



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
INSTITUTO DE CIENCIAS
CENTRO DE AGROECOLOGÍA
MAESTRÍA EN MANEJO SOSTENIBLE DE AGROECOSISTEMAS

TESIS

**FACTORES DE RIESGO EN PRODUCTORES AGRÍCOLAS POR
LA EXPOSICIÓN A PLAGUICIDAS, EN LA COMUNIDAD DE
VICENTE GUERRERO, TLAXCALA**

NIDIA RUIZ TECAYEHUATL

COMITÉ TUTORAL

DIRECTOR DE TESIS

Dr. José Antonio Rivera Tapia

ASESORES

Dr. Primo Sánchez Morales

Dr. Fernando Hernández Aldana

Dra. Edith Chávez Bravo

REVISOR EXTERNO

Dra. Lilia Cedillo Ramírez

Puebla, Pue., noviembre, 2020




BUAP

La presente tesis, titulada: **“Factores de riesgo en productores agrícolas por la exposición a plaguicidas, en la comunidad de Vicente Guerrero, Tlaxcala.”**, realizada por la alumna **Ing. Nidia Ruiz Tecayehuatl**, bajo la dirección del Comité Tutorial indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

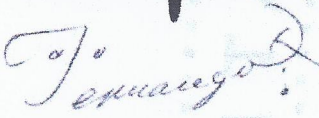
**MAESTRA EN CIENCIAS EN
MANEJO SOSTENIBLE DE AGROECOSISTEMAS**

COMITÉ TUTORAL:

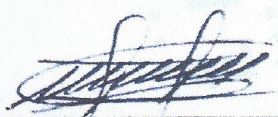
DIRECTOR: _____


Dr. José Antonio Rivera Tapia

ASESOR: _____


Dr. Fernando Hernández Aldana


ASESOR: _____


Dr. Primo Sánchez Morales

ASESOR EXTERNO: _____


Dra. Edith Chávez Bravo

REVISOR EXTERNO: _____


Dra. María Lilia Cedillo Ramírez

Puebla, Pue., Octubre de 2020.

Índice

Introducción.....	9
Capítulo I Marco teórico	
1.1. Concepto de plaguicida	12
1.2. Clasificación de los plaguicidas	12
1.2.1. Toxicidad	13
1.2.2. Persistencia	13
1.2.3. Organismos que controlan.....	14
1.2.4. Composición química	15
1.2.5. Por su formulación.....	17
1.2.6. De acuerdo con su uso.....	17
1.3. Ciclo de los plaguicidas en el ecosistema.....	18
1.3.1. Contaminación del aire	19
1.3.2. Contaminación del suelo	20
1.3.3. Contaminación del agua	20
1.4. Efectos de los plaguicidas en la salud humana	20
1.4.1. Efectos neurotóxicos	22
1.4.2. Toxicidad reproductiva.....	22
1.4.3. Carcinogénesis	23
1.4.4. Alimentos.....	23
1.5. Cavidad bucal y evaluación del daño genotóxico	23
1.5.1. Estructura de la cavidad bucal.....	23
1.5.2. Evaluación del daño genotóxico	26
1.5.3. Micronúcleos (MN) y Anormalidades Nucleares (AN).....	27
1.6. Marco Legal	31
1.6.1. Regulación Nacional.....	32
1.6.2. Regulación Internacional	39
Capítulo II Problema de investigación	
2.1. Antecedentes.....	41

2.2. Justificación	44
2.3. Objetivos.....	45
2.3.1. Objetivo general.....	45
2.3.2. Objetivos específicos.....	45
2.4. Hipótesis	45
2.5. Descripción del sitio de estudio	46
Capítulo III Materiales y métodos	
3.1. Técnicas utilizadas	53
3.1.1. Técnicas Cualitativas.....	53
3.1.2. Técnicas Cuantitativas.....	54
3.2. Proceso de Validación del instrumento de trabajo.....	58
3.2.1. Prueba piloto.....	58
3.2.2. Alfa de Cronbach	60
3.3. Determinación de micronúcleos (MN) y otras anomalías nucleares (AN) en células de descamación del epitelio bucal	61
3.4. Determinación de plaguicidas utilizados con mayor frecuencia.....	62
3.5. Análisis estadístico	63
Capítulo IV Resultados	
4.1. Caracterización de la localidad de Vicente Guerrero.....	64
4.1.1. Características sociodemográficas.....	64
4.1.2. Salud	65
4.1.3. Producción.....	66
4.1.4. Insumos químicos.....	68
4.1.5. Nivel de conocimientos.....	72
4.1.6. Medidas de protección.....	73
4.1.7. Prácticas de higiene	74
4.1.8. Medidas en caso de intoxicación	75
4.1.9. Contaminación de espacios y disposición final.....	76
4.1.10. Productores sin insumos químicos	77

4.2. Micronúcleos (MN) y Anormalidades Nucleares (AN).....	78
Capítulo V Discusión de resultados	
5.1. Características generales de la población de estudio.....	85
5.2. MN de células de descamación de la mucosa bucal	86
5.3. Daño citotóxico relacionado con la exposición a plaguicidas.....	87
5.4. Factores de confusión.....	92
5.4.1. Edad	92
5.4.2. Salud	93
5.4.3. Alcohol y tabaco	93
Capítulo VI Conclusiones	
6.1. Limitaciones del estudio.....	95
Bibliografía	96
Anexo 1. Guías de observación para la localidad de Vicente Guerrero	126
1.1. Guía zona urbana	126
1.2. Guía zona agrícola	127
Anexo 2. Guías de entrevista semiestructurada.....	128
2.1. Autoridades de la comunidad de Vicente Guerrero	128
2.2. Distribuidor de insumos químicos	129
2.3. Personal médico del centro de salud.....	130
Anexo 3. Cuestionario de Diagnóstico sobre el Uso de Plaguicidas en la Comunidad Vicente Guerrero, Tlaxcala	131

Índice de cuadros

Cuadro 1. Clasificación de los plaguicidas de acuerdo con su toxicidad aguda....	13
Cuadro 2. Clasificación de los plaguicidas según su vida media de efectividad. ...	14
Cuadro 3. Clasificación de plaguicidas según organismo que controlan.....	14
Cuadro 4. Clasificación de los plaguicidas, según su composición química.	16
Cuadro 5. Clasificación de los pesticidas de acuerdo con su formulación.	17
Cuadro 6. Síntomas generales de intoxicación por plaguicidas.	21
Cuadro 7. Evolución del marco legal para el control de los plaguicidas en México.	33
Cuadro 8. Atribuciones gubernamentales en el registro de plaguicidas en México.	34
Cuadro 9. Principales leyes federales para el control de plaguicidas.....	35
Cuadro 10. Normas Oficiales Mexicanas en materia de plaguicidas.....	36
Cuadro 11. Operacionalización de las variables.	57
Cuadro 12. Características sociodemográficas.	65
Cuadro 13. Número de productores beneficiarios de la localidad Vicente Guerrero, Tlax.	68
Cuadro 14. Plaguicidas utilizados por los productores de la localidad de Vicente Guerrero, Tlax.	69
Cuadro 15. Insectos que perjudican los cultivos de productores de la localidad de Vicente Guerrero, Tlax.	70
Cuadro 16. Arvenses que perjudican los cultivos de productores de la localidad de Vicente Guerrero, Tlax.	71
Cuadro 17. Motivos por los cuales los productores no siguen las dosis indicadas.	73
Cuadro 18. Uso de plaguicidas.	77
Cuadro 19. Prácticas culturales realizadas por productores de la localidad de Vicente Guerrero, Tlax.	78
Cuadro 20. Características sociodemográficas de los grupos en estudio.	79

Cuadro 21. Micronúcleos y anomalías nucleares en células de mucosa bucal de trabajadores agrícolas expuestos a plaguicidas y grupo control.	80
Cuadro 22. Micronúcleos y anomalías nucleares en células de mucosa bucal de trabajadores agrícolas que utilizan o no plaguicidas.	80
Cuadro 23. Relación entre variables y MN presentes en el grupo expuesto.	83

Índice de figuras

Figura 1. Ciclo de los plaguicidas en el medio ambiente.	19
Figura 2. Estructura histológica de las unidades epiteliales proliferativas.	25
Figura 3. Modelo de citoplasma de ensayo de MN bucal.	30
Figura 4. a) Estado de Tlaxcala en la República Mexicana, b) Colindancias del municipio de Españita, c) Sitio de estudio, localidad de Vicente Guerrero.	46
Figura 5. El clima presente en la zona de estudio es templado subhúmedo C(w2).	48
Figura 6. De acuerdo con el INIFAP e INEGI, estos son los tipos de suelos.	49
Figura 7. Uso de suelo y vegetación presente en el municipio de Españita, Tlax.	50
Figura 8. Modelo digital de elevación del municipio de Españita.	51
Figura 9. Hidrografía del municipio de Españita.	52
Figura 10. Ubicación del municipio de Ixtenco, Tlaxcala.	59
Figura 11. Tren de tratamiento del ensayo de MN en células de descamación de la mucosa bucal.	61
Figura 12. Enfermedades reportadas entre los productores de la localidad Vicente Guerrero, Tlax.	66
Figura 13. Porcentaje de cultivos sembrados en la comunidad de Vicente Guerrero, Tlax.	67
Figura 14. Porcentaje de años de la exposición a plaguicidas.	72
Figura 15. Utilización de EPP en la preparación y aplicación de plaguicidas.	73
Figura 16. Partes del cuerpo protegidas.	74
Figura 17. Presencia de sintomatología ante uso de plaguicidas.	75
Figura 18. Disposición final de envases de los plaguicidas.	77

Figura 19. Frecuencia de MN observados en el epitelio de la mucosa bucal en trabajadores agrícolas. a) Con respecto a la edad, b) Con respecto a las enfermedades, c) Con respecto al consumo de alcohol, d) Con respecto al hábito tabáquico, e) Con respecto al tiempo de exposición. 82

Figura 20. Células con anomalías. a) Célula normal, b) Cromatina condensada (CC), c) Cariolisis (CL), d) Cariorrexis (CR), e) Núcleo picnótico (PN), f) Célula binucleada (BN), g) Núcleo lobulado (NL), h-i) Célula con micronúcleos (CMN). Microscópio binocul..... 84

Agradecimientos

A mis padres porque me han enseñado que ante todos los problemas y adversidades teniendo todo para perder, el darse por vencido no es una solución.

A mis hermanos por esas riñas y regaños al final transformados en risas, forma de demostrar nuestro cariño y preocupación.

Al Dr. Antonio y al Dr. Fernando por la paciencia y tolerancia que siempre mostraron ante mí, ya que nunca me negaron su apoyo y un espacio en su laboratorio.

A mi comité tutorial por su entrega en la labor de la enseñanza y por su incondicional apoyo y guía.

Al Grupo Vicente Guerrero, a las autoridades y productores de la localidad de Vicente Guerrero, Españita, Tlaxcala por las facilidades para realizar la presente investigación.

Al CONACYT por la beca otorgada durante la realización de mis estudios de posgrado (CVU 927199).

Introducción

Entre las actividades humanas más importantes se encuentra la agricultura, dado que genera el 28.14 % de empleos totales a nivel mundial (Banco Mundial, 2019) y que, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (FAO por sus siglas en inglés, 2015), produce diariamente en promedio 27.3 millones de toneladas de alimentos. Cabe señalar, que el aumento en la producción agrícola y su alto rendimiento han sido a través de riego y un alto número de insumos convencionales químicos provenientes del desarrollo tecnológico originado a partir de la Revolución Verde (Sarandón & Flores, 2014).

De las más de 70,000 sustancias químicas que se encuentran en el mercado, los plaguicidas sintéticos han venido ocupando desde 1940 un destacado lugar (Arbeláez & Henao, 2004), convirtiéndose en los insumos más aplicados para reducir las pérdidas ocasionadas por microorganismos, insectos, arvenses y otros depredadores de los cultivos (Silveira *et al.*, 2018), sin su uso las pérdidas ocasionadas por algún tipo de plaga en cultivos de frutas, verduras y cereales pueden alcanzar el 78 %, 54 % y 32 % respectivamente (Zhang *et al.*, 2011).

De acuerdo con la FAO (2019), la fabricación y consumo de plaguicidas se ha favorecido a escala mundial, tan solo en 2017 el consumo total fue de 4 113,591.25 millones de toneladas de plaguicidas, siendo Asia el principal consumidor. En México, el consumo de plaguicidas hasta el año 2014, ha registrado un aumento del 59.2 % con respecto al consumo del año 2000 (62,062 toneladas), ubicando el pico más alto en 2010 con un consumo total de 113,880 toneladas de plaguicidas, siendo representativo el consumo de fungicidas y bactericidas (40.5 %), seguido por insecticidas (32.8 %) y herbicidas (26.7 %) durante ese periodo (Bejarano *et al.*, 2017).

Y aunque el control químico ha representado una solución definitiva contra las plagas, su uso cotidiano ha contribuido a la crisis de la agricultura convencional,

agravando problemas como la degradación del suelo, contaminación del ambiente, deterioro de los cuerpos de agua, pérdida de la biodiversidad, dependencia a los insumos químicos y resistencia a los plaguicidas (Gliessman, 2002), dificultando la preservación de los ecosistemas y recursos naturales.

Actualmente, se ha determinado que los plaguicidas utilizados en la agricultura han tenido efectos negativos en la población relacionada directamente con las actividades agropecuarias, estimando que el 3 % de los trabajadores agrícolas expuestos sufren cada año una intoxicación aguda por plaguicidas, presentándose más del 50 % de estas intoxicaciones en países en desarrollo, aunque la cantidad utilizada sea menor (Arbeláez & Henao, 2004). Esta situación de vulnerabilidad se fortalece más ya que en ellos coincide una escasa regulación de estos productos, una falta de sistemas de vigilancia, un menor cumplimiento de las normas y un acceso insuficiente a los sistemas de información (Thundiyil *et al.*, 2008).

En México, su uso comprende principalmente los estados de Sinaloa, Jalisco, Nayarit, Colima, Sonora, Baja California, Tamaulipas, Chiapas, Veracruz, Michoacán, Tabasco, Campeche, Yucatán, estado de México, Puebla y Oaxaca, calculándose que en ellos se aplica 80 % del total de plaguicidas usados en el país (Albert, 2005; García *et al.*, 2018).

Según el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE), el número de casos de intoxicación por plaguicidas registrados en el periodo comprendido de 1995 a 2012 fue de 67,711 casos (DGE, 2013), siendo los estados con mayor incidencia Nayarit, Morelos, Colima, Quintana Roo y Jalisco. En 2019 se reportaron 3062 casos de intoxicación por plaguicidas a nivel nacional, en donde Jalisco presentó la mayor cantidad de casos, seguido de Guerrero, Michoacán, México y Chiapas (DGE, 2019).

De acuerdo con el Sistema de Información Toxicológica (SINTOX) mantenido por la asociación Protección de Cultivos, Ciencia y Tecnología A.C. (PROCCYT), la

frecuencia de intoxicación considerando el grupo químico al que pertenecen los plaguicidas, se establece que los piretroides y los organofosforados causan el 16 % de las intoxicaciones, seguido por los productos combinados y otros grupos 13 % cada uno, carbamatos 11 %, fosfóricos 9 %, mezcla de productos 8 %, se desconoce 7 %, cumarínicos 4 % y Bipiridilos 3 % (PROCCYT, 2015).

Por ello, frente a los graves impactos que ha ocasionado la agricultura moderna, es necesario buscar una forma sustentable como altamente productiva para una población humana en constante crecimiento, por lo cual, la agroecología brinda un nuevo enfoque sobre el desarrollo de la agricultura, basada en la conservación de los recursos, el aprovechamiento de los conocimientos de la agricultura tradicional y el uso de métodos modernos de la ecología, formando una agricultura suficientemente productiva, económicamente viable, ecológicamente adecuada, así como cultural y socialmente aceptable (Gliessman, 2002; Sarandón & Flores, 2014).

Sin embargo, dado que el periodo de transición del actual sistema de producción a un sistema agroecológico no está definido aún, es importante mantener la guardia ante las consecuencias originadas por los diversos factores que influyen en la producción alimentaria actual, por ello, identificar los factores de riesgo al que son expuestos los productores ante el uso de plaguicidas ayudará a prevenir los daños generados a su salud.

Capítulo I

Marco Teórico

1.1. Concepto de plaguicida

La FAO (2015), define en el Código Internacional de Conducta para la Gestión de Plaguicidas, a un plaguicida como:

“Cualquier sustancia o mezcla de sustancias con ingredientes químicos o biológicos destinados a repeler, destruir o controlar cualquier plaga o regular el crecimiento de las plantas. “

Por su parte, la Ley General de Salud (2018), define en el artículo 278 a los plaguicidas como:

“Cualquier sustancia o mezcla de sustancias que se destina a controlar cualquier plaga, incluidos los vectores que transmiten las enfermedades humanas y de animales, las especies no deseadas que causen perjuicio o que interfieran con la producción agropecuaria y forestal, así como las sustancias defoliantes y las desecantes.”

Un plaguicida se encuentra compuesto por un ingrediente activo, aquel que mata, repele o controla la plaga y por otros ingredientes inertes, cuya función es la de atraer a la plaga, aumentar la vida útil del producto o esparcir el producto de manera más uniforme sobre la superficie, así como solventes y compuestos destinados a mejorar la absorción a las hojas (Garcerán & Castillo, 2019). De acuerdo con la base de datos de Pesticide Action Network (2019a), actualmente existe un registro de 6400 ingredientes activos, así como 275 empresas nacionales e internacionales que se dedican a la fabricación, formulación, maquila e importación de plaguicidas para uso agrícola (Gómez-Arroyo *et al.*, 2013).

1.2. Clasificación de los plaguicidas

Los plaguicidas presentan múltiples clasificaciones que van en función de sus características, de acuerdo con la Organización Mundial de la salud y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (WHO y UNEP por sus siglas en inglés, 1992) estas son las principales:

1.2.1. Toxicidad

Se define como la capacidad intrínseca que posee un agente químico de producir efectos adversos sobre un órgano (Holmberg *et al.*, 1998). Para su medición es necesario considerar la dosis letal (DL₅₀) representada por la cantidad necesaria para eliminar al 50% de una población, expresada en miligramos de plaguicida por kilogramo de peso corporal del organismo sometido. Cabe señalar que el parámetro varía conforme a múltiples factores, en el caso de los plaguicidas será de acuerdo con su formulación, la vía de exposición y características del personal ocupacionalmente expuesto entre otras.

En base a los peligros ambientales, físicos y a la salud que conlleva el uso de plaguicidas, Organización Mundial de la Salud (2010) divide a los plaguicidas en cinco grupos, indicando valores vía oral y dermal probados con ratas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación de los plaguicidas de acuerdo con su toxicidad aguda.

Clasificación WHO		LD ₅₀ en ratas	
		mg/kg peso corporal	
		Oral	Dermal
Ia	Sumamente peligroso	<5	<50
Ib	Muy peligroso	5-50	50-200
II	Moderadamente peligroso	50-2000	200-2000
III	Poco peligroso	>2000	>2000
U	Es poco probable que presenten un peligro agudo	>5000	

Fuente: (WHO, 2010)

Dado que se han identificado plaguicidas altamente peligrosos para la salud y el medio ambiente, algunos han sido prohibidos o se encuentran rigurosamente restringidos esto de acuerdo con la segunda reunión conjunta sobre el manejo de plaguicidas (Bejarano *et al.*, 2017).

1.2.2. Persistencia

Se define como la capacidad del plaguicida de conservar sus características físicas, químicas y funcionales en el suelo, durante un período limitado de tiempo, luego de ser aplicado. Esta se mide a través del tiempo de vida media (t_{1/2}), el cual

representa el tiempo que tarda en alcanzar la mitad de la concentración inicial. La persistencia del compuesto está fuertemente ligada a procesos tales como fotodescomposición, hidrólisis, degradación microbiana y oxido-reducción. De este modo, los plaguicidas con mayor $t_{1/2}$ son altamente persistentes en el ambiente y con mayor potencial de lixiviación o de erosión hídrica (Aparicio *et al.*, 2015).

Ramírez y Lacasaña (2001), agrupan a los plaguicidas por su persistencia en el sustrato en cuatro grupos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Clasificación de los plaguicidas según su vida media de efectividad.

Persistencia	Vida media	Ejemplos
No persistente	De días hasta 12 semanas	Malatión, diazinón, carbarilo, diametrín
Moderadamente persistente	De 1 a 18 semanas	Paratión, lannate
Persistente	De varios meses a 20 años	DDT, aldrín, dieldrín
Permanentes	Indefinidamente	Productos hechos a partir de mercurio, plomo, arsénico

Fuente: (Ramírez & Lacasaña, 2001)

1.2.3. Organismos que controlan

De acuerdo con el tipo de plaga que controlan considerando que uno puede ser parte de más de un grupo, existiendo casos en que puede actuar sobre varias plagas u organismos, se clasifican como se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3. Clasificación de plaguicidas según organismo que controlan.

Tipos de plaguicidas	Organismo que controlan
Insecticidas	Insectos
Acaricidas	Ácaros y/o arañas
Herbicidas	Malezas
Fungicidas	Hongos
Rodenticidas	Roedores
Nematicidas	Nemátodos
Molusquicidas	Caracoles y babosas
Bactericidas	Bacterias
Fumigantes	Plagas de depósitos

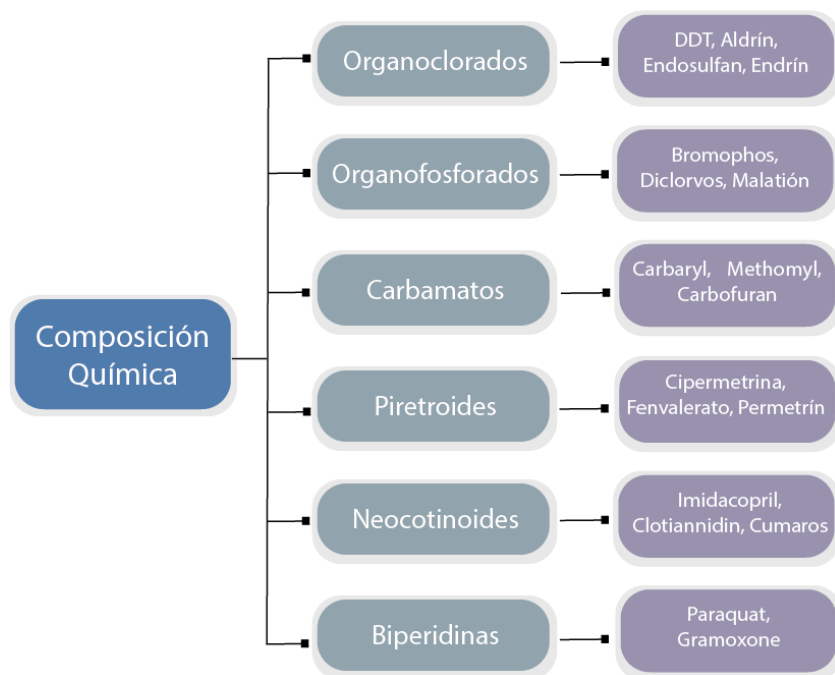
Fuente: (Ramírez & Lacasaña, 2001)

1.2.4. Composición química

Los plaguicidas se clasifican en orgánicos e inorgánicos siendo los primeros de principal importancia (Cuadro 4), dada su demanda y daño que generan a la salud (Ramírez & Lacasaña, 2001). Entre sus principales características se presentan las siguientes:

- ❖ *Organoclorados*, comprenden un grupo de compuesto orgánicos de síntesis de gran peso molecular derivados de hidrocarburos complejos, en los que un hidrógeno es sustituido por cloro. Estos plaguicidas tienen ciertas características fisicoquímicas como alta persistencia, toxicidad, bioacumulación y potencial de transporte de largo alcance (Kang & Chang, 2011), por su alta persistencia en el ambiente son considerados altamente peligrosos por el Convenio de Estocolmo (UNEP, 2009).
- ❖ *Organofosforados*, son ésteres, amidas o tioles derivados del ácido fosfórico, debido a su baja persistencia en el medio ambiente y su alta efectividad han sido usados ampliamente. Su mecanismo tóxico es a nivel sináptico, ya que al enlazarse con la acetilcolinesterasa inhibe su actividad enzimática, originando la estimulación de receptores a nivel muscarínicos, nicotínicos y efectos en el sistema nervioso central (Badii & Varela, 2008).
- ❖ *Carbamatos*, son productos derivados del ácido carbámico, compuestos biodegradables mediante la exposición a los rayos solares, no son bioacumulables, son liposolubles y en su mayoría son de mediana y baja toxicidad, con excepción del Aldicarb y Carbofuran que son de alta toxicidad para el ser humano (Ortíz *et al.*, 2013). De la misma forma que los compuestos organofosforados, los carbamatos también afectan las señales nerviosas que resultan en la muerte de la plaga por envenenamiento (Yadav & Devi, 2017).

Cuadro 4. Clasificación de los plaguicidas, según su composición química.



Fuente: (Albert, 2005; Díaz & Betancourt, 2018; Ferrer, 2003)

- ❖ *Piretroides*, son ésteres sintéticos basados en piretrinas naturales, que se encuentran en las flores de crisantemo (Díaz & Betancourt, 2018). Son ampliamente utilizados en la agricultura, así como, en hogares, almacenes, granjas y edificios públicos, por lo cual se encuentran en diversas formulaciones (Saillenfait *et al.*, 2015).
- ❖ *Neonicotinoides*, tienen en su estructura un radical nitrógeno o ciano, son clasificados en heterocíclicos y acíclicos según su estructura, así como, son considerados compuestos hidrosolubles (Estrada *et al.*, 2016). Han sido promocionados como sustancias de bajo riesgo, sin embargo, son persistentes en el ambiente, detectándose en suelo, cuerpos de agua, humedales, plantas no objetivo, vertebrados y alimentos (Cimino *et al.*, 2017).

- ❖ *Bipiridilos* son herbicidas no selectivos que se usan bastante, entre sus características son sólidos, insípidos e inodoros, muy solubles en agua y suelen activarse rápidamente al contacto con la tierra. El más representativo de este grupo es el Paraquat, herbicida de contacto ampliamente utilizado como control de malezas y regulador de crecimiento vegetal (Ferrer, 2003).

1.2.5. Por su formulación

Los pesticidas pueden clasificarse según su presentación (Cuadro 5), característica que determina en buena medida la facilidad de penetración en el organismo del individuo expuesto.

Cuadro 5. Clasificación de los pesticidas de acuerdo con su formulación.

Formulación	Variante
Sólida	Granulado fino
	Polvos
	Tabletas o pastillas
	Cebos envenenados
	Pasta sólida
	Micro-encapsulados
Líquida	Suspensiones acuosas
	Solución concentrada
	Emulsión
	Pasta gelatinosa
Gaseosa	Gases licuados o comprimidos

Fuente: (CICOPLAFEST, 2004)

1.2.6. De acuerdo con su uso

Se clasifican en agrícolas, forestales, urbanos, pecuarios, domésticos e industriales, siendo la agricultura la actividad que más emplea este tipo de compuestos, consumiendo hasta el 85 % de la producción mundial, mientras que solo un 10 % es empleado en el sector salud para el control de las enfermedades transmitidas por vectores como la malaria, dengue, enfermedad de Chagas entre otras (Del Puerto *et al.*, 2014; Martínez-Valenzuela *et al.*, 2019).

1.3. Ciclo de los plaguicidas en el ecosistema

De acuerdo con las investigaciones de Pimentel (1995), menos del 0.1 % de los pesticidas aplicados alcanzan a cubrir las plagas objetivo, por lo tanto, la porción restante queda en el follaje, una más llega al suelo pudiendo filtrarse; una vez dispersados en el ambiente se convierten en contaminantes de los factores bióticos y abióticos, amenazando su estabilidad y representando un peligro a la salud pública (Del Puerto *et al.*, 2014; Martínez-Valenzuela *et al.*, 2019).

La interacción plaguicida-suelo-planta es compleja, intervienen diversos procesos de tipo físico, químico y microbiológico, todos relacionados entre sí (Fig. 1), de los cuales los principales son:

- ❖ *Adsorción*, es el principal mecanismo de retención de agroquímicos en el suelo y de ella dependerá la introducción de los plaguicidas a la cadena trófica por la adsorción de microorganismos y plantas (Porta *et al.*, 2003).
- ❖ *Lixiviación*, representa el proceso por el cual el plaguicida se mueve a través de las fases del suelo, ya sea asociado, en disolución o suspendido siendo favorecida por la solubilidad del compuesto en el agua, su naturaleza química y el valor de pH (Del Puerto *et al.*, 2014; Navarro & Barba, 1995).
- ❖ *Volatilización*, representa la dispersión del plaguicida por la atmósfera y se encuentra ligada con su presión de vapor, depende en gran manera de la temperatura, pH, contenido en agua, así como, la naturaleza del plaguicida, su concentración en el suelo y el grado de adsorción que presente. Las pérdidas por volatilización son muy variadas desde insignificantes hasta más del 50 % de lo aplicado (Porta *et al.*, 2003).

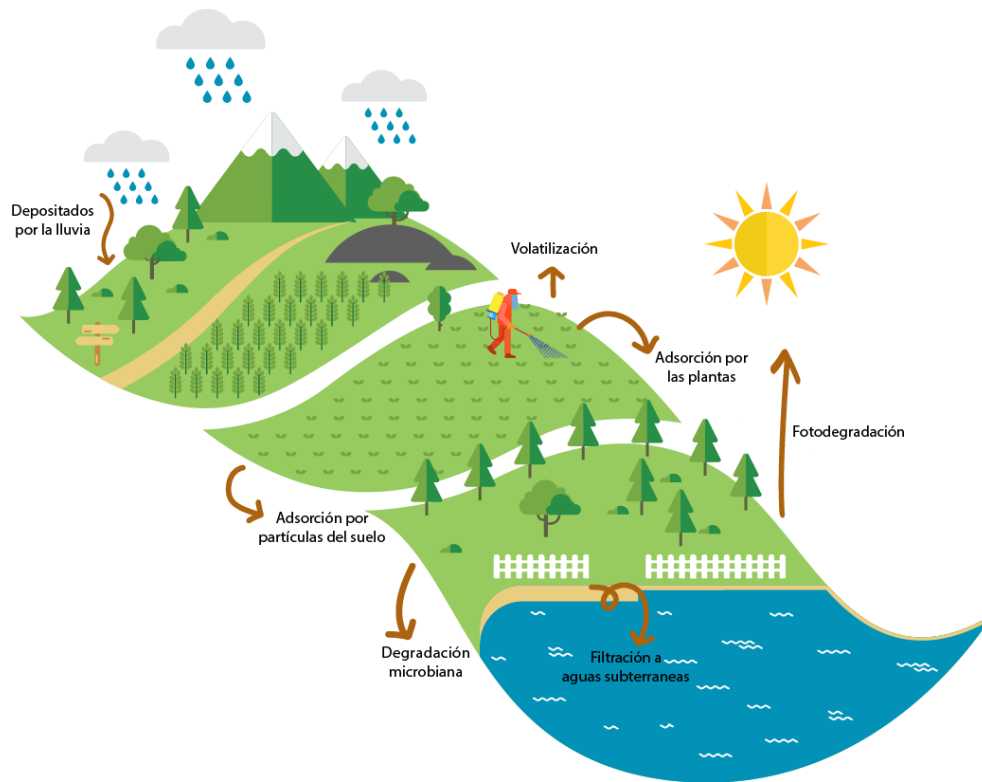


Figura 1. Ciclo de los plaguicidas en el medio ambiente.
Fuente: Elaboración propia

- ❖ *Degradación*, proceso responsable de la desaparición de los plaguicidas en el suelo, agua o aire. Actualmente, existen diversas tecnologías para la destrucción de plaguicidas, que van desde los tratamientos físicos como la adsorción y filtros percoladores hasta tratamientos biológicos y procesos avanzados de Malato oxidación, así como alternativas con aplicación de biotecnología (Malato *et al.*, 2001).

1.3.1. Contaminación del aire

El aire constituye una ruta importante de transporte y distribución de los plaguicidas, la volatilización desde el suelo depende de factores como la presión de vapor, la solubilidad del plaguicida en agua, las condiciones ambientales y la naturaleza del sustrato, así como del tamaño de partícula, los cuales contribuye en gran parte al efecto de arrastre, contaminando zonas habitadas o cultivos cercanos (Del Puerto *et al.*, 2014).

1.3.2. Contaminación del suelo

La presencia de los plaguicidas en los suelos agrícolas es producto de diversas vías, unas veces por la aplicación de los diversos tratamientos sobre las partes áreas de los cultivos. Al estar incorporado en el suelo, entra en un comportamiento dinámico, donde empieza a degradarse en el sitio, a desplazarse del sistema inicial a otros sistemas, a mantenerse con su estructura original o posiblemente a degradarse durante un tiempo variable (Navarro y Barba, 1995).

