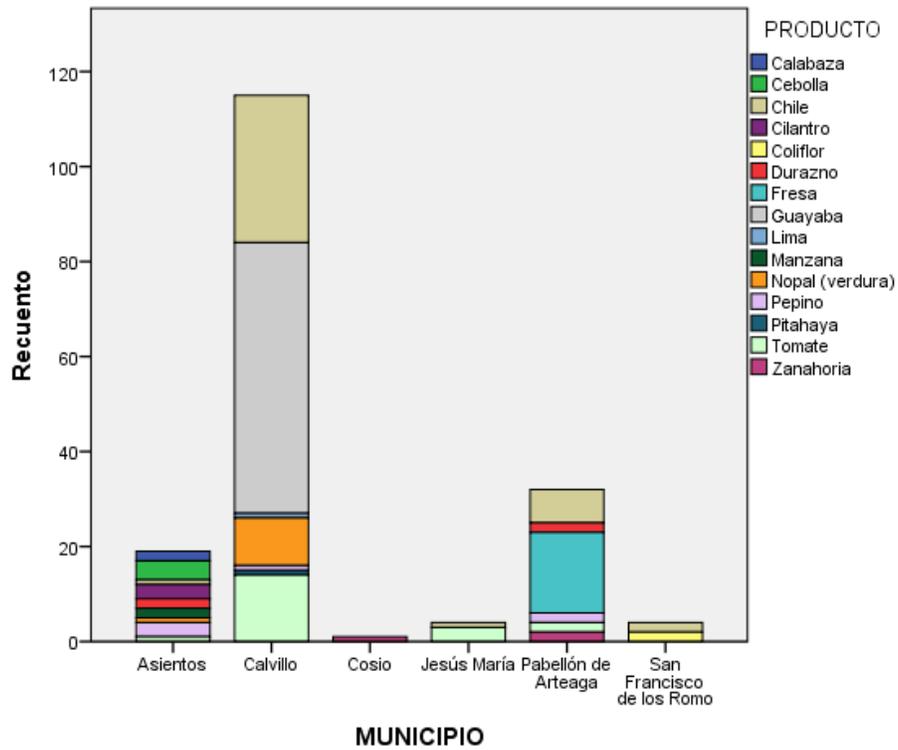


Figura 5. Gráfica de municipios y cultivos muestreados

### 7.3. TÉCNICAS PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN SUSTANTIVA

La NOM-109-SSA1-1994 menciona que, el análisis microbiológico de alimentos, la adecuada selección de la muestra, la toma correcta, los medios de conservación su transporte al laboratorio, son de primordial importancia para obtener resultados significativos y confiables.

La recolección de la muestra se debe efectuar evitando toda contaminación externa, tanto ambiental como humana, para asegurar la integridad de la misma. Es por ello, que esta Norma Oficial Mexicana, establece el procedimiento para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.

#### 7.3.1. Análisis De *Salmonella Spp* En Fruto

Mediante el método de prueba de la NOM- 114-SSA1-1999 se realizó la estimación de la densidad microbiana para la detección de *Salmonella Spp*.

Se pesaron 25 gramos de cada muestra y se colocaron en 225 ml de caldo lactosado, para luego ser homogenizado en Stomacher/máximo 2 min. Y se dejó reposar durante 60 minutos a temperatura ambiente. Posteriormente se determinó el pH y de ser necesario se corrigió a 6.8 con NAOH o HCL 1N. Incubándolo a 35°C por 24+2 horas. Para luego ser agitado suavemente y transferido en 1 ml a un tubo con 10 ml de caldo de tetrionato y en 1 ml a un tubo con 10 ml de caldo de selenito cistina. Después se incubaron los tubos a 35°C / 18 – 24 horas. Pasado este tiempo, se agitaron y sembraron de cada tubo por estría cruzada por XLD, AVB y ASB; para después ser incubados a 35°C por 24+2 horas.

Después se seleccionaron al menos dos colonias típicas de cada medio de cultivo y se inocularon en tubos de TSI y LIA. Una vez más se incubaron a 35°C por 24+2 horas en agar TSI y LIA y se tomó lectura (no se presentó *Salmonella spp* en esta investigación, por lo que no se llevó a cabo alguna constatación).

### **7.3.2. Análisis de *Escherichia Coli* En Fruto**

Mediante el método de prueba CCAYAC-M-004/11 se realizó la estimación de la densidad microbiana por la técnica del número más probable (NMP), detección de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*.

Se pesaron 25 gramos de cada muestra y 225 ml de solución reguladora de fosfatos; se homogenizaron en STOMACHER. Se prepararon soluciones decimales con solución reguladora de fosfatos. Luego se sembró 1 ml por triplicado cada dilución en tubo de 10 ml de caldo de lauril sulfato y se incubaron a 35+0.5°C/24 horas. Observándose si hubo una producción de gas y turbidez en los tubos; de no ser así, se esperaron 24 horas más a 35+0.5°C. Para después tomar una asada (tubos con producción de gas y turbidez) y se transfirieron a caldo EC. Donde se incubaron a 45.5+0.2°C/24 horas con un baño de agua.

Observándose si hubo una producción de gas y turbidez en tubos, de no ser así, se esperaron 24 horas más a  $45 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ .

En la detección de Coliformes fecales, se toma la lectura de los tubos positivos y se calcula el NMP (no se presentó en esta investigación).

En la detección de *Escherichia coli* se toma una asada de cada uno de los tubos positivos de caldo EC. Se siembra por estría cruzada en agar EMB-L para su aislamiento. Después, se incuba a  $35 \pm 1^{\circ}\text{C}$  / 18-24 horas.

Se seleccionan dos colonias típicas de cada placa y se siembra en agar cuenta estándar y agar nutritivo. Se incuba en  $35 \pm 1^{\circ}\text{C}$  / 18-24 horas. Para la prueba de TSI se inocula en un tubo con agar TSI por punción y estrías, para luego ser incubado y tomar resultado (no se presentó *Salmonella spp* en esta investigación, por lo que no se llevó a cabo alguna constatación).

### **7.3.3. Análisis de Residuos de Plaguicidas en Fruto**

Los análisis de residuos de plaguicidas en fruto se llevaron a cabo en el Laboratorio Grupo Integral de Servicios Fitosanitarios ENA S.A. de C.V. "GISENA"; el cual cuenta con la Acreditación N° SA-159-005/11 ante la Entidad Mexicana de Acreditación A.C. (EMA). Ubicado en Emiliano Zapata No. 10. San Luis Huexotla, Texcoco C.P. 56250 Estado de México.

Se analizó la presencia de las 100 principales moléculas químicas utilizadas como plaguicidas, las cuáles son las siguientes: Acephate, Acetamiprid, Aldicarb, Ametryn, Amitraz, Anilazine, Azoxystrobin, Benalaxyl, Bendiocarb, Bensulide, Bifenazate, Boscalid, Bromacil, Buprofezin, Cadusafos, Carbendazim, Carbofuran, Carbofuran-3-hydroxy, Carboxin, Carfentrazone Ethyl, Chlorfenvinphos, Chlorpyrifos, Clethodim, Clofentezine, Clothianidin, Coumaphos, Cyazofamid, Cymoxanil, Cyprodinil, Cyromazine, Desmetryn, Diazinon, Dichlorvos, Difeconazole, Diflubenzuron, Dimethoate, Dimethomorph, Diuron, Epoxiconazole, Ethion, Etoxazole, Famoxadone, Fenamidone, Fenamiphos, Fenamirol,

Fenhexamid, Fenoxycarb, Fenthion, Flusilazole, Hexaconazole, Hexazinone, Hexythiazox, Imazalil, Imidacloprid, Iprovalicarb, Linuron, Malathion, Metalaxyl, Methamidophos, Methidathion, Methiocarb, Methoxyfenozide, Metribuzin, Monocrotophos, Myclobutanil, Naled (Dibrom), Omethoate, Oxamyl, Oxydemethon-methyl, Parathion, Parathion-methyl, Penconazole, Phosphamidon, Piperonyl butoxide, Pirimicarb, Prochloraz, Promecarb, Prometryn, Propamocarb, Propanil, Propargite, Propiconazole, Pymetrozine, Pyraclostrobin, Pyrazophos, Pyrimethanil, Pyriproxifen, Quinoxifen, Simazine, Tebuconazole, Terbutylazine, Terbutryn, Thiabendazole, Thiacloprid, Thiamethoxam, Thiodicarb, Thiophanate-methyl, Triadimefon, Triazophos y Trifloxystrobin. Se muestra la clasificación química, la DL50 oral y dérmica, así como su categoría toxicológica y el tipo de agroquímico en base a su uso (anexo a).

#### **7.3.3.1. Calibración del GC-MS**

Se emplearon estándares de plaguicidas de alta pureza (Dr. Ehrenstorfer GmbH, Alemania) para la preparación de soluciones madre de 1000 µg/ml de cada plaguicida en acetato de etilo, a partir de las cuales se prepararon diluciones en metanol, todo grado HPLC. Se corrieron pruebas de calibración para determinar si el producto aplicado era replicado en los cromatogramas para crear una base de datos con los plaguicidas.

Las soluciones madre se mantuvieron refrigeradas antes de su uso y los estándares de trabajo se prepararon semanalmente. Se evaluaron diferentes solventes y combinaciones de solventes para la optimización del resultado.

#### **7.3.3.2. Métodos para el Análisis de Residuos de Plaguicidas**

La identificación de los residuos de plaguicidas se realizó en el Área de Cromatografía de Gases, confirmando las muestras dudosas o positivas mediante una segunda prueba. Se utilizó un Cromatógrafo de gases 7820A GC serie acoplado a un Espectrómetro de Masas 5975 serie MSD, ambos de la marca

Agilent Technologies. La extracción de residuos de agroquímicos se realizó mediante Micro extracción en Fase Sólida (SPME por sus siglas en inglés).

#### **7.3.3.3. Extracción De Residuos De Plaguicidas**

Se inició activando la fibra de PDMS/DVB introduciéndola directamente en metanol con agitación constante a 500 rpm durante 30 minutos. Se extrajo un volumen de 10 ml de muestra (extracto guayaba) en un vial de 16 ml, junto con 3.0 g de NaCl (30%, p/v). Se ajustó el pH a 9.5 con una disolución de NaOH 1,0 M, se introdujo la fibra de PDMS/DVB directamente, de manera que la extracción se llevó a cabo a temperatura ambiente bajo agitación constante a 900 rpm durante 143 minutos. La desorción de los plaguicidas retenidos se llevó a cabo con 1.0 ml de metanol durante 13 minutos a 1000 rpm. Finalmente se evaporó el disolvente orgánico hasta sequedad a 40<sup>0</sup> C y 250 mbar en un rotavapor. El residuo se disolvió en 1 ml de una disolución 1:3 (v/v) agua: tetraborato sódico 100 mM a pH 8,5.

Para optimizar la extracción de los residuos de plaguicidas se evaluaron los siguientes parámetros:

- Tiempo en el que se mantiene la muestra sellada y expuesta a la SPME.
- Temperatura a la que se somete el sistema de extracción de residuos de plaguicidas durante el proceso de extracción.