1.3.3. Contaminación del agua

Entre las principales formas de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, García (1997) y Del Puerto *et al.*, (2014) coinciden que suelen darse al utilizar los ríos para arrojar desechos contaminados con residuos de plaguicidas, lavar el equipo utilizado en las aplicaciones de estos productos directamente en las fuentes de agua o muy cerca de ellas, así como, por la escorrentía, infiltración o como consecuencia del efecto de la deriva (“drift”), especialmente cuando se realizan aplicaciones aéreas. Y aunque el suelo agrícola es el receptor inicial de los plaguicidas aplicados, los cuerpos de agua adyacentes a estas áreas suelen ser los receptores finales (Díaz & Betancourt, 2018).

1.4. Efectos de los plaguicidas en la salud humana

Se ha estimado que al redor de 5,000 a 20,000 personas han muerto y de 500,000 a 1 millón de personas se intoxican cada año por el contacto con plaguicidas y de estos al menos la mitad de los intoxicados y el 75 % de los que mueren son trabajadores agrícolas, el resto está siendo envenenado al consumir alimentos contaminados (OMS, 1990; Yadav & Devi, 2017).

La exposición a los plaguicidas puede producirse directamente a través de una exposición intencional, dado que los plaguicidas han sido utilizados como medio de intentos de suicidio a nivel mundial así como, por una exposición ocupacionalmente,

y de forma indirecta (exposición no ocupacional), a través de la dieta (Ki-Hyun *et al.*, 2017; Sabarwal *et al.*, 2018).

El cuerpo humano absorbe estas sustancias por las vías respiratorias (inhalación), la piel (dérmica), los ojos y en menor cantidad por vía oral (boca), una vez en el organismo pueden causar daño en los tejidos o una perturbación en el funcionamiento del cuerpo (Alewu & Nosiri, 2011). Una exposición aguda, generalmente aparece poco tiempo después del contacto o exposición al plaguicida, con efectos sistémicos o localizados (Del Puerto *et al.*, 2014; Yadav & Devi, 2017) y se caracteriza por la presencia de algunos síntomas (Cuadro 6).

Cuadro 6. Síntomas generales de intoxicación por plaguicidas.

Intoxicación leve	Intoxicación moderada	
Cualquiera de los siguientes:	Presencia de los síntomas por envenenamiento leve más cualquiera de los siguientes:	
<ul style="list-style-type: none"> • Irritación de la nariz, garganta, ojos o piel • Dolor de cabeza • Mareos • Pérdida del apetito • Sed • Nauseas • Diarrea • Sudoración • Debilidad o fatiga • Inquietud • Nerviosismo • Cambios de humor • Insomnio 	<ul style="list-style-type: none"> • Vómito • Salivación excesiva • Tos • Sensación de constricción • Calambres abdominales • Visión borrosa • Aceleración del ritmo cardíaco • Transpiración excesiva • Debilidad profunda • Temblores • Falta de coordinación • Confusión mental • Incapacidad para respirar 	<ul style="list-style-type: none"> • Presencia de flemas o mucosa en las vías respiratorias • Pupilas pequeñas o puntiformes • Quemaduras químicas en la piel, garganta y pecho • Aumento de la frecuencia respiratoria • Pérdida de reflejos • Espasmos • Inconsciencia • Muerte

Fuente: (Yadav & Devi, 2017)

Por el contrario, el efecto nocivo que se produce por pequeñas dosis repetidas durante un periodo de tiempo se le conoce como exposición crónica, los síntomas no se presentan de inmediato, pero si en una etapa posterior, por lo cual es más

difícil determinar la toxicidad por este tipo de exposición (Yadav & Devi, 2017). Los efectos neurológicos e inmunológicos, carcinogénesis, neurotoxicidad y problemas en el desarrollo reproductivo se han asociado a este tipo de exposición (Bolognesi *et al.*, 2011; Marcelino *et al.*, 2019).

Algunos aspectos relevantes sobre la salud se describen a continuación:

1.4.1. Efectos neurotóxicos

El desarrollo de diversas pruebas ha vinculado la exposición a plaguicidas principalmente con tres enfermedades degenerativas como el Alzheimer (Hayden *et al.*, 2010), el Parkinson (Brouwer *et al.*, 2017) y la Esclerosis Lateral Amiotrófica (Kamel *et al.*, 2012). Así mismo y dado que el mecanismo de acción de plaguicidas organofosforados y carbamatos se basa principalmente en la fosforilación de la enzima acetilcolinesterasa (AChE) en las terminaciones nerviosas (Badii & Varela, 2008), la exposición a este tipo de plaguicidas se ha relacionado con la disminución de esta enzima en eritrocitos y plasma (Dutta & Bahadur, 2019; López *et al.*, 2015; López-Martínez *et al.*, 2018), inclusive en niños se ha registrado una disminución en 15 % y hasta en un 19 % (Gamlin *et al.*, 2007).

1.4.2. Toxicidad reproductiva

Dentro de los daños que genera la exposición a pesticidas se ha determinado que la calidad del semen de trabajadores expuestos se ha visto afectada en una reducción significativa en el conteo de espermatozoides, menor motilidad y mayor frecuencia de anomalías (Martínez-Luna *et al.*, 2014). En mujeres se ha identificado una relación entre la madurez placentaria y la exposición a plaguicidas organofosforados, lo que puede afectar el transporte de nutrientes de la madre al feto (Acosta-Maldonado *et al.*, 2009), también se han encontrado concentraciones elevadas de DDT y B-HCH en suero de madres con niños con criptorquidia (testículos no descendidos) (Montes *et al.*, 2010).

1.4.3. Carcinogénesis

Distintos estudios han revelado una asociación muy fuerte en entre los plaguicidas y el desarrollo de cáncer tanto en niños como en adultos. Entre los tipos de cáncer que se han relacionado por medio de diversos estudios se encuentran el cáncer de colon, de vejiga y de pulmón, hematológico, leucemia, Linfoma de no Hogkind, meningioma y varios tipos de cáncer relacionados con procesos hormonales como el de mama y tiroides (Arrebola *et al.*, 2015; Koutros *et al.*, 2009; Lerro *et al.*, 2015; Luqman *et al.*, 2014; Maryam *et al.*, 2015; Navarrete-Meneses & Pérez-Vera, 2019; Samanic *et al.*, 2008; Smith *et al.*, 2017).

1.4.4. Alimentos

Debido a las propiedades lipofílicas de los plaguicidas, estos tienen la capacidad de bioacumularse, lo que les permite aumentar su vida media y pasar a diferentes eslabones de la cadena alimenticia, en un fenómeno conocido como biomagnificación, por lo cual el consumo de alimentos ricos en grasa representa otra ruta de exposición (Ortíz *et al.*, 2013). En la carne de ovejas se han determinado niveles altos de plaguicidas organoclorados (Pardío *et al.*, 2012). En la leche de vacas industrializadas se encontraron concentraciones de endosulfán sulfato de hasta 0.0009 µg/g y los isómeros de HCH en 0.0007 µg/g aunque estos no exceden los límites del Codex Alimentarius (Gutierrez *et al.*, 2013). En hortalizas se han hallado residuos de piretroides con concentraciones de 0.004 µg/g a 0.57 µg/g, estando en mayor concentración cifultrín, insecticida usado en cebollas (Aldana-Madrid *et al.*, 2011).

1.5. Cavidad bucal y evaluación del daño genotóxico

1.5.1. Estructura de la cavidad bucal

La cavidad bucal se encuentra tapizada por una membrana de mucosa integrada por dos capas de tejidos estructural y embriológicamente diferentes; una capa superficial constituida por tejido epitelial, de origen ectodérmico (epitelio) y otra capa subyacente de tejido conectivo, de origen ectomesenquimático (lámina propia o

corión), ambas conectadas por la membrana basal (Gómez de Ferraris & Campos Muñoz, 2004).

El epitelio de la mucosa bucal es de tipo plano o pavimentoso estratificado, puede ser queratinizado, paraqueratinizado o no queratinizado, presentando diferentes estructuras de acuerdo con su localización.

- ❖ Epitelio queratinizado, compuesto por cuatro estratos o capas: estrato basal o germinativo, constituido por una capa única de células de forma cúbica o cilíndrica, en este estrato empieza el proceso de renovación a partir de células madre; estrato espinoso, superficie formada por varias filas de células elípticas con núcleo redondo, más o menos pequeño; estrato granular, construido por dos o tres capas de células escamosas que contienen pequeños gránulos de queratohialina (Squier & Brogden, 2011) y el estrato corneo, caracterizado por estar constituido por células planas sin núcleo evidente (Gómez de Ferraris & Campos Muñoz, 2004).
- ❖ Epitelio paraqueratinizado, presenta iguales características al nivel anterior en los estratos basal, espinoso y granuloso; este último menos desarrollado. Las diferencias se observan en el estrato córneo, ya que en este tipo de epitelio los elementos celulares conservan sus núcleos y también algunas organelas parcialmente lisadas hasta que se descaman. Sus núcleos son picnóticos con cromatina densa (Gómez de Ferraris & Campos Muñoz, 2004).
- ❖ Epitelio no queratinizado, se encuentra formado por tres capas: capa basal con células semejantes a las descritas anteriormente; capa intermedia con células poliédricas con núcleo redondo de cromatina laxa y citoplasma basófilo (se tiñe fácilmente con colorantes básicos) y la capa superficial, constituida por células aplanadas, nucleadas, de aspecto normal sin cambios nucleares ni citoplasmáticos (Gómez de Ferraris & Campos Muñoz, 2004).

La población epitelial que reviste la mucosa bucal es renovada de forma permanente gracias al equilibrio biológico de las células que se descaman en la superficie y las que se forman por mitosis en la capa basal.

En la fig. 2 el diagrama representa una columna hexagonal formada por todos los estratos clásicos, debajo de ella, dividido en dos áreas distintas se encuentra el estrato basal: en el área central, se ubican las células madre y en el área periférica formada por seis o siete queratinocitos, el resultado de la diferenciación y emigración de las células hija que surgen de la mitosis. Del lado izquierdo se puede observar como las células ascienden al estrato espinoso y así sucesivamente hasta la descamación (Gómez de Ferraris & Campos Muñoz, 2004).

Cabe señalar que factores hormonales o de citoquinas pueden influir en la renovación celular, inhibiendo, inflamando o dañando el grado de queratinización, entre otros.

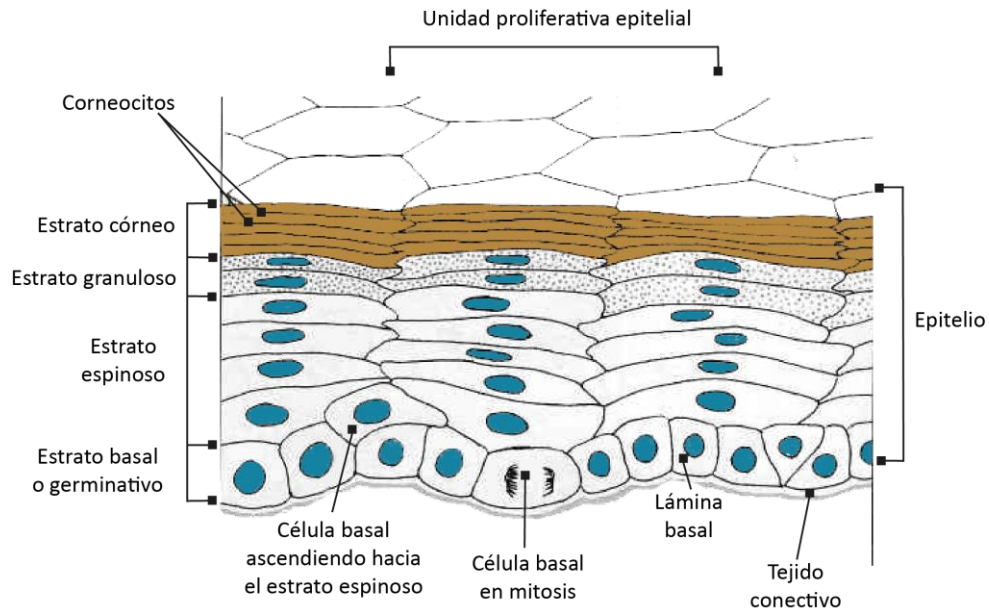


Figura 2. Estructura histológica de las unidades epiteliales proliferativas.

Fuente: (Gómez de Ferraris & Campos Muñoz, 2004)

1.5.2. Evaluación del daño genotóxico

La biomonitorización genotóxica en las poblaciones humanas es un instrumento útil para estimar el riesgo genético de una exposición integrada a mezclas complejas de productos químicos (Bolognesi, 2003).

Se define a un biomarcador como cualquier sustancia, estructura o proceso que puede medirse en el cuerpo o en sus productos e influir o predecir la incidencia de un resultado o una enfermedad. Estos se encuentran clasificados en biomarcadores de exposición, de efecto y de susceptibilidad (WHO & IPCS, 2001).

- ❖ Biomarcadores de exposición, evalúan en un organismo la presencia de una sustancia exógena, un metabolito o el producto de la interacción entre el agente xenobiótico y una molécula o célula diana (Arango, 2012). El análisis se realiza fundamentalmente en fluidos corporales como sangre y orina si hablamos de compuestos estables como lo es ante una exposición a metales pesados pero también es posible realizarlo en aire espirado si se trata de sustancias volátiles (Granjean, 1998).
- ❖ Biomarcadores de respuesta o efecto, evalúan la alteración bioquímica, fisiológica o de comportamiento producida en el organismo que puede ser asociada con una enfermedad (Arango, 2012). Por su rápida correlación con el grado de exposición a veces, han sido empleados como signos biológicos indirectos de exposición (Manno *et al.*, 2010), ejemplo de esto es la inhibición de la actividad de la acetilcolinesterasa de los glóbulos rojos (AChE) por la exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos (Granjean, 1998).
- ❖ Biomarcadores de susceptibilidad, son empleados como indicadores de sensibilidad individual al efecto de un xenobiótico o grupo de compuestos tóxicos, haciendo hincapié sobre todo en la susceptibilidad genética. Un ejemplo de este tipo son las deficiencias de alfa₁-antitripsina o de glucosa-6-fosfato deshidrogenasa que son rasgos heredados y que reducen los

mecanismos de defensa del cuerpo provocando hipersusceptibilidad a determinadas exposiciones (Granjean, 1998).

Un grupo importante de biomarcadores de efecto que se han desarrollado y que ahora se aplican más a poblaciones expuestas ocupacionalmente son los biomarcadores de genotoxicidad (Manno *et al.*, 2010) encargados de evaluar las respuestas genotóxicas transitorias y permanentes a mutágenos y carcinógenos (Bolognesi, 2003). Estas pruebas incluyen ensayos como las aberraciones cromosómicas (CA), intercambios de cromátidas hermanas (SCE), micronúcleos (MN), y recientemente, electroforesis en gel de una sola célula (SCGE) (Bolognesi, 2003; Bonassi & Au, 2002; Manno *et al.*, 2010).

1.5.3. Micronúcleos (MN) y Anormalidades Nucleares (AN)

El ensayo de micronúcleos (MN) es un biomarcador de efecto ampliamente usado en estudios para evaluar el daño cromosómico a través del monitoreo de poblaciones expuestas a una variedad de agentes mutagénicos y cancerígenos físicos y químicos (Holland *et al.*, 2008). Puede evaluarse fácilmente en eritrocitos, linfocitos y epiteliales exfoliados como la cavidad oral y nasal, los bronquios, el esófago, el cuello del útero y la vejiga (Bonassi *et al.*, 2011; Stich *et al.*, 1983).

Los micronúcleos son formados por daño cromosómico en las células basales del epitelio durante la transición de metafase-anafase en mitosis y pueden ser cromosomas completos rezagados por el daño al uso mitótico (efecto aneuploidógeno) o bien fragmentos de cromosomas sin centrómero (daño clastogénico), (Schmid, 1975).

Estos fragmentos forman sus propias membranas y aparecen como cuerpos de Feulgen - específicos al quedarse atrás y excluirse de los núcleos principales en las células hijas. Son estas células las que más tarde maduran y se exfolian (Rosin, 1992) permitiendo así la evaluación del daño del ADN (Bonassi *et al.*, 2011), al

colectarse por procedimientos no invasivos, de forma fácil y rápida (Bonassi *et al.*, 2011; Holland *et al.*, 2008; Tolbert *et al.*, 1992).

Cabe señalar que, la absorción de colorantes y la observación e identificación de la características morfológicas del núcleo y la membrana celular se ven favorecidas al considerar que aproximadamente el 60% del total de la superficie del revestimiento oral es epitelio no queratinizado (Squier & Kremer, 2001).

Por otro parte, las anomalías nucleares (AN) observadas en células exfoliadas por Tolbert *et al.*, (1992), son consideradas fenómenos que pueden ocurrir en procesos normales de diferenciación celular así como, indicadores de daño al ADN, citotoxicidad y muerte celular.

Dado que la mayoría de los cambios en una célula neoplásica se producen en el núcleo, mostrando modificaciones en el tamaño, la densidad y la distribución de la cromatina; pueden distinguirse células anormales por dichas alteraciones ya sea en el citoplasma o en la morfología del núcleo (Torres-Bugarín *et al.*, 2014). De acuerdo a las observaciones de Holland *et al.*, (2008) y Tolbert *et al.*, (1992) estas son sus principales características:

- ❖ Células normales (CN): se presentan con núcleo redondo u oval, uniformemente teñido. No contienen ningún otro cuerpo o estructura aparte del núcleo que contenga ADN, estas células son consideradas como células totalmente diferenciadas y no se observan divisiones celulares.

- ❖ Célula Micronucleada (CMN): se caracterizan por la presencia de un núcleo principal y uno o más pequeñas estructuras nucleares denominadas MN. Los MN tienen una forma redonda o almendrada y miden entre 1/3 y 1/16 del núcleo principal, presentan la misma intensidad, textura y plano focal que el núcleo.

- ❖ Cromatina condensada (CC): estas células tienen núcleos intensamente teñidos, con regiones condensadas o cromatina agregada exhibiendo un patrón nuclear moteado o estriado. Es evidente que la cromatina está agregada en algunas regiones del núcleo; mientras que se pierde en otras áreas, así cuando la condensación es extensa da la apariencia de un núcleo fragmentado.
- ❖ Cariorrexis (CR): estas células presentan un núcleo caracterizado por la agregación de cromatina, visualizada como un patrón denominado manchado nuclear, lo cual es indicativo de la fragmentación nuclear que conducirá a la desintegración nuclear.
- ❖ Núcleo picnótico (NP): las células se caracterizan por tener un núcleo pequeño, con alta densidad de material nuclear que está uniformemente distribuido, pero muy manchado. El diámetro del núcleo es aproximadamente de 1/3 del núcleo normal. La picnosis representa una condensación irreversible de la cromatina en el núcleo de las células en proceso de apoptosis y se cree que precede a la cariorrexis (Zamzami & Kroemer, 1999).
- ❖ Cariolisis (CL): estas células están completamente vacías de ADN, por lo tanto, no tienen núcleo, lo que probablemente representa una fase muy avanzada en el proceso de muerte celular.
- ❖ Núcleo lobulado, también llamado prolongación nuclear, bud cell o broken eggs (NL, BE): este tipo de células presentan una constricción en un extremo del núcleo, sugestivos de un proceso de eliminación de material nuclear por gemación. El lóbulo formado tiene las mismas características morfológicas y de tensión que el núcleo, pero el tamaño es de 1/3 a 1/4 del núcleo.
- ❖ Células binucleadas (BN); son células que contienen dos núcleos principales, usualmente se encuentran muy próximos e incluso podrían hacer contacto,

ambos presentan morfología y tinción similar a un núcleo normal. Su formación parece estar relacionada con la interferencia durante los procedimientos al final de la división celular.

Aunque el mecanismo de formación de cada anomalía aún no ha sido comprobado, se ha relacionado la presencia de células con núcleo picnótico, cromatina condensada, cariorrexis y cariólisis con el proceso de muerte celular, mientras que, células con núcleo lobulado y la presencia de micronúcleos con un daño al DNA (Fig. 3).

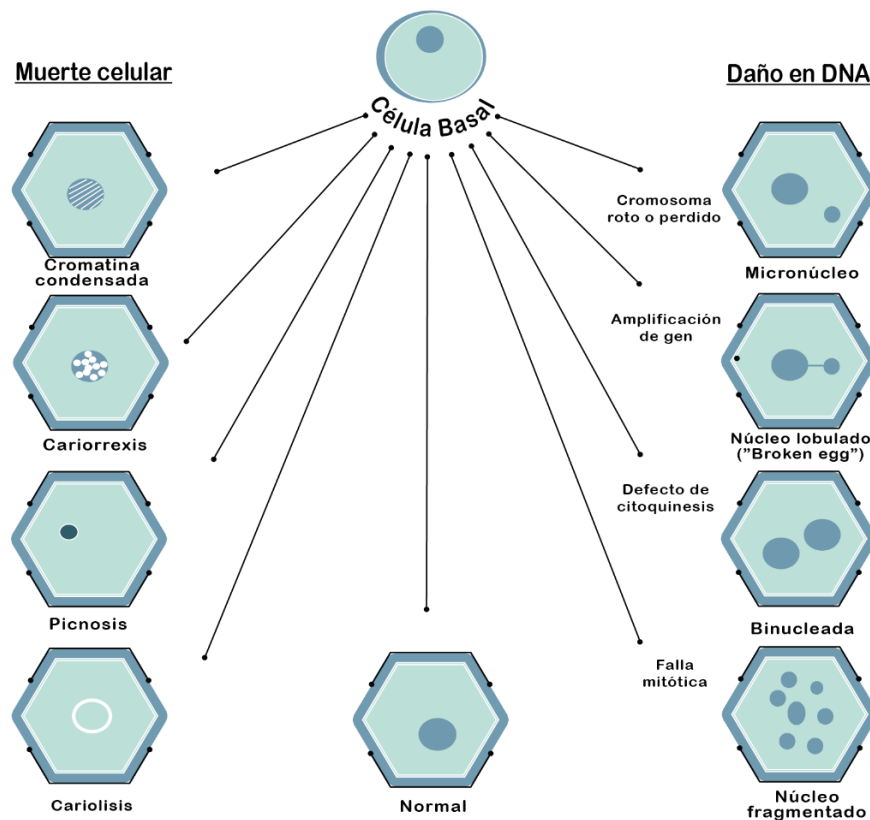


Figura 3. Modelo de citoplasma de ensayo de MN bucal.

Diagrama esquemático de los diferentes tipos de células bucales y los posibles mecanismos de su origen. La mayoría de estas células tienen un citoplasma grande en relación con el núcleo, y la forma de la célula es angular más que esférica; la excepción son las células basales. La inestabilidad genómica o el insulto genotóxico en las células basales conducen a la rotura/pérdida de cromosomas y a la formación de MN. Algunas células con daño genómico pueden ser eliminadas a través del proceso apoptótico. Las células hijas de la capa basal se diferencian en "células espinosas" que eventualmente se diferencian en la superficie aplanada y queratinizada de las células de la mucosa

que se exfolian de la superficie del revestimiento oral. Cada uno de estos tipos de células puede contener MN en mayor o menor medida. Los mecanismos moleculares que conducen a los diversos eventos de muerte celular, y sus interrelaciones, son desconocidos.

Fuente: (Holland *et al.*, 2008)

La detección de MN y AN representa una gran oportunidad para el monitoreo de los efectos de múltiples factores, incluyendo las exposiciones ambientales y ocupacionales, la radioterapia, la quimio prevención, hábitos, cáncer y otras enfermedades, por lo cual son considerados una buena herramienta para la determinación del riesgo genético asociado a la exposición de plaguicidas (Bolognesi *et al.*, 2011).

1.6. Marco Legal

La base legal en México se encuentra establecida por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, siendo los principales artículos involucrados en la legislación de plaguicidas, el Art. 1°, referente a la protección de los derechos humanos; el Art. 4°, referente a la protección de la salud; el Art. 6°, referente al derecho a la información; el Art. 27°, sobre la propiedad de la nación de aguas y suelos, así como el Art. 123°, que hace habla sobre la protección de los trabajadores (Albert, 2019b). De estos artículos se desprenden las leyes, reglamentos y normas actuales para el control de los plaguicidas (Regulación Nacional).

Por otra parte, la comunidad mundial se ha involucrado en la cooperación política, técnica y científica sobre sustancias peligrosas (entre ellas los plaguicidas), a través de compromisos multilaterales en forma de acuerdos, convenios y estrategias de colaboración y asistencia internacional. Actualmente, México es parte de los principales convenios internacionales, siendo ratificada la decisión por el Congreso Mexicano, lo que implica que dichos compromisos se vuelvan ley nacional (Mendoza & Ize, 2017).

1.6.1. Regulación Nacional

El uso de plaguicidas en México tuvo su inicio en 1946 por cuestiones de salud pública, mientras que el marco legal para su control data de 1924 con la primera Ley de Plagas (Albert, 2019a), seguida de diversas modificaciones, así como de la implementación de sus respectivos reglamentos (Cuadro 7). Antes de 1987 todas las actividades relacionadas con el control y registro de plaguicidas correspondían a la Secretaría de Agricultura, la cual aprobaba estos productos considerando solo su eficacia biológica, dejando de fuera los riesgos a la salud, el ambiente o la opinión de terceras personas. De acuerdo con Albert (2019a) esto permitió la entrada de plaguicidas peligrosos por un lapso de un poco más de 40 años, haciendo su registro público en Diario Oficial de la Federación (DOF), lamentablemente con datos incompletos.

Con la creación de la Comisión Intersecretarial para el Control de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST) a finales de 1987, se establecieron procedimientos uniformes e integrales para otorgar licencias, permisos y registros incluidos los plaguicidas, y a partir de 1993, después de la entrada del Tratado de Libre Comercio (TLC) y de la Ley Federal de Metrología y Normalización (LFMN) se empezaron a emitir normas sobre el uso de plaguicidas (Albert, 2019a), concertando los registros de estos productos con los de Estados Unidos y Canadá (Bejarano *et al.*, 2017).

Hoy en día, la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), es el organismo que autoriza el registro sanitario para la venta y el uso de sustancias sujetas a control sanitario en el país, entre ellas los plaguicidas (Bejarano *et al.*, 2017). Para ello, la COFEPRIS solicita estudios que demuestren la composición e identidad del producto, sus propiedades físicas y químicas, los métodos analíticos para cuantificarlo, su destino ambiental y sus efectos toxicológicos y ecotoxicológicos, para poder tomar la decisión de entregar o no el registro (Bejarano *et al.*, 2017; Mendoza & Ize, 2017).

Cuadro 7. Evolución del marco legal para el control de los plaguicidas en México.

Titulo	Año	Lineamientos	Reglamento	Año
1. Ley de plagas	1924	Para el uso de las sustancias empleadas en el combate de las plagas agrícolas y de los bosques, principalmente de aquellas que representaran un grave perjuicio económico.	<ul style="list-style-type: none">• Reglamento de la Policía Agrícola	1940
2. Ley de Sanidad Fitopecuaria	1942	Para la protección de la agricultura y de los animales que ayudaban al desarrollo de esta. Regulaba estas sustancias tanto en uso doméstico como agrícola.	<ul style="list-style-type: none">• Reglamento para la inspección, certificación y venta de parasiticidas, herbicidas y maquinaria	1942
3. Nueva Ley de Sanidad Fitopecuaria	1974	Introdujo la idea de protección del suelo, considerándolo como elemento indispensable para la agricultura y la vida.	<ul style="list-style-type: none">• Reglamento en Materia de Sanidad Vegetal	1982
4. Código Sanitario	1973	Estableció una clasificación y caracterización de los plaguicidas, etiquetas y contra etiquetas, así como de las condiciones sanitarias respecto a su embalaje, almacenamiento y transporte.		
5. Ley General de Equilibrio Ecológico	1988	Establece los presupuestos mínimos para la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción.	<ul style="list-style-type: none">• Reglamento en Legislación Ambiental	1988

Fuente: (Albert, 2019a; Montelongo, 1995)

En este proceso dos dependencias más tienen injerencia en su registro, la SEMARNAT brindando su opinión técnica en las evaluaciones y la SADER tratándose de plaguicidas de uso agrícola y pecuario (Martínez-Valenzuela *et al.*, 2019), sus atribuciones se describen a continuación (Cuadro 8).

Cuadro 8. Atribuciones gubernamentales en el registro de plaguicidas en México.

Secretaría	Atribuciones
Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS)	<ul style="list-style-type: none"> a. Autorizar el registro y expedir certificados de libre venta y exportación de plaguicidas. b. Otorgar permisos de importación de plaguicidas. c. Realizar evaluaciones de riesgos correspondientes para establecer los límites máximos de residuos. d. Emitir opinión técnica respecto de la protección del ambiente en los casos que establece el Reglamento en materia de registros, autorizaciones de importación y exportación, y certificados de exportación de plaguicidas, nutrientes vegetales, sustancias y materiales tóxicos o peligrosos.
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	<ul style="list-style-type: none"> e. Autorizar la importación y exportación de plaguicidas, nutrientes vegetales y sustancias, y materiales tóxicos o peligrosos PLAFEST. f. Emitir dictamen técnico sobre la efectividad biológica de plaguicidas y sobre los aspectos fitosanitarios de los límites máximos de residuos de plaguicidas, en los casos que establece el Reglamento PLAFEST y según la NOM-032-FITO-1995.
Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER)	<ul style="list-style-type: none"> g. Determinar los plaguicidas de uso agrícola y de uso pecuario que se podrán utilizar en caso de emergencias fitozoosanitarias.

Fuente: (Bejarano *et al.*, 2017)

Actualmente los ordenamientos que regulan las actividades relacionadas con los plaguicidas son de tipo ambiental, sanitario, fitosanitario, zoonosanitario, laboral y de transporte por lo cual, existen legislaciones secundarias involucradas en el buen uso, aplicación y comercialización de los plaguicidas, con la finalidad de evitar una violación a los derechos humanos (Cuadro 9). Dentro de estas leyes, las dos principales relacionadas con el control de plaguicidas son la Ley General de Salud

(LGS) y la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) (Albert, 2019a; Martínez-Valenzuela *et al.*, 2019; Montelongo, 1995).

Cuadro 9. Principales leyes federales para el control de plaguicidas.

Ley Federal de Sanidad Vegetal	Tiene como finalidad la regulación en materia de sistemas de reducción de riesgos de contaminación, 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 Buenas Prácticas Agrícolas y el uso y manejo adecuados de insumos utilizados en el control de plagas.
Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	Refiere a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable.
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	Sus disposiciones son de orden público e interés social, tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, valoración y gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación.
Ley de Salud	Reglamenta el derecho a la protección de la salud que tiene toda persona en los términos del artículo 4° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, establece las bases y las modalidades para el acceso a los servicios de salud y la concurrencia de la Federación y las entidades federativas, en materia de salubridad general; sus disposiciones son de orden público e interés social.
Ley Federal Sobre Metrología y Normalización Ley Aduanera	Su aplicación y vigilancia corresponde al Ejecutivo Federal, por conducto de las dependencias de la administración pública federal competente en las materias de metrología, normalización, certificación, acreditación y verificación. Regula la entrada al territorio nacional y la salida del mismo, de mercancías y de los medios en que se transportan o conducen, el despacho aduanero y los hechos o actos que deriven de éste o de dicha entrada o salida de mercancías.
Ley Federal del Trabajo	Regula las relaciones trabajador-patrón, protegiendo las garantías individuales, propicia el trabajo digno en todas las relaciones

	laborales estableciendo sus derechos laborales (salario remunerado, seguridad social, prestaciones, etc.), condiciones de trabajo y obligaciones de trabajadores y patrones.
Ley de Aguas Nacionales	Regula la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.
Ley de General de Pesca y Acuicultura Sustentable	Establecer y definir los principios para ordenar, fomentar y regular el manejo integral y el aprovechamiento sustentable de la pesca y acuicultura, considerando los aspectos sociales, tecnológicos, productivos, biológicos y ambientales.
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	Conservar y restaurar el patrimonio natural, contribuyendo al desarrollo social, económico y ambiental del país, mediante el manejo integral sustentable de los recursos forestales.

Fuente: (Albert, 2019a; Martínez-Valenzuela *et al.*, 2019)

Estas leyes se encuentran reguladas por al menos 12 reglamentos y 30 normas (Albert, 2019a; PROCCYT, 2015), de las cuales solo 22 tratan específicamente de los plaguicidas, de ellas siete se refieren a análisis; una trata sobre efectividad para el registro; nueve hacen referencia para trámites o especificaciones; cuatro hablan sobre el etiquetado y empaque, y solamente una se ocupa específicamente de la protección de los trabajadores respecto al uso de plaguicidas, por lo cual en el cuadro 10, se presentan las normas oficiales mexicanas (NOM's) vigentes.

Cuadro 10. Normas Oficiales Mexicanas en materia de plaguicidas.

Tipo de Norma	Norma Oficial Mexicana
Toma de muestra	NOM-AA-105-1988. Plaguicida determinación de residuos en suelo- Método de toma de muestras.
Ecológicas (SEMARNAT)	NOM-052-SEMARNAT-2005 Establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen peligroso a un residuo por su toxicidad al ambiente.
	NOM-054- SEMARNAT-1993 Establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la NOM-052-SEMARNAT-2005.
Sanitarias (SSA)	NOM-047-SSA1-2011, Salud ambiental-Índices biológicos de exposición para el personal ocupacionalmente expuesto a sustancias químicas.
	NOM-048-SSA1-1993, Que establece el método normalizado para la evaluación de riesgos a la salud como consecuencia de agentes ambientales.

	NOM-232-SSA1-2009 Plaguicidas: que establece los requisitos del envase, embalaje y etiquetado de productos grado técnico y para uso agrícola, forestal, pecuario, jardinería, urbano, industrial y doméstico.
	NOM-256-SSA1-2012 Consideraciones sanitarias que deben cumplir los establecimientos y personal dedicados a los servicios urbanos de control de plagas mediante plaguicidas.
Zoosanitarias (ZOO)	NOM-004-ZOO-1994 Límites máximos permisibles de residuos tóxicos, biológicos y contaminantes en alimentos de origen animal.
	NOM-024-ZOO-1995 Especificaciones y características zoosanitarias para el transporte de animales, sus productos y subproductos, productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo por éstos.
Fitosanitarias (FITO)	NOM-032-SAG/FITO-2014 Por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para la realización de estudios de efectividad biológica de plaguicidas agrícolas y su Dictamen Técnico.
	NOM-033-FITO-1995 Por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para aviso de inicio de funcionamiento que deberán cumplir las personas físicas o morales interesadas en comercializar plaguicidas agrícolas.
	NOM-034-FITO-1995 Por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para el aviso de inicio de funcionamiento que deberán cumplir las personas físicas o morales interesadas en la fabricación, formulación, formulación por maquila, formulación y/o maquila e importación de plaguicidas agrícolas.
	NOM-052-FITO-1995 Por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para presentar el aviso de inicio de funcionamiento por las personas físicas o morales que se dediquen a la aplicación aérea de plaguicidas agrícolas.
Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS)	PROY-NOM-003-STPS-2016 Actividades agrícolas-Condiciones de seguridad y salud en el trabajo.
	PROY-NOM-006-STPS-2017 Almacenamiento y manejo de materiales mediante el uso de maquinaria-Condiciones de seguridad en el trabajo.
	NOM-010-STPS-2014 Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral – Reconocimiento, evaluación y control.
	NOM-018-STPS-2015 Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.
Secretaría de Comunicaciones y Transporte	NOM-002-SCT/2011 Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.

	(SCT)	NOM-003-SCT/2008 Características de las etiquetas de envases y embalajes, destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
		NOM-004-SCT/2008 Sistemas de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
		NOM-005-SCT/2008 Para el transporte de materiales y Residuos peligrosos Información de emergencia para el transporte de sustancias, materiales y Residuos peligrosos
		NOM-006-SCT2/2011 Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos.
		NOM-007-SCT2/2010 Marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos.
		NOM-010-SCT2/2009 Disposiciones de compatibilidad y segregación para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
		NOM-011-SCT2/2012 Condiciones para el transporte de las sustancias y materiales peligrosos envasadas y/o embaladas en cantidades limitadas.
		NOM-019-SCT2/2015 Especificaciones técnicas y disposiciones generales para la limpieza y control de remanentes de sustancias y residuos peligrosos en las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos.
		NOM-028-SCT2/2010 Disposiciones especiales y generales para el transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 3 líquidos inflamables.
		NOM-043-SCT/2003, Documento de embarque de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SCFI)		NMX-AA-071-SCFI-2018 Análisis de Agua-Medición de Plaguicidas Organoclorados por Cromatografía de Gases, Extracción en Fase Sólida (SPE) o Extracción Líquido/Líquido con Detector de Captura de Electrones (DCE) o Espectrómetro de masas (EM).
		NMX-R-019-SCFI-2011 Sistema armonizado de clasificación y comunicación de peligros de los productos químicos.
Consejo para el Fomento de la Calidad de la Leche y sus derivados (COFOCALEC)		NMX-F-724-COFOCALEC-2017 Sistema producto leche-alimentos-lácteos-leche y productos lácteos-determinación de plaguicidas organoclorados y bifenilos policlorados-método de cromatografía de gases con detector de captura de electrones con columna capilar e inyector de líquidos.
Sanidad Vegetal		NOM-082-SAG-FITO/SSA1-2017 Límites máximos de residuos. Lineamientos técnicos y procedimientos de autorización y revisión

Fuente: (DOF, s. f.), Elaboración propia

1.6.2. Regulación Internacional

Los convenios internacionales adoptados por el país involucran la importación y exportación, registro, manejo, uso, desecho, clasificación, autorizaciones y prohibiciones de los plaguicidas. Mendoza & Ize (2017), Ortíz *et al.*, (2013) y Martínez-Valenzuela *et al.*, (2019) describen a continuación cada uno:

1.5.2.1. Protocolo de Montreal, aprobado en 1985 y ratificado por México en 1988, diseñado para proteger la capa de ozono reduciendo la producción y el consumo de numerosas sustancias que se consideran responsables de su agotamiento.

1.5.2.2. Convenio de Basilea, adoptado en 1989 en Basilea, Suiza; ratificado por México en 1991, controla el movimiento transfronterizo de residuos y materiales peligrosos potencialmente reciclables y promueve su manejo ambiental adecuado, previniendo y castigando el tráfico ilícito de desechos peligrosos.

1.5.2.3. Convenio de Rotterdam, firmado en 1988, entro en vigor en México en 2004, establece mecanismo de autorización previa a la importación y exportación de sustancias químicas peligrosas y plaguicidas comerciales, denominado Consentimiento Fundamentado Previo, con la finalidad de tener toda la información necesaria para conocer las características y los riesgos que implica el manejo de dichas sustancias químicas, permitiendo que los países importadores decidan que sustancias desean recibir y excluir aquellas que no puedan manejar de manera segura. Entre las principales acciones acordadas se encuentra la actualización del Catálogo de Plaguicidas usados, restringidos y prohibidos (CICOPLAFEST), así como el fomento al desarrollo de la investigación para evaluar los peligros y riesgos para la salud y el medio ambiente de estas sustancias.

1.5.2.4. Convenio de Estocolmo, promovido en 2001 por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), México lo ratificó en el 2003 y entro en vigor en 2004. Tiene como objetivo proteger la salud humana y el medio

ambiente frente a los contaminantes orgánicos persistentes (COPs), definiendo 9 plaguicidas y 3 grupos de contaminantes orgánicos persistentes prioritarios, actualmente hay 22 compuestos sujetos al convenio.

Capítulo II

Problema de Investigación

2.1. Antecedentes

El uso intensivo de plaguicidas es una de las estrategias más utilizadas para maximizar los resultados productivos y económicos (Rodríguez & Heinzen, 2017), en muchos casos representa una práctica riesgosa e inadecuada para productores, aplicadores de plaguicidas y trabajadores de la agricultura en general (Ortíz *et al.*, 2013), expuestos directamente a estos químicos en las diferentes etapas del proceso de su trabajo, desde el almacenamiento, mezcla, preparación y aplicación (Fuhrimann *et al.*, 2019).

Dado que el uso de ropa exclusiva para la aplicación de plaguicidas y el equipo de protección adecuado es casi nulo en productores (Polanco *et al.*, 2019; Salazar-Magallón *et al.*, 2017), el desconocimiento, la falta de capacitación ante el manejo y su uso son factores relacionados con el riesgo de sufrir algún tipo de intoxicación por el uso de plaguicidas (Guzmán-Plazola *et al.*, 2016; Herrera *et al.*, 2018; López-Martínez *et al.*, 2018).

De acuerdo con Bernardino-Hernández *et al.*, (2019), Ferré *et al.*, (2018), Guzmán-Plazola *et al.*, (2016), Silveria *et al.*, (2018) y Varona *et al.*, (2012), Zhang *et al.*, (2011) los productos más empleados para el control o eliminación de las plagas agrícolas se encuentran dentro de las categorías toxicológicas extremadamente y altamente peligrosos de acuerdo a la clasificación de la WHO.

Ante una exposición aguda a plaguicidas síntomas como dolor de cabeza, dificultad para respirar o dolor en el pecho; problemas visuales como irritación, ardor y visión borrosa; mareos, náuseas y dolores abdominales, así como problemas musculoesqueléticos principalmente fatiga, dolor muscular y nerviosismo, son los

reportados con mayor frecuencia (Bernardino-Hernández *et al.*, 2019; Butinof *et al.*, 2015; Gómez-Arroyo *et al.*, 2000).

La frecuencia significativa de células micronucleadas (MN), binucleadas (BN), picnóticas (PN) y cariorrexis (CR) se han relacionado con la exposición a plaguicidas; generando daños en el ADN, muerte celular y la inestabilidad cromosómica (Carbajal-López *et al.*, 2016; Cobanoglu *et al.*, 2019; Martínez-Valenzuela *et al.*, 2017; Tomiazzi *et al.*, 2018). Asimismo Ferré *et al.*, (2018) relacionan una mayor presencia de células binucleadas y brotes nucleares con un efecto de alteración en la cariocinesis.

Estudios realizados por Marcelino *et al.*, (2019) indican cambios morfológicos de 1.11 por mil células en agricultores no expuestos a plaguicidas en comparación con una tasa de daño de 3.28 alteraciones por cada mil células en productores que utilizan plaguicidas, realizando como mínimo diez aplicaciones al año por cultivo, por su parte Matheus *et al.*, (2017) exponen una mediana mayor en el grupo expuesto (3.09) con un máximo de 15 MN respecto al no expuesto (0.73) con un máximo de 5 MN, observándose células con más de un micronúcleo (opolimicronucleadas) y una correlación con el tiempo de exposición.

Balderrama-Carmona *et al.*, (2019) demuestran el daño celular ocasionado en trabajadores agrícolas ante la exposición de herbicidas como glifosato, el ácido aminometilfosfónico (AMPA) y el Picloram mediante la proliferación celular y la evaluación de micronúcleos, encontrando concentraciones de hasta 10.25 µg/L de Picloram y de 2.23 µg/L de AMPA, y un daño celular en el 53 % de los trabajadores expuestos y El-Shenawy (2009) refiere el incremento de la apoptosis con la exposición al plaguicida organofosforado Roundup.

Aiassa *et al.*, (2019) evaluaron la exposición a plaguicidas en muestras de sangre de trabajadores rurales expuestos y un grupo control, por medio de los ensayos de aberraciones cromosómicas (AC), micronúcleos (MN) y ensayo cometa (EC),

detectando diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en AC del tipo roturas de cromosomas y cromátides; también se obtuvieron valores de fragmentación del ADN en el grupo de control de 269, mientras que en el grupo de aplicadores fueron aproximadamente de 3206 unidades, así mismo se observaron diferencias significativas en la presencia de MN en aplicadores (12.40 ± 0.98) con respecto al grupo control (6.91 ± 0.36).

La exposición paraocupacional ha sido expuesta por Pérez-Herrera *et al.*, (2018) quienes concluyen que aquellas mujeres que tienen familiares que desarrollan actividades agrícolas presentan este tipo de exposición, mientras que las mujeres que viven en comunidades agrícolas presentan una intrínseca exposición a los plaguicidas. Asimismo Violante *et al.*, (2012) determinan valores de medias de MN en hombres y mujeres expuestos ambientalmente (8.1 ± 1.83 y 13.1 ± 1.7) y laboralmente ($15.9.1 \pm 2.9$ y 18.1 ± 1.7) respectivamente, mostrando que las mujeres presentan una mayor vulnerabilidad al daño genético.

Las frecuencias de MN y otras anormalidades nucleares asociadas a citotoxicidad o genotoxicidad en un grupo de niños cuyas casas se encontraban cerca de zonas de intensa actividad agrícola respecto al grupo control, han sido observadas por Gómez-Arroyo *et al.*, (2013) quienes determinaron un incremento significativo y una razón de momios (RM) (3.11 y 95 % C12.70 y 350) encontrando valores de alto riesgo a la salud en niños expuestos.

Con respecto a lo anterior, también se encuentran estudios donde la inhibición de la pseudocolinesterasas (AchP) fue significativamente mayor en agricultores que no aplican plaguicidas, lo cual relaciona su exposición a la concentración presente en el ambiente, al contacto con la ropa, utensilios y recipientes utilizados en las aplicaciones (Restrepo-Cortés *et al.*, 2017).

2.2. Justificación

Actualmente, se ha considerado como una necesidad el incremento en la producción alimentaria, lo que ha llevado al aumento considerable de las áreas destinadas a esta actividad y aunque exista una gama de diversos métodos para aumentar la producción, todos han tenido que enfrentarse a las pérdidas ocasionadas por las plagas.

El uso intensivo de estos ha venido acumulando consecuencias graves al deterioro del ambiente, contribuyendo a la pérdida de la biodiversidad, contaminando cuerpos de agua, pérdida de la fertilidad del suelo, deterioro de la capa de ozono, así como a la contaminación de alimentos, pero tal vez una de las consecuencias que se ha hecho cada vez más notoria, es la intoxicación aguda por la exposición a plaguicidas que sufren los productores.

Por ello es importante identificar la presencia del daño genotóxico ante la exposición a los diferentes tipos de plaguicidas que actualmente son utilizados, permitiendo determinar indicadores de riesgo relacionados con su uso pudiendo formular medidas de prevención ante su uso.

2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivo general

- ❖ Determinar los factores de riesgo por la exposición a plaguicidas en productores de sistemas agrícolas en la comunidad de Vicente Guerrero, Tlaxcala.

2.3.2. Objetivos específicos

- ❖ Recopilar información referente a problemas de salud pública reportados en centros de salud a la zona de estudio.
- ❖ Diseñar, validar y aplicar un instrumento dirigido a productores.
- ❖ Determinar los tipos de plaguicidas utilizados con mayor frecuencia en la zona de estudio
- ❖ Identificar en productores la presencia de daño del material genético a través de exudados bucales.

2.4. Hipótesis

- ❖ Los productores expuestos a plaguicidas y condiciones abióticas no favorables mostrarán alteraciones en la prueba de micronúcleos.

2.5. Descripción del sitio de estudio

La localidad de Vicente Guerrero se ubica en el kilómetro 6 de la carretera Nanacamilpa-Ixtacuixtla, dentro del municipio de Españaita al poniente del estado de Tlaxcala. Españaita se localiza en la región del altiplano central mexicano entre los paralelos $19^{\circ} 22'$ y $19^{\circ} 30'$ de latitud norte y los meridianos $98^{\circ} 20'$ y $98^{\circ} 31'$ de longitud oeste, a una altitud entre 2,400 y 2,900 m (Fig. 4). Colinda al norte con los municipios de Nanacamilpa de Mariano Arista; al este con el municipio de Hueyotlipan; al sur con Ixtacuixtla de Mariano Matamoros y al oeste con el estado

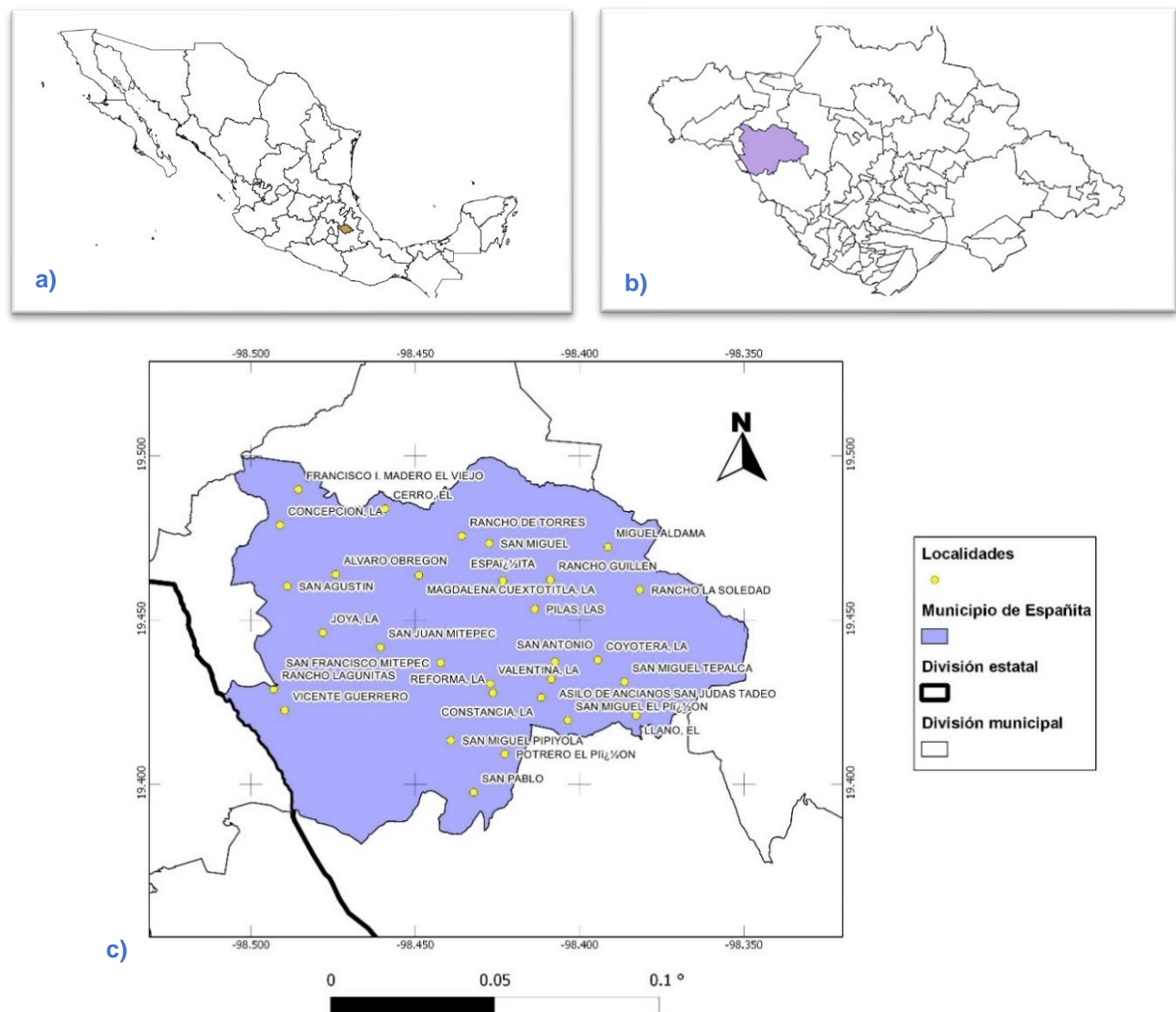


Figura 4. a) Estado de Tlaxcala en la República Mexicana, b) Colindancias del municipio de Españaita, c) Sitio de estudio, localidad de Vicente Guerrero.

Fuente: Elaboración propia. Carta vectorial del INEGI (2016) Áreas Geoestadísticas Municipales.

de Puebla. Representa el 3.5 % de la superficie del estado y se encuentra constituido por 45 localidades (INEGI, 2010a).

- ❖ Población: De acuerdo con la Encuesta Intercensal 2015, el municipio tiene una población total de 8,668 habitantes, lo que representa el 0.7 % de la población total estatal. Existe mayor presencia de mujeres en el municipio (51.3 %) que de hombres (48.7 %), estableciendo la relación que por cada 100 mujeres existen 95 hombres (INEGI, 2016).
- ❖ Actividad económica: La población económicamente activa (PEA), representa el 41 %, del cual el 77.9 % son hombres y el restante 22.1 % son mujeres. Los trabajos en que se concentra la PEA son: funcionarios, profesionistas, técnicos y administrativos (12.75 %), trabajadores en la industria (20.02 %), comerciantes y trabajadores de servicios diversos (31.29 %). La producción agrícola de temporal es la principal actividad económica (35.10 %), en Españita, siendo los principales cultivos maíz, trigo y cebada y en menor proporción frijol, haba, calabaza y chícharo.
- ❖ Cultura popular: En el municipio de Españita sobresale la alfarería, los artesanos elaboran con barro vidriado cazuelas, ollas, jarros, molcajetes, tazas, platos y jarras; mientras que con el barro natural elaboran macetas, comales y ollas. La materia prima que utilizan los artesanos son: greta, celite, sombra “matlal” o tierra blanca, arena fina, leña de ocote y sabino y desechos industriales (INEGI, 2010a)
- ❖ Salud: La población afiliada a los servicios de salud representa el 91.9 %, siendo el Seguro Popular la institución que concentra la mayor población de derechohabientes (96 %), seguida del IMSS (3.4 %), ISSSTE (1 %), alguna institución privada (0.5 %) y otra institución (0.5 %). El municipio de Españita cuenta actualmente con cinco unidades acreditadas que brindan atención

médica dentro de las localidades de Españita, Álvaro Obregón, La Magdalena Cuextotitla, San Francisco Mitepec y Vicente Guerrero.

Medio biofísico

- ❖ **Clima:** El municipio presenta un promedio de temperatura anual entre 12° y 14°C, siendo la temperatura promedio anual máxima registrada de 22.5°C. Un rango de precipitación de 700 a 800 mm de precipitación pluvial y un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad, (Fig. 5) (INEGI, 2016). El periodo de lluvias se presenta en los meses de julio a septiembre con dirección de vientos de norte a sur (Ramos, 1998). La temporada de heladas tienen una duración de 20 a 40 días al año, no obstante hay periodos de 140 y hasta 150 días, registrándose esta incidencia en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero (Moreno, 2000).

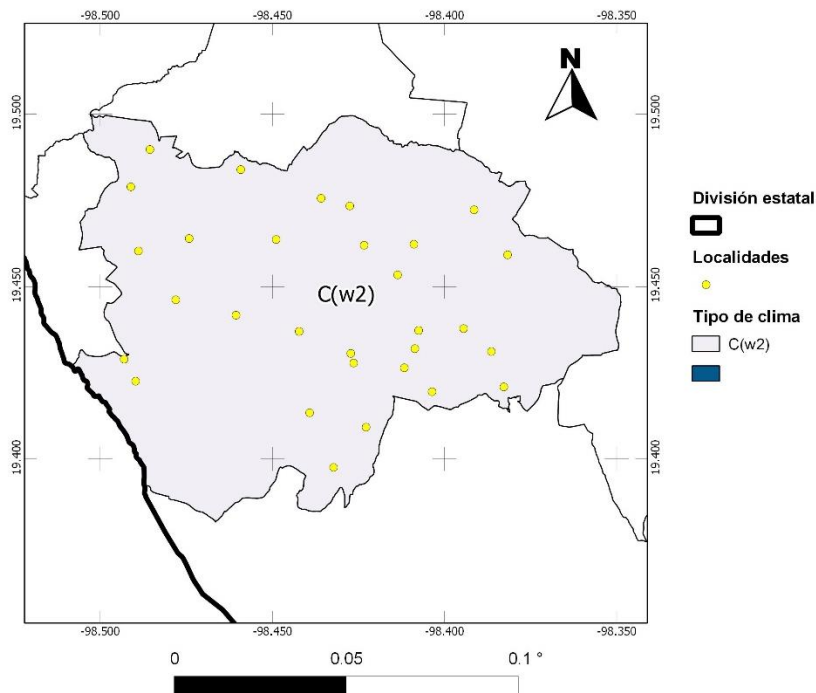


Figura 5. El Clima presente en la zona de estudio es templado subhúmedo C(w2).

Fuente: Elaboración propia. Carta topográfica de CONABIO (2001) Climas. Escala 1:1000000

- ❖ Tipo de suelo: En el municipio de Españita predominan principalmente tres tipos de suelos: cambisoles, feozems y litosoles (INIFAP & CONABIO, 2001), (Fig. 6). Los suelos cambisoles son los más abundantes en la superficie estatal (44 %), suelen tener una capa mayor de 15 centímetros de espesor, enriquecida de carbonatos secundarios, considerada con buenas condiciones para los cultivos. Los suelos feozem son ricos en materia orgánica y nutrientes; en terrenos planos en general son profundos y frecuentemente se utilizan para la agricultura; por el contrario, en laderas o barrancas son menos profundos, más rocosos y se erosionan con facilidad. Los suelos de tipo litosol se encuentran en sierras, lomeríos y algunos terrenos planos, su profundidad es menor a 10 centímetros y su uso puede ser forestal, pecuario o agrícola (SEMARNAT & CONAFOR, 2015) .

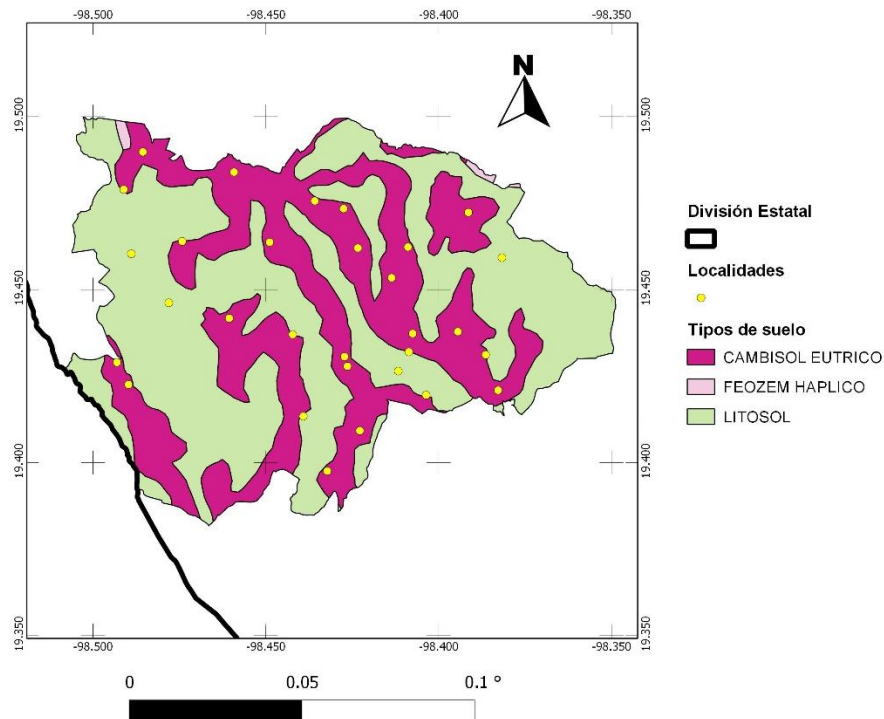


Figura 6. De acuerdo con el INIFAP e INEGI, estos son los tipos de suelos.

Fuente: Elaboración propia. Mapa de INIFAP y CONABIO (2001). Edafología. Escala 1:1000000

- ❖ Uso de suelo y vegetación: La agricultura es el principal uso al que se destina el suelo, concentra el 64.08 % de la superficie, los bosques abarcan el 25.85

% de la superficie mientras que el 7.71 % se consigna a pastizal, dejando el 2.36 % restante a la zona urbana (Fig.7), (INEGI, 2010a).

La vegetación de la zona ha estado representada por bosques de *Pinus* y *Quercus* principalmente, otras especies como *Juniperus deppeana*, *Agave salmiana* y plantas como *Chenopodium sp*, *Amaranthus sp.* y *Brassica campestris* han sido descritas en la comunidad por Ramos (1998). De la misma forma, se han identificado 153 especies en parcelas de la localidad, las cuales han sido agrupadas en 46 familias y 116 géneros; destacando *Asteraceae* con 29 especies, *Poaceae* con 25 y *Fabaceae* con 15 especies (Magdaleno *et al.*, 2005). La presencia de árboles frutales de pera, durazno, chabacano, ciruelo y tejocote forman parte de la vegetación actual de la localidad (Rosas *et al.*, 2016).

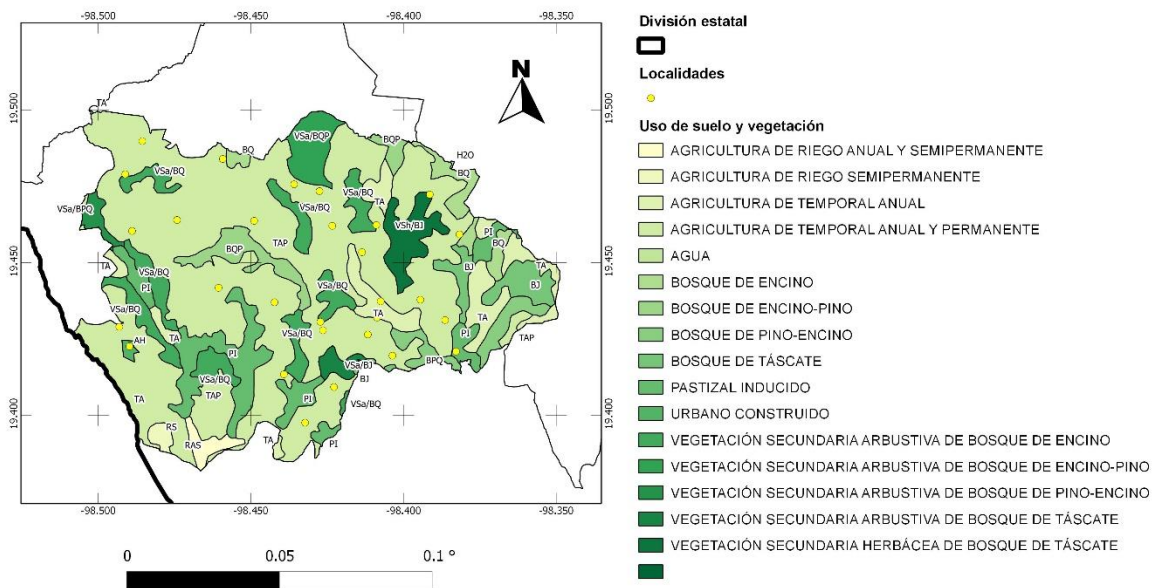


Figura 7. Uso de suelo y vegetación presente en el municipio de Españaíta, Tlax.

Fuente: Elaboración propia. Carta topográfica de INEGI (2016). Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000

- ❖ **Fisiografía:** El municipio de Españaíta se encuentra en las faldas de la Sierra Nevada, formando parte del Eje Neovolcánico, subprovincia Lagos y Volcanes del Anáhuac compuesta por sistemas de topofomas de meseta

basáltica con cañadas (INEGI, 2010a). La Sierra Nevada se extiende de norte a sur con una extensión de más de 100 km, sus volcanes principales son: el Tláloc, de 4 150 m de altura; el Telapón, de 3 996 m, el Papayo y Tecamac; la Iztaccíhuatl con 5 286 m y el Popocatepetl, con 5 452 m (De la Torre, 2012).

El relieve de la región se caracteriza por la alternancia de barrancas y mesas entre cada una de ellas, el 60 % de la superficie total del municipio se encuentra en laderas; las áreas semiplanas representan 30 % de la superficie, interrumpidas por barrancas profundas. Las mesetas planas comprenden el restante 10 % de la superficie y se encuentran en la cabecera municipal. En la figura 8 se puede apreciar las variantes de altitud que se presentan en el municipio de Españaita.

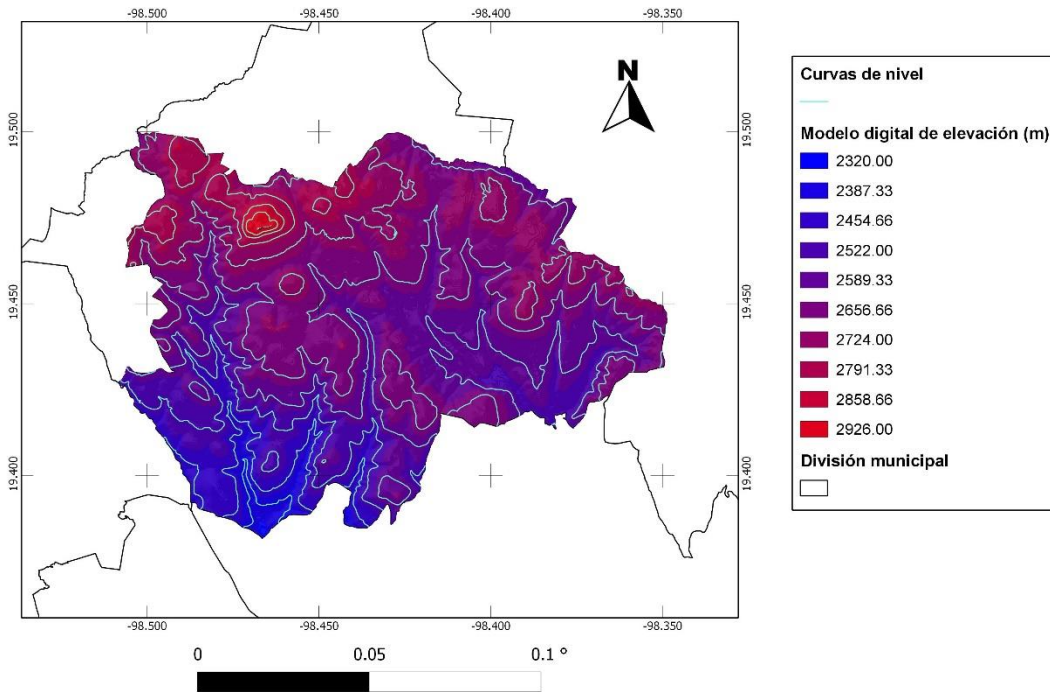


Figura 8. Modelo digital de elevación del municipio de Españaita.