#### **7.3.3.4. Identificación De Residuos De Plaguicidas**

Después de exponer las fibrillas a los residuos de plaguicidas se inyectó directamente a un Cromatógrafo de Gases acoplado a un Espectrómetro de Masas. Siguiendo el protocolo descrito por Pérez, (2009). Temperatura de Espectrómetro de Masas de 320°C. Como gas portador y también como gas auxiliar se utilizó Helio grado cromatografía de gases, flujos de 1,0 ml/min y 30 ml/min, respectivamente. La desorción se llevó a cabo en modo *splitless* a 280°C, un volumen de muestra de 2,0 µL. El programa de temperatura del horno se programó: 120°C durante 3 minutos, rampa de 7°C/min hasta alcanzar los 220°C,

que se mantuvo durante 5 minutos y, finalmente, rampa de 5°C/min hasta alcanzar los 300°C, que se mantuvo durante 5 minutos (tiempo total: 43 minutos). Los programas de temperatura, así como los flujos, fueron sujetos a modificaciones en función de la separación de los picos de los cromatogramas.

El registro de los cromatogramas y la integración de las áreas de los picos se realizó en una computadora equipada con un software MSD ChemStation.

#### **7.3.4 Análisis de Colinesterasa**

Se analizaron a 129 aplicadores de plaguicidas en diferentes unidades de producción del Estado de Aguascalientes. Personal calificado tomo las muestras de sangre y fueron trasladadas al Laboratorio Clínico NG Plus; Guzmán 308, Zona Centro, 20000 Aguascalientes, Ags. Donde se realizó su análisis mediante el método de Ellman y se reportó el resultado de cada uno de los aplicadores. Por motivos de confidencialidad, en esta investigación no se hace mención de los datos personales.

### **7.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

#### **7.4.1. Variables**

En este estudio se realizó un análisis estadístico descriptivo; donde las variables a evaluar fueron:

1. Presencia de plaguicidas; dentro de los Límites Máximos de Residuos del Codex Alimentarius y de la Legislación Mexicana.
2. Presencia o Ausencia de *E.coli*
3. Presencia o Ausencia de *Salmonella spp*
4. Municipios del estado de Aguascalientes con mayor presencia de residuos de plaguicidas.

#### **7.4.2. Proceso de captación de la información**

Los resultados de análisis de microbiología y residuos de plaguicidas obtenidos durante el año 2016 y transcurso del 2017; fueron captados en una matriz (tabla de Excel) de manera inmediata.

#### **7.4.3. Análisis e interpretación de la información**

Una vez que los datos se han codificado, transferido a una matriz, guardado en un archivo y “limpiado de errores”, se procedió a analizarlos en el programa SPSS Statistics 22.

Ejecutado el programa, se comenzó a explorar los datos. Primeramente, se analizaron descriptivamente, para después visualizar los datos por variable y realizar las gráficas correspondientes.

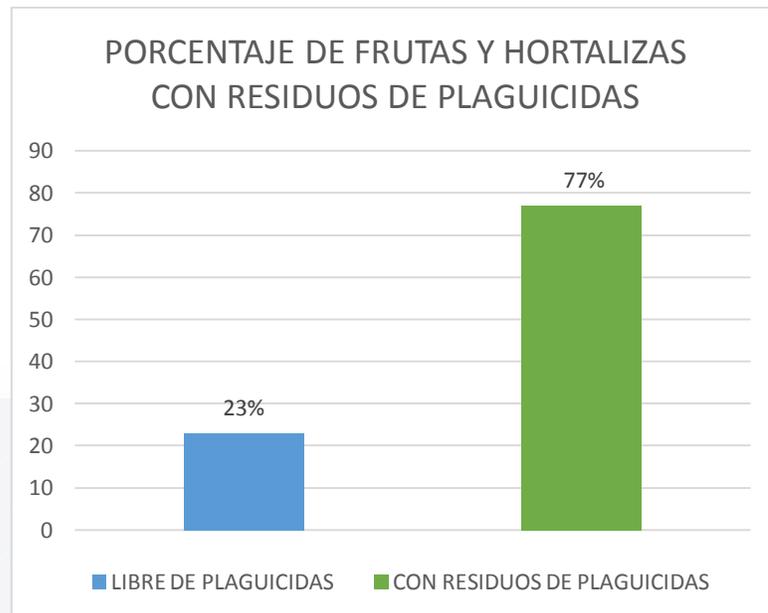
## **VIII. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

### **8.1 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS (*Salmonella spp* y *Escherichia coli*)**

El 100% de las muestras arrojaron como resultado Ausente a *Salmonella spp.* y *Escherichia coli*.

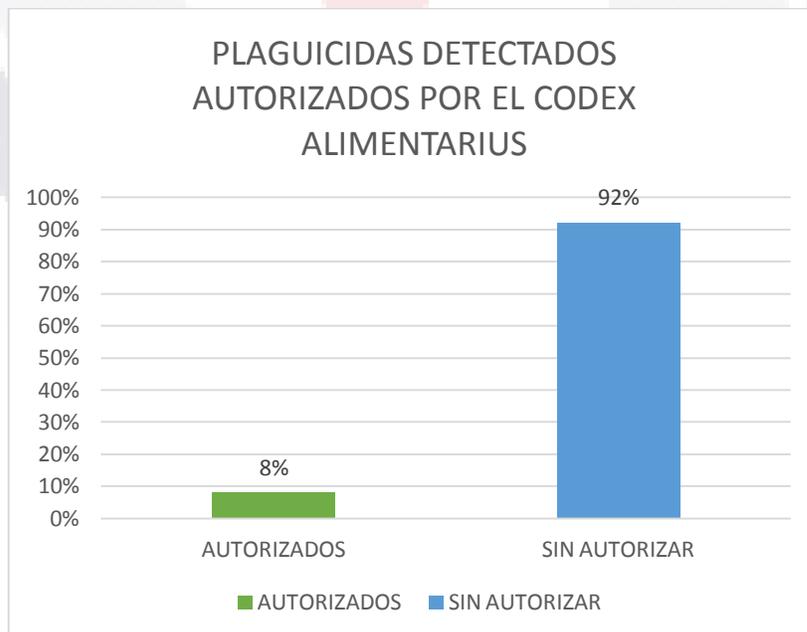
### **8.2 ANÁLISIS DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS**

En la Figura 6 se muestra que el 77% de las muestras evaluadas dieron positivo para algún tipo de plaguicida. Independientemente de que los residuos estén dentro o no de los Límites Máximos de Residualidad.



**Figura 6. Porcentaje de frutas y hortalizas con residuos de plaguicidas.**

En la figura 7 se observa que de las muestras detectadas con residuos de plaguicidas; únicamente el 8% está dentro de los Límites Máximos de Residualidad establecidos por el Codex Alimentarius. El otro 92% de los residuos detectados; son partículas químicas no autorizadas por el Codex Alimentarius como plaguicidas.



**Figura 7. Plaguicidas detectados autorizados por el Codex Alimentarius.**

En la figura 8 se observa que de las muestras detectadas con plaguicidas; el 66% dio positivo para residuos de una partícula química; el 20% dio positivo para dos partículas químicas diferentes; el 7% dio positivo para residuos de tres partículas químicas diferentes; el 2% dio positivo para cuatro partículas químicas diferentes; otro 2% dio positivo para cinco partículas químicas diferentes, otro 2% dio positivo para siete partículas químicas diferentes y 1% dio positivo para ocho partículas químicas diferentes por muestra.

Cantín, et al (2016) publica que, en una investigación de residuos de plaguicidas en frutas, verduras y hortalizas y cereales en la Comunidad Autónoma de Aragón durante el periodo 2010-2013; solamente en un 6% de las 183 muestras analizadas se ha superado el LMR. De éstas, únicamente en un melón y en una borraja se han detectado riesgos de toxicidad aguda para los consumidores.

Andersson (1991) publica que los resultados del programa sueco de control de residuos de plaguicidas en frutas y hortalizas, durante Julio 1990 – Junio 1991. Fueron analizadas un total de 4,693 muestras. De éstas, el 4.2% (197 muestras) contenían residuos de plaguicidas superiores al LMR. La mayoría de las muestras con residuos de plaguicidas fueron importadas de países de la CEE.

Al comparar la publicación de estos autores, podemos conocer que en comparación con otros países, el Estado de Aguascalientes, México; obtuvo un número elevado de muestras incumpliendo con los LMR del Codex Alimentarius.

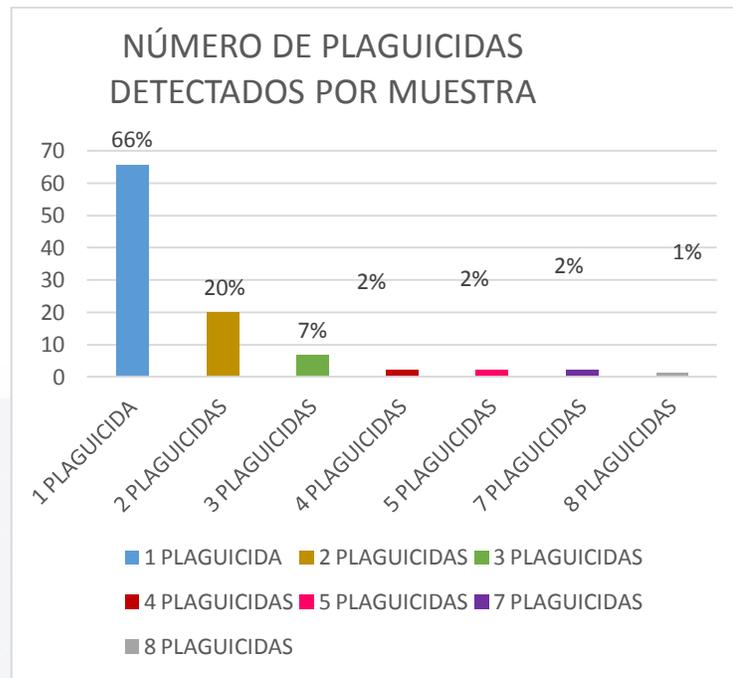


Figura 8. Número de plaguicidas detectados por muestra.

En la figura 9 se muestran los diferentes tipos de plaguicidas detectados por producto; en el que sobre sale la detección de Insecticidas y fungicidas.

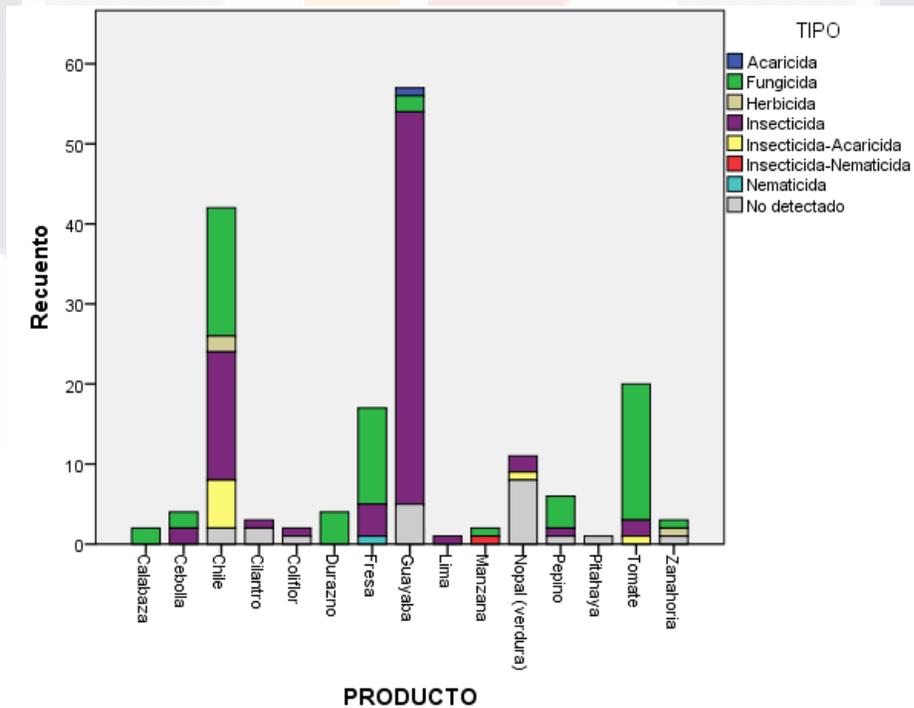
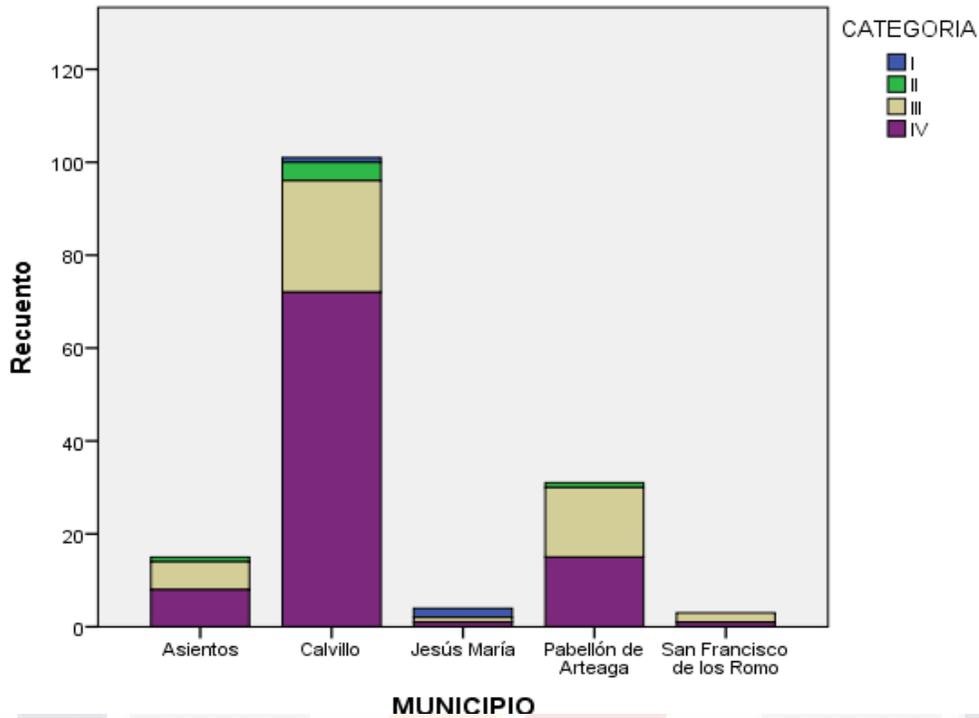


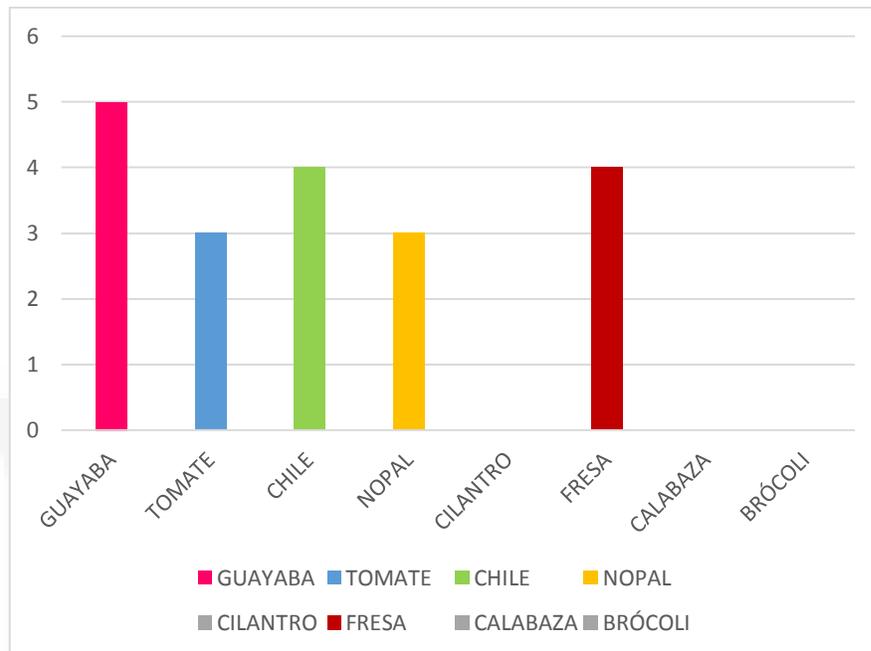
Figura 9. Tipo de plaguicidas detectados por cultivo.

Una vez detectados los plaguicidas; se categorizaron por su toxicología. En la figura 10 se observan los plaguicidas utilizados por municipio.



**Figura 10. Categoría toxicológica de los plaguicidas detectados.**

Al conocer que el 92% de los plaguicidas detectados no cuentan con autorización para su uso por parte del Codex Alimentarius; está información se comparó con la Legislación Mexicana y en la figura 11 se observa a detalle el número de plaguicidas detectados y en cultivos no autorizados por la Legislación Mexicana.



**Figura 11. Número de plaguicidas detectados y no autorizados por la legislación mexicana.**

Jonas en 1985 y Schramm en 2001; coinciden en que “se ha mejorado relativamente la trazabilidad de las normas que fijan las tolerancias de residuos de plaguicidas en alimentos con las normas internacionales”, pero de igual manera consideran que “esta situación se convierte en una seria trasgresión ética, en tanto la ciencia y la tecnología de las grandes productoras de plaguicidas y la acción liviana de las políticas reguladoras de la producción y aplicación de dichos tóxicos no velan por el cuidado de la naturaleza, la salud y la calidad de vida de las personas”. Esta cita da pie a hacer mención que los residuos de plaguicidas permitidos por la legislación mexicana van en contra de la normatividad del Codex Alimentarius del cual se es miembro.

Desde el 2011 la Ley Federal de Sanidad Vegetal tiene por objeto “regular y promover, la sanidad vegetal, así como la aplicación, verificación y certificación de los sistemas de reducción de riesgos de contaminación física, química y microbiológica en la producción primaria de vegetales”. Ciertamente el alcance es en todo el territorio nacional; más esto no ha implicado el aseguramiento de la

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

inocuidad agroalimentaria en nuestro país. La vigilancia de la implementación de esta ley corre a cargo del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) el cual representa a México como miembro del Codex Alimentarius. Ciertamente no se considera que el problema sea la Ley, sino su basta implementación y vigilancia en materia de inocuidad agroalimentaria.

### **8.3 RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN CADA PRODUCTO**

#### **8.3.1 Guayaba**

En el producto guayaba se logró conocer que el 90% de las muestras dieron positivo para partículas químicas, destacando el Insecticida Malathion; el cuál, no está autorizado por el Codex Alimentarius para su uso en el producto de guayaba. En las figuras 12 y 13 se observan los tipos de plaguicidas y su ingrediente activo; así como los tipos de plaguicidas y su grupo químico respectivamente.

Los compuestos organofosforados son sustancias poco persistentes en el ambiente, por lo que sus efectos sobre él se observan fundamentalmente a corto plazo, es el grupo de insecticidas más grande y versátil en uso en la época presente, son efectivos contra los insectos y arácnidos por contacto, ingestión o acción fumigante, los ésteres organofosforados incluyen excelentes sistémicos tales como el Dimetoato, Forate, Demetón que son absorbidos por raíz y follaje y destruyen solo los insectos, penetrantes y succionadores y a menudo son útiles en programas modernas de control integrado (Almeida, 1986).

De gran importancia es la interacción plaguicida-suelo-agua por el impacto de estas sustancias en el ambiente, sobre todo en aplicaciones aéreas donde un porcentaje considerable del producto llega al suelo o cuerpos de agua, así también como resultado del lavado ocasionado por las lluvias, o bien, por el arrastre provocado por el viento, sobre todo en los tratamientos al follaje, sin embargo los organofosforados tienen la importante ventaja de que son degradados biológico y

químicamente en forma rápida en planta, en animales y en el suelo a materiales atóxicos (Almeida, 1986).

Cole et al. 1988, en Nicaragua examinó trabajadores de campo para analizar los niveles de actividad de la colinesterasa encontrándose niveles de menos de 50% y que se incrementaban agudamente durante la temporada de aplicaciones, principalmente aplicaciones aéreas, en adición encontró 6 muertes y 396 intoxicaciones relacionados con pesticidas durante 1984, un organofosforado Parathion Metil, fue implicado en aproximadamente la mitad de los casos, 2/3 de ellos se debió a exposición dermal.

De acuerdo con la CICOPALFEST, 1991, los siguientes insecticidas organofosforados son tóxicos para abejas y otros insectos benéficos. Azinfosmetílico Diazinon, Clorpirifos, Fosmet, Paration, Fosfamidón, Fenitrotrion, Dimetoato, Fention, Malatión y moderadamente tóxico el Fosalone.

Los siguientes plaguicidas Organofosforados son conocidos como muy tóxicos para los peces, Azinfosmetílico, Diazinon, Paration, Fenitrotrion, Malation, por lo que deben seguirse las siguientes precauciones (CICOPALFEST, 1991).

Sin embargo, el Servicio de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), promueve su uso para el control de la mosca de la fruta *Anastrepha*.