Fuente: Elaboración propia. Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) (INEGI, 2013).

- ❖ **Hidrografía:** La superficie de Españaita pertenece la subcuenca del río Atoyac–San Martín Texmelucan en un 88.42 %, el resto se encuentra distribuido; al noroeste en la subcuenta del río Zahuapan con el 7.91 % de

su superficie y el 3.67 % restante al noreste con la subcuenca de la laguna de Tochac y Tecocomulco (INEGI, 2010a). En la figura 9, se observa la existencia de siete corrientes de agua intermitente; dos que atraviesan de norte a sur el municipio y cinco corrientes más pequeñas que cubren la zona.

El río Piñón, nace al norte de la cabecera municipal, tiene un trayecto de 9.4 km a través de una barranca en la cual desemboca el drenaje de la cabecera municipal, esto ha originado la afectación a las comunidades más bajas, así como la contaminación de algunos manantiales y el riesgo de contaminar el pozo de Ameca, el cual abastece a las comunidades del municipio.

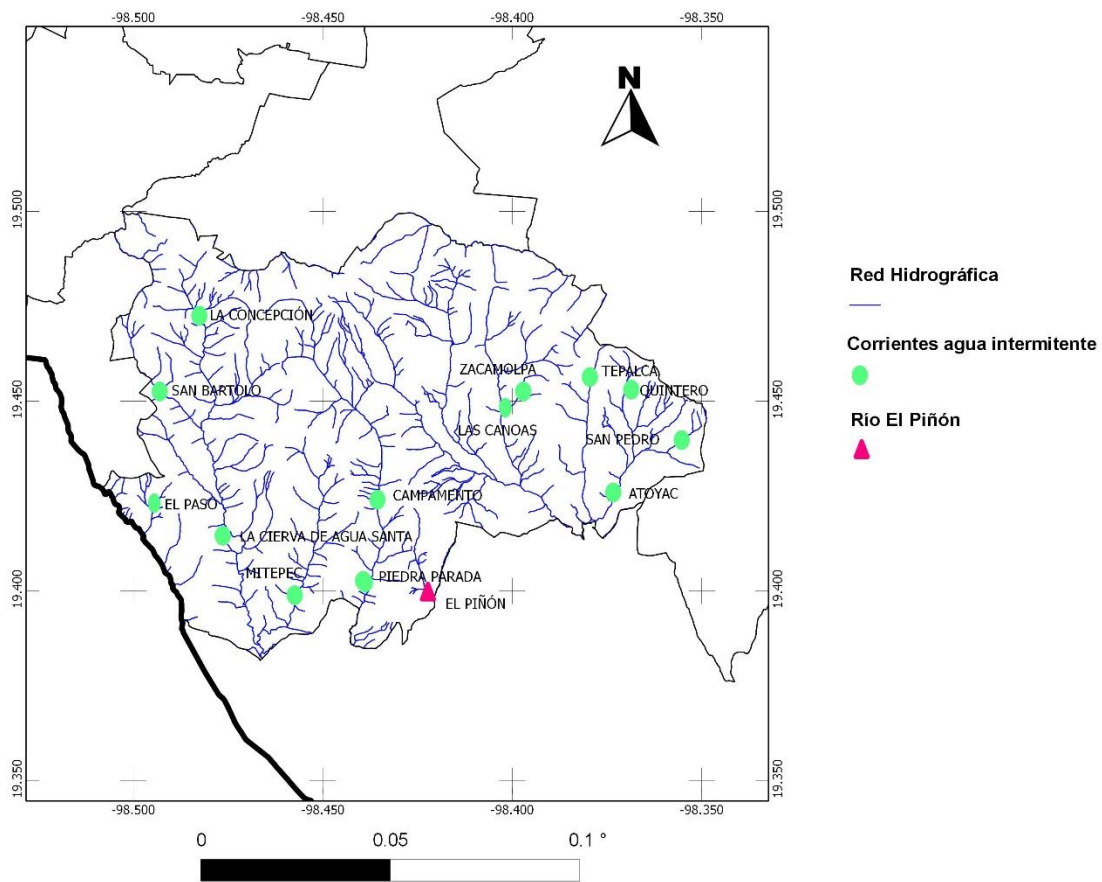


Figura 9. Hidrografía del municipio de Españita

Fuente: Elaboración propia. Carta topográfica Red hidrográfica. Escala 1:50000.

Capítulo III

Metodología

De acuerdo con los objetivos planteados, los recursos que se disponen y el problema que se pretende abordar, la investigación es retrospectiva, transversal, descriptiva y observacional. El marco metodológico está basado en método hipotético deductivo, consistiendo en establecer la verdad o falsedad de la hipótesis planteada.

3.1. Técnicas utilizadas

Se denomina técnica a los procedimientos o a la forma particular de obtener la información que servirá para responder o verificar las interrogantes formuladas (Arias, 2012). Para este trabajo, se ha empleado una metodología mixta, combinando técnicas cualitativas y cuantitativas, con la finalidad de complementar y confirmar la relación existente entre el uso de plaguicidas y su exposición.

3.1.1. Técnicas Cualitativas

Con la finalidad de explorar y describir las situaciones, interacciones y manifestaciones de los productores frente al uso de plaguicidas, se optó por realizar una observación de campo y entrevistas semiestructuradas. Así mismo, se obtuvo información de fuentes como artículos de periódicos, tesis y capítulos de libros que brindaron un panorama más específico de la localidad.

3.1.1.1. Observación de campo

Esta técnica consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la sociedad, en función de los objetivos de la investigación (Arias, 2012). Para implementarla, se acordaron recorridos por las parcelas con algunos de los propietarios, partiendo primero de contactarlos y darles una breve explicación del objetivo del recorrido.

La información que se obtuvo estuvo enfocada a las actividades que realizan, los cultivos que siembran, el estado de sus parcelas, los problemas que tienen con insectos, arvenses y algunos microorganismos, así como la aplicación de plaguicidas que realizan para su control (Anexo 1). De estos recorridos se tomaron notas y se realizó una memoria fotográfica.

3.1.1.2. Entrevista semiestructurada

Se optó por realizar entrevistas semiestructuradas por la ventaja que ofrece sobre su estructura no definida (flexibilidad), dando la opción de formular preguntas adicionales para explorar nuevas áreas relacionadas con el tema principal.

Para su implementación se realizaron tres guías de entrevista dirigidas a informantes clave: la primera fue dirigida a las autoridades de la localidad como el presidente y el comisariado ejidal, esto con la finalidad de conocer el régimen de propiedad, el número de productores existentes, las principales actividades económicas, así como el uso de plaguicidas entre los productores, su perspectiva ante esta situación entre otras cosas; la segunda estuvo orientada a obtener información del propietario de la tienda de agroquímicos y la empleada que trabaja en dicho negocio, ya que ellos surten en su mayoría de estos productos a los productores de la comunidad y la última a encargados del centro de salud de la localidad, esto con la intención de tener un panorama sobre la población que cuenta con el servicio médico y el reporte de casos de intoxicación por el uso de plaguicidas (Anexo 2).

3.1.2. Técnicas Cuantitativas

En un enfoque cuantitativo las técnicas empleadas son más estructuradas, ya que buscan la exactitud en la medición de los datos con la finalidad de generalizarlos a una población o a una realidad social. Dentro de las técnicas cuantitativas más utilizadas se encuentran las encuestas

3.1.2.1. Encuesta

La encuesta se define como una técnica que consiste en obtener información que suministra una parte de la población (muestra) en relación con un tema en particular a través de instrumento (Arias, 2012). De acuerdo a la metodología establecida por Rojas (2013), se definieron y operacionalizaron las variables formuladas para la investigación (Cuadro 11).

Selección del tamaño de muestra

Los participantes de la investigación se componen únicamente por productores residentes de la localidad de Vicente Guerrero, incorporada al municipio de Españita, Tlax., siendo hombres o mujeres que, para el control de insectos, arvenses y microorganismos que perjudican sus cultivos hagan uso de plaguicidas o prácticas agroecológicas.

Considerando esto, por parte del comisariado ejidal y productores de la localidad se obtuvo un marco poblacional de 65 ejidatarios y 11 pequeños propietarios. Con un diseño de muestreo simple al azar y con una precisión del 5%; una distribución normal de 1.96 y un coeficiente de variabilidad del 5% se realizó el cálculo de la muestra con respecto a la lista de ejidatarios y pequeños productores (N=76), de acuerdo a la formula indicada por Santoyo (2002).

$$n = \frac{NZ^2CV^2}{(N-1)d^2 + Z^2CV^2}$$

Donde:

N= 76 productores

Z= 1.96

CV= 5%

d= 5%

$$n = \frac{(76)(1.96)^2(0.5)^2}{(76-1)(0.05)^2 + (1.96)^2(0.5)^2}$$

n= 64 productores

La selección de los productores se realizó a través de la implementación de una tómbola; método simple y fácil que consiste en enumerar a todos los elementos muestrales, hacer fichas por cada uno de los elementos, revolverlas en una caja e ir sacando una por una de acuerdo al tamaño de la muestra (Hernández *et al.*, 2010). Para contactar a los productores elegidos se contó con el apoyo algunos integrantes del Grupo Vicente Guerrero (GVG)¹

¹Grupo Vicente Guerrero (GVG), organización campesina que impulsa el desarrollo sostenible, con el propósito de consolidar alternativas para hacer frente a la pobreza y al deterioro ambiental, permitiendo una mejor calidad de vida en la población rural. Trabajan activamente en comunidades de los municipios de Nanacamilpa, Españita, Ixtacuixtla, Tlahuapan y Tepetitla, e Ixtenco; realizando actividades de agricultura sostenible, soberanía alimentaria y equidad de género.

Cuadro 11. Operacionalización de las variables.

Variable	Tipo de variable	Dimensiones	Categorías	Indicadores	Escalas
Uso y manejo de plaguicidas en la localidad	Independiente	Características demográficas	Datos generales	<ul style="list-style-type: none"> • Género • Nivel de estudios • Número de integrantes de familia 	Numérica Nominal Ordinal
			Salud	<ul style="list-style-type: none"> • Hábitos • Enfermedades • Tratamiento 	
		Metodologías de uso de plaguicidas	Producción	<ul style="list-style-type: none"> • Cultivos • Tipo y nombre comercial • Frecuencia 	
			Insumos	<ul style="list-style-type: none"> • Método de aplicación • Forma en que aprendió a utilizarlos • Lectura de etiquetas 	
Medio ambiente y salud	Dependiente	Riesgos y salud	Nivel de conocimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Dosis • Mezclas • Capacitación 	
			EPP	<ul style="list-style-type: none"> • Utilización de EPP • Hábitos dentro de la parcela • Horarios de aplicación • Tiempo de exposición 	
			Prácticas de higiene	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones ambientales • Higiene personal 	
			Medidas en caso de intoxicación	<ul style="list-style-type: none"> • Síntomas de intoxicación • Frecuencia 	
			Disposición final	<ul style="list-style-type: none"> • Adquisición de productos • Almacenamiento • Desecho de envases 	

Fuente: Elaboración propia

3.2. Proceso de Validación del instrumento de trabajo

3.2.1. Prueba piloto

Para verificar la operatividad y validez de las preguntas planteadas en el instrumento y de acuerdo con lo establecido por Hernández *et al.*, (2010) y Rojas (2013) se aplicó una prueba piloto en condiciones similares a las reales a una muestra relativamente pequeña.

Como lo señala Rojas (2013), a veces es necesario realizar dos pruebas para obtener un instrumento idóneo que permita obtener la información requerida, por lo cual se realizó una primera prueba con la participaron de 10 productores de la localidad de estudio, con la finalidad de obtener un marco de referencia para las opciones de respuesta de acuerdo con el tiempo y ubicación geográfica de la zona. La segunda prueba se realizó en el municipio de Ixtenco, ubicado en el estado de Tlaxcala y cuyas características son semejantes a las de la población objetivo de estudio como se recomienda.

3.2.1.1. Características del municipio de Ixtenco

De acuerdo con el INEGI (2010b), el municipio de Ixtenco ocupa el 1.15% de la superficie estatal, su ubicación geográfica se localiza en 19° 14' y 19° 17' de latitud norte y 97° 51' y 97° 59' de longitud oeste (Fig. 10), a una altitud entre 2 400 y 3 000 m. En la mayor parte del municipio prevalece un clima templado subhúmedo con lluvias en verano y con una temperatura que va de 12° a 14° C, siendo 23.2° C la temperatura promedio anual máxima registrada.

El uso del suelo es destinado principalmente para la actividad agrícola (84.74 %), en menor proporción para la zona urbana (8.47 %), pastizales (6.36 %) y el bosque (0.43 %). El municipio presenta una agricultura de temporal, siendo el maíz, la calabaza, el frijol y el haba sus principales cultivos.

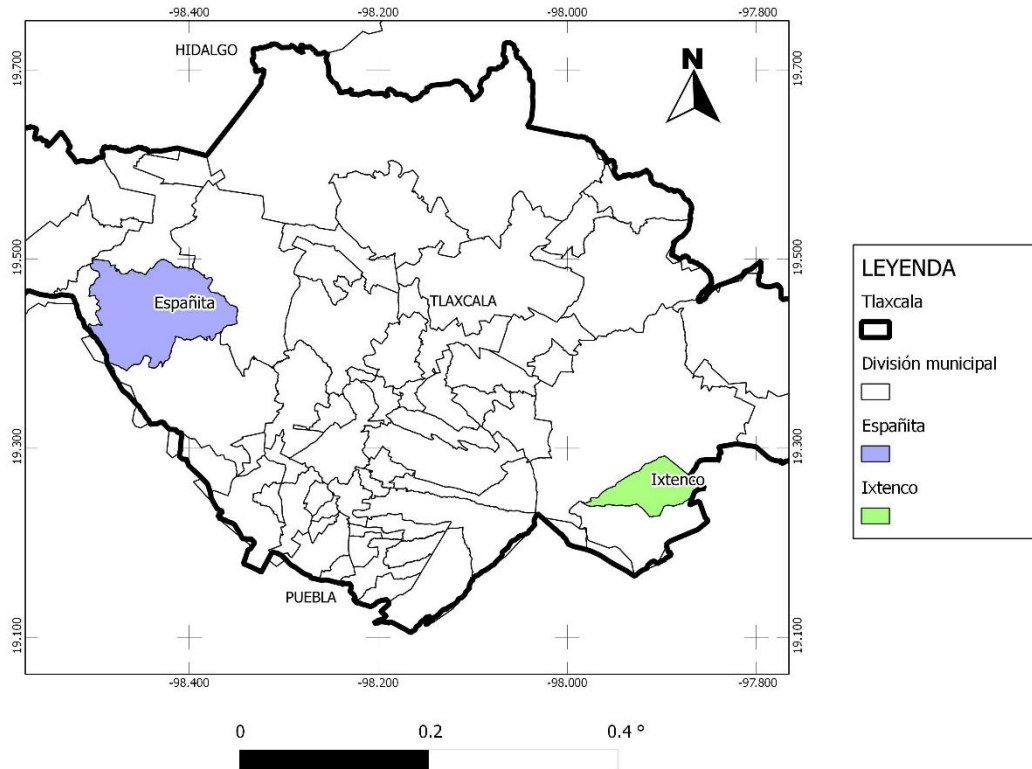


Figura 10. Ubicación del municipio de Ixtenco, Tlaxcala.

Fuente: Elaboración propia. Carta vectorial del INEGI (2016) Áreas Geoestadísticas Municipales. Escala 1:1250000

De acuerdo con Lazos (2015), se siembran distintas variedades de maíz como morado, azul de hoja crema y morada, amarillo, trigüeño, xocoyul, ancho, blanco criollo, cacahuacintle de hoja crema y de hoja morada; y aunque son pocos los campesinos que siembran todas las variedades es común encontrar quienes siembran dos o tres de ellas.

En el municipio de Ixtenco se elaboran los labrados de piedras de cantera, hermosas blusas bordadas con la técnica de penado y cuadros hechos con semillas de la región. Así mismo, en la localidad San Juan Ixtenco se conserva la siembra de maíz ajo, usado actualmente en ceremonias religiosas incorporándolo en ritos y celebraciones, empleándolo de forma artesanal y en la preparación de alimentos consumidos en las fiestas religiosas (Sangermán-Jarquín *et al.*, 2018).

Cabe señalar que esta localidad se encuentra registrada en el Catálogo de las Lenguas Indígenas Nacionales, reconociendo a los hablantes de la lengua indígena Yühum (otomí), variante lingüística de las agrupaciones de la familia oto-mangue, siendo la más grande y la más diversificada del país (DOF, 2008).

Por medio de una observación directa durante el desarrollo de las pruebas piloto, se realizaron anotaciones sobre el instrumento aplicado, identificando detalles sobre su estructura, presentación, ordenamiento, claridad y precisión de las preguntas. Como resultado de dichas correcciones, el instrumento final quedó estructurado en 10 bloques, haciendo uso de preguntas abiertas, las cuales posteriormente fueron codificadas de acuerdo a la metodología establecida por Rojas (2013), así como, el uso de preguntas politómicas con cinco opciones de respuesta con una escala tipo Likert de frecuencia (Anexo 3).

3.2.2. Alfa de Cronbach

Para determinar el nivel de confiabilidad del instrumento se tomó en cuenta el alfa de Cronbach, prueba estadística empleada para evaluar su consistencia interna (Luján-Tangarife & Cardona-Arias, 2015). La cual consiste en determinar la correlación de los ítems del instrumento por medio del análisis del perfil de las respuestas con ayuda de un software estadístico (Tuapanta *et al.*, 2017). De acuerdo con Hernández *et al.*, (2010), los valores que comprende el alfa de Cronbach oscilan entre cero y uno, donde un coeficiente de cero significa nula confiabilidad y uno representa un máximo de confiabilidad.

Cabe señalar que los datos obtenidos en la segunda prueba piloto fueron utilizados para determinar el alfa de Cronbach con ayuda del software estadístico SPSS V25.0, obteniendo un coeficiente de 0.926, lo que indica un buen nivel de confiabilidad.

3.3. Determinación de micronúcleos (MN) y otras anomalías nucleares (AN) en células de descamación del epitelio bucal

Se trabajó con un total de 50 muestras facilitadas por los productores que dieron su consentimiento, los restantes se abstuvieron de participar. Las muestras fueron colectadas de acuerdo al procedimiento establecido por Fenech (2000) y Torres-Bugarín *et al.*, (2013), la hidrólisis del ADN y la tinción se llevaron a cabo de acuerdo a la reacción de Feulgen descrita por Stich & Rosin (1984) (Fig. 11), con las modificaciones desarrolladas por Gómez-Arroyo *et al.*, (2013).



Figura 11. Tren de tratamiento del ensayo de MN en células de descamación de la mucosa bucal.

❖ *Toma de muestra*

Con la ayuda de un abatelenguas previamente humedecido se realizó un raspado de las paredes internas de la cavidad bucal, las muestras se extendieron en un portaobjetos limpio previamente etiquetado. Con la finalidad de asegurar que la muestra quede bien extendida sobre el portaobjetos, se contrapusieron ambos lados que contienen la muestra para deslizarlos.

Las muestras se dejaron secar por un lapso aproximado de 10 minutos para posteriormente fijarlas con metanol-ácido acético (3:1) frío, por último, se dejaron secar a temperatura ambiente para guardarlas hasta su procesamiento.

❖ *Hidrólisis*

Para la hidrólisis el tren de tratamiento consistió en colocar los portaobjetos en agua por un lapso de 10 minutos a temperatura ambiente con ayuda de una canastilla de tinción y un recipiente. Posteriormente se sumergieron en HCl 1N a temperatura ambiente, por 10 minutos.

Transcurrido este tiempo, se sumergieron nuevamente en HCl 1N, pero a una temperatura de 60° C (Baño María) durante 10 min. Terminado este tiempo, las muestras fueron retiradas y colocadas en agua destilada a temperatura ambiente por 10 minutos. Posteriormente fueron retiradas dejándose secar a temperatura ambiente.

❖ *Tinción*

La tinción se realizó con ayuda de una caja Coplin vertical, donde se colocaron los portaobjetos con el reactivo de Schiff previamente preparado, durante 90 minutos en refrigeración. Transcurrido ese tiempo se enjuagaron los portaobjetos con agua destilada y se dejaron secar a temperatura ambiente, finalmente se guardaron para su cuantificación.

❖ *Cuantificación*

Con ayuda del microscopio y con objetivos de 40 aumentos se determinó la frecuencia de MN y otras anomalías por 1000 células contabilizadas. Se clasificaron de acuerdo a las observaciones de Tolbert *et al.*, (1992) y Holland *et al.*, (2008) en células con cromatina condensada (CC), cariólisis (CL), picnosis (PN), cariorrexis (CR), células binucleadas (BN) y núcleo lobulado (NL).

3.4. Determinación de plaguicidas utilizados con mayor frecuencia

A través de la información recabada por la encuesta, se identificaron los tipos de plaguicidas usados con mayor frecuencia por los productores, así mismo se determinó su peligrosidad de acuerdo con la clasificación de la WHO al mismo tiempo se cotejó su toxicidad en relación a la lista de plaguicidas altamente peligrosos (PAN, 2019b).

3.5. Análisis estadístico

Con la información obtenida a través de las encuestas se elaboró una base de datos para determinar medidas de centralidad, dispersión y asociación. La normalidad de las variables se corroboró por medio de la prueba de Kolmogorov–Smirnov y se empleó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney ($p < 0.05$) para determinar las diferencias de los valores obtenidos entre el grupo expuesto y el grupo control, así como por el uso o no de plaguicidas. Para determinar la correlación entre la presencia de micronúcleos y otras anormalidades con las distintas variables se hizo uso de la prueba de Spearman, con ayuda del paquete estadístico SPSS Statistics versión 25.

Capítulo IV

Resultados

4.1. Caracterización de la localidad de Vicente Guerrero

A continuación, se describen las características de los productores y el uso que hacen de plaguicidas de acuerdo con los datos obtenidos en las observaciones, entrevistas y encuestas realizadas.

4.1.1. Características sociodemográficas

Entre las principales características de los productores encuestados (Cuadro 12), se detectó que el 95.5 % de los responsables del manejo y toma de decisiones en la unidad de producción son hombres. Sin embargo y de acuerdo con lo mencionado por Domingo Franco Mogoyan², las mujeres forman parte importante en las actividades del campo, incorporándose en las labores culturales como la escarda y el deshierbe en cultivos como el maíz y frijol, en la cosecha de cultivos como tomate o maíz principalmente, y en las actividades posteriores como desgranar el maíz, en la limpieza del frijol y haba, así como en la obtención de las pepitas de calabaza.

La edad de los productores oscila entre los 47 y 59 años, con una media de 56.44 ± 1.742 años. Dentro de la localidad se detectó que mayor parte de los productores cuentan con un nivel de instrucción primaria (31.8 %), seguido de un nivel secundaria (25.8 %). Lamentablemente factores como problemas económicos, falta de accesibilidad a otros niveles de instrucción o falta de incentivos ocasionan que cierto porcentaje (24.2 %) no concluya el nivel básico de educación o que continúen con a un nivel superior (7.6 %) (Franco, 2019).

² Domingo Franco Mogoyan, Comisariado ejidal de la localidad de Vicente Guerrero, Tlax. Comunicación personal, 2019.

Cuadro 12. Características sociodemográficas.

Variable	Frecuencia	Porcentaje
Género		
Masculino	63	95.5 %
Femenino	3	4.5 %
Edad		
≤ 46 años	17	25.8 %
47 – 59 años	21	31.8 %
60 – 72 años	17	25.8 %
73 – 84 años	11	16.7 %
Nivel de instrucción		
Sin estudios	2	3.0 %
Menos de seis años	16	24.2 %
Seis años	21	31.8 %
Nueve años	17	25.8 %
Doce años	5	7.6 %
Más de doce	5	7.6 %
Total	66	100%

4.1.2. Salud

La institución que brinda principalmente atención médica al 69.7 % de los campesinos encuestados es el Seguro Popular, ubicándose una unidad médica en la localidad. Otras instituciones a las que se encuentran afiliados los campesinos en menor proporción son el Instituto Mexicano del Seguro Social (21.2 %) y el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores (1.5 %). Los campesinos que no están afiliados a ninguna institución (7.6 %) manifestaron no haber requerido el servicio o muestran falta de interés en su trámite.

Las enfermedades más reportadas entre los campesinos son la diabetes e hipertensión (Fig. 12), sin embargo, el 71 % de los encuestados manifiestan buena salud al no presentar ningún tipo de enfermedad.

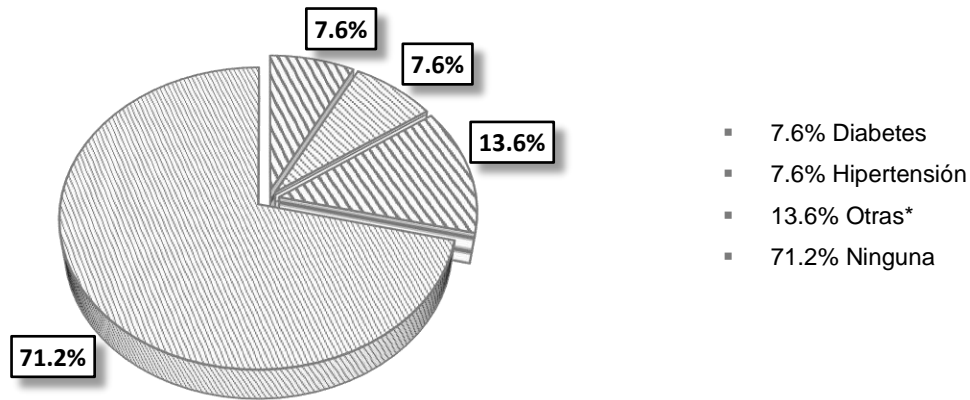


Figura 12. Enfermedades reportadas entre los productores de la localidad Vicente Guerrero, Tlax.
*Cardiacas, reumáticas, neuronales, oftalmológicas y cutáneas

El consumo de cigarro y alcohol entre los campesinos no es muy común, ya que solo el 6.1 % fuma a diario y solo el 4.5 % consume más de cuatro veces a la semana algún tipo de bebida alcohólica

4.1.3. Producción

La tenencia de la tierra en la localidad está dividida por tierras ejidales, áreas comunales y pequeños propietarios. La extensión formada por el ejido y las áreas comunales abarca aproximadamente 196 ha, considerándose entre las segundas barrancas y laderas mientras que los pequeños propietarios cuentan con una extensión aproximada de 70 ha. (Franco, 2019).

Actualmente la mayor parte de campesinos siembran superficies que van de una a cinco hectáreas (78.8 %), pocos son los campesinos que trabajan extensiones mayores a 15 ha (4.5 %). El tipo de sistema predominante es el monocultivo (59.1 %) y aunque la siembra en asociación se ha detectado en menor frecuencia (1.5 %), el uso de ambos sistemas es empleado por más de un tercio de los trabajadores agrícolas (39.4 %). Cabe señalar que tanto la asociación como la rotación de cultivos son prácticas que realizan periódicamente los campesinos, lo que permite retener la mayor cantidad de humedad y nutrientes, mejorando la calidad del suelo.

Entre los principales cultivos que se siembran en la localidad observamos variedades de gramíneas, fabáceas, cucurbitáceas y solanáceas (Fig. 13). El maíz y el trigo son los más usados en las rotaciones de cultivos, mientras que la asociación del maíz con las diferentes leguminosas de mata o enredadera como el frijol, ayocote, haba, así como, la calabaza son las más comunes (Franco, 2019).

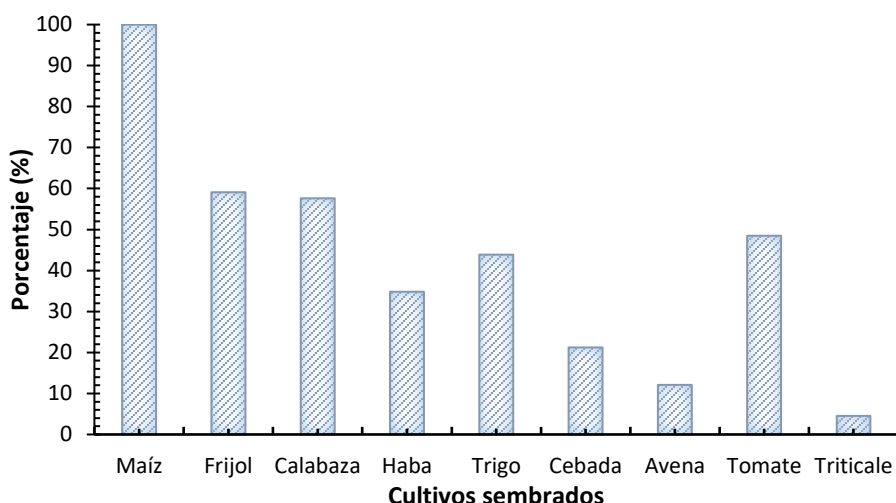


Figura 13. Porcentaje de cultivos sembrados en la comunidad de Vicente Guerrero, Tlax.

La producción de maíz, frijol y haba es destinada especialmente para autoconsumo, el excedente llega a comercializarse, mientras que los cultivos restantes representan un ingreso económico importante para las familias de la localidad. Para su venta son trasladados a comunidades cercanas como San Antonio Atotonilco o Nanacamilpa; una vez adquiridos por intermediarios son distribuidos en las centrales de abasto.

Entre los campesinos de la localidad destaca principalmente el uso de semillas criollas (50 %), en menor proporción se usan semillas híbridas (18.2 %) mientras que un tercio de los campesinos encuestados (31.8 %) utiliza ambas semillas. Cabe señalar, que el maíz híbrido es destinado principalmente como alimento de los animales (Franco, 2019).

La familia toma un importante lugar al integrarse en las labores del campo, lo cual ayuda a que la mayoría de los campesinos no tengan la necesidad de contratar

jornales (43.9 %) no obstante, las actividades de siembra y cosecha requieren el apoyo de ambos grupos, por lo cual llega a ser necesario contratar con mayor frecuencia entre uno y cinco jornales.

Entre los programas de subsidios al campo, los productores de la localidad se encuentran inscritos en el padrón de beneficiarios del programa Producción para el Bienestar antes llamado Proagro Productivo, el cual beneficia a productores que cultivan granos (maíz, frijol, trigo harinero, arroz, amaranto, chía, sistema milpa, entre otros), café y caña de azúcar.

De acuerdo con la información obtenida a través de los productores encuestados, para el periodo PV 2019 solo 42 (63.3 %) reciben apoyo por parte de este programa, número que se asemeja a la base de datos de la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) (Cuadro 13), la cual señala que para dicho periodo 48 productores de la localidad están inscritos en el padrón de beneficiarios. De la misma forma, es notable que el número de beneficiarios se encuentra por debajo de la media, siendo este el periodo que ha tenido a menos beneficiarios en los últimos seis años en la localidad.

Cuadro 13. Número de productores beneficiarios de la localidad Vicente Guerrero, Tlax.

Programa	Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Proagro Productivo		69	61	61	59	57	
Programa para el bienestar		-	-	-	-	-	48

Fuente: Elaboración propia, SADER Lista de beneficiarios Proagro Productivo ciclos 2014 - 2018, Lista de beneficiarios Programa para el bienestar ciclo 2019.

4.1.4. Insumos químicos

De acuerdo con los datos obtenidos, un 69.7 % de los productores han utilizado algún tipo de insumo químico. De entre ellos, los fertilizantes y los herbicidas son los productos que se han empleado mayormente por los trabajadores agrícolas de la localidad, aplicándolos de dos a tres veces por ciclo agrícola.

Entre los campesinos encuestados, se identificó un pequeño porcentaje (12.1 %) de productores que no hace uso de estos insumos, por lo cual emplea más el uso de prácticas culturales como alternativas ante su uso.

En conjunto se identificaron 21 productos comerciales, principalmente herbicidas y en menor proporción insecticidas y fungicidas; compuestos por 16 ingredientes activos (Cuadro 14).

Cuadro 14. Plaguicidas utilizados por los productores de la localidad de Vicente Guerrero, Tlax.