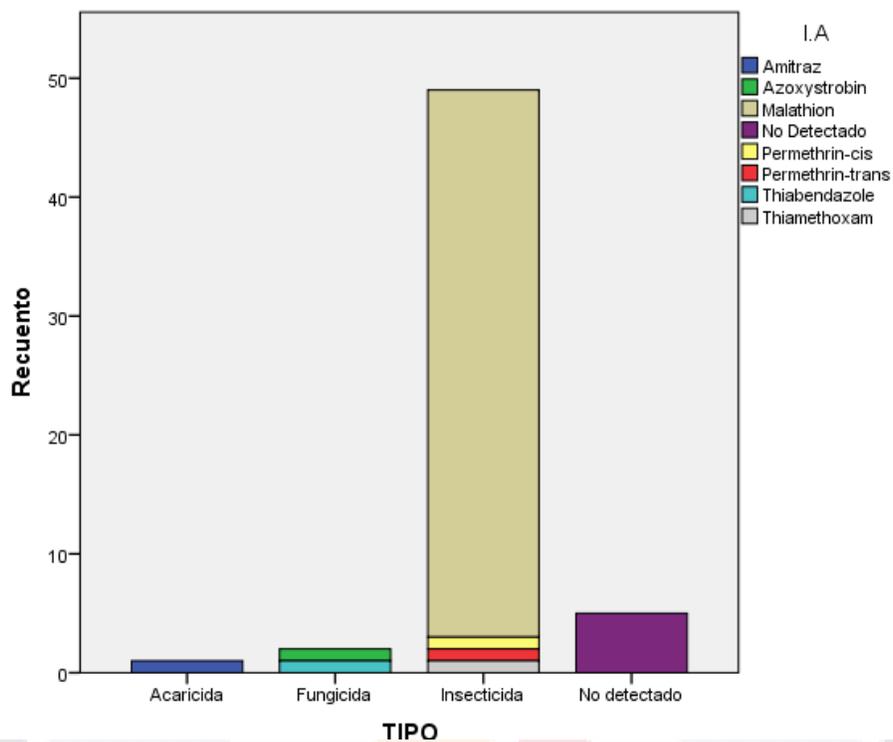


Figura 12. Plaguicidas detectados e ingrediente activo en el producto guayaba.

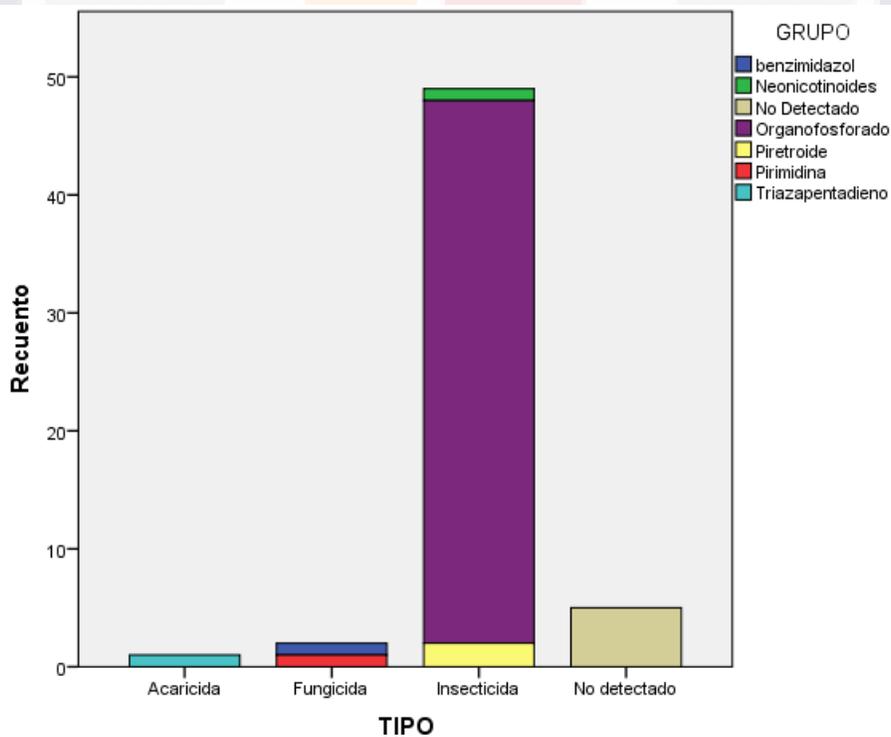


Figura 13. Plaguicidas detectados y grupo químico en el producto guayaba.

### 8.3.2 Tomate

El 100% de las muestras dio positivo para residuos de plaguicidas; de los cuáles el 55% no están permitidas por el Codex Alimentarius para dicho cultivo. En la figura 14 se observan los plaguicidas detectados e ingredientes activos; mientras que la figura 15 muestra el grupo químico de los plaguicidas detectados.

El Ministerio de Agricultura de Chile (2006) realizó un estudio de residuos de plaguicidas a diferentes productos hortofrutícolas, donde se logró conocer que, de 36 muestras de tomate; una presentó residuos de Buprofezin, ocho a Metamidofos, una a Oxamyl y una a Pyrimethanil.

A su vez, Galindo, et al (2013) menciona que, en diez muestras de tomate recolectadas en diferentes zonas de Aragón, España; ninguna muestra arrojó residuos de plaguicidas.

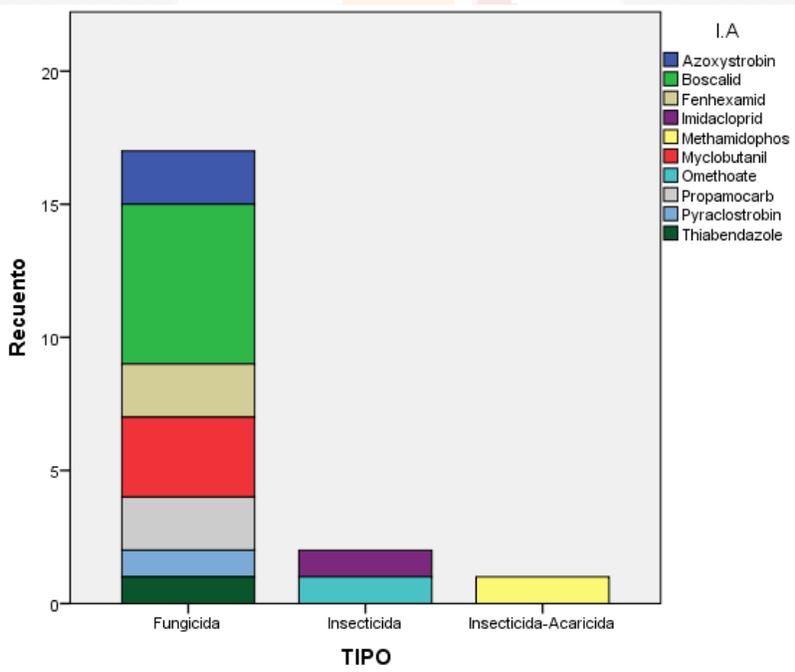


Figura 14. Plaguicidas detectados e ingrediente activo en el producto tomate.

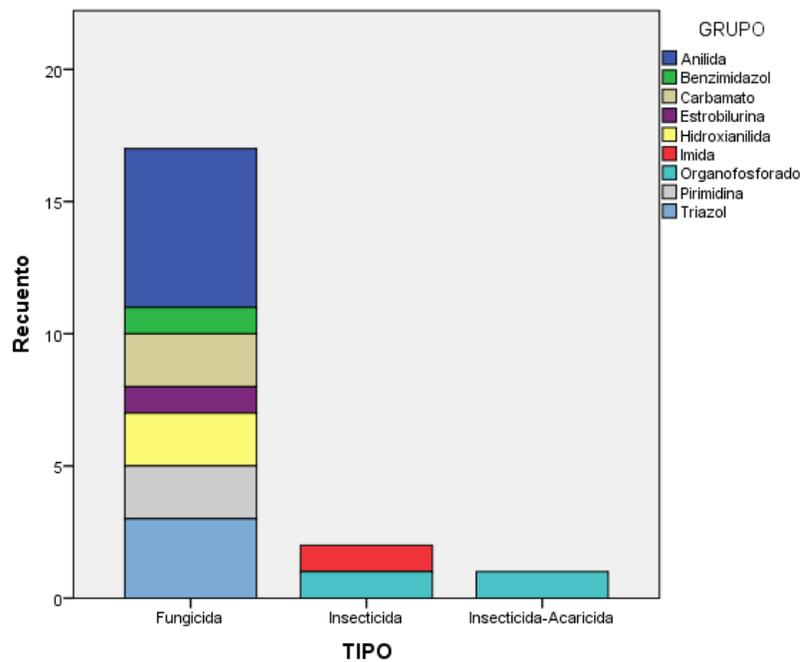


Figura 15. Tipo de plaguicidas y grupos químicos detectados en tomate.

### 8.3.3 Chile

El 86.6% de las muestras dio positivo para residuos de plaguicidas; de los cuáles el 100% no están permitidos por el Codex Alimentarius para dicho cultivo. Observándose que el 40% de los plaguicidas detectados fueron Fungicidas, en el mismo porcentaje se detectaron Insecticidas; seguidos por Acaricidas y Herbicidas con un 15 y 5% respectivamente. La figura 16 muestra los plaguicidas detectados e ingredientes activos; mientras que la figura 17 muestra el grupo químico de los plaguicidas detectados.

Guigón y González (2007) aplicaron encuestas a productores de Chile de la zona Jiménez-Villa López, Chihuahua, México; con el objetivo de identificar los plaguicidas y programas de control de plagas utilizados en la zona y calcular el impacto que ejercían sobre el medio ambiente y los riesgos contra la salud humana, en los ciclos agrícolas 2001 y 2002; determinaron el cociente de impacto ambiental (CIA) para cada plaguicida y calcularon el impacto ambiental en campo

(IAC). Donde lograron identificar 16 diferentes programas de control de plagas y 48 productos plaguicidas, de los cuales 26 fueron insecticidas/acaricidas, 20 fungicidas/bactericidas y 2 herbicidas. El impacto ambiental generado por fungicidas/bactericidas es mayor al generado por insecticidas/acaricidas. De los insecticidas/acaricidas, endosulfan (82.3% de la superficie cultivada) y clorpirifos (49%) fueron los más empleados en la producción de Chile. En el caso de los fungicidas, oxicloruro de cobre (66.3% de la superficie) y mancozeb (64.6%) son los que más se emplearon. El 37.5% de los programas de manejo ejerce una fuerte presión ambiental (IAC > 550); el 25% un IAC entre 300 y 500, y el 37.5% un IAC <90. El manejo que se realiza de algunos productos como endosulfan (IAC=43 a 85), clorpirifos (IAC=27 a 40), oxicloruro de cobre (IAC=16 a 117) y mancozeb (IAC=37 a 299) está generando serios incrementos en los índices de impacto ambiental.

Guigón y González (2007) encuentran plaguicidas organofosforados en el producto Chile, al igual que en esta investigación.

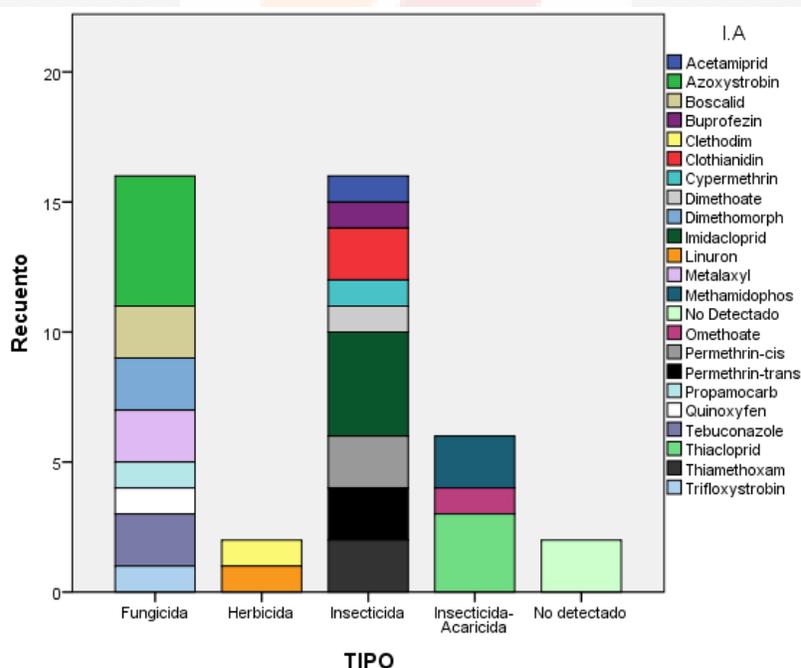


Figura 16. Plaguicidas detectados e ingrediente activo en el producto Chile.

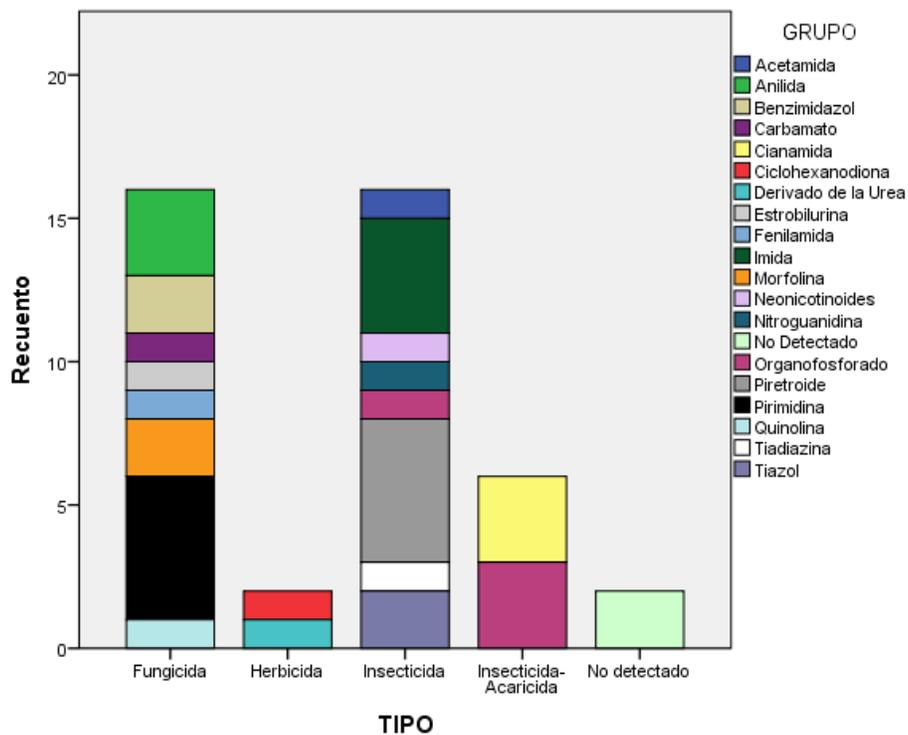


Figura 17. Plaguicidas detectados y grupos químicos en el producto chile.

### 8.3.4 Nopal Verdura

Únicamente el 11.1% de las muestras dio positivo para residuos de plaguicidas; de las cuáles el 100% son Insecticidas no permitidos por el Codex Alimentarius. El cultivo de Nopal es uno de los cuantos que no cuenta con ningún producto químico autorizado por la Legislación Mexicana para su control de plagas y enfermedades. La figura 18 muestra los plaguicidas detectados e ingredientes activos; mientras que la figura 19 muestra el grupo químico de los plaguicidas detectados.

Durante una evaluación de residuos de plaguicidas en nopal verdura en el Estado de México, Martínez (2011) reportó que, de 24 muestras recolectadas, el 42% mostro residuos de plaguicidas; detectándose Organofosforados (clorpirifos etílico, ometoato, dimetoato, paratión metílico, malatión) y piretroides (bifentrina). Lo que nos indica que al 2017 en comparación con el Estado de México; el Estado de Aguascalientes realiza un mejor Buen Uso y Manejo de Agroquímicos (BUMA).

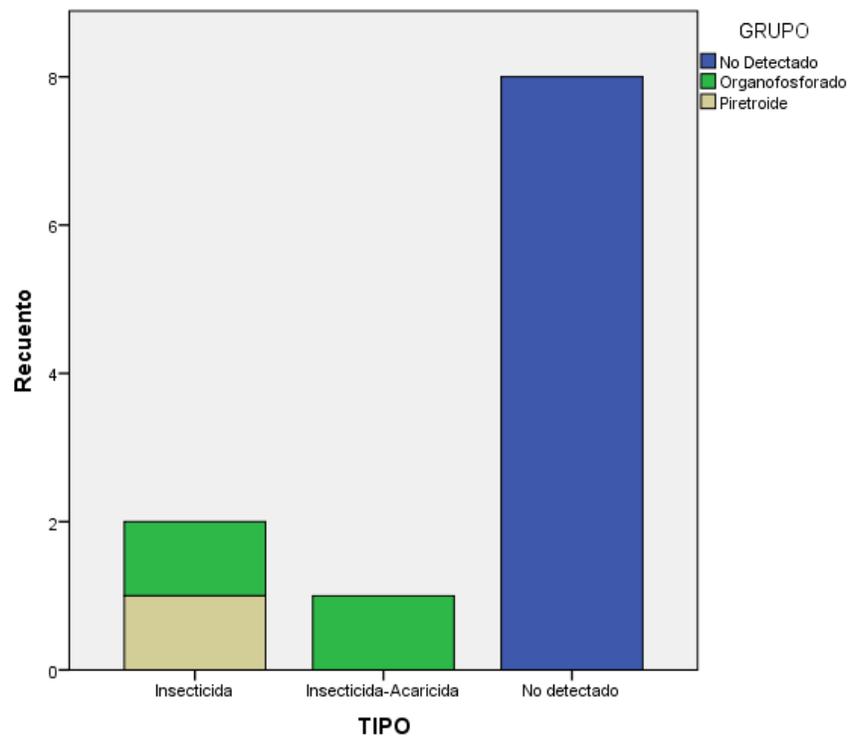


Figura 18. Plaguicidas detectados e ingrediente activo en el producto chile.

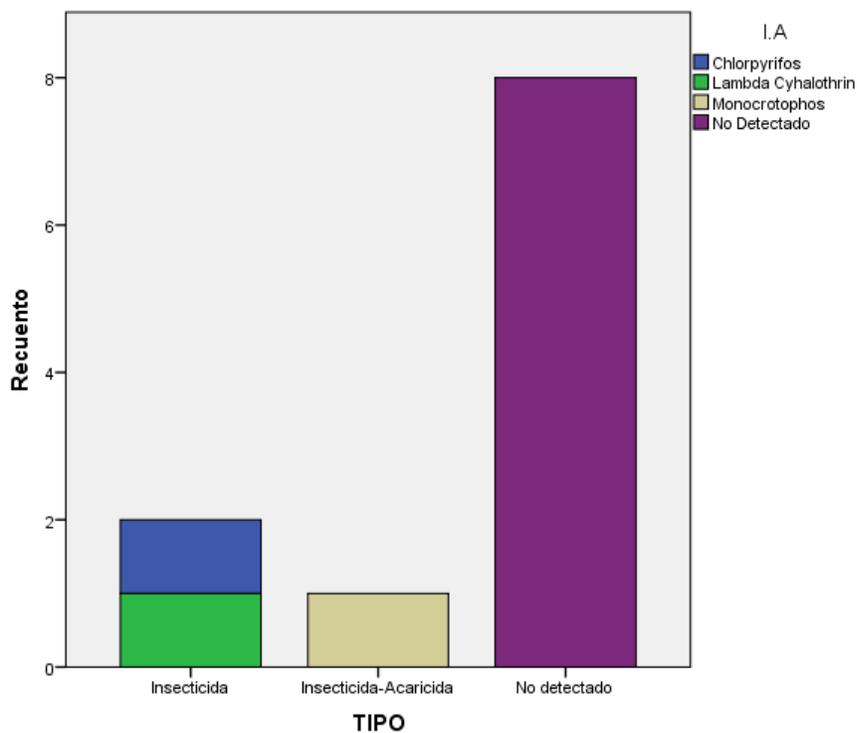


Figura 19. Plaguicidas detectados y grupos químicos en el producto Chile.

### 8.3.5 Fresa

El 100% de las muestras dio positivo para residuos de plaguicidas; de los cuáles el 94% no están permitidas por el Codex Alimentarius para dicho cultivo. Observándose que el 70.58% de los plaguicidas detectados fueron Fungicidas, el 23.52% Insecticidas; seguidos por Nematicidas con 5.9%. La figura 20 muestra los plaguicidas detectados e ingredientes activos; mientras que la figura 21 muestra el grupo químico de los plaguicidas detectados.

Guerrero (2003), evaluó la presencia de residuos de plaguicidas de alto riesgo en los cultivos de fresa, repollo, uchuva y tomate, representativos de diferentes regiones de Colombia. Donde logro detectar que en el cultivo fresa en el municipio de Facatativá se encontraron residuos de malation a nivel de trazas y de captan por debajo del LMR. En Sibaté encontró captan en el 46% de las fincas, pero en ninguna sobrepaso los LMR. En dos muestras encontró clorotalonil y en una muestra encontró malation en concentración cuantificable. Encontró clorpirifos

(dos muestras), dimetoato (una muestra) y profenofos (dos muestras) en concentración a nivel de trazas. El estudio de Nausa mostró que en este municipio el porcentaje de uso de estos plaguicidas encontrados era bastante bajo; siendo el más alto el de clorpirifos, captan y endosulfan con porcentajes de uso de 76%, para clorpirifos y de 60,8% para captan y endosulfan. En el municipio de Guasca encontró captan en el 50% de las muestras analizadas a concentración cuantificable, pero por debajo del LMR. Este plaguicida presentó un porcentaje de uso de 52,9 % en esa región.

Mientras que Cantín, et al (2016), demuestra que en la Comunidad Autónoma de Aragón durante el periodo 2010-2013; en ocho muestras analizadas de fresa, todas se mantuvieron dentro de los LMR establecidos en Europa. Lo que demuestra que el Estado de Aguascalientes, México; incumple severamente en el uso de plaguicidas en el cultivo de fresa.