Ingrediente Activo	Familia química	Nombre comercial	Tipo ¹	C T ²	Vigencia Cofepris ³	Lista PAP ⁴	No. Países prohibidos ⁵
Triasulfuron	Sulfonylurea	Amber 75 GS*	H	IV	Indeterminada	-	-
Atrazina + Mesotrione	Triquetonas	Callisto Xtra	H	III	30/03/2020	-	-
Dicamba	Ácidos benzoicos	2-Camba	H	II	Indeterminada	-	-
Cipermetrina	Piretroides	Arrivo 200, Combat 20, Fipol 200	I	II	Indeterminada	3	-
2,4-D	Clorofenoxi	Herbipol 4, Hierbamina, Esteron 47	H	II	Indeterminada	-	3
Glifosato	Organofosforado (Glicinas)	Faena	H	III	Indeterminada	1	1
Atrazina	Triazina	Gesaprim	H	III	Indeterminada	2	37
Nicosulfuron	Sulfonylurea	Sanson 4SC	H	U	Indeterminada	-	-
Clethodim	Ciclohexanodionas	Select ultra	H	III	Indeterminada	-	-
Carbofuran	Carbamato	Curater 4f, Furadan 350	I, N	Ib	Indeterminada	1,3,4	63
Lambda cyalotrina	Piretroides	Karate Zeon 5	I	II	Indeterminada	1,2,3	-
Malation	Organofosforado	Malathion 1000	I	III	Indeterminada	2,3	2
Tebuconazole	Benzimidazol	Folicur 250	F	II	Indeterminada	-	-
Mancozeb	Ditiocarbamatos	Manzate super	F	U	14/07/2021	2	1
Azoxistrobin	Metoxiacrilatos	Maxidor 250	F	U	13/09/2024	-	-
Peróxido de hidrógeno + Ácido peroxiacético		Oxicure	F, N	II	09/02/2023	-	-

¹Tipo: I= Insecticida, H= Herbicida, F= Fungicida, N= Nematicida. ²CT= Categoría Toxicológica (Ia= Sumamente peligroso, Ib= Muy peligros, II= Moderadamente peligroso, III= Poco peligroso, U= Es poco probable que presenten un peligro agudo) (WHO, 2010). Fecha de vigencia ante el registro de COFEPRIS (2019) ⁴Criterios de inclusión en la lista de Plaguicidas Altamente Peligrosos: (1) Toxicidad aguda alta, (2) Efectos crónicos en la salud humana, (3) Toxicidad Ambiental y (4) Restringidos o prohibidos por convenios ambientales (PAN, 2019a). ⁵Lista de plaguicidas prohibidos en otros países (PAN, 2019b).

De acuerdo con sus nombres comerciales, los productores refirieron utilizar más como herbicidas Esteron, Hierbamina, y Gesaprim; como insecticidas Arrivo y Karate y como funguicida Folicur. Cabe señalar, que su aplicación se encuentra condicionada por la presencia de insectos, arvenses o microorganismos que dañen los cultivos, lo que genera que se requiera una, dos o hasta tres aplicaciones por ciclo agrícola.

Entre los insectos que han ocasionado daños a los cultivos destacan el chapulín, el frailecillo y la paratrioza en un 87.9 %, 53.4 % y 10.3 % respectivamente. Estos tipos de insectos se han reportado anteriormente por Moreno (2000) para la misma zona, a excepción de la mosquita blanca, que es considerada como una de las principales plagas del tomate de cascara, cultivo que ha ido agarrando popularidad entre los campesinos.

Cuadro 15. Insectos que perjudican los cultivos de productores de la localidad de Vicente Guerrero, Tlax.

Nombre	Características	Daños	Incidencia
Chapulín (<i>Sphenarium spp.</i>)	Las ninfas pasan por siete estadios. Se desplazan brincando, pero pueden volar grandes distancias, varían de color verde, café y amarillo	Atacan desde la emergencia de todos los cultivos y hasta la madurez, consumiendo todas las partes de las plantas	La mayor incidencia se registra en los meses de octubre y noviembre.
Frailecillo (<i>Macroductylus spp.</i>)	Son de color grisáceo a café, miden cerca de 1.5 cm y tienen patas espinosas. Son voladores activos.	Destrozan las hojas, estigmas y espigas de maíz. Gustan de las partes tiernas de las demás plantas.	Las poblaciones de este insecto incrementan en los meses de agosto y septiembre.
Gallina ciega (<i>Phyllophaga spp.</i>)	Son gusanos en forma de C, miden de 2mm a 3mm. Al llegar a la madurez los gusanos son algo semitransparentes, la cabeza es café y tienen tres pares de patas.	Lesionan a las plántulas, marchitándolas. Cuando la infestación es alta provocan el acame de las plantas creciendo de forma irregular sobre la parcela.	En terrenos con infestaciones severas con esta plaga, la incidencia es constante.
Paratrioza o pulgón saltador	Mide aproximadamente 1.6 mm de largo por 0.7 de ancho, es de color grisáceo con dibujos blancos y cuatro alas transparentes sobre el abdomen.	Se alimenta de la savia de las plantas al succionar en el floema, inyectando una sustancia tóxica con la saliva, que produce se enrollen y encrespen las hojas.	Se localiza principalmente en el envés de las hojas y son casi inmóviles.
Mosquita blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)	Las moscas adultas son de cuatro alas y alrededor de 1.5 mm de largo.	Succiona los nutrientes del follaje, causando un moteado difuso (amarillamiento) y encrespamiento de las hojas, seguidos por necrosis y defoliación.	

Fuente: (Moreno, 2000)

Por otro lado, entre las arvenses que han generado daños destacan el acahual (79.3 %), la rosilla (70.7 %), la perilla (51.7 %) y el jaramao (25.9 %). Nuevamente estas arvenses se encuentran entre las observadas por Moreno (2000).

Cuadro 16. Arvenses que perjudican los cultivos de productores de la localidad de Vicente Guerrero, Tlax.

Nombre científico	Nombre común	Familia	Categorías de uso
<i>Amaranthus hybridus L.</i>	Quintonil	Amarantaceae	Comestible
<i>Avena fauta L.</i>	Avena silvestre	Gramineaa	Forraje
<i>Bidens pilosa L.</i>	Rosilla	Compositae	Medicinal
<i>Chenopodium álbum L.</i>	Quelite cenizo	Chenopodiaceae	Comestible/Forraje
<i>Cyperus esculentus L.</i>	Coquillo	Ciperaceae	Comestible
<i>Lopezia racemosa Cav.</i>	Perilla	Onagraceae	Medicinal/Ornamental
<i>Raphanus raphanistrum</i>	Nabo blanco/Jaramao	Cruciferae	Forraje
<i>Sicyus sp.</i>	Atatana	Curcubitaceae	Forraje
<i>Simsia amplexicaulis Cav.</i>	Acahual amarillo	Compositae	Forraje

Fuente: (Moreno, 2000)

Para la aplicación de plaguicidas se ha empleado principalmente la aspersión manual (87.9 %), siendo en el 69 % de los casos los campesinos encuestados los principales aplicadores. Por ello no es de extrañarse que, del total de los campesinos encuestados, el 41.4 % haya trabajado con estos productos por un lapso de 6 a 15 años mientras que, aproximadamente una cuarta parte de los encuestados (24.1 %), han utilizado estos productos por más de 25 años (Fig. 14).

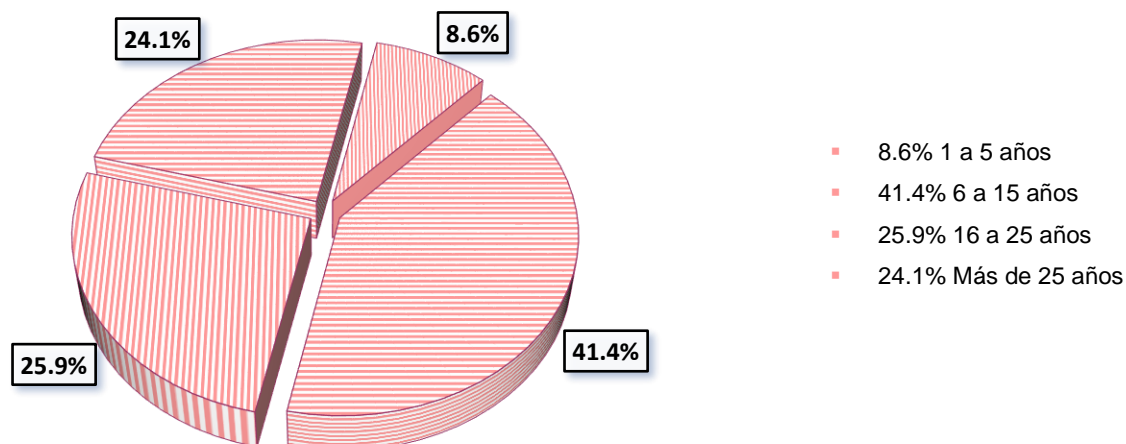


Figura 14. Porcentaje de años de la exposición a plaguicidas.

4.1.5. Nivel de conocimientos

El trabajo dentro de las parcelas genera una interacción entre los integrantes de la familia y vecinos favoreciendo la observación y el traspaso de conocimientos, por ello, la familia (34.5 %), la observación (31 %) y el contacto con vecinos/amigos (19 %), representan las principales formas de aprendizaje para el uso de este tipo de insumos. Lamentablemente, la instrucción para un uso adecuado es escaso, ya que solo el 18.4 % de los encuestados asegura haber recibido capacitación por parte de algún técnico y un 10.3 % por medio de un programa de gobierno, por ende, más de la mitad de los productores no cuentan con ningún tipo de capacitación.

Aunado a esto, se detectó que la lectura de las etiquetas es una práctica que no se realiza con regularidad ya que poco más de un tercio de los productores encuestados (37.9 %) afirmaron leer siempre su contenido, situación que podría relacionarse con la falta de conocimiento que tienen sobre los colores que caracterizan a estos productos y que forman parte de las etiquetas de estos. Por ejemplo, se observó que el 32.8 % de los productores desconoce que la banda de color azul representa aquellos productos que son ligeramente peligrosos, así como, el 36.2 % que la banda amarilla identifica los productos moderadamente peligrosos. Caso contrario, se presentó con la etiqueta de color rojo (extremadamente peligrosos), dado que el 80 % de los productores identifican lo que representa este color.

Aumentar o disminuir las dosis indicadas, así como realizar mezclas entre distintos tipos de plaguicidas son actividades comunes entre los trabajadores en un 69 % y 51.7 % respectivamente. En el cuadro 17, se exponen los motivos por los cuales no siguen las dosis recomendadas, así mismo, ventajas como agilizar su aplicación y ahorrar trabajo son las principales razones por las que mezclan dos o más productos siendo las mezclas de Hierbamina, Esteron, Gesaprim y Arribo las más realizadas.

Cuadro 17. Motivos por los cuales los productores no siguen las dosis indicadas.

Motivo	Frecuencia	Porcentaje (%)
Disminuir el uso de los productos	8	13.8
Dosis insuficiente	16	27.6
Presencia de insectos y arvenses	10	17.2
El precio del producto	4	6.9
Resultados favorables	20	34.5
Total	58	100

4.1.6. Medidas de protección

El uso de equipo de protección personal no es muy común en las prácticas agrícolas que han realizado los productores, en especial cuando se trabaja con plaguicidas. En la figura 15, se puede observar que el porcentaje de productores que han utilizado alguna clase de equipo de protección al momento de preparar o aplicar los plaguicidas es bajo en ambas situaciones (32.8% y 27.2 %).

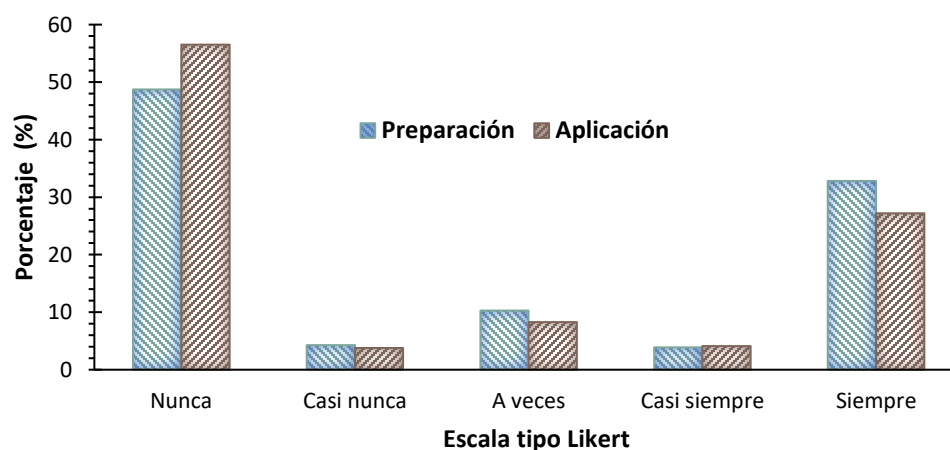


Figura 15. Utilización de EPP en la preparación y aplicación de plaguicidas.

Chamarras, sudaderas, camisas de manga larga, paliacates, cubrebocas, botas de hule, guantes y gafas forman parte del equipo de protección personal que los trabajadores agrícolas han utilizado siendo, en el mayor de los casos inadecuado. Las partes del cuerpo a las que los productores prestan mayor atención, cuidando de no tener contacto directo con los plaguicidas son los brazos, espalda y nariz (Fig. 16).

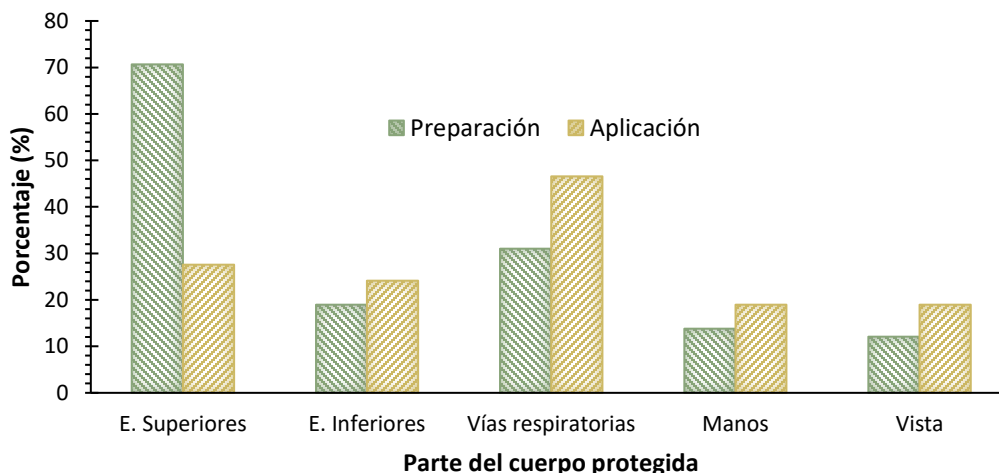


Figura 16. Partes del cuerpo protegidas.

De acuerdo con lo manifestado por los productores, la ausencia del EPP se debe principalmente a que la mayoría se siente incómodo con él, entorpeciendo sus actividades dentro de la parcela. Cabe señalar que de los productores que utilizan el equipo correcto, solo un 36.2 % se asegura que se encuentre en buen estado antes de utilizarlo, el resto no lo hace.

4.1.7. Prácticas de higiene

El 89.7 % de los productores ha realizado la aplicación de plaguicidas en sus parcelas por la mañana, iniciando sus actividades entre las siete y nueve de la mañana. El tiempo que han permanecido en contacto con estos productos por día ha sido por un lapso de una a tres horas en el mayor de los casos (67.2 %) y por más de seis horas en el menor (3.4 %). Cuando las condiciones no son las ideales, como en el caso de la presencia de viento, un porcentaje mayor deja de aplicar (53.4

%) sin embargo, existen productores que aplican con el viento en contra o a favor (32.7 %).

El consumo de alimentos o bebidas dentro o aún costado de la parcela durante la jornada en que se fumiga, se ha dado en pocos casos (13.8 %), la mayor parte de los productores prefieren terminar de aplicar y retirarse a su casa (41.5 %). El 84.5 % de los productores aseguro que antes de realizar otra actividad diferente al manejo de plaguicidas, se lava las manos, así mismo el 91.4 % de ellos acostumbra a darse un baño al llegar a casa mientras que el resto solo se cambia de ropa. El reingreso a la parcela después de la aplicación se ha dado en un lapso mayor a una semana (58.6 %), es bajo el porcentaje de productores (15.5 %) que ha regresado al día siguiente a su parcela.

4.1.8. Medidas en caso de intoxicación

En la figura 17 podemos observar que más de la mitad de los productores no ha sufrido ningún síntoma característico de una intoxicación leve. Por el contrario, los síntomas más reportados entre los productores son: ardor en ojos (27.6 %), ardor o irritación en el rostro (19 %), irritación de la vista (17.2 %) y dolor de cabeza (15.5 %). Otros síntomas mencionados por una o dos personas fueron el adormecimiento de alguna parte del cuerpo, sentirse cansado o somnoliento, así como un sabor amargo en la boca y escurrimiento nasal.

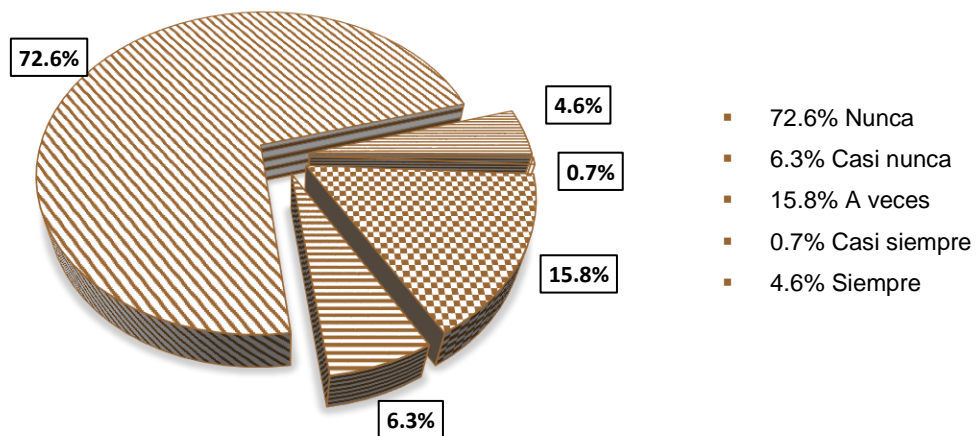


Figura 17. Presencia de sintomatología ante uso de plaguicidas.

Cabe señalar, que ninguno de los productores encuestados que afirmaron presentar al menos uno de los síntomas de una intoxicación aguda por plaguicidas ha acudido al centro de salud, por lo cual mencionan que solo se retiran del área de trabajo, toman un baño y esperan a que desaparezcan los síntomas.

Por consiguiente, la unidad médica ubicada en la localidad no reporta algún caso de intoxicación por el uso de plaguicidas, sin embargo, uno de los productores entrevistados, reconoció haberse intoxicado manipulando un insecticida hace más de 25 años, lamentablemente por el tiempo que ha transcurrido no recuerda el nombre de dicho producto. Entre los síntomas que presentó se encuentran un fuerte dolor de cabeza acompañado por mareos y náuseas, por lo que solo se retiró a su domicilio para descansar.

4.1.9. Contaminación de espacios y disposición final

De acuerdo con la información obtenida por los productores, el 69 % de ellos adquiere estos productos en la localidad de San Antonio Atotonilco y en menor porcentaje en localidad de Nanacamilpa (1.7 %). Al momento en que compran estos productos, solo un 27.6 % de los productores ha recibido algún tipo de advertencia sobre manejo, mientras que un 43.1 % menciona que el vendedor no les da ninguna recomendación.

Estos insumos, son almacenados principalmente en un cuarto a parte de la vivienda (63.8 %), siendo una pequeña bodega en el patio de sus casas donde guardan herramienta de trabajo, un 27.6 % los almacena en bodegas que han construido en sus parcelas y solo un 5.2 % los mantiene dentro de casa sin ningún tipo de restricción. Una vez que estos productos han sido consumidos, los productores aplican un triple lavado a los envases y los almacenan, esto con la finalidad de depositarlos en el camión de la basura (77.6 %) cuando pasa (Fig. 18). Por otro lado, solo dos productores mencionaron que guardan estos envases para posteriormente llevarlos al centro de acopio ubicado en el municipio de Hueyotlipan.

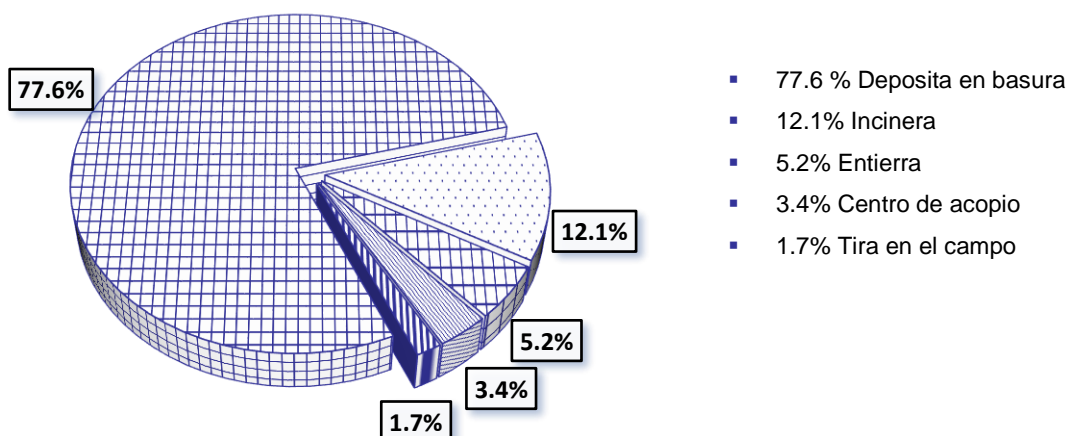


Figura 18. Disposición final de envases de los plaguicidas

4.1.10. Productores que no utilizan insumos químicos

De los productores encuestados, se detectó que ocho actualmente manejan un sistema de producción libre de plaguicidas, implementando diversas prácticas culturales para el control de insectos y arvenses que llegan a afectar sus cultivos. Entre los principales motivos por los cuales decidieron abandonar su uso encontramos problemas de salud, deterioro del suelo, disminución del área de trabajo y afectaciones a insectos benéficos. El tiempo al que estuvieron expuestos fue variado (Cuadro 18.), no obstante, el dolor de cabeza fue el síntoma que al que más hicieron referencia cuando trabajan con productos como Arrivo y Glifosato.

Cuadro 18. Uso de plaguicidas.

	Productores (%) n=8
Rango de exposición (años)	
1 - 5	37.5
6 - 10	12.5
> 10	12.5
Nunca ha utilizado	37.5
Tipo de plagas	
Insectos	50
Malezas e Insectos	12.5
Ninguna	37.5
Plaguicidas utilizados	
Esteron	25
Arrivo	37.5
Otros*	37.5
Síntomas	
Dolor de cabeza	25

*Otros: Gesaprim, Glifosato y Amber

Entre los insectos que generan daño a sus cultivos se encuentran el chapulín, frailecillo y la gallina ciega, mientras que entre las arvenses solo reportaron Atatana y Perilla. Para su prevención y control realizan prácticas culturales como el deshierbe y la rotación de cultivos principalmente (Cuadro 19).

Cuadro 19. Prácticas culturales realizadas por productores de la localidad de Vicente Guerrero, Tlax.

Prácticas culturales	Aplicación	Beneficios
Deshierbe	Con la ayuda de maches, palas o azadones, se arrancan y cortan las arvenses que generan daño a los cultivos.	Realizar esta práctica en la etapa primaria del cultivo sirve como prevención evitando su proliferación. Ayuda en la reducción de las arvenses, nemátodos y microorganismos patógenos que habitan en el suelo, así como algunas plagas insectiles.
Rotación de cultivos	Los cultivos se rotan en función de un plan de siembra organizado.	Mejora la calidad del suelo y el microclima, incrementa la biodiversidad de especies y el reciclaje de nutrientes, así como genera un negativo sobre los organismos nocivos de las plantas.
Asociación de cultivos	Consiste en la siembra de dos o más cultivos en la misma superficie durante el ciclo agrícola.	Mejora la calidad del suelo y el microclima, incrementa la biodiversidad de especies y el reciclaje de nutrientes, así como genera un negativo sobre los organismos nocivos de las plantas.
Aplicaciones foliares de plaguicidas minerales (Chile, Cal y Azufre)	Son preparados acuosos obtenidos a partir de la combinación de minerales como la cal y algunas plantas con propiedades plaguicidas.	Genera un efecto protector de las plantas contra organismos fitopatógenos y algunas poblaciones de insectos.
Adelanto y retraso de fechas de siembra	Consiste en adelantar o posponer los días de siembra, ya que muchas veces la presencia de plagas es inmediatamente al aparecer el cultivo.	Los ataques de plagas son menores.
Mantenimiento de reservorios	Consiste en el fomento de plantas o sitios donde se mantienen poblaciones de enemigos naturales.	Contribuye a regular las poblaciones de plagas.
Colecta de insectos	En el caso de los chapulines, son colectados con ayuda de una red antes de la cosecha, cuando están en su etapa de adulta.	Disminuye las afectaciones a los cultivos. Son una fuente rica en proteínas por ello son destinados a consumo.

Fuente: (Vázquez & Fernández, 2007), Elaboración propia

4.2. Micronúcleos (MN) y Anormalidades Nucleares (AN)

Para la prueba de micronúcleos y anormalidades nucleares, se trabajó con un total de 50 campesinos, así mismo para discriminar los efectos causados por la exposición a plaguicidas se hizo uso de un grupo control formado por 16 personas

sin exposición alguna a estos productos, las principales características de ambos grupos se muestran en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Características sociodemográficas de los grupos en estudio.

	Grupo expuesto (%) n=50	Grupo control (%) n=16
Género		
Masculino	98	75
Femenino	2	25
Edad (años)	57 ± 2.029	25 ± 1.853
Rango de edad (años)		
≤ 20	-	6.3
21 – 36	8	87.5
37 – 52	32	6.3
53 – 68	34	-
69 – 84	26	-
Hábito de fumar		
Diariamente	4	6.3
A veces	22	12.5
No fuma	74	81.3
Consumo de alcohol		
Una vez al mes	28	12.5
De 2 a 4 veces al mes	18	75
De 2 a 3 veces a la semana	-	6.3
De 4 o más veces a la semana	6	-
No toma	48	6.3
Enfermedades		
Diabetes	10	-
Hipertensión	8	12.5
Otras	16	6.3
Ninguna	66	81.3

Se determinó la frecuencia de MN en las células epiteliales de la mucosa bucal de los participantes, así mismo se observaron para ambos grupos células con cromatina condensada (CC), cariolisis (CL), picnosis (PN), cariorrexis (CR), núcleo lobulado (NL), células binucleadas (BN). Al comparar las medias de ambos grupos evaluados, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en CC, PN, CR, NL y MN (Cuadro 21).

Cuadro 21. Micronúcleos y anomalías nucleares en células de mucosa bucal de trabajadores agrícolas expuestos a plaguicidas y grupo control.

Variables	Productores	Grupo control	Significancia
CC	527.66 ± 30.004	766.69 ± 43.257	0.0001*
CL	218.10 ± 20.604	234.44 ± 37.782	0.6534
PN	42.16 ± 4.394	10.38 ± 5.093	0.0000*
CR	21.60 ± 3.302	7.81 ± 1.279	0.0309*
NL	0.98 ± 0.314	0.06 ± 0.063	0.0368*
BN	6.58 ± 0.540	5.94 ± 1.24	0.2728
MN	4.54 ± 0.618	1.75 ± 0.722	0.0022*

Cromatina condensada (CC), Cariolisis (CL), Picnosis (PN), Cariorrexis (CR), Núcleo lobulado (NL), Célula binucleada (BN), Micronúcleos (MN).

Los datos están expresados en M ± EE en ‰ para micronúcleos y anomalías nucleares en 50 trabajadores expuestos y 16 controles.

*U de Mann-Whitney

De la misma forma, se segmentó el grupo de productores en los que actualmente utilizan plaguicidas y los que optan por prácticas culturales (Cuadro 22). Comparando las medias de cada grupo solo se encontró diferencia significativa en las células con cromatina condensada, siendo más grande la frecuencia para el grupo de productores que ha dejado de usar plaguicidas.

Cuadro 22. Micronúcleos y anomalías nucleares en células de mucosa bucal de trabajadores agrícolas que utilizan o no plaguicidas.

Variables	Agricultura con plaguicidas	Agricultura sin plaguicidas	Significancia
CC	508.11 ± 329.941	752.50 ± 104.101	0.0242*
CL	226.35 ± 21.906	123.25 ± 25.200	0.1741
PN	43.72 ± 4.684	24.25 ± 6.408	0.2103
CR	22.43 ± 3.556	12.00 ± 3.464	0.6804
NL	1.07 ± 0.338	0.0	0.1657
BN	6.59 ± 0.580	6.50 ± 1.258	0.9141
MN	4.59 ± 0.640	4.00 ± 2.677	0.5171

Cromatina condensada (CC), Cariolisis (CL), Picnosis (PN), Cariorrexis (CR), Núcleo lobulado (NL), Célula binucleada (BN), Micronúcleos (MN).

Los datos están expresados en M ± EE en ‰ para micronúcleos y anomalías nucleares en 46 trabajadores que utilizan plaguicidas y 4 que no utilizan.

*U de Mann-Whitney

Al estudiar las variables edad, enfermedades, hábitos de consumo de alcohol y tabaco, así como el tiempo de exposición con la presencia de células con MN (Fig. 19), podemos observar lo siguiente:

- ❖ La mayor frecuencia de este tipo células se presenta en un rango de edad de 48 a 75 años (Fig. 19a). Para los trabajadores agrícolas con edades mayores a 76 años, esta frecuencia es menor de 2 MN/1000 contadas.
- ❖ De acuerdo con las enfermedades que reportaron, podemos observar que el 50 % de los que padecen diabetes concentran una mayor frecuencia de células dañadas en comparación con los presentan hipertensión (Fig. 19b). Sin embargo, los productores que no tienen algún padecimiento también muestran una frecuencia considerable.
- ❖ Para las variables consumo de alcohol y tabaco, se observó que aquellos trabajadores agrícolas que reportaron no tener este tipo de hábitos mostraron una mayor frecuencia de MN (Fig. 19c-d), lo que podría sugerir que es resultado de la exposición a plaguicidas
- ❖ Si analizamos la variable tiempo de exposición con la presencia de células con MN (Fig. 19e), observamos una mayor frecuencia de células dañadas en los productores que han estado expuestos a plaguicidas por periodos mayores a 6 años, aunque entre estos no se encontró una diferencia significativa ($p>0.05$).