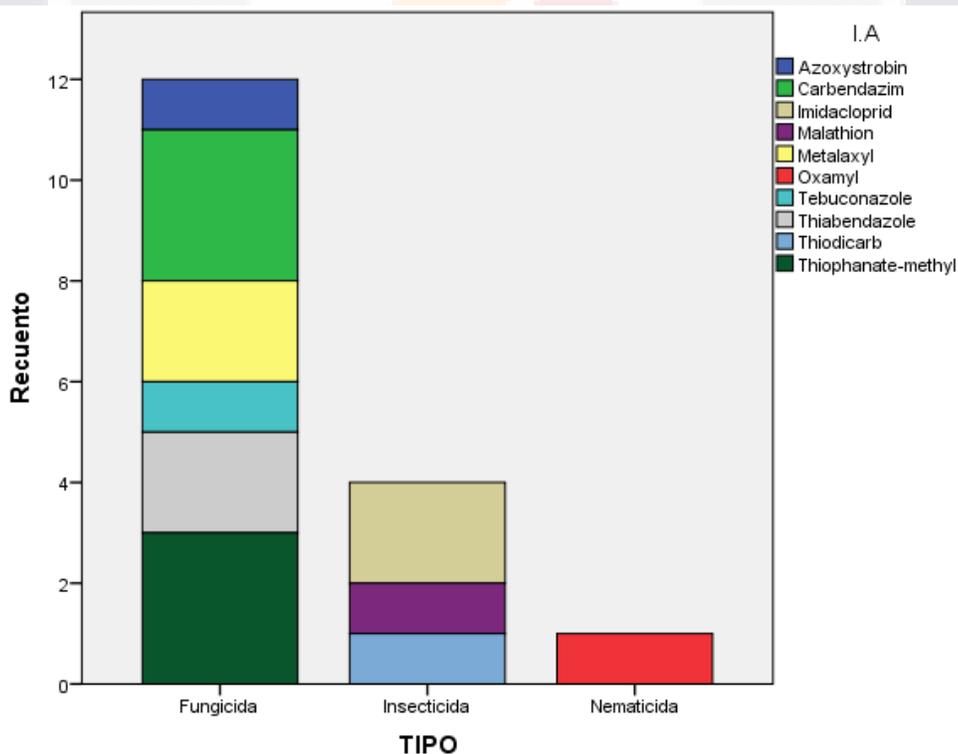


Figura 20. Plaguicidas detectados e ingrediente activo en el producto fresa.

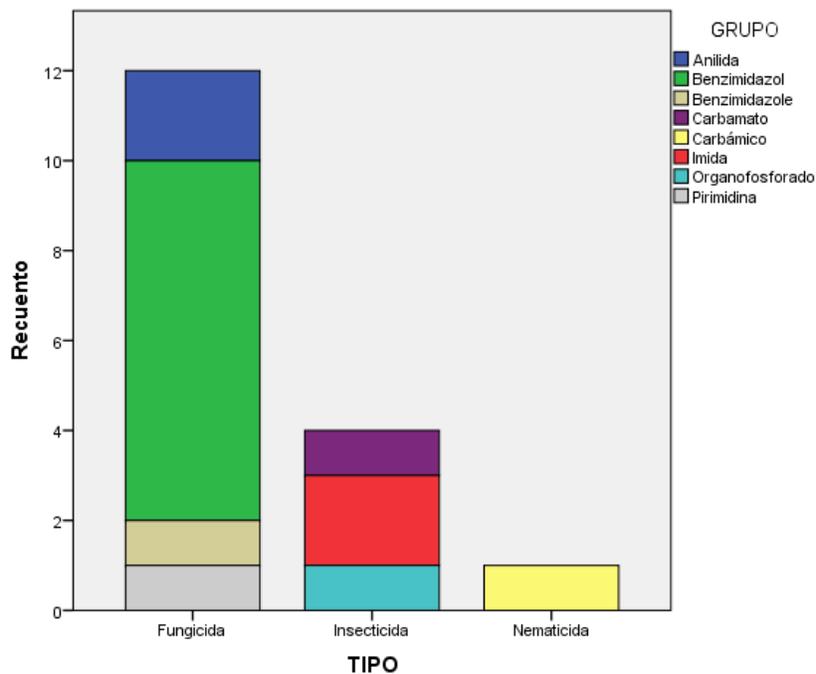


Figura 21. Plaguicidas detectados y grupos químicos en el producto fresa.

### 8.3.6. Brócoli, Calabacita y Cilantro

En este estudio se determinó que el 100 % de las muestras de Brócoli, calabacita y cilantro se registraron libres de residuos de plaguicidas. Valenzuela-Quintanar *et al.* (2006) determinaron que, en el Estado de Sonora, de 32 muestras analizadas (tomate, cebolla, brócoli, chile y calabaza) solo el 3% presentaron residuos de plaguicidas Organofosforados (diazinón, disistón, metil-paratión, malatión, etión).

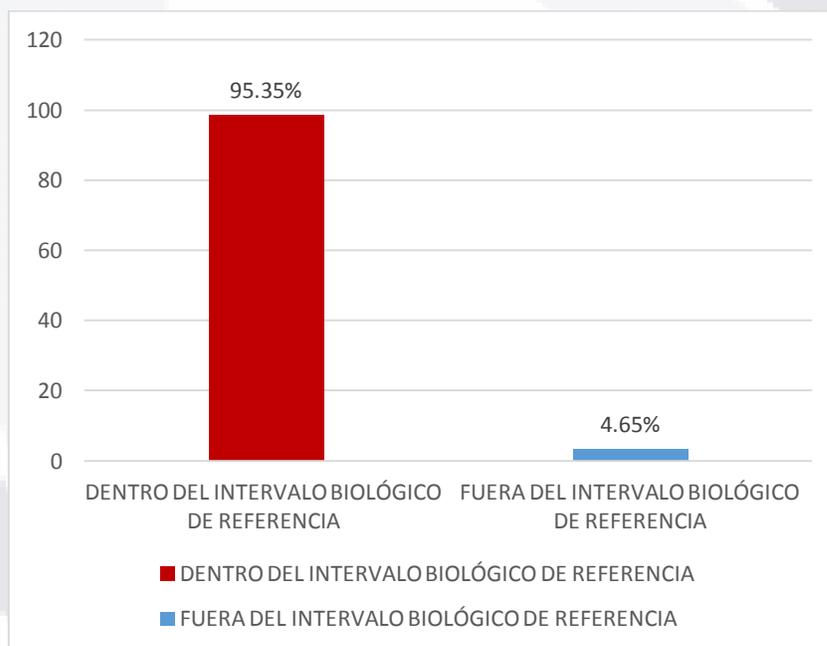
A su vez, Pérez *et al.* (2009) realizaron un estudio de residuos de plaguicidas en brócoli en el entonces Distrito Federal, donde de 23 muestras analizadas; el 87% presento residuos de Organofosforados (diazinón, malatión, fentión, paratión, clorfenvinfos, etión).

Quedando demostrado que al 2017 en el Estado de Aguascalientes existe una mejor implementación del Buen Uso y Manejo de Agroquímicos, en comparación a los Estados de Sonora y ahora la Ciudad de México.

## 8.4 MEDICIÓN DE COLINESTERASA EN APLICADORES DE PLAGUICIDAS

Como se mencionó anteriormente, la salud de los aplicadores de plaguicidas se puede ver comprometida por el mal uso de plaguicidas. Es por ello que se recabaron los resultados de 129 análisis de sangre en aplicadores de diferentes unidades de producción; con la finalidad de medir la colinesterasa. En la figura 22 se puede observar que el 4.65% de las personas analizadas, arrojaron resultados fuera de los intervalos biológicos de referencia; sus edades son 18, 20, 30, 32, 35, y 53 años.

Cabe destacar que de las 129 personas analizadas 2 fueron menores de edad. Dicha información fue proporcionada voluntariamente por las Unidades de Producción.



**Figura 22. Resultados de análisis de colinesterasa.**

## IX. CONCLUSIONES

En esta investigación se logró determinar la ausencia de *Salmonella spp* y *Escherichia coli* en los productos brócoli, calabacita, chile, cilantro, fresa, guayaba, tomate y nopal verdura en el periodo 2016 – 2017 en 117 muestras evaluadas en el Estado de Aguascalientes, México.

De igual manera, se logró conocer que el 77% de las 117 muestras arrojaron residuos de plaguicidas (dentro o fuera de los LMR establecidos por la Legislación Mexicana y el Codex Alimentarius).

Donde el 90% de las muestras de guayaba, el 55% de las muestras de tomate, el 86% de las muestras de chile, el 11.1% de las muestras de nopal verdura y el 100% de las muestras de fresa, obtuvieron residuos de algún tipo de plaguicida. Mientras que las muestras de brócoli, calabacita y cilantro no mostraron ningún residuo de plaguicida.

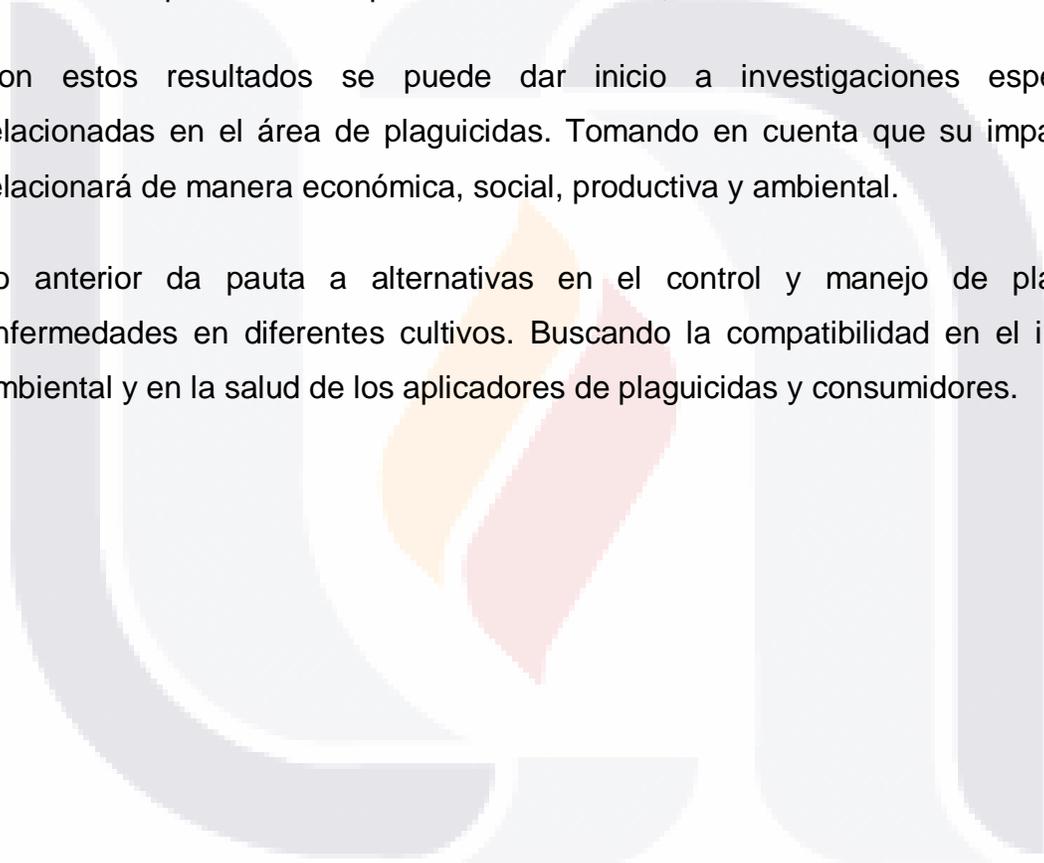
En el municipio de Calvillo fue donde se encontró un mayor número de muestras con residuos de plaguicidas en relación al número de muestras tomadas. Donde se logró determinar la presencia de malathion dentro de los LMR de la Legislación

Mexicana, pero en incumplimiento del Codex Alimentarius. En su mayoría los plaguicidas detectados fueron insecticidas.

En cuanto a la salud de los aplicadores de plaguicidas en campo, se logró determinar que, de 129 personas analizadas para la medición de colinesterasa, el 4.65% de las personas analizadas, arrojaron resultados fuera de los intervalos biológicos de referencia; sus edades son 18, 20, 30, 32, 35, y 53 años. Destacando que dos de las personas analizadas, eran menores de edad.

Con estos resultados se puede dar inicio a investigaciones específicas relacionadas en el área de plaguicidas. Tomando en cuenta que su impacto se relacionará de manera económica, social, productiva y ambiental.

Lo anterior da pauta a alternativas en el control y manejo de plagas y enfermedades en diferentes cultivos. Buscando la compatibilidad en el impacto ambiental y en la salud de los aplicadores de plaguicidas y consumidores.



## X. BIBLIOGRAFÍA

Albert L.A. 1997. Contaminantes ambientales y criterios de evaluación. Introducción a la toxicología ambiental. México DF. *Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud*. p. 101-12.

Almeida, W.F. 1986. Evaluación de la contaminación humana por plaguicidas. Memorias de los talleres de plaguicidas, salud y ambiente. San Cristobal de las Casas. CHis. México. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bioóticos (INIREB). Pag 101-118.

Arce G., Ávalos M., Giusti S., Miranda G., Tuhay N., Merino L. 2002. Consumo de vegetales crudos en la ciudad de Corrientes en relación con las enfermedades transmitidas por alimentos. *Revista de Postgrado de la VIa Cátedra de Medicina de la UNNE*. 115:10-11.

Atreya K. *Pesticide use knowledge and practices: a gender difference in Nepal*. Environ Res 2007; 104(2):305-11.

Blair A., Zahm S.H. 1995. Agricultural exposures and cancer. *Environ. Health Perspect.*, 103:205-208.

Cantín G.S., Herrer M.P., Carcas B., Roca V., Frutos P.S. 2016. Investigación de residuos de plaguicidas en frutas, verduras y hortalizas y cereales en la Comunidad Autónoma de Aragón durante el periodo 2010-2013. *Toxicol.* 2016. 33:44-49

Castillo, L.; Wesseling, C. 1987. Diagnóstico de la problemática de los plaguicidas en Costa Rica. Heredia, C.R., Universidad Nacional. 30 p.

Cauley L.A., Anger W.K., Keifer M., Langley R., Robson M.G., Rohlman D. 2006. Studying Health Outcomes in Farmworker Populations Exposed to Pesticides. *Health Perspect.* 114: 953-60.

Codex Alimentarius. 2017. Consultado en: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-home/es/> en Junio, 2017.

Cole, D.C., D.C., R. McConnell., D.L. Murray. & F. Pacheco-Anton 1988. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana 198: 105:3, 231-244.

Comisión intersecretarial para el control del proceso y uso de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas (CICOPLAFEST) 1991. Catálogo Oficial de Plaguicidas 1991. 469 pp.

CICOPLAFEST. 2004. (Comisión Intersecretarial para el Control Del Proceso Y Uso De Plaguicidas, Fertilizantes Y Sustancias Toxicas) 2004.

COFEPRIS. 2011. (Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios).

EPA. 1997. Background Document on Cholinesterases, Attachment 4E presented to EPA Scientific Advisory Panel Meeting of June 3-4, Arlington, Virginia. s.p

EWG. 1993. Pesticides in Children's Food, Publicado por Environmental Working Group. pp : 1-47.

FAO/OMS. 2010. Comisión del Codex Alimentarius. *Manual de procedimiento*. Roma: FAO/OMS.

García G. R., Chávez E.J., Mejía C. A., Durán B. C. 2002. Microbiological determinations of some vegetables from the Xochimilco zone in Mexico City. Mexico. *Rev Latinoam Microbiol*. 44(1): 24-30.

Guigón L.C., González G. P. (2007). Manejo de plagas en el cultivo de chile y su impacto ambiental en la zona agrícola de Jiménez-Villa López, Chihuahua, México. *Medio ambiente y desarrollo sustentable*. Vol. I, No. 2. 36-47.

Hernández S.R., Fernández C.C., Baptista L.P. 2006. Metodología de la Investigación. Cuarta Edición. Mc Graw Hill. México. 850 p.

IARC. 1991. International Agency for Research on Cancer, Occupational Exposures in Insecticide Application, and Some Pesticides, Vol 53, IARC Monographs, Lyon, France.

Ji B.T., Silverman D.T., Steward P.A., Blair A., Swanson G.M., Baris R.D., Hayes R., Brown L.M., Lillemoe K.D., Schoenberg J.B., Pottern L.M., Schwartz A.G., Hoove R.N. 2001. Occupational exposure to pesticides and pancreatic cancer. *Am. J. Ind. Med.* 40:225-226.

Larrea, F. 2008. Enfermedades transmitidas por alimentos. Boletín del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. Dirección General Sectorial de Epidemiología. Dirección de Vigilancia Epidemiológica. Venezuela.

Ley Federal de Sanidad Vegetal. 2011. Diario Oficial de la Federación, México, 16-11-2011.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

LU, C.; KNUTSON, D. E.; FISHER-ANDERSEN, J.; FENSKE RICHARD A. 2001. Biological Monitoring Survey of Organophosphorus Pesticide Exposure among Preschool Children in the Seattle Metropolitan Area. *Environ. Health Perspect.* 109:299-303

Lucero S., Suárez S., Durbán R., Gómez C., Parrón T., Creus A., Marcos R. 2000. Cytogenetic biomonitoring of Spanish greenhouse workers exposed to pesticides: micronuclei analysis in peripheral blood lymphocytes and buccal epithelial cells. *Mut. Res.* 464:255-262.

Martínez M. T. O. (2011). Calidad sanitaria en la producción de nopal verdura (*Opuntia* sp) en Otumba, México. Tesis de doctorado. Postgrado de Fitosanidad Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados. Montecillo. México.

MINSAL. 2007. *Norma de vigilancia de intoxicaciones agudas por plaguicidas REVEP*. Santiago: Ministerio de Salud de Chile.

MOFFAT, C. 1999. *Environmental Contaminants in Food*. England, Academic Press Ltda. pp 214- 272.

Monge R., Chinchilla M., Reyes L. 1996. Estacionalidad de parásitos y bacterias intestinales en hortalizas que se consumen crudas en Costa Rica. *Rev Bio. Trop.* 44(2):369-375.

NAGYMAJTENYI, L.; DESI, I.; LORENCZ, R. 1988. Neurophysiological markers as early signs of organophosphate neurotoxicity. *Neurotoxicol. Teratol.* 10 : 429-434

Nesheim, O.N., F.M. Fishel, and M.A. Mossler. 2005. Toxicity of pesticides.. Food Science and Human Nutrition Department, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida: Gainesville, FL. Consultado en: <http://edis.ifas.ufl.edu/pi008> (Octubre 2017).

Norma Oficial Mexicana NOM-114-SSA1-1994, Bienes Y Servicios. Método Para La Determinación De Salmonella En Alimentos.

Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 (modificada), Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

Norma Oficial Mexicana NOM-003-STPS-1999, Actividades agrícolas-Usos de insumos fitosanitarios o plaguicidas e insumos de nutrición vegetal o fertilizantes- Condiciones de seguridad e higiene.

Norma Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009, Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios.

OIT. *Seguridad y Salud*. 2010. Consultado en: [http://www.fao-ilo.org/fao-ilo-safety/es/?no\\_cache](http://www.fao-ilo.org/fao-ilo-safety/es/?no_cache).

Pérez M. A., Segura A., García R., Colinas T., Pérez M., Vázquez A. y Navarro H. (2009). Residuos de plaguicidas organofosforados en cabezuela de brócoli (*Brassica oleracea*) determinados por cromatografía de gases. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 25, 103-110

Pigott DC. 2008. Foodborne illness. *Emerg Med Clin North Am.* 26(2):475-497.

PNUMA. 1993. *Convenio de Basilea para el control de movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación*. Consultado en: <http://www.basel.int/>.

PNUMA, FAO. 1998. *Convenio de Rotterdam. Procedimiento de consentimiento previo fundamentado aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional*. Consultado en: [http://www.pic.int/home\\_sp.php?type=t&id=115](http://www.pic.int/home_sp.php?type=t&id=115).

PNUMA. 2001. *Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes COPs*. Consultado en: <http://chm.pops.int/default.aspx>

PNUMA. 2006. *Manual de protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono*. Kenya: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Consultado en: <http://www.unep.ch/ozone/spanish/Publications/MP-Handbook-07-es.pdf>.

Prakasam A.S., Sethupathy S. S. 2001. Plasma and RBCs antioxidant status in occupational male pesticide sprayers. *Clin Chim Acta*. 310: 107-12.

RICCERI, L.; VENEROSI, A.; CAPONE, F.; COMETA, M. F.; LORENZINI, P.; FORTUNA, S.; ALAMANDREI G. 2006. Developmental Neurotoxicity of Organophosphorous Pesticides: Fetal and Neonatal Exposure to Chlorpyrifos Alters Sex-Specific Behaviors at Adulthood in Mice. *Tox. Sci.* 93 :105-113.

Schiller L.R., Sellin J.H. 2010. *Sleisenger & Fordtran's Gastrointestinal and Liver Disease*. 9th ed. Philadelphia, Pa: *Saunders Elsevier*,chap 15.

SCHLICHTER, B.; RENWICK, A.; HUGGETT, A. 1996.Limits for pesticide residue in infant foods: a safety based proposal. *Regulat. Toxicol. Pharmacol.* 24:126-140

SENASICA (Servicio Nacional De Sanidad, Calidad E Inocuidad Agroalimentaria) 2010. Anexo Técnico 1. Requisitos Generales Para El Reconocimiento Y Certificación De Sistemas De Reducción De Riesgos De Contaminación En La Producción Primaria De Alimentos De Origen Agrícola.

Valenzuela-Quintanar A. I., Armenta-Corral R., Moreno- Villa E., Gutiérrez-Coronado L., Grajeda-Cota P. y Orantes-Arenas C. (2006). Optimization and validation of a method based on matrix solid-phase dispersion for organophosphorus pesticides in vegetables. *Rec. Fac. Agron. (LUZ)*. 23, 460-470.

Viel J.F., Chailer B. 1995. Bladder cancer among French farmers: does exposure to pesticides vineyard play a part. *Occup. Environ. Med.* 52:587-592.

Waddell G., Burton A.K. 2001. Occupational health guidelines for the management of low back pain at work: evidence review. *Occup Med* 51:124-35.

Zuskin E., Schachter E.N., Mustajbegovic J. 1993. Respiratory function in greenhouse workers. *Int. Arch. Environ. Health.* 64:521-552.