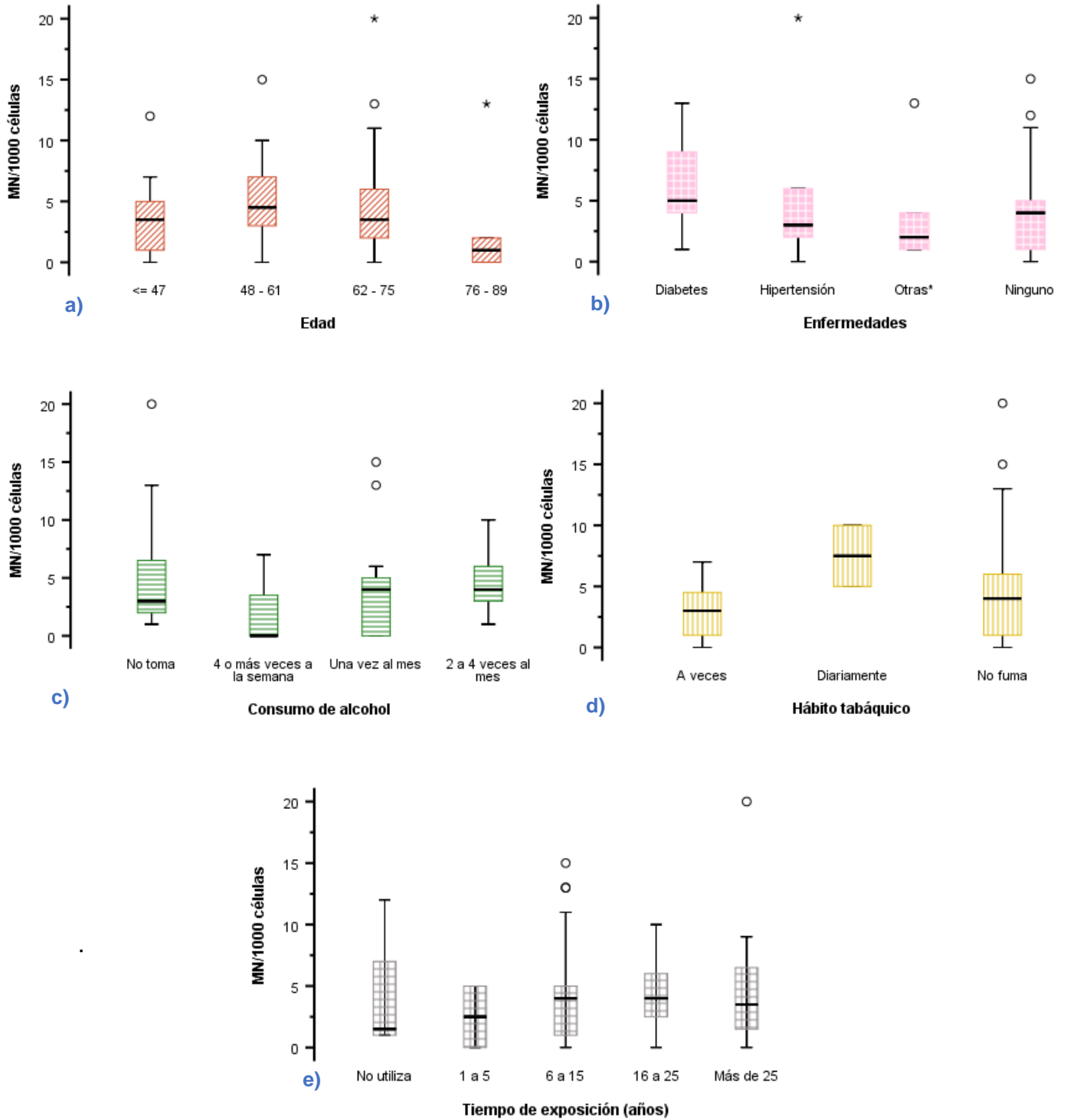


Figura 19. Frecuencia de MN observados en el epitelio de la mucosa bucal en trabajadores agrícolas. a) Con respecto a la edad, b) Con respecto a las enfermedades, c) Con respecto al consumo de alcohol, d) Con respecto al hábito tabáquico, e) Con respecto al tiempo de exposición.

*Cardíacas, reumáticas, neuronales, oftalmológicas y cutáneas

Al relacionar las variables edad, enfermedades, hábitos (consumo de alcohol y tabáquico), así como, el tiempo de exposición con la presencia de MN del grupo expuesto a través de la prueba de correlación de Spearman no se observó correlación alguna con estas variables (Cuadro 23).

Cuadro 23. Relación entre variables y MN presentes en el grupo expuesto.

Variable	Coef. de Spearman	P
Edad	-0.093	0.520
Enfermedades	-0.110	0.447
Consumo de alcohol	0.060	0.678
Hábito tabáquico	0.095	0.512
Tiempo de exposición	0.056	0.711

*La correlación es significativa al nivel 0.05 bilateral con la prueba del coeficiente de Spearman.

La presencia de anormalidades nucleares y micronúcleos se clasificaron de acuerdo a los parámetros establecidos por Holland *et al.*, (2008) y Tolbert *et al.*, (1992) en la Fig. 20. se pueden observar los cambios nucleares degenerativos relacionados con un daño genotóxico.

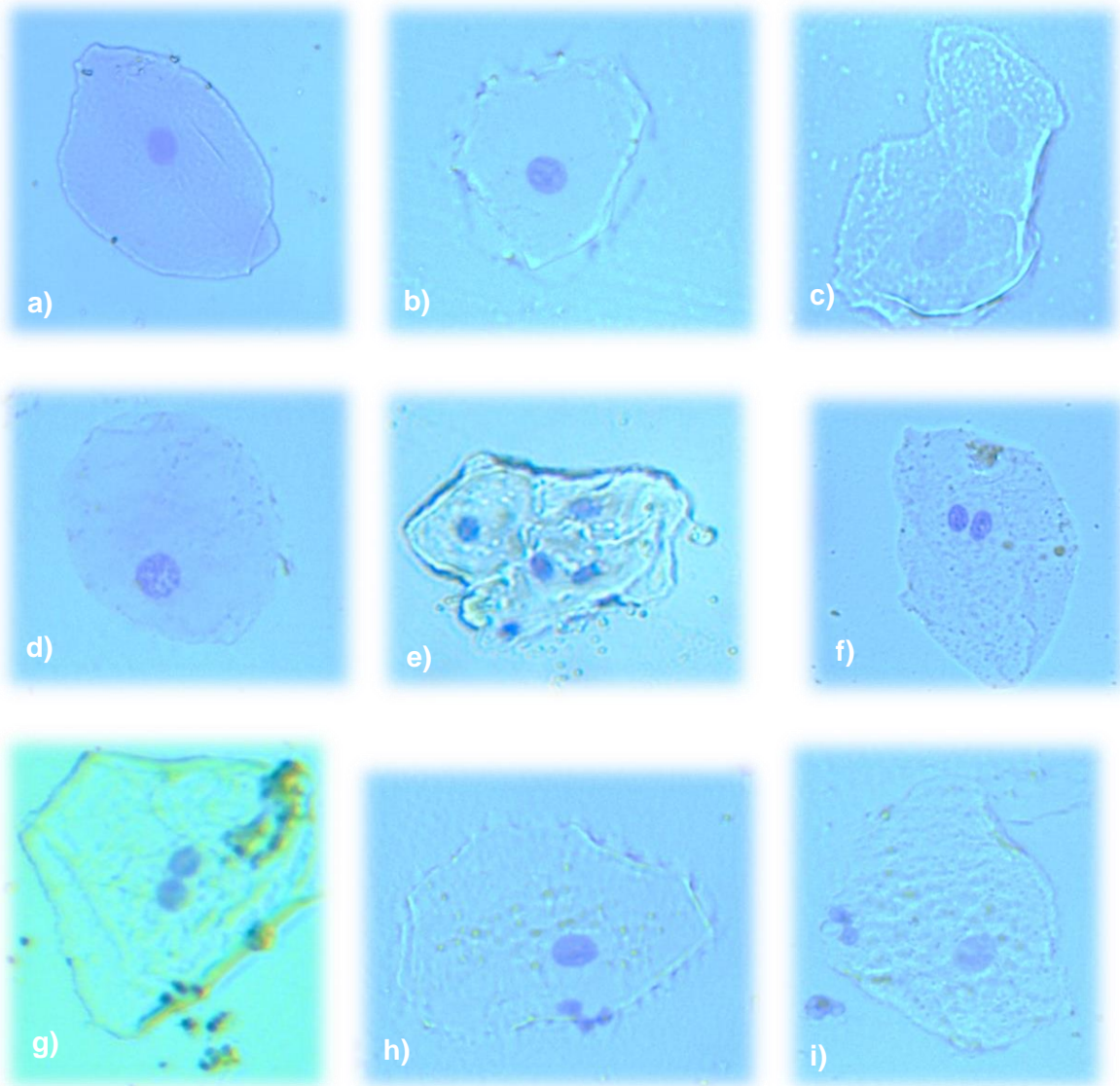


Figura 20. Células con anomalías. a) Célula normal, b) Cromatina condensada (CC), c) Cariolisis (CL), d) Cariorexix (CR), e) Núcleo picnótico (PN), f) Célula binucleada (BN), g) Núcleo lobulado (NL), h)-i) Célula con micronúcleos (CMN). Microscópio binocul

Capítulo V

Discusión de resultados

Cabe señalar que estructurar este apartado no ha sido fácil dado el volumen de información existente, por lo cual se han creado tres apartados: el primero en cual se presentan las características generales de la población de estudio. El segundo apartado hace referencia a los resultados obtenidos del ensayo de MN en las células de descamación epitelial de la mucosa bucal y para finalizar el tercero abarca la información sobre los factores de que pueden influir en la variable citogenética analizada.

5.1. Características generales de la población de estudio

Dentro de los hallazgos encontrados podemos señalar como primer punto que la edad promedio de los productores (56.44 ± 1.74 años), concuerda con el valor obtenido en el estudio realizado por Damián-Huato y Ramírez-Valverde (2008) para el estado de Tlaxcala. De acuerdo con la última Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA), el 45.8 % de los productores inmersos en las actividades agrícolas son considerados adultos mayores (INEGI, 2019). Su nivel de educación es bajo, dado que la mayoría concluyó una instrucción primaria (31.8 %) y en menor porcentaje han estudiado más de 12 años (7.6 %), situación que se presenta también en trabajos como el de Carbajal-López *et al.*, (2016) y Ramírez-Mora *et al.*, (2019).

La presencia de los hombres como responsables del manejo y toma de decisiones en la unidad de producción es mayor y coincide con los datos obtenidos por la última ENA (83 %) (INEGI, 2019), y aunque existe poca presencia de mujeres al frente de la parcela, su participación es de importancia dado que se ha reconocido que trabajan mejor al ser más cuidadosas en las actividades que desarrollan, lo que resulta importante en alimentos perecederos (Kay, 2009).

En cuanto a los principales cultivos que se siembran en la localidad encontramos maíz, frijol, calabaza, tomate de cascara, trigo, haba, cebada y avena. El uso de semillas criollas prevalece entre los productores de la localidad situación similar que ocurre en la región centro norte del estado Puebla (Turiján *et al.*, 2012), así como, en la península de Yucatán, (Uzcanga *et al.*, 2017), ambos con una agricultura de temporal.

Al respecto, García-Salazar y Ramírez-Jaspeado (2014) señalan que el consumo de semillas criollas es más alto en los estados del centro y sur del país, debido a que ofrece ventajas como bajo costo, accesibilidad y resistencia a condiciones climáticas de la región (Damián-Huato, 2010), además de la amplia variedad de usos tradicionales y especiales en que estas son empleadas (Fernández *et al.*, 2013).

Con respecto al uso de herbicidas e insecticidas entre los trabajadores agrícolas, Damián-Huato & Ramírez-Valverde (2010), así como, Sánchez & Romero (2017), han estimado su uso en 57 % y 67.5 %, así como en 20 % y 24 % respectivamente, entre maiceros pertenecientes al estado de Tlaxcala. En lo que respecta a los resultados obtenidos, puede señalarse que existe un incremento desmesurado (84.8 % y 81.8 % respectivamente), por lo cual se considera un posible error de interpretación al momento de realizar el levantamiento de datos.

Sin embargo, cabe señalar que el empleo de herbicidas reduce el tiempo destinado a las labores del cultivo, inclinando la mano de obra en actividades como el transporte, la construcción y la industria, dando pie a la pluriactividad (Damián-Huato, 2010).

5.2. MN de células de descamación de la mucosa bucal

En este estudio y en otros con trabajadores agrícolas expuestos a plaguicidas, se determinaron frecuencias de 2 hasta 17 MN/1000 células observadas, indicando un incremento significativo con respecto al grupo control (Aiassa *et al.*, 2019; Carbajal-

López *et al.*, 2016; Ferré *et al.*, 2018; Gentile *et al.*, 2012; Gómez-Arroyo *et al.*, 2000; Martínez-Valenzuela *et al.*, 2015; Matheus *et al.*, 2017; Zúñiga *et al.*, 2012), lo que lo convierte en un biomarcador predictivo del riesgo elevado de cáncer (Bonassi *et al.*, 2007; Carbajal-López *et al.*, 2016). Por el contrario, estudios como el de Pastor *et al.*, (2003), no reportaron diferencia significativa en la frecuencia de MN entre el grupo control y el grupo expuesto, obteniendo valores de 1.18 ± 0.12 y 1.12 ± 0.10 MN/1000 células respectivamente, sin embargo señalan que la exposición a plaguicidas puede ser capaz de inducir alteraciones en la cinética de proliferación celular.

Con respecto a las anomalías nucleares identificadas, las frecuencias más elevadas se observaron en células con CC, CL, PN y CR, situación similar reportada por Benedetti *et al.*, (2013) y que de acuerdo con Bolognesi *et al.*, (2013) se encuentran relacionadas principalmente con procesos de muerte celular. Al mismo tiempo, se detectó diferencia significativa con respecto al grupo control ($p < 0.05$) en células con CC, CL, PN, CR y NL, este último considerado como indicador de inestabilidad cromosómica o daño en el ADN (Bolognesi *et al.*, 2013).

En cuanto a la frecuencia de células con cromatina condensada, el valor obtenido es alto para ambos grupos (527.66 ± 30.00 vs 766.69 ± 43.25) comparado con los valores registrados en otras investigaciones (Benedetti *et al.*, 2013; Carbajal-López *et al.*, 2016; Ferré *et al.*, 2018), sin embargo, trabajos como el de Martínez-Valenzuela *et al.*, (2017) y Ortega-Martínez *et al.*, (2019), reportan frecuencias similares a las obtenidas pero solo para el grupo expuesto, en el primer caso compuesto por pilotos aplicadores y para el segundo por jornaleros de invernaderos; ambos grupos expuestos por más de 25 años, trabajando con mezclas complejas y con escaso uso de equipo de protección.

5.3. Daño citotóxico relacionado con la exposición a plaguicidas

Dado que el tipo de cultivos caracterizan el uso de plaguicidas y la frecuencia de las aplicaciones (Bolognesi, 2003), se ha observado la implementación de herbicidas

hasta tres veces por ciclo agrícola y la mezcla de al menos dos productos con ingredientes activos diferentes, resultando en mezclas más tóxicas de tal forma que provoca un mayor efecto al que resulta la suma de las acciones individuales de cada uno de ellos por separado, trayendo efectos perjudiciales no solo para los productores sino también para los insectos benéficos presentes en las parcelas (Martínez-Valenzuela & Gómez-Arroyo, 2007). Este tipo de acciones es común en un 83 % de las investigaciones realizadas en América Latina, lo que hace difícil atribuir sus efectos a algún compuesto específico y obstaculiza la comparación entre las diferentes investigaciones dado la gran cantidad y variedad de productos aplicados (Gómez-Arroyo *et al.*, 2013).

En cuanto al uso de plaguicidas y de acuerdo con lo reportado por los productores, se establece que este se basa principalmente en compuestos de clorofenoxi, triazinas y piretroides, lo que coincide con productores de maíz y soja para la Provincia de Córdoba, Argentina (Gentile *et al.*, 2012), no obstante el uso de plaguicidas organoclorados, organofosforados y carbamatos siguen reportándose con mayor frecuencia en el país (Carbajal-López *et al.*, 2016; Martínez-Valenzuela *et al.*, 2017; Zúñiga *et al.*, 2012), dado que el mecanismo de acción de estos últimos se basa principalmente en la fosforilación de la enzima acetilcolinesterasa (AChE) en las terminaciones nerviosas (Badii & Varela, 2008).

Cabe señalar que, algunos de estos ingredientes activos se encuentran clasificados en base a la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2010), como moderadamente peligrosos (2,4-D, cipermetrina, lambda cialotrina y tebuconazol) y como poco peligrosos (atrazina). Es sabido que la exposición a plaguicidas en mayor o menor medida induce mutaciones, alteraciones cromosómicas o daño al ADN dado que varios de sus ingredientes activos poseen propiedades mutagénicas (Bolognesi, 2003). Este tipo de daño se ha observado para ingredientes de uso común entre los trabajadores, como la cipermetrina, la atrazina y el 2,4-D (Lerro *et al.*, 2015; Sandal & Yilmaz, 2011), este último clasificado como Grupo II B posible carcinógeno, por el Centro Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC, 2020) desde 2018.

Con base en los resultados obtenidos, se detectó que los productores presentan una exposición crónica ya que la aplicación de plaguicidas es mayor a un año (ATSDR, 2009) y dado que la agricultura que se desarrolla en la localidad es de temporal podemos afirmar que la exposición que tienen los productores es cíclica, siendo el trigo, avena, maíz híbrido y tomate los cultivos que requieren el uso de herbicidas (Moreno, 2000).

El tiempo de exposición es un factor difícil de considerar al realizar una evaluación cuantitativa del contacto con los plaguicidas (Gómez-Arroyo *et al.*, 2013), no obstante estudios como los de Aiassa *et al.*, (2019), Matheus *et al.*, (2017) y Zúñiga *et al.*, (2012) han correlacionado positivamente este factor con la presencia de alteraciones citogenéticas en trabajadores agrícolas con una exposición mínima de tres años, indicándose en algunos casos más de un periodo de exposición al año.

Por el contrario y de acuerdo a los datos recolectados, para este estudio no se observó correlación alguna, resultados similares fueron presentados por Gómez-Arroyo *et al.*, (2000), Pastor *et al.*, (2003) y Tomiazzi *et al.*, (2018), para trabajadores expuestos a mezclas complejas de plaguicidas principalmente de organofosforados, carbamatos y piretroides con una exposición constante de 3 a 20 años. No obstante, a través de otros biomarcadores se han obtenido resultados positivos, tal es el caso de Carbajal-López *et al.*, (2016) a través del ensayo cometa, correlacionando positivamente la migración del ADN y el tiempo de exposición al comparar la longitud de cola entre comunidades con diferentes tiempos de exposición (15.63 ± 1.3 - 17.50 ± 3.4 vs. 9.94 ± 2.0 años). Por su parte Martínez-Valenzuela *et al.*, (2009) determinan el ICH (Incremento de Cromatinas Hermanas) en muestras de productores que han trabajado alrededor de 7 años por periodos de 4 a 6 meses y de 6 a 8 meses al año, observando la correlación entre el incremento estadísticamente significativo en su incidencia y la exposición a plaguicidas por parte de los trabajadores.

La falta de destreza y dificultad para respirar son algunos de los principales inconvenientes por los cuales los trabajadores agrícolas utilizan incompleto el equipo de protección personal (Joko *et al.*, 2020; Marcelino *et al.*, 2019), resultando ser inadecuado en el mayor de los casos al utilizar materiales plásticos para cubrir la espalda y un paliacate o cubre bocas para protección de las vías respiratorias (Guzmán-Plazola *et al.*, 2016), facilitando así la entrada de estas sustancias al cuerpo a través de las vías respiratorias y la absorción de la piel.

Su correlación con la presencia de daño al material genético no se ha sido significativa entre quienes lo usan y quienes no (Gentile *et al.*, 2012; Matheus *et al.*, 2017). Entre el equipo de protección adecuado más frecuente se mencionan el uso de guantes, botas e impermeables (Aiassa *et al.*, 2019; Ferré *et al.*, 2018; Gentile *et al.*, 2012; Martínez-Valenzuela *et al.*, 2017). No obstante, el equipo de protección personal tiene una correlación significativa ante la presencia de síntomas ocasionados por la exposición a plaguicidas, convirtiendo su ausencia en un factor de riesgo (Joko *et al.*, 2020; Pastor *et al.*, 2003).

Los principales síntomas observados en trabajadores expuestos han sido dolor de cabeza, irritación de la mucosa en ojos y nariz, alergias o reacciones en la piel así como náuseas y problemas digestivos (Aiassa *et al.*, 2019; Gentile *et al.*, 2012; Gómez-Arroyo *et al.*, 2000). Sintomatología similar ha sido correlacionada con la exposición a mezclas complejas de plaguicidas como organofosforados, carbamatos, piretroides y organoclorados en menor proporción (Benedetti *et al.*, 2013; Matheus *et al.*, 2017), particularmente el contacto cutáneo con insecticidas piretroides resulta en irritación de la piel como ardor, comezón y hormigueo (Ferrer, 2003), síntoma reportado con mayor frecuencia entre los productores de este estudio. Con respecto a los indicadores de toxicidad, los síntomas dermatológicos y cardiorrespiratorios no han mostrado relación alguna en productores, donde más de la mitad no utiliza equipo de protección personal mientras trabaja con plaguicidas (Butinof *et al.*, 2019).

El uso del pulverizador manual tipo mochila es el equipo más citado entre los trabajadores agrícolas a cargo de extensiones menores de 5 ha (Ramírez-Mora *et al.*, 2019). Su uso predispone a un aumento del riesgo de inhalación y absorción percutánea de los plaguicidas, principalmente si no se utiliza el equipo de protección personal adecuado (Damalas & Eleftherohorinos, 2011). De acuerdo con Lesmes-Fabian *et al.*, (2012) las partes del cuerpo más expuestas por el uso de este equipo son los brazos, espalda, muslos y piernas existiendo contacto directo por derrames cuando el equipo de aplicación no se encuentra en buenas condiciones. La aplicación de plaguicidas cuando no hay viento, se considera una buena práctica agrícola (Ferré *et al.*, 2018), situación que se presenta con mayor frecuencia entre los productores.

Las intoxicaciones por plaguicidas también pueden deberse a causas como una errónea información, la falta de capacitación en su manejo y uso, sobre todo con productos altamente tóxicos, así como la ausencia de prácticas de higiene como lavarse las manos después de manipularlos o antes de comer (Damalas & Eleftherohorinos, 2011). De acuerdo con Guzmán-Plazola *et al.*, (2016), el conocimiento empírico que los trabajadores agrícolas adquieren es traspasado de padres a hijos, inclusive un mal manejo de estos productos lo que en el mayor de los casos repercute en la salud de los trabajadores expuestos.

El manejo de los envases vacíos es un serio problema que deriva de la agricultura y representa un alto riesgo ambiental y de salud, debido a que según Albert (2005) se generan 7 mil toneladas anuales de residuos, de las cuales solo se recupera un 40 % mientras que la mayoría queda dispersa en los campos; donde la distribución de los plaguicidas no se limita únicamente a los cuerpos de agua y su bioacumulación en la biota presente, sino a productos de consumo humano. Este problema se ha identificado por Gentil *et al.*, (2012) en la provincia de Córdoba, Argentina, donde productores no dan un seguimiento a este desecho, sin embargo para en este trabajo, se detectó que la mayor parte de productores es consciente del daño que genera este residuo al ser tirado entre las parcelas o al ser incinerado,

por lo cual, son enjuagados de acuerdo a las recomendaciones del técnico o vendedor para ser almacenados hasta su desecho.

5.4. Factores de confusión

La frecuencia de MN puede verse alterada por diversos factores que pueden influir en su presencia, por ello la aplicación de este método en estudios de biomonitorización requiere de una comprensión y medición más exhaustiva de variables comunes como la edad, el género, la dieta y factores de estilo de vida en este marcador (Fenech & Bonassi, 2011).

5.4.1. Edad

La edad es un factor que se ha correlacionado significativamente con la presencia de células dañadas en trabajadores expuestos a plaguicidas (Gentile *et al.*, 2012), a diferencia del estudio de Balderrama-Carmona *et al.*, (2019), quienes determinan que la edad no influye en el incremento de MN al no encontrar daño celular en muestras de trabajadores agrícolas de 30 años o menos, así como, de 45 años de edad. Este hallazgo concuerdan con los resultados obtenidos por Bolognesi (2003), Ferré *et al.*, (2018), Martínez-Valenzuela *et al.*, (2009).

De modo similar, para este estudio no se encontró correlación alguna, sin embargo, se observó que los productores con edades avanzadas (≥ 59 años) concentran la mayor frecuencia de células micronucleadas, situación que, de acuerdo con Ferraz *et al.*, (2016) pudiera ser normal, dado que hombres y mujeres sanos de 60 años con un índice de vida alto obtuvieron una ocurrencia significativamente mayor de micronúcleos y cambios degenerativos ($p < 0.0001$) comparados con sujetos con similares características a excepción de la edad, ya que correspondía a un rango entre 18 y 29 años ($p < 0.05$), lo que señala a la edad como el principal factor asociado con la inducción del daño en el material genético.

5.4.2. Salud

Entre los factores que pueden modificar la frecuencia de MN se encuentra el estado de salud. En estudios de seguimiento a largo plazo, se ha demostrado que una mayor frecuencia de MN es un biomarcador predictivo de la mortalidad cardiovascular dentro de una población de sujetos sanos, así como de los principales eventos cardiovasculares adversos en pacientes con enfermedad de arterias coronarias (Andreassi et al., 2011).

Por otra parte, en los estudios de Ferre *et al.*, (2018) y Matheus *et al.*, (2017) con trabajadores agrícolas que presentaron antecedentes patológicos de hipertensión arterial y consumo de medicamento crónico, no se observó correlación alguna con la presencia de células con daño genético. Situación que se asemeja a la observada para este estudio, donde la diabetes e hipertensión arterial son los padecimientos más reportados y el consumo de medicamentos se lleva por el 16.7 % de los encuestados.

5.4.3. Alcohol y tabaco

De acuerdo con factores de estilo de vida como el consumo de alcohol, se observó que es frecuente tanto en el grupo expuesto como en el grupo control, mientras que la exposición al tabaco ha sido baja para ambos grupos. Al relacionar estos hábitos con la frecuencia de MN y AN no se observó diferencia significativa.

Resultados similares se obtuvieron en el estudio de Matheus *et al.*, (2017), donde el grupo expuesto y el grupo control mostraron una tendencia más alta ante el consumo de alcohol (68.3 % y 58.5 %) comparada con la exposición al tabaco (21.9 % y 19.5 %) sin encontrar relación estadísticamente significativa con la frecuencia de células micronucleadas detectadas, por lo cual pudiera suponerse que este tipo de variables no influyen en el daño genotóxico. Por otro lado, las observaciones realizadas por Tomiazzi *et al.*,(2018) sugieren que el consumo de alcohol no interfiere significativamente ($p < 0.05$) con el número de AN y MN ya presentes por la exposición al tabaco y a los plaguicidas.

Capítulo VI

Conclusiones

- ❖ Entre los principales factores de riesgo por exposición a plaguicidas que se identificaron para los productores de la localidad se encuentran: el tiempo de exposición en el que han trabajado con estas sustancias, la ausencia de equipo de protección personal, el tipo de plaguicidas que utilizan, así como las mezclas complejas a las que se encuentran expuestos.
- ❖ En la zona de estudio no se detectaron registros referentes a casos de intoxicación por la exposición a plaguicidas, dado que la mayor parte de las intoxicaciones agudas que sufren los trabajadores agrícolas no son reportadas ni tratadas en estas instancias.
- ❖ Se diseñó, validó y aplicó un instrumento para la pesquisa de la muestra de trabajadores agrícolas que participaron en el presente estudio, contemplando datos sociodemográficos, nivel de conocimientos, prácticas de higiene y seguridad entre otras.
- ❖ Los tipos de plaguicidas más referidos por los productores son herbicidas, pertenecientes a los grupos químicos clorfenoxi y triazinas, clasificados principalmente como moderadamente peligrosos.
- ❖ Los niveles de daño en el material genético detectable a través del ensayo de MN en células epiteliales de descamación de la mucosa bucal son inducidos por la exposición a plaguicidas.
- ❖ Productores expuestos a plaguicidas con ausencia de equipo de protección personal y malas prácticas agrícolas mostraron mayor daño en el material genético, por lo cual su correcta aplicación en condiciones favorables podrá disminuir el número de alteraciones presentes.

6.1. Limitaciones del estudio

Al principio del estudio, se había contemplado levantar un censo, sin embargo, conforme se contactaban a los productores se detectó que parte de ellos realizan otras actividades independientes a las agrícolas con horarios establecidos, así como, en algunos casos no se encuentra en la localidad debido a que han emigrado temporalmente en busca de mejores ingresos, por tal motivo se optó por determinar un tamaño de muestra con los productores que se contactaron.

Así mismo, se considera que la principal limitante que se presentó en el desarrollo de este estudio estuvo relacionada con el número de productores que no dieron su consentimiento para la toma de muestra del exudado bucal, manifestando desconfianza, miedo o inconformidad ante el estudio y los posibles resultados, por lo cual el tamaño de muestra tuvo una disminución (25 %).

Bibliografía

- Acosta-Maldonado, B., Sánchez-Ramírez, B., Reza-López, S., & Levario-Carrillo, M. (2009). Effects of exposure to pesticides during pregnancy on placental maturity and weight of newborns: A cross-sectional pilot study in women from the Chihuahua State, Mexico. *Human & Experimental Toxicology*, 28(8), 451-459. <https://doi.org/10.1177/0960327109107045>
- Aiassa, D. E., Mañas, F. J., Gentile, N. E., Bosch, B., Salinero, M. C., & Gorla, N. B. M. (2019). Evaluation of genetic damage in pesticides applicators from the province of Córdoba, Argentina. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(20), 20981-20988. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05344-2>
- Albert, A. L. (2005). Panorama de los plaguicidas en México. *Revista Toxicológica en Línea*, 8, 17. https://www.sertox.com.ar/modules.php?name=Content&pa=list_pages_subcategories&scid_listado=39
- Albert, A. L. (2019a, junio). Evolución del marco legal para el control de los plaguicidas en México. *La Jornada ecológica*, 7-14. <http://ecologica.jornada.com.mx/2019/04/24/evolucion-del-marco-legal-para-el-control-de-los-plaguicidas-en-mexico-4491.html>
- Albert, A. L. (2019b, junio). ¿Funcionan hoy las leyes mexicanas para el control de los agroquímicos? *La jornada ecológica*, 5-6. <http://ecologica.jornada.com.mx/2019/04/24/funcionan-hoy-las-leyes-mexicanas-para-el-control-de-los-agroquimicos-5018.html>

- Aldana-Madrid, M. L., Valenzuela-Quintanar, A. I., Silveira-Gramont, M. I., Rodríguez-Olibarría, G., Grajeda-Cota, P., Zuno-Floriano, F. G., & Miller, M. G. (2011). Residual Pyrethroids in Fresh Horticultural Products in Sonora, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 87(4), 436-439. <https://doi.org/10.1007/s00128-011-0391-z>
- Alewu, B., & Nosiri, C. (2011). Pesticides and Human Health. En *Pesticides in the Modern World—Effects of Pesticides Exposure* (Stoytcheva M., pp. 231-250). IntechOpen. <https://www.intechopen.com/books/pesticides-in-the-modern-world-effects-of-pesticides-exposure/pesticide-and-human-health>
- Andreassi, M. G., Barale, R., Iozzo, P. I., & Picano, E. (2011). The association of micronucleus frequency with obesity, diabetes and cardiovascular disease. *Mutagenesis*, 26(1), 77-83. <https://doi.org/10.1093/mutage/geq077>
- Aparicio, V., De Gerónimo, E., Hernández, G. K., Portocarrero, R., & Vidal, C. (2015). *Los plaguicidas agregados al suelo y su destino en el ambiente* (1° ed.). INTA. <https://inta.gob.ar/documentos/los-plaguicidas-agregados-al-suelo-y-su-destino-en-el-ambiente>
- Arango, V. S. S. (2012). Biomarcadores para la evaluación de riesgo en la salud humana. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 30(1), 75-82. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-386X2012000100009&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Arbeláez, M. P., & Henao, H. S. (2004). *Vigilancia sanitaria de plaguicidas: Experiencia de Plagsalud en Centroamérica*. OPS. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=AR2007000127>

- Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica* (6 °). Episteme.
- Arrebola, J. P., Belhassen, H., Artacho-Cordón, F., Ghali, R., Ghorbel, H., Boussen, H., Perez-Carrascosa, F. M., Expósito, J., Hedhili, A., & Olea, N. (2015). Risk of female breast cancer and serum concentrations of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls: A case–control study in Tunisia. *Science of The Total Environment*, 520, 106-113. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.03.045>
- ATSDR, A. for T. S. and D. R. (2009). *Glossary of terms. Agency for Toxic Substances and Disease Registry U.S.* <https://www.atsdr.cdc.gov/glossary.html>
- Badii, M. H., & Varela, S. (2008). Insecticidas Organofosforados: Efectos sobre la Salud y el Ambiente. *Cultura Científica y Tecnológica*, 5(28), 5-17. <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/375>
- Balderrama-Carmona, A. P., Valenzuela-Rincón, M., Zamora-Álvarez, L. A., Adan-Bante, N. P., Leyva-Soto, L. A., Silva-Beltrán, N. P., & Morán-Palacio, E. F. (2019). Herbicide biomonitoring in agricultural workers in Valle del Mayo, Sonora Mexico. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07087-6>
- Banco Mundial. (2019). *Datos de libre acceso del Banco Mundial* [Servicios]. Datos de libre acceso del Banco Mundial. <https://datos.bancomundial.org/>
- Bejarano, G. F., Aguilera, M. D., Álvarez, S. J. D., Arámbula, M. E., Arellano, A. O., López, A. J. A., Mariaca, M. R., & Martínez, R. I. E. (2017). *Los Plaguicidas Altamente Peligrosos en México*. 364.

file:///C:/Users/tecah/Downloads/Los_Plaguicidas_Altamente_Peligrosos_en_Mexico%20(1).pdf

Benedetti, D., Nunes, E., Sarmiento, M., Porto, C., Santos, C. E. I. dos, Dias, J. F., & da Silva, J. (2013). Genetic damage in soybean workers exposed to pesticides: Evaluation with the comet and buccal micronucleus cytome assays. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 752(1-2), 28-33.

<https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2013.01.001>

Bernardino-Hernández, H. U., Mariaca-Méndez, R., Nazar-Beutelspacher, A., Álvarez-Solís, J. D., Torres-Dosal, A., & Herrera-Portugal, C. (2019). Conocimientos, conductas y síntomas de intoxicación aguda por plaguicidas entre productores de tres sistemas de producción agrícolas en los Altos de Chiapas, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(1), 7-23. <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.01.01>

Bolognesi, C. (2003). Genotoxicity of pesticides: A review of human biomonitoring studies. *Mutation Research*, 543(3), 251-272. [https://doi.org/10.1016/s1383-5742\(03\)00015-2](https://doi.org/10.1016/s1383-5742(03)00015-2)

Bolognesi, C., Creus, A., Ostrosky-Wegman, P., & Marcos, R. (2011). Micronuclei and pesticide exposure. *Mutagenesis*, 26(1), 19-26. <https://doi.org/10.1093/mutage/geq070>

Bolognesi, C., Knasmueller, S., Nersesyan, A., Thomas, P., & Fenech, M. (2013). The HUMNxl scoring criteria for different cell types and nuclear anomalies in the buccal micronucleus cytome assay—An update and expanded

photogallery. *Mutation Research*, 753(2), 100-113.
<https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2013.07.002>

Bonassi, S., Znaor, A., Ceppi, M., Lando, C., Chang, W. P., Holland, N., Kirsch-Volders, M., Zeiger, E., Ban, S., Barale, R., Bigatti, M. P., Bolognesi, C., Cebulska-Wasilewska, A., Fabianova, E., Fucic, A., Hagmar, L., Joksic, G., Martelli, A., Migliore, L., ... Fenech, M. (2007). An increased micronucleus frequency in peripheral blood lymphocytes predicts the risk of cancer in humans. *Carcinogenesis*, 28(3), 625-631.
<https://doi.org/10.1093/carcin/bgl177>

Bonassi, Stefano, Coskun, E., Ceppi, M., Lando, C., Bolognesi, C., Burgaz, S., Holland, N., Kirsh-Volders, M., Knasmueller, S., Zeiger, E., Carnesoltas, D., Cavallo, D., da Silva, J., de Andrade, V. M., Demircigil, G. C., Domínguez Odio, A., Donmez-Altuntas, H., Gattas, G., Giri, A., ... Fenech, M. (2011). The human micronucleus project on exfoliated buccal cells (HUMN(XL)): The role of life-style, host factors, occupational exposures, health status, and assay protocol. *Mutation Research*, 728(3), 88-97.
<https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2011.06.005>

Brouwer, M., Huss, A., van der Mark, M., Nijssen, P. C. G., Mulleners, W. M., Sas, A. M. G., van Laar, T., de Snoo, G. R., Kromhout, H., & Vermeulen, R. C. H. (2017). Environmental exposure to pesticides and the risk of Parkinson's disease in the Netherlands. *Environment International*, 107, 100-110.
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.07.001>

Butinof, M., Fernández, R. A., Lerda, D., Lantieri, M. J., Filippi, I., & Díaz, M. del P. (2019). Biomonitoring in exposure to pesticides and its contribution to surveillance

epidemiológica en agroaplicadores en Córdoba, Argentina. *Gaceta Sanitaria*, 33(3), 216-221. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2017.12.002>

Butinof, M., Fernandez, R. A., Stimolo, M. I., Lantieri, M. J., Blanco, M., Machado, A. L., Franchini, G., & Díaz, M. del P. (2015). Pesticide exposure and health conditions of terrestrial pesticide applicators in Córdoba Province, Argentina. *Cadernos De Saúde Publica*, 31(3), 633-646. <https://doi.org/10.1590/0102-311x00218313>

Carbajal-López, Y., Gómez-Arroyo, S., Villalobos-Pietrini, R., Calderón-Segura, M., & Martínez-Arroyo, A. (2016). Biomonitoring of agricultural workers exposed to pesticide mixtures in Guerrero state, Mexico, with comet assay and micronucleus test. *Environmental science and pollution research international*, 23(3), 2513-2520. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5474-7>

CICOPLAFEST. (2004). *Catálogo Oficial de Plaguicidas, México. Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas. Secretaría de Salud. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.*

Cimino, A. M., Boyles, A. L., Thayer, K. A., & Perry, M. J. (2017). Effects of Neonicotinoid Pesticide Exposure on Human Health: A Systematic Review. *Environmental Health Perspectives*, 125(2), 155-162. <https://doi.org/10.1289/EHP515>

Cobanoglu, H., Coskun, M., Coskun, M., & Çayir, A. (2019). Results of buccal micronucleus cytome assay in pesticide-exposed and non-exposed group.

Environmental Science and Pollution Research, 26(19), 19676-19683.

<https://doi.org/10.1007/s11356-019-05249-0>

COFEPRIS, C. F. para la P. contra R. S. (2019). *Consulta de registros sanitarios de plaguicidas, nutrientes vegetales y LMR*.
<https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/registro-sanitario-de-plaguicidas-y-nutrientes-vegetales>

Damalas, C. A., & Eleftherohorinos, I. G. (2011). Pesticide exposure, safety Issues, and risk assessment indicators. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(5), 1402-1419.
<https://doi.org/10.3390/ijerph8051402>

Damián-Huato, M. A. (2010). Manejo del maíz en el estado de Tlaxcala, México: Entre lo convencional y lo agroecológico. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 6(2), 67-76.
<http://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/view/184>

Damián-Huato, M. Á., & Ramírez-Valverde, B. (2008). Dependencia científica y tecnologías campesinas. El caso de los productores de maíz del estado de Tlaxcala. *Economía y Sociedad*, XIV(21), 59-76.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=51002104>

De la Torre, E. Y. (2012). Los volcanes del Sistema Volcánico Transversal. *Investigaciones Geográficas*, 50, 220-234. <https://doi.org/10.14350/rig.30441>

Del Puerto, R. A. M., Suárez, T. S., & Palacio, E. D. E. (2014). Efecto de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 372-387.
<http://scielo.sld.cu/pdf/hie/v52n3/hig10314.pdf>

- DGE, D. G. de E. (2013). *Panorama histórico de morbilidad por intoxicación en plaguicidas en México 1995-2012* (Informativo N.º 34; Boletín Epidemiológico, p. 28). SINAVE.
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/12839/sem34.pdf>
- DGE, D. G. de E., Secretaría de Salud. (2019). *Información Epidemiológica de Morbilidad Anuario 1984—2019*.
<https://epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/html/anuarios.html>
- Díaz, O., & Betancourt, C. C. R. A. (2018). Los pesticidas; clasificación, necesidad de un manejo integrado y alternativas para reducir su consumo indebido: Una revisión. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(2), 14-30.
<https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/190>
- DOF. (s. f.). *Diario Oficial*. Diario Oficial de la Federación. <https://www.dof.gob.mx/>
- DOF, D. O. de la F. (2008). *Catálogo de las Lenguas Indígenas Nacionales: Variantes Lingüísticas de México con sus autodenominaciones y referencias geoestadísticas*.
https://www.dof.gob.mx/index_113.php?year=2008&month=01&day=14
- Dutta, S., & Bahadur, M. (2019). Effect of pesticide exposure on the cholinesterase activity of the occupationally exposed tea garden workers of northern part of West Bengal, India. *Biomarkers*, 24(4), 317-324.
<https://doi.org/10.1080/1354750X.2018.1556342>
- El-Shenawy, N. S. (2009). Oxidative stress responses of rats exposed to Roundup and its active ingredient glyphosate. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 28(3), 379-385. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2009.06.001>

- Estrada, A. F., Berrouet, M. C., & Giraldo, J. A. (2016). Toxicidad por neonicotinoides: Revisión de tema y reporte de dos casos. *Medicina U.P.B*, 35(1), 41-46. <https://doi.org/10.18566/medupb.v35n1.a06>
- FAO (Ed.). (2015). *Construyendo una visión común para la agricultura y alimentación sostenibles – Principios y enfoques*. <http://www.fao.org/3/a-i3940s.pdf>
- FAO, & WHO. (2015). *Código Internacional de Conducta para la Gestión de Plaguicidas*. Food & Agriculture Org. <http://www.fao.org/3/a-i3604s.pdf>
- FAOSTAT. (2019). *Insumos. Plaguicidas uso a nivel mundial* [Servicios]. FAO Dirección de Estadística. <http://www.fao.org/faostat/es/#home>
- Fenech, M. (2000). The in vitro micronucleus technique. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 455(1-2), 81-95. [https://doi.org/10.1016/S0027-5107\(00\)00065-8](https://doi.org/10.1016/S0027-5107(00)00065-8)
- Fenech, M., & Bonassi, S. (2011). The effect of age, gender, diet and lifestyle on DNA damage measured using micronucleus frequency in human peripheral blood lymphocytes. *Mutagenesis*, 26(1), 43-49. <https://doi.org/10.1093/mutage/geq050>
- Fernández, S. R., Morales, C. L. A., & Gálvez, M. A. (2013). Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional: Una revisión indispensable. *Revista fitotecnia mexicana*, 36(Supl. 3-a), 275-283. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0187-73802013000500004&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Ferraz, G. A., Costa Neto, A. de O., Cerqueira, E. de M. M., & Meireles, J. R. C. (2016). Effects of age on the frequency of micronuclei and degenerative

- nuclear abnormalities. *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia*, 19(4), 627-634. <https://doi.org/10.1590/1809-98232016019.150155>
- Ferré, D. M., Quero, M., Hynes, V., Saldeña, E., Lentini, V., Tornello, M., Carracedo, R., & Gorla, N. B. (2018). Ensayo de micronúcleos de citoma bucal en trabajadores de fincas frutícola que han aplicado plaguicidas alrededor de quince años. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 34(1), 23-33. <https://doi.org/10.20937/rica.2018.34.01.02>
- Ferrer, A. (2003). Intoxicación por plaguicidas. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 26(sppl.1), 155-171. <https://doi.org/10.4321/S1137-66272003000200009>
- Fuhrmann, S., Winkler, M. S., Staudacher, P., Weiss, F. T., Stamm, C., Eggen, R. I., Lindh, C. H., Menezes-Filho, J. A., Baker, J. M., Ramírez-Muñoz, F., Gutiérrez-Vargas, R., & Mora, A. M. (2019). Exposure to pesticides and health effects on farm owners and workers from conventional and organic agricultural farms in Costa Rica: Protocol for a cross-sectional study. *JMIR Research Protocols*, 8(1), 1-13. <https://doi.org/10.2196/10914>
- Gamlin, J., Romo, P. D., & Hesketh, T. (2007). Exposure of young children working on Mexican tobacco plantations to organophosphorous and carbamic pesticides, indicated by cholinesterase depression. *Child: Care, Health and Development*, 33(3), 246-248. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2214.2006.00702.x>
- Garcerán, P., & Castillo, M. (2019). Uso de plaguicidas en la agroindustria: Panamá y el mundo. *Prisma Tecnológico*, 10(1), 6. <https://doi.org/10.33412/pri.v10.1.2169>

- García, H. J., Leyva, M. J. B., Aldana, M. M. L., Hernández, O. M. I., Betancourt, L. M., Pérez, H. N. E., & Perera, R. J. H. (2018). Estado actual de la investigación sobre plaguicidas en México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34(esp01), 29-60.
<https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.esp01.03>
- García, J. E. (1997). Consecuencias indeseables del uso de los plaguicidas en el ambiente. *Agronomía Mesoamericana*, 8(1), 119.
<https://doi.org/10.15517/am.v8i1.24747>
- García-Salazar, J. A., & Ramírez-Jaspeado, R. (2014). El mercado de la semilla mejorada de maíz (*Zea mays* L.) en México: Análisis del saldo comercial por entidad federativa. *Revista fitotecnia mexicana*, 37(1), 69-77.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0187-73802014000100010&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Gentile, N., Mañas, F., Bosch, B., Peralta, L., Gorla, N., & Aiassa, D. (2012). Micronucleus Assay as a Biomarker of Genotoxicity in the Occupational Exposure to Agrochemicals in Rural Workers. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 88(6), 816-822.
<https://doi.org/10.1007/s00128-012-0589-8>
- Gliessman, S. R. (2002). *Agroecology: Ecological processes in sustainable agriculture*. Turrialba.
<https://biowit.files.wordpress.com/2010/11/agroecologia-procesos-ecolc3b3gicos-en-agricultura-sostenible-stephen-r-gliessman.pdf>

- Gómez de Ferraris, M. E., & Campos Muñoz, A. (2004). Capítulo 5. Cavidad bucal. En *Histología y embriología bucodental* (Segunda, pp. 113-150). Editorial Médica Panamericana.
- Gómez-Arroyo, S., Díaz-Sánchez, Y., Meneses-Pérez, M. A., Villalobos-Pietrini, R., & De León-Rodríguez, J. (2000). Cytogenetic biomonitoring in a Mexican floriculture worker group exposed to pesticides. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 466(1), 117-124. [https://doi.org/10.1016/S1383-5718\(99\)00231-4](https://doi.org/10.1016/S1383-5718(99)00231-4)
- Gómez-Arroyo, S., Martínez-Valenzuela, C., Calvo-González, S., Villalobos-Pietrini, R., Waliszewski, S. M., Calderón-Segura, M. E., Martínez-Arroyo, A., Félix-Gastélum, R., & Lagarda-Escarrega, A. (2013). Assessing the genotoxic risk for Mexican children who are in residential proximity to agricultural areas with intense aerial pesticide applications. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 29(3), 217-225. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0188-49992013000300008&lng=es&nrm=iso&tlng=en
- Gómez-Arroyo, S., Martínez-Valenzuela, C., Carbajal-López, Y., Martínez-Arroyo, A., Calderón-Segura, M. E., Villalobos-Pietrini, R., & Waliszewski, S. M. (2013). Riesgo genotóxico por la exposición ocupacional a plaguicidas en América Latina. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(esp), 159-180. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37028958009>
- Granjean, P. (1998). Biomarcadores. En *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. (Cuarta, Vol. 1, p. 33.44-33.49). Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

- Gutierrez, R., Ortiz, R., Vega, S., Schettino, B., Ramirez, M. L., & Perez, J. J. (2013). Residues levels of organochlorine pesticide in cow's milk from industrial farms in Hidalgo, Mexico. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 48(11), 935-940. <https://doi.org/10.1080/03601234.2013.816592>
- Guzmán-Plazola, P., Guevara-Gutiérrez, R. D., Olguín-López, J. L., & Mancilla-Villa, O. R. (2016). Perspectiva campesina, intoxicaciones por plaguicidas y uso de agroquímicos. *IDESIA (Arica)*, 34(3), 69-80. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292016000300009>
- Hayden, K. M., Norton, M. C., Darcey, D., Ostbye, T., Zandi, P. P., Breitner, J. C. S., Welsh-Bohmer, K. A., & For the Cache County Study Investigators. (2010). Occupational exposure to pesticides increases the risk of incident AD: The Cache County Study. *Neurology*, 74(19), 1524-1530. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3181dd4423>
- Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. P. (2010). *Metodología de la investigación* (5a ed). McGraw-Hill.
- Herrera, M. J. F., Benitez, T. A. B., Xotlanihua, G. M. del C., Bernal, H. Y. Y., Medina, I. M., Barrón, V. B. S., González, A. C. A., Pérez Herrera, N. É., & Rojas, G. A. E. (2018). Factores de riesgo de exposición durante el manejo y uso de plaguicidas en fumigadores urbanos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34(esp02), 33-44. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.esp02.03>
- Holland, N., Bolognesi, C., Kirsch-Volders, M., Bonassi, S., Zeiger, E., Knasmueller, S., & Fenech, M. (2008). The micronucleus assay in human buccal cells as a tool for biomonitoring DNA damage: The HUMN project perspective on

- current status and knowledge gaps. *Mutation Research*, 659(1-2), 93-108.
<https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2008.03.007>
- Holmberg, B., Högberg, J., & Johanson, G. (1998). Definiciones y conceptos. En *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo* (Cuarta, Vol. 1, p. 33.3-33.8).
Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
- IARC, I. A. for R. on C. (2020). *Agents Classified by the IARC Monographs*. World Health Organization. <https://monographs.iarc.fr/agents-classified-by-the-iarc/>
- INEGI, I. N. de E. y G. (2010a). *Compendio de información geográfica municipal 2010 Española, Tlaxcala* (Informativo N.º 29012; Consulta de Compendio de Información Geográfica Municipal, p. 11).
<http://geoweb2.inegi.org.mx/compendiosmun/ctrlpant>
- INEGI, I. N. de E. y G. (2010b). *Compendio de información geográfica municipal 2010 Ixtenco, Tlaxcala* (Informativo N.º 29016; Consulta de Compendio de Información Geográfica Municipal, p. 10).
<http://geoweb2.inegi.org.mx/compendiosmun/ctrlpant>
- INEGI, I. N. de E. y G. (2016). *Panorama sociodemográfico de Tlaxcala 2015*.
INEGI.
<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825082413>
- INEGI, I. N. de E. y G. (2019). *Encuesta Nacional Agropecuaria 2019*.
<https://www.inegi.org.mx/programas/ena/2017/>
- INIFAP, & CONABIO. (2001). *Conjunto de datos vectoriales. Edafología* [Map].
<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Joko, T., Dewanti, N. A. Y., & Dangiran, H. L. (2020). Pesticide Poisoning and the Use of Personal Protective Equipment (PPE) in Indonesian Farmers. *Journal*

of Environmental and Public Health, 2020, 1-7.

<https://doi.org/10.1155/2020/5379619>

- Kamel, F., Umbach, D. M., Bedlack, R. S., Richards, M., Watson, M., Alavanja, M. C. R., Blair, A., Hoppin, J. A., Schmidt, S., & Sandler, D. P. (2012). Pesticide exposure and amyotrophic lateral sclerosis. *NeuroToxicology*, 33(3), 457-462. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2012.04.001>
- Kang, J.-H., & Chang, Y.-S. (2011). Organochlorine Pesticides in Human Serum. En M. Stoytcheva (Ed.), *Pesticides—Strategies for Pesticides Analysis*. InTech. <https://doi.org/10.5772/13642>
- Kay, C. (2009). Estudios rurales en América Latina en el periodo de globalización neoliberal: ¿una nueva ruralidad? *Revista Mexicana de Sociología*, 71(4), 607-645. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=32113274001>
- Ki-Hyun, K., Ehsanul, K., & Shamin, A. J. (2017). Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Science of The Total Environment*, 575, 525-535. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.009>
- Koutros, S., Lynch, C. F., Ma, X., Lee, W. J., Hoppin, J. A., Christensen, C. H., Andreotti, G., Freeman, L. B., Rusiecki, J. A., Hou, L., Sandler, D. P., & Alavanja, M. C. R. (2009). Heterocyclic aromatic amine pesticide use and human cancer risk: Results from the U.S. Agricultural Health Study. *International Journal of Cancer*, 124(5), 1206-1212. <https://doi.org/10.1002/ijc.24020>
- Lazos, C. E. (2015). Consideraciones socioeconómicas y culturales en la controvertida introducción del maíz transgénico: El caso de Tlaxcala. *Sociológica*, 83(29), 201-240.

<http://www.sociologicamexico.azc.uam.mx/index.php/Sociologica/issue/view/Sociol%C3%B3gica%2083>

Lerro, C. C., Koutros, S., Andreotti, G., Friesen, M. C., Alavanja, M. C., Blair, A., Hoppin, J. A., Sandler, D. P., Lubin, J. H., Ma, X., Zhang, Y., & Beane Freeman, L. E. (2015). Organophosphate insecticide use and cancer incidence among spouses of pesticide applicators in the Agricultural Health Study. *Occupational and Environmental Medicine*, 72(10), 736-744. <https://doi.org/10.1136/oemed-2014-102798>

Lesmes-Fabian, C., García-Santos, G., Leuenberger, F., Nuyttens, D., & Binder, C. R. (2012). Dermal exposure assessment of pesticide use: The case of sprayers in potato farms in the Colombian highlands. *Science of The Total Environment*, 430, 202-208. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.04.019>

Ley General de Salud. (2018). http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/142_241218.pdf

López, K., Pinedo, C., & Zambrano, M. (2015). Prácticas de Salud Ocupacional y niveles de biomarcadores séricos en aplicadores de plaguicidas de cultivos de arroz en Natagaima-Tolima, Colombia. *Revista de Toxicología*, 32(2), 102-106. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91942717005>

López-Martínez, G., Paredes-Céspedes, D. M., Rojas-García, A. E., Medina-Díaz, I. M., Barrón-Vivanco, B. S., González-Arias, C. A., & Bernal-Hernández, Y. Y. (2018). Implicación del contexto socioeconómico en la exposición a plaguicidas en jornaleros huicholes. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34(esp01), 73-80. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.esp01.05>

- Luján-Tangarife, J. A., & Cardona-Arias, J. A. (2015). Construcción y validación de escalas de medición en salud: Revisión de propiedades psicométricas. *Archivos de Medicina*, 11(3).
<http://www.archivosdemedicina.com/abstract/construccion-y-validacion-de-escalasde-medicin-en-salud-revisin-depropiedades-psicomtricas-6694.html>
- Luqman, M., Javed, M. M., Daud, S., Raheem, N., Ahmad, J., & Khan, A.-U.-H. (2014). Risk Factors for Lung Cancer in the Pakistani Population. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 15(7), 3035-3039.
<https://doi.org/10.7314/APJCP.2014.15.7.3035>
- Magdaleno, M. L., García, M. E., Valdéz-Hernández, J. I., & De la Cruz, I. V. (2005). Evaluación del sistema agroforestal «árboles en terrenos de cultivo», en Vicente Guerrero, Tlaxcala, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(3), 203-212. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61028304>
- Malato, S., Blanco, J., Estrada, C., & Bandala, E. (2001). Degradación de plaguicidas. En *Eliminación de contaminantes por fotocatalisis heterogénea* (p. 269).
- Manno, M., Viau, C., Cocker, J., Colosio, C., Lowry, L., Mutti, A., Nordberg, M., & Wang, S. (2010). Biomonitoring for occupational health risk assessment (BOHRA). *Toxicology Letters*, 192(1), 3-16.
<https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2009.05.001>
- Marcelino, A., Wachtel, C., & Ghisi, N. (2019). Are Our Farm Workers in Danger? Genetic Damage in Farmers Exposed to Pesticides. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(3), 1-11.
<https://doi.org/10.3390/ijerph16030358>

- Martínez-Luna, G., Mejia-Sanchez, F., Serment-Guerrero, J. H., & Castillo-Cadena, J. (2014). Quality Spermatic Alterations in Floriculturists Exposed to Pesticides in Villa Guerrero, State of Mexico. *American Journal of Agriculture and Forestry*, 2(6), 284-288. <https://doi.org/10.11648/j.ajaf.20140206.19>
- Martínez-Valenzuela, C., Waliszewski, S. M., Amador-Muñoz, O., Meza, E., Calderón-Segura, M. E., Zenteno, E., Huichapan-Martínez, J., Caba, M., Félix-Gastélum, R., & Longoria-Espinoza, R. (2017). Aerial pesticide application causes DNA damage in pilots from Sinaloa, Mexico. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(3), 2412-2420. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7974-5>
- Martínez-Valenzuela, Carmen, & Gómez-Arroyo, S. (2007). Riesgo genotóxico por exposición a plaguicidas en trabajadores agrícolas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 23(4), 185-200. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992007000400004
- Martínez-Valenzuela, Carmen, Gómez-Arroyo, S., Villalobos-Pietrini, R., Waliszewski, S., Calderón-Segura, M. E., Félix-Gastélum, R., & Álvarez-Torres, A. (2009). Genotoxic biomonitoring of agricultural workers exposed to pesticides in the north of Sinaloa State, Mexico. *Environment International*, 35(8), 1155-1159. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2009.07.010>
- Martínez-Valenzuela, Carmen, Rodríguez-Quintana, A. R., Meza, E., Waliszewski, S. M., Amador-Muñoz, O., Mora-Romero, A., Calderón-Segura, M. E., Félix-Gastélum, R., Rodríguez-Romero, I., & Caba, M. (2015). Cytogenetic biomonitoring of occupationally exposed workers to ashes from burning of

- sugar cane in Ahome, Sinaloa, México. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 40(2), 397-401. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2015.07.010>
- Martínez-Valenzuela, Carmen, Romano, C. G., Cuadras, B. A. A., & Ortega, M. L. D. (2019). Plaguicidas, impacto en salud y medio ambiente en Sinaloa (México): Implicaciones y retos en gobernanza ambiental. *Trayectorias Humanas Trascontinentales*, NE 4, 103-122. <https://doi.org/10.25965/trahs.1615>
- Maryam, Z., Sajad, A., Maral, N., Zahra, L., Sima, P., Zeinab, A., Zahra, M., Fariba, E., Sezaneh, H., & Davood, M. (2015). Relationship between Exposure to Pesticides and Occurrence of Acute Leukemia in Iran. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 16(1), 239-244. <https://doi.org/10.7314/APJCP.2015.16.1.239>
- Matheus, T., Aular, Y., Bolaños, A., Fernández, Y., Barrios, E., & Hung, M.-L. (2017). Actividad de butirilcolinesterasa y micronúcleos en trabajadores agrícolas expuestos a mezclas de plaguicidas. *Salud de los Trabajadores*, 25(1), 23-36. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6384808>
- Mendoza, C. A., & Ize, L. I. A. R. (2017). Las sustancias químicas en México. Perspectivas para un manejo adecuado. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(4), 719-745. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.04.15>
- Montelongo, B. I. (1995). La regulación jurídica de los plaguicidas en México. *Alegatos*, 31, 509-516. <https://biblat.unam.mx/es/revista/alegatos/articulo/la-regulacion-juridica-de-los-plaguicidas-en-mexico>

- Montes, L. P. B., Waliszewski, S., Hernández-Valero, M., Sanín-Aguirre, L., Infanzón-Ruiz, R. M., & Jañas, A. G. (2010). Exposición prenatal a los plaguicidas organoclorados y criptorquidia. *Ciência & Saúde Coletiva*, 15(suppl 1), 1169-1174. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232010000700025>
- Moreno, P. M. (2000). *Evaluación agroeconómica de especies aboneras y coberteras en el oeste de Tlaxcala*. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Navarrete-Meneses, M. del P., & Pérez-Vera, P. (2019). Pyrethroid pesticide exposure and hematological cancer: Epidemiological, biological and molecular evidence. *Reviews on Environmental Health*, 34(2), 197-210. <https://doi.org/10.1515/reveh-2018-0070>
- Navarro, G. S., & Barba, N. A. (1995). *Comportamiento de los plaguicidas en el medio ambiente*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, España. <https://www.mapa.gob.es/app/biblioteca/hojas-divulgadoras/consulta.asp>
- OMS. (1990). *Plaguicidas. Informe Técnico* (Técnico N.º 12).
- Ortega-Martínez, L. D., Pérez-Armendáriz, B., Waliszewski, S., Gómez-Arroyo, S., Baños-Lara, Ma. del R., Terán-Cervantes, M., Castro-Carranza, G., & Martínez-Valenzuela, M. del C. (2019). Daño genético y citotóxico provocado por plaguicidas en invernaderos en Atlixco, Puebla, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(2), 271-279. <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.02.01>
- Ortíz, I., Avila-Chávez, M. A., & Torres, L. G. (2013). Plaguicidas en México: Usos, riesgos y marco regulatorio: Revisión. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, 4(1), 3. <https://doi.org/10.7603/s40682-013-0003-1>

- PAN. (2019a). *Pesticide Database* [Información]. PAN Pesticide Database. <http://www.pesticideinfo.org/>
- PAN, P. A. N. I. (2019b). *PAN International Consolidated List of Banned Pesticides 4th* (p. 13). <http://pan-international.org/pan-international-consolidated-list-of-banned-pesticides/>
- Pardío, V., Martínez, D., Flores, A., Romero, D., Suárez, V., López, K., & Uscanga, R. (2012). Human health risk of dietary intake of organochlorine pesticide residues in bovine meat and tissues from Veracruz, México. *Food Chemistry*, *135*(3), 1873-1893. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.079>
- Pastor, S., Creus, A., Parrón, T., Cebulska-Wasilewska, A., Siffel, C., Piperakis, S., & Marcos, R. (2003). Biomonitoring of four European populations occupationally exposed to pesticides: Use of micronuclei as biomarkers. *Mutagenesis*, *18*(3), 249-258. <https://doi.org/10.1093/mutage/18.3.249>
- Pérez-Herrera, N. E., Vera-Avilés, M., Castillo-Burguete, T., Perera-Rios, J., Esperón-Hernández, R., Rojas-García, A. E., Medina-Díaz, I. M., & Quintanilla-Vega, B. (2018). Pesticide exposure index: Practices among women from an agricultural community in southeast Mexico. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, *34*(esp02), 57-68. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.esp02.05>
- Pimentel, D. (1995). Amounts of pesticides reaching target pests: Environmental impacts and ethics. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, *8*(1), 17-29. <https://doi.org/10.1007/BF02286399>
- Polanco, L. de M. Y., Hernández-Carmona, D. A., Escobar-Pérez, M. L., Aguirre-Acevedo, D. C., & Parra-Hernández, A. (2019). Medición de niveles de

- colinesterasas eritrocitarias en agricultores usuarios de plaguicidas y en practicantes de agroecología, San Cristóbal, Medellín, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 37(3), 25-33.
<https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v37n3a04>
- Porta, C. J., López-Acevedo, R. M., & Roquero, D. L. C. (2003). Degradación de suelos en relación con prácticas agrícolas inadecuadas. En *Edafología: Para la agricultura y el medio ambiente* (p. 929). Ediciones Mundi-Prensa.
- PROCCYT, P. de C., Ciencia y Tecnología, A. C. (2015). *Informa anual 2015*.
<http://proccyt.org.mx/>
- Ramírez, J. A., & Lacasaña, M. (2001). Plaguicidas: Clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. *Archivos de Prevención de Riesgos Laborales*, 4(2), 67-75.
https://www.researchgate.net/publication/228874055_Plaguicidas_clasificacion_uso_toxicologia_y_medicion_de_la_exposicion
- Ramírez-Mora, E., Pérez-Vázquez, A., Landeros-Sánchez, C., Martínez-Dávila, J., Villanueva-Jimenez, J., & Lagunés-Espinoza, L. C. (2019). *Occupational exposure to pesticides in sugarcane agroecosystems in the central region of Veracruz state, Mexico*. 6(1), e495. <https://doi.org/10.15741/revbio.06.01.03>
- Ramos, S. F. J. (1998). *Grupo Vicente Guerrero de Españita, Tlaxcala, dos décadas de promoción de campesino a campesino*. Red de Gestión de Recursos Naturales. Fundación Rockefeller.
- Restrepo-Cortés, B., Londoño-Franco, Á. L., & Sánchez-López, J. F. (2017). Valores de colinesterasa plasmática y eritrocitaria con ácido 6-6'-ditiodinicotínico

- (DTNA) como indicador. *Revista Colombiana de Química*, 46(1), 13-19.
<https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v46n1.62849>
- Rodríguez, G. N., & Heinzen, C. J. (2017). Producciones de sentido en torno a la exposición a agroquímicos. El caso de la ciudad de Young. *Revista del Laboratorio Tecnológico del Uruguay*, 13, 115-124.
<https://doi.org/10.26461/13.12>
- Rojas, S. R. (2013). *Guía para realizar investigaciones sociales (38°)*. Plaza y Valdés, S. A. de C. V. <https://raulrojassoriano.com/cuallitlanezi/wp-content/themes/raulrojassoriano/assets/libros/guia-realizar-investigaciones-sociales-rojas-soriano.pdf>
- Rosas, C. J. I., Romero, L. M. del R., Uribe, G. M., Romo, L. J. L., & Cruz, L. A. (2016). Sistema agroforestal y alimentación familiar en Vicente Guerrero, municipio de Españita, Tlaxcala. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(spe 16), 3197-3206.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016001203197&lng=pt&tlng=es.
- Rosin, M. P. (1992). The use of the micronucleus test on exfoliated cells to identify anti-clastogenic action in humans: A biological marker for the efficacy of chemopreventive agents. *Mutation Research*, 267(2), 265-276.
[https://doi.org/10.1016/0027-5107\(92\)90071-9](https://doi.org/10.1016/0027-5107(92)90071-9)
- Sabarwal, A., Kumar, K., & Singh, R. P. (2018). Hazardous effects of chemical pesticides on human health—Cancer and other associated disorders. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 63, 103-114.
<https://doi.org/10.1016/j.etap.2018.08.018>

- Saillenfait, A., Ndiaye, D., & Sabaté, J. (2015). *Pyrethroids: Exposure and health effects—An update.* - PubMed—NCBI.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25648288>
- Salazar-Magallón, J. A., Somoza, V. E., Armendáriz, B., Soriano, M., García, G., Huerta, de la P. A., & Ortega, M. L. D. (2017). Uso y manejo de plaguicidas en diferentes sistemas de producción de fresa en México. *Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*, 6, 27-42.
<https://doi.org/10.5377/payds.v6i0.5717>
- Samanic, C. M., De Roos, A. J., Stewart, P. A., Rajaraman, P., Waters, M. A., & Inskip, P. D. (2008). Occupational Exposure to Pesticides and Risk of Adult Brain Tumors. *American journal of epidemiology*, 167(8), 976-985.
<https://doi.org/10.1093/aje/kwm401>
- Sánchez, M. P., & Romero, A. O. (2017). La metodología y el contexto de la investigación en la revaloración del sistema milpa y la crisis del monocultivo de maíz en Tlaxcala. En *El Sistema Milpa y la producción de maíz en la agricultura campesina e indígena de Tlaxcala* (pp. 29-40). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Educación y Cultura. Asesoría y Promoción, S.C.
https://www.researchgate.net/publication/331585397_El_Sistema_Milpa_y_la_produccion_de_maiz_en_la_agricultura_campesina_e_indigena_de_Tlaxcala
- Sandal, S., & Yilmaz, B. (2011). Genotoxic effects of chlorpyrifos, cypermethrin, endosulfan and 2,4-D on human peripheral lymphocytes cultured from

smokers and nonsmokers. *Environmental Toxicology*, 26(5), 433-442.