## **XI. ANEXOS**

Anexo A. Catálogo de Plaguicidas De La Comisión Intersecretarial Para El Control Del Proceso Y Uso De Plaguicidas, Fertilizantes Y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST 2004).

**CATÁLOGO DE PLAGUICIDAS DE LA COMISION INTERSECRETARIAL PARA EL CONTROL DEL PROCESO Y USO DE PLAGUICIDAS, FERTILIZANTES Y SUSTANCIAS TOXICAS (CICLOPLAFEST 2004).**

**CLASIFICACIÓN: ACETAMIDA**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	CYMOXANIL	1100 (RATA)	>3000 (CONEJO)	IV	FUNGICIDA

**CLASIFICACIÓN: ACETANILIDA**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	PROPANIL	>2500(RATA)	>5000 (CONEJO)	IV	HERBICIDA

**CLASIFICACIÓN: BENZIMIDAZOL**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	CARBENDAZIM	>1500 (RATA)	>2000 (RATA)	IV	FUNGICIDA
2	TEBUCONAZOLE	3352(RATA)	5000 (RATA)	IV	FUNGICIDA
3	THIZBENDAZOLE	3100 (RATA)	>5000 (CONEJO)	III	FUNGICIDA

**CLASIFICACIÓN: BENZOILUREA**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	DIFLUBENZURON	>4640 (CONEJO)	>10000 (CONEJO)	IV	INSECTICIDA

**CLASIFICACIÓN: CARBAMATO**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	ALDICARB	0.5 (RATA)	20 (CONEJO)	I	INSECTICIDA-NEMATICIDA
2	BENDIOCARB	40 (RATA)	>1000 (RATA)	II	INSECTICIDA
3	CARBOFURAN	8 (RATA)	3000 (RATA)	II	INSECTICIDA-NEMATICIDA
4	FENOXYCARB	16800 (RATA)	>2000	IV	INSECTICIDA
5	IPROVALICARB	5000		IV	FUNGICIDA
6	METHIOCARB	20(RATA)	350(RATA)	II	INSECTICIDA
7	OXAMYL	5.4 (RATAS)	2960 (CONEJOS)	I	INSECTICIDA-NEMATICIDA
8	PIRIMICARB	147(RATA)	>500 (RATA)	III	INSECTICIDA
9	PROPAMOCARB	2000 (RATA)	> 3000 (RATA)	IV	FUNGICIDA
10	THIODICARB	46.5 (RATA)	2000(CONEJO)	II	INSECTICIDA

**CLASIFICACIÓN: CARBOXAMIDA**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	CARBOXIN	3820 (RATA)	>8000 (RATA)	IV	FUNGICIDA

**CLASIFICACIÓN: CIANAMIDA**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	THIACLOPRID	444(RATA)		III	INSECTICIDA-ACARICIDA

**CLASIFICACIÓN: CICLOHEXANODIONA**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	CLETHODIM	1630 (RATA)	5000 (CONEJO)	III	HERBICIDA

**CLASIFICACIÓN: DERIVADO DEL URACILO**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	BROMACIL	5200 (RATA)	>5000 (CONEJO)	IV	HERBICIDA

**CLASIFICACIÓN: DERIVADO DE LA UREA**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	DIURON	>5000 (RATA)	>5000 (RATA)	IV	HERBICIDA
2	LINURON	1200 (RATA)	5000 (CONEJO)	IV	HERBICIDA

**CLASIFICACIÓN: DIACILHIDRAZINA**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	METHOXYFENOZIDE	5000		IV	INSECTICIDA-ACARICIDA

**CLASIFICACIÓN: ESTROBILURINA**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	TRIFLOXYSTROBIN	>4000 (RATA)	>2000	IV	FUNGICIDA

**CLASIFICACIÓN: IMIDA**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	IMIDACLOPRID	450 (RATA)	> 5000 (CONEJO)	III	INSECTICIDA

**CLASIFICACIÓN: IMIDAZOL**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	PROCLORAZ	1600 (RATA)		IV	FUNGICIDA

**CLASIFICACIÓN: IMIDAZOLINONA**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	IMAZALIL	>5000(RATA)	>2000(CONEJO)	IV	HERBICIDA

**CLASIFICACIÓN: NITROGUANIDINA**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	CLOTHIANIDIN	>5000 (RATA)	>2000 (RATA)	IV	INSECTICIDA

**CLASIFICACIÓN: ORGANOCOLORADO**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
----	--------	--------------------	-----------------------	------------------------	--------------------

**CLASIFICACIÓN: ORGANOFOSFORADO**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	CADUSAFOS	30 (RATA)	24 (RATA)	II	NEMATICIDA-INSECTICIDA
2	CHLORFENVINPHOS	10 (RATA)	30 (RATA)	I	INSECTICIDA
3	COUMAPHOS	37 (RATA)	>2400 (RATA)	II	INSECTICIDA, ACARICIDA
4	DIAZINON	1250 (RATA)	>2020 (CONEJO)	III	INSECTICIDA-ACARICIDA
5	DICHLORVOS	50 (RATA)	300 (RATA)	II	INSECTICIDA
6	DIMETHOATE	235 (RATA)	>400 (RATA)	III	INSECTICIDA
7	ETHION	21 (RATA)	838 (CONEJO)	II	INSECTICIDA
8	FENAMIDOPHOS	8 (RATA)	178 (CONEJO)	I	NEMATICIDA
9	MALATHION	5500 (RATA)	>2000 (CONEJO)	IV	INSECTICIDA
10	METHAMIDOPHOS	21(RATA)	118 (CONEJO)	I	INSECTICIDA, ACARICIDA
11	METHIDATHION	25 (RATA)	1546 (RATA)	I	INSECTICIDA, ACARICIDA
12	MONOCROTOPHOS	8 (RATA)	270 (CONEJO)	I	INSECTICIDA-ACARICIDA
13	NALED (DIBROM)	91 (RATA)	360 (CONEJOS)	I	INSECTICIDA
14	OMETHOATE	25 (RATA)	200 (RATA)	II	INSECTICIDA, ACARICIDA
15	OXYDEMETHON-METHYL	50 (RATA)	844 (CONEJO)	II	INSECTICIDA-ACARICIDA
16	PARATHION METHYL	6 (RATA)	67 (RATA)	I	INSECTICIDA
17	PHOSPHAMIDON	17 (RATA)	267 (CONEJO)	I	INSECTICIDA
18	PYRAZOPHOS	17 (RATA)	267 (CONEJO)	I	INSECTICIDA
19	TRIAZOPHOS	57 (RATA)	1100(RATA)	II	INSECTICIDA

**CLASIFICACIÓN: ORGANOMETALICO**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	FENTHION	125 (RATA)	450 (RATA)	III	FUNGICIDA

**CLASIFICACIÓN: ORGANOSULFURADO**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	PROPARGITE	2800(RATA)	4000(CONEJO)	IV	ACARICIDA

**CLASIFICACIÓN: OXAZOLIDINEDIONA**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	FAMOXADONE	5000 (RATA)	2000 (CONEJO)	IV	FUNGICIDA

**CLASIFICACIÓN: PIRETROIDE**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
----	--------	--------------------	-----------------------	------------------------	--------------------

**CLASIFICACIÓN: PIRIDINA**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	PYRIPROXIFEN	>5000 (RATA)	>2000 (CONEJO)	IV	INSECTICIDA ACARICIDA

**CLASIFICACIÓN: PIRIMIDINA**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	AZOXISTROBIN	5000		IV	FUNGICIDA
2	FENARIMOL	2500 (RATA)	4500 (RATON)	IV	FUNGICIDA

**CLASIFICACIÓN: SULFONAMIDAS**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	BENSULIDE	271 (RATA)	3950 (CONEJO)	III	HERBICIDA
2	CYAZOFAMID	>5000 (RATA)	>2000 (RATA)	IV	HERBICIDA

**CLASIFICACIÓN: TETRAZINA**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	CLOFENTEZINE	3200 (RATA)	1332 (RATA)	IV	ACARICIDA

**CLASIFICACIÓN: TIADIZINA**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	BUPROFEZIN	2198 (RATA)	>5000 (RATA)	IV	INSECTICIDA

**CLASIFICACIÓN: TRIAZAPENTADIENO**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	AMITRAZ	650 (RATA)	>200 (CONEJO)	IV	ACARICIDA

**CLASIFICACIÓN: TRIAZINA**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	CYROMAZINE	>3387 (RATA)	>3100 (RATA)	IV	INSECTICIDA
2	HEXAZINONE	1690 (RATA)	5278 (CONEJO)	II	HERBICIDA
3	METRIBUZIN	1100 (RATA)	20,000 (RATA)	III	HERBICIDA
4	PROMETRYN	3750 (RATA)	> 2000 (CONEJO)	IV	HERBICIDA
5	PYMETROZINE	5000 (RATA)	>2000	IV	INSECTICIDA
6	SIMAZINE	>971 (RATA)	>10200 (CONEJO)	IV	HERBICIDA
7	TERBUTHYLAZINE	1346 (RATA)	>2000 (CONEJO)	III	HERBICIDA
8	TERBUTRYN	2450 (RATA)	> 2000 (RATA)	IV	HERBICIDA

**CLASIFICACIÓN: TRIAZINICO**

N°	NOMBRE	DL 50 ORAL (mg/kg)	DL 50 DÉRMICA (mg/kg)	CATEGORIA TOXICOLÓGICA	TIPO DE PLAGUICIDA
1	ANILAZINA	>4000 (RATA)	>5000 (RATA)	IV	FUNGICIDA
2	HEXYTHIAZOX	>5000 (RATA)	>5000 (RATA)	IV	ACARICIDA

**CLASIFICACIÓN: TRIAZOL**

<b>N°</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>DL 50 ORAL (mg/kg)</b>	<b>DL 50 DÉRMICA (mg/kg)</b>	<b>CATEGORIA TOXICOLÓGICA</b>	<b>TIPO DE PLAGUICIDA</b>
1	DIFENOCONAZOLE	1453 (RATA)	2010 (CONEJO)	IV	FUNGICIDA
2	EPOXICONAZOLE	5000 (RATA)	2000	IV	FUNGICIDA
3	FLUSILAZOLE	674 (RATA HEMBRA)	>2000 (CONEJOS)	IV	FUNGICIDA
4	HEXACONAZOLE	2189(RATA)	>2000(RATA)	IV	FUNGICIDA
5	MYCLOBUTANIL	1600 (RATA)	> 5000 (CONEJO)	III	FUNGICIDA
6	PENCONAZOLE	2125 (RATA)	>3000 (CONEJO)	IV	FUNGICIDA
7	TRIADIMEFON	300 (RATA)	> 1000 (RATA)	III	FUNGICIDA

**CLASIFICACIÓN: TRIAZOLINONAS**

<b>N°</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>DL 50 ORAL (mg/kg)</b>	<b>DL 50 DÉRMICA (mg/kg)</b>	<b>CATEGORIA TOXICOLÓGICA</b>	<b>TIPO DE PLAGUICIDA</b>
1	CARFENTRAZONE ETHYL	5000 (RATA)	5000 (RATA)	IV	HERBICIDA