<https://doi.org/10.1002/tox.20569>

Sangermán-Jarquín, D. Ma., De la O-Olán, M., Gámez-Vázquez, A. J., Navarro-Bravo, A., Ávila-Perches, M. Á., & Schwentesius-Rindermann, R. (2018). Etnografía y prevalencia de maíces nativos en San Juan Ixtenco, Tlaxcala con énfasis en maíz ajo (*Zea mays* var. *Tunicata* A. St. Hil.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(4), 451-459.
<https://doi.org/10.35196/rfm.2018.4.451-459>

Santoyo, H., Ramírez, P., & Suvedi, M. (2002). *Manual para la evaluación de programas de desarrollo rural* (Mundi-Prensa). Mundi-Prensa.
<http://ciestaam.edu.mx/libro/manual-la-evaluacion-programas-desarrollo-rural-2/>

Sarandón, S. J., & Flores, C. C. (2014). *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables* (Primera). D - Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.
<http://public.ebookcentral.proquest.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=4499391>

Schmid, W. (1975). The micronucleus test. *Mutation Research*, 31(1), 9-15.
[https://doi.org/10.1016/0165-1161\(75\)90058-8](https://doi.org/10.1016/0165-1161(75)90058-8)

SEMARNAT, & CONAFOR. (2015). *Inventario estatal forestal y de suelos -Tlaxcala 2014* (p. 130).
http://187.218.230.30/filesconafor/userfiles/IEFyS/IEFYS_Tlaxcala_2014/IEFYS%20Tlaxcala%202014.pdf

- Silveira-Gramont, M. I., Aldana-Madrid, M. L., Piri-Santana, J., Valenzuela-Quintanar, A. I., Jasa-Silverira, G., & Rodríguez-Olibarria, G. (2018). Plaguicidas agrícolas: Un marco de referencia para evaluar riesgos a la salud en comunidades rurales en el estado de Sonora, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34(1), 7-21. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.01.01>
- Smith, A. M., Smith, M. T., La Merrill, M. A., Liaw, J., & Steinmaus, C. (2017). 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) and risk of non-Hodgkin lymphoma: A meta-analysis accounting for exposure levels. *Annals of Epidemiology*, 27(4), 281-289.e4. <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2017.03.003>
- Squier, C. A., & Kremer, M. J. (2001). Biology of oral mucosa and esophagus. *Journal of the National Cancer Institute. Monographs*, 29, 7-15. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jncimonographs.a003443>
- Squier, Christopher A., & Brogden, K. A. (2011). Oral epithelium. En *Human oral mucosa: Development, structure, and function* (pp. 19-50). Wiley-Blackwell.
- Stich, H. F., & Rosin, M. P. (1984). Micronuclei in exfoliated human cells as a tool for studies in cancer risk and cancer intervention. *Cancer Letters*, 22(3), 241-253. [https://doi.org/10.1016/0304-3835\(84\)90159-9](https://doi.org/10.1016/0304-3835(84)90159-9)
- Stich, H. F., San, R. H., & Rosin, M. P. (1983). Adaptation of the DNA-repair and micronucleus tests to human cell suspensions and exfoliated cells. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 407, 93-105. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1983.tb47816.x>

- Thundiyil, J. G., Stober, J., Besbelli, N., & Pronczuk, J. (2008). Acute pesticide poisoning: A proposed classification tool. *Bulletin of the World Health Organization*, 86(3), 205-209. <https://doi.org/10.2471/BLT.08.041814>
- Tolbert, P. E., Shy, C. M., & Allen, J. W. (1992). Micronuclei and other nuclear anomalies in buccal smears: Methods development. *Mutation Research/Environmental Mutagenesis and Related Subjects*, 271(1), 69-77. [https://doi.org/10.1016/0165-1161\(92\)90033-I](https://doi.org/10.1016/0165-1161(92)90033-I)
- Tomiazzi, J. S., Judai, M. A., Nai, G. A., Pereira, D. R., Antunes, P. A., & Favareto, A. P. A. (2018). Evaluation of genotoxic effects in Brazilian agricultural workers exposed to pesticides and cigarette smoke using machine-learning algorithms. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(2), 1259-1269. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0496-y>
- Torres-Bugarín, O., Zavala-Cerna, M. G., Flores-García, N. M.-R. A., & Ramos-Ibarra, M. L. (2013). Procedimientos básicos de la prueba de micronúcleos y anomalías nucleares en. *El residente*, 8(1), 4-11. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=41887&id2=>
- Torres-Bugarín, O., Zavala-Cerna, M. G., Nava, A., Flores-García, A., & Ramos-Ibarra, M. L. (2014). Potential uses, limitations, and basic procedures of micronuclei and nuclear abnormalities in buccal cells. *Disease Markers*, 2014, 956835. <https://doi.org/10.1155/2014/956835>
- Tuapanta, D. J. V., Duque, V. M. A., & Mena, R. A. P. (2017). Alfa de Cronbach para validar un cuestionario de uso de TIC en docentes universitarios. *Revista*

mktDescubre - *ESPOCH FADE*, 1(10), 37-48.

http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/9807/1/mkt_n10_04.pdf

Turiján, A. T., Damián, H. M. Á., Ramírez, V. B., Juárez, S. J. P., & Estrella, C. N. (2012). Manejo tradicional e innovación tecnológica en cultivo de maíz en San José Chiapa, Puebla. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(6), 1085-1100.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-09342012000600003&lng=es&nrm=iso&tlng=es

UNEP. (2009). *Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes (COP), enmendado en 2009*. Secretaría del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/30179/convenio_estocolmo.pdf

Uzcanga, P. N. G., Larqué, S. B., Del Ángel, P. A. L., Rangel, F. M. A., & Cano, G. A. de J. (2017). Preferencias de los agricultores por semillas mejoradas y nativas de maíz en la Península de Yucatán, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(5), 1021-1033. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i5.105>

Varona, U. M., Castro, R. A., Paéz, I., Carvajal, N., Barbosa, E., León, L. M., & Díaz, S. M. (2012). Impacto en la salud y el medio ambiente por exposición a plaguicidas e implementación de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de tomate, Colombia, 2011. *Revista Chilena de Salud Pública*, 16(2), 96-106. <https://revistasaludpublica.uchile.cl/index.php/RCSP/article/view/20267>

- Vázquez, M. L. L., & Fernández, G. E. (2007). *Bases para el manejo agroecológico de plagas en sistemas agrarios urbanos* (Primera). CIDISAV.
- WHO. (2010). *WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification 2009*. World Health Organization. https://www.who.int/ipcs/publications/pesticides_hazard_2009.pdf
https://www.who.int/ipcs/publications/pesticides_hazard_2009.pdf
- WHO, & IPCS. (2001). *Biomarkers and risk assessment: Validity and validation*. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42363>
- WHO, & UNEP. (1992). *Consecuencias sanitarias del empleo de plaguicidas en la agricultura*. Organización Mundial de la Salud. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/39175>
- Yadav, I., & Devi, N. (2017). Pesticides Classification and Its Impact on Human and Environment. En *Environmental Science and Engineering: Toxicology* (Vol. 6, pp. 140-158). Studium Press LLC. https://www.researchgate.net/publication/313445102_Pesticides_Classification_and_Its_Impact_on_Human_and_Environment
- Zamzami, N., & Kroemer, G. (1999). Condensed matter in cell death. *Nature*, 401(6749), 127-128. <https://doi.org/10.1038/43591>
- Zhang, W., Jiang, F., & Ou, J. (2011). Global pesticide consumption and pollution: With China as a focus. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, 1(2), 125-144. [http://www.iaees.org/publications/journals/piaees/articles/2011-1\(2\)/Global-pesticide-consumption-pollution.pdf](http://www.iaees.org/publications/journals/piaees/articles/2011-1(2)/Global-pesticide-consumption-pollution.pdf)

Zúñiga, V. E., Arellano, G. E., Camarena, O. L., Daesslé, H. W., Von-Glascoe, C. A., Leyva, A. JC., & Ruiz, R. B. (2012). Daño genético y exposición a plaguicidas en trabajadores agrícolas del Valle de San Quintín, Baja California, México. *Revista de Salud Ambiental*, 12(2), 93-101. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5831822>

ANEXOS

Anexo 1. Guías de observación para la localidad de Vicente Guerrero

1.1. Guía zona urbana

❖ Datos generales

1. Fecha: Nombre de la localidad:
2. Ubicación geográfica:
3. Colindancias y límites:

❖ Medios de comunicación

4. Tipos de accesos (carreteras, terracería, veredas, caminos)
5. Tipos de transporte:
6. Transporte Público (cantidad, rutas y frecuencia):
7. Vehículos privados:
8. Señales de tránsito:

❖ Servicios de comunicación:

9. Teléfonos públicos
10. Señal de celular:
11. Acceso a Internet:

❖ Área de la Salud:

12. Centros de atención médica (Hospital, clínica, centro de salud, etc.):
13. Privada o pública:
14. Cantidad de farmacias:

❖ Educación:

15. Cantidad de Kínders: Primaria: Secundaria:
16. Bachillerato/Preparatoria:
17. Escuelas públicas: Escuelas privadas:

❖ Vivienda

18. Tipo de construcción:
19. Tipo de material de construcción:
20. Porcentaje de viviendas desocupadas:
21. Número de viviendas por hectárea:

❖ Espacios públicos, recreativos y de reunión de la comunidad

22. Área y cantidad de parques, plazas cívicas, jardines etc.
23. Presencia de área de Juegos infantiles:
24. Áreas deportivas:
25. Centros religiosos:
26. Centros sociales y gubernamentales:

❖ Comercios

27. Tipo de comercio:
28. Tiendas pequeñas:
29. Movimiento de mercancía al interior y exterior de la comunidad:

❖ Infraestructura pública

30. Iluminación de calles y espacios públicos:
31. Presencia y tipo de drenaje:

- 32. Porcentaje aprox. de calles pavimentadas:
- 33. Porcentaje aprox. de terracería:
- 34. Tipo de distribución de agua potable:
- 35. Cómo se recolecta la basura:
- 36. Frecuencia y rutas de recogida de basura:

❖ **Seguridad**

- 37. Presencia de seguridad y fuerza pública:
- 38. Presencia de vehículos de seguridad:
- 39. Organizaciones vecinales ubicadas:
- 40. Vinculación con comunidades vecinas:

1.2. Guía zona agrícola

❖ **Ubicación**

- 1. Superficie aproximada
- 2. Condiciones naturales (suelo, clima, fertilidad, recursos hídricos)

❖ **Tierras labradas y cultivos**

- 3. ¿Monocultivo o policultivo?
- 4. Cultivos sembrados
- 5. Incidencia de factores externos (heladas, viento, inundaciones, sequía...)
- 6. ¿Cómo se llega a las tierras de cultivo? ¿Qué tipo de organización interna tienen las parcelas, caminos o senderos?

❖ **Maquinaria**

- 7. Maquinaria utilizada para la preparación de la tierra y en la cosecha
- 8. ¿Todavía se utilizan herramientas tradicionales? ¿Cuáles?
- 9. La familia se integra a las actividades en la parcela

❖ **Uso de insumos químicos (fertilizantes/plaguicidas)**

- 10. Uso de productos en las labores agrícolas (plaguicidas, abonos químicos, etc.)
- 11. Lugar donde los almacena
- 12. Depósito de envases vacíos
- 13. Medidas de higiene después de utilizarlos

❖ **Uso de EPP**

- 14. Utilización de equipo de protección cuando se aplican los plaguicidas
- 15. Limpieza del EPP y equipo de aplicación
- 16. Cambio de ropa de trabajo

❖ **Tipo de ganado**

- 17. Especies: ganado vacuno, porcino, avícola, caprino, etc.
- 18. Tipo de alimentación: pasto, forrajes, combinación
- 19. Estabulación/Pastoreo en semilibertad o semiestabulación/Pastoreo libre

Anexo 2. Guías de entrevista semiestructurada

2.1. Autoridades de la comunidad de Vicente Guerrero

Introducción: Buenos días, soy estudiante de la maestría en manejo sostenible de agroecosistemas, de la BUAP. El motivo por el cual pido me de unos minutos de su tiempo, es para explicarle mi trabajo de investigación y poder realizarle algunas preguntas respecto a la comunidad, las prácticas agrícolas que se realizan, así como posibles daños a la salud originados por el uso de plaguicidas. La información que usted pueda brindarme me será de mucha ayuda.

1. Datos generales: ¿Cuál es su nombre? ¿Qué edad tiene? ¿Qué escolaridad tiene? ¿Es originario del pueblo?
2. ¿Cuántos habitantes aproximadamente hay en Vicente Guerrero?
3. ¿A que se dedican los pobladores? ¿Cuáles son las principales actividades productivas o fuentes de ingresos?
4. ¿Cuántos ejidatarios y pequeños propietarios existentes en la comunidad? ¿Qué extensión es la que ocupan los ejidatarios, la pequeña propiedad y los espacios comunales?
5. ¿Qué programas de apoyo se tienen en la comunidad?, ¿programas de apoyo para los productores?, ¿cómo es el apoyo que reciben los productores?
6. ¿Cuáles son los cultivos que se siembran actualmente?, ¿La familia se integra a las prácticas agrícolas?, ¿qué actividades realizan las mujeres? ¿contratan jornaleros para estas actividades?, ¿cuánto gana un jornalero?
7. ¿Todos los cultivos son para consumo local? ¿Qué cultivos se venden? ¿Dónde se distribuye? ¿Estos cultivos se transforman para su venta local o en el exterior de la localidad?
8. ¿Se tienen problemas con algún tipo de insecto, arveuse u hongo?, ¿cuáles son las principales?, ¿qué productos utilizan para su control?
9. ¿Han recibido algún tipo de capacitación sobre el uso de estas sustancias?, ¿Talleres sobre prácticas agroecológicas?, ¿se implementan en su mayoría?
10. ¿Considera que ha aumentado o disminuido el uso de agroquímicos?, ¿qué opina usted sobre el uso de estas sustancias?, ¿las considera perjudiciales para la salud y el ambiente?
11. ¿Conoce algún caso de intoxicación por el uso de estas sustancias en los productores de la comunidad?, Si existiera, ¿a qué centro de salud acudirían los productores?

2.2. Distribuidor de insumos químicos

Introducción: Buenos días, soy estudiante de la maestría en manejo sostenible de agroecosistemas, de la BUAP. El motivo por el cual pido me de unos minutos de su tiempo, es para explicarle mi trabajo de investigación y poder realizarle algunas preguntas respecto a los productos que distribuye y cuáles son los más vendidos, el trabajo que usted realiza con algunos productores brindándoles asesoría, así como el tiempo que usted tiene realizando esta actividad y su opinión acerca de estos productos. La información que usted pueda brindarme me será de mucha ayuda.

1. Datos generales: ¿Cuál es su nombre?, ¿Qué edad tiene?, ¿Qué escolaridad tiene?, ¿Radica en la localidad?, ¿Cuánto tiempo lleva trabajando en este tipo de negocio?
2. ¿Capacita al personal que le ayuda en la administración del negocio?, ¿Cuenta con algún tipo de certificado en lo que respecta a medidas de salud y seguridad?
3. ¿Los productores que acuden a su establecimiento de qué localidades son?, ¿Tipo de productos que vende y cuáles son los que más vende?, ¿Qué marcas son las que maneja?, ¿Los productores piden su opinión sobre qué productos utilizar?
4. ¿Ha dado capacitaciones?, ¿Da algún tipo de recomendación o advertencias sobre el uso de estos productos?, ¿Sugiere el uso de EPP cuando utilizan estos productos?
5. ¿Sabe usted si los productores realizan mezclas de estos productos?, ¿Recomienda realizarlas?
6. ¿Qué piensa usted sobre utilizar alternativas a estos productos?, ¿Vende este tipo de productos?

2.3. Personal médico del centro de salud

Introducción: Buenos días, soy estudiante de la maestría en manejo sostenible de agroecosistemas, de la BUAP. El motivo por el cual pido me de unos minutos de su tiempo, es para explicarle mi trabajo de investigación y poder realizarle algunas preguntas respecto a algún caso que se haya presentado relacionado con una intoxicación por el uso de plaguicidas. La información que usted pueda brindarme me será de mucha ayuda.

1. Datos generales: ¿Cuál es su nombre?, ¿Qué edad tiene?, ¿Qué escolaridad tiene?, ¿Radica en la localidad?
2. ¿Qué funciones realiza en el centro de salud?, ¿Tiempo que tiene trabajando en la localidad?, ¿Qué porcentaje de la localidad cuenta con el servicio?, ¿Tipo de consulta que se ofrece?, ¿Cómo es el proceso para recibir atención en el centro de salud?
3. ¿Promedio de edad de las personas que más frecuentan el centro de salud?, ¿Enfermedades más comunes entre los locatarios?, ¿Situaciones más comunes por las que acuden al centro de salud?
4. Alguno de los locatarios ¿ha llegado a pedir consulta por algún tipo de mareo, dolor de cabeza, irritación en la vista o garganta u otro síntoma relacionado con una exposición por plaguicidas?, ¿Han tenido algún caso de intoxicación por plaguicidas?, de ser así, ¿Cómo han auxiliado a los locatarios?, ¿Qué tiempo tiene que ocurrió?
5. ¿Cuenta con registros de años atrás?
6. ¿Se hace algún tipo de divulgación sobre el efecto en la salud que pudiera tener el uso de plaguicidas?, de ser así ¿Cuenta con algún tipo de registro?

Anexo 3. Cuestionario de Diagnóstico sobre el Uso de Plaguicidas en la Comunidad Vicente Guerrero, Tlaxcala

Fecha: _____

No. Cuestionario: _____

El siguiente cuestionario tiene como finalidad realizar un diagnóstico sobre el uso y aplicación de plaguicidas, así como, identificar ciertas actividades que propicien algún tipo de intoxicación ante su uso. Por ello, antes de empezar su aplicación es necesario pedir su consentimiento y asegurarle que la información recabada será utilizada con fines de investigación.

1. Datos Generales

Nombre: _____

Sexo: H M Edad: _____ Escolaridad: _____

1.- ¿Cuántas personas integran su familia? _____

2.- Número de integrantes mayores de 18 años Mujeres _____ Hombres _____

3.- Número de integrantes menores de 18 años Mujeres _____ Hombres _____

2. Salud

En la actualidad, usted

4.- Fuma A veces Diariamente Nunca

5.- Toma Una vez al mes 2 a 4 veces al mes 2 a 3 veces a la semana 4 o más veces a la semana Nunca

6.- Estado de salud Bueno Regular Malo

7.- Última vez que se enfermó _____

8.- Enfermedades Diabetes Hipertensión Cardíacas Hepáticas Renales
 Cáncer Otra: _____ Ninguna

9.- Toma algún medicamento Sí No

10.- Afiliación al servicio médico Seguro Popular IMSS Ninguno

3. Producción

11.- Principales cultivos _____

12.- Tipo de semillas Criollas Híbridas Ambas

13.- Hectáreas sembradas 1 a 5 ha 6 a 10 ha 11 y 15 ha Más de 15 ha

14.- Tipo de sistema Monocultivo Asociación Ambos

15.- Ayuda en las actividades Familia Jornaleros Ambos Nadie

16.- Jornales 1 a 5 6 a 10 11 a 15 Más de 15

17.- Programa de apoyo Proagro Productivo SEFOA Ambos Ninguno
 Otro: _____

4. Insumos químicos

18.- Utiliza usted productos químicos como fertilizantes, insecticidas y herbicidas

Siempre Casi siempre A veces Casi nunca Nunca

En caso de no utilizarlos pasarse a la pregunta 59, de lo contrario continuar

Frecuencia con que los utiliza

19.- Fertilizantes Una vez Dos veces Más de tres veces No utiliza

20.- Insecticidas Una vez Dos veces Más de tres veces No utiliza

21.- Herbicidas Una vez Dos veces Más de tres veces No utiliza

22.- Hablando solo de plaguicidas, ¿cuáles son los comunes que utiliza?

23.- ¿Para qué cultivos y plagas los utiliza? _____

24.- Tiempo de utilizarlos 1 a 5 años 6 a 15 años 16 a 25 años Más de 25

25.- Razón por la que los utiliza Control de plagas Disminución de la mano de obra
 Prevenir pérdidas en la cosecha Otra: _____

26.- Método de aplicación Aspersión manual Aspersión por tractor Otra: _____

27.- Persona que realiza la aplicación Productor Jornalero Familia

5. Nivel de conocimientos

28.- Lee las etiquetas Siempre Casi siempre A veces Casi nunca Nunca

29.- Aprendió a utilizarlos por Vecinos/amigos Familiares Vendedor Técnico
 Observación Otra: _____

30.- Capacitación Técnico Programa de Gobierno Otro: _____ No ha recibido

Las etiquetas de estos productos están identificadas con un color característico, podría indicar que representa cada color:

31.- Ligeramente tóxico Rojo Amarillo Azul Verde

32.- Moderadamente tóxico Rojo Amarillo Azul Verde

33.- Extremadamente tóxico Rojo Amarillo Azul Verde

34.- ¿Sigues las dosis recomendadas en los envases de estos productos?

Siempre Casi siempre A veces Casi nunca Nunca

35.- Motivo _____:

36.- Realiza mezclas Siempre Casi siempre A veces Casi nunca Nunca

6. Utilización de Equipo de Protección Personal

37.- Preparación, frecuencia con que utiliza:

Camisa de manga larga Siempre Casi siempre A veces Casi nunca Nunca

Cubrebocas/Mascarilla Siempre Casi siempre A veces Casi nunca Nunca

Guantes Siempre Casi siempre A veces Casi nunca Nunca

Gafas	<input type="checkbox"/>	Siempre	<input type="checkbox"/>	Casi siempre	<input type="checkbox"/>	A veces	<input type="checkbox"/>	Casi nunca	<input type="checkbox"/>	Nunca
-------	--------------------------	---------	--------------------------	--------------	--------------------------	---------	--------------------------	------------	--------------------------	-------

38- Aplicación, frecuencia con que utiliza:

Gafas	<input type="checkbox"/>	Siempre	<input type="checkbox"/>	Casi siempre	<input type="checkbox"/>	A veces	<input type="checkbox"/>	Casi nunca	<input type="checkbox"/>	Nunca
Guantes	<input type="checkbox"/>	Siempre	<input type="checkbox"/>	Casi siempre	<input type="checkbox"/>	A veces	<input type="checkbox"/>	Casi nunca	<input type="checkbox"/>	Nunca
Cubrebocas/Mascarilla	<input type="checkbox"/>	Siempre	<input type="checkbox"/>	Casi siempre	<input type="checkbox"/>	A veces	<input type="checkbox"/>	Casi nunca	<input type="checkbox"/>	Nunca
Botas impermeables	<input type="checkbox"/>	Siempre	<input type="checkbox"/>	Casi siempre	<input type="checkbox"/>	A veces	<input type="checkbox"/>	Casi nunca	<input type="checkbox"/>	Nunca
Impermeable/Chamarra	<input type="checkbox"/>	Siempre	<input type="checkbox"/>	Casi siempre	<input type="checkbox"/>	A veces	<input type="checkbox"/>	Casi nunca	<input type="checkbox"/>	Nunca

39.- En caso de utilizarlo, ¿se asegura que este en buen estado?

<input type="checkbox"/>	Siempre	<input type="checkbox"/>	Casi siempre	<input type="checkbox"/>	A veces	<input type="checkbox"/>	Casi nunca	<input type="checkbox"/>	Nunca
--------------------------	---------	--------------------------	--------------	--------------------------	---------	--------------------------	------------	--------------------------	-------

40.- Una vez que termina de aplicar el plaguicida, ¿lava su equipo de aplicación?

<input type="checkbox"/>	Siempre	<input type="checkbox"/>	Casi siempre	<input type="checkbox"/>	A veces	<input type="checkbox"/>	Casi nunca	<input type="checkbox"/>	Nunca
--------------------------	---------	--------------------------	--------------	--------------------------	---------	--------------------------	------------	--------------------------	-------

7.Prácticas de higiene

41.- ¿En qué momento del día realiza usted la aplicación de estos productos?

<input type="checkbox"/>	6 a 8 am	<input type="checkbox"/>	9 a 11 am	<input type="checkbox"/>	Después de las 11	<input type="checkbox"/>	Otro: _____
--------------------------	----------	--------------------------	-----------	--------------------------	-------------------	--------------------------	-------------

42.- Tiempo aproximado que tarda en aplicarlos

<input type="checkbox"/>	1 a 3 h	<input type="checkbox"/>	4 a 6 h	<input type="checkbox"/>	Más de 6 h	<input type="checkbox"/>	Otro: _____
--------------------------	---------	--------------------------	---------	--------------------------	------------	--------------------------	-------------

43.- Aplica estos productos _____ del viento

<input type="checkbox"/>	A favor	<input type="checkbox"/>	En contra	<input type="checkbox"/>	Ambos	<input type="checkbox"/>	No aplica
--------------------------	---------	--------------------------	-----------	--------------------------	-------	--------------------------	-----------

44.- Tiempo en que ingresa a la parcela después de aplicarlos

<input type="checkbox"/>	Antes de 3h	<input type="checkbox"/>	Antes de 12 h	<input type="checkbox"/>	Otro: _____
--------------------------	-------------	--------------------------	---------------	--------------------------	-------------

45.- Después de preparar o aplicar los plaguicidas, ¿come o bebe en el interior de la parcela o a un costado de esta?

<input type="checkbox"/>	Siempre	<input type="checkbox"/>	Casi siempre	<input type="checkbox"/>	A veces	<input type="checkbox"/>	Casi nunca	<input type="checkbox"/>	Nunca
--------------------------	---------	--------------------------	--------------	--------------------------	---------	--------------------------	------------	--------------------------	-------

46.- Después de prepararlos o aplicarlos, ¿se lava las manos antes de comer o realizar cualquier otra actividad?

<input type="checkbox"/>	Siempre	<input type="checkbox"/>	Casi siempre	<input type="checkbox"/>	A veces	<input type="checkbox"/>	Casi nunca	<input type="checkbox"/>	Nunca
--------------------------	---------	--------------------------	--------------	--------------------------	---------	--------------------------	------------	--------------------------	-------

47.- Después de aplicarlos, acostumbra a cambiarse de ropa

<input type="checkbox"/>	Siempre	<input type="checkbox"/>	Casi siempre	<input type="checkbox"/>	A veces	<input type="checkbox"/>	Casi nunca	<input type="checkbox"/>	Nunca
--------------------------	---------	--------------------------	--------------	--------------------------	---------	--------------------------	------------	--------------------------	-------

48- Al llegar a casa, acostumbra a bañarse

<input type="checkbox"/>	Siempre	<input type="checkbox"/>	Casi siempre	<input type="checkbox"/>	A veces	<input type="checkbox"/>	Casi nunca	<input type="checkbox"/>	Nunca
--------------------------	---------	--------------------------	--------------	--------------------------	---------	--------------------------	------------	--------------------------	-------

8. Medidas en caso de intoxicación

49.- Ha sufrido alguno de estos síntomas después de estar en contacto con estos productos

Dolor de cabeza	<input type="checkbox"/>	Siempre	<input type="checkbox"/>	Casi siempre	<input type="checkbox"/>	A veces	<input type="checkbox"/>	Casi nunca	<input type="checkbox"/>	Nunca
Ardor en los ojos	<input type="checkbox"/>	Siempre	<input type="checkbox"/>	Casi siempre	<input type="checkbox"/>	A veces	<input type="checkbox"/>	Casi nunca	<input type="checkbox"/>	Nunca
Irritación de la vista	<input type="checkbox"/>	Siempre	<input type="checkbox"/>	Casi siempre	<input type="checkbox"/>	A veces	<input type="checkbox"/>	Casi nunca	<input type="checkbox"/>	Nunca
Garganta irritada	<input type="checkbox"/>	Siempre	<input type="checkbox"/>	Casi siempre	<input type="checkbox"/>	A veces	<input type="checkbox"/>	Casi nunca	<input type="checkbox"/>	Nunca
Mareos o nauseas	<input type="checkbox"/>	Siempre	<input type="checkbox"/>	Casi siempre	<input type="checkbox"/>	A veces	<input type="checkbox"/>	Casi nunca	<input type="checkbox"/>	Nunca

Otro: _____

50.- ¿Se ha intoxicado alguna vez manipulando algún plaguicida? Sí No

51.- En caso de haberse intoxicado, ¿hace qué tiempo ocurrió? _____

52.- ¿Realizó alguna de las siguientes medidas?

Toma leche /agua Se provoca el vomito Acude al centro de salud Otra: _____

53.- ¿Con qué producto(s) se intoxicó? _____

9. Contaminación de espacios y disposición final

54.- Lugar donde generalmente compra estos productos _____

55.- Al comprar el producto, ¿recibe usted advertencias sobre precauciones o peligrosidad?

Siempre Casi siempre A veces Casi nunca Nunca

56.- ¿Dónde regularmente guarda estos productos?

Fuera de la vivienda Cuarto aparte de la vivienda con llave
 Dentro de la vivienda Cuarto con llave dentro de la vivienda

57.- Una vez que los envases se encuentran vacíos, ¿qué hace con ellos?

Incinera Entierra Almacena Deposita en la basura
 Entrega en centro de acopio Otra: _____

58.- En caso de entregarlos a un centro de acopio, ¿me podría indicar dónde se ubica?

59.- En caso de almacenarlos, ¿los reutiliza? Sí No

10. Agricultura sin Plaguicidas

60.- ¿Llegó a utilizar algún tipo de plaguicidas? Sí No

En caso de no haberlos utilizado, pasarse a la pregunta 64, de lo contrario continuar

61.- ¿Hace qué tiempo dejó de utilizarlos?

1 o 5 años 6 a 10 años Más de 10 años

62.- ¿Por qué razón dejó de utilizarlos?

Daños a la salud Precio elevado Deterioro de la parcela Otra: _____

63.- Llegó a sufrir alguno de estos síntomas después de haber estado en contacto con estos productos

Dolor de cabeza	<input type="checkbox"/> Siempre	<input type="checkbox"/> Casi siempre	<input type="checkbox"/> A veces	<input type="checkbox"/> Casi nunca	<input type="checkbox"/> Nunca
Ardor en los ojos	<input type="checkbox"/> Siempre	<input type="checkbox"/> Casi siempre	<input type="checkbox"/> A veces	<input type="checkbox"/> Casi nunca	<input type="checkbox"/> Nunca
Irritación de la vista	<input type="checkbox"/> Siempre	<input type="checkbox"/> Casi siempre	<input type="checkbox"/> A veces	<input type="checkbox"/> Casi nunca	<input type="checkbox"/> Nunca
Garganta irritada	<input type="checkbox"/> Siempre	<input type="checkbox"/> Casi siempre	<input type="checkbox"/> A veces	<input type="checkbox"/> Casi nunca	<input type="checkbox"/> Nunca
Mareos o nauseas	<input checked="" type="checkbox"/> Siempre	<input type="checkbox"/> Casi siempre	<input type="checkbox"/> A veces	<input type="checkbox"/> Casi nunca	<input type="checkbox"/> Nunca

Otro: _____

64.- ¿Podría decirme el nombre de los plaguicidas que utilizaba? _____

65.- Tiempo que los utilizó 1 a 5 años 6 a 15 años 16 a 25 años Más de 25

66.- Actualmente, ¿considera que presenta algún tipo de plagas o enfermedades en sus cultivos? Sí No

67.- ¿Podría decirme cuáles? _____

68.- Realiza alguna de las siguientes medidas para su control

Control cultural (asociación y rotación de cultivos, cultivos trampa, aspersion de extractos)

Control biológico (depredadores naturales, microorganismos)

Otra: _____

Ninguno

69.- De acuerdo con su respuesta anterior, ¿podría mencionarme que insectos, microorganismos o plantas utiliza?
